

東海大學資訊管理研究所

碩士學位論文

以有限的傅立葉資料來實現影像重建之研究

A Study of Image Reconstruction from Limited Fourier Data

指導教授：余心淳 博士

研究生：任淑齡 撰

中華民國 101 年 6 月

# 東海大學資訊管理學系碩士學位

## 考試委員審定書

資訊管理學系研究所 任淑齡 君所提之論文

以有限的傅立葉資料來實現影像重建之研究

經本考試委員會審查，符合碩士資格標準。

學位考試委員會 召集人：邱伯豐 (簽章)

委員：

余心淳

謝新銘

邱伯豐

董中庸

中華民國一百零一年六月十四日

## 誌謝

兩年的碩士生活即將要在此劃下了句點，然而對我來說並不是所謂的結束，而是人生另一個階段的開始，準備迎接我們家的新生命誕生！回想這兩年來在東海的碩士生活，讓我對自己的未來又多了一些體會。這一路上的點滴，除了自己的不放棄，更有許多人給予我最溫暖的支持與幫助。

首先最感謝的莫過於我的指導教授余心淳老師及謝新銘老師，在寫作論文的每一個階段裡，不厭其煩地給予我指導、建議及包容，讓我的論文可以順利完成。也感謝口試委員董中庸老師、邱紹豐老師在口試過程中的諸多指導及建議，讓我的論文更加的完整。此外，也感謝系所上的所有老師，很慶幸我有這樣的緣分能跟您們學習，謝謝您們。

親愛的研究所同學們，這二年因為有你們，在東海的碩士生活精彩了起來，感謝有你們讓我重溫了學生時代的所有快樂，也謝謝你們包容孕婦的不便，給予我這麼多協助。大家加油！祝福各位鵬程萬里！

還有感謝我的父母、先生在這段期間給予我的支持。謝謝你們對於我的學習總是毫不吝惜的全力力挺，你們的存在是我最堅強的後盾，總是給我最大的支持，讓我有一份穩定的力量。

二年的學習歲月既漫長卻又匆促，即將離開東海之際，我將帶走對於學習的憧憬、對於教育的熱情。學習永無止境，但願我能夠繼續堅強的走下去。僅將這一份喜悅和每一個愛我的人、和我愛的人分享…

**論文名稱：**以有限的傅立葉資料來實現影像重建之研究

**校所名稱：**東海大學資訊管理學系研究所

**畢業時間：**2012 年 06 月

**研究生：**任淑齡

**指導教授：**余心淳 博士

**論文摘要：**

在影像重建上，成像相關的核心技術為數學上函數的逆推問題與估測問題，如能有完整的傅立葉資料，則成像的效果也會愈佳，但一般在空間域的資料經過數位化處理轉為頻率域資料的過程中，會因為量測誤差、數值轉換間精密度與儲存資料的誤差，使得取得的資料是離散且有限的，造成資料的不完整，產生了影像重建上非唯一性的問題。也就是因為影像重建上具有非唯一性的問題，所以如何利用現有離散且有限的資料進行影像重建，是本研究主要探討的方向。

在有限的影像資料下，常見的影像重建方式有很多，除了離散傅立葉轉換、先備離散傅立葉轉換外，尚未有研究者針對各類的基底函數進行影像重建，為了擴展各類基底在成像問題上的適用性，本文使用多種特殊的基底作為函數，如：正弦函數、餘弦函數、辛克函數、高斯函數與多種混合型函數等當成基底模型，並配合不同的基底頻寬與不同個數影像的傅立葉資料進行各式比較分析，本論文的研究發現在辛克函數、高斯函數與混合型函數的使用上，分別會對不同的影像有不同適用的成像效果，而傳統的正弦與餘弦函數則須搭配其他函數形成新的混合型函數，才能達到良好的影像重建效果。

**關鍵字：**傅立葉轉換、影像重建估測、逆推問題、辛克函數、高斯函數

**Title of Thesis :** A Study of Image Reconstruction from Limited Fourier Data

**Name of Institute:** Tunghai University, Institute of Information Management

**Graduation Time :** (06/2012)

**Student Name :** Shu-Ling Jen

**Advisor Name :** Hsin-Chun Yu

**Abstract :**

In Image Reconstruction, the core technology of imaging is an inverse problem and a estimation problem in mathematical function. If the information of the Fourier data is complete, then the effect of imaging will be better. However, in the process of the digitized transformation from the information in the spatial domain into the frequency domain, data incompleteness will be obtained because of the measurement error, and error caused by precision and data storing in the numerical conversion, and it results in the non-uniqueness of image reconstruction. Owing to the non-uniqueness problem in image reconstruction, how to use the existing discrete and limited data image reconstruction is the research goals in this study.

With the limit image data, there are many ways of image reconstruction. Except for the traditional discrete Fourier transform and the recent of prior discrete Fourier transform, few of the researchers conducted the image reconstruction for the basis function of the various types. In order to expand the various types of substrate in the imaging problem, the applicability of the thesis uses a variety of special substrate as a function to be the base model of all kinds of comparative analysis, such as, sine function, cosine function, the SINC function, Gaussian function with a variety of hybrid functions, and so on. With different basic bandwidth and the different number of images Fourier data to do all kinds of analysis and comparison. The result indicates that in the SINC function, Gaussian function and the use of mixed function, respectively, would have different results of the different image objects. The traditional sine function, the cosine function shall collaborate with other functions to the formation of new mixed functions, in order to achieve good image reconstruction results.

**Keywords:** Fourier transform, Image reconstruction estimate, Inverse Problem, SINC function, Gaussian function

## 目錄

第一章 緒論.....	1
第一節 研究背景與動機.....	1
第二節 研究目的.....	1
第三節 研究範圍與限制.....	2
第四節 研究工具.....	2
第五節 研究流程.....	2
第二章 數學基底與影像重建處理.....	3
第一節 影像重建.....	3
第二節 基底函數.....	5
第三節 數學模型.....	11
第四節 數學式中-各數值代表意義.....	14
第三章 模擬與分析.....	19
第一節 模擬流程.....	19
第二節 成像範圍[-1;1].....	21
第三節 成像範圍[-2;2].....	115
第四章 結論與建議.....	181
參考文獻.....	184



## 表目錄

表 3-1 原始物件 A ( $\tau=1.1$ ): RMSE 值比較表 .....	22
表 3-2 原始物件 A ( $\tau=1.5$ ): RMSE 值比較表 .....	27
表 3-3 原始物件 A ( $\tau=1.9$ ): RMSE 值比較表 .....	32
表 3-4 原始物件 A ( $\tau=3.1$ ): EC 函數 RMSE 值比較表 .....	37
表 3-5 原始物件 B ( $\tau=1.1$ ): RMSE 值比較表 .....	40
表 3-6 原始物件 B ( $\tau=1.5$ ): RMSE 值比較表 .....	45
表 3-7 原始物件 B ( $\tau=1.9$ ): RMSE 值比較表 .....	50
表 3-8 原始物件 B ( $\tau=3.1$ ): EC 函數 RMSE 值比較表 .....	55
表 3-9 原始物件 C ( $\tau=1.1$ ): RMSE 值比較表 .....	59
表 3-10 原始物件 C ( $\tau=1.5$ ): RMSE 值比較表 .....	64
表 3-11 原始物件 C ( $\tau=1.9$ ): RMSE 值比較表 .....	69
表 3-12 原始物件 C ( $\tau=3.1$ ): EC 函數 RMSE 值比較表 .....	74
表 3-13 原始物件 D ( $\tau=1.1$ ): RMSE 值比較表 .....	78
表 3-14 原始物件 D ( $\tau=1.5$ ): RMSE 值比較表 .....	83
表 3-15 原始物件 D ( $\tau=1.9$ ): RMSE 值比較表 .....	88
表 3-16 原始物件 D ( $\tau=3.1$ ): EC 函數 RMSE 值比較表 .....	93
表 3-17 原始物件 E ( $\tau=1.1$ ): RMSE 值比較表 .....	97
表 3-18 原始物件 E ( $\tau=1.5$ ): RMSE 值比較表 .....	102
表 3-19 原始物件 E ( $\tau=1.9$ ): RMSE 值比較表 .....	107
表 3-20 原始物件 E ( $\tau=3.1$ ): EC 函數 RMSE 值比較表 .....	112
表 3-21 原始物件 F ( $\tau=2.1$ ): RMSE 值比較表 .....	116
表 3-22 原始物件 F ( $\tau=2.3$ ): RMSE 值比較表 .....	121
表 3-23 原始物件 F ( $\tau=3.1$ ): EC 函數 RMSE 值比較表 .....	126
表 3-24 原始物件 G ( $\tau=2.1$ ): RMSE 值比較表 .....	129
表 3-25 原始物件 G ( $\tau=2.3$ ): RMSE 值比較表 .....	134
表 3-26 原始物件 G ( $\tau=3.1$ ): EC 函數 RMSE 值比較表 .....	139
表 3-27 原始物件 H ( $\tau=2.1$ ): RMSE 值比較表 .....	142
表 3-28 原始物件 H ( $\tau=2.3$ ): RMSE 值比較表 .....	147
表 3-29 原始物件 H ( $\tau=3.1$ ): EC 函數 RMSE 值比較表 .....	152
表 3-30 原始物件 I ( $\tau=2.1$ ): RMSE 值比較表 .....	155
表 3-31 原始物件 I ( $\tau=2.3$ ): RMSE 值比較表 .....	160
表 3-32 原始物件 I ( $\tau=3.1$ ): EC 函數 RMSE 值比較表 .....	165
表 3-33 原始物件 J ( $\tau=2.1$ ): RMSE 值比較表 .....	169
表 3-34 原始物件 J ( $\tau=2.3$ ): RMSE 值比較表 .....	174
表 3-35 原始物件 J ( $\tau=3.1$ ): EC 函數 RMSE 值比較表 .....	179

## 圖目錄

圖 1-1 研究流程圖.....	2
圖 2-1 離散傅立葉轉換影像重建圖.....	4
圖 2-2 先備離散傅立葉轉換影像重建.....	4
圖 2-3 研究流程圖.....	4
圖 2-4 正弦與餘弦函數圖形.....	5
圖 2-5 Sinc 函數數學模式定義圖.....	6
圖 2-6 高斯函數數學模式定義圖.....	7
圖 2-7 本研究高斯函數數學模式定義圖.....	8
圖 2-8 GC 函數圖形.....	8
圖 2-9 SS 函數圖形.....	9
圖 2-10 CS 函數圖形.....	9
圖 2-11 EC 函數圖形.....	10
圖 2-12 高斯函數 $\sigma$ 值比較圖.....	14
圖 2-13 GC 函數 $\sigma$ 值比較圖.....	15
圖 2-14 EC 函數 $\sigma$ 值比較圖.....	15
圖 2-15 正弦函數 $k$ 值比較圖.....	16
圖 2-16 餘弦函數 $k$ 值比較圖.....	16
圖 2-17 辛克函數 $k$ 值比較圖.....	16
圖 2-18 SS 函數 $k$ 值比較圖.....	16
圖 2-19 CS 函數 $k$ 值比較圖.....	17
圖 2-20 GC 函數 $k$ 值比較圖.....	17
圖 2-21 EC 函數 $k$ 值比較圖.....	17
圖 2-22 正弦函數 $\tau$ 值比較圖.....	18
圖 2-23 餘弦函數 $\tau$ 值比較圖.....	18
圖 2-24 辛克函數 $\tau$ 值比較圖.....	18
圖 2-25 SS 函數 $\tau$ 值比較圖.....	18
圖 3-1 本研究模擬流程 (續).....	21
圖 3-2 原始物件 A (平滑訊號圖形).....	21
圖 3-3 原始物件 A ( $\tau=1.1$ ): 取樣 17 點最佳成像圖.....	23
圖 3-4 原始物件 A ( $\tau=1.1$ ): 取樣 21 點最佳成像圖.....	24
圖 3-5 原始物件 A ( $\tau=1.1$ ): 取樣 25 點最佳成像圖.....	25
圖 3-6 原始物件 A ( $\tau=1.1$ ): 取樣 31 點最佳成像圖.....	26
圖 3-7 原始物件 A ( $\tau=1.5$ ): 取樣 17 點最佳成像圖.....	28
圖 3-8 原始物件 A ( $\tau=1.5$ ): 取樣 21 點最佳成像圖.....	29
圖 3-9 原始物件 A ( $\tau=1.5$ ): 取樣 25 點最佳成像圖.....	30
圖 3-10 原始物件 A ( $\tau=1.5$ ): 取樣 31 點最佳成像圖.....	31



圖 3- 11 原始物件 A ( $\tau=1.9$ ): 取樣 17 點最佳成像圖.....	33
圖 3- 12 原始物件 A ( $\tau=1.9$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 .....	34
圖 3- 13 原始物件 A ( $\tau=1.9$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 .....	35
圖 3- 14 原始物件 A ( $\tau=1.9$ ): 取樣 31 點最佳成像圖 .....	36
圖 3- 15 原始物件 A ( $\tau=3.1$ ): EC 函數取樣最佳成像圖.....	37
圖 3- 16 原始物件 B (平滑訊號中間突起兩山峰圖形) .....	39
圖 3- 17 原始物件 B ( $\tau=1.1$ ): 取樣 17 點最佳成像圖.....	41
圖 3- 18 原始物件 B ( $\tau=1.1$ ): 取樣 21 點最佳成像圖.....	42
圖 3- 19 原始物件 B ( $\tau=1.1$ ): 取樣 25 點最佳成像圖.....	43
圖 3- 20 原始物件 B ( $\tau=1.1$ ): 取樣 31 點最佳成像圖.....	44
圖 3- 21 原始物件 B ( $\tau=1.5$ ): 取樣 17 點最佳成像圖.....	46
圖 3- 22 原始物件 B ( $\tau=1.5$ ): 取樣 21 點最佳成像圖.....	47
圖 3- 23 原始物件 B ( $\tau=1.5$ ): 取樣 25 點最佳成像圖.....	48
圖 3- 24 原始物件 B ( $\tau=1.5$ ): 取樣 31 點最佳成像圖.....	49
圖 3- 25 原始物件 B ( $\tau=1.9$ ): 取樣 17 點最佳成像圖.....	51
圖 3- 26 原始物件 B ( $\tau=1.9$ ): 取樣 21 點最佳成像圖.....	52
圖 3- 27 原始物件 B ( $\tau=1.9$ ): 取樣 25 點最佳成像圖.....	53
圖 3- 28 原始物件 B ( $\tau=1.9$ ): 取樣 31 點最佳成像圖.....	54
圖 3- 29 原始物件 B ( $\tau=3.1$ ): EC 函數取樣最佳成像圖.....	55
圖 3- 30 原始物件 C (平滑訊號中間突起兩方柱圖形) .....	58
圖 3- 31 原始物件 C ( $\tau=1.1$ ): 取樣 17 點最佳成像圖.....	60
圖 3- 32 原始物件 C ( $\tau=1.1$ ): 取樣 21 點最佳成像圖.....	61
圖 3- 33 原始物件 C ( $\tau=1.1$ ): 取樣 25 點最佳成像圖.....	62
圖 3- 34 原始物件 C ( $\tau=1.1$ ): 取樣 31 點最佳成像圖.....	63
圖 3- 35 原始物件 C ( $\tau=1.5$ ): 取樣 17 點最佳成像圖.....	65
圖 3- 36 原始物件 C ( $\tau=1.5$ ): 取樣 21 點最佳成像圖.....	66
圖 3- 37 原始物件 C ( $\tau=1.5$ ): 取樣 25 點最佳成像圖.....	67
圖 3- 38 原始物件 C ( $\tau=1.5$ ): 取樣 31 點最佳成像圖.....	68
圖 3- 39 原始物件 C ( $\tau=1.9$ ): 取樣 17 點最佳成像圖.....	70
圖 3- 40 原始物件 C ( $\tau=1.9$ ): 取樣 21 點最佳成像圖.....	71
圖 3- 41 原始物件 C ( $\tau=1.9$ ): 取樣 25 點最佳成像圖.....	72
圖 3- 42 原始物件 C ( $\tau=1.9$ ): 取樣 31 點最佳成像圖.....	73
圖 3- 43 原始物件 C ( $\tau=3.1$ ): EC 函數取樣最佳成像圖.....	74
圖 3- 44 原始物件 D (城堡圖形) .....	77
圖 3- 45 原始物件 D ( $\tau=1.1$ ): 取樣 17 點最佳成像圖 .....	79
圖 3- 46 原始物件 D ( $\tau=1.1$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 .....	80
圖 3- 47 原始物件 D ( $\tau=1.1$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 .....	81
圖 3- 48 原始物件 D ( $\tau=1.1$ ): 取樣 31 點最佳成像圖 .....	82

圖 3- 49 原始物件 D ( $\tau=1.5$ ): 取樣 17 點最佳成像圖 .....	84
圖 3- 50 原始物件 D ( $\tau=1.5$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 .....	85
圖 3- 51 原始物件 D ( $\tau=1.5$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 .....	86
圖 3- 52 原始物件 D ( $\tau=1.5$ ): 取樣 31 點最佳成像圖 .....	87
圖 3- 53 原始物件 D ( $\tau=1.9$ ): 取樣 17 點最佳成像圖 .....	89
圖 3- 54 原始物件 D ( $\tau=1.9$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 .....	90
圖 3- 55 原始物件 D ( $\tau=1.9$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 .....	91
圖 3- 56 原始物件 D ( $\tau=1.9$ ): 取樣 31 點最佳成像圖 .....	92
圖 3- 57 原始物件 D ( $\tau=3.1$ ): EC 函數取樣最佳成像圖 .....	93
圖 3- 58 原始物件 E (兩端三角形訊號圖形) .....	96
圖 3- 59 原始物件 E ( $\tau=1.1$ ): 取樣 17 點最佳成像圖 .....	98
圖 3- 60 原始物件 E ( $\tau=1.1$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 .....	99
圖 3- 61 原始物件 E ( $\tau=1.1$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 .....	100
圖 3- 62 原始物件 E ( $\tau=1.1$ ): 取樣 31 點最佳成像圖 .....	101
圖 3- 63 原始物件 E ( $\tau=1.5$ ): 取樣 17 點最佳成像圖 .....	103
圖 3- 64 原始物件 E ( $\tau=1.5$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 .....	104
圖 3- 65 原始物件 E ( $\tau=1.5$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 .....	105
圖 3- 66 原始物件 E ( $\tau=1.5$ ): 取樣 31 點最佳成像圖 .....	106
圖 3- 67 原始物件 E ( $\tau=1.9$ ): 取樣 17 點最佳成像圖 .....	108
圖 3- 68 原始物件 E ( $\tau=1.9$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 .....	109
圖 3- 69 原始物件 E ( $\tau=1.9$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 .....	110
圖 3- 70 原始物件 E ( $\tau=1.9$ ): 取樣 31 點最佳成像圖 .....	111
圖 3- 71 原始物件 E ( $\tau=3.1$ ): EC 函數取樣最佳成像圖 .....	112
圖 3- 72 原始物件 F (平滑訊號圖形) .....	115
圖 3- 73 原始物件 F ( $\tau=2.1$ ): 取樣 17 點最佳成像圖 .....	117
圖 3- 74 原始物件 F ( $\tau=2.1$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 .....	118
圖 3- 75 原始物件 F ( $\tau=2.1$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 .....	119
圖 3- 76 原始物件 F ( $\tau=2.1$ ): 取樣 31 點最佳成像圖 .....	120
圖 3- 77 原始物件 F ( $\tau=2.3$ ): 取樣 17 點最佳成像圖 .....	122
圖 3- 78 原始物件 F ( $\tau=2.3$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 .....	123
圖 3- 79 原始物件 F ( $\tau=2.3$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 .....	124
圖 3- 80 原始物件 F ( $\tau=2.3$ ): 取樣 31 點最佳成像圖 .....	125
圖 3- 81 原始物件 F ( $\tau=3.1$ ): EC 函數取樣最佳成像圖 .....	126
圖 3- 82 原始物件 G (平滑訊號突起兩尖角圖形) .....	128
圖 3- 83 原始物件 G ( $\tau=2.1$ ): 取樣 17 點最佳成像圖 .....	130
圖 3- 84 原始物件 G ( $\tau=2.1$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 .....	131
圖 3- 85 原始物件 G ( $\tau=2.1$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 .....	132
圖 3- 86 原始物件 G ( $\tau=2.1$ ): 取樣 31 點最佳成像圖 .....	133

圖 3- 87 原始物件 G ( $\tau=2.3$ ): 取樣 17 點最佳成像圖 .....	135
圖 3- 88 原始物件 G ( $\tau=2.3$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 .....	136
圖 3- 89 原始物件 G ( $\tau=2.3$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 .....	137
圖 3- 90 原始物件 G ( $\tau=2.3$ ): 取樣 31 點最佳成像圖 .....	138
圖 3- 91 原始物件 G ( $\tau=3.1$ ): EC 函數取樣最佳成像圖.....	139
圖 3- 92 原始物件 H (平滑訊號中間突起兩方柱圖形) .....	141
圖 3- 93 原始物件 H ( $\tau=2.1$ ): 取樣 17 點最佳成像圖 .....	143
圖 3- 94 原始物件 H ( $\tau=2.1$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 .....	144
圖 3- 95 原始物件 H ( $\tau=2.1$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 .....	145
圖 3- 96 原始物件 H ( $\tau=2.1$ ): 取樣 31 點最佳成像圖 .....	146
圖 3- 97 原始物件 H ( $\tau=2.3$ ): 取樣 17 點最佳成像圖 .....	148
圖 3- 98 原始物件 H ( $\tau=2.3$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 .....	149
圖 3- 99 原始物件 H ( $\tau=2.3$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 .....	150
圖 3- 100 原始物件 H ( $\tau=2.3$ ): 取樣 31 點最佳成像圖.....	151
圖 3- 101 原始物件 H ( $\tau=3.1$ ): EC 函數取樣最佳成像圖.....	152
圖 3- 102 原始物件 I (城堡圖形) .....	154
圖 3- 103 原始物件 I ( $\tau=2.1$ ): 取樣 17 點最佳成像圖 .....	156
圖 3- 104 原始物件 I ( $\tau=2.1$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 .....	157
圖 3- 105 原始物件 I ( $\tau=2.1$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 .....	158
圖 3- 106 原始物件 I ( $\tau=2.1$ ): 取樣 31 點最佳成像圖 .....	159
圖 3- 107 原始物件 I ( $\tau=2.3$ ): 取樣 17 點最佳成像圖 .....	161
圖 3- 108 原始物件 I ( $\tau=2.3$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 .....	162
圖 3- 109 原始物件 I ( $\tau=2.3$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 .....	163
圖 3- 110 原始物件 I ( $\tau=2.3$ ): 取樣 31 點最佳成像圖 .....	164
圖 3- 111 原始物件 I ( $\tau=3.1$ ): EC 函數取樣最佳成像圖 .....	165
圖 3- 112 原始物件 J (兩端三角形訊號圖形) .....	168
圖 3- 113 原始物件 J ( $\tau=2.1$ ): 取樣 17 點最佳成像圖 .....	170
圖 3- 114 原始物件 J ( $\tau=2.1$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 .....	171
圖 3- 115 原始物件 J ( $\tau=2.1$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 .....	172
圖 3- 116 原始物件 J ( $\tau=2.1$ ): 取樣 31 點最佳成像圖 .....	173
圖 3- 117 原始物件 J ( $\tau=2.3$ ): 取樣 17 點最佳成像圖 .....	175
圖 3- 118 原始物件 J ( $\tau=2.3$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 .....	176
圖 3- 119 原始物件 J ( $\tau=2.3$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 .....	177
圖 3- 120 原始物件 J ( $\tau=2.3$ ): 取樣 31 點最佳成像圖 .....	178
圖 3- 121 原始物件 J ( $\tau=3.1$ ): EC 函數取樣最佳成像圖.....	179

# 第一章 緒論

## 第一節 研究背景與動機

影像重建的技術用在很多的領域上，如 X 光、電子顯微鏡、天文物理、光學訊號…等，從傅立葉轉換的角度來看，可以將其理解成一個函數估測的問題，數學上重建一個真正函數（物理能量）由於可存取的數量有限，導致傅立葉轉換成像結果會有無數的潛在方案，而一個理想的成像需要經過不斷的實驗，方能估測出物體可能出現的範圍。

影像重建的方法，可藉由原始物體的資訊來估測原始物體的模樣，在文獻[11]中，謝新銘老師曾提出以辛克函數為基底來估測原始物體的成像，並指出預估成像範圍越接近原始物件，所呈現的效果越佳；基底頻寬越大，能取得較多高頻的部分；在頻率域上改變位移，使基底涵蓋原始物件，就能產生較適當的成像，然而位移的範圍也不宜過大，過大的位移效果將會使其不相交而無法完全套用於未知的影像上，成像結果也會不盡理想。

由於影像估測問題，目前相關的研究除了辛克函數研究外，尚未有其它的基底函數模型被研究者所探討，而這些函數卻常被使用於影像重建的各個領域，故本論文的研究將探討其它函數在成像上的使用成效，以找出適合被研究者所應用之函數與其適用參數。

## 第二節 研究目的

本論文的研究主要是針對未知的影像物件進行成像的估測，包括物件的位置、大小與形狀，對於各種不同形狀所組成的圖形，慎選出適合的基底函數與其相關的傅立葉資料取樣點個數、位移、成像範圍，使用不同圖表的方式呈現出來，期望使用者能透過本研究的分析與比較，快速的將所須重建的物體套用於影像重

建上，達成事半功倍的效果。

### 第三節 研究範圍與限制

本研究僅探討一維空間下正弦函數 (Sine function)、餘弦函數 (Cos function)、辛克函數 (Sinc function)、高斯函數 (Gaussian function) 與其他混合函數等在不同取樣點數的情況下，對於不同形狀所組合的圖形，進行比較分析。

### 第四節 研究工具

本研究使用 MATLAB 軟體來進行模擬工作，並將結果進行分析與比較，並利用 Excel 的內建公式與樞鈕分析表呈現，視覺化的大量的數據資料。

### 第五節 研究流程

本研究論文的內容共分為四章，分別敘述如下 (如圖 1-1)：第一章主要包含本研究之研究背景與動機、研究目的、研究範圍與限制、研究工具及論文架構；第二章說明本研究所使用的數學基底模型；第三章則對於各種基底模式進行模擬實驗並加以分析；第四章將本研究的實驗結果做總結，並建議未來研究方向。

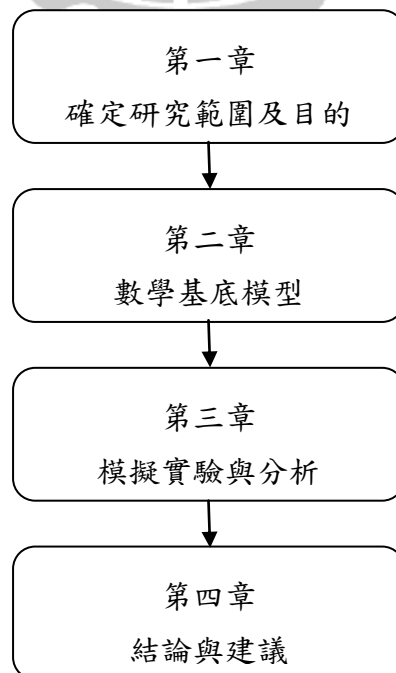


圖 1-1 研究流程圖

## 第二章 數學基底與影像重建處理

本研究依據第一章的研究背景、研究動機與研究目的，發展出研究的方法與方向，並確立研究流程與數學模型，以利於爾後的比較分析。

### 第一節 影像重建

關於利用有限傅立葉資料數據的影像重建問題，離散傅立葉轉換是常用的影像重建方式之一，其運算方式簡單快速且抗雜訊的能力相當好，但是在資料數據取樣不足或取樣位置不理想的情況之下，其結果可能令人無法接受[19.20.21]。圖 2-1 為離散傅立葉轉換在取樣不足（取樣 25 點）產生的成像效果：

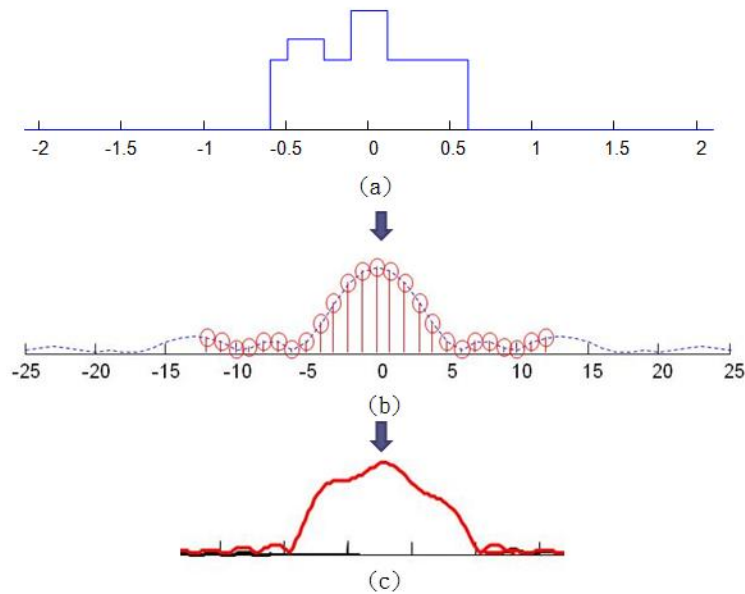


圖 2-1 離散傅立葉轉換影像重建圖 (a) 原始物件 (b) 頻率域上資料進行取樣 (c) 離散傅立葉轉換成像

為了改善此問題，先備離散傅立葉轉換演算法是利用關於原始物件在空間中的位置、形狀與大小的資訊，以加權數學模式的方式植入影像估測重建，期許能夠在少量取樣點的情況之下，能夠估測得到近似原始物件的影像。如同一般的高

解析度之影像重建演算法，先備離散傅立葉的缺點在於運算消耗大與抗雜訊效果差，但是其改善影像重建品質的特性不容忽視[18]。圖 2-2 為先備離散傅立葉轉換在取樣 25 點時，所重建出的影像物件：

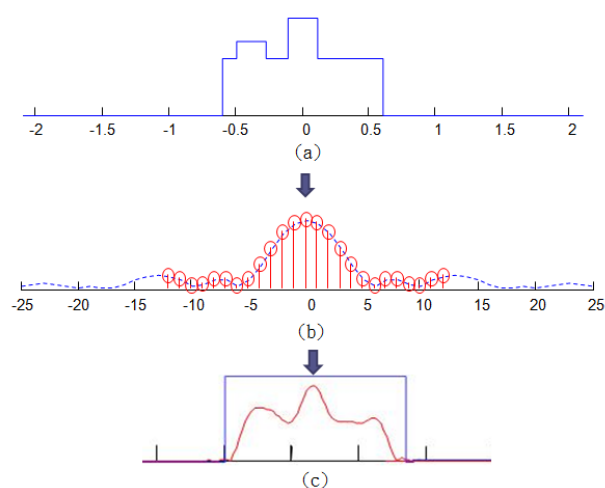


圖 2-2 先備離散傅立葉轉換影像重建 (a) 原始物件 (b) 頻率域上資料進行取樣 (c) 先備 離散傅立葉轉換成像

本篇論文特別將應用先備函數的概念，以及結合使用基底函數的多樣性，針對不同類型的原始物件以及不同型態的基底函數，綜合、分析與比較其適用性。

圖 2-3 中說明影像物件進行傅立葉轉換的過程，當我們將空間域中的影像資料利用傅立葉轉換成頻率域上的資料時，由於轉換後的資料為連續性的資料，為了方便資料的處理與儲存，會進行取樣的動作，並對取樣後的傅立葉資料利用不同的基底函數進行反轉換，以對原始物件進行影像重建，形成估測後的成像[3.4.5]。

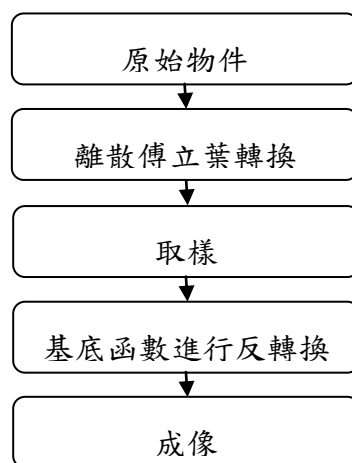


圖 2-3 研究流程圖



## 第二節 基底函數

基底 (Basis) 就是存在一個數學系統中最小的元素，且不能有其他的元素可以對這個數學系統做線性的組合，系統內任何狀態皆可以為基底的乘積或疊加而組成來表示。我們最容易理解的基底就是整數的 1，在整數系定義中它是最小的元素，任何數皆可以用 1 的倍數來表示。

基底不單單是只用向量方式來表示，它當然可以用不同形式的數學函數來表示，但必須具有正交及線性獨立的特質[17]。以下為本研究所探討具有上述特性的知名基底函數，分別為正弦與餘弦函數（見第二章-第二節-壹），辛克函數（見第二章-第二節-貳），高斯函數（見第二章-第二節-參）以及混合型函數（見第二章-第二節-肆）等。

### 壹、正弦與餘弦函數

以正弦及餘弦的圖形來看（如圖 2-4），圖形呈波浪狀，正餘弦函數最大的特色是不斷重複起伏，換句話說是「週期性」。

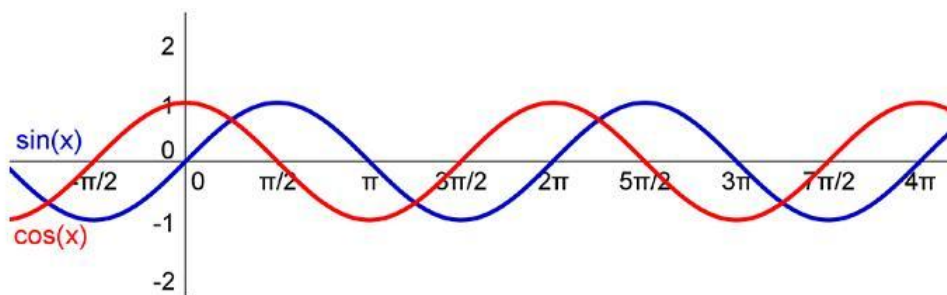


圖 2-4 正弦與餘弦函數圖形

## 貳、辛克 (Sinc) 函數

辛克函數在科學上的應用相當廣泛，不論是在光學成像系統的頻率特性、空間濾波、相干光學處理、非相干光學處理、信息光學、光通信息及數位訊號的處理上，都在辛克函數的涵蓋範圍內。我們在處理方波時，經由傅立葉轉換可得到在時域的訊號，其形狀為一辛克函數的訊號。[1.6.8.9.10.11.12]

辛克函數的基本數學形式定義為：

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{sinc}(x) = \frac{\sin(x)}{x} \quad \text{或} \quad \text{sinc}(x) = \frac{\sin(\pi x)}{\pi x} \end{array} \right. \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \int_{-\infty}^{\infty} \text{sinc } x \, dx = 1 \end{array} \right. \quad (2)$$

其中， $\text{sinc } 0 = 1$ ； $\text{sinc } n = 0, n$  為非零整數

兩個定義之間的唯一區別是在自變量因子的  $\pi$  ( $x$  軸) 的縮放。在這兩種情況下，在零點時，範圍被規範理解為限制值 1。在許多不同的連接上，辛克函數會出現的很頻繁，因為它在一些規範化的形式中，是一個很方便的函數。其函數向中央集中且曲線下的總面積集中的特性。如將辛克函數回歸到光譜上特徵：可知辛克函數對所有的頻率成份都會有一定的限制，此外，頻譜是平坦的截頻，我們選擇用  $\text{sinc } x$  和  $\Pi(s)$  為傅立葉轉換偶， $\text{sinc } x$  每單位週期的  $x$  的截頻為原本的一半。

其中辛克函數在  $x$  為 0 點的奇異點定義為 1，如圖 2-5。

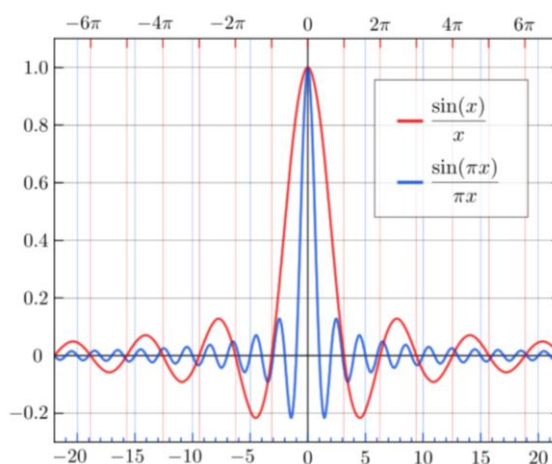


圖 2-5 Sinc 函數數學模式定義圖

### 參、高斯 (Gaussian) 函數

高斯函數被廣泛使用於數學、統計、機率、工程、物理等資料的統計，描述信號處理的常態分佈情形，在信號處理上，常被用來定義高斯濾波器，供圖像處理二維高斯模糊使用，並運用於解決熱傳導方程式和擴散方程式和定義韋爾斯特拉斯轉換 (Weierstrass function) [16]。

高斯函數圖形為一對稱的「鐘形曲線」圖形，該圖形快速的朝著正負無窮大的方向下降。在數學上，高斯函數常以一個函數的形式表示：

$$f(x) = a \exp\left(-\frac{(x-b)^2}{2c^2}\right) \quad (3)$$

其中  $a, b, c > 0$ ;  $e \approx 2.718281828$

各參數分別表示如下： $a$  表示峰值高度， $b$  是峰值中心位置，和  $C$  控制的曲線的寬度，如圖 2-6 表示。

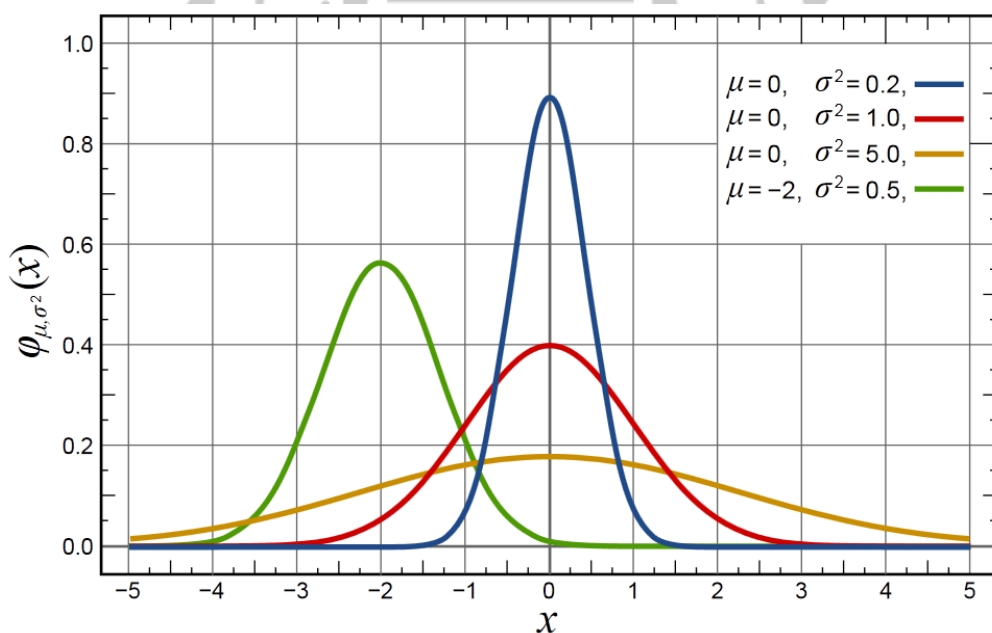


圖 2-6 高斯函數數學模式定義圖 ( $a = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}$ ,  $b = \mu$ ,  $c = \sigma$ )

本研究將峰值高度設為 1，峰值中心位置設為原點，以  $\sigma$  值取代  $C$  控制曲線的

寬度，如圖 2-7 表示如下：
$$f(x) = e^{-\alpha^2} \quad (4)$$

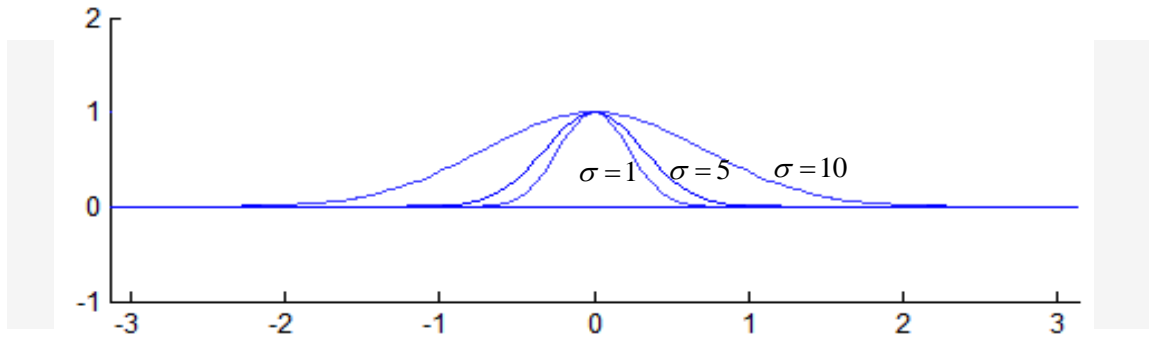


圖 2-7 本研究高斯函數數學模式定義圖

高斯分佈提供了一個現實的近似偏差分佈在許多實驗的情況下，尤其是“中央”的部分偏差，分佈函數圖繪製。

#### 肆、混合型函數

本研究延伸高斯函數與辛克函數圖形性質，結合週期性函數（正弦、餘弦），與參考常被研究者使用之混合型函數，進行模擬實驗。常見的混合型函數如下：

一、Gaussian 函數結合 Cosine 函數，在本論文內我們簡稱 GC 函數[16]，如

圖 2-8，其定義如下：

$$f(x) = e^{-\alpha^2} \cos(kx) \quad (5)$$

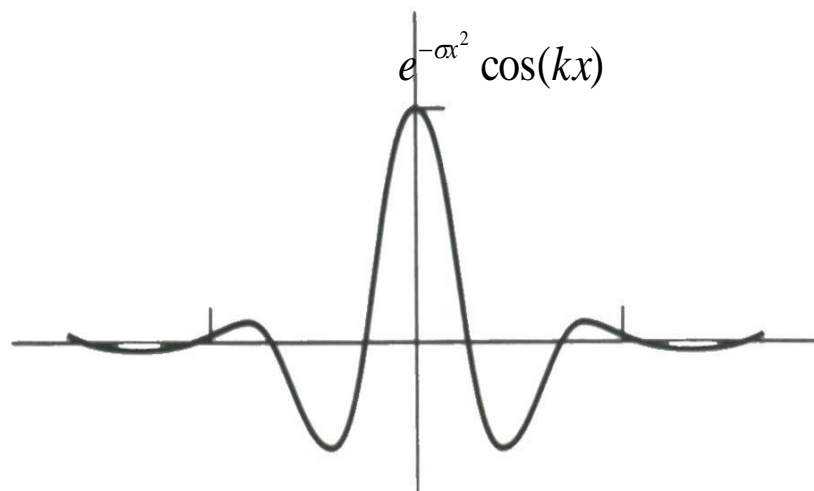


圖 2-8 GC 函數圖形

二、2 倍 Sinc 函數減 Sinc 函數的平方，在本論文內我們簡稱 SS 函數[16]，如

圖 2-9，其定義如下：

$$f(x) = 2 \frac{\text{Sin}[kx]}{kx} - \left( \frac{\text{Sin}[kx]}{kx} \right)^2 \quad (6)$$

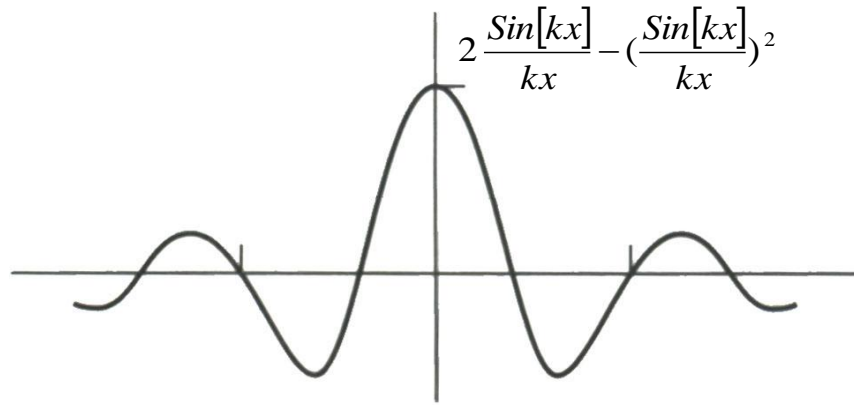


圖 2-9 SS 函數圖形

三、Cosine 函數結合 Sinc 函數，在本論文內我們簡稱 CS 函數[16]，如圖 2-10，

其定義如下：

$$f(x) = \cos(kx) \frac{\text{Sin}[kx]}{kx} \quad (7)$$

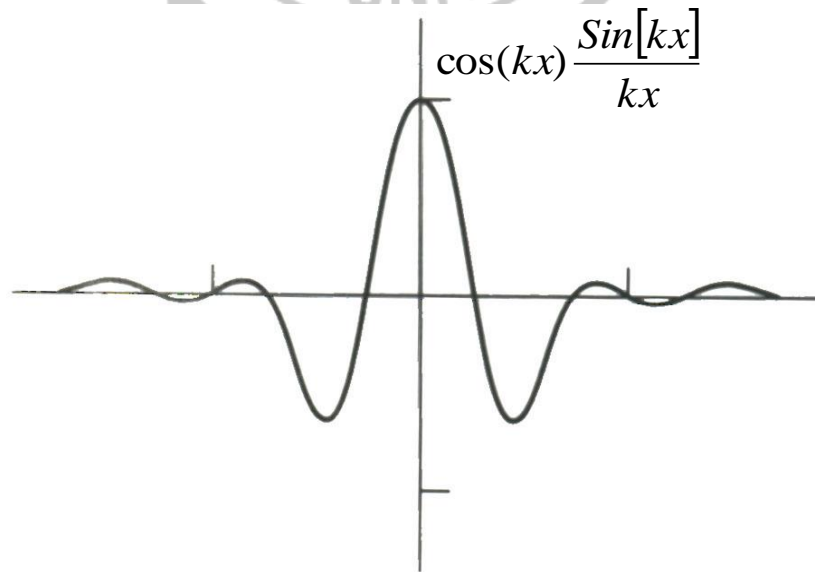


圖 2-10 CS 函數圖形

四、指數函數結合 Cosine 函數，在本論文內我們簡稱 EC 函數[16]，如圖 2-11，

其定義如下：

$$f(x) = e^{-|x|} \cos(kx) \quad (8)$$

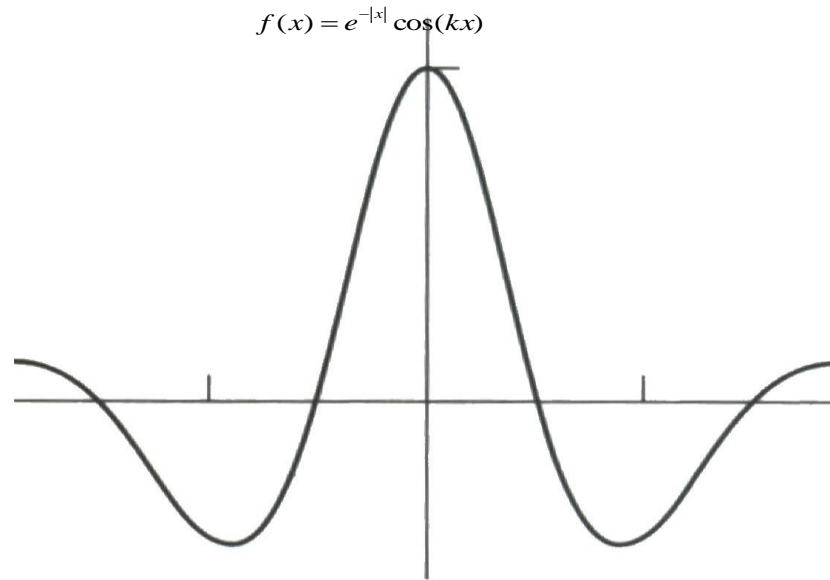


圖 2-11 EC 函數圖形

以上函數圖形，都是從常見的基底函數應用數學的運算加以結合與變形，形成另一種新的基底函數，利用圖形間兩旁振盪幅度不同的特性，進行影像的模擬實驗，試找出是否有較傳統高斯函數、辛克函數、正弦與餘弦函數更佳的成像效果，供爾後研究者加以運用。

### 第三節 數學模型

將空間域上的一個影像物件  $f(x)$ ，利用傅立葉轉換轉為頻率域上的資料  $F(w)$ ，並對  $F(w)$  進行取樣，取出  $N$  個有限的資料點  $F(1), F(2), \dots, F(N)$ ，其中  $F(w_m)$  與原始物件  $f(x)$  之間的數學關係式如下[2.7.11.13.14.15]：

$$\left\{ \begin{array}{l} F(w_m) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \exp(-jxw_m) dx \quad m = 1, 2, \dots, N \\ f(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(w_m) \exp(jxw_m) dw_m \quad m = 1, 2, \dots, N \end{array} \right. \quad (9)$$

影像重建利用線性估測的方式來還原原始的影像物件  $f(x)$ ，其估測函式的  $\hat{f}(x)$  的表示方式如下：

$$\hat{f}(x) = \sum_{n=1}^N a_n h_n(x) \quad n = 1, 2, \dots, N, \quad (10)$$

其中  $a_n$  為  $\hat{f}(x)$ 、 $f(x)$  間必須求得的誤差最小常數， $h_n(x)$  為基底函式，並定義其物件範圍為  $|x| \leq \tau$ ， $\hat{f}(x)$  的傅立葉轉換式為：

$$\hat{F}(w_m) = \int_{-\tau}^{\tau} \hat{f}(x) \exp(-jxw_m) dx \quad (11)$$

為使  $\hat{f}(x)$  符合資料一致性 (data consistent) 的要求：

$$\hat{F}(w_m) = F(w_m), \quad m = 1, 2, \dots, N \quad (12)$$

將 (2) 式中的  $\hat{f}(x)$  代入 (3) 式可得到：

$$F(w_m) = \int_{-\tau}^{\tau} \sum_{n=1}^N a_n h_n(x) \exp(-jxw_m) dx \quad (13)$$

$$= \sum_{n=1}^N a_n \int_{-\tau}^{\tau} h_n(x) \exp(-jxw_m) dx \quad (14)$$



$$= \sum_{n=1}^N a_n A_{mn} \quad (15)$$

$A_{mn}$  為  $h_n(x)$  的傅立葉轉換式：

$$A_{mn} = \int_{-\tau}^{\tau} h_n(x) \exp(-jxw_m) dx \quad (16)$$

然而，影像重建的過程是先求方程式 (15) 的係數  $a_n$ ， $n=1,2,\dots,N$ ，再將  $a_n$  代入方程式 (10)，使影像重建能進行有效的運算。

其中，本研究中共採用了八種基底函數代入  $h_n(x)$ ，估測出的  $\hat{f}(x)$  也將符合一致性的功能，方程式 (10) 表示如下：

$$\begin{aligned}
 & 1. \text{ Cosine 函數} = \hat{f}(x) = \sum_{n=1}^N a_n \text{Cos}[k(x-x_n)] \\
 & 2. \text{ Sine 函數} = \hat{f}(x) = \sum_{n=1}^N a_n \text{Sin}[k(x-x_n)] \\
 & 3. \text{ Sinc 函數} = \hat{f}(x) = \sum_{n=1}^N a_n \frac{\text{Sin}[k(x-x_n)]}{k(x-x_n)} \\
 & 4. \text{ Gaussian 函數} = \hat{f}(x) = \sum_{n=1}^N a_n e^{-\sigma(x-x_n)^2} \\
 \text{混} & \left\{ \begin{aligned}
 & 5. \text{ GC 函數} = \hat{f}(x) = \sum_{n=1}^N a_n e^{-\sigma(x-x_n)^2} \text{Cos}[k(x-x_n)] \\
 & 6. \text{ SS 函數} = \hat{f}(x) = \sum_{n=1}^N a_n \left( \frac{2\text{Sin}[k(x-x_n)]}{k(x-x_n)} \right) - \left( \frac{\text{Sin}[k(x-x_n)]}{k(x-x_n)} \right)^2 \\
 & 7. \text{ CS 函數} = \hat{f}(x) = \sum_{n=1}^N a_n \text{Cos}[k(x-x_n)] \frac{\text{Sin}[k(x-x_n)]}{k(x-x_n)} \\
 & 8. \text{ EC 函數} = \hat{f}(x) = \sum_{n=1}^N a_n e^{-\sigma|x-x_n|} \text{Cos}[k(x-x_n)]
 \end{aligned} \right. \\
 \text{合} & \\
 \text{函} & \\
 \text{數} &
 \end{aligned}$$

方程式 (8) 中， $A_{mn}$  可為以下形式：

$$1. \text{ Cosine 函數} = A_{mn} = \int_{-\tau}^{\tau} \text{Cos}[k(x-x_n)] \exp(-jxw_m) dx$$

$$2. \text{ Sine 函數} = A_{mn} = \int_{-\tau}^{\tau} \text{Sin}[k(x-x_n)] \exp(-jxw_m) dx$$

$$3. \text{ Sinc 函數} = A_{mm} = \int_{-\tau}^{\tau} \frac{\text{Sin}[k(x-x_n)]}{k(x-x_n)} \exp(-jxw_m) dx$$

$$4. \text{ Gaussian 函數} = A_{mm} = \int_{-\tau}^{\tau} e^{[-\sigma(x-x_n)^2]} \exp(-jxw_m) dx$$

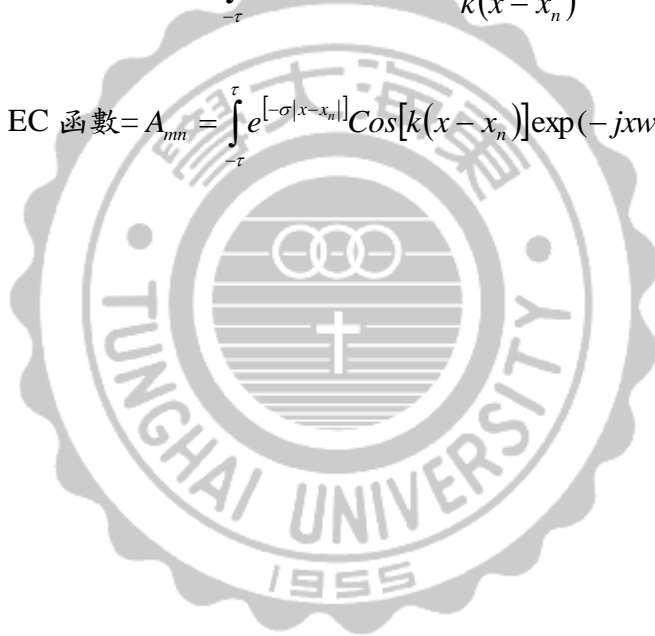
混  
合  
函  
數

$$5. \text{ GC 函數} = A_{mm} = \int_{-\tau}^{\tau} e^{[-\sigma(x-x_n)^2]} \text{Cos}[k(x-x_n)] \exp(-jxw_m) dx$$

$$6. \text{ SS 函數} = A_{mm} = \int_{-\tau}^{\tau} \left( \frac{2\text{Sin}[k(x-x_n)]}{k(x-x_n)} \right) - \left( \frac{\text{Sin}[k(x-x_n)]}{k(x-x_n)} \right)^2 \exp(-jxw_m) dx$$

$$7. \text{ CS 函數} = A_{mm} = \int_{-\tau}^{\tau} \text{Cos}[k(x-x_n)] \frac{\text{Sin}[k(x-x_n)]}{k(x-x_n)} \exp(-jxw_m) dx$$

$$8. \text{ EC 函數} = A_{mm} = \int_{-\tau}^{\tau} e^{[-\sigma|x-x_n|]} \text{Cos}[k(x-x_n)] \exp(-jxw_m) dx$$



## 第四節 數學式中-各數值代表意義

壹、位移量值  $x_n$ ：為使基底能涵蓋原始物件，單一基底無法完全表現其特徵，故以位移的方式，在範圍以  $-\pi$  到  $\pi$  之間，等距離方式產生基底物件，使多重基底涵蓋頻譜上的資料。

貳、 $\sigma$  值：主要用在比較高斯函數、GC 函數、EC 函數中振幅的大小， $\sigma$  值影響振幅， $\sigma$  值過大，振幅趨近零（如圖 2-12~ 2-14）。

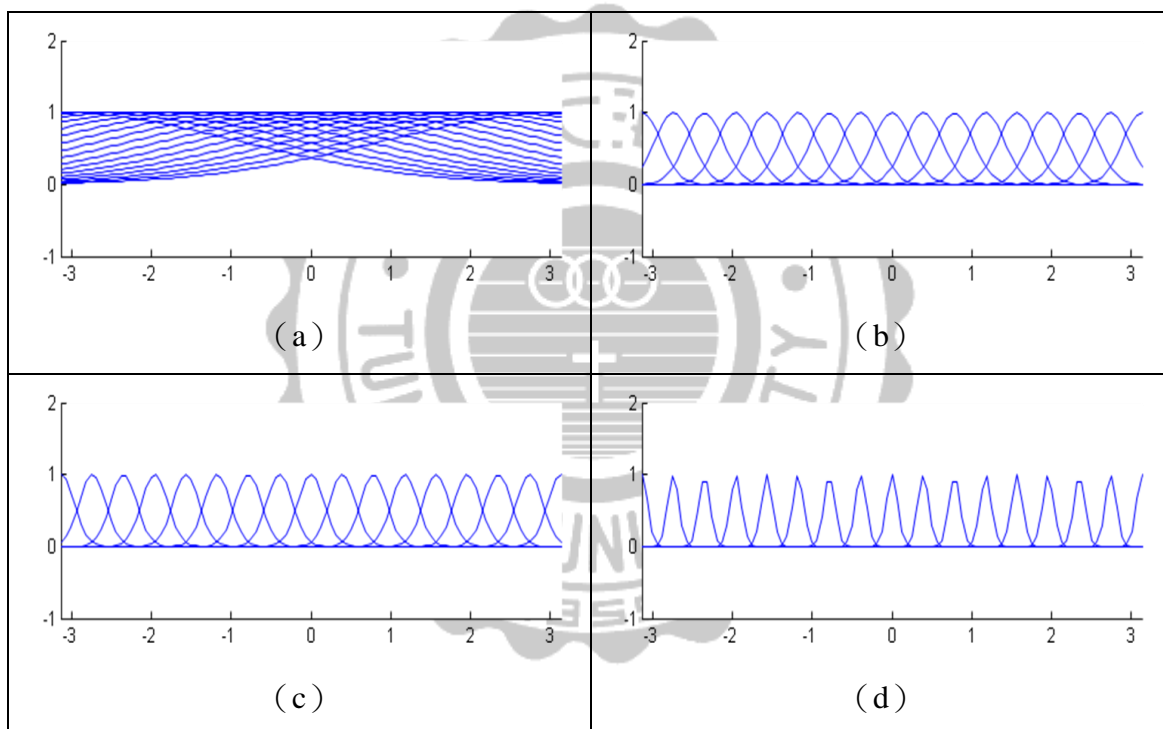


圖 2-12 高斯函數  $\sigma$  值比較圖 (a)  $\sigma=0.1$ , (b)  $\sigma=9$ , (c)  $\sigma=18$ , (d)  $\sigma=100$

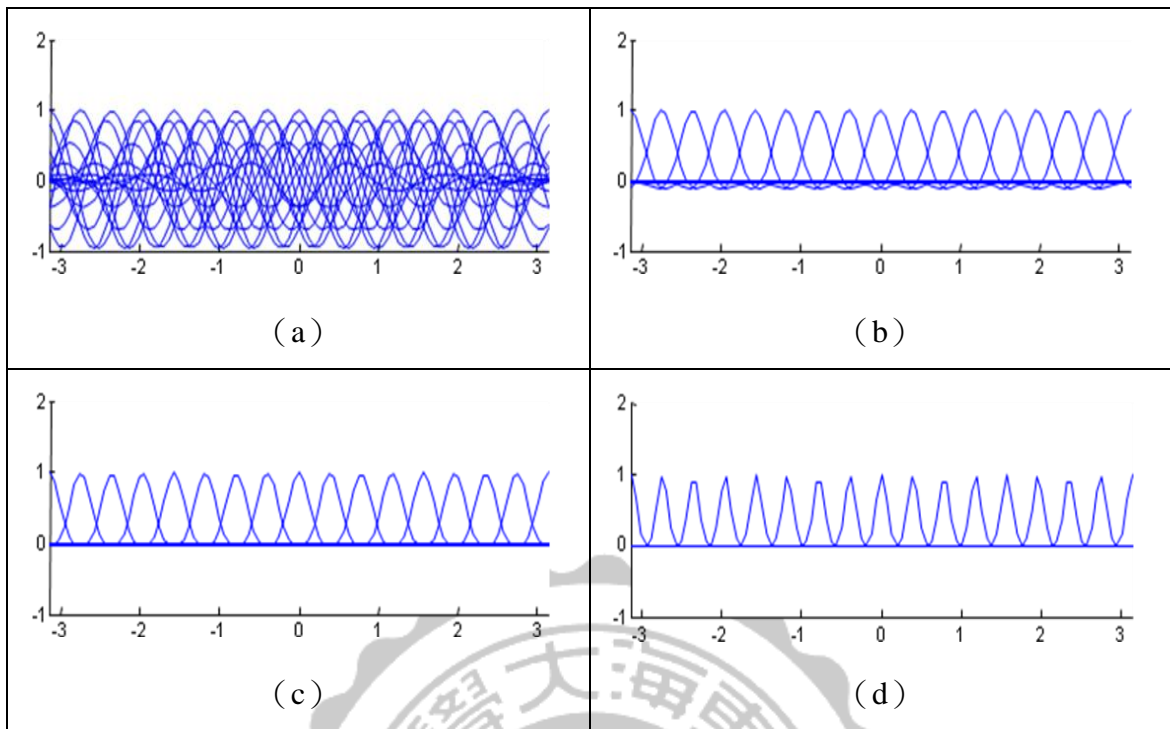


圖 2-13 GC 函數  $\sigma$  值比較圖 (a)  $\sigma=0.1$ , (b)  $\sigma=9$ , (c)  $\sigma=18$ , (d)  $\sigma=100$

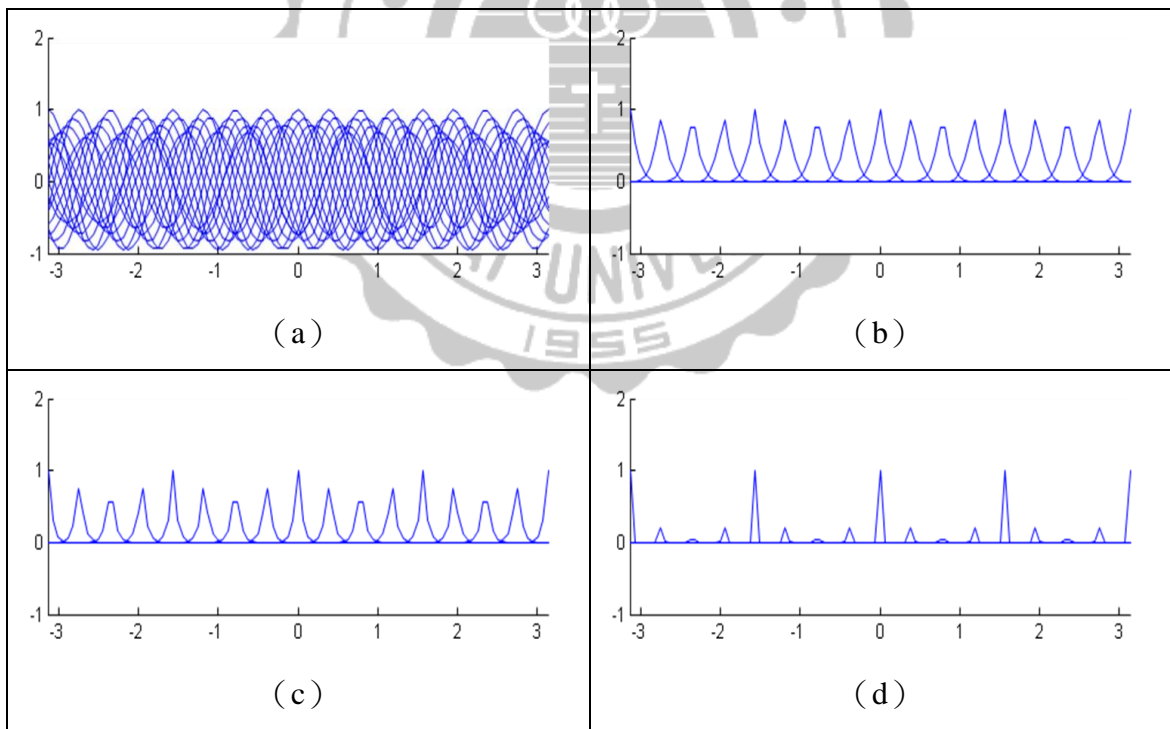


圖 2-14 EC 函數  $\sigma$  值比較圖 (a)  $\sigma=0.1$ , (b)  $\sigma=9$ , (c)  $\sigma=18$ , (d)  $\sigma=100$

參、 $k$  值： $k$  值影響了基底物件的寬、窄度，本研究中主要用在正弦函數、餘弦函數、辛克函數、GC 函數、SS 函數、CS 函數與 EC 函數上（如圖 2-15~ 2-21）。

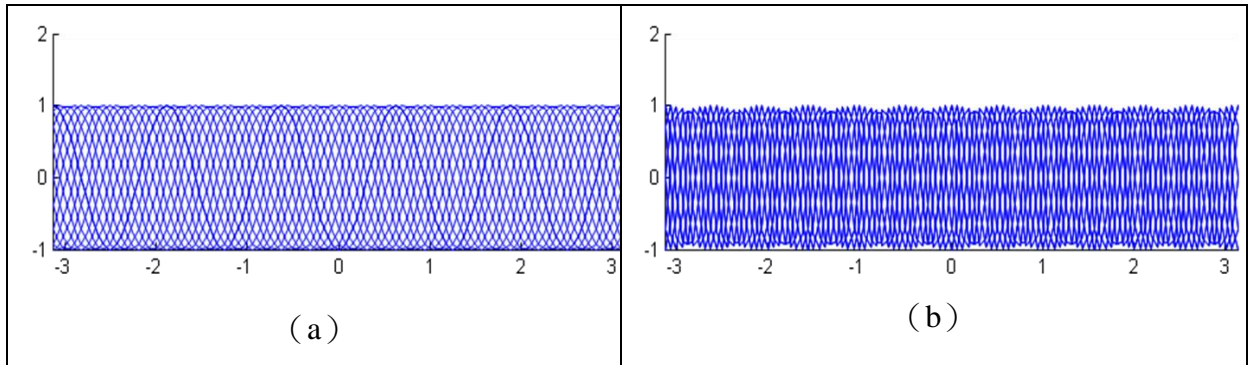


圖 2-15 正弦函數  $k$  值比較圖 (a)  $k=5$ , (b)  $k=14$

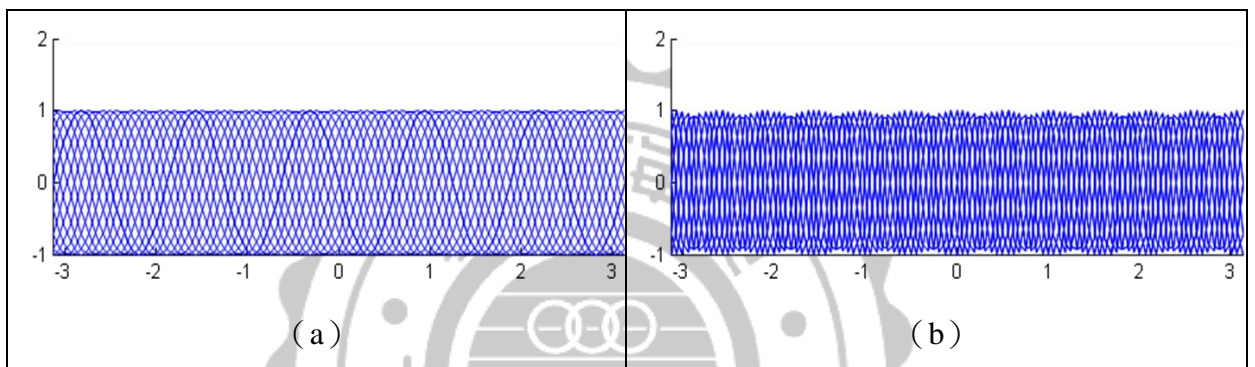


圖 2-16 餘弦函數  $k$  值比較圖 (a)  $k=5$ , (b)  $k=14$

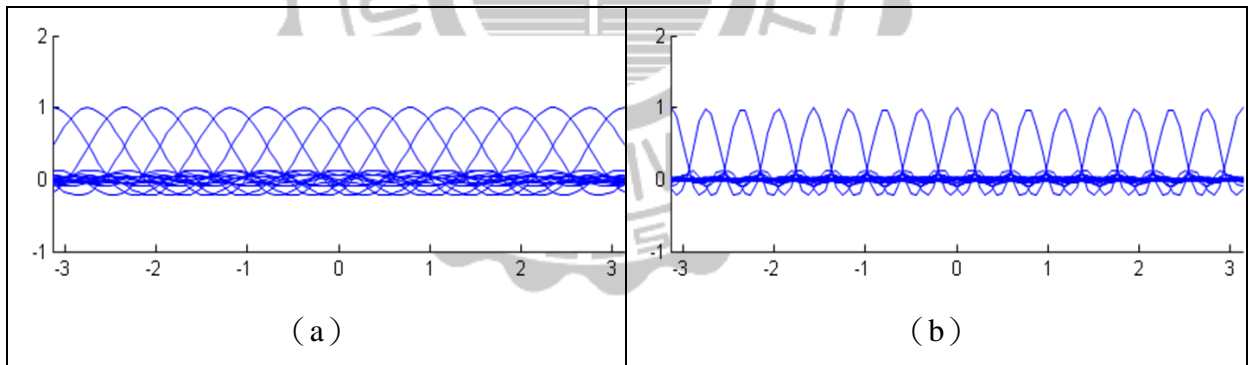


圖 2-17 辛克函數  $k$  值比較圖 (a)  $k=5$ , (b)  $k=14$

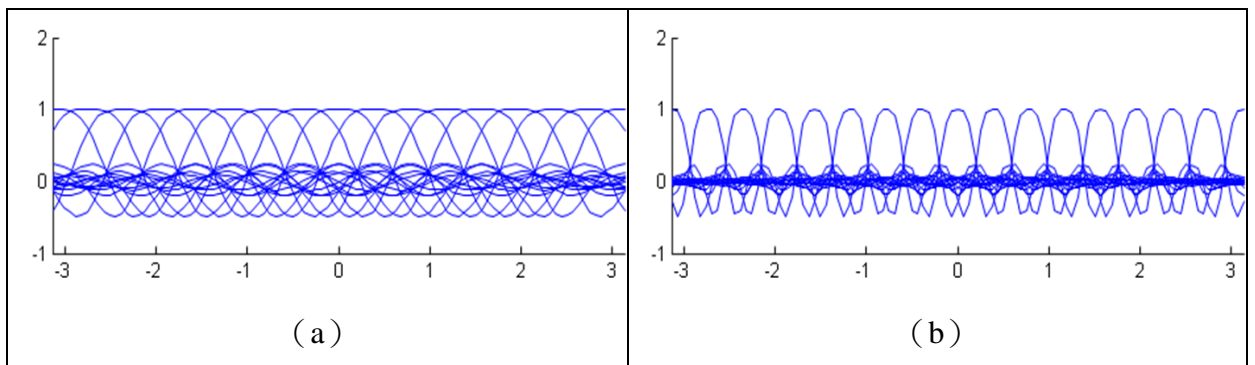


圖 2-18 SS 函數  $k$  值比較圖 (a)  $k=5$ , (b)  $k=14$

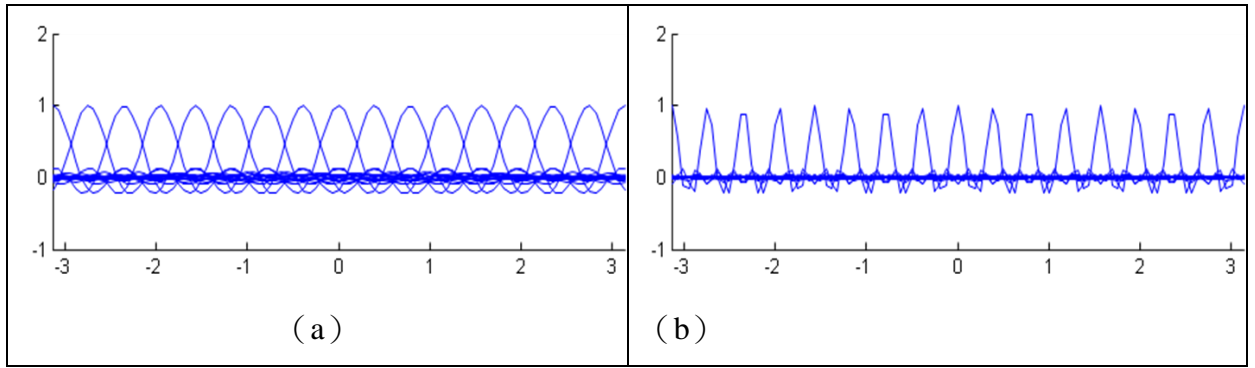


圖 2-19 CS 函數  $k$  值比較圖 (a)  $k=5$ , (b)  $k=14$

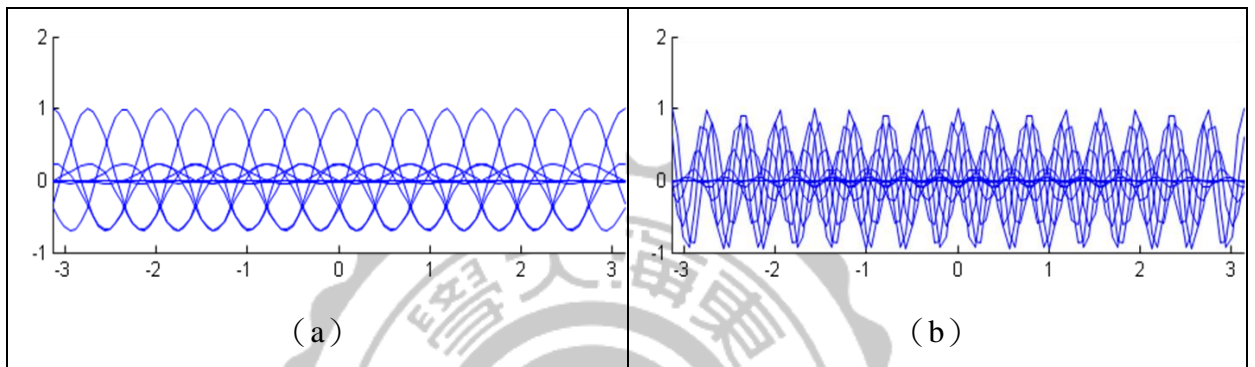


圖 2-20 GC 函數  $k$  值比較圖 (a)  $k=5$ , (b)  $k=14$

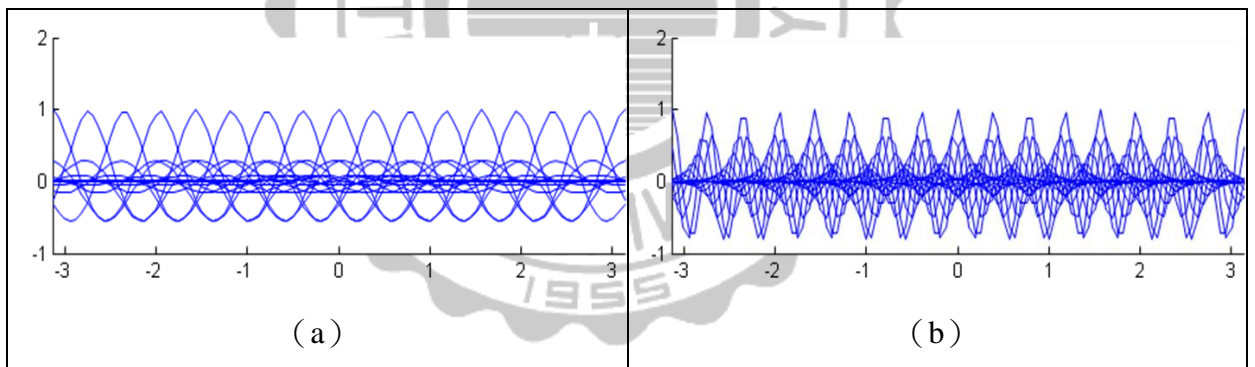


圖 2-21 EC 函數  $k$  值比較圖 (a)  $k=5$ , (b)  $k=14$

肆、 $\tau$  值：基底涵蓋原始物件的範圍，主要用在本研究每一個基底函數上（如圖 2-22~ 2-25）。

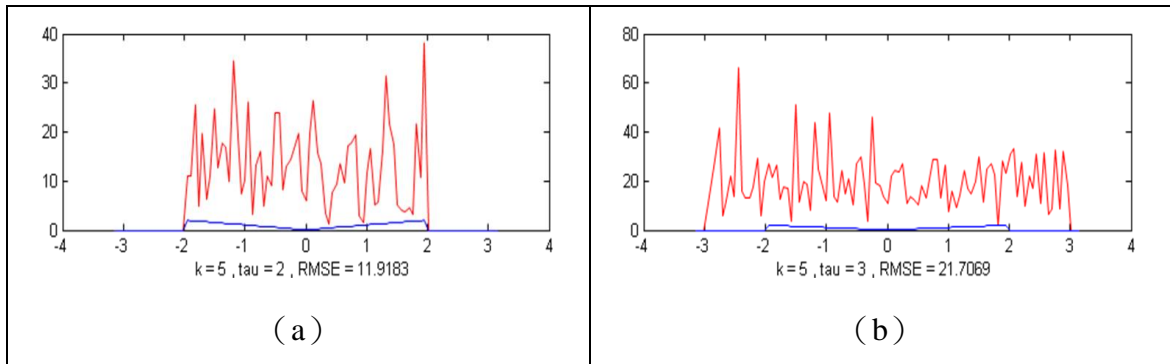


圖 2-22 正弦函數  $\tau$  值比較圖 (a)  $\tau=2$ , (b)  $\tau=3$

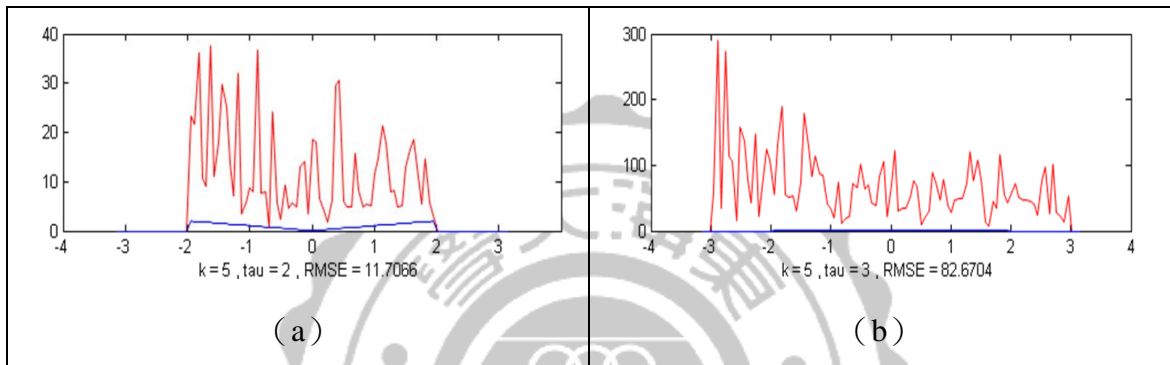


圖 2-23 餘弦函數  $\tau$  值比較圖 (a)  $\tau=2$ , (b)  $\tau=3$

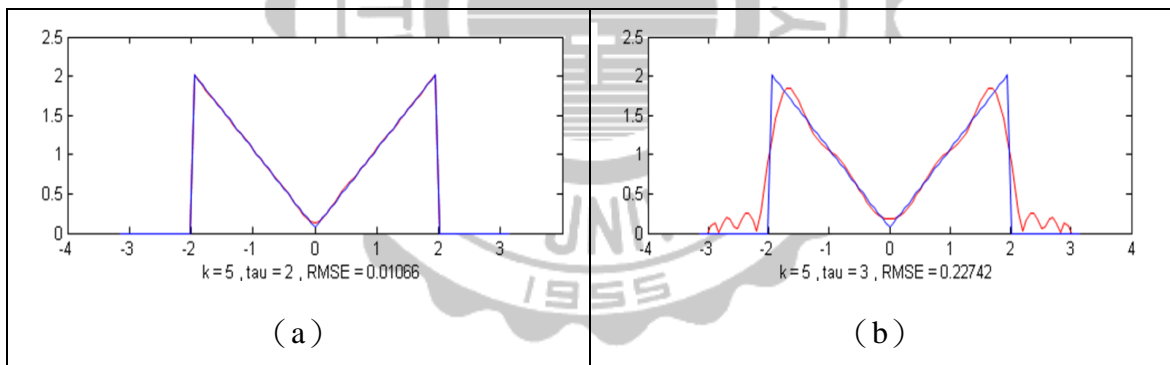


圖 2-24 辛克函數  $\tau$  值比較圖 (a)  $\tau=2$ , (b)  $\tau=3$

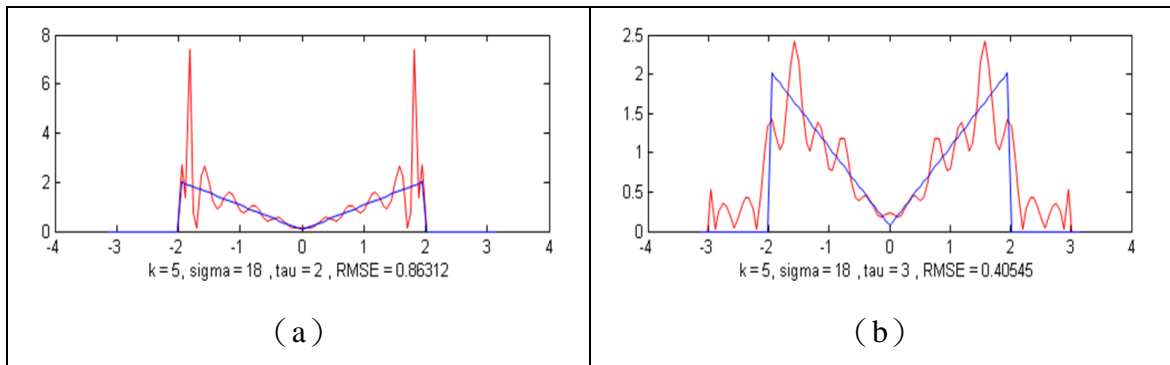


圖 2-25 SS 函數  $\tau$  值比較圖 (a)  $\tau=2$ , (b)  $\tau=3$

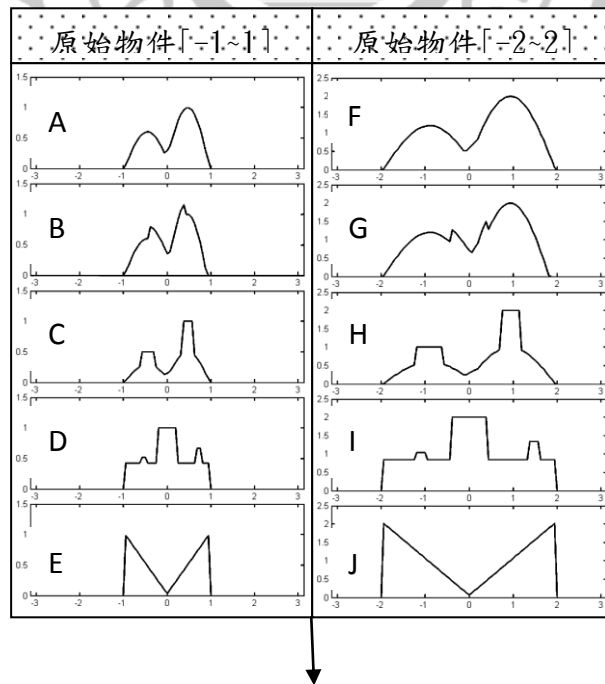


## 第三章 模擬與分析

依基底函數綜合比較：由於每個原始物件圖形形狀上都有所不同，故以圖形為大分類，再詳加以探討，本研究主要利用均平方根誤差 (Root Mean Square Error, RMSE) 所產生的數值進行個各類圖形的比較與分析。

### 第一節 模擬流程

本研究之模型如圖 3-1 所示，第一階段將訊號不同、成像範圍不同的十種原始物件進行估測，利用傅立葉轉換將空間域上的資料轉為頻率域上的資料，為了應用於數位資料儲存，故無法將頻譜上無限的資料全部存取，所以本研究分別依解析度的不同取樣 17 點、21 點、25 點、31 點；第二階段則透過頻譜上的有限資料點，應用不同的基底函數使影像進行還原，期望模擬出成像近似於原始物件的圖形。



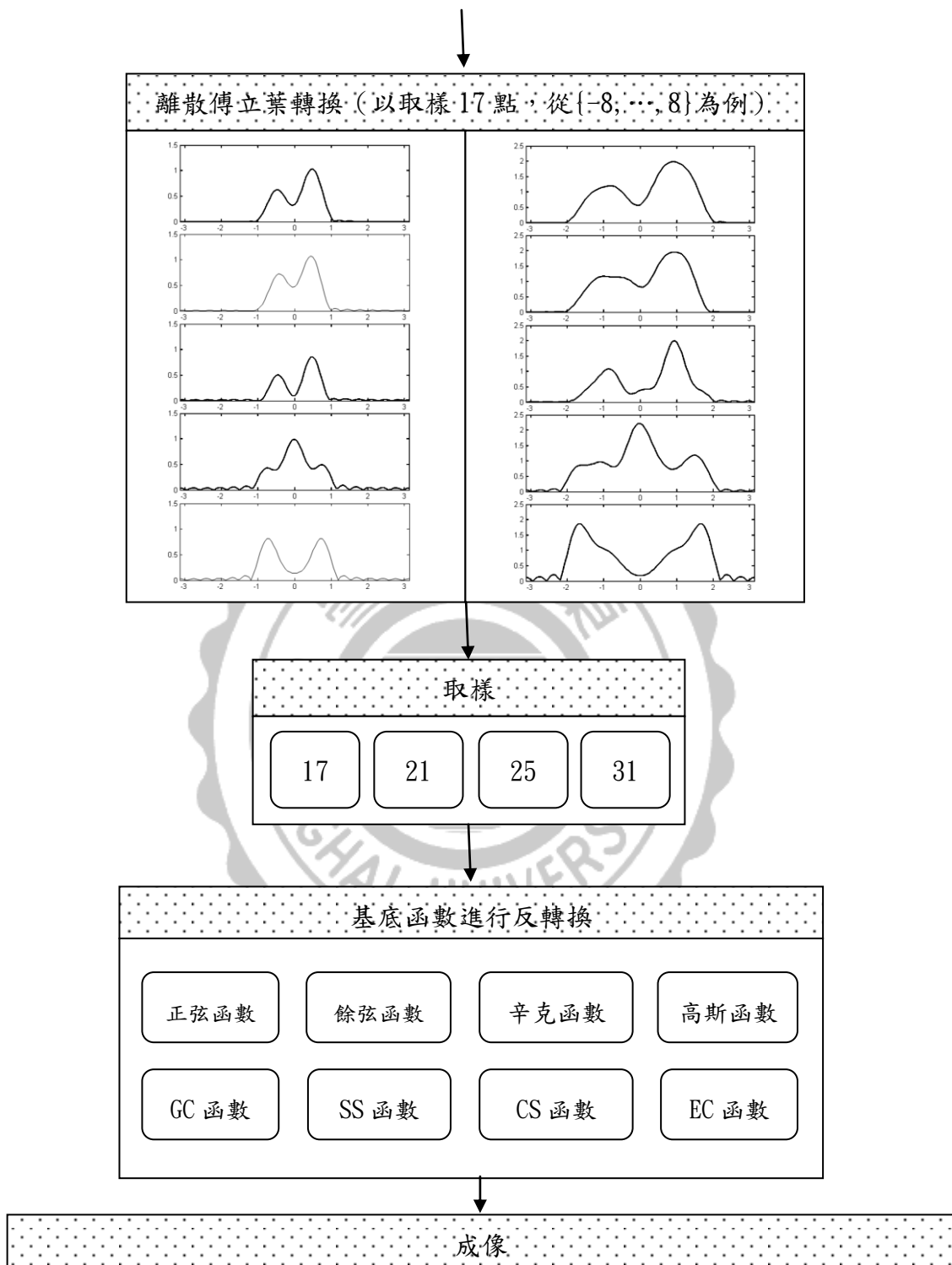


圖 3-1 本研究模擬流程 (續)

## 第二節 成像範圍[-1;1]

### 壹、以取樣點數作區分-原始物件 A

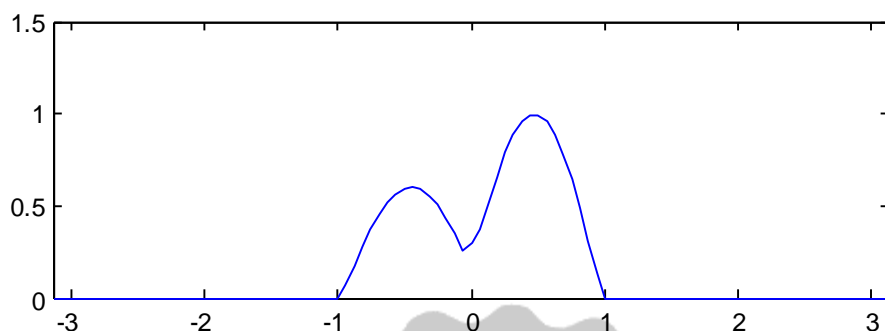


圖 3-2 原始物件 A (平滑訊號圖形)

圖 3-2 原始物件 A 是本論文研究模擬的第一個原始影像物件，影像物件寬度範圍界於[-1;1]之間，形狀類似於橢圓狀的山峰，是屬於影像模擬中常見的平滑訊號圖形。

由於原始物件 A 相較於本論文其它物件其範圍[-1;1]偏小，利用不同基底函數進行反轉換時，因為基底函數的不同，會產生不同的成像與 RMSE 值，本研究利用 RMSE 值進行各種不同基底函數成像上的比較與分析，並以數據的方式呈現，當 RMSE 值 $<0.05$  時，成像效果最佳，使用紅色表示；RMSE 值界於 0.05 至 0.1 之間，使用黃色表示；RMSE 值界於 0.1 至 1 之間，使用綠色表示；RMSE 值 $>1$ ，成像效果極差，使用藍色表示。如表 3-1~3-4。其中各種不同的基底又依照取樣點數的不同進行分類，將各基底函數所產生的最佳成像用如圖 3-3~3-15 加以呈現。

表 3-1 原始物件 A ( $\tau=1.1$ ): RMSE 值比較表

		原始物件A																				
		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
17點	Cos	RMSE	13.78	31.521	4.6993	16.739	5.2201	10.211	2.7659	13.453	8.4926	6.8583	19.323	13.921	5.3051	9.127	11.518	19.332	4.3001	11.507	4.8631	5.5206
	Sin	RMSE	4.102	7.6058	5.9446	15.983	4.6094	7.8825	4.1507	22.434	4.2573	5.7928	14.565	13.165	22.868	6.1072	3.7307	9.745	146.23	15.996	29.414	12.306
	Sinc	RMSE	27.66	1.4066	0.7073	0.389	0.3265	1.3129	0.2736	0.1225	0.0433	0.0579	0.0039	0.0033	0.0032	0.004	0.1265	8.6334	0.139	0.392	3.1666	6.2486
	SS	RMSE	1.509	0.4484	0.20197	0.2015	0.04	0.0038	0.0196	0.0064	0.017	0.0183	0.0159	0.0377	0.1109	0.1291	0.143	6.306	0.5981	2.0925	15.266	15.979
	CS	RMSE	0.987	0.3571	0.2893	0.1792	0.0406	0.0033	0.004	12.806	0.392	6.2486	15.374	4.6176	40.788	416.25	241.26	625.15	533.09	5143.1	5324.6	5684.6
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
	Gaussian	RMSE	5.262	0.3869	1.4203	0.4133	1.0705	2.6804	1.2246	1.7622	1.1007	0.4614	0.044	0.0042	0.0047	0.0058	0.0078	0.0108	0.0149	0.0204	0.0279	
	GC K=1	RMSE	0.564	5.4214	0.2307	0.9233	0.3334	1.5708	0.4309	0.3562	0.6102	0.2352	0.0123	0.0042	0.0052	0.007	0.0096	0.0131	0.0177	0.0237	0.0325	
	GC K=2	RMSE	0.203	1.8872	0.2102	0.7371	0.7893	0.5187	2.0228	0.5178	0.363	0.7124	0.0758	0.1107	0.0105	0.0058	0.0069	0.0088	0.0116	0.0154	0.0204	
	GC K=3	RMSE	0.464	1.7068	0.4041	0.3004	0.8114	0.2138	0.1714	0.9382	0.2706	0.5511	0.2656	0.0243	0.0046	0.0054	0.0067	0.0087	0.0113	0.0143	0.0176	
	GC K=4	RMSE	0.41	0.3947	0.477	0.3999	0.5593	1.2108	0.638	0.4761	0.671	1.7827	0.6937	0.0075	0.0095	0.0157	0.0303	0.0524	0.0768	0.1018	0.1199	
	GC K=5	RMSE	0.621	0.7689	0.5181	0.7081	2.6174	0.1943	0.3537	0.4092	0.5854	0.3926	1.1405	0.0049	0.0048	0.0056	0.0086	0.0194	0.051	0.2391	0.4371	
	EC K=1	RMSE	2E+12	1E+12	7E+11	7E+11	1E+12	4E+12	1E+12	6E+12	4E+12	2E+12	5E+12	1E+12	2E+12	6E+12	2E+12	9E+11	3E+12	1E+14	8E+12	
	EC K=2	RMSE	4E+11	1E+12	3E+12	6E+11	5E+12	1E+12	2E+12	1E+12	1E+12	3E+12	3E+12	1E+12	1E+12	2E+12	1E+12	7E+11	1E+12	6E+12	9E+12	
	EC K=3	RMSE	1E+11	1E+11	2E+11	1E+12	4E+11	2E+12	1E+12	1E+12	3E+12	4E+11	2E+12	9E+12	2E+12	2E+12	5E+12	5E+12	1E+13	1E+13	1E+12	
EC K=4	RMSE	7E+10	3E+11	2E+11	8E+10	1E+12	8E+11	2E+11	3E+11	7E+11	7E+11	8E+11	2E+12	8E+12	4E+12	4E+12	4E+12	2E+12	5E+12	1E+13		
EC K=5	RMSE	1E+11	8E+10	2E+11	2E+10	3E+11	2E+11	7E+10	3E+11	7E+11	6E+11	1E+12	9E+11	1E+12	6E+12	1E+12	3E+12	3E+12	1E+13	1E+13		
21點	Cos	RMSE	4.506	81.589	14.55	3.435	10.415	3.4952	7.3184	30.183	2.7649	6.444	24.592	10.564	13.583	16.604	15.45	5.6954	7.6445	6.692	8.6466	5.1168
	Sin	RMSE	4.495	15.927	4.25	7.9971	12.558	9.1838	11.068	11.608	6.4982	3.1082	4.3315	9.8281	9.2059	28.338	5.3758	59.718	4.7989	16.67	14.718	13.41
	Sinc	RMSE	5750	24.063	28.785	0.8676	0.7216	0.922	0.5332	1.4858	5.771	4.7523	2.1322	5.6215	4.3456	5.1168	0.2967	0.4174	0.3234	1.2907	2.1045	7.5234
	SS	RMSE	379.3	1.8271	1.8839	0.2341	0.6325	0.837	0.2319	0.4953	0.1159	0.2689	0.1051	0.0062	0.0127	0.0151	0.2027	0.111	2.1111	0.3813	1.4044	3.0829
	CS	RMSE	58.43	0.7234	1.2819	0.5616	2.0885	3.7565	15.725	0.5733	3.42	8.1676	0.2241	9.9587	1021.8	122.93	19.815	366.1	1635.1	2109.3	3317.1	746.52
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
	Gaussian	RMSE	211.3	681.03	8.102	6.6839	2.8088	1.2728	1.442	0.6076	3.2557	0.5974	1.5817	1.4088	0.7406	1.1943	0.4457	0.5652	2.2553	0.9976	0.3584	
	GC K=1	RMSE	339.7	9.6156	3.2447	2.1905	2.1188	1.5968	1.251	2.3208	1.4276	1.3219	0.7831	1.5318	0.3579	0.5111	1.4537	0.7123	0.6655	1.9686	1.2478	
	GC K=2	RMSE	1.391	0.4173	1.7543	1.507	0.4893	0.5065	2.5852	0.3826	0.5319	0.3897	0.2927	1.5088	0.6367	0.5698	0.5326	1.0996	0.4024	1.8085	4.1983	
	GC K=3	RMSE	1.742	0.5993	2.9303	0.5815	0.417	0.6719	5.6788	0.8457	0.9109	0.8233	1.6076	0.4299	0.6425	2.1421	0.714	4.3448	0.8886	0.695	6.766	
	GC K=4	RMSE	0.756	1.2883	0.9129	0.2749	0.9727	0.3921	0.8466	0.8736	0.588	0.6377	0.4965	1.2519	10.139	0.3767	1.4212	9.342	2.386	1.2738	3.4576	
	GC K=5	RMSE	0.838	1.5043	2.3277	0.9201	0.5655	0.8601	0.4533	0.7727	0.3332	2.9686	0.6475	0.4044	4.2943	1.0241	1.4781	1.6831	2.6974	1.9919	4.2029	
	EC K=1	RMSE	6E+10	1E+11	4E+11	5E+11	1E+12	4E+11	6E+11	2E+11	4E+11	2E+11	5E+11	1E+12	1E+12	2E+12	3E+12	2E+12	4E+12	5E+11	1E+12	
	EC K=2	RMSE	2E+11	2E+11	2E+11	2E+11	6E+11	2E+11	1E+12	4E+11	1E+12	4E+11	5E+11	8E+11	5E+12	1E+12	1E+12	3E+12	7E+11	7E+11	8E+11	
	EC K=3	RMSE	2E+11	2E+11	1E+11	1E+11	5E+11	5E+11	6E+11	1E+12	2E+11	2E+11	2E+11	1E+12	1E+12	9E+12	2E+12	1E+12	6E+11	3E+11	2E+11	
EC K=4	RMSE	2E+11	4E+11	9E+11	5E+11	2E+12	9E+11	4E+11	6E+11	1E+12	2E+12	2E+12	3E+12	2E+12	3E+12	3E+13	8E+11	6E+11	7E+12	7E+11		
EC K=5	RMSE	3E+11	3E+11	8E+11	1E+12	9E+11	2E+13	1E+12	3E+12	2E+12	4E+12	1E+12	2E+12	1E+13	4E+12	2E+12	2E+11	4E+11	3E+12	2E+12		
25點	Cos	RMSE	11.93	48.325	15.141	28.957	5.4571	11.385	6.2043	16.505	2.9512	7.6695	10.096	25.796	10.161	26.52	8.9453	56.858	6.2942	9.6697	3.2688	11.137
	Sin	RMSE	11.2	26.983	13.836	37.984	12.55	6.2078	11.651	18.394	5.0246	5.5524	6.6798	4.8617	22.908	98.85	12.487	15.815	16.927	9.6744	15.191	4.6786
	Sinc	RMSE	3E+05	13518	6826.6	385.18	5.0915	0.4276	0.6478	2.4617	1.4544	1.1671	2.4109	1.2748	4.2699	9.1841	8.0119	5.0851	5.2128	7.9819	5.1915	6.8536
	SS	RMSE	43745	84.905	8.9433	1.2451	4.4517	1.0206	3.1378	3.36	1.5305	2.6189	2.2119	3.3429	1.2929	3.3695	0.3282	3.1692	7.4639	0.6256	1.0424	0.2724
	CS	RMSE	16468	29.859	0.5651	1.5901	2.621	14.031	15.076	15.996	19.977	4.016	3.8267	2.8921	2.5407	12.656	129.53	963.24	2569.5	34.774	368.16	9505.4
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
	Gaussian	RMSE	10196	7905.5	2165.4	998.98	24.921	11.704	14.082	26.747	3.6359	1.8709	2.1652	1.3219	0.9619	1.6561	1.9988	1.1461	1.3815	0.592	3.1885	
	GC K=1	RMSE	1521	164.41	141.39	41.874	14.981	25.148	1.9014	5.2223	1.8608	5.6977	2.3517	4.3985	3.8127	0.8497	1.2801	3.8363	1.021	2.9785	23.568	
	GC K=2	RMSE	36.22	1.9214	2.357	1.6371	4.1567	0.7321	0.9655	2.0844	1.2205	1.0445	0.405	1.4283	0.657	1.2462	2.816	1.0468	2.9893	10.183	44.651	
	GC K=3	RMSE	4.669	1.035	0.4698	2.5834	1.0762	1.4906	1.2967	2.0062	0.9513	2.0584	1.6201	4.0742	2.8223	0.8927	1.5635	0.9526	3.7739	7.1651	136.54	
	GC K=4	RMSE	2.687	11.483	3.0006	3.9492	1.2123	1.7082	2.2525	1.4187	0.9534	0.9339	3.0547	3.2782	1.1644	2.732	6.275	34.754	30.614	116.52	13.379	
	GC K=5	RMSE	2.483	2.5643	1.8073	0.6781	0.6612	0.3164	1.0055	0.9336	0.4993	0.666	0.9179	2.9541	1.4482	1.0348	2.076	6.6472	3.1257	44.308	18.341	
	EC K=1	RMSE	5E+11	2E+11	8E+10	1E+11	5E+11	2E+11	2E+11	1E+11	3E+11	9E+11	3E+11	9E+11	3E+11	2E+11	4E+11	3E+11	8E+11	9E+11	3E+11	
	EC K=2	RMSE	2E+10	1E+11	2E+11	7E+10	2E+11	1E+12	1E+11	1E+12	1E+11	4E+11	3E+11	9E+11	2E+11	8E+11	3E+11	3E+11	9E+11	1E+11	5E+11	
	EC K=3	RMSE	1E+11	3E+11	7E+10	3E+11	3E+11	4E+11	5E+11	3E+11	2E+11	3E+11	7E+11	3E+11	9E+10	4E+11	3E+11	4E+11	4E+11	3E+11	5E+11	
EC K=4	RMSE	6E+10	1E+12	2E+11	1E+11	3E+11	1E+11	1E+11	2E+11	1E+11	2E+11	2E+11	6E+11	3E+11	3E+11	4E+11	4E+11	2E+11	5E+11	3E+11		
EC K=5	RMSE	1E+11	3E+11	7E+10	7E+11	9E+10	7E+10	5E+11	1E+11	9E+11	4E+11	2E+11	1E+11	2E+11	6E+11	2E+11	3E+11	2E+12	2E+11	2E+12		
31點	Cos	RMSE	9.854	19.759	13.232	11.467	31.577	3.432	9.0859	8.5849	6.2292	4.9352	18.42	29.141	12.909	13.269	12.562	28.434	9.3807	12.212	7.5016	11.903
	Sin	RMSE	7.41	6.3112	51.669	38.029	6.9791	14.368	10.283	46.116	4.2835	26.725	182.84	21.572	12.799	31.576	30.363					

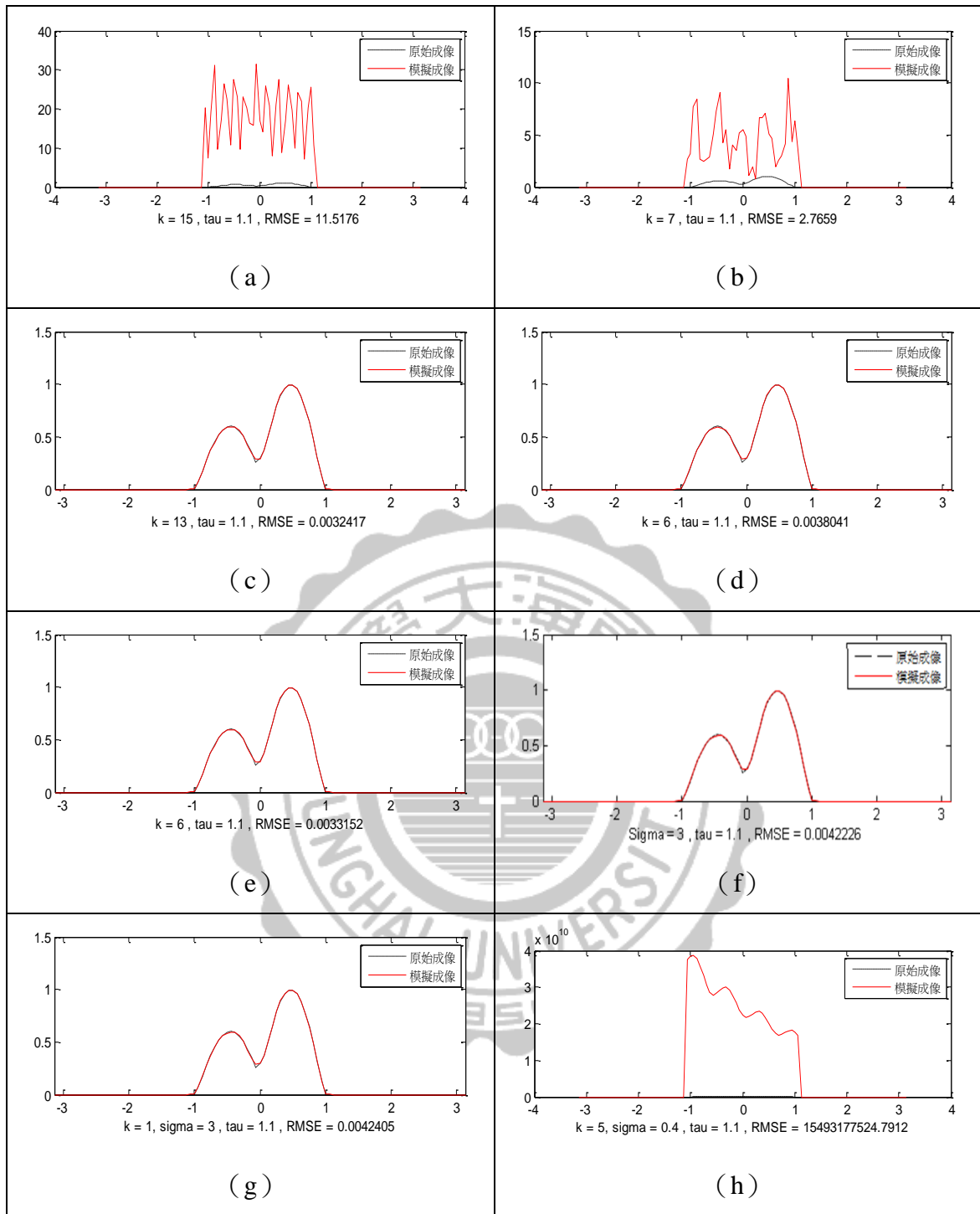


圖 3-3 原始物件 A ( $\tau=1.1$ )：取樣 17 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

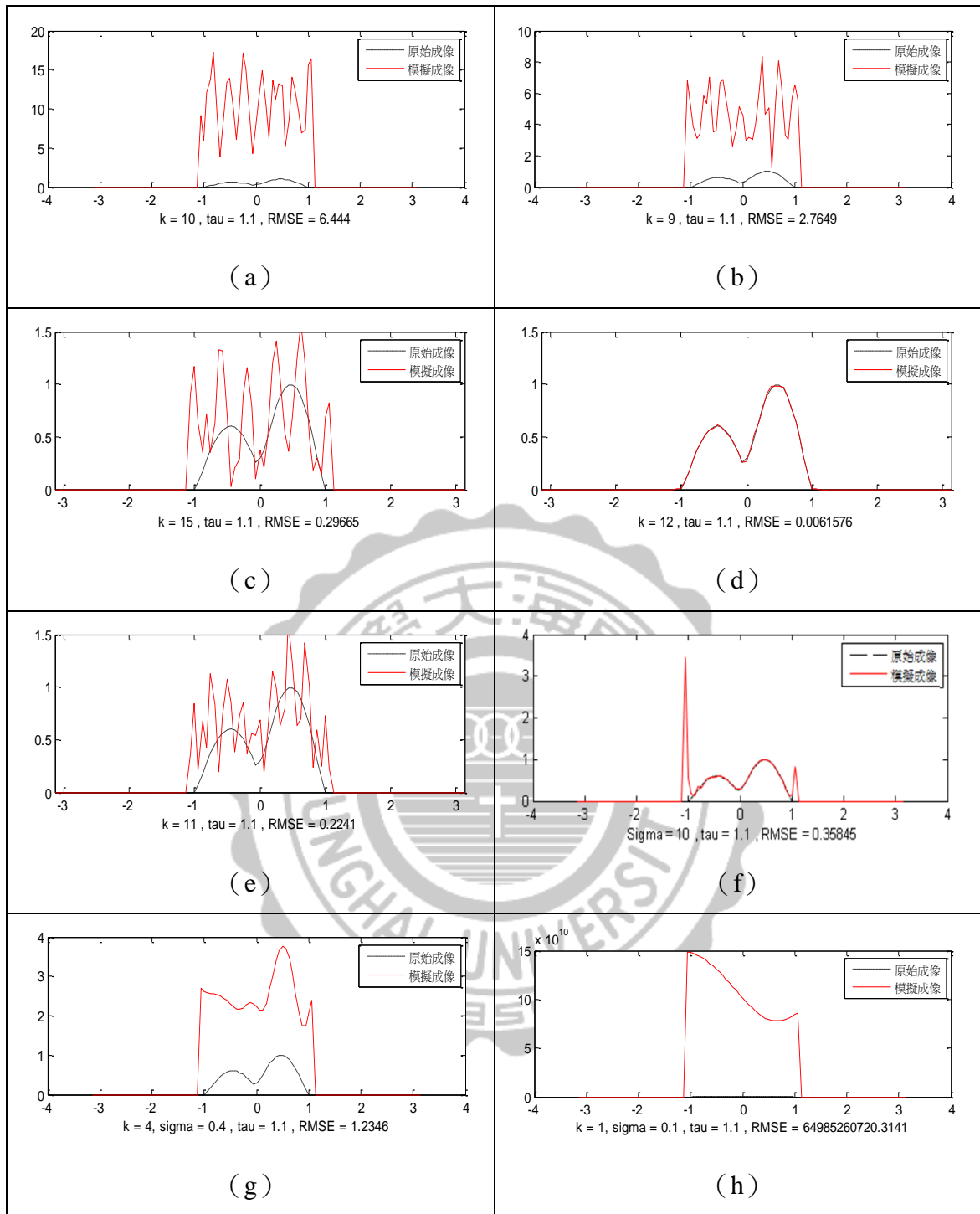


圖 3-4 原始物件 A ( $\tau=1.1$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

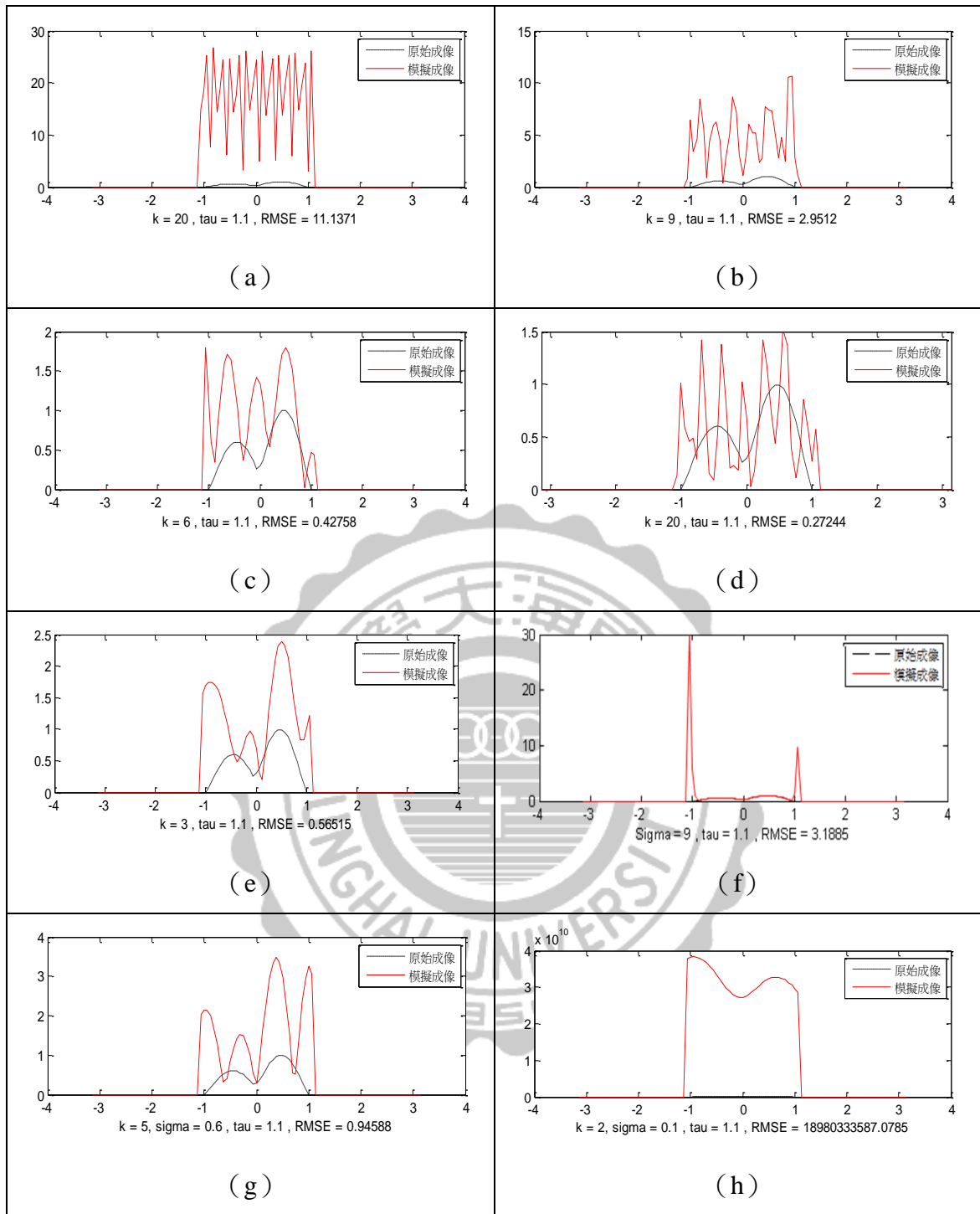


圖 3-5 原始物件 A ( $\tau=1.1$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。



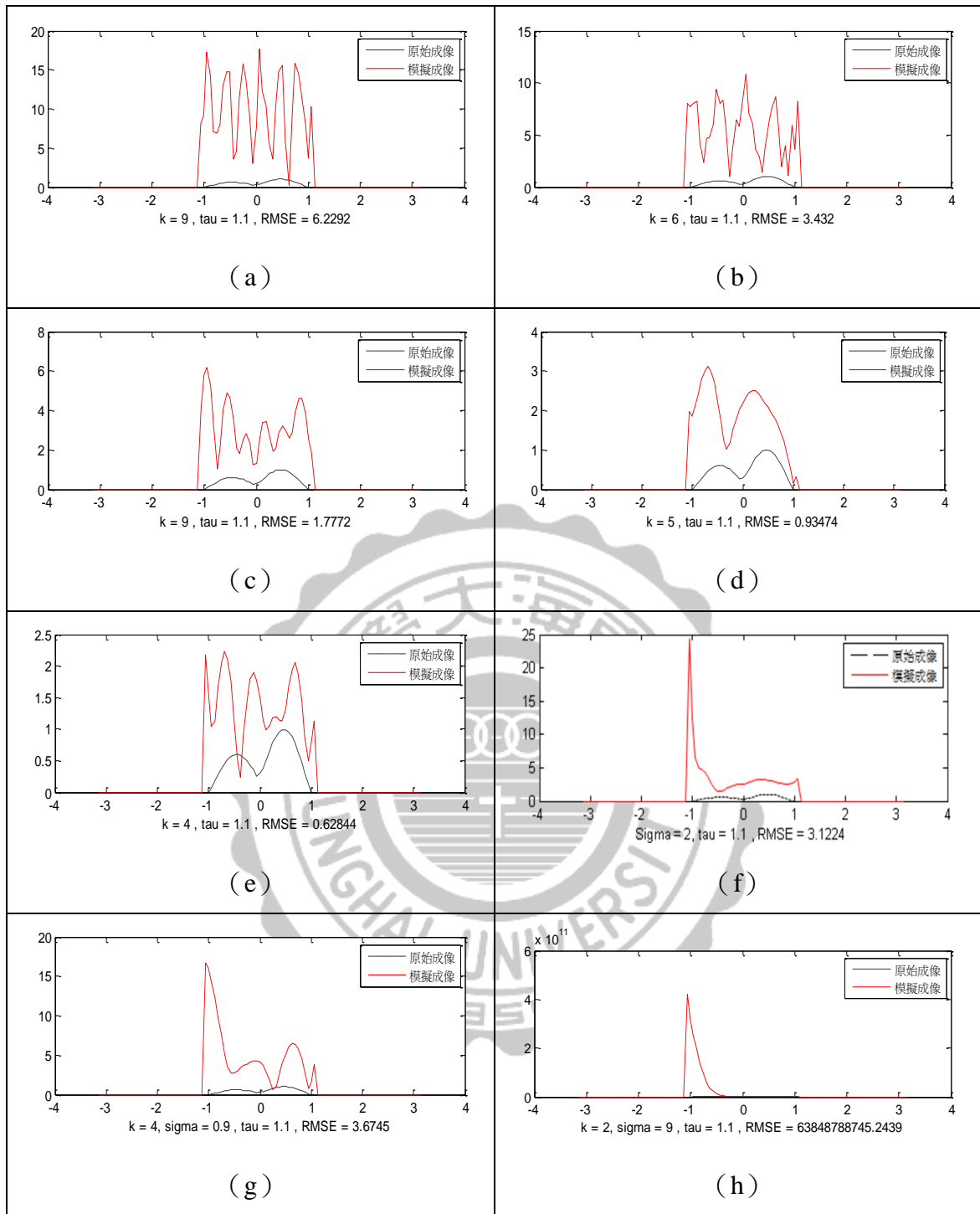


圖 3-6 原始物件 A ( $\tau=1.1$ ): 取樣 31 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

表 3-2 原始物件 A ( $\tau=1.5$ ): RMSE 值比較表

		原始物件A																			
17點		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cos	RMSE	658.8	3.676	3.9225	14.64	3.1904	4.9294	14.345	89.152	8.2075	12.245	8.3792	15.33	3.8053	2.2633	6.2792	112.07	9.5456	9.847	12.008	15.83
Sin	RMSE	11.73	7.3071	5.7454	54.04	4.5366	6.974	4.3654	314.06	5.9208	21.147	18.813	17.014	6.8075	16.23	16.494	219.32	32.782	6.5615	17.378	21.428
Sinc	RMSE	4458	19.588	0.6994	0.0998	0.2921	0.0393	0.0074	0.0071	0.007	0.0069	0.0071	0.0079	0.0302	0.8624	1.8071	0.5896	0.6107	8.8442	26.663	79.254
SS	RMSE	14.81	0.3361	0.1681	0.007	0.0069	0.0073	0.0073	0.0478	0.0548	0.0726	0.0328	0.2442	2.2062	1.9312	2.1432	0.6162	1.1338	13.36	17.531	21.023
CS	RMSE	7.356	0.1196	0.1642	0.0071	0.0069	0.0079	0.8624	0.5896	8.8442	79.254	27.624	26.307	92.658	178.11	284.12	88.768	1434.3	2791.2	9055.5	3226
	Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Gaussian	RMSE	24.32	3.4114	3.7449	0.5476	0.6695	0.3972	0.1923	0.2105	0.0825	0.0407	0.0076	0.009	0.0124	0.0175	0.0233	0.0287	0.0321	0.032	0.0277	
GC K=1	RMSE	0.829	4.27	0.4252	0.3381	0.1803	0.1712	0.3175	0.0233	0.0089	0.0076	0.0078	0.0101	0.0148	0.0209	0.0273	0.0323	0.0342	0.0316	0.0249	
GC K=2	RMSE	0.62	0.4038	0.4768	2.5149	0.2216	0.0106	0.0075	0.0074	0.0073	0.0073	0.0083	0.0124	0.0141	0.0116	0.0133	0.0149	0.0156	0.0447	0.6161	
GC K=3	RMSE	1.513	0.1762	0.2011	0.0152	0.0074	0.0073	0.0073	0.0073	0.0073	0.0095	0.0148	0.0138	0.0141	0.0151	0.0217	0.0636	0.482	0.584		
GC K=4	RMSE	0.623	0.1309	0.0191	0.0078	0.0073	0.0072	0.0072	0.0073	0.0074	0.0075	0.0105	0.0344	0.2572	0.0374	0.0202	0.0354	0.0601	0.0904	0.1258	
GC K=5	RMSE	0.57	1.8737	0.1283	0.0231	0.0095	0.0093	0.0077	0.0081	0.008	0.0085	0.0266	0.0181	0.0149	0.0393	0.1226	0.4727	6.8579	1.004	1.1088	
EC K=1	RMSE	8E+12	8E+12	7E+12	5E+12	8E+12	1E+13	4E+12	3E+12	5E+12	4E+12	3E+13	3E+12	2E+12	1E+13	2E+13	2E+13	6E+12	2E+12	7E+12	
EC K=2	RMSE	8E+11	2E+12	1E+12	2E+12	2E+12	2E+12	2E+13	6E+12	4E+12	6E+12	2E+13	1E+13	2E+12	4E+12	2E+13	1E+13	1E+12	8E+12	1E+13	
EC K=3	RMSE	7E+11	4E+12	1E+12	8E+12	2E+12	4E+12	1E+12	4E+12	2E+12	4E+12	2E+13	5E+12	1E+13	2E+13	3E+13	3E+12	6E+12	4E+12	4E+12	
EC K=4	RMSE	1E+12	6E+12	8E+12	2E+12	7E+11	3E+12	1E+12	8E+11	2E+12	4E+12	4E+13	8E+12	3E+12	4E+12	3E+13	4E+12	7E+12	1E+13	7E+12	
EC K=5	RMSE	2E+12	5E+11	1E+11	8E+11	1E+12	4E+11	8E+11	3E+12	8E+12	2E+11	1E+12	8E+12	7E+12	1E+13	8E+12	4E+12	9E+12	1E+13	6E+12	
	Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Gaussian	RMSE	1E+05	2775.9	188.84	3.8334	3.7005	1.5171	0.7914	0.6218	0.2538	0.7338	0.5306	0.0081	0.0069	0.007	0.0074	0.0082	0.0098	0.0125	0.016	
GC K=1	RMSE	693.2	64.941	7.6593	7.1433	0.7288	2.4683	1.2168	0.495	0.4238	1.1649	0.0757	0.0068	0.0069	0.0072	0.0077	0.009	0.0113	0.0148	0.019	
GC K=2	RMSE	5.397	1.4901	1.9165	0.6224	1.1953	1.9377	0.6995	1.2628	0.2403	0.4876	0.0083	0.007	0.009	0.0489	0.4676	0.1107	0.223	0.0786	0.0551	
GC K=3	RMSE	0.958	0.8187	0.3724	2.2415	1.34	0.3192	0.6404	0.2594	0.2521	0.7587	0.0195	0.0579	0.3286	0.0276	0.01	0.01	0.0103	0.011	0.0139	
GC K=4	RMSE	1.659	0.6488	0.622	0.4148	0.4743	0.5438	0.561	0.3109	0.239	0.1196	0.1436	3.278	0.0568	0.0105	0.0187	0.2219	0.0188	0.0107	0.0118	
GC K=5	RMSE	0.641	1.6386	0.2981	0.4345	0.5067	0.3763	0.502	0.8287	1.1813	2.2378	0.171	0.389	0.0337	0.018	0.0147	0.0111	0.0094	0.0145	0.026	
EC K=1	RMSE	9E+12	3E+13	9E+12	9E+12	1E+13	1E+13	7E+12	4E+12	8E+12	3E+13	2E+13	6E+12	1E+12	3E+12	2E+12	5E+12	6E+11	6E+11	9E+12	
EC K=2	RMSE	6E+12	9E+12	2E+12	6E+12	2E+13	1E+13	1E+13	9E+12	1E+13	4E+12	4E+12	6E+12	8E+12	2E+12	2E+12	2E+13	4E+11	3E+12	1E+13	
EC K=3	RMSE	6E+11	2E+12	3E+12	3E+12	1E+13	3E+12	3E+12	6E+12	4E+12	1E+12	4E+12	2E+12	4E+12	3E+12	3E+12	2E+13	9E+11	2E+12	7E+12	
EC K=4	RMSE	3E+12	3E+12	1E+12	2E+12	4E+12	1E+12	1E+13	3E+13	3E+12	2E+13	1E+12	5E+12	1E+13	1E+12	9E+11	7E+13	2E+12	2E+12	4E+12	
EC K=5	RMSE	2E+11	1E+12	2E+12	2E+12	2E+12	1E+13	4E+12	2E+12	4E+11	2E+12	1E+13	2E+12	1E+13	3E+12	4E+12	8E+12	7E+12	4E+12	1E+12	
	Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Gaussian	RMSE	4E+06	26044	21851	10120	1731.1	1778.2	84.735	21.261	2.3968	1.3683	0.8341	1.3082	0.3342	1.1067	0.2741	0.2313	0.3091	0.1073	0.11	
GC K=1	RMSE	1E+05	46098	8624.8	151.55	62.88	13.162	2.4224	1.0027	2.2116	12.574	0.6228	0.411	0.4117	0.8652	0.4171	0.163	0.1541	0.1868	0.1762	
GC K=2	RMSE	2982	23.317	3.2773	1.2755	1.9356	0.6034	4.0026	0.3783	1.1639	1.5307	0.6863	0.4731	0.2767	0.6784	0.9824	34.208	27.101	48.663	29.756	
GC K=3	RMSE	222.5	7.8247	1.9962	28.478	0.9265	1.181	0.8422	0.269	0.7986	0.9286	0.4389	1.7593	0.9996	0.7294	0.8748	0.4533	1.5876	4.3313	0.2221	
GC K=4	RMSE	1.205	1.0212	1.4321	0.9067	1.1191	1.1728	0.8754	0.3536	1.1492	0.487	1.0841	0.8465	0.2513	0.9573	0.8265	0.2711	0.8507	1.8138	0.6609	
GC K=5	RMSE	9.087	0.6341	0.4331	2.8737	1.0812	1.5405	0.3202	0.655	0.364	0.6744	1.1857	1.0137	0.8671	1.6176	19.827	1.5708	0.1862	0.2019	0.5799	
EC K=1	RMSE	2E+13	9E+12	7E+12	4E+12	9E+12	5E+12	2E+13	2E+13	2E+12	3E+12	6E+12	3E+12	2E+11	6E+11	9E+11	2E+12	8E+11	1E+12	6E+12	
EC K=2	RMSE	1E+12	3E+12	8E+12	2E+13	9E+12	8E+11	2E+12	3E+12	2E+12	5E+12	3E+12	5E+12	1E+12	8E+11	3E+12	1E+13	2E+12	5E+11	8E+12	
EC K=3	RMSE	5E+12	8E+12	2E+12	1E+12	1E+12	2E+12	5E+12	4E+12	1E+12	4E+12	3E+12	1E+12	6E+11	2E+12	1E+12	1E+12	7E+12	1E+12	6E+11	
EC K=4	RMSE	1E+12	4E+12	7E+11	2E+12	3E+12	1E+12	4E+11	6E+11	2E+12	1E+12	1E+12	2E+12	2E+12	3E+12	2E+12	9E+11	7E+11	5E+11	4E+11	
EC K=5	RMSE	3E+12	1E+12	7E+11	1E+12	4E+11	2E+12	2E+12	8E+11	3E+11	1E+12	1E+12	4E+11	2E+12	3E+11	6E+11	8E+11	2E+11	3E+11	1E+13	
	Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Gaussian	RMSE	2E+07	1E+08	4E+07	1E+06	2E+06	260257	165072	93857	45059	55.378	4.9895	3.5843	5.9069	1.4819	2.2083	10.726	19.756	28.633		
GC K=1	RMSE	2E+06	6E+06	2E+06	1E+06	246380	71435	776083	31627	12281	2844.6	30.143	1.4057	1.1086	1.0352	3.1467	0.9108	1.4088	4.1015	105.02	
GC K=2	RMSE	2E+06	121837	54208	3447.3	8907.3	106.71	492.34	61.641	113.55	118.64	1.512	2.8545	1.1791	1.6124	47.229	513.45	19194	11604	18784	
GC K=3	RMSE	9017	2475.8	5425.9	203.38	118.3	85.092	12.93	12.116	1.7482	1.387	0.7673	3.0682	0.9538	0.3027	0.6682	0.7666	4.2934	13.428	723.68	
GC K=4	RMSE	1139	235.82	15.951	15.91	18.579	4.22	1.2347	3.8718	1.596	1.2291	1.2032	6.6453	0.7816	0.7092	1.0437	2.3058	6.6048	46.629	438.31	
GC K=5	RMSE	104.9	16.718	2.4734	2.2793	2.9963	0.7133	1.3067	5.0036	1.0282	0.8379	1.0361	1.7758	1.6979	1.4251	10.259	55.671	537.18	1814.8	888.9	
EC K=1	RMSE	2E+11	4E+11	4E+11	4E+11	4E+11	7E+11	2E+12	6E+11	3E+11	3E+11	2E+11	1E+11	6E+11	4E+10	2E+11	2E+11	1E+11	2E+11	1E+11	
EC K=2	RMSE	3E+11	2E+11	4E+11	1E+12	6E+11	3E+11	8E+11	5E+11	5E+11	1E+12	7E+11	1E+11	3E+12	2E+11	1E+11	7E+11	5E+11	8E+11	3E+12	
EC K=3	RMSE	1E+11	1E+11	7E+10	3E+11	1E+11	2E+12	1E+11	2E+12	1E+11	6E+10	9E+11	1E+12	3E+11	4E+11	2E+11	4E+11	6E+10	8E+11	2E+11	2E+11
EC K=4	RMSE	2E+11	7E+11	2E+11	7E+11	4E+11	6E+11	3E+11	4E+11	9E+11	4E+11	2E+11	2E+11	5E+11	2E+11	4E+11	2E+11	3E+11	9E+10	2E+11	
EC K=5	RMSE	6E+10	2E+10	4E+11	1E+11	7E+10	1E+11	3E+11	4E+11	2E+11	3E+11	2E+11	2E+11	4E+11	1E+11	7E+11	2E+11	8E+10	2E+11	3E+11	
	Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Gaussian	RMSE	26.17	16.081	54.478	66.165	7.7842	14.111	18.639	78.312	2.8928	2.064	13.468	3.1956	5.1234	4.8764	14.281	194.2	4.817	11.964	10.82	12.828
Sin	RMSE	9.504	15.541	35.611	21.415	4.8898	4.1442	7.944	83.096	3.6348	15.487	14.27									

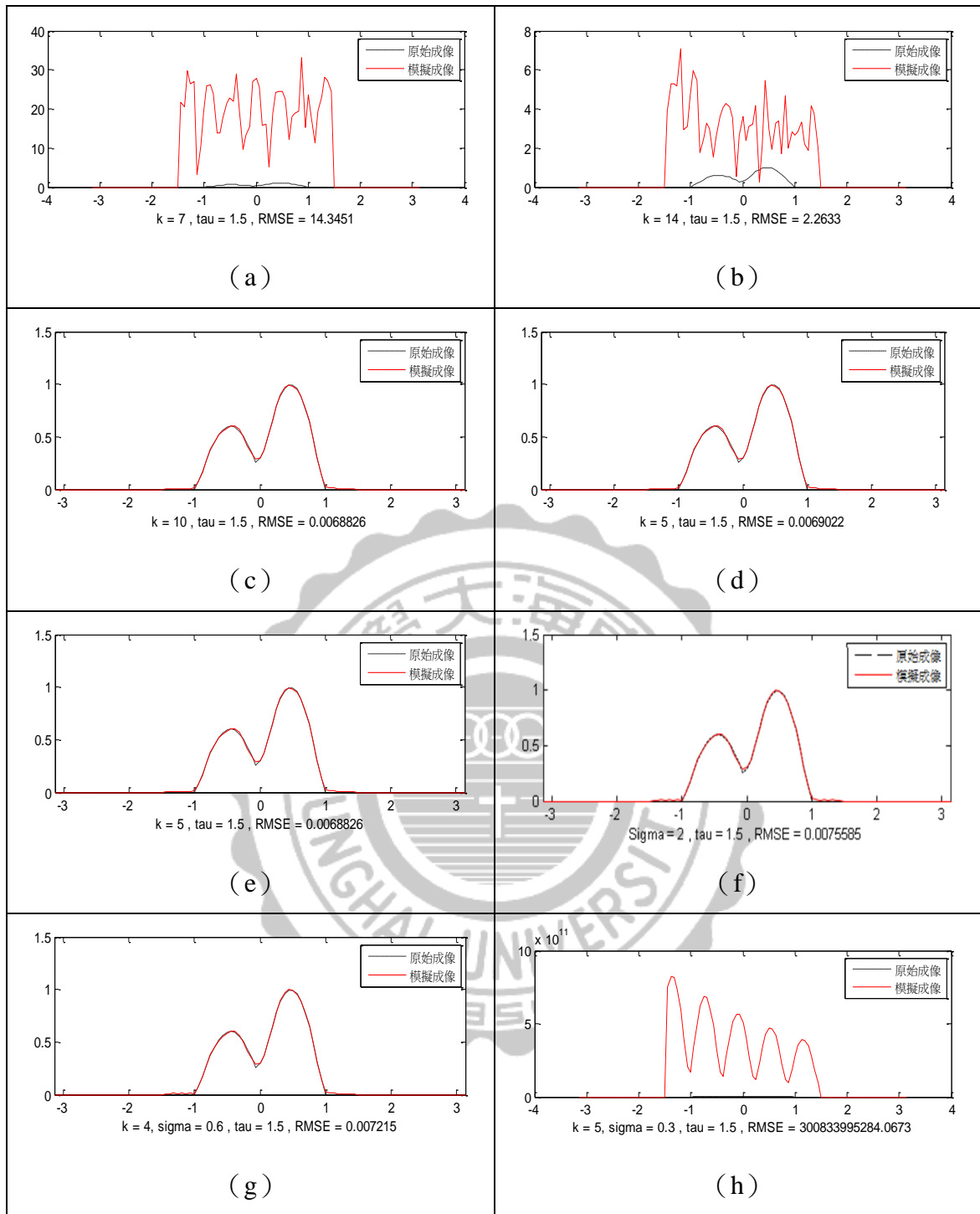


圖 3-7 原始物件 A ( $\tau=1.5$ ): 取樣 17 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

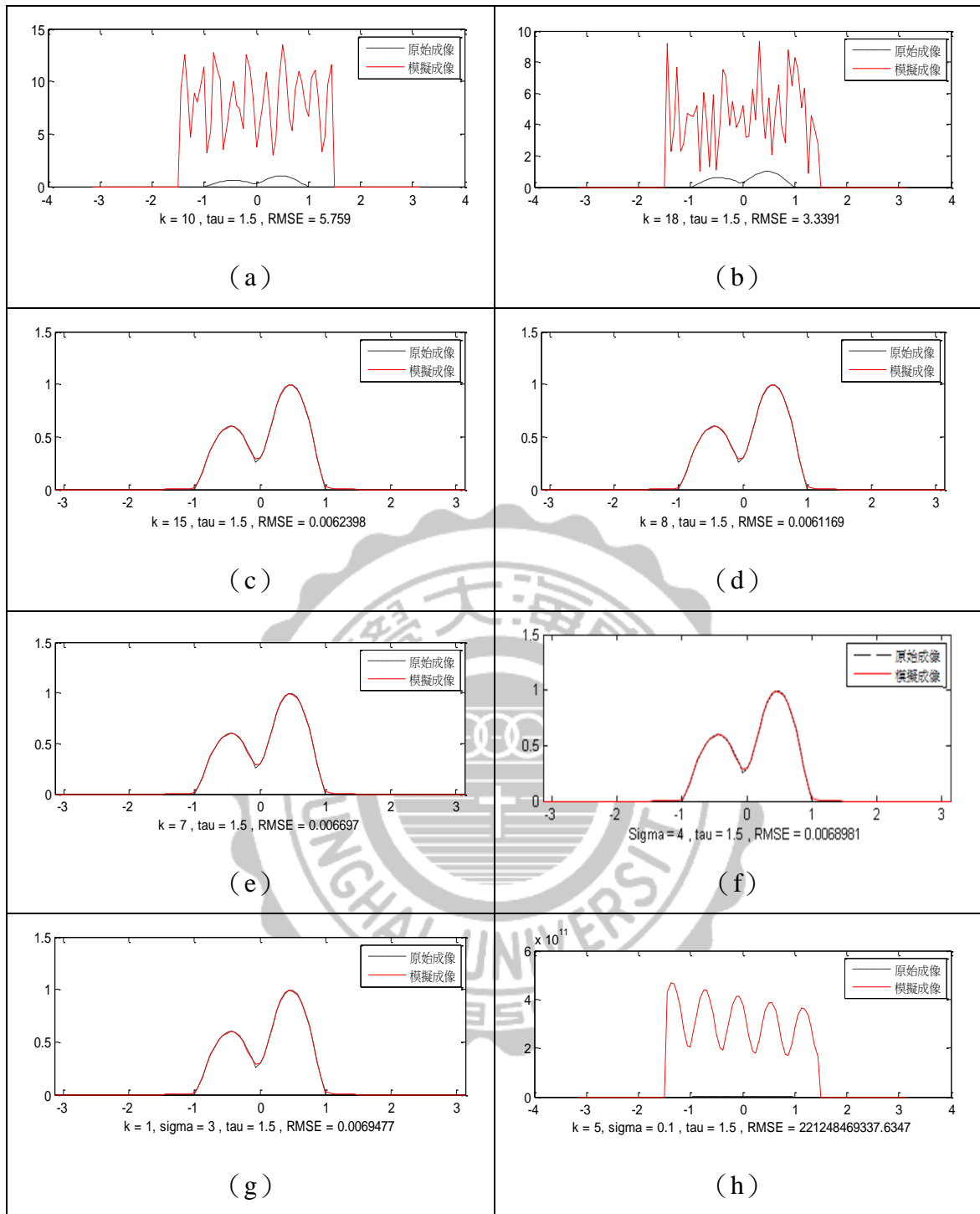


圖 3-8 原始物件 A ( $\tau=1.5$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

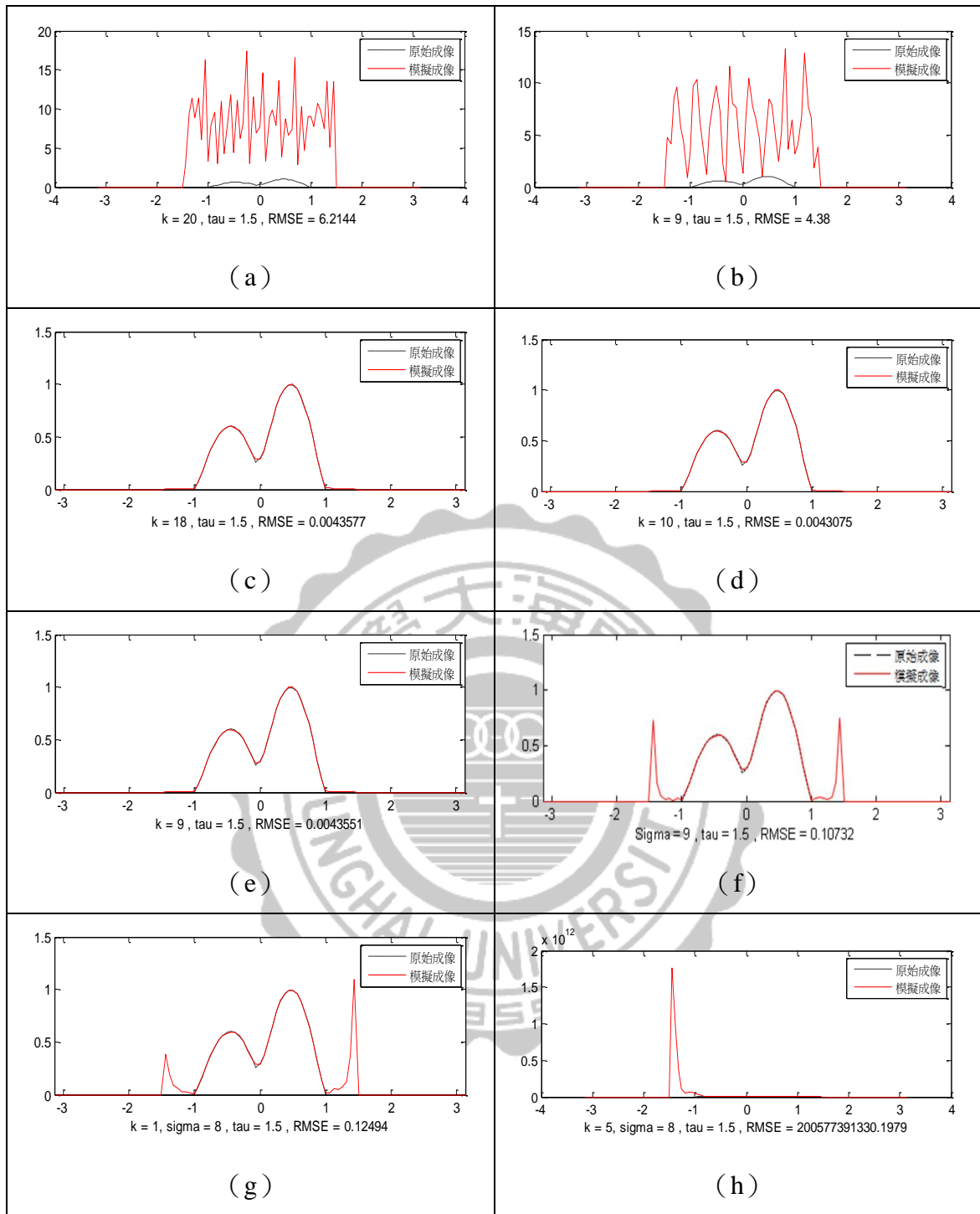


圖 3-9 原始物件 A ( $\tau=1.5$ )：取樣 25 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

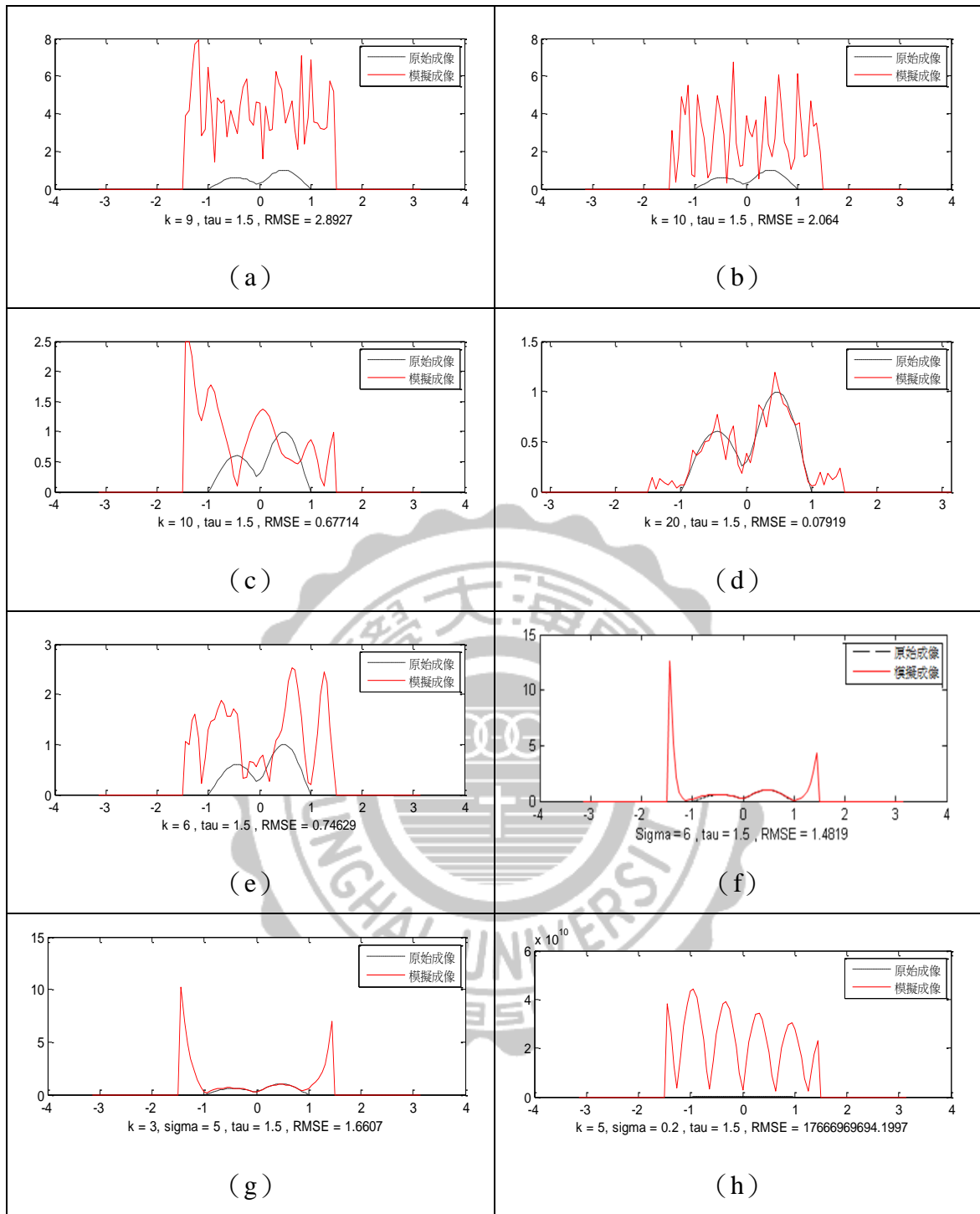


圖 3-10 原始物件 A ( $\tau=1.5$ ): 取樣 31 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。



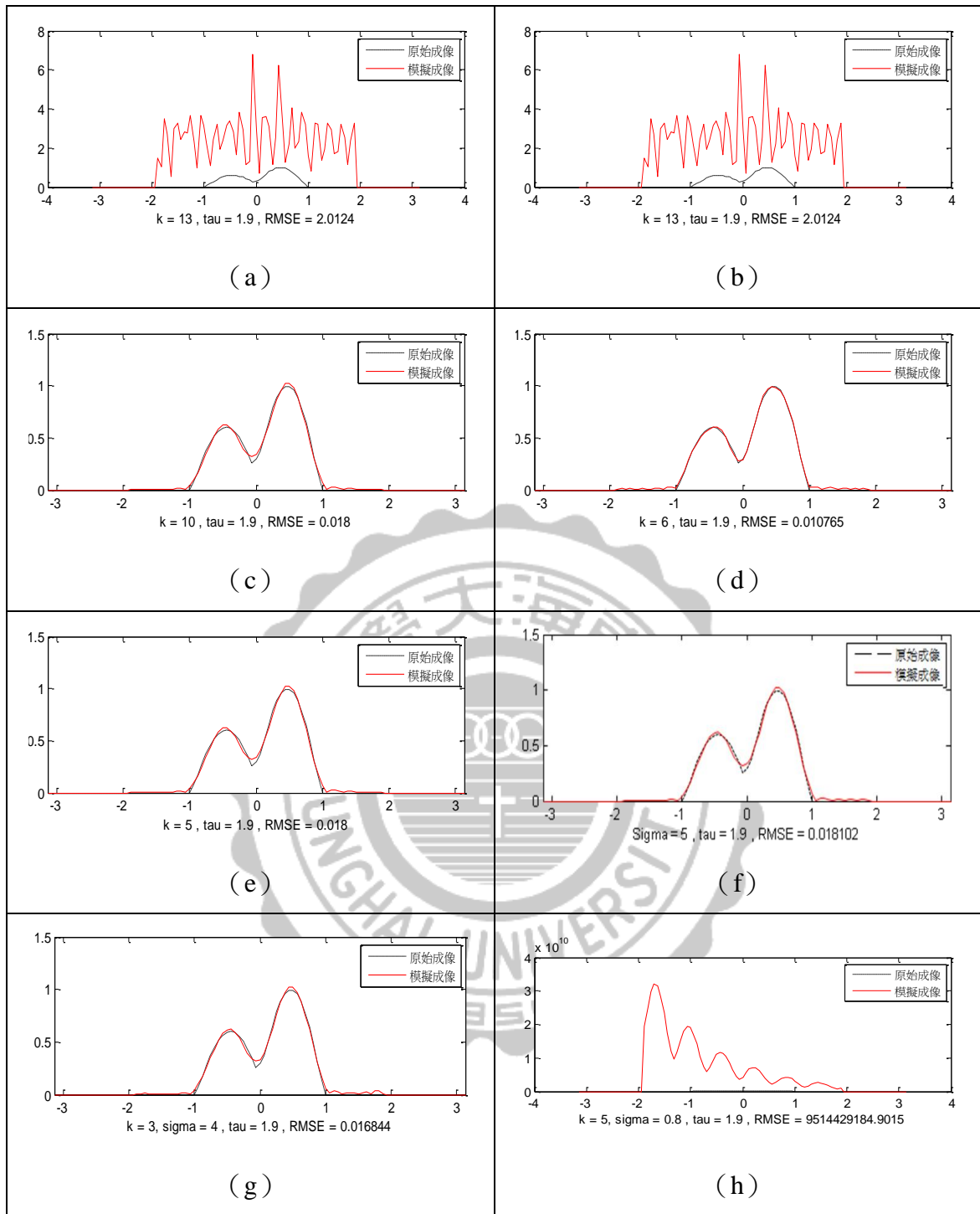


圖 3-11 原始物件 A ( $\tau=1.9$ ): 取樣 17 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。



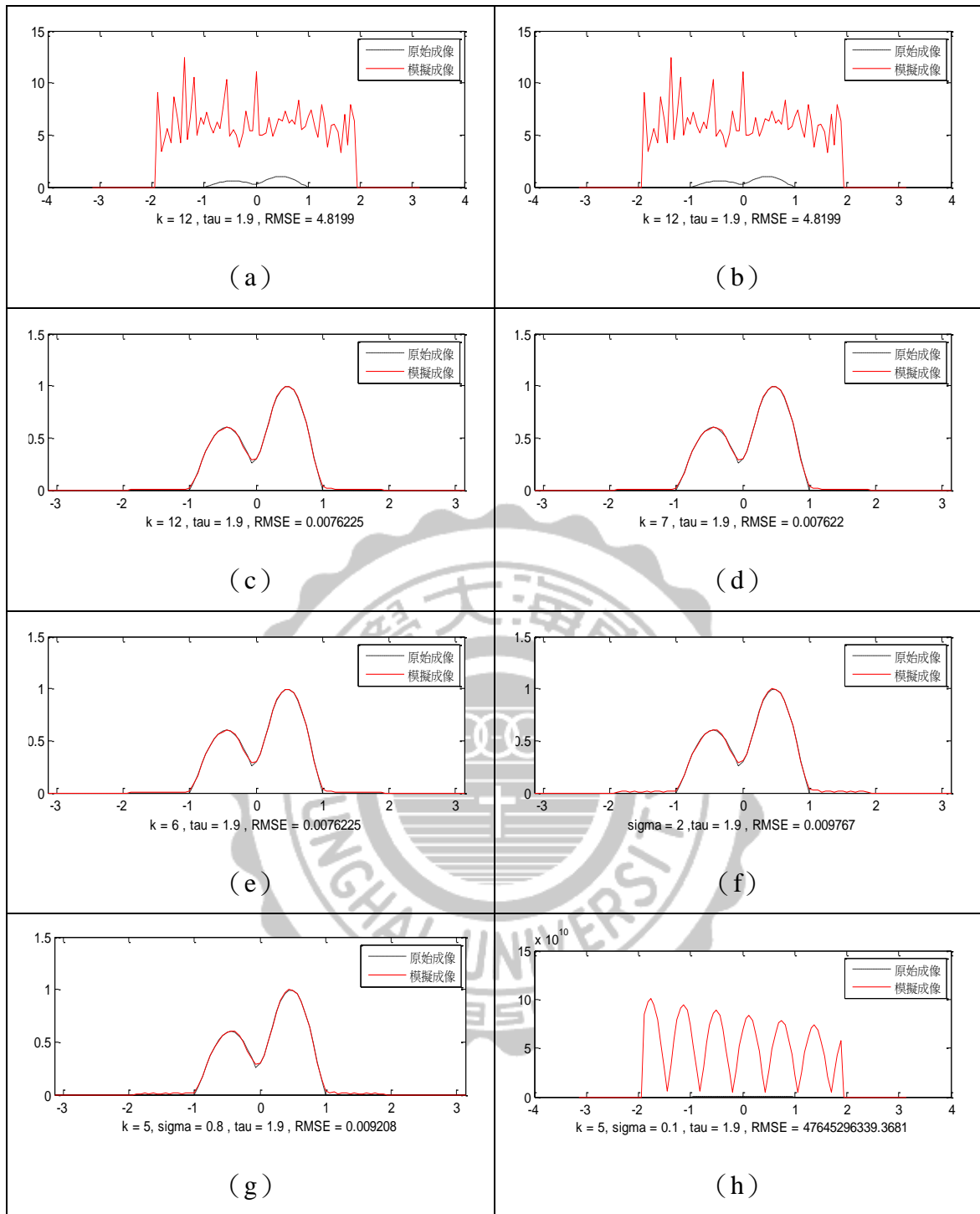


圖 3-12 原始物件 A ( $\tau=1.9$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

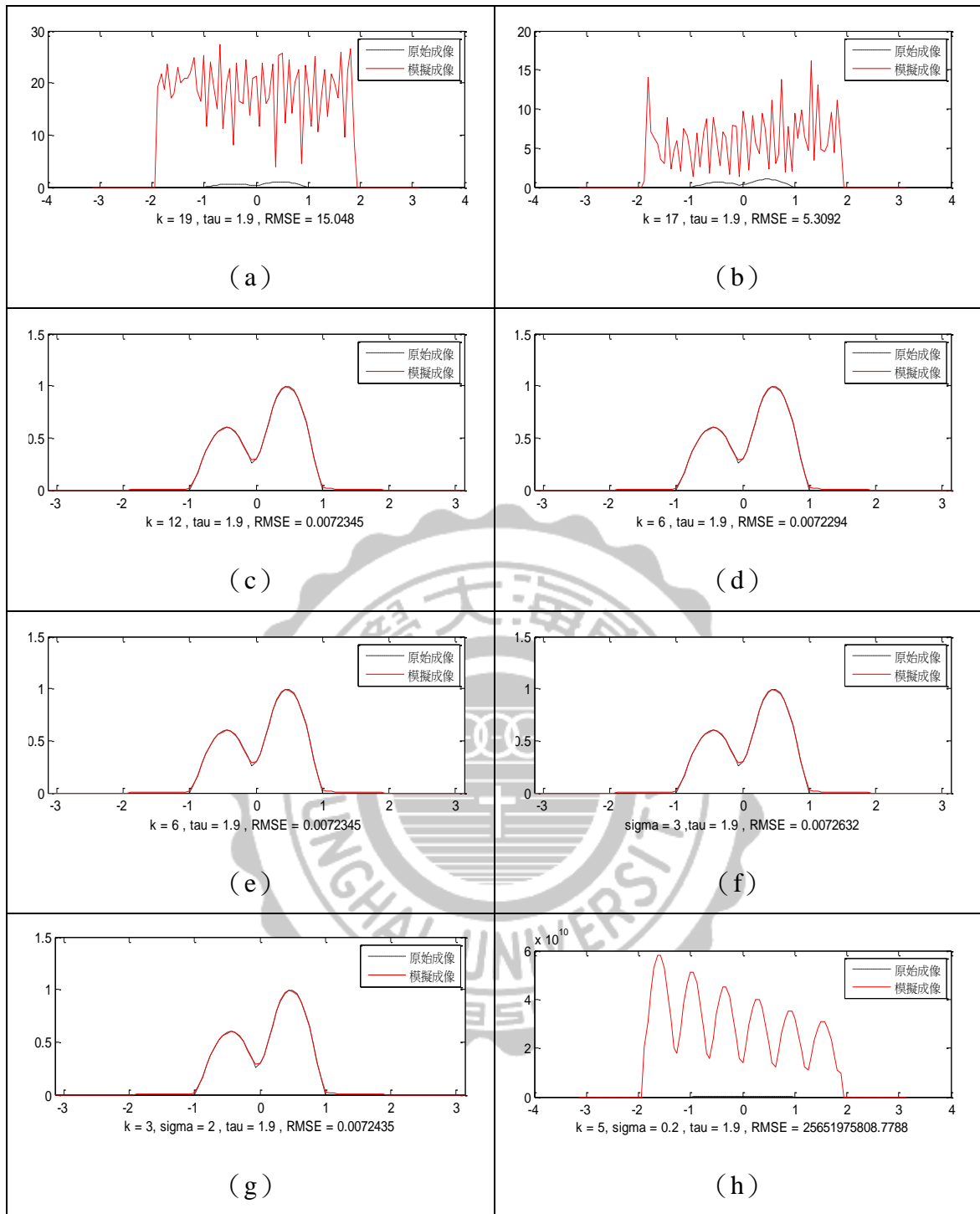


圖 3-13 原始物件 A ( $\tau=1.9$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

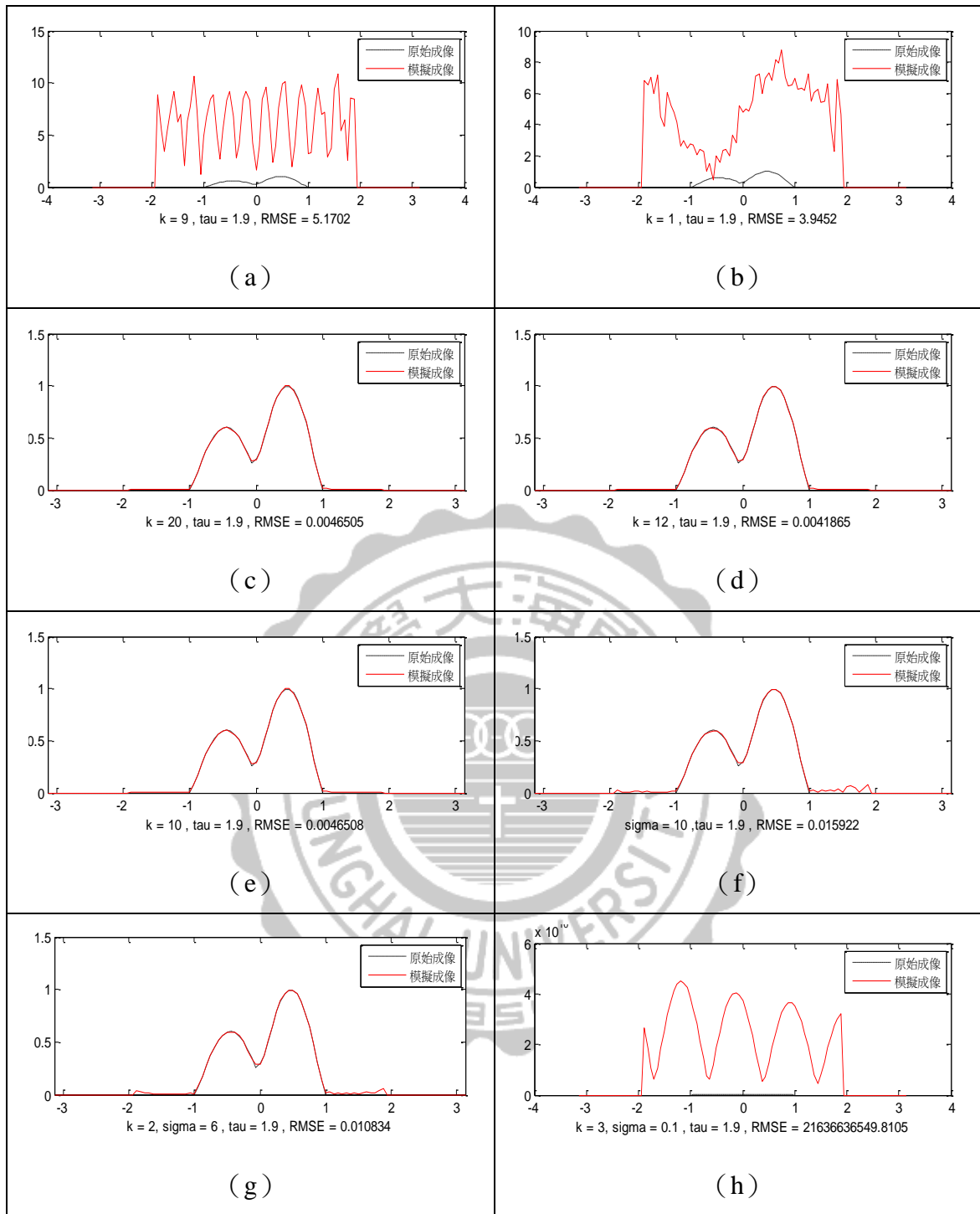


圖 3-14 原始物件 A ( $\tau=1.9$ ): 取樣 31 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

表 3-4 原始物件 A ( $\tau=3.1$ ): EC 函數 RMSE 值比較表

		原始物件A																		
17點		Sigma=0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EC K=1	RMSE	0.040436	0.0405	0.0405	0.0406	0.0406	0.0407	0.0408	0.041	0.0411	0.0413	0.0444	0.0504	0.0599	0.0726	0.0881	0.1058	0.1251	0.1453	0.1662
EC K=2	RMSE	0.03641	0.0364	0.0365	0.0366	0.0367	0.0368	0.0369	0.0371	0.0373	0.0376	0.0417	0.0496	0.061	0.0754	0.0921	0.1106	0.1302	0.1507	0.1716
EC K=3	RMSE	0.03395	0.034	0.0341	0.0342	0.0343	0.0345	0.0347	0.035	0.0353	0.0356	0.0413	0.0515	0.0654	0.0818	0.1	0.1194	0.1395	0.1601	0.181
EC K=4	RMSE	0.038692	0.0387	0.0388	0.039	0.0392	0.0394	0.0397	0.04	0.0403	0.0408	0.0477	0.0599	0.0758	0.094	0.1134	0.1334	0.1538	0.1743	0.1947
EC K=5	RMSE	0.055237	0.0553	0.0554	0.0556	0.0557	0.056	0.0563	0.0566	0.057	0.0575	0.065	0.0782	0.0953	0.1144	0.1342	0.1542	0.1742	0.194	0.2136
21點		Sigma=0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EC K=1	RMSE	0.024173	0.0242	0.0242	0.0242	0.0243	0.0243	0.0244	0.0244	0.0245	0.0246	0.0264	0.0299	0.0354	0.0429	0.0522	0.0631	0.0751	0.0881	0.1018
EC K=2	RMSE	0.021608	0.0216	0.0217	0.0217	0.0218	0.0218	0.0219	0.022	0.0222	0.0223	0.0247	0.0292	0.0357	0.0442	0.0543	0.0657	0.0782	0.0914	0.1052
EC K=3	RMSE	0.020467	0.0205	0.0205	0.0206	0.0207	0.0208	0.0209	0.021	0.0212	0.0214	0.0245	0.0301	0.0379	0.0475	0.0585	0.0706	0.0836	0.0972	0.1112
EC K=4	RMSE	0.024001	0.024	0.0241	0.0242	0.0242	0.0244	0.0245	0.0247	0.0248	0.025	0.0285	0.0347	0.0433	0.0539	0.0658	0.0786	0.092	0.1059	0.12
EC K=5	RMSE	0.033486	0.0335	0.0336	0.0336	0.0337	0.0338	0.034	0.0341	0.0343	0.0345	0.038	0.0444	0.0535	0.0646	0.077	0.0903	0.1041	0.1181	0.1321
25點		Sigma=0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EC K=1	RMSE	0.011657	0.0117	0.0117	0.0117	0.0118	0.0118	0.0119	0.012	0.0121	0.0122	0.0141	0.018	0.0238	0.0314	0.0407	0.0514	0.0634	0.0763	0.0902
EC K=2	RMSE	0.010121	0.0101	0.0102	0.0102	0.0103	0.0103	0.0104	0.0105	0.0106	0.0108	0.0132	0.0179	0.0244	0.0327	0.0425	0.0535	0.0657	0.0789	0.0928
EC K=3	RMSE	0.010569	0.0106	0.0106	0.0107	0.0108	0.0108	0.011	0.0111	0.0112	0.0114	0.0143	0.0194	0.0267	0.0356	0.0459	0.0574	0.0699	0.0833	0.0974
EC K=4	RMSE	0.01506	0.0151	0.0151	0.0152	0.0153	0.0153	0.0155	0.0156	0.0157	0.0159	0.0188	0.024	0.0315	0.0408	0.0515	0.0634	0.0762	0.0898	0.1041
EC K=5	RMSE	0.023112	0.0231	0.0232	0.0232	0.0233	0.0234	0.0235	0.0236	0.0238	0.024	0.0268	0.0319	0.0394	0.0488	0.0598	0.072	0.0851	0.0989	0.1132
31點		Sigma=0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EC K=1	RMSE	0.009635	0.0096	0.0096	0.0096	0.0096	0.0096	0.0096	0.0096	0.0096	0.0096	0.0099	0.0109	0.0129	0.0158	0.0198	0.0246	0.0302	0.0365	0.0433
EC K=2	RMSE	0.008443	0.0084	0.0084	0.0084	0.0085	0.0085	0.0085	0.0085	0.0085	0.0085	0.009	0.0104	0.0128	0.0161	0.0204	0.0255	0.0313	0.0377	0.0447
EC K=3	RMSE	0.007584	0.0076	0.0076	0.0076	0.0076	0.0076	0.0077	0.0077	0.0077	0.0078	0.0086	0.0104	0.0133	0.0172	0.0218	0.0272	0.0333	0.0399	0.047
EC K=4	RMSE	0.008597	0.0086	0.0086	0.0086	0.0087	0.0087	0.0088	0.0088	0.0088	0.0089	0.01	0.0121	0.0152	0.0194	0.0244	0.03	0.0363	0.0431	0.0504
EC K=5	RMSE	0.011995	0.012	0.012	0.012	0.0121	0.0121	0.0122	0.0122	0.0123	0.0123	0.0135	0.0156	0.0189	0.0231	0.0283	0.0341	0.0406	0.0476	0.055

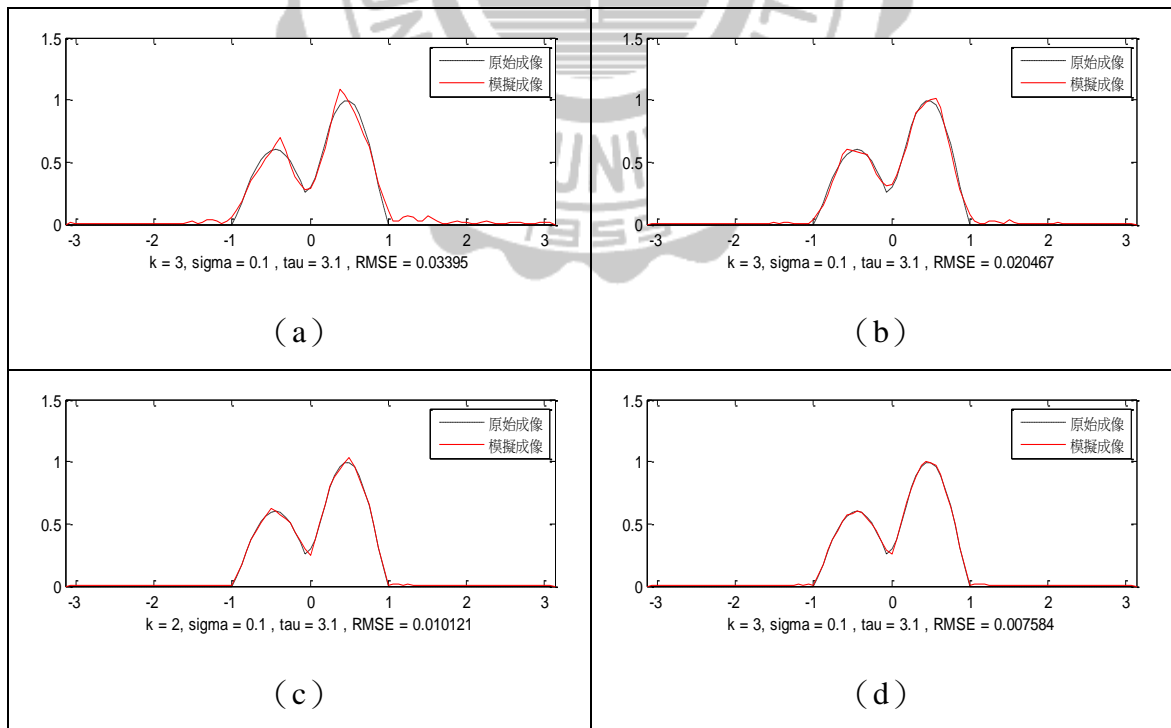


圖 3-15 原始物件 A ( $\tau=3.1$ ): EC 函數取樣最佳成像圖 (a) 取樣 17 點, (b) 取樣 21 點, (c) 取樣 25 點, (d) 取樣 31 點。

將原始物件 A 傅立葉轉換後取樣，並用各種不同的基底函數進行影像重建，分別依照  $\tau$  值的不同，進行綜合展示於表 3-1~3-3，其中由於 EC 函數  $\tau$  值的選擇與其它函數有所差異，故將其獨立於表 3-4 分析如下：

#### 一、基底函數小結：

- (一) 正弦、餘弦函數、餘弦函數，影像重建效果相當差，所以在此不予討論。
- (二) 以辛克函數而言，良好的成像會集中於某一區塊，且當取樣點數愈多時， $k$  值的選取將越取越大。
- (三) SS 函數，是辛克函數的變形，影像重建的效果如用 RMSE 值比較，可發現與辛克函數成像不相上下，且同樣具有辛克函數的特性，當取樣點數愈多時， $k$  值的選取也要越取越大。
- (四) CS 函數，是餘弦週期性函數結合辛克函數的變形，在影像重建的特性上與辛克函數類似。受週期性函數的影響，在取樣點數較少時，辛克函數的 RMSE 值較低些；取樣點數較多時，CS 函數的 RMSE 值較低些，但在最佳成像表上，用肉眼無法明確分辨出成像差異。以 CS 函數而言，良好的成像區塊範圍較窄，且當取樣點數增多時， $k$  值的選取也要越取越大。
- (五) 高斯函數與 GC 函數，RMSE 值 $<0.05$ 的區塊範圍較上述其它函數更為寬廣，更容易取得良好的成像。以 GC 函數而言， $k$  值選取與取樣點數多寡成正比，但 $k > 5$  以上，成像不佳； $\sigma$  值的選取也與取樣點數多寡成正比。
- (六) EC 函數是指數函數與週期性函數的結合， $\tau$  值的選取與其它函數不同，估測原始物件位置範圍越寬越好；且取樣點數增加，良好成像區塊範圍會越來越大，但其最佳成像還是較其它函數成像略遜，取樣點數越多越好(見表 3-4)。

#### 二、綜合比較-表 3-1~3-3 (辛克函數、SS 函數、CS 函數、高斯函數、GC 函數)：

- (一) 原始物件 A 影像寬度範圍界於 $[-1;1]$ 之間範圍偏小，取樣點數越少越好。
- (二)  $\tau$  值選擇方面，越接近原始物件，成像效果越好；當取樣點數越多時， $\tau$  值的選擇須適當的增加，才能重建出接近原始物件的影像。
- (三) 對影像原始物件 A 重建而言，由於該圖形在山峰處平滑，重建效果良好，本研究所使用的基底函數已經可以重建出相似度極高的原始成像。

## 貳、以取樣點數作區分-原始物件 B

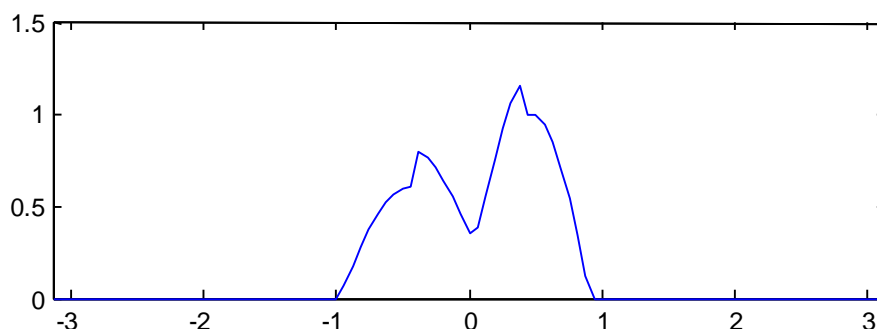


圖 3-16 原始物件 B (平滑訊號中間突起兩山峰圖形)

圖 3-16 原始物件 B 是本論文研究模擬的第二個原始影像物件，影像物件寬度範圍界於[-1;1]之間，形狀類似於橢圓狀的山峰，但山峰的上方各出現兩端尖尖的三角訊號，是屬於影像模擬中的平滑訊號中間突起兩山峰圖形圖形。

由於原始物件 B 相較於本論文其它物件其範圍[-1;1]偏小，利用不同基底函數進行反轉換時，因為基底函數的不同，會產生不同的成像與 RMSE 值，本研究利用 RMSE 值進行各種不同基底函數成像上的比較與分析，並以數據的方式呈現，當 RMSE 值 $<0.05$  時，成像效果最佳，使用紅色表示；RMSE 值界於 0.05 至 0.1 之間，使用黃色表示；RMSE 值界於 0.1 至 1 之間，使用綠色表示；RMSE 值 $>1$ ，成像效果極差，使用藍色表示。如表 3-5~3-8。其中各種不同的基底又依照取樣點數的不同進行分類，將各基底函數所產生的最佳成像用如圖 3-17~3-29 加以呈現。

表 3-5 原始物件 B ( $\tau=1.1$ ): RMSE 值比較表

原始物件B																					
17點		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cos	RMSE	6.6	24.816	5.2864	27.834	8.7758	11.163	1.9467	12.166	10.962	4.6026	19.247	11.306	5.1256	8.4722	14.796	13.88	6.6955	11.89	4.6753	7.326
Sin	RMSE	3.941	10.053	10.596	15.416	7.1824	9.3583	3.7365	30.708	3.864	6.203	13.809	11.437	14.594	4.463	4.2615	21.719	183.56	18.231	31.084	12.512
Sinc	RMSE	16.91	2.051	0.739	0.1822	0.3971	1.4653	0.3897	0.2558	0.0253	0.0447	0.0145	0.0143	0.0143	0.0163	0.1991	10.021	0.1108	0.0507	0.958	4.9462
SS	RMSE	3.239	0.5322	0.2516	0.2087	0.0698	0.0144	0.0181	0.0227	0.0278	0.0221	0.037	0.0488	0.1482	0.2202	0.1222	6.3759	0.3176	0.3719	6.5547	1.0196
CS	RMSE	1.345	0.3934	0.3253	0.2088	0.0509	0.0143	0.0163	14.336	0.0507	4.9462	5.4926	2.7493	19.229	74.134	88.329	78.593	184.8	435.87	879.61	591.64
			Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gaussian	RMSE	9.598	0.4452	1.6637	0.3225	1.21	2.8734	1.5044	1.0314	1.1746	0.4537	0.0372	0.0149	0.0152	0.0166	0.0207	0.0273	0.0401	0.0596	0.0742	
GC K=1	RMSE	0.593	5.7168	0.3438	1.15	0.2349	2.0914	0.3808	0.5132	0.5865	0.2078	0.0212	0.0148	0.0157	0.0186	0.0244	0.0334	0.0484	0.066	0.085	
GC K=2	RMSE	0.374	1.527	0.2235	0.987	0.8839	0.497	3.0371	0.5355	0.3383	0.1011	0.0705	0.1331	0.0185	0.0178	0.0211	0.0257	0.0325	0.0412	0.0496	
GC K=3	RMSE	0.795	1.8246	0.2188	0.2951	0.8549	0.344	0.1513	0.302	0.3481	0.4976	0.1993	0.0326	0.0185	0.0205	0.0233	0.0263	0.0291	0.0328	0.0494	
GC K=4	RMSE	0.217	0.4279	0.594	0.2402	0.2504	1.25	0.6175	0.7382	0.8068	1.6011	0.7108	0.0158	0.0226	0.0497	0.1071	0.1601	0.1869	0.2036	0.2236	
GC K=5	RMSE	0.435	0.8066	0.7373	0.9349	3.2248	0.3216	0.4136	0.5975	0.4387	0.4597	0.1802	0.0264	0.0279	0.0344	0.0466	0.0909	0.2448	1.3202	1.5972	
EC K=1	RMSE	7E+12	1E+13	6E+12	2E+13	3E+13	2E+13	1E+13	5E+13	2E+13	4E+13	1E+13	5E+12	5E+13	7E+12	8E+12	1E+13	7E+13	7E+13	6E+13	
EC K=2	RMSE	1E+13	1E+13	3E+13	2E+13	6E+13	9E+12	2E+13	2E+13	1E+13	3E+13	4E+13	1E+13	9E+12	4E+13	5E+12	3E+12	2E+12	4E+13	3E+13	
EC K=3	RMSE	4E+12	2E+12	9E+12	3E+13	5E+12	2E+13	2E+13	3E+13	4E+13	1E+13	2E+13	4E+13	5E+12	3E+13	2E+13	2E+13	6E+12	2E+13	5E+12	
EC K=4	RMSE	2E+12	7E+12	5E+12	1E+12	3E+13	2E+13	5E+12	6E+12	1E+13	1E+13	1E+13	7E+12	5E+12	2E+13	2E+13	1E+13	6E+12	4E+13	3E+13	
EC K=5	RMSE	1E+12	1E+12	3E+12	1E+11	5E+12	3E+12	1E+12	3E+12	9E+12	6E+12	8E+12	5E+12	7E+12	2E+13	2E+13	1E+13	7E+12	3E+13	3E+13	
21點		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cos	RMSE	4.783	48.206	12.534	5.5461	15.991	2.2682	5.6242	35.029	3.8567	5.9943	25.823	11.59	17.644	16.687	12.907	10.28	13.74	8.9647	12.764	6.1382
Sin	RMSE	3.563	7.1594	6.3889	9.983	12.606	11.992	12.217	16.119	6.8583	3.1626	3.9371	10.427	10.192	28.523	9.1275	69.021	4.6918	14.27	10.527	15.742
Sinc	RMSE	12600	93.139	76.382	1.1981	0.5316	0.9454	0.3552	1.2559	6.1825	5.7666	3.1184	7.5232	3.2716	7.115	0.5958	0.4144	0.2546	1.2475	2.2695	10.591
SS	RMSE	1078	1.9387	1.9945	0.441	0.6795	0.9789	0.7147	0.6757	0.0613	0.2307	0.0712	0.0137	0.0182	0.0219	0.3035	0.1238	2.4242	2.7631	2.0837	5.0242
CS	RMSE	205.6	0.9512	1.5049	0.6274	2.7726	3.7612	17.448	0.4711	3.4106	18.021	0.3194	8.7198	324.68	110.8	15.498	377.72	1842.4	5890.3	6120.9	1924.5
			Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gaussian	RMSE	1617	1890.3	27.775	11.424	3.0642	1.7387	1.4928	0.637	3.6961	0.6794	1.6333	1.4748	0.9475	1.3459	0.5915	0.7678	1.3678	0.9921	0.5353	
GC K=1	RMSE	946	82.716	6.5239	3.0022	1.2561	1.739	1.3193	2.0031	2.4136	1.4719	0.7742	1.4196	0.5548	0.4724	1.5133	0.6458	0.6029	10.868	1.0369	
GC K=2	RMSE	1.585	0.3945	1.3028	1.374	1.024	0.3492	2.4048	0.4304	0.6265	0.4857	0.3132	1.5212	0.7602	0.6539	1.0812	1.2407	0.6037	1.6885	3.4602	
GC K=3	RMSE	2.376	1.0443	3.2541	0.5829	0.2829	0.7751	5.376	0.796	0.6754	0.9476	1.0588	0.5454	0.7914	2.013	0.6881	5.8757	0.9565	1.4168	40.393	
GC K=4	RMSE	0.862	1.7363	0.5443	0.3234	1.5192	0.6048	0.8587	1.1017	0.616	0.9547	0.5574	1.1397	12.943	0.7625	1.6689	11.363	2.3928	1.0922	3.5677	
GC K=5	RMSE	0.925	2.3356	3.4318	1.3265	0.5075	1.139	0.6604	1.243	0.2683	3.3041	0.8369	0.4548	3.7149	0.9284	1.8811	1.873	3.8174	2.4155	1.6404	
EC K=1	RMSE	9E+11	1E+12	3E+12	3E+12	3E+12	2E+12	4E+12	4E+12	9E+11	2E+12	1E+12	5E+12	8E+11	4E+12	1E+13	2E+13	7E+13	1E+13	1E+13	
EC K=2	RMSE	2E+12	4E+11	1E+12	7E+11	3E+12	6E+11	3E+12	8E+11	4E+12	2E+12	2E+12	1E+12	6E+12	5E+12	1E+13	3E+13	1E+13	1E+13	2E+13	
EC K=3	RMSE	4E+11	1E+12	6E+11	4E+11	2E+12	4E+12	3E+12	3E+12	5E+11	4E+11	6E+11	9E+11	3E+12	3E+12	2E+13	1E+13	1E+13	1E+12	8E+12	
EC K=4	RMSE	3E+11	6E+11	1E+12	7E+11	3E+12	1E+12	5E+11	1E+12	2E+12	2E+12	2E+12	3E+12	3E+12	1E+13	2E+14	9E+12	2E+13	1E+14	7E+12	
EC K=5	RMSE	3E+11	3E+11	1E+12	2E+12	1E+12	2E+13	1E+12	3E+12	2E+12	4E+12	2E+12	4E+12	8E+12	1E+13	2E+13	4E+12	1E+13	3E+13	1E+13	
25點		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cos	RMSE	17.19	39.096	12.823	28.123	5.2733	10.448	8.1596	14.229	1.7273	8.1783	10.426	26.325	10.225	26.174	7.9629	66.484	7.2626	11.677	3.6156	9.7797
Sin	RMSE	20.6	17.484	13.583	37.494	12.924	4.0212	10.197	15.528	4.3392	4.5339	9.0743	3.2175	22.541	112.35	15.647	22.203	15.744	9.7377	46.87	4.6021
Sinc	RMSE	1E+06	4.2516	28.143	506.34	4.9678	0.5472	0.6243	2.3028	1.787	0.717	2.9084	2.3788	4.9314	10.608	8.6074	4.9603	4.1927	8.7881	5.1008	8.3835
SS	RMSE	2E+05	123.45	12.743	1.1352	4.0022	1.1401	3.5205	3.7628	1.6007	2.706	1.9636	5.2614	1.3986	4.8276	0.4129	3.7329	8.3506	0.7605	0.293	0.3042
CS	RMSE	39121	19.534	0.6197	1.681	3.5761	20.4	15.211	15.765	21.866	5.2098	3.5871	3.8497	8.2712	25.751	157.15	2076.2	7021.6	248.51	1799.8	23556
			Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gaussian	RMSE	46973	73399	4311.6	1353.2	38.161	70.595	23.016	14.709	3.0113	2.0828	2.0422	1.2383	0.8843	1.9522	2.3284	1.2866	1.6008	0.5039	4.6763	
GC K=1	RMSE	2605	230.23	567.9	147.05	18.125	3.7073	1.5666	6.6912	1.5522	7.9625	2.336	4.5473	2.465	1.0402	1.3787	1.5724	1.7105	13.239	85.806	
GC K=2	RMSE	55.24	3.0101	1.2089	1.5606	2.9326	0.756	1.1483	2.046	0.9562	1.2843	0.3105	1.2179	1.0381	1.6937	5.3604	0.8132	2.7039	55.754	201.96	
GC K=3	RMSE	3.124	0.8606	0.8758	2.9113	1.4758	1.9824	1.3398	2.6101	0.9315	2.2372	1.9406	4.0423	3.1631	1.2223	1.6315	1.4505	5.8209	37.464	661.85	
GC K=4	RMSE	2.548	12.388	3.1976	3.9272	1.3832	1.7823	1.7851	1.8782	1.3169	0.952	3.0851	3.8537	0.8568	2.2453	21.789	162.18	145.26	579.11	62.227	
GC K=5	RMSE	1.281	1.5196	2.4095	0.6452	0.6696	1.0756	1.1351	0.9518	0.7782	0.5824	1.1782	3.8302	1.6691	7.7096	4.6854	21.514	14.565	89.998	217.89	
EC K=1	RMSE	3E+12	5E+12	7E+11	2E+12	6E+12	2E+12	2E+12	1E+12	3E+12	1E+13										

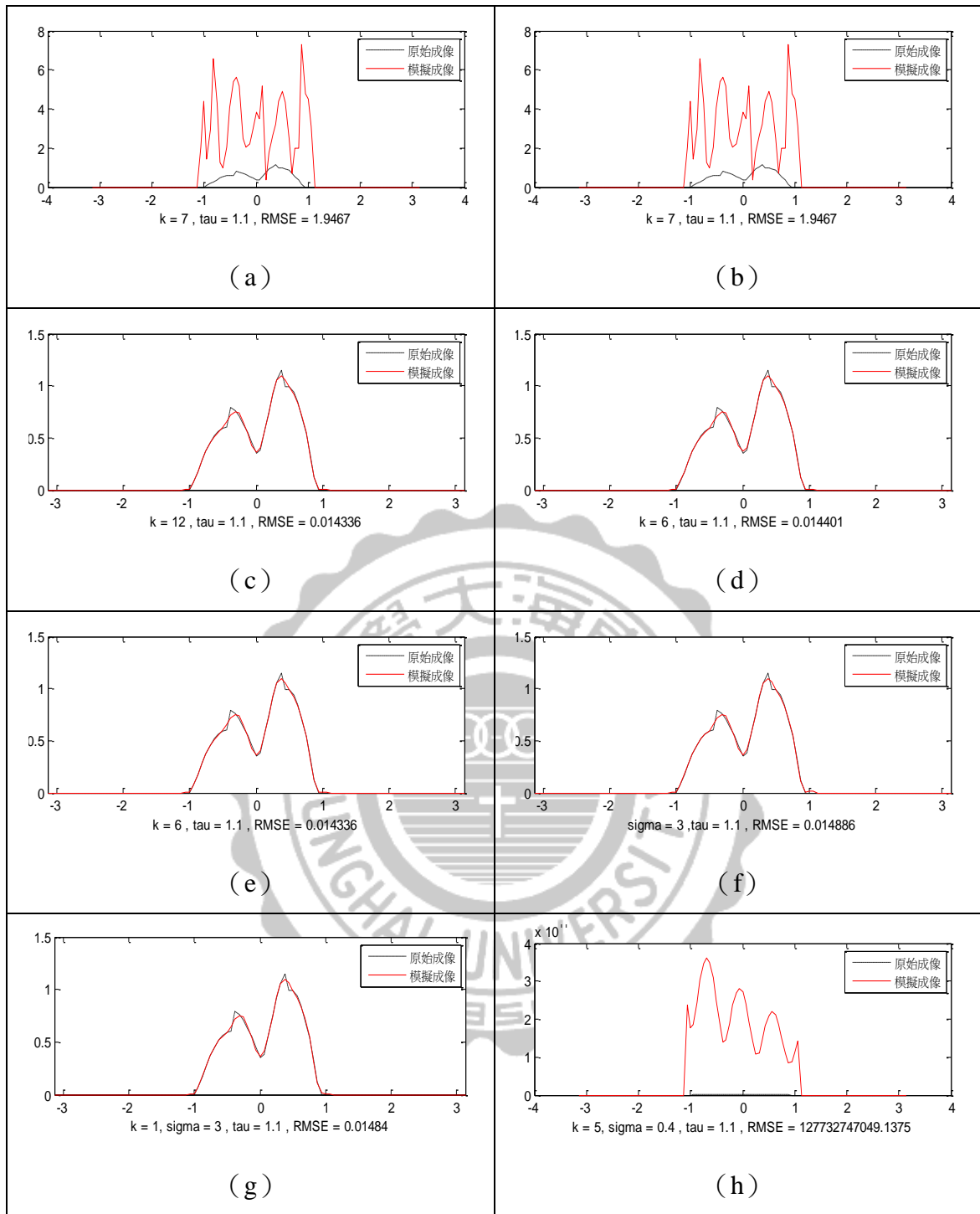


圖 3-17 原始物件 B ( $\tau=1.1$ ): 取樣 17 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。



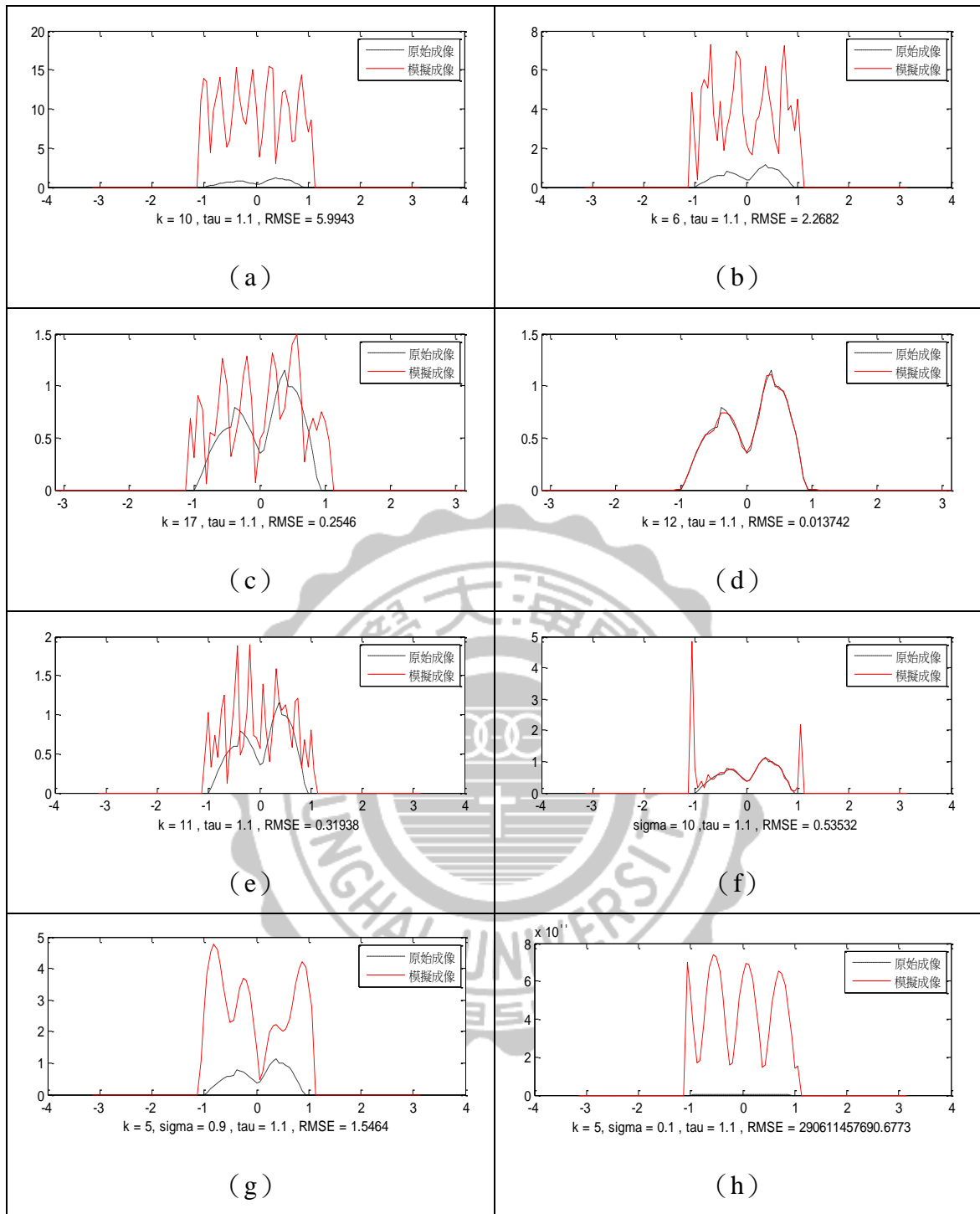


圖 3-18 原始物件 B ( $\tau=1.1$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

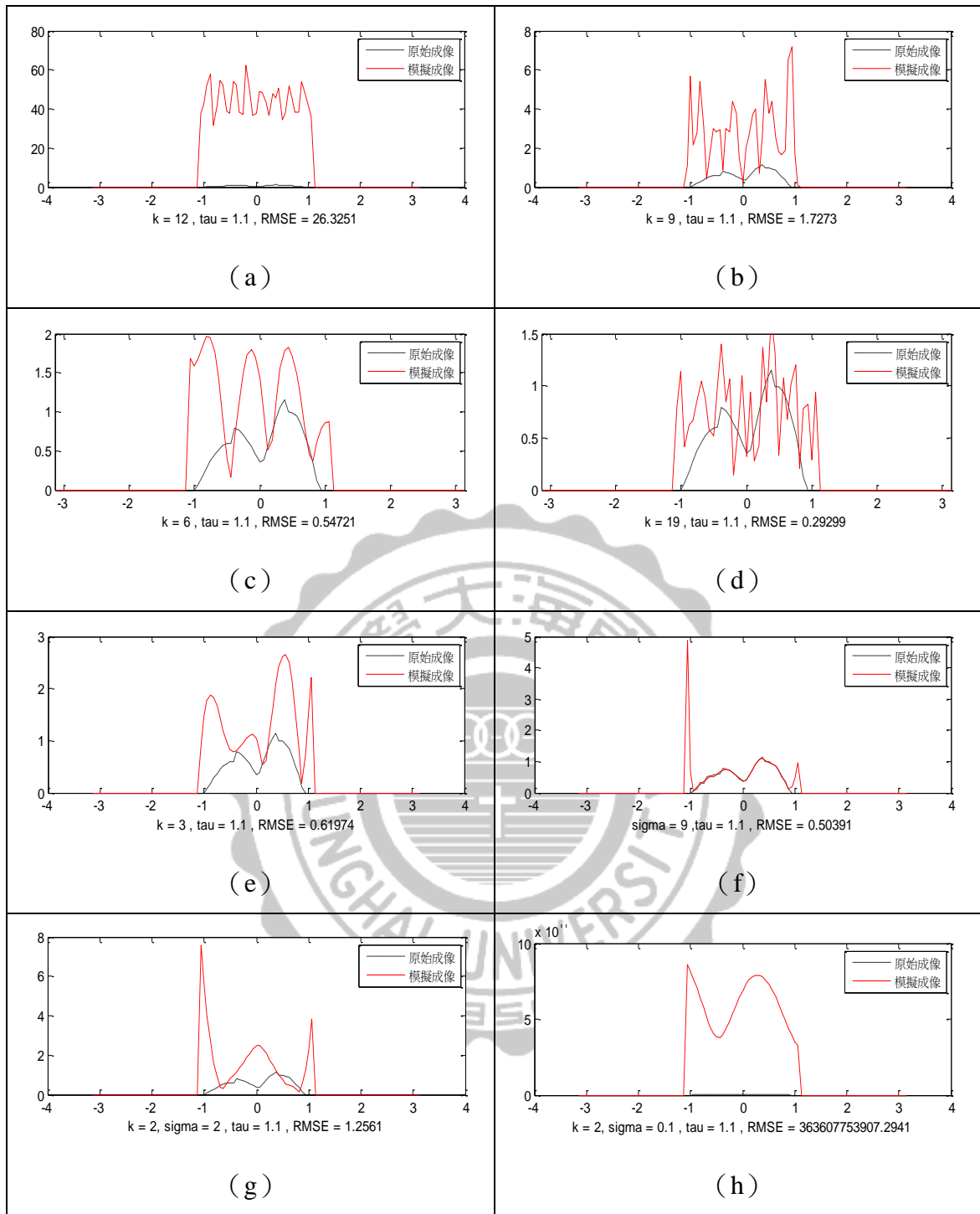


圖 3-19 原始物件 B ( $\tau=1.1$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

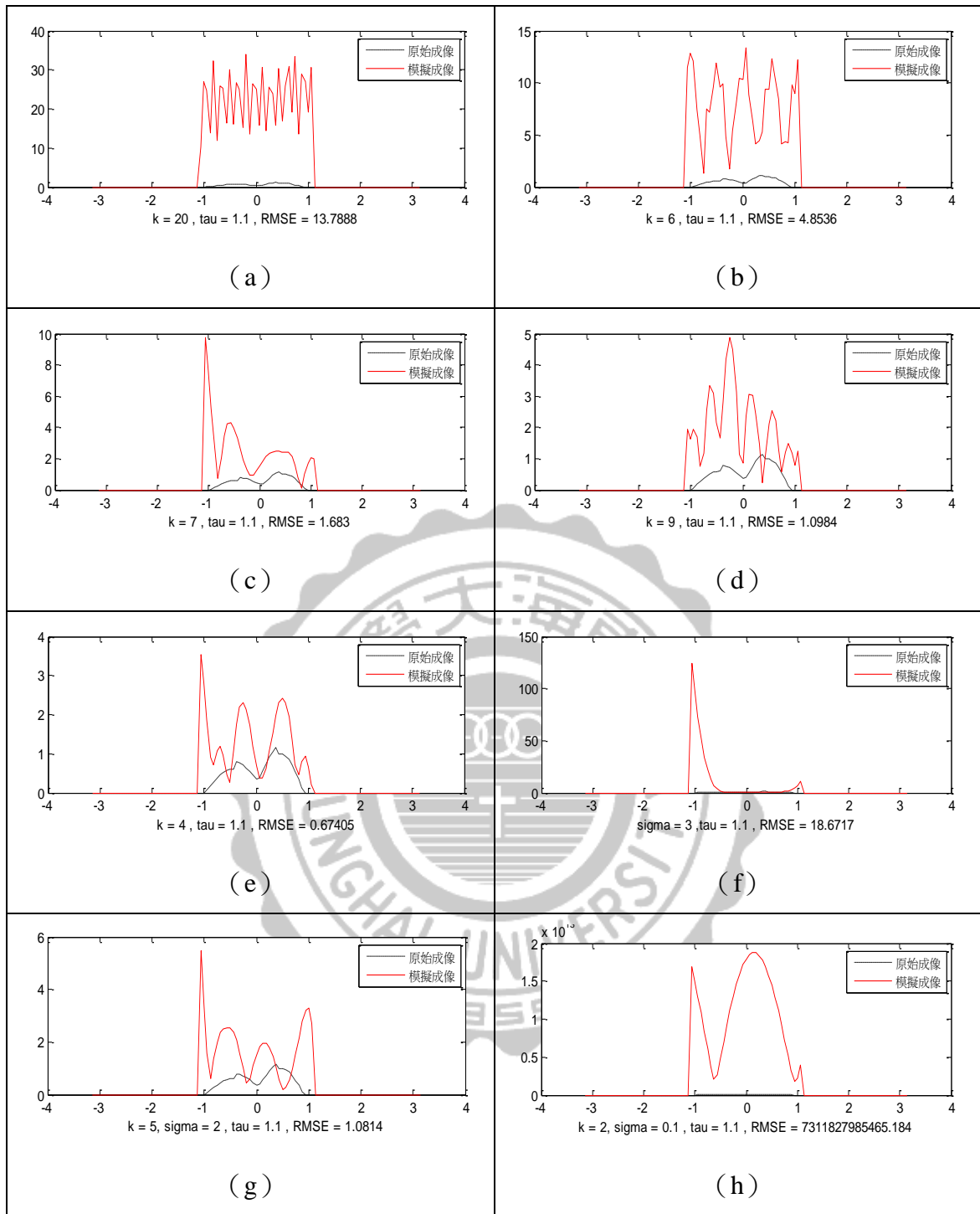


圖 3-20 原始物件 B ( $\tau=1.1$ ): 取樣 31 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

表 3-6 原始物件 B ( $\tau=1.5$ ): RMSE 值比較表

		原始物件B																			
17點		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cos	RMSE	667.9	4.9043	5.0196	15.383	2.1981	5.767	14.834	93.19	11.821	19.012	7.2697	14.086	3.3563	2.2725	5.8394	129.8	7.7824	10.713	13.067	18.982
Sin	RMSE	8.983	9.7312	8.4392	44.522	5.3927	7.491	6.4509	262.26	8.9848	24.507	16.237	17.98	6.4487	14.374	17.176	214.01	29.73	6.3527	14.714	26.689
Sinc	RMSE	6607	63.244	0.7655	0.17	0.3813	0.0656	0.0213	0.0204	0.0195	0.0187	0.0175	0.0184	0.2674	0.8248	1.0281	5.0626	1.0703	7.4412	48.225	67.688
SS	RMSE	92.65	0.3071	0.1353	0.0198	0.0184	0.0172	0.0193	0.0567	0.0623	0.0721	0.0539	0.4909	35.597	1.6718	1.4078	3.1829	1.7422	11.26	15.703	22.363
CS	RMSE	16.64	0.2167	0.1732	0.0204	0.0187	0.0184	0.8248	5.0626	7.4412	67.688	31.284	66.698	79.486	273.73	417.55	497.02	1345.8	2582.9	9390.2	7476
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	167.2	8.2347	5.6656	0.5283	0.6494	0.4725	0.2137	0.182	0.0806	0.0398	0.0218	0.0252	0.0315	0.0413	0.0558	0.0772	0.1072	0.1466	0.196	
GC K=1	RMSE	0.633	5.4318	0.415	0.3023	0.2564	0.1366	0.2369	0.031	0.0222	0.0212	0.0224	0.0273	0.0358	0.0488	0.0683	0.0966	0.1351	0.1846	0.2455	
GC K=2	RMSE	0.577	0.3183	0.3312	2.8084	0.2432	0.0252	0.0214	0.0211	0.0211	0.021	0.0237	0.0315	0.0364	0.036	0.0438	0.0608	0.1179	0.3348	1.6137	
GC K=3	RMSE	1.731	0.2461	0.2188	0.025	0.0212	0.021	0.0209	0.0209	0.0209	0.0211	0.0262	0.0402	0.042	0.0466	0.0519	0.0713	0.1638	0.5451	5.1765	
GC K=4	RMSE	0.538	0.0889	0.0256	0.0211	0.0207	0.0207	0.0208	0.0209	0.0212	0.0216	0.0272	0.0628	0.618	0.675	0.3542	0.3333	0.346	0.3737	0.4106	
GC K=5	RMSE	0.911	2.0884	0.1213	0.0282	0.021	0.0213	0.0213	0.022	0.0227	0.0237	0.0603	0.074	0.0698	0.085	0.1571	0.3904	3.0892	12.831	16.229	
EC K=1	RMSE	3E+13	2E+13	4E+13	2E+13	4E+13	7E+13	1E+13	2E+13	1E+13	1E+13	1E+14	1E+13	7E+12	2E+13	2E+13	6E+13	1E+13	7E+12	1E+13	
EC K=2	RMSE	4E+12	1E+13	1E+13	5E+12	2E+13	5E+12	7E+13	3E+13	2E+13	3E+13	8E+13	5E+13	2E+13	5E+12	6E+13	2E+13	1E+13	3E+13	3E+13	
EC K=3	RMSE	2E+12	2E+13	8E+12	4E+13	1E+13	3E+13	8E+12	2E+13	1E+13	1E+13	9E+12	3E+13	2E+13	4E+13	9E+13	5E+13	7E+12	1E+13	7E+12	
EC K=4	RMSE	1E+13	5E+13	4E+13	3E+12	4E+12	2E+13	6E+12	5E+12	1E+13	5E+13	1E+14	3E+13	1E+13	1E+13	8E+13	2E+13	2E+13	1E+13	3E+13	
EC K=5	RMSE	2E+13	6E+12	2E+12	9E+12	1E+13	4E+12	7E+12	3E+13	7E+13	2E+12	8E+12	3E+13	3E+13	2E+13	2E+13	7E+12	1E+13	3E+13	1E+13	
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	3E+05	2978.8	307.06	7.9025	6.6193	2.1469	1.1556	0.6639	0.4773	0.7742	0.5761	0.0161	0.0168	0.0189	0.0232	0.0315	0.0455	0.0669	0.0961	
GC K=1	RMSE	961.8	111.64	10.439	13.432	6.109	2.6185	1.4211	0.4935	0.3637	1.2994	0.0653	0.0161	0.0175	0.0205	0.0268	0.0385	0.0572	0.0839	0.1198	
GC K=2	RMSE	8.468	1.4986	1.4461	0.7743	12.215	1.9373	0.754	1.3533	0.3049	0.6566	0.0167	0.0166	0.0196	0.0566	1.1709	0.221	0.8527	1.1599	0.4551	
GC K=3	RMSE	0.896	0.8942	0.2892	2.3577	1.7506	0.3149	0.7243	0.2336	0.4418	0.8418	0.0243	0.0608	0.2717	0.044	0.0417	0.0512	0.0624	0.0736	0.0839	
GC K=4	RMSE	1.544	0.4795	0.4935	0.5016	0.4632	0.4195	0.7719	0.3007	0.1775	0.2123	0.1249	3.0687	0.0664	0.0311	0.0579	0.928	0.1302	0.1061	0.1094	
GC K=5	RMSE	0.796	3.0845	0.36	0.4949	0.5741	0.3421	0.4477	0.8486	1.0263	2.3189	0.1767	0.314	1.2235	0.1571	0.138	0.1473	0.168	0.197	0.2349	
EC K=1	RMSE	3E+13	8E+13	4E+13	2E+13	5E+13	5E+13	2E+13	1E+13	3E+13	6E+13	5E+13	2E+13	6E+12	1E+13	6E+12	2E+13	2E+12	1E+12	2E+13	
EC K=2	RMSE	2E+13	1E+13	5E+12	2E+13	2E+13	3E+13	4E+13	3E+13	8E+13	1E+13	9E+12	2E+13	4E+13	1E+13	3E+12	2E+13	5E+12	2E+13	4E+13	
EC K=3	RMSE	2E+12	4E+12	1E+13	1E+13	2E+13	7E+12	1E+13	1E+13	7E+12	9E+12	1E+13	5E+12	1E+13	1E+13	1E+13	6E+13	7E+11	1E+12	2E+13	
EC K=4	RMSE	1E+13	1E+13	4E+12	8E+12	8E+12	6E+12	3E+13	8E+13	5E+12	2E+13	5E+12	2E+13	6E+13	4E+12	1E+13	2E+14	7E+12	2E+12	2E+13	
EC K=5	RMSE	9E+11	4E+12	4E+12	4E+12	1E+13	5E+12	2E+13	9E+12	1E+12	6E+12	3E+13	1E+12	3E+13	5E+12	4E+13	1E+13	1E+13	2E+13	5E+12	
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	6E+06	59224	60226	21112	4057.7	7553.1	304.01	71.899	17.217	14.86	1.2983	1.7708	0.3136	1.3315	0.2849	0.2254	0.3121	0.0944	0.0811	
GC K=1	RMSE	2E+05	118683	17000	818.01	220.54	49.237	15.56	14.226	2.2491	8.736	0.6231	0.6381	0.5141	0.8908	0.4857	0.1959	0.141	0.1824	0.223	
GC K=2	RMSE	6221	55.762	11.454	3.6492	2.1889	0.6867	4.8074	0.5535	1.1341	1.6036	0.7568	0.6564	0.2788	0.5381	1.7613	184.74	148.83	405.33	184.64	
GC K=3	RMSE	446.5	29.118	2.9062	32.143	1.0565	1.436	0.8064	0.4137	0.9085	0.8393	0.5297	1.554	1.5222	0.5946	1.1987	0.6139	2.2558	15.457	2.5051	
GC K=4	RMSE	1.45	1.0166	1.3668	1.0597	1.1411	0.9916	1.2198	0.3928	1.1735	0.5277	1.0929	0.8736	0.2512	1.1723	1.0196	0.4117	1.3801	7.589	3.1764	
GC K=5	RMSE	7.574	0.3728	0.7274	2.5162	0.8327	3.0287	0.3203	0.7581	0.4848	0.9373	1.1953	0.8265	0.703	1.744	90.65	7.7975	0.5524	0.328	12.073	
EC K=1	RMSE	6E+12	5E+12	3E+12	1E+12	1E+13	5E+12	3E+12	6E+12	2E+12	3E+12	3E+12	1E+12	1E+12	4E+12	4E+12	2E+12	3E+12	2E+12	7E+12	
EC K=2	RMSE	5E+12	9E+11	4E+12	2E+13	9E+12	1E+12	3E+12	1E+12	1E+12	8E+12	3E+12	4E+12	5E+11	2E+12	5E+12	1E+13	4E+12	9E+11	9E+12	
EC K=3	RMSE	4E+12	1E+13	2E+12	3E+12	4E+12	1E+12	1E+13	1E+13	2E+12	2E+12	3E+12	4E+12	3E+12	2E+12	1E+12	8E+11	7E+12	2E+12	2E+12	
EC K=4	RMSE	2E+12	6E+12	6E+12	4E+12	9E+12	9E+11	2E+12	2E+12	5E+11	3E+12	4E+11	3E+12	4E+12	3E+12	4E+12	2E+12	8E+11	6E+11	6E+11	
EC K=5	RMSE	8E+12	3E+12	1E+12	5E+12	1E+12	2E+12	3E+12	1E+12	1E+12	4E+12	1E+12	1E+12	4E+12	1E+12	4E+11	1E+12	6E+11	1E+12	1E+13	
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	5E+07	3E+08	9E+07	2E+07	4E+06	949865	2E+06	525007	107600	58555	50.31	9.2121	19.222	6.6461	2.8537	4.9716	55.64	95.921	127.97	
GC K=1	RMSE	6E+06	1E+07	3E+06	4E+06	2E+06	89892	151748	26229	51585	1299	47.319	2.6838	2.011	1.3433	23.738	1.7733	2.2718	17.925	125.91	
GC K=2	RMSE	4E+06	285784	123242	7277.4	4188.5	153.76	1880.7	192.23	79.01	68.117	1.2169	2.634	1.3044	1.7783	164.56	2197.6	78538	48803	80828	
GC K=3	RMSE	25194	6656.1	1582.8	922.78	475.26	35.456	9.502	8.2969	3.2665	3.2318	0.7909	3.326	1.1023	0.4802	1.6697	0.8344	17.153	72.62	3149.9	
GC K=4	RMSE	2691	189.78	50.945	28.473	7.6415	1.0925	1.1905	4.2489	1.5982	1.3643	1.034	6.3316	0.6632	6.5627	1.3244	3.9735	24.724	193.78	1999.8	
GC K=5	RMSE	825.2	14.69	1.5676	2.1013	2.2921	0.865	1.3068	4.7991	1.2303	0.9666	0.9258	1.9228	1.5503	4.9028	37.262	249.8	2365	8320	3862.5	
EC K=1	RMSE	2E+12	1E+12	4E+13	3E+12	4E+12	6E+12	7E+12	3E+12	3E+12	3E+12	4E+12	4E+12	4E+12	3E+12	5E+12	2E+12	3E+12	5E+12	3E+12	
EC K=2	RMSE	1E+13	4E+12	3E+12	4E+12	2E+12	2E+12	2E+13	2E+13	8E+12	8E+12	6E+12	2E+12	5E+13	6E+12	4E+12	1E				

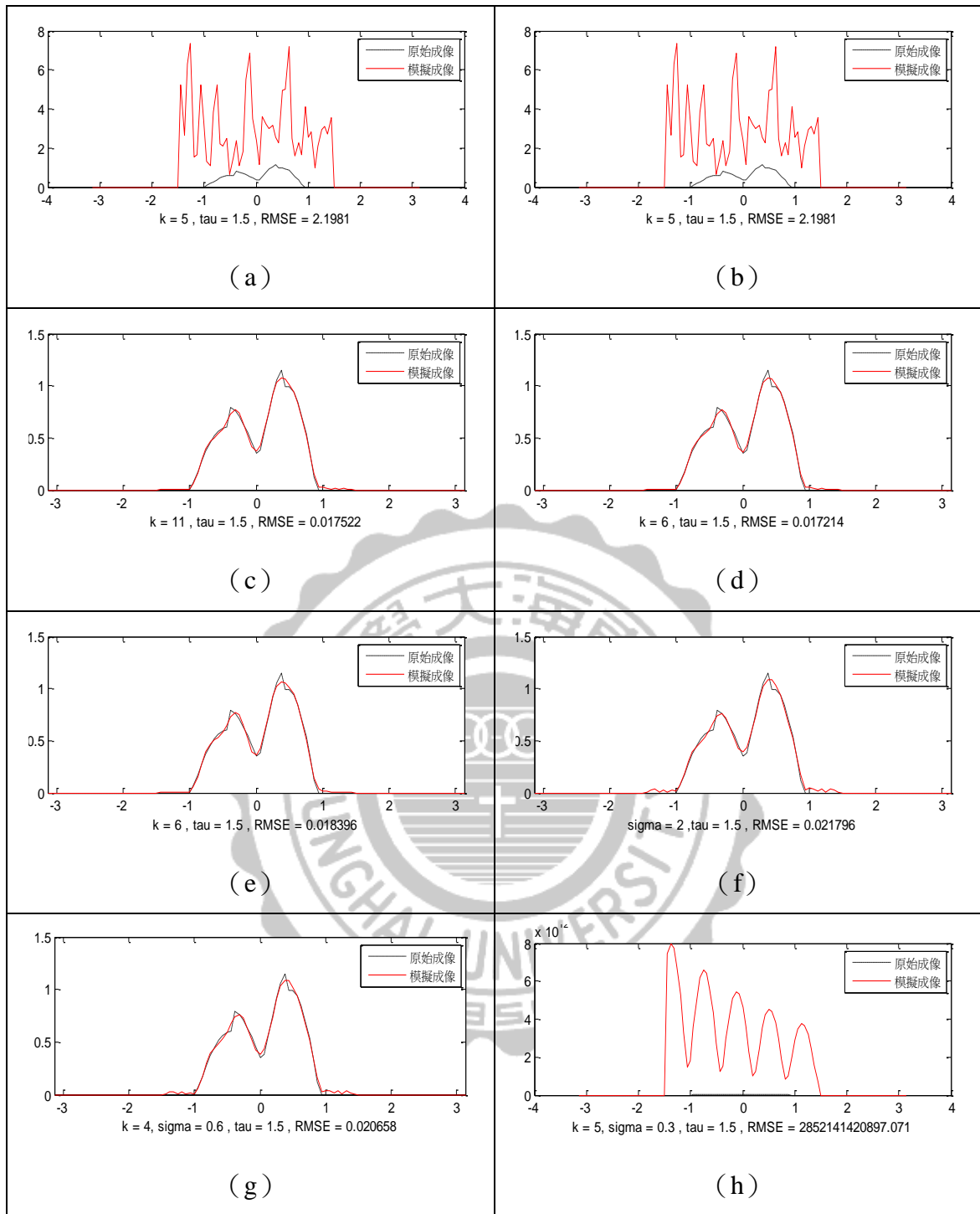


圖 3-21 原始物件 B ( $\tau=1.5$ ): 取樣 17 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

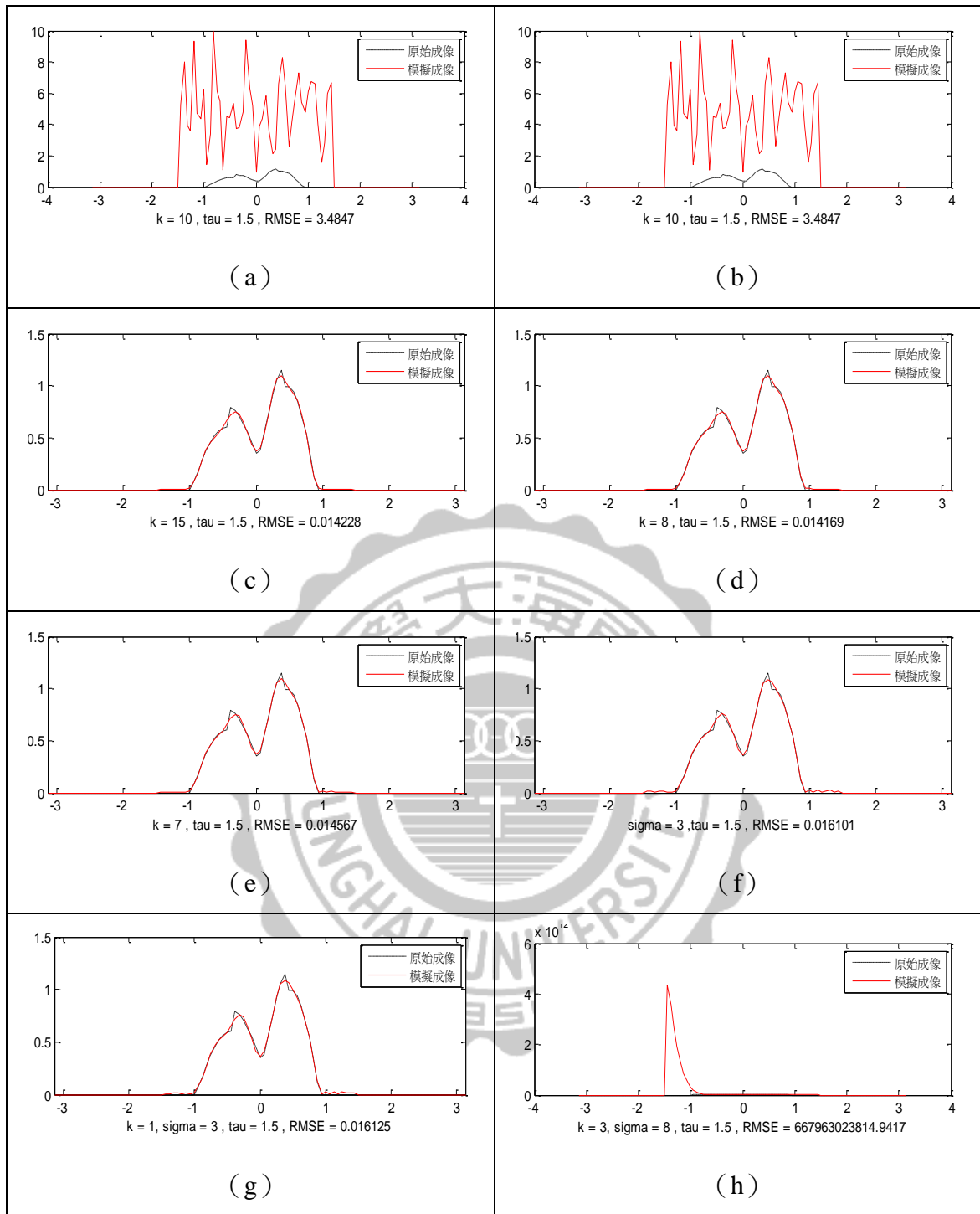


圖 3-22 原始物件 B ( $\tau=1.5$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

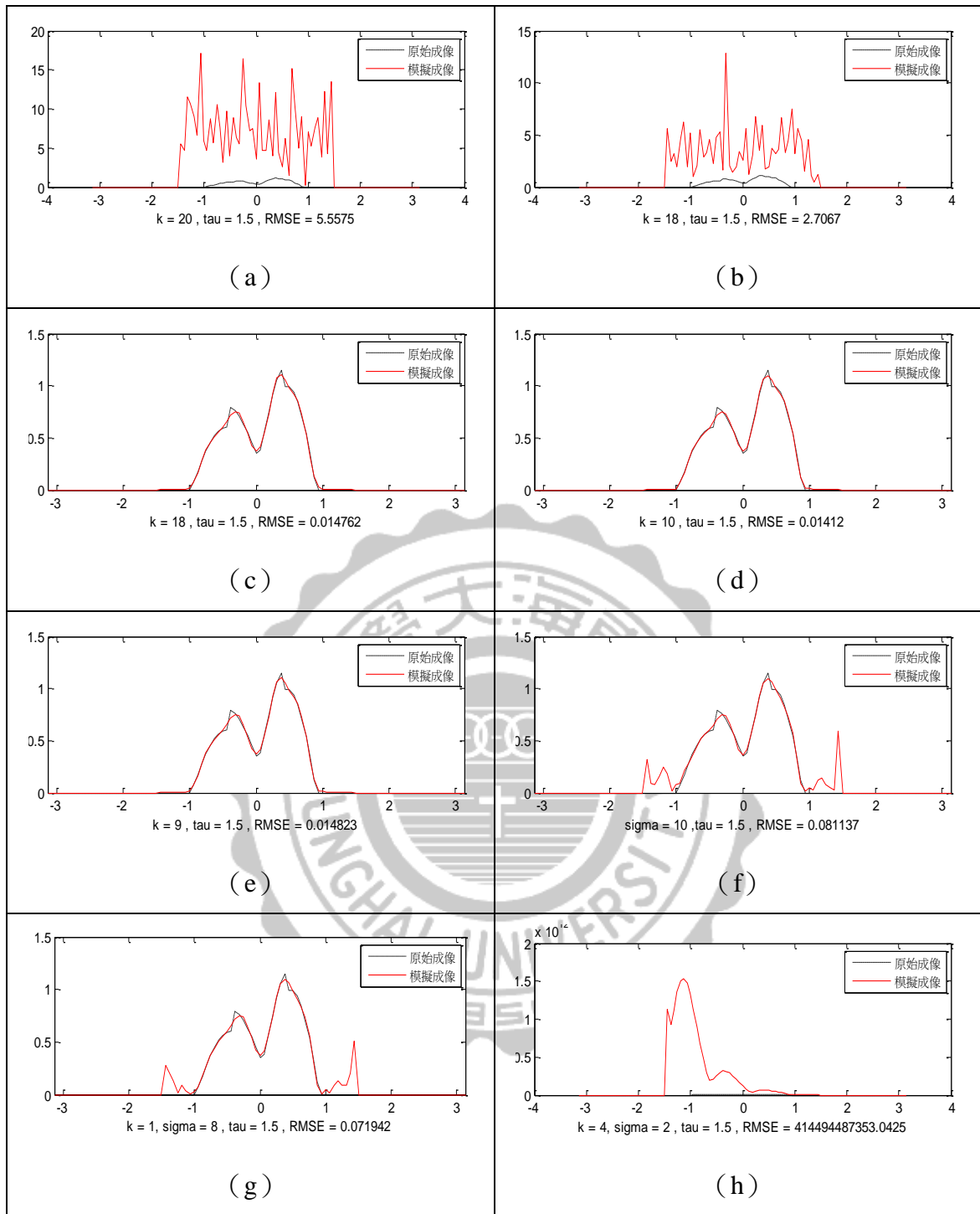


圖 3-23 原始物件 B ( $\tau=1.5$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

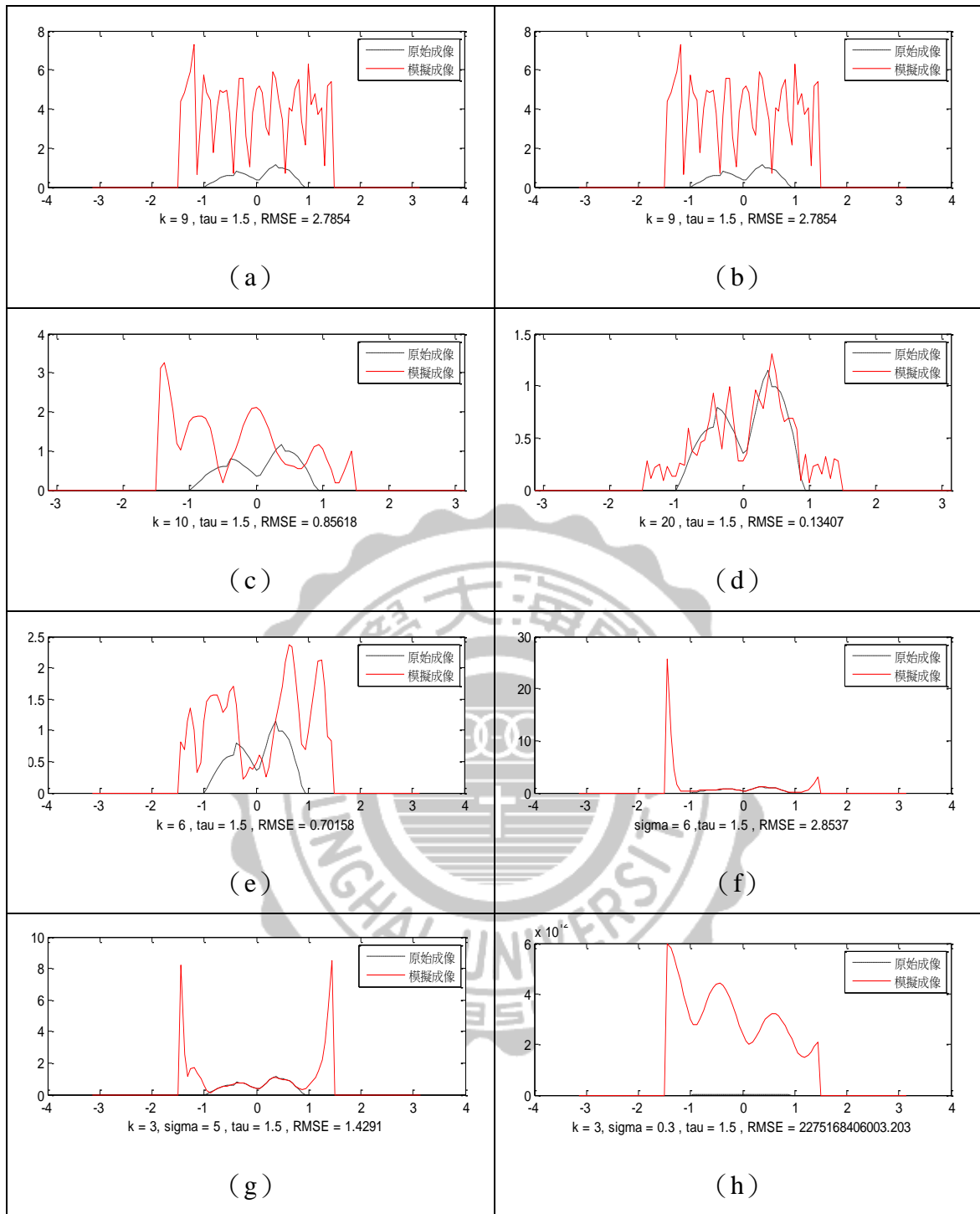


圖 3-24 原始物件 B ( $\tau=1.5$ ): 取樣 31 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。



表 3-7 原始物件 B ( $\tau=1.9$ ): RMSE 值比較表

		原始物件B																			
17點		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cos	RMSE	36.26	32.725	18.225	77.616	33.216	6.3315	14.055	42.357	24.219	15.2	8.1713	8.8986	4.0205	14.731	10.781	29.702	59.667	4.3271	3.9909	11.76
Sin	RMSE	9.753	5.9166	4.3066	59.458	10.009	27.875	19.007	51.622	13.846	7.878	5.9452	20.612	4.8961	12.634	18.937	24.391	52.529	4.8028	7.1927	10.081
Sinc	RMSE	70535	117.37	4.6917	0.3397	0.0387	0.0364	0.0355	0.0349	0.0341	0.0333	0.0483	0.2648	1.0652	10.982	2.4694	7.561	2.313	4.5623	8.5616	26.507
SS	RMSE	49.45	0.138	0.0363	0.0391	0.0332	0.025	0.0521	0.1065	0.0927	0.097	0.1349	0.3487	1.0711	259.18	2.4547	3.1401	2.4812	5.8386	9.5584	11.484
CS	RMSE	83.58	0.1639	0.0364	0.0349	0.0333	0.2648	10.982	7.561	4.5623	26.507	21.157	47.551	47.213	73.571	81.277	311.82	73.094	281.45	1008.7	1864.3
	Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Gaussian	RMSE	159.4	20.608	0.4834	0.6673	0.0597	0.0369	0.0364	0.0361	0.0359	0.0358	0.0358	0.0378	0.0421	0.05	0.0633	0.0829	0.1093	0.1428	0.183	
GC K=1	RMSE	178.7	0.2285	0.1403	0.0397	0.0366	0.0362	0.036	0.0358	0.0357	0.0356	0.0362	0.0391	0.0451	0.0558	0.0728	0.0965	0.1274	0.1651	0.2096	
GC K=2	RMSE	1.506	0.1951	0.037	0.0364	0.036	0.0358	0.0356	0.0355	0.0354	0.0354	0.0369	0.0421	0.0537	0.0751	0.1069	0.1418	0.1783	0.2211	0.2711	
GC K=3	RMSE	0.158	0.0366	0.0361	0.0358	0.0356	0.0354	0.0353	0.0353	0.0353	0.0354	0.0384	0.0479	0.0519	0.3052	0.227	0.2378	0.2661	0.3046	0.3506	
GC K=4	RMSE	0.037	0.0357	0.0354	0.0353	0.0352	0.0352	0.0352	0.0353	0.0355	0.0357	0.0421	0.0701	0.0979	0.1093	0.1219	0.1412	0.1913	0.35	0.92	
GC K=5	RMSE	0.039	0.035	0.0349	0.0349	0.035	0.0352	0.0354	0.0358	0.0363	0.0368	0.0582	3.675	0.5232	0.4398	0.4443	0.433	0.4145	0.3905	0.4	
EC K=1	RMSE	1E+12	2E+12	2E+12	9E+11	7E+11	6E+11	2E+12	8E+12	1E+13	1E+13	4E+12	4E+12	8E+11	4E+12	7E+11	2E+12	2E+12	3E+11	2E+12	
EC K=2	RMSE	6E+11	5E+11	1E+12	2E+12	6E+11	8E+12	1E+12	1E+13	4E+12	4E+12	5E+12	1E+12	3E+11	8E+11	1E+13	2E+12	2E+11	1E+12	1E+12	
EC K=3	RMSE	6E+11	9E+10	4E+11	2E+11	2E+11	3E+11	6E+11	3E+11	2E+12	6E+11	2E+12	9E+11	1E+12	4E+11	4E+11	3E+11	1E+12	1E+12	6E+11	
EC K=4	RMSE	2E+11	2E+11	6E+11	8E+11	2E+12	9E+11	2E+12	9E+10	3E+12	3E+10	2E+11	1E+12	2E+12	1E+12	1E+12	2E+11	1E+11	3E+12	1E+12	
EC K=5	RMSE	3E+11	2E+11	5E+10	4E+11	1E+11	1E+12	3E+11	3E+10	2E+11	3E+11	2E+11	1E+12	2E+11	8E+11	4E+11	1E+12	1E+12	1E+12	3E+11	
	Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Gaussian	RMSE	2E+06	34641	1161	100.51	320.8	34.729	0.6767	0.4993	0.3747	0.1882	0.0238	0.0251	0.0282	0.0327	0.0388	0.0471	0.0588	0.0752	0.0972	
GC K=1	RMSE	1E+05	379.93	20.518	26.753	1.0523	1.0486	0.6642	0.6744	0.0663	0.0292	0.0238	0.0259	0.0298	0.0352	0.0424	0.0525	0.0667	0.0863	0.1119	
GC K=2	RMSE	236.3	0.9003	0.5082	0.1883	0.9944	0.3782	0.0444	0.0257	0.0247	0.0243	0.0241	0.0273	0.0327	0.0405	0.0522	0.0704	0.1017	0.1714	0.3609	
GC K=3	RMSE	1.451	2.527	0.4886	0.3304	0.0366	0.0257	0.0247	0.0242	0.0239	0.0237	0.0247	0.0294	0.0369	0.0488	0.0656	0.0794	0.0952	0.1148	0.1376	
GC K=4	RMSE	2.007	0.1798	0.2811	0.0264	0.0246	0.0241	0.0237	0.0234	0.0233	0.0232	0.0259	0.0327	0.0445	0.0597	0.0653	0.0836	0.1319	0.2704	0.8011	
GC K=5	RMSE	0.769	0.1565	0.0257	0.0237	0.0233	0.0231	0.0229	0.0229	0.0229	0.0231	0.0281	0.0385	0.438	0.2443	0.2193	0.2293	0.2485	0.2714	0.2977	
EC K=1	RMSE	6E+11	9E+12	3E+12	3E+12	5E+12	2E+12	3E+12	2E+13	4E+13	1E+12	2E+12	3E+12	2E+12	1E+12	1E+12	4E+12	2E+12	8E+12	1E+12	
EC K=2	RMSE	5E+12	2E+12	4E+12	1E+12	4E+12	2E+12	3E+12	1E+12	2E+12	2E+12	2E+13	3E+12	1E+12	9E+11	4E+12	9E+12	9E+11	2E+12	9E+11	
EC K=3	RMSE	7E+11	4E+11	4E+12	2E+12	1E+12	1E+12	3E+12	1E+12	4E+11	1E+12	3E+12	4E+12	3E+12	2E+12	1E+12	7E+12	6E+12	2E+13	2E+12	
EC K=4	RMSE	4E+11	1E+12	3E+12	4E+11	5E+11	2E+12	1E+12	2E+12	3E+12	4E+12	6E+12	6E+11	6E+11	1E+12	1E+12	3E+12	3E+12	8E+12	3E+11	
EC K=5	RMSE	2E+11	9E+11	1E+12	5E+11	3E+11	6E+11	1E+12	1E+12	2E+11	6E+11	2E+12	8E+11	3E+12	5E+11	3E+12	3E+12	5E+11	3E+12	3E+12	
	Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Gaussian	RMSE	8E+06	4E+07	1E+06	86490	11067	6074.1	664.01	103.54	170.82	65.889	0.1289	0.0169	0.0174	0.0183	0.0199	0.0228	0.0277	0.0351	0.0451	
GC K=1	RMSE	5E+07	5E+06	66811	6761	4022.2	342.82	47.038	6.336	16.757	2.1764	0.0225	0.017	0.0176	0.0188	0.021	0.0248	0.0309	0.0398	0.0515	
GC K=2	RMSE	17917	552.8	506.82	107.36	8.0982	1.9243	0.5665	0.4826	0.4615	0.2824	0.0168	0.0172	0.0181	0.0199	0.0236	0.0301	0.0401	0.054	0.0726	
GC K=3	RMSE	1096	212.85	3.0475	0.708	0.4253	0.4506	0.3133	0.4702	0.3231	0.2576	0.0168	0.0174	0.0187	0.0217	0.0277	0.0481	0.1557	0.045	0.0569	
GC K=4	RMSE	26.19	0.8114	0.3457	0.4847	0.7217	1.7308	0.5107	0.1484	0.0471	0.0272	0.0169	0.0178	0.0199	0.025	0.0292	0.0425	0.0734	0.1658	0.7236	
GC K=5	RMSE	1.756	0.5912	0.3663	1.26	0.1484	0.1707	0.0769	0.0231	0.0176	0.0168	0.0171	0.0184	0.0224	0.0542	0.15	0.1264	0.1285	0.1379	0.1502	
EC K=1	RMSE	4E+11	3E+10	2E+12	2E+11	3E+11	4E+11	3E+11	4E+11	1E+11	3E+11	7E+11	2E+11	2E+11	4E+11	1E+11	2E+11	2E+12	1E+13	5E+11	
EC K=2	RMSE	8E+11	5E+11	3E+11	7E+11	2E+12	1E+11	6E+11	5E+11	1E+11	2E+11	1E+11	4E+11	1E+11	6E+11	8E+11	4E+11	9E+11	1E+12	9E+11	
EC K=3	RMSE	1E+12	6E+10	2E+11	2E+11	1E+12	1E+11	2E+11	2E+11	1E+12	4E+11	7E+11	1E+12	6E+11	7E+10	5E+11	5E+12	4E+12	4E+11	7E+11	
EC K=4	RMSE	2E+11	3E+11	1E+11	4E+11	2E+11	3E+11	3E+11	2E+11	2E+11	4E+11	4E+11	1E+11	1E+12	1E+11	1E+11	5E+12	8E+12	2E+12	5E+11	
EC K=5	RMSE	1E+11	2E+10	8E+10	7E+10	4E+11	1E+11	2E+11	2E+11	2E+11	2E+11	1E+12	3E+11	4E+11	3E+11	3E+11	6E+12	5E+11	3E+11	7E+11	
	Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Gaussian	RMSE	2E+08	1E+08	2E+09	1E+09	4E+08	2E+08	2E+07	7E+06	2E+06	1E+06	487.32	2.1032	0.1274	0.1476	0.0644	0.0238	0.0287	0.0271	0.0309	
GC K=1	RMSE	9E+07	2E+08	7E+08	5E+08	5E+07	335646	509589	121525	34836	53.992	1.2299	0.1693	0.0427	0.0195	0.025	0.0197	0.0221	0.0342		
GC K=2	RMSE	6E+07	7E+07	5E+06	390739	83805	30769	5247.7	415.79	279.86	469.79	0.6075	0.7722	0.0605	0.0202	0.015	0.0197	0.0293	0.0868	0.4468	
GC K=3	RMSE	7E+06	2E+06	317298	14640	1457.2	2888.9	41.973	60.239	32.095	8.0646	0.3451	0.4774	0.0339	0.096	0.4082	6.0501	75.645	518.06	4650.4	
GC K=4	RMSE	1E+05	40828	2447.5	227.97	67.124	17.977	6.4673	1.7887	4.7539	1.01	0.3085	0.1987	0.3714	0.3699	0.5024	0.8626	886.46	986.4	328	
GC K=5	RMSE	14398	72.757	15.392	4.2957	1.2638	3.1746	0.5573	1.1845	0.6097	0.383	0.2975	0.2755	0.4667	0.4908	2.38	0.7513	17.973	2.9807	11.658	
EC K=1	RMSE	8E+11	3E+12	1E+13	4E+12	4E+12	3E+12	9E+11	7E+12	1E+12	5E+12	3E+12	2E+12	7E+12	2E+13	4E+12	8E+12	5E+11	1E+13	4E+12	
EC K=2	RMSE	1E+13	4E+12	9E+12	6E+12	2E+13	1E+13	4E+12	2E+12	1E+12	9E+12	1E+13	1E+13	6E+12	7E+12	3E+12	1E+12	1E+13	2E+12	2E+13	
EC K=3	RMSE	1E+12	3E+12	2E+12	6E+12	2E+12	2E+12	7E+12	5E+12	6E+12	1E+13	4E+12	3E+13	2E+12	2E+12	5E+12	2E+12	1E+13	5E+12	2E+12	
EC K=4	RMSE	3E+12	1E+12	1E+12	5E+12	5E+12	3E+12	6E+12	6E+12	2E+12	4E+13	2E+12	1E+12	3E+12	2E+12	3E+12	1E+12	6E+12	2E+12	8E+11	
EC K=5	RMSE	3E+12	8E+11	6E+11	2E+12	2E+12	4E+12	1E+12	3E+12	3E+12	5E+12	3E+12	3E+12	4E+12	3E+12	1E+12	3E+12	6E+11	3E+12	2E+12	
	Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Gaussian	RMSE	2E+08	1E+08	2E+09	1E+09	4E+08	2E+08	2E+07	7E+06	2E+06	1E+06	487.32	2.1032	0.1274	0.1476	0.0644	0.0238	0.0287	0.0271	0.0309	
GC K=1	RMSE	9E+07	2E+08	7E+08	5E+08	5E+07	335646	509589	121525	34836	53.992	1.2299	0.16								

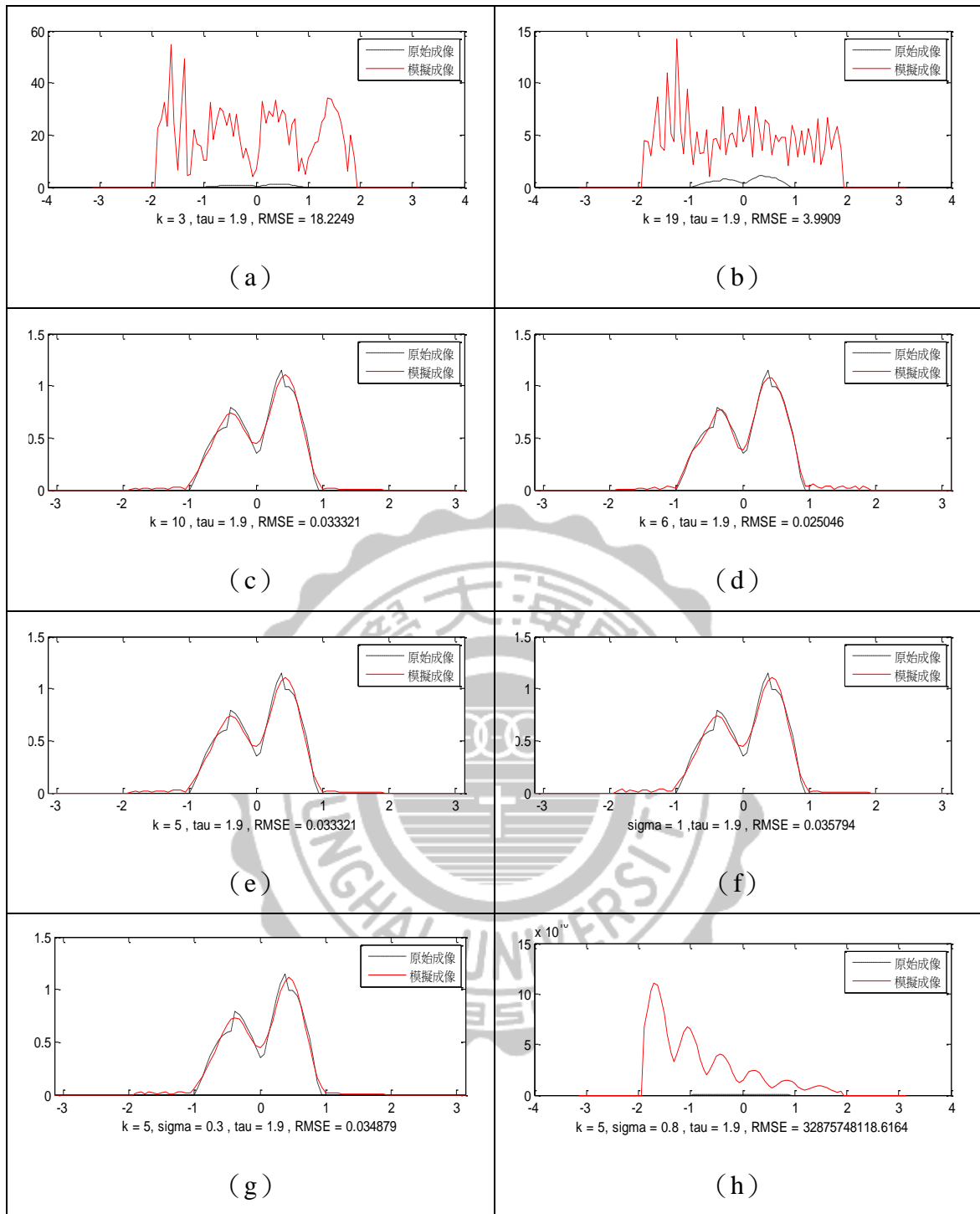


圖 3-25 原始物件 B ( $\tau=1.9$ ): 取樣 17 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

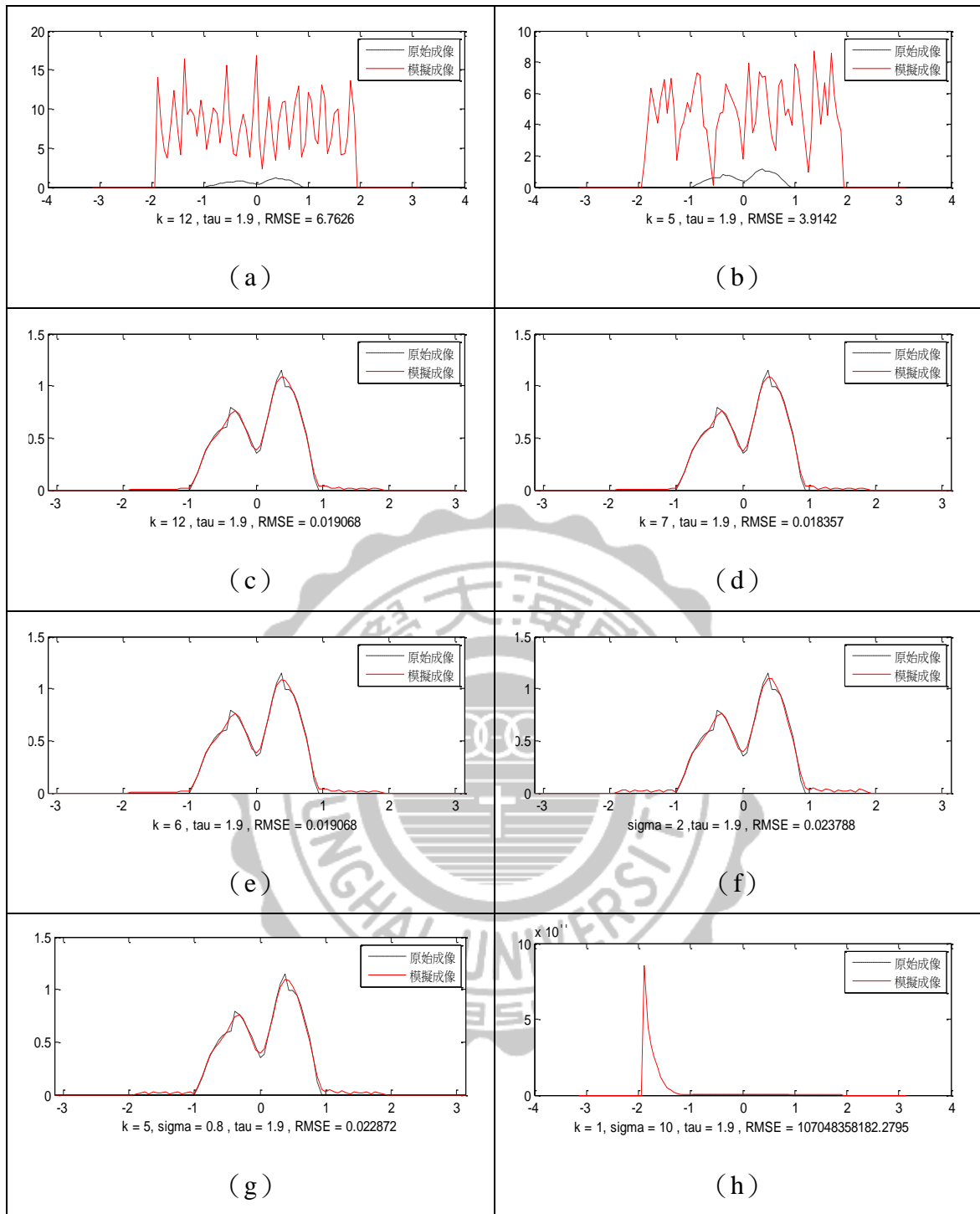


圖 3-26 原始物件 B ( $\tau=1.9$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

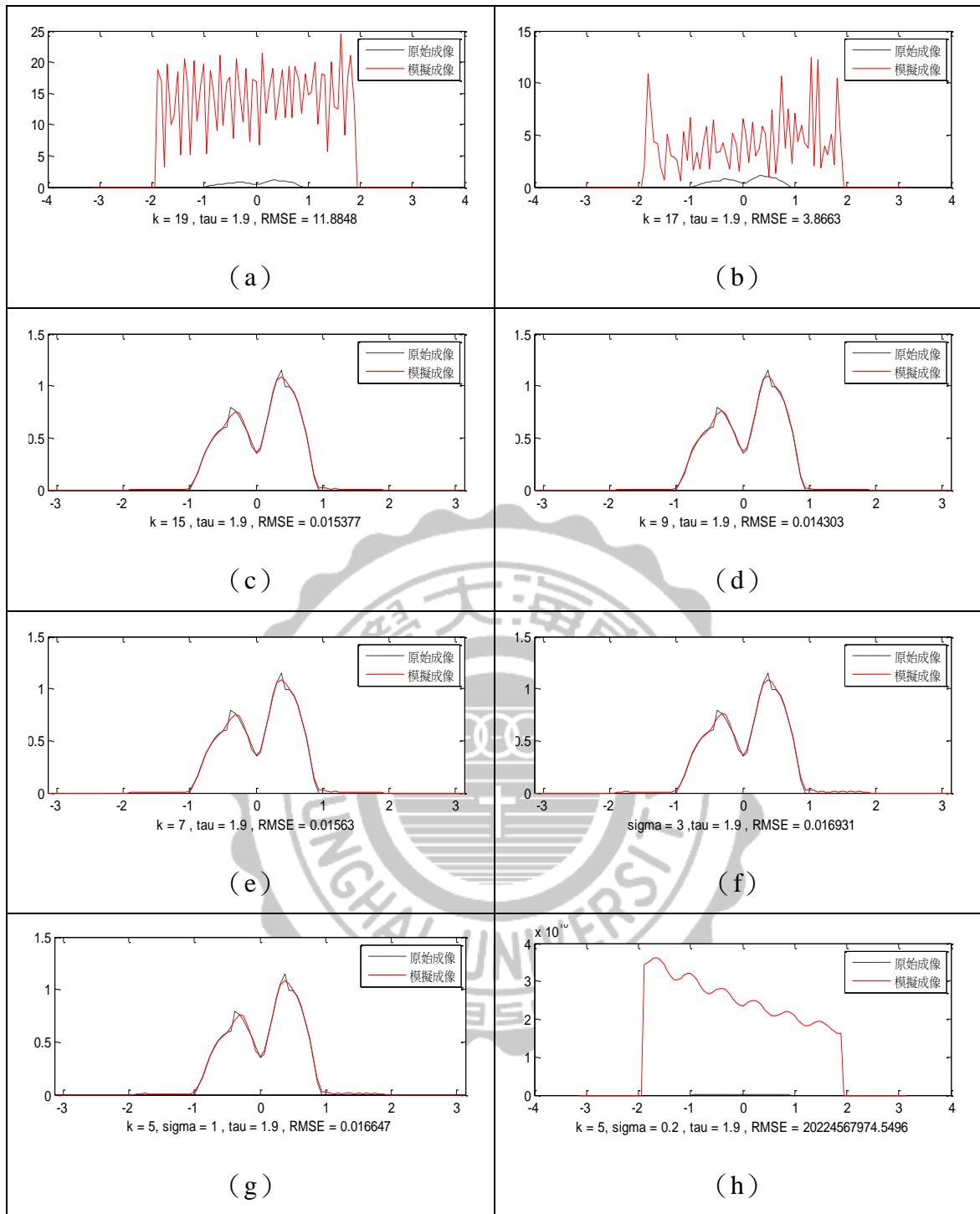


圖 3-27 原始物件 B ( $\tau=1.9$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 (a) 正弦函数, (b) 餘弦函数, (c) 辛克函数, (d) SS 函数, (e) CS 函数, (f) 高斯函数, (g) GC 函数, (h) EC 函数。

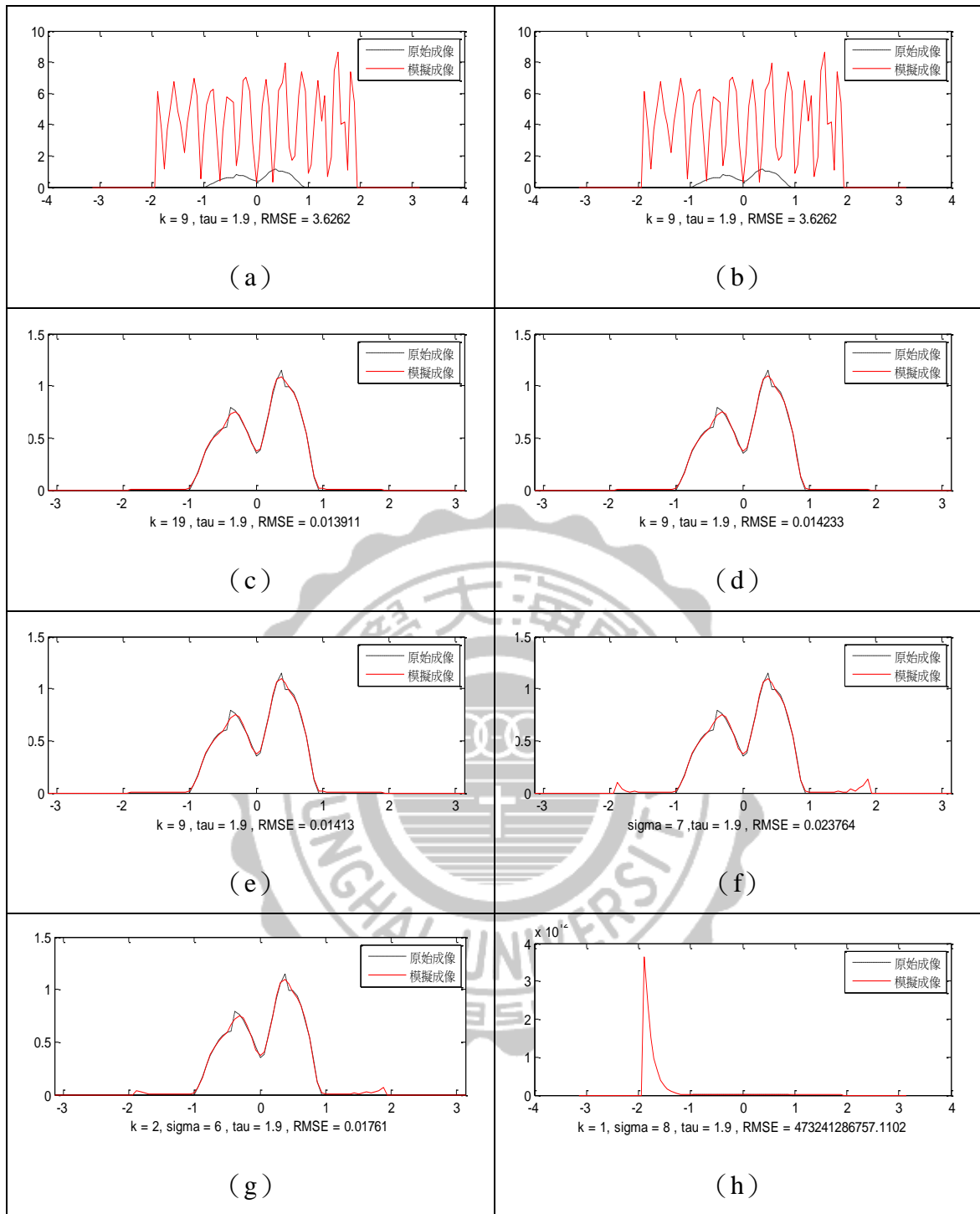


圖 3-28 原始物件 B ( $\tau=1.9$ ): 取樣 31 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

表 3-8 原始物件 B ( $\tau=3.1$ ): EC 函數 RMSE 值比較表

		原始物件B																		
17點		Sigma=0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EC K=1	RMSE	0.05014	0.0501	0.0502	0.0502	0.0502	0.0502	0.0503	0.0504	0.0504	0.0505	0.0525	0.0572	0.0653	0.0772	0.0925	0.1105	0.1305	0.1517	0.1739
EC K=2	RMSE	0.047348	0.0474	0.0474	0.0474	0.0475	0.0475	0.0476	0.0477	0.0478	0.048	0.0508	0.0569	0.0669	0.0804	0.0969	0.1157	0.1361	0.1576	0.1797
EC K=3	RMSE	0.046069	0.0461	0.0461	0.0462	0.0463	0.0464	0.0465	0.0467	0.0468	0.0471	0.0511	0.0594	0.0718	0.0874	0.1055	0.1252	0.1461	0.1678	0.1898
EC K=4	RMSE	0.050801	0.0508	0.0509	0.051	0.0511	0.0513	0.0515	0.0517	0.052	0.0523	0.0578	0.0682	0.0829	0.1005	0.1199	0.1404	0.1615	0.1831	0.2047
EC K=5	RMSE	0.066723	0.0668	0.0668	0.067	0.0671	0.0673	0.0676	0.0678	0.0682	0.0685	0.0751	0.0872	0.1035	0.1223	0.1422	0.1628	0.1835	0.2043	0.225
21點		Sigma=0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EC K=1	RMSE	0.027587	0.0276	0.0276	0.0276	0.0276	0.0276	0.0276	0.0276	0.0276	0.0276	0.0282	0.0303	0.0346	0.0416	0.051	0.0624	0.0753	0.0894	0.1044
EC K=2	RMSE	0.027177	0.0272	0.0272	0.0272	0.0272	0.0272	0.0272	0.0272	0.0272	0.0272	0.028	0.0305	0.0357	0.0434	0.0535	0.0654	0.0787	0.0931	0.1081
EC K=3	RMSE	0.028157	0.0282	0.0282	0.0282	0.0282	0.0282	0.0282	0.0282	0.0283	0.0283	0.0294	0.0326	0.0387	0.0474	0.0584	0.0709	0.0847	0.0994	0.1146
EC K=4	RMSE	0.032482	0.0325	0.0325	0.0325	0.0325	0.0326	0.0326	0.0326	0.0327	0.0328	0.0342	0.0381	0.045	0.0547	0.0665	0.0797	0.094	0.1089	0.1242
EC K=5	RMSE	0.041631	0.0416	0.0417	0.0417	0.0417	0.0418	0.0418	0.0419	0.042	0.0421	0.0439	0.0484	0.056	0.0664	0.0788	0.0925	0.1071	0.1222	0.1375
25點		Sigma=0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EC K=1	RMSE	0.0312	0.0312	0.0312	0.0313	0.0313	0.0314	0.0314	0.0315	0.0316	0.0317	0.0334	0.0364	0.0413	0.0481	0.0569	0.0674	0.0794	0.0927	0.107
EC K=2	RMSE	0.029627	0.0296	0.0297	0.0297	0.0298	0.0298	0.0299	0.03	0.0301	0.0302	0.0323	0.036	0.0415	0.0491	0.0584	0.0693	0.0817	0.0953	0.1098
EC K=3	RMSE	0.028683	0.0287	0.0287	0.0288	0.0289	0.0289	0.029	0.0292	0.0293	0.0294	0.0319	0.0364	0.0429	0.0513	0.0614	0.073	0.0859	0.0998	0.1145
EC K=4	RMSE	0.030059	0.0301	0.0301	0.0302	0.0303	0.0304	0.0305	0.0307	0.0308	0.031	0.034	0.0392	0.0466	0.0558	0.0667	0.0789	0.0923	0.1066	0.1216
EC K=5	RMSE	0.035331	0.0354	0.0354	0.0355	0.0356	0.0357	0.0358	0.036	0.0362	0.0364	0.0398	0.0455	0.0534	0.0633	0.0748	0.0876	0.1014	0.116	0.1311
31點		Sigma=0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EC K=1	RMSE	0.02883	0.0288	0.0288	0.0288	0.0288	0.0288	0.0288	0.0288	0.0288	0.0288	0.0289	0.0292	0.0301	0.0316	0.0341	0.0376	0.0421	0.0476	0.054
EC K=2	RMSE	0.028081	0.0281	0.0281	0.0281	0.0281	0.0281	0.0281	0.0281	0.0281	0.0281	0.0282	0.0287	0.0298	0.0316	0.0344	0.0382	0.0429	0.0487	0.0552
EC K=3	RMSE	0.027219	0.0272	0.0272	0.0272	0.0272	0.0272	0.0272	0.0273	0.0273	0.0273	0.0273	0.0283	0.0296	0.0319	0.0351	0.0393	0.0445	0.0505	0.0573
EC K=4	RMSE	0.026735	0.0267	0.0267	0.0268	0.0268	0.0268	0.0268	0.0268	0.0268	0.0269	0.0273	0.0283	0.0301	0.0329	0.0366	0.0413	0.047	0.0534	0.0605
EC K=5	RMSE	0.027236	0.0272	0.0273	0.0273	0.0273	0.0273	0.0273	0.0274	0.0274	0.0274	0.0281	0.0295	0.0318	0.0351	0.0394	0.0446	0.0507	0.0575	0.065

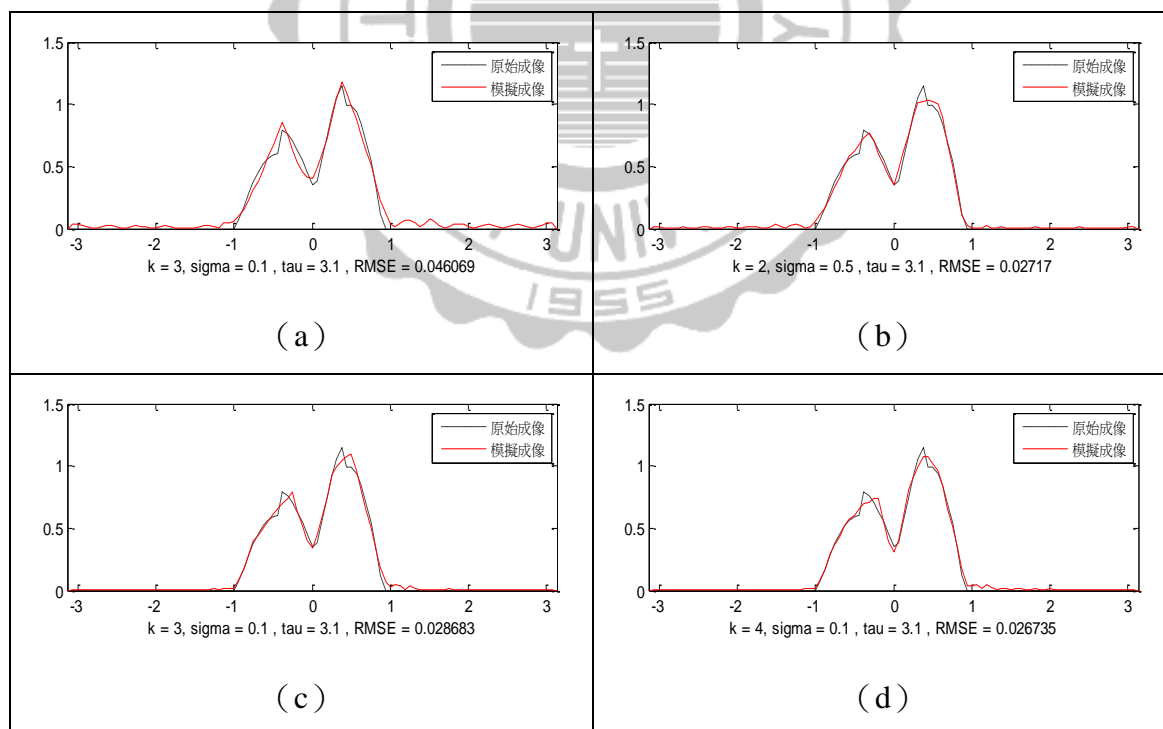


圖 3-29 原始物件 B ( $\tau=3.1$ ): EC 函數取樣最佳成像圖 (a) 取樣 17 點, (b) 取樣 21 點, (c) 取樣 25 點, (d) 取樣 31 點。

將原始物件 B 傅立葉轉換後取樣，並用各種不同的基底函數進行影像重建，分別依照  $\tau$  值的不同，進行綜合展示於表 3-5~3-7，其中由於 EC 函數  $\tau$  值的選擇與其它函數有所差異，故將其獨立於表 3-8 分析如下：

#### 一、基底函數小結：

- (一) 正弦、餘弦函數、餘弦函數，影像重建效果相當差，所以在此不予討論。
- (二) 以辛克函數而言，良好的成像會集中於某一區塊，且當取樣點數愈多時， $k$  值的選取將越取越大。
- (三) SS 函數，是辛克函數的變形，影像重建的效果如用 RMSE 值比較，可發現與辛克函數成像不相上下，且同樣具有辛克函數的特性，當取樣點數愈多時， $k$  值的選取也要越取越大。
- (四) CS 函數，是餘弦週期性函數結合辛克函數的變形，在影像重建的特性上與辛克函數類似。受週期性函數的影響，在取樣點數較少時，辛克函數的 RMSE 值較低些；取樣點數較多時，CS 函數的 RMSE 值較低些，但在最佳成像表上，用肉眼無法明確分辨出成像差異。以 CS 函數而言，良好的成像區塊範圍較窄，且當取樣點數增多時， $k$  值的選取也要越取越大。
- (五) 高斯函數與 GC 函數，RMSE 值 $<0.05$ 的區塊範圍較上述其它函數更為寬廣，更容易取得良好的成像。以 GC 函數而言， $k$  值選取與取樣點數多寡成正比，但 $k > 5$  以上，成像不佳； $\sigma$  值的選取也與取樣點數多寡成正比。
- (六) EC 函數是指數函數與週期性函數的結合， $\tau$  值的選取與其它函數不同，估測原始物件位置範圍越寬越好；且取樣點數增加，良好成像區塊範圍會越來越大，但其最佳成像還是較其它函數成像略遜，取樣點數越多越好(見表 3-8)。

#### 二、綜合比較-表 3-5~3-7 (辛克函數、SS 函數、CS 函數、高斯函數、GC 函數)：

- (一) 原始物件 B 影像寬度範圍界於 $[-1;1]$ 之間範圍偏小，取樣點數越少越好。
- (二)  $\tau$  值選擇方面，越接近原始物件，成像效果越好；當取樣點數越多時， $\tau$  值的選擇須適當的增加，才能重建出接近原始物件的影像。
- (三) 對影像原始物件 B 重建而言，由於該圖形在山峰處具有兩個尖角訊號，

而這兩個訊號點在影像重建上有一定的難度，故成像不夠精確，但本研究所使用的基底函數也已經可以重建出相似度極高的原始成像，能看出原始物件上有兩突起物。





### 參、以取樣點數作區分-原始物件 C

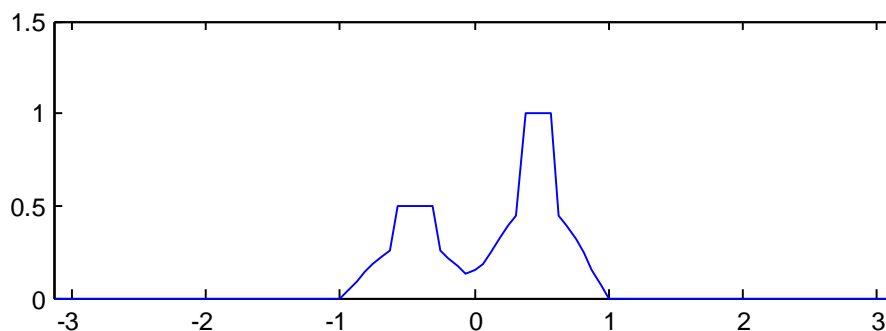


圖 3-30 原始物件 C (平滑訊號中間突起兩方柱圖形)

圖 3-30 原始物件 C 是本論文研究模擬的第三個原始影像物件，影像物件寬度範圍界於[-1;1]之間，形狀類似於橢圓狀的山峰，但山峰的上方各出現兩端長方形的訊號，是屬於影像模擬中的平滑訊號中間突起兩方柱圖形。

由於原始物件 C 相較於本論文其它物件其範圍[-1;1]偏小，利用不同基底函數進行反轉換時，因為基底函數的不同，會產生不同的成像與 RMSE 值，本研究利用 RMSE 值進行各種不同基底函數成像上的比較與分析，並以數據的方式呈現，當 RMSE 值 $<0.05$  時，成像效果最佳，使用紅色表示；RMSE 值界於 0.05 至 0.1 之間，使用黃色表示；RMSE 值界於 0.1 至 1 之間，使用綠色表示；RMSE 值 $>1$ ，成像效果極差，使用藍色表示。如表 3-9~3-12。其中各種不同的基底又依照取樣點數的不同進行分類，將各基底函數所產生的最佳成像用如圖 3-31~3-43 加以呈現。

表 3-9 原始物件 C ( $\tau=1.1$ ): RMSE 值比較表

		原始物件C																			
17點		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cos	RMSE	13.09	24.533	3.9113	15.838	5.145	6.5317	1.8947	14.789	5.5196	2.9311	10.787	10.09	3.4259	6.1572	10.5	19.048	4.0225	6.0382	2.2493	3.366
Sin	RMSE	5.99	6.9949	7.9674	10.297	3.9944	6.9831	2.817	15.352	5.8311	4.9069	11.849	12.51	14.526	3.4409	3.7386	16.459	100.74	12.748	22.776	7.1535
Sinc	RMSE	78.26	2.2817	0.4859	0.2408	0.1886	0.8422	0.2085	0.0469	0.0357	0.0623	0.0344	0.0342	0.0334	0.0337	0.2591	6.3151	0.1606	0.1785	2.9431	9.0046
SS	RMSE	0.878	0.3176	0.1646	0.1493	0.0541	0.0353	0.089	0.0368	0.0331	0.0472	0.0801	0.0418	0.0839	0.283	0.1738	3.8847	0.4488	1.4656	21.441	23.381
CS	RMSE	1.221	0.1388	0.2264	0.1221	0.044	0.0342	0.0337	8.6128	0.1785	9.0046	19.199	1.9822	23.843	229.8	269.39	273.78	897.65	8071	4900.7	1853.6
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	2.825	0.641	1.0764	0.6198	0.8449	2.1813	0.4494	1.5302	0.5735	0.3835	0.0397	0.0371	0.0385	0.0403	0.0412	0.0427	0.0468	0.0576	0.071	
GC K=1	RMSE	2.575	5.157	0.2996	0.5528	0.2241	1.1606	0.2665	0.2655	0.4484	0.1032	0.0367	0.0377	0.0394	0.0411	0.042	0.0442	0.0505	0.0623	0.0815	
GC K=2	RMSE	0.336	1.1669	0.2609	0.4434	0.7665	0.2987	1.9052	0.3191	0.3589	0.7172	0.0495	0.1417	0.0394	0.0406	0.0412	0.0405	0.0401	0.0399	0.0411	
GC K=3	RMSE	0.474	0.9539	0.221	0.2314	0.6723	0.1552	0.1077	0.5422	0.2157	0.3541	0.2024	0.0432	0.0411	0.0414	0.0414	0.042	0.045	0.0579	0.0849	
GC K=4	RMSE	0.295	0.2553	0.3772	0.2043	0.4011	0.9651	0.3657	0.5489	0.6389	1.0805	0.4436	0.0361	0.0366	0.0466	0.0796	0.1225	0.1493	0.1737	0.1997	
GC K=5	RMSE	0.57	0.7198	0.3507	0.7256	1.7479	0.2069	0.3521	0.2599	0.5134	0.3601	0.099	0.0744	0.0662	0.0808	0.1176	0.2027	0.4695	2.1001	2.2274	
EC K=1	RMSE	7E+12	1E+13	7E+12	2E+13	3E+13	3E+13	2E+12	1E+13	3E+13	2E+13	4E+13	2E+13	8E+12	6E+13	1E+13	1E+13	2E+13	1E+14	8E+13	
EC K=2	RMSE	1E+13	1E+13	4E+13	2E+13	7E+13	1E+13	3E+13	3E+13	1E+13	3E+13	5E+13	1E+13	1E+13	5E+13	7E+12	4E+12	3E+12	5E+13	4E+13	
EC K=3	RMSE	4E+12	3E+12	9E+12	4E+13	7E+12	3E+13	3E+13	3E+13	5E+13	1E+13	3E+13	6E+13	7E+12	4E+13	3E+13	3E+13	8E+12	3E+13	6E+12	
EC K=4	RMSE	2E+12	1E+13	6E+12	4E+12	4E+13	2E+13	6E+12	8E+12	2E+13	2E+13	1E+13	9E+12	1E+13	3E+13	2E+13	2E+13	8E+12	5E+13	4E+13	
EC K=5	RMSE	2E+12	1E+12	4E+12	4E+11	7E+12	4E+12	2E+12	6E+12	1E+13	1E+13	1E+13	7E+12	1E+13	2E+13	2E+13	2E+13	9E+12	3E+13	5E+13	
21點		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cos	RMSE	5.771	69.638	12.728	3.7662	9.0593	2.1606	3.2709	23.257	2.5778	4.5726	16.743	8.8772	7.888	17.858	11.352	4.2104	8.4507	6.6977	9.9222	4.5464
Sin	RMSE	3.659	5.3298	2.2776	5.2806	7.0153	7.3396	6.0317	7.528	2.7287	1.9112	3.9814	8.1132	4.2899	13.984	7.0218	55.869	4.771	8.9366	19.124	14.467
Sinc	RMSE	9511	190.38	95.972	1.185	0.542	0.6876	0.5158	0.9831	4.1276	5.1558	1.8618	4.1069	1.218	5.3716	0.3643	0.2888	0.2089	0.6971	1.5884	7.7124
SS	RMSE	1827	1.545	1.3077	0.2158	0.3477	0.7442	0.2532	0.25	0.0715	0.213	0.0774	0.033	0.0347	0.0307	0.1973	0.109	2.8313	3.4976	3.4331	2.6189
CS	RMSE	547.1	1.3264	0.8519	0.3805	2.3015	3.6234	12.636	4.074	2.6488	4.4931	3.231	21.299	538.7	155.14	31.997	711.75	3097.7	6976.3	6937.5	2142.6
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	192.3	2436.2	23.252	25.493	2.4123	2.4142	1.1462	0.4384	1.8351	0.5865	1.2495	0.9769	0.6274	0.911	0.2294	0.4123	1.3709	0.5352	0.3471	
GC K=1	RMSE	1171	103.95	15.441	2.8733	1.2883	1.1104	0.836	1.1962	1.8665	1.0994	0.5305	0.6782	0.2475	0.3094	1.351	0.3916	0.59	19.53	1.8571	
GC K=2	RMSE	1.793	0.3186	0.8112	0.9577	0.5405	0.3383	1.6421	0.4069	0.3907	0.2299	0.3317	1.2303	0.4849	0.274	0.3885	1.0068	0.5128	1.1348	3.2569	
GC K=3	RMSE	1.092	0.6314	2.252	0.3013	0.2316	0.5578	3.7597	0.4501	0.6156	0.6996	1.3031	0.3251	0.5773	1.2734	0.6127	4.9785	0.6846	2.9979	52.308	
GC K=4	RMSE	0.985	1.7047	0.4559	0.3043	0.7158	0.4048	0.7733	0.799	0.4421	0.5727	0.382	1.0549	10.436	0.9171	0.781	7.5578	1.6269	1.3513	1.2175	
GC K=5	RMSE	0.859	0.8663	1.5849	0.8307	0.3727	0.7503	0.5403	0.7749	0.2467	2.1038	0.371	0.3559	2.4949	0.765	0.9672	0.7594	3.3551	1.7246	2.1833	
EC K=1	RMSE	1E+12	1E+12	5E+12	4E+12	5E+12	3E+12	4E+12	4E+12	1E+12	2E+12	2E+12	3E+12	2E+12	8E+12	2E+13	3E+13	1E+14	2E+13	2E+13	
EC K=2	RMSE	2E+12	6E+11	1E+12	7E+11	4E+12	7E+11	4E+12	7E+11	5E+12	2E+12	2E+12	2E+11	1E+13	4E+12	1E+13	5E+13	1E+13	2E+13	3E+13	
EC K=3	RMSE	3E+11	8E+11	5E+11	4E+11	1E+12	3E+12	8E+11	2E+12	5E+11	4E+11	6E+11	2E+12	5E+12	4E+13	2E+13	2E+13	2E+13	1E+13	1E+13	
EC K=4	RMSE	2E+11	2E+11	5E+11	2E+11	1E+12	5E+11	2E+11	3E+11	1E+12	1E+12	3E+12	8E+12	6E+12	2E+13	3E+14	2E+13	3E+13	2E+14	1E+13	
EC K=5	RMSE	3E+11	3E+11	7E+11	1E+12	7E+11	2E+13	1E+12	2E+12	4E+12	5E+12	1E+12	4E+12	5E+13	3E+13	2E+13	8E+12	2E+13	4E+13	3E+13	
25點		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cos	RMSE	8.463	34.517	10.619	22.621	2.7833	8.308	4.5772	13.059	4.2716	8.3122	4.7761	17.45	15.221	18.233	5.8215	53.636	5.7546	7.2456	2.8756	5.671
Sin	RMSE	22.29	19.515	8.5255	30.506	6.2931	1.8377	5.8561	14.743	3.4879	3.6537	6.5071	3.5907	16.546	83.918	7.0291	9.0209	14.144	5.911	10.966	2.7436
Sinc	RMSE	3E+05	40.352	35571	1107.7	7.5525	0.4794	0.453	1.904	1.4185	0.9365	2.5559	2.0837	2.7111	7.4958	5.7424	3.2789	3.6541	5.2575	4.481	6.0055
SS	RMSE	88972	272.09	7.935	0.9315	3.0342	0.8713	2.4574	3.3235	0.7982	2.6424	1.8723	1.8812	0.6486	3.4275	0.2359	2.9022	6.8167	0.3544	0.3931	0.1551
CS	RMSE	51473	38.41	0.4594	1.5347	2.3427	15.282	11.926	11.504	15.456	2.8724	2.8102	3.607	3.3607	26.54	144.33	1937.6	6455.4	124.53	970.11	20904
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	79132	99492	7986.9	3001.5	161.79	246.83	110.56	75.442	4.4908	5.0037	1.5357	1.2375	0.7005	1.4301	1.5371	1.0037	1.3378	0.6143	5.4179	
GC K=1	RMSE	3197	497.54	1689.2	476.61	64.725	25.744	6.435	15.72	4.9669	4.044	1.5718	3.5913	2.1774	0.642	1.5523	1.422	0.5304	9.6055	127.73	
GC K=2	RMSE	108.4	9.5573	7.2406	1.1218	3.1033	0.5777	1.1402	0.9781	0.531	0.988	0.2397	1.1081	0.6447	1.1842	2.5771	0.9138	2.0951	46.273	227.89	
GC K=3	RMSE	6.075	3.6367	0.4891	1.6683	0.9153	1.3763	1.0937	1.6964	0.7638	1.5628	1.0739	3.4082	1.7924	0.5927	1.161	0.7037	10.488	41.114	795.04	
GC K=4	RMSE	2.135	7.9877	2.8812	2.0134	0.9898	1.2752	1.4771	1.5159	0.6221	0.529	1.8552	3.1777	0.8425	1.6444	10.784	150.8	160.62	715.97	76.244	
GC K=5	RMSE	1.387	1.6694	1.5692	0.4437	0.7484	0.1614	0.6005	0.6483	0.7816	0.5532	0.7765	1.12	1.3141	4.9612	2.5703	29.043	42.105	59.136	406.01	
EC K=1	RMSE	3E+12	7E+12	5E+11	1E+12	2E+12	1E+12	7E+11	4E+11	7E+11	2E+12	8E+11	2E+12	4E+11	7E+11	7E+11	9E+11	9E+11	2E+12	5E+11	
EC K=2	RMSE	2E+11	5E+11	4E+11	8E+11	1E+12	2E+12	2E+12	7E+12	7E+11	2E+12										

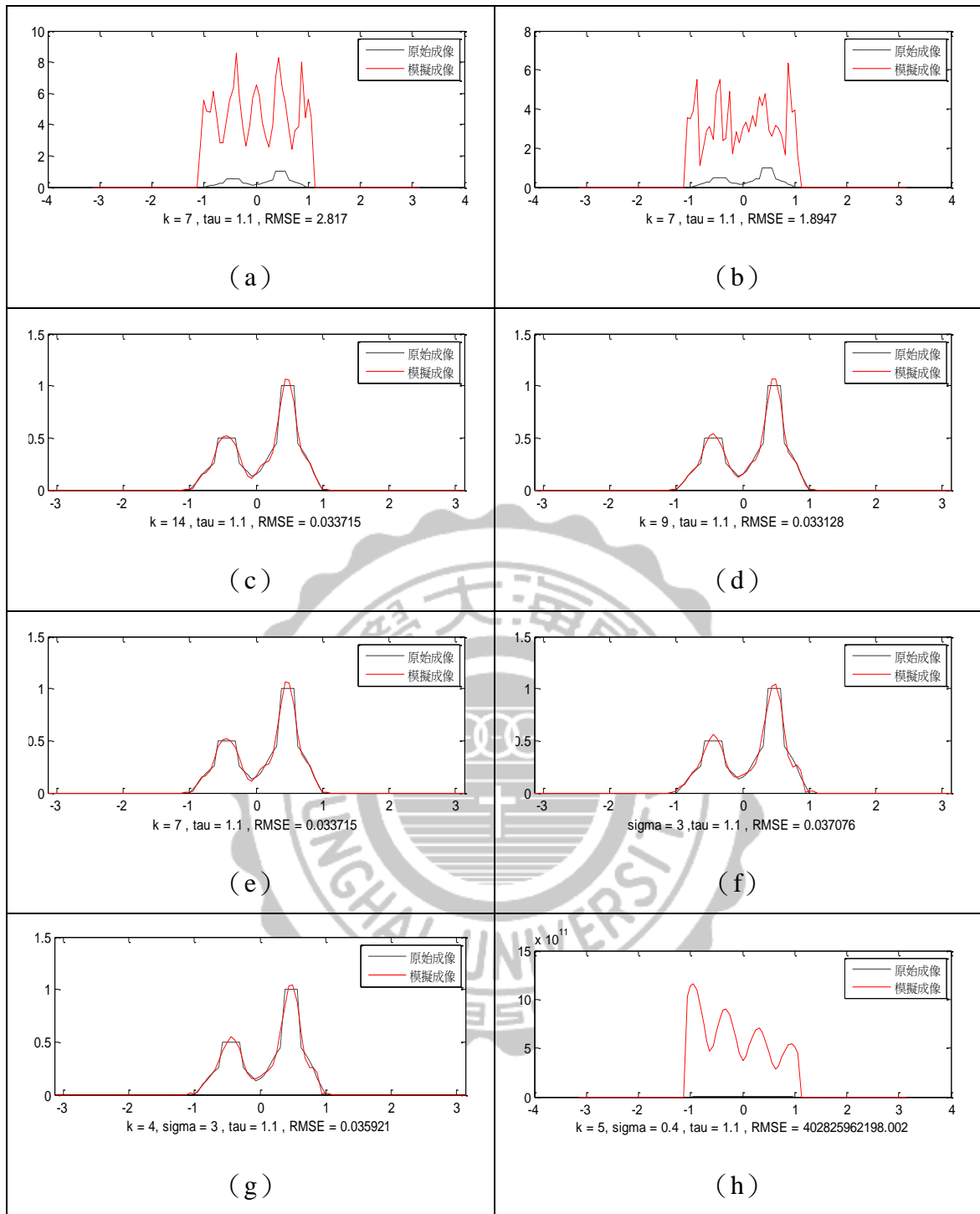


圖 3-31 原始物件  $C$  ( $\tau=1.1$ ): 取樣 17 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

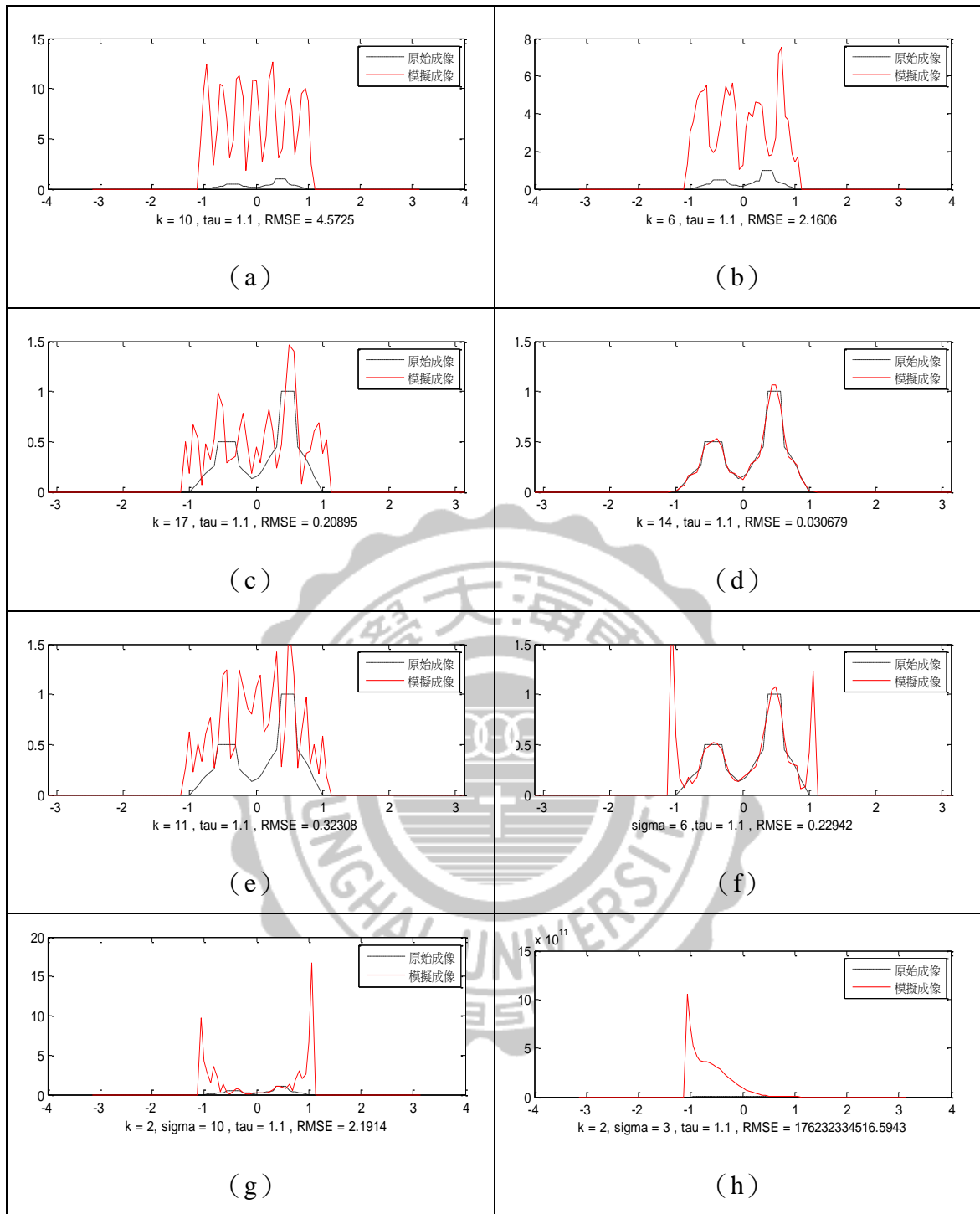


圖 3-32 原始物件 C ( $\tau=1.1$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

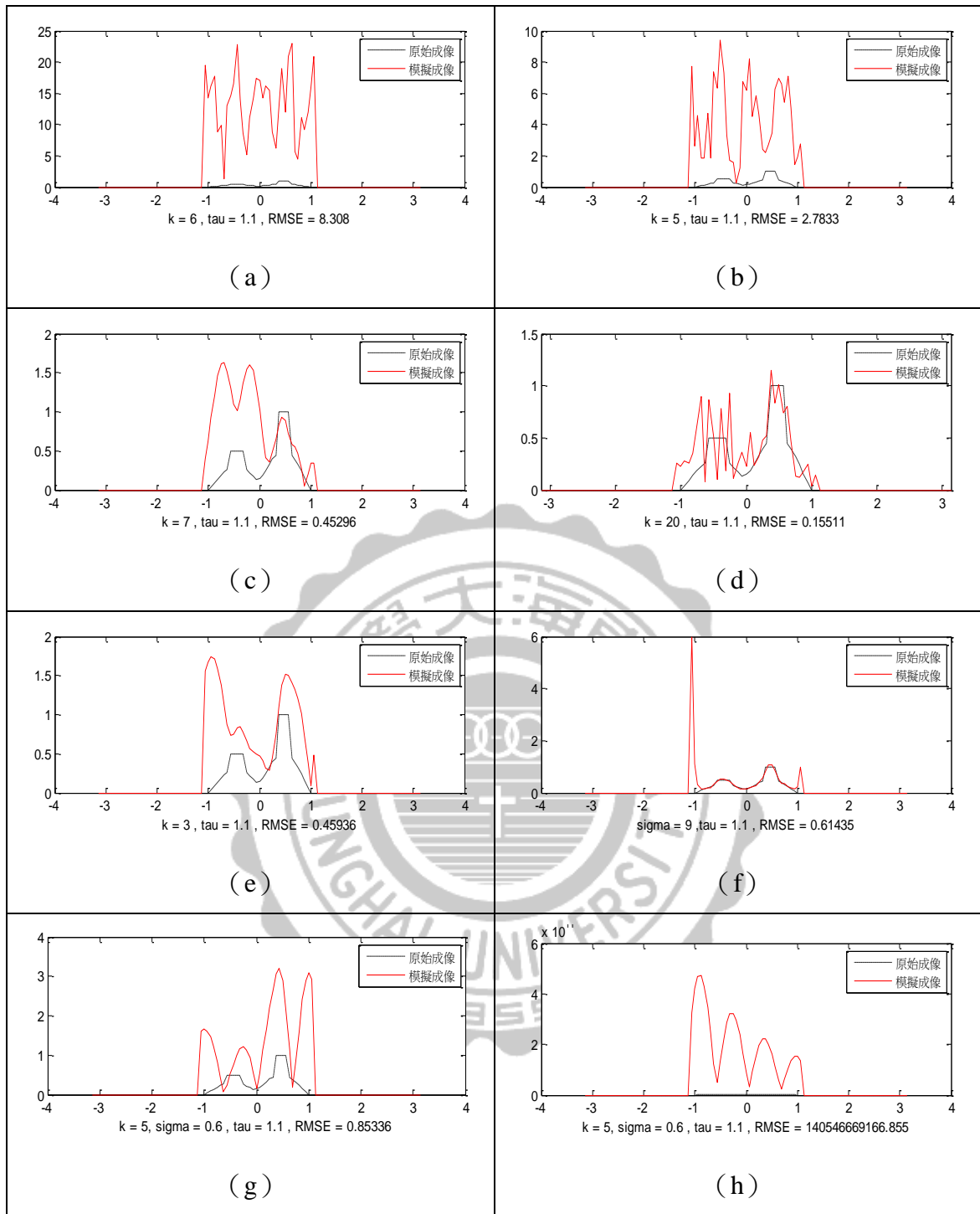


圖 3-33 原始物件 C ( $\tau=1.1$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

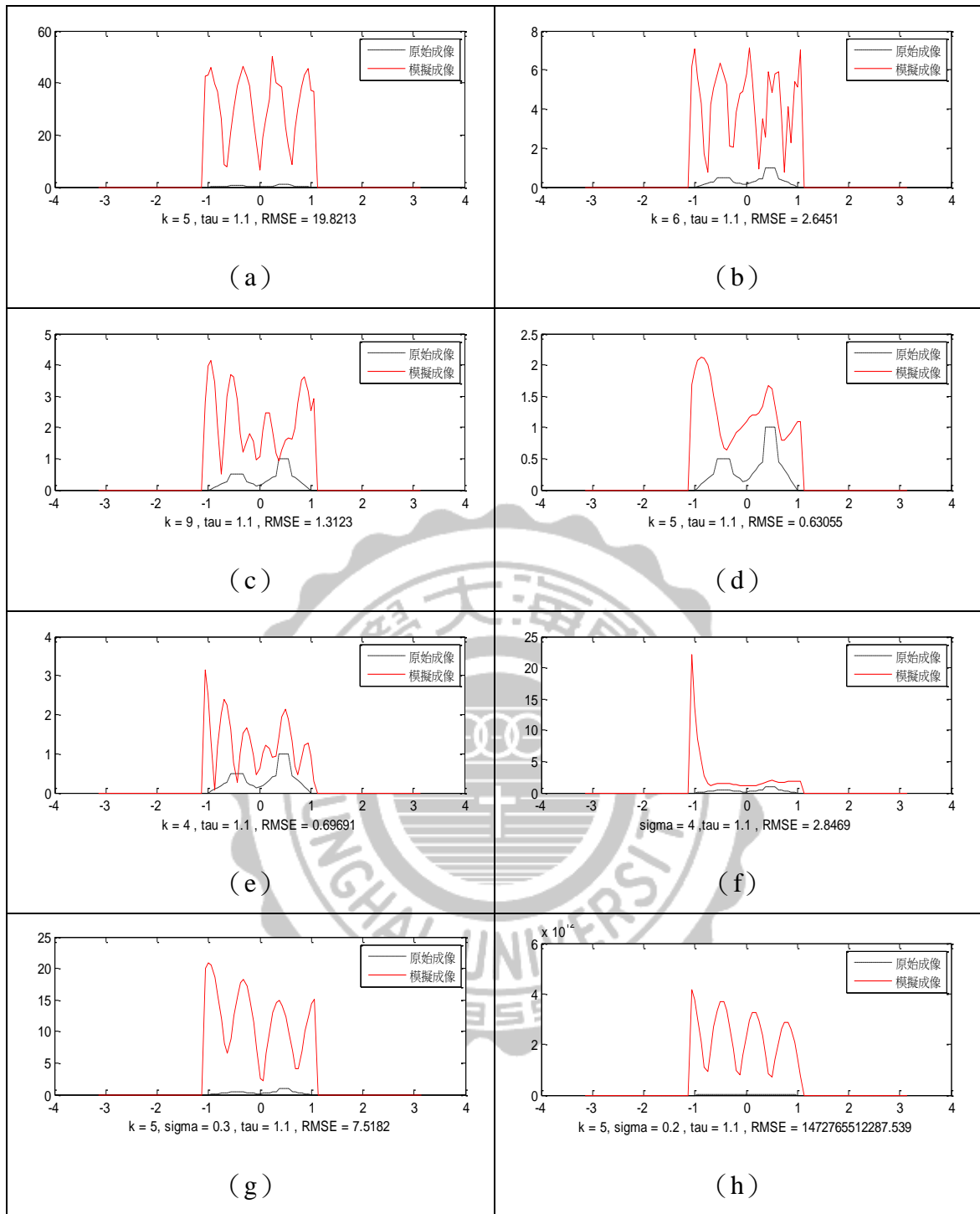


圖 3-34 原始物件 C ( $\tau=1.1$ ): 取樣 31 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

表 3-10 原始物件 C ( $\tau=1.5$ ): RMSE 值比較表

		原始物件C																			
17點		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cos	RMSE	777.1	4.1408	2.8489	7.3955	1.8663	3.5218	13.778	56.629	6.9286	10.927	6.7361	8.6345	3.6802	1.6838	4.3387	80.454	6.7103	2.6991	6.4642	10.07
Sin	RMSE	11.81	8.9964	2.0783	46.758	2.1245	4.514	4.3925	190.38	5.688	14.694	13.083	16.071	5.4969	9.8346	12.374	123.37	33.268	5.2063	8.5492	12.189
Sinc	RMSE	8269	63.547	0.6005	0.1242	0.4428	0.0586	0.0485	0.0479	0.0471	0.0465	0.0445	0.0427	0.2849	1.1321	2.2987	6.3788	1.5659	9.1542	57.696	79.586
SS	RMSE	98.31	0.2259	0.1061	0.0474	0.0461	0.0441	0.0411	0.1421	0.0818	0.0949	0.0681	0.5619	43.618	2.1317	2.5952	4.2752	2.4697	13.304	18.045	26.444
CS	RMSE	15.54	0.1081	0.0936	0.0479	0.0465	0.0427	1.1321	6.3788	9.1542	79.586	37.579	83.445	94.676	321.72	491.89	649.54	1543.6	2928.6	10735	8905.1
	Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Gaussian	RMSE	184	11.015	3.8423	0.3769	0.5105	0.3584	0.1566	0.13	0.0761	0.0534	0.0489	0.0513	0.0561	0.0653	0.0825	0.1113	0.1552	0.2162	0.2945	
GC K=1	RMSE	1.186	3.6127	0.325	0.2657	0.153	0.1044	0.226	0.0516	0.0487	0.0485	0.0494	0.0528	0.0598	0.0735	0.0985	0.1385	0.1967	0.2741	0.3709	
GC K=2	RMSE	0.547	0.258	0.3784	1.6549	0.152	0.049	0.0486	0.0484	0.0484	0.0484	0.0503	0.0561	0.0621	0.0645	0.0748	0.0966	0.1857	0.6094	3.9895	
GC K=3	RMSE	1.187	0.1435	0.1315	0.0496	0.0485	0.0483	0.0483	0.0482	0.0483	0.0484	0.052	0.0699	0.0726	0.0804	0.0874	0.1177	0.3003	1.6281	7.0293	
GC K=4	RMSE	0.494	0.1143	0.0501	0.0482	0.0481	0.0481	0.0481	0.0483	0.0485	0.0488	0.0519	0.0681	0.07125	0.09752	0.15199	0.5025	0.5351	0.5904	0.6598	
GC K=5	RMSE	0.606	1.3841	0.0942	0.0497	0.048	0.0483	0.0485	0.049	0.0495	0.0502	0.0874	0.1073	0.1109	0.139	0.2891	0.9147	11.263	16.862	21.426	
EC K=1	RMSE	3E+13	2E+13	4E+13	2E+13	4E+13	7E+13	1E+13	2E+13	1E+13	1E+13	1E+14	1E+13	7E+12	2E+13	2E+13	6E+13	1E+13	7E+12	1E+13	
EC K=2	RMSE	4E+12	1E+13	1E+13	6E+12	2E+13	6E+12	8E+13	3E+13	2E+13	3E+13	8E+13	5E+13	2E+13	6E+12	7E+13	2E+13	1E+13	3E+13	3E+13	
EC K=3	RMSE	3E+12	3E+13	9E+12	5E+13	1E+13	3E+13	8E+12	2E+13	1E+13	1E+13	9E+12	3E+13	3E+13	4E+13	9E+13	6E+13	7E+12	1E+13	7E+12	
EC K=4	RMSE	1E+13	5E+13	5E+13	3E+12	4E+12	2E+13	7E+12	6E+12	1E+13	5E+13	1E+14	3E+13	1E+13	2E+13	8E+13	2E+13	2E+13	1E+13	3E+13	
EC K=5	RMSE	3E+13	6E+12	2E+12	1E+13	1E+13	4E+12	8E+12	3E+13	8E+13	2E+12	9E+12	3E+13	3E+13	3E+13	2E+13	8E+12	2E+13	3E+13	1E+13	
	Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Gaussian	RMSE	2E+05	4867.4	203.04	3.6227	6.8312	3.4927	0.7357	0.4628	0.3757	0.6782	0.3514	0.0398	0.0411	0.0439	0.0491	0.0582	0.0734	0.0976	0.1343	
GC K=1	RMSE	1972	157.84	9.4936	12.947	0.6187	1.9582	0.8349	0.4426	0.4977	0.7026	0.0513	0.0401	0.042	0.046	0.0533	0.0661	0.0868	0.1188	0.1656	
GC K=2	RMSE	4.012	0.9517	1.0141	0.4311	8.5022	1.4685	0.4984	1.0147	0.1532	0.4278	0.0395	0.0407	0.044	0.09	3.627	0.4446	1.4847	0.7946	0.568	
GC K=3	RMSE	0.672	0.6885	0.3181	1.9543	0.9972	0.25	0.4629	0.2011	0.213	0.5289	0.0426	0.0679	0.203	0.0577	0.0571	0.0628	0.0715	0.0834	0.1106	
GC K=4	RMSE	1.633	0.343	0.3217	0.3019	0.3422	0.392	0.4951	0.2267	0.1327	0.0974	0.1051	2.3209	0.0676	0.0479	0.099	1.746	0.2226	0.223	0.5366	
GC K=5	RMSE	0.549	2.8615	0.1626	0.2918	0.4874	0.3002	0.4223	0.65	0.7997	1.5824	0.1432	0.2594	0.2352	0.1188	0.136	0.1648	0.205	0.258	0.3288	
EC K=1	RMSE	5E+13	1E+14	6E+13	4E+13	7E+13	8E+13	3E+13	2E+13	5E+13	1E+14	1E+14	4E+13	9E+12	2E+13	1E+13	3E+13	3E+12	2E+12	4E+13	
EC K=2	RMSE	3E+13	3E+13	1E+13	3E+13	6E+13	7E+13	5E+13	1E+14	2E+13	2E+13	3E+13	5E+13	2E+13	8E+12	7E+13	6E+12	2E+13	2E+13	7E+13	
EC K=3	RMSE	2E+12	7E+12	2E+13	2E+13	5E+13	2E+13	2E+13	3E+13	2E+13	1E+13	2E+13	1E+13	2E+13	2E+13	2E+13	1E+14	3E+12	2E+13	2E+13	
EC K=4	RMSE	2E+13	2E+13	3E+12	1E+13	2E+13	9E+12	6E+13	2E+14	1E+13	7E+13	8E+12	3E+13	8E+13	6E+12	1E+13	4E+14	1E+13	6E+12	3E+13	
EC K=5	RMSE	8E+11	7E+12	8E+12	9E+12	2E+13	4E+13	2E+13	1E+13	8E+11	1E+13	6E+13	6E+12	6E+13	1E+13	4E+13	3E+13	3E+13	3E+13	7E+12	
	Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Gaussian	RMSE	4E+06	21211	38818	24733	5107.4	12646	638.73	148.34	34.678	28.336	0.7963	1.0371	0.2504	0.823	0.1855	0.1328	0.2684	0.1559	0.2249	
GC K=1	RMSE	2E+05	110422	18870	1159.9	453.48	104.32	32.434	28.292	1.6624	16.212	0.4751	0.3823	0.3937	0.8373	0.3391	0.1404	0.1388	0.1591	0.2076	
GC K=2	RMSE	6970	60.297	29.572	8.7595	2.2943	0.5747	3.6601	0.3985	0.8996	1.1811	0.6011	0.3549	0.1833	1.4488	7.3158	500.01	351.48	851.36	349.54	
GC K=3	RMSE	522.4	58.83	4.037	23.042	0.749	0.8902	0.5722	0.2821	0.5826	0.6546	0.3105	1.0918	1.1274	0.4255	1.0832	1.3302	7.0583	30.166	3.0573	
GC K=4	RMSE	0.982	0.7898	1.073	0.5529	1.1162	0.8365	0.8924	0.3317	0.945	0.37	0.7814	0.5865	0.307	0.9125	0.751	0.3111	1.3185	2.7894	3.3542	
GC K=5	RMSE	4.688	0.3774	0.3542	1.6748	0.5643	1.2657	0.2392	0.5545	0.2559	0.5608	0.8273	0.6351	0.5494	3.1713	127.81	12.165	0.7107	0.4137	14.068	
EC K=1	RMSE	5E+13	3E+13	2E+13	1E+13	4E+13	2E+13	5E+13	5E+13	9E+12	1E+13	2E+13	1E+13	1E+12	5E+12	7E+12	6E+12	7E+11	3E+12	1E+13	
EC K=2	RMSE	8E+12	9E+12	3E+13	5E+13	3E+13	3E+12	5E+12	8E+12	7E+12	2E+13	1E+13	2E+13	5E+12	4E+12	5E+12	5E+13	5E+12	9E+11	2E+13	
EC K=3	RMSE	2E+13	2E+13	6E+12	4E+12	5E+12	7E+12	1E+13	1E+13	5E+12	2E+13	1E+13	3E+12	5E+12	4E+12	4E+12	4E+12	2E+13	2E+12	5E+12	
EC K=4	RMSE	3E+12	1E+13	5E+12	9E+12	6E+12	3E+12	3E+12	3E+12	5E+12	3E+12	5E+12	6E+12	4E+12	1E+13	1E+13	4E+12	2E+12	3E+12	7E+11	
EC K=5	RMSE	1E+13	3E+12	3E+12	3E+12	2E+12	6E+12	9E+12	2E+12	9E+11	5E+12	4E+12	9E+11	4E+12	1E+12	3E+12	2E+12	1E+12	9E+11	3E+13	
	Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Gaussian	RMSE	2E+07	4E+08	1E+08	3E+07	9E+06	3E+06	5E+06	1E+06	482801	241229	149.25	33.51	18.619	3.0597	8.9673	1.7857	4.0109	34.928	103.93	
GC K=1	RMSE	7E+06	1E+07	9E+06	1E+07	6E+06	253212	2E+06	49488	194652	6253.6	188.49	2.4882	0.7167	2.5441	12.959	0.8924	0.7333	3.8693	78.735	
GC K=2	RMSE	6E+06	652832	237788	17628	8679.8	597.28	6642.8	696.51	240.29	194.61	1.9217	2.0974	1.2384	1.7039	91.271	352.64	23258	27398	88140	
GC K=3	RMSE	54359	15164	13636	4245.8	1718.4	194.29	28.408	24.953	4.5051	10.729	0.6196	2.1256	0.9679	0.1691	0.8669	0.5083	11.364	61.689	4383.8	
GC K=4	RMSE	5748	106.97	191.39	108.3	23.689	7.0324	1.5663	2.3663	1.6689	0.798	0.8819	5.4198	0.8413	4.7988	0.7918	1.5286	21.357	232.45	3125.4	
GC K=5	RMSE	2019	15.496	5.2748	2.6131	5.3703	0.8142	0.8452	4.0248	1.0227	0.97	0.719	1.5365	1.7984	2.5318	11.115	211.58	2844.7	13285	7840.3	
EC K=1	RMSE	8E+12	4E+13	7E+12	3E+13	9E+12	1E+13	3E+13	2E+13	1E+13	8E+12	9E+12	9E+12	1E+13	6E+12	1E+13	4E+12	7E+12	1E+13	6E+12	
EC K=2	RMSE	1E+13	1E+13	8E+12	4E+13	2E+13	9E+12	1E+13	2E+13	1E+13	1E+13	1E+13	5E+12	1E+14	1E+13	8E					

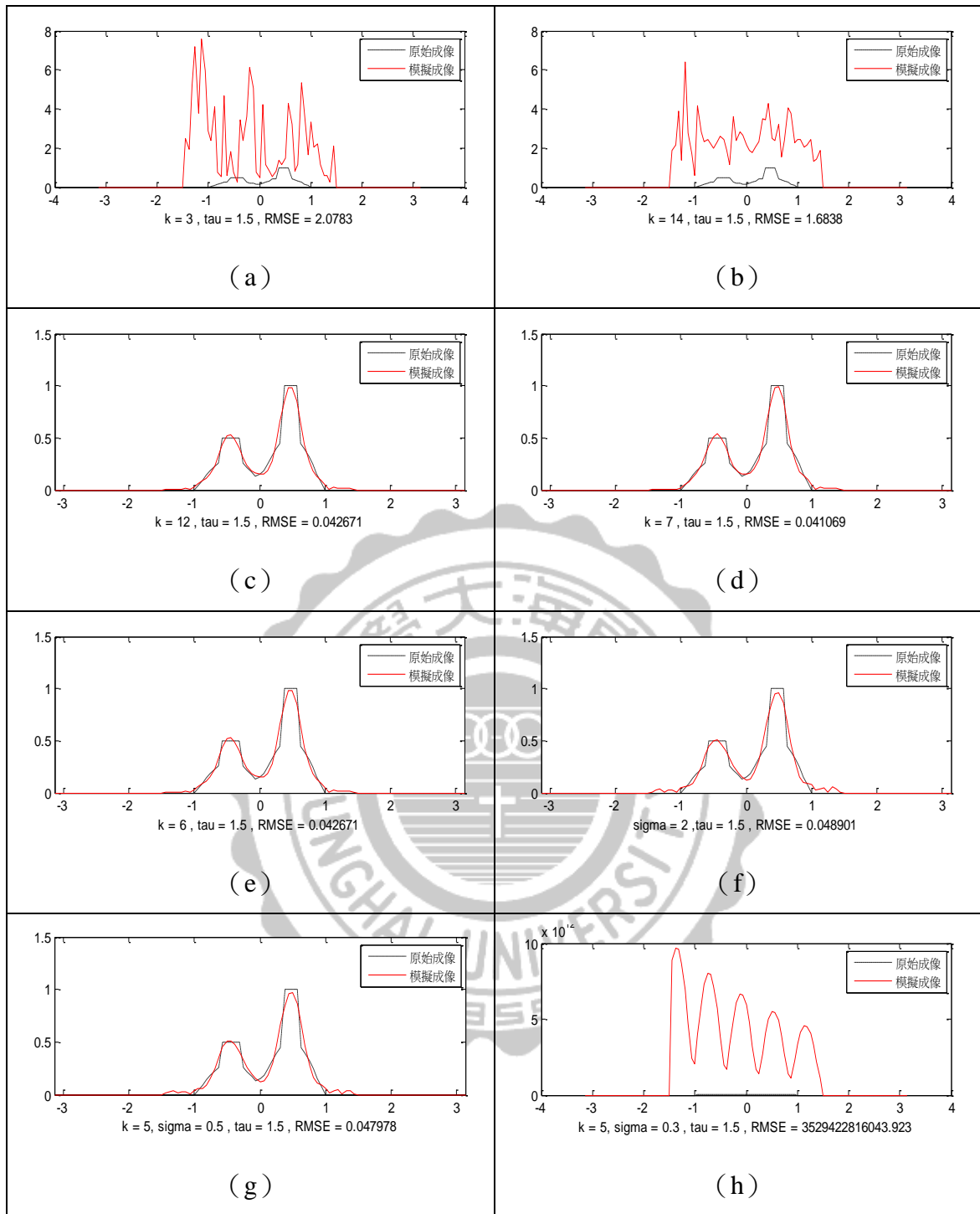


圖 3-35 原始物件 C ( $\tau=1.5$ ): 取樣 17 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。



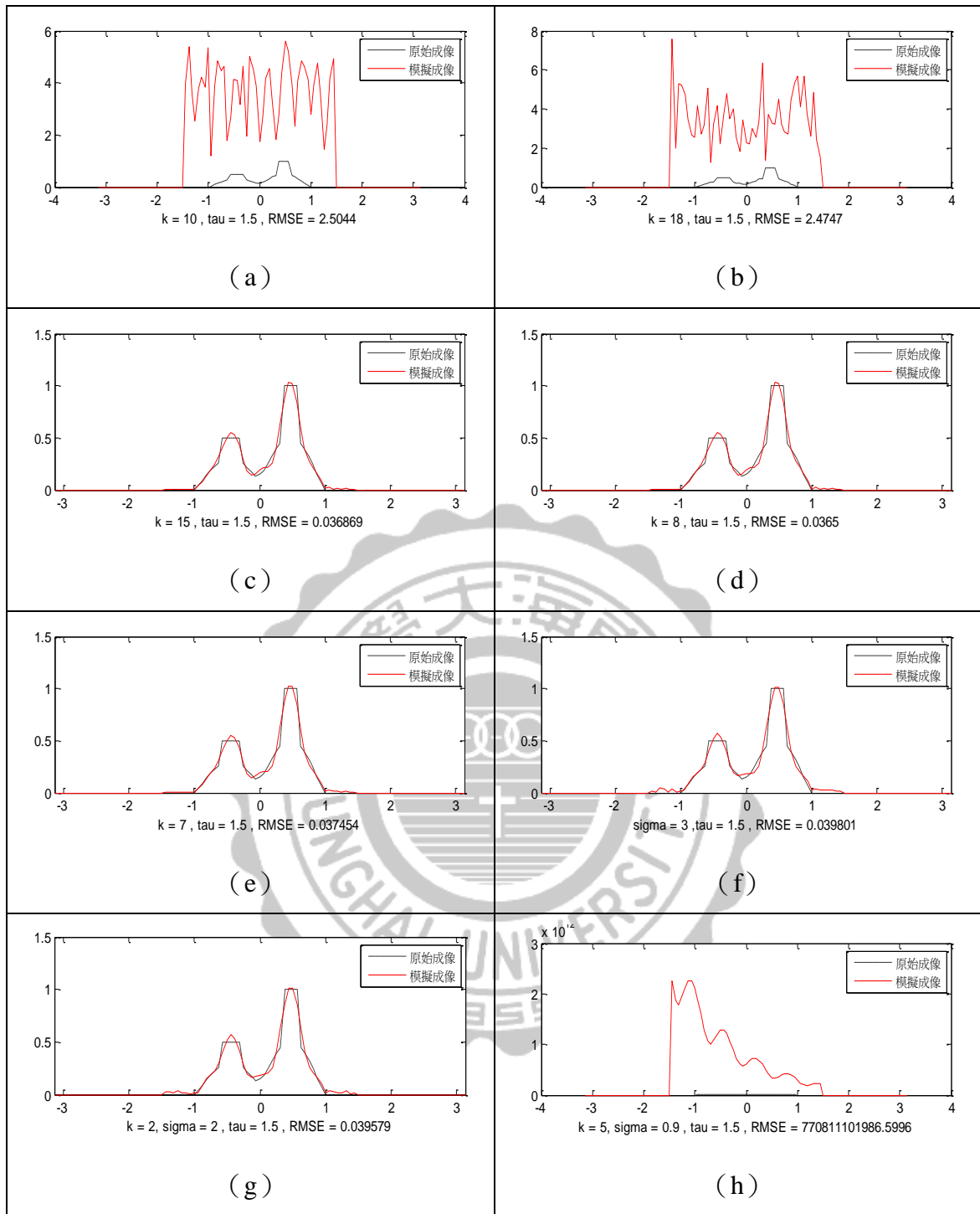


圖 3-36 原始物件  $C$  ( $\tau=1.5$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

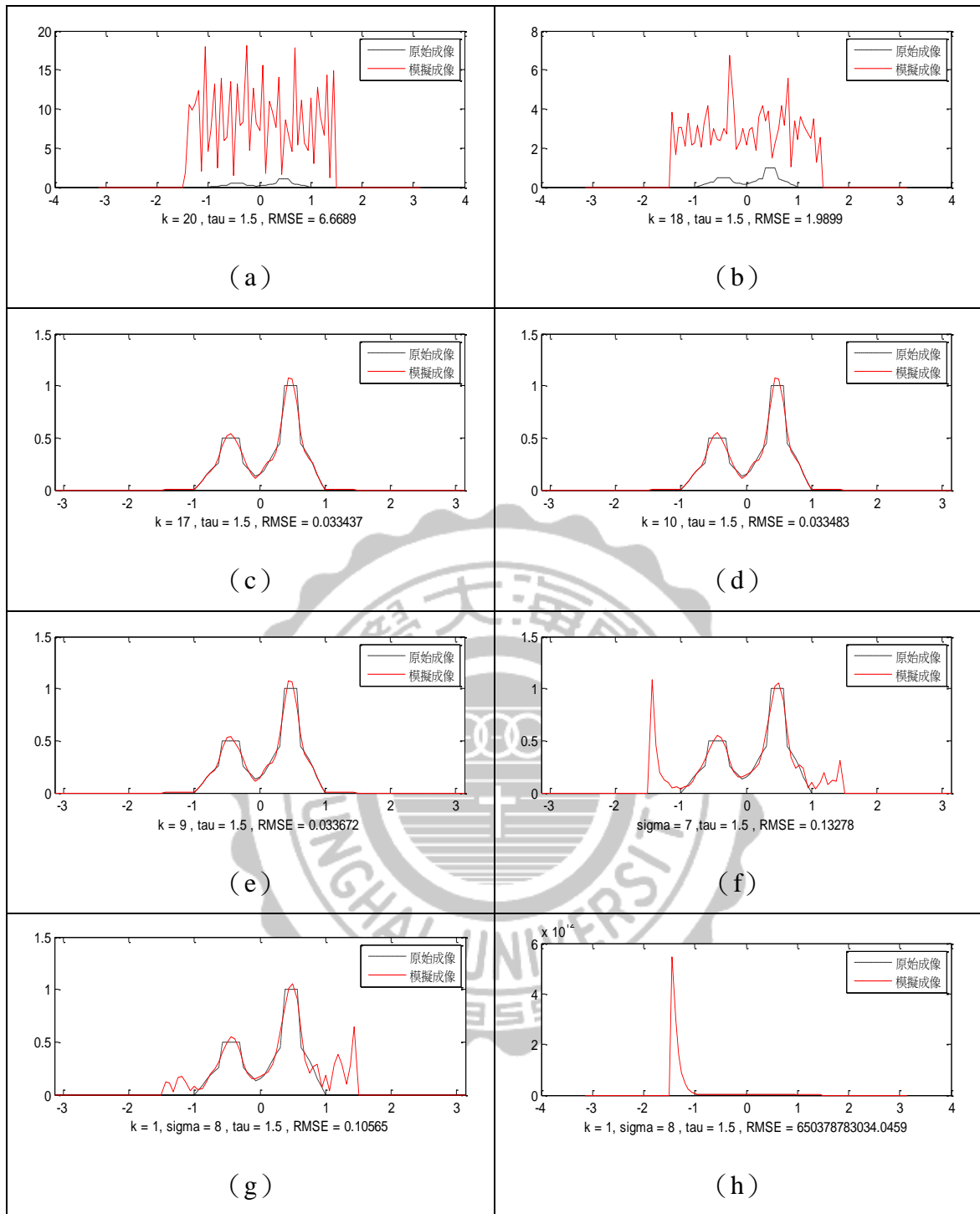


圖 3-37 原始物件  $C$  ( $\tau=1.5$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

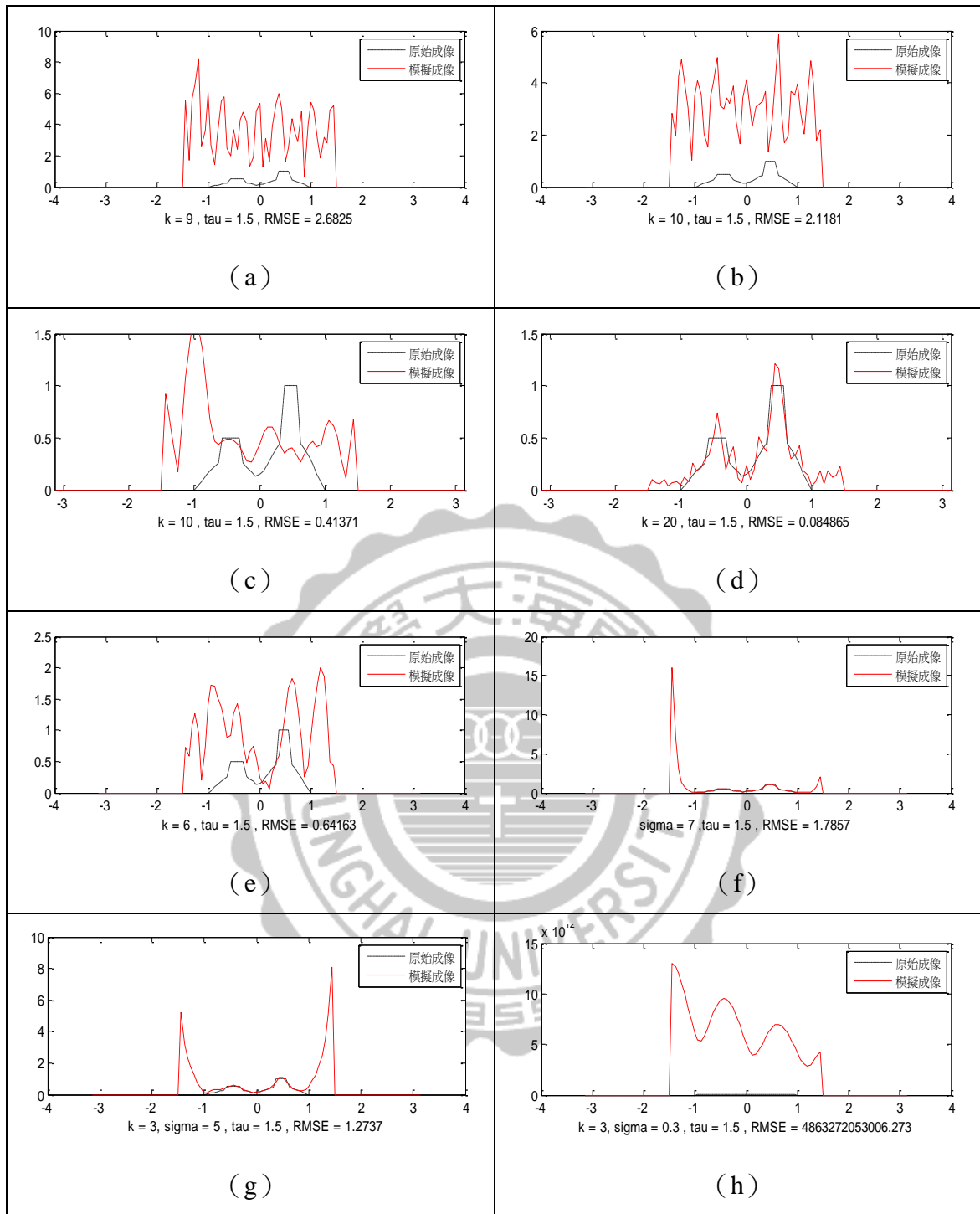


圖 3-38 原始物件 C ( $\tau=1.5$ ): 取樣 31 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

表 3- 11 原始物件 C (  $\tau = 1.9$  ) : RMSE 值比較表

		原始物件C																				
17點		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Cos	RMSE	31.54	27.446	13.165	37.916	23.72	4.4332	8.4919	35.917	18.764	9.0252	4.8707	5.3489	2.2414	9.2488	4.8655	21.462	38.32	5.8403	3.315	8.3116	
Sin	RMSE	12.59	3.0034	3.9019	33.135	7.9444	18.17	12.187	21.471	13.118	7.8252	4.7929	10.39	2.4316	12.492	11.569	15.367	44.477	8.3235	7.294	7.83	
Sinc	RMSE	78728	107.99	6.2416	0.2499	0.0563	0.0555	0.055	0.0548	0.0543	0.0545	0.0527	0.3083	1.1513	11.287	2.4932	7.9289	2.4293	4.6303	8.7353	26.909	
SS	RMSE	62.16	0.0898	0.0553	0.0549	0.0541	0.0536	0.0611	0.101	0.1025	0.0927	0.1246	0.3864	1.1582	264.49	2.4975	3.4866	2.6108	5.8834	9.6682	11.499	
CS	RMSE	99.75	0.1467	0.0555	0.0548	0.0545	0.3083	11.287	7.9289	4.6303	26.909	21.221	48.767	47.402	73.194	79.956	315.64	72.935	284.66	994.4	1904	
	Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Gaussian	RMSE	201.8	26.357	0.4792	0.3921	0.0878	0.0559	0.0556	0.0555	0.0554	0.0554	0.0557	0.0574	0.0614	0.0688	0.0816	0.1009	0.1276	0.1618	0.2032		
GC K=1	RMSE	234.8	0.1934	0.0945	0.0567	0.0557	0.0556	0.0554	0.0554	0.0553	0.0553	0.056	0.0586	0.0641	0.0743	0.0908	0.1146	0.1459	0.1848	0.2306		
GC K=2	RMSE	0.833	0.1317	0.0559	0.0556	0.0554	0.0553	0.0553	0.0552	0.0552	0.0552	0.0552	0.0566	0.0613	0.0722	0.0931	0.1249	0.1606	0.1982	0.2423	0.294	
GC K=3	RMSE	0.088	0.0557	0.0554	0.0553	0.0552	0.0551	0.0551	0.0552	0.0552	0.0553	0.058	0.0669	0.0719	0.3315	0.2485	0.2596	0.2888	0.3284	0.3758		
GC K=4	RMSE	0.056	0.0552	0.0551	0.055	0.055	0.055	0.0551	0.0552	0.0554	0.0556	0.0613	0.086	0.1134	0.1262	0.1397	0.1584	0.2057	0.3613	0.9342		
GC K=5	RMSE	0.055	0.0548	0.0548	0.0548	0.055	0.0551	0.0554	0.0557	0.0561	0.0566	0.076	3.9428	0.5581	0.4694	0.4741	0.4628	0.4452	0.4178	0.4124		
EC K=1	RMSE	1E+12	2E+12	2E+12	9E+11	7E+11	6E+11	6E+11	2E+12	8E+12	1E+13	1E+13	4E+12	4E+12	8E+11	4E+12	2E+12	2E+12	4E+11	2E+12		
EC K=2	RMSE	6E+11	5E+11	1E+12	2E+12	6E+11	8E+12	1E+12	1E+13	4E+12	4E+12	5E+12	1E+12	3E+11	8E+11	1E+13	2E+12	2E+11	1E+12	1E+12		
EC K=3	RMSE	6E+11	9E+10	5E+11	2E+11	2E+11	3E+11	6E+11	3E+11	2E+12	6E+11	2E+12	9E+11	1E+12	5E+11	4E+11	3E+11	1E+12	1E+12	6E+11		
EC K=4	RMSE	2E+11	2E+11	6E+11	8E+11	2E+12	9E+11	2E+12	9E+10	3E+12	3E+10	2E+11	1E+12	2E+12	1E+12	1E+12	2E+11	1E+11	4E+12	1E+12		
EC K=5	RMSE	3E+11	2E+11	5E+10	4E+11	1E+11	1E+12	3E+11	4E+10	2E+11	3E+11	2E+11	1E+12	2E+11	8E+11	4E+11	1E+12	1E+12	1E+12	3E+11		
	Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Gaussian	RMSE	2E+06	44090	352.02	129.06	166.24	17.436	0.9816	0.3779	0.219	0.2081	0.0496	0.0504	0.0524	0.056	0.0626	0.0745	0.094	0.1229	0.1621		
GC K=1	RMSE	2E+05	233.85	32.328	15.646	0.482	0.7487	0.3618	0.6241	0.0693	0.0524	0.0496	0.0509	0.0536	0.0584	0.0674	0.0831	0.1077	0.1424	0.1879		
GC K=2	RMSE	145.8	0.7533	0.3064	0.1601	0.7035	0.3895	0.0567	0.0506	0.0501	0.0499	0.0497	0.0518	0.056	0.0648	0.0823	0.1133	0.1677	0.2864	0.6011		
GC K=3	RMSE	0.349	1.4466	0.3409	0.3047	0.053	0.0505	0.05	0.0498	0.0496	0.0495	0.0501	0.0532	0.0603	0.077	0.1069	0.1337	0.1634	0.1984	0.2379		
GC K=4	RMSE	1.471	0.0978	0.18	0.0506	0.05	0.0497	0.0495	0.0493	0.0493	0.0492	0.0508	0.056	0.0704	0.0942	0.1094	0.1447	0.2355	0.5113	1.8714		
GC K=5	RMSE	0.604	0.1394	0.0509	0.0495	0.0493	0.0491	0.049	0.049	0.0491	0.0491	0.0524	0.0624	0.0776	0.04121	0.366	0.383	0.4144	0.4509	0.4922		
EC K=1	RMSE	1E+12	1E+13	5E+12	4E+12	6E+12	4E+12	5E+12	3E+13	5E+13	2E+12	4E+12	5E+12	3E+12	2E+12	2E+12	7E+12	3E+12	1E+13	4E+11		
EC K=2	RMSE	7E+12	1E+12	7E+12	3E+12	7E+12	3E+12	3E+12	2E+12	3E+12	4E+12	2E+13	5E+12	2E+12	1E+12	6E+12	2E+13	2E+12	4E+12	1E+12		
EC K=3	RMSE	1E+12	3E+11	6E+12	3E+12	2E+12	2E+12	5E+12	2E+12	8E+11	1E+12	5E+12	6E+12	4E+12	2E+12	2E+12	1E+13	1E+13	3E+13	2E+12		
EC K=4	RMSE	8E+11	2E+12	5E+12	9E+11	8E+11	3E+12	2E+12	4E+12	4E+12	6E+12	1E+13	2E+12	1E+12	2E+12	2E+12	4E+12	4E+12	1E+13	8E+11		
EC K=5	RMSE	3E+11	1E+12	2E+12	8E+11	5E+11	2E+12	4E+12	2E+12	5E+11	1E+12	3E+12	1E+12	5E+12	9E+11	5E+12	5E+12	9E+11	5E+12	5E+12		
	Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Gaussian	RMSE	6E+06	1E+07	1E+06	69284	14990	7998	739.25	112.74	143.91	104.06	0.1008	0.0413	0.0425	0.0446	0.0481	0.0532	0.0606	0.0706	0.0836		
GC K=1	RMSE	3E+07	4E+06	36047	1351.1	4305.1	351.25	47.266	7.1719	22.632	3.5547	0.0421	0.0416	0.0431	0.0458	0.05	0.0563	0.0651	0.0768	0.0918		
GC K=2	RMSE	83919	1485.7	575.94	113.89	7.0595	1.241	0.6238	0.3652	0.3573	0.1883	0.041	0.0419	0.0441	0.048	0.0544	0.064	0.0774	0.0952	0.119		
GC K=3	RMSE	938.4	210.56	4.5563	0.8898	0.6407	0.3595	0.3118	0.2736	0.2109	0.1326	0.0411	0.0425	0.0456	0.0513	0.0607	0.2214	0.7489	0.9098	0.1013		
GC K=4	RMSE	26.67	0.999	0.3187	0.3007	0.5473	1.6303	0.3599	0.1192	0.0536	0.0437	0.0412	0.0434	0.048	0.0565	0.071	0.0909	0.1411	0.3118	1.4611		
GC K=5	RMSE	1.585	0.6116	0.3648	1.117	0.1079	0.1162	0.0772	0.0419	0.0408	0.0407	0.0416	0.045	0.0524	0.0979	0.1857	0.1673	0.1716	0.1837	0.1995		
EC K=1	RMSE	9E+11	5E+11	6E+11	9E+11	6E+11	1E+12	8E+11	1E+12	8E+11	4E+11	1E+12	7E+11	3E+11	2E+11	3E+11	1E+12	3E+12	3E+13	1E+12		
EC K=2	RMSE	2E+12	5E+11	1E+12	2E+12	1E+13	9E+11	3E+12	2E+12	4E+11	2E+11	7E+11	2E+12	3E+11	1E+12	8E+11	3E+11	2E+12	4E+12	5E+12		
EC K=3	RMSE	3E+12	2E+11	4E+11	5E+11	2E+12	4E+11	1E+12	7E+11	2E+12	7E+11	2E+12	3E+12	7E+11	1E+11	2E+11	4E+12	7E+12	1E+12	4E+12		
EC K=4	RMSE	4E+11	7E+11	1E+12	2E+11	2E+11	2E+11	2E+12	5E+11	3E+11	8E+11	9E+11	2E+11	1E+12	2E+11	2E+11	1E+13	2E+12	6E+12	2E+12		
EC K=5	RMSE	6E+10	1E+11	3E+11	2E+11	4E+11	2E+11	5E+11	3E+11	1E+11	5E+11	8E+11	2E+11	6E+11	2E+11	4E+11	9E+12	3E+12	1E+12	3E+12		
	Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Gaussian	RMSE	2E+08	1E+08	2E+09	1E+09	5E+08	3E+08	4E+07	1E+07	3E+06	2E+06	496.63	4.2342	0.1793	0.2537	0.0502	0.0456	0.0529	0.0627	0.0852		
GC K=1	RMSE	1E+08	2E+08	8E+08	8E+08	9E+07	2E+07	695353	817625	532441	154276	161.38	0.9552	0.1362	0.0429	0.0461	0.0474	0.0582	0.0741	0.1064		
GC K=2	RMSE	8E+07	8E+07	8E+06	710823	166643	64469	22223	1785.3	393.91	1307.7	0.8775	0.6295	0.0552	0.0386	0.0404	0.0525	0.0778	0.2366	1.225		
GC K=3	RMSE	8E+06	3E+06	582823	29442	4353.7	7638.1	126.88	153.84	27.425	3.1536	0.2893	0.2876	0.0482	0.1039	1.6607	20.324	229.53	1436.8	12574		
GC K=4	RMSE	2E+05	76720	5330.6	1141.3	182.73	52.597	6.9227	0.7382	12.239	1.324	0.3193	0.1103	0.2619	0.1996	0.5436	2.9036	2594.7	2686.5	933.28		
GC K=5	RMSE	28911	140.35	45.63	9.9175	2.2039	2.4805	0.272	0.8652	0.3794	0.2447	0.2313	0.2539	0.4989	0.3947	1.6795	1.2533	54.282	8.5127	24.882		
EC K=1	RMSE	1E+13	3E+12	3E+12	2E+13	3E+13	9E+12	2E+13	8E+12	1E+14	1E+14	6E+12	3E+12	1E+13	4E+13	7E+12	2E+13	1E+12	2E+13	8E+12		
EC K=2	RMSE	1E+13	6E+12	2E+13	2E+13	7E+12	1E+13	8E+12	1E+13	4E+12	2E+13	2E+13	3E+13	1E+13</								

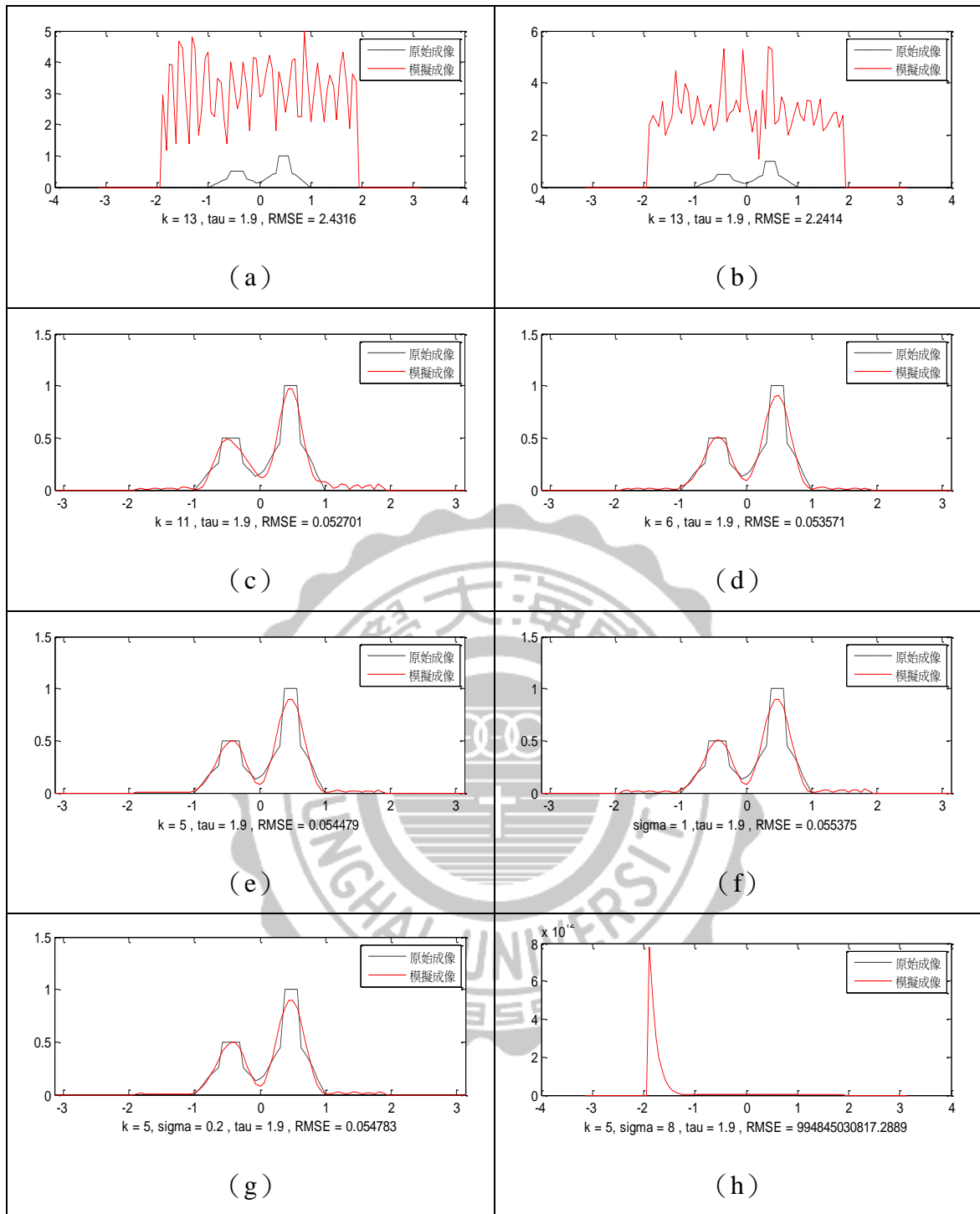


圖 3-39 原始物件 C ( $\tau=1.9$ ): 取樣 17 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

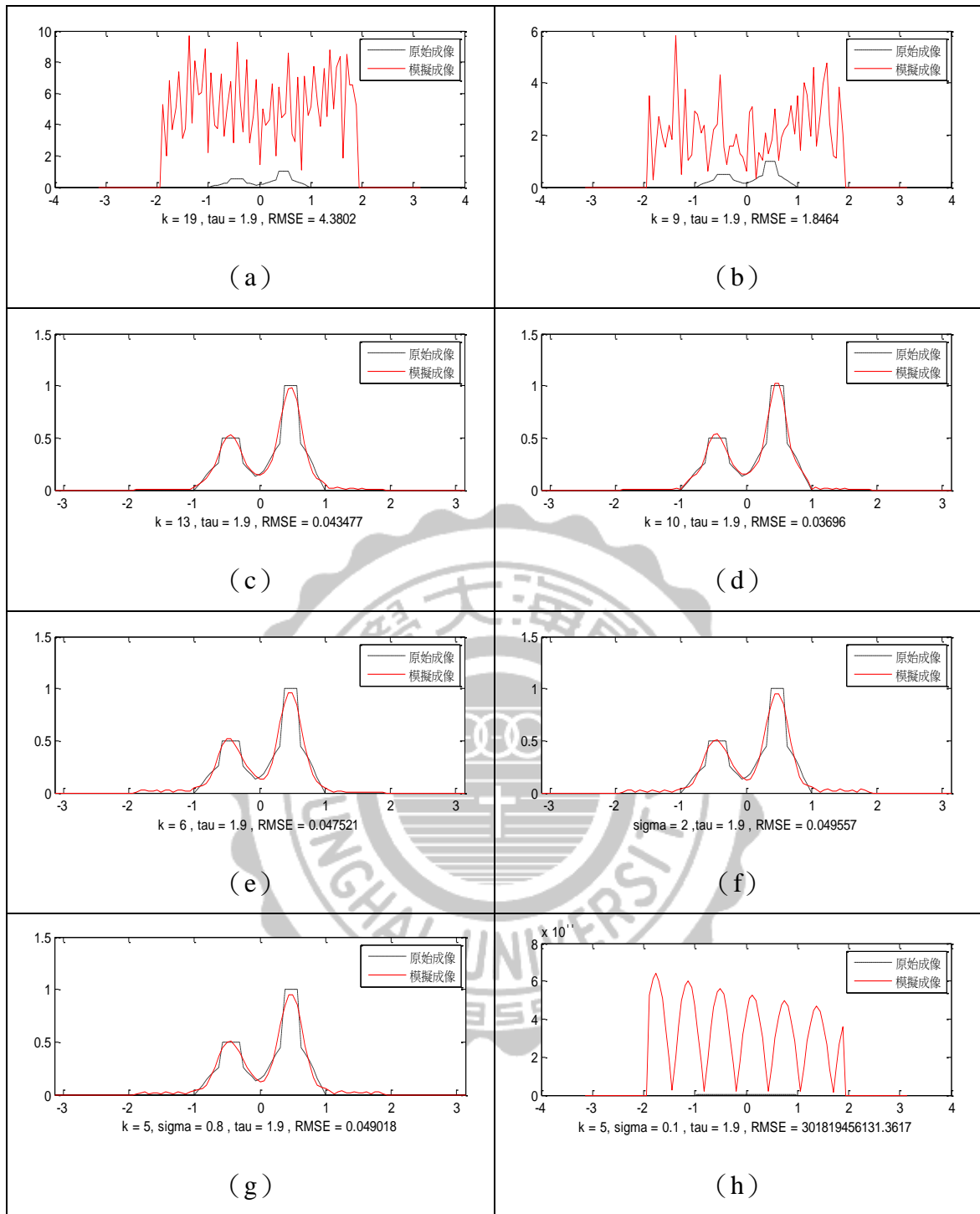


圖 3-40 原始物件 C ( $\tau=1.9$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

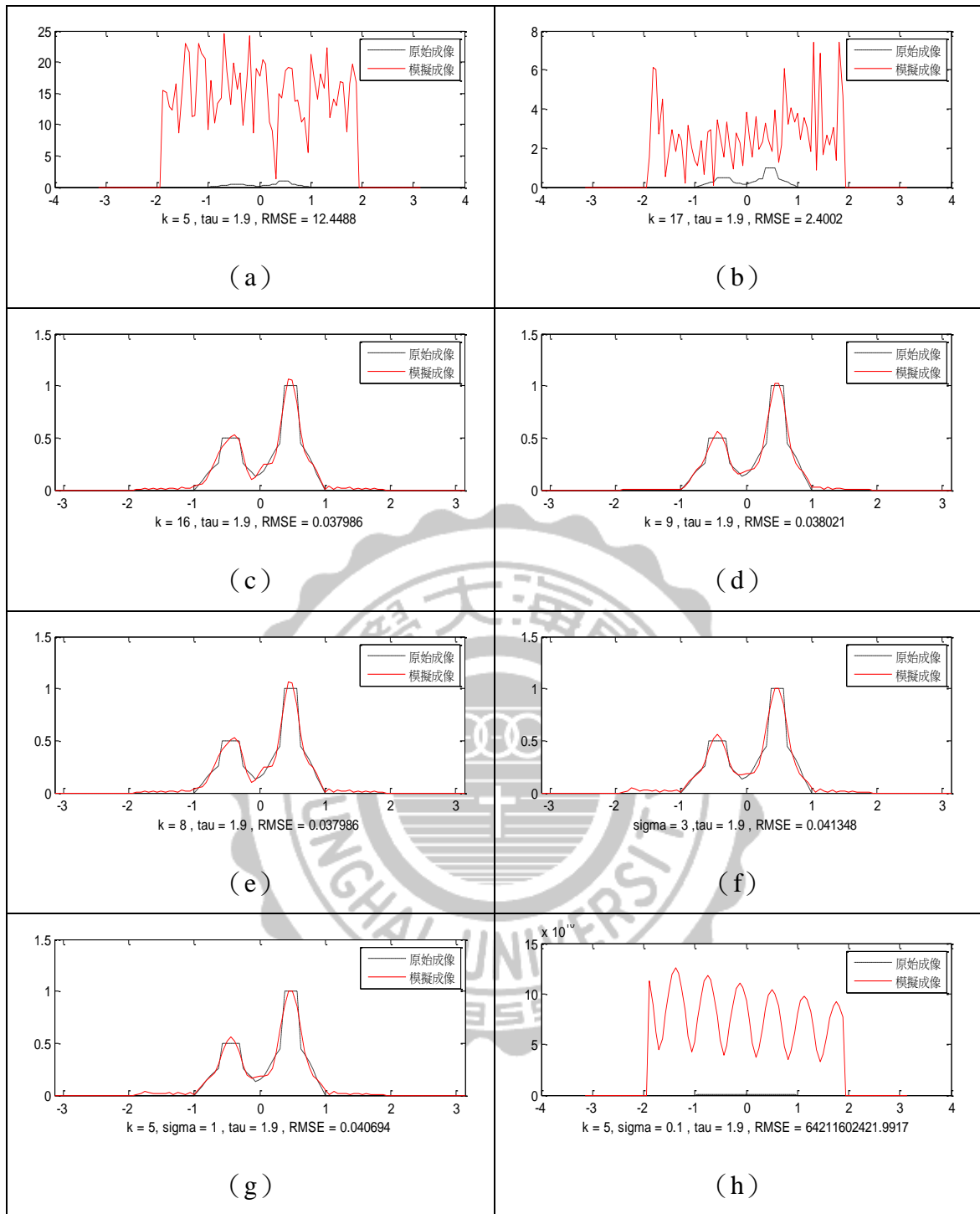


圖 3-41 原始物件 C ( $\tau=1.9$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

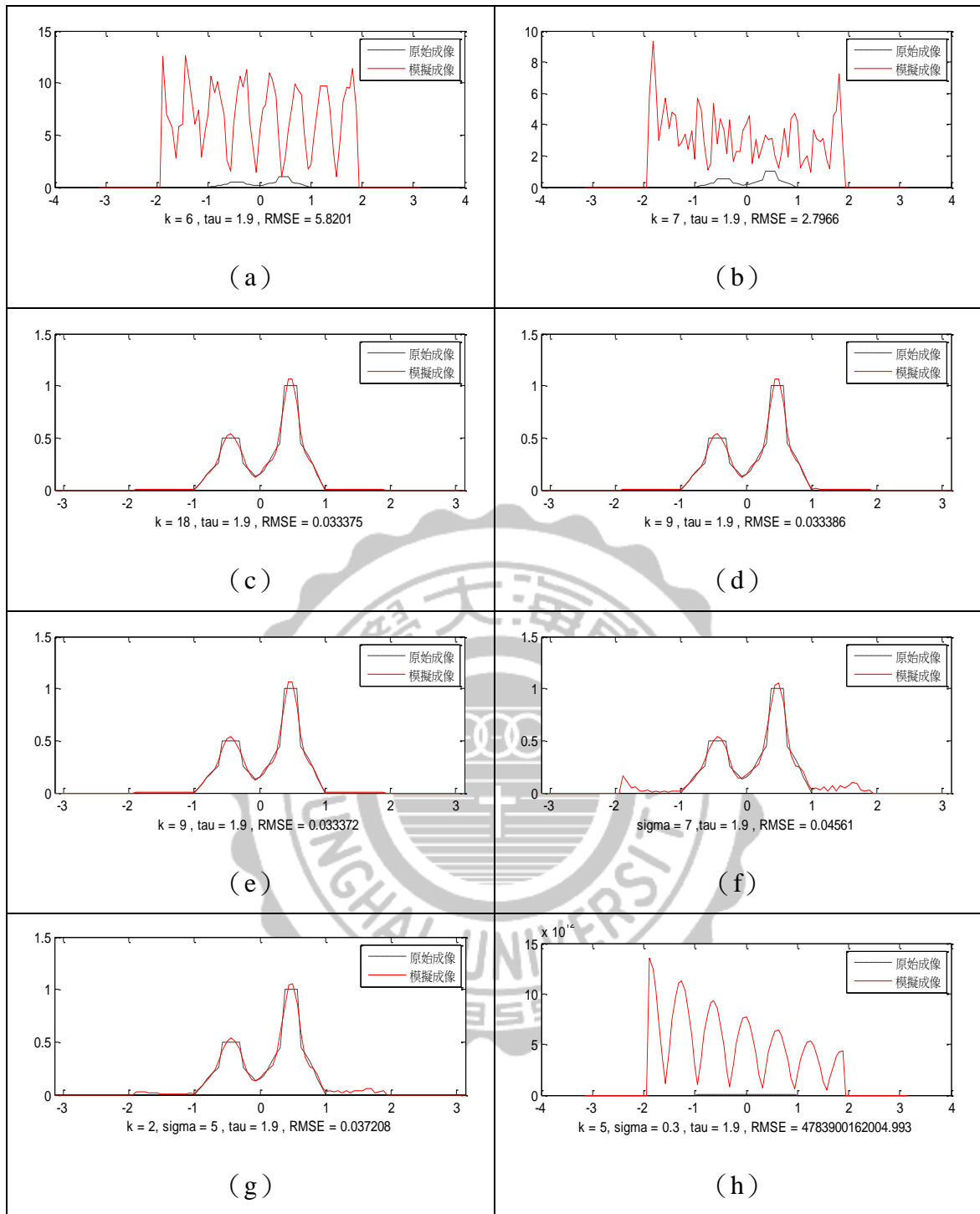


圖 3-42 原始物件 C ( $\tau=1.9$ ): 取樣 31 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。



表 3-12 原始物件 C ( $\tau=3.1$ ): EC 函數 RMSE 值比較表

		原始物件C																		
17點		Sigma=0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EC K=1	RMSE	0.072386	0.0724	0.0724	0.0724	0.0725	0.0725	0.0726	0.0727	0.0728	0.0729	0.0745	0.0775	0.0821	0.0886	0.097	0.1069	0.1182	0.1302	0.1427
EC K=2	RMSE	0.070086	0.0701	0.0701	0.0702	0.0702	0.0703	0.0704	0.0704	0.0705	0.0707	0.0727	0.0765	0.0822	0.0897	0.0989	0.1095	0.1211	0.1332	0.146
EC K=3	RMSE	0.067948	0.068	0.068	0.068	0.0681	0.0682	0.0683	0.0684	0.0686	0.0687	0.0715	0.0764	0.0836	0.0926	0.1029	0.1141	0.1261	0.1387	0.1516
EC K=4	RMSE	0.06448	0.0645	0.0646	0.0646	0.0647	0.0649	0.065	0.0652	0.0654	0.0656	0.0696	0.0767	0.0863	0.0974	0.1093	0.1217	0.1343	0.1472	0.1602
EC K=5	RMSE	0.065609	0.0656	0.0657	0.0658	0.066	0.0661	0.0664	0.0666	0.0669	0.0672	0.0728	0.0823	0.0944	0.1074	0.1207	0.1338	0.1467	0.1595	0.1721
21點		Sigma=0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EC K=1	RMSE	0.07462	0.0746	0.0747	0.0747	0.0748	0.0749	0.075	0.0751	0.0752	0.0753	0.0771	0.0801	0.0841	0.0891	0.0952	0.1021	0.1099	0.1182	0.127
EC K=2	RMSE	0.072697	0.0727	0.0728	0.0728	0.0729	0.073	0.0731	0.0732	0.0733	0.0735	0.0758	0.0793	0.0839	0.0895	0.0961	0.1035	0.1116	0.1201	0.1291
EC K=3	RMSE	0.071103	0.0711	0.0712	0.0712	0.0713	0.0714	0.0715	0.0717	0.0718	0.072	0.0747	0.0789	0.0843	0.0908	0.0981	0.1062	0.1147	0.1236	0.1326
EC K=4	RMSE	0.068885	0.0689	0.069	0.0691	0.0692	0.0693	0.0694	0.0696	0.0698	0.07	0.0733	0.0785	0.0852	0.093	0.1014	0.1102	0.1193	0.1285	0.1378
EC K=5	RMSE	0.068702	0.0687	0.0688	0.0689	0.069	0.0692	0.0693	0.0696	0.0698	0.07	0.074	0.0803	0.0882	0.0971	0.1066	0.1164	0.1261	0.1358	0.1453
25點		Sigma=0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EC K=1	RMSE	0.047157	0.0472	0.0472	0.0472	0.0472	0.0472	0.0472	0.0472	0.0473	0.0473	0.0478	0.0487	0.0504	0.0532	0.0571	0.0624	0.0689	0.0766	0.0852
EC K=2	RMSE	0.046859	0.0469	0.0469	0.0469	0.0469	0.0469	0.0469	0.0469	0.047	0.047	0.0474	0.0485	0.0503	0.0533	0.0576	0.0631	0.0699	0.0778	0.0866
EC K=3	RMSE	0.046943	0.0469	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.0475	0.0485	0.0506	0.0539	0.0586	0.0646	0.0718	0.0801	0.0892
EC K=4	RMSE	0.047787	0.0478	0.0478	0.0478	0.0478	0.0478	0.0478	0.0478	0.0478	0.0479	0.0482	0.0494	0.0516	0.0554	0.0605	0.0671	0.0749	0.0836	0.0931
EC K=5	RMSE	0.049721	0.0497	0.0497	0.0497	0.0497	0.0498	0.0498	0.0498	0.0498	0.0502	0.0515	0.0541	0.0582	0.064	0.0712	0.0795	0.0887	0.0985	
31點		Sigma=0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EC K=1	RMSE	0.051771	0.0518	0.0518	0.0518	0.0518	0.0518	0.0518	0.0518	0.0518	0.0518	0.0518	0.0519	0.0521	0.0525	0.0532	0.0543	0.0557	0.0576	0.06
EC K=2	RMSE	0.051392	0.0514	0.0514	0.0514	0.0514	0.0514	0.0514	0.0514	0.0514	0.0514	0.0514	0.0515	0.0518	0.0523	0.0531	0.0542	0.0558	0.0578	0.0604
EC K=3	RMSE	0.050788	0.0508	0.0508	0.0508	0.0508	0.0508	0.0508	0.0508	0.0508	0.0508	0.0508	0.0509	0.0513	0.0519	0.0528	0.0542	0.056	0.0582	0.061
EC K=4	RMSE	0.050076	0.0501	0.0501	0.0501	0.0501	0.0501	0.0501	0.0501	0.0501	0.0501	0.0501	0.0503	0.0508	0.0516	0.0527	0.0543	0.0564	0.059	0.062
EC K=5	RMSE	0.049365	0.0494	0.0494	0.0494	0.0494	0.0494	0.0494	0.0494	0.0494	0.0494	0.0495	0.0498	0.0504	0.0514	0.0529	0.0548	0.0573	0.0602	0.0636

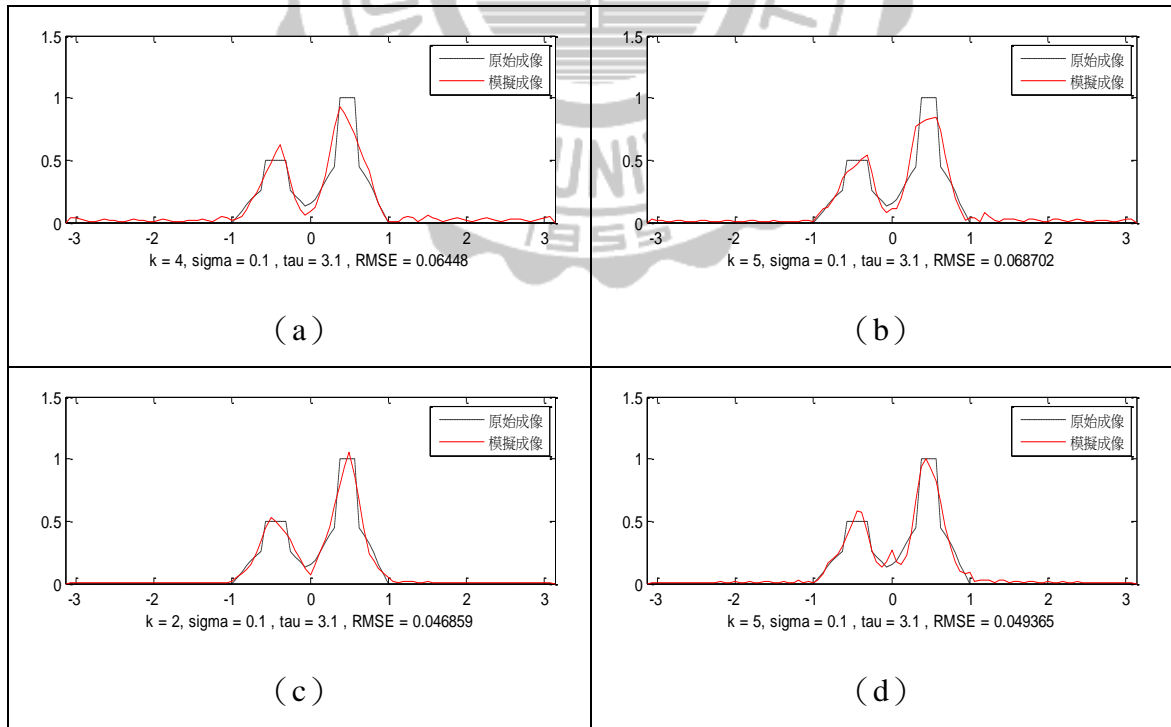


圖 3-43 原始物件 C ( $\tau=3.1$ ): EC 函數取樣最佳成像圖 (a) 取樣 17 點, (b) 取樣 21 點, (c) 取樣 25 點, (d) 取樣 31 點。

將原始物件 C 傅立葉轉換後取樣，並用各種不同的基底函數進行影像重建，分別依照  $\tau$  值的不同，進行綜合展示於表 3-9~3-11，其中由於 EC 函數  $\tau$  值的選擇與其它函數有所差異，故將其獨立於表 3-12 分析如下：

#### 一、基底函數小結：

(一) 正弦、餘弦函數、餘弦函數，影像重建效果相當差，所以在此不予討論。

(二) 以辛克函數而言，良好的成像會集中於某一區塊，且當取樣點數愈多時， $k$  值的選取將越取越大。

(三) SS 函數，是辛克函數的變形，影像重建的效果如用 RMSE 值比較，可發現與辛克函數成像不相上下，且同樣具有辛克函數的特性，當取樣點數愈多時， $k$  值的選取也要越取越大。

(四) CS 函數，是餘弦週期性函數結合辛克函數的變形，在影像重建的效果上，成像效果與辛克函數類似，由於受週期性函數的影響，其差距在最佳成像圖 3-31~3-43 上，用肉眼無法明確分辨出成像差異。以 CS 函數而言，良好的成像區塊範圍較窄，且當取樣點數增多時， $k$  值的選取也要越取越大。

(五) 高斯函數與 GC 函數，RMSE 值 $<0.05$  的區塊範圍較上述其它函數更為寬廣，更容易取得良好的成像。以 GC 函數而言， $k$  值選取與取樣點數多寡成正比，但  $k > 5$  以上，成像不佳； $\sigma$  值的選取也與取樣點數多寡成正比。

(六) EC 函數是指數函數與週期性函數的結合， $\tau$  值的選取與其它函數不同，估測原始物件位置範圍越寬越好；且取樣點數增加，良好成像區塊範圍會越來越大，但其最佳成像還是較其它函數成像略遜，取樣點數越多越好（見表 3-12）。

#### 二、綜合比較-表 3-9~3-11（辛克函數、SS 函數、CS 函數、高斯函數、GC 函數）：

(一) 原始物件 C 影像寬度範圍界於 $[-1;1]$ 之間範圍偏小，取樣點數越少越好。

(二)  $\tau$  值選擇方面，越接近原始物件，成像效果越好；當取樣點數越多時， $\tau$  值的選擇須適當的增加，才能重建出接近原始物件的影像。

(三) 對影像原始物件 C 重建而言，由於該圖形在山峰處具有兩個方形的訊號，

且其山峰比例較原始物件 B 略小，故這兩個訊號點在影像重建上有一定的難度，故成像不夠精確，但本研究所使用的基底函數也已經可以重建出相似度極高的原始成像，能看出原始物件上有兩方形突起物。



#### 肆、以取樣點數作區分-原始物件 D

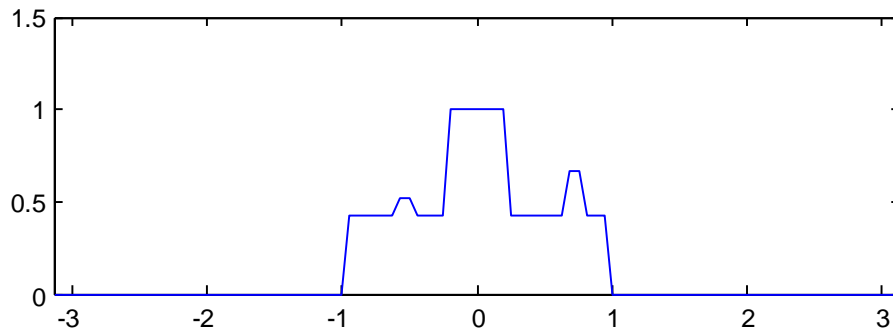


圖 3-44 原始物件 D (城堡圖形)

圖 3-44 原始物件 D 是本論文研究模擬的第四個原始影像物件，影像物件寬度範圍界於[-1;1]之間，形狀類似於城堡，常使用於模擬影像重建上，是屬於影像模擬中城堡圖形。

由於原始物件 D 相較於本論文其它物件其範圍[-1;1]偏小，利用不同基底函數進行反轉換時，因為基底函數的不同，會產生不同的成像與 RMSE 值，本研究利用 RMSE 值進行各種不同基底函數成像上的比較與分析，並以數據的方式呈現，當 RMSE 值 $<0.05$  時，成像效果最佳，使用紅色表示；RMSE 值界於 0.05 至 0.1 之間，使用黃色表示；RMSE 值界於 0.1 至 1 之間，使用綠色表示；RMSE 值 $>1$ ，成像效果極差，使用藍色表示。如表 3-13~3-16。其中各種不同的基底又依照取樣點數的不同進行分類，將各基底函數所產生的最佳成像用如圖 3-45~3-57 加以呈現。

表 3-13 原始物件 D ( $\tau=1.1$ ): RMSE 值比較表

原始物件D																					
17點		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cos	RMSE	19.43	18.408	2.5957	22.695	10.582	9.2757	3.9984	15.963	13.296	2.7662	20.177	6.1073	5.4474	8.7188	13.044	14.993	5.5628	21.873	9.3248	4.7651
Sin	RMSE	6.796	3.5733	8.5822	13.19	5.8807	9.7744	3.5862	23.281	2.2561	3.2793	16.908	6.8801	15.359	4.0017	2.6321	4.8769	228.29	4.9426	23.71	12.401
Sinc	RMSE	14.03	1.1783	0.7609	0.2894	0.1949	1.2771	0.2903	0.114	0.0659	0.0609	0.0529	0.0538	0.0584	0.0576	0.0621	9.4885	0.0674	0.0556	3.7075	6.9399
SS	RMSE	2.287	0.6153	0.2951	0.2534	0.0708	0.0528	0.1388	0.0584	0.0613	0.096	0.1092	0.0628	0.1048	0.0434	0.0578	5.341	0.0607	1.5691	13.518	21.473
CS	RMSE	1.677	0.2623	0.2247	0.1171	0.0721	0.0538	0.0576	11.597	0.0556	6.9399	10.73	3.4386	17.498	109.6	300.16	138.55	897.47	5934.6	3010.4	1836.5
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	9.724	0.396	1.2764	0.9539	1.1298	2.3408	0.9533	1.2854	1.5625	0.6326	0.0689	0.0507	0.0504	0.0508	0.0521	0.0543	0.057	0.0596	0.0615	
GC K=1	RMSE	2.154	6.0342	0.3011	0.9297	0.3587	1.7446	0.4134	0.369	0.467	0.398	0.0522	0.0505	0.0505	0.0516	0.0535	0.0557	0.058	0.0603	0.062	
GC K=2	RMSE	0.312	1.8063	0.352	0.3186	0.4289	0.4135	2.9789	0.2631	0.3225	0.9711	0.0656	0.153	0.051	0.0506	0.0516	0.0532	0.0551	0.0572	0.0594	
GC K=3	RMSE	0.486	2.1537	0.2909	0.2303	0.82	0.2591	0.1939	0.8273	0.2164	0.3254	0.2507	0.0646	0.0504	0.0512	0.0523	0.054	0.0567	0.0604	0.0658	
GC K=4	RMSE	0.362	0.2899	0.285	0.3051	0.3317	1.06	0.5297	0.57	0.5871	1.5472	0.6343	0.0526	0.0503	0.0493	0.05	0.0521	0.0557	0.0629	0.0767	
GC K=5	RMSE	0.392	0.3996	0.2508	1.151	2.1966	0.1472	0.4713	0.4994	0.7539	0.2357	0.1435	0.0575	0.0552	0.0562	0.0587	0.0648	0.0947	0.0569	0.8787	
EC K=1	RMSE	2E+12	4E+12	2E+12	5E+12	7E+12	7E+12	2E+12	3E+12	7E+12	6E+12	1E+13	4E+12	2E+12	2E+12	2E+12	3E+12	6E+12	1E+13	2E+13	
EC K=2	RMSE	4E+12	4E+12	1E+13	6E+12	2E+13	4E+12	9E+12	8E+12	4E+12	1E+13	2E+13	5E+12	3E+12	2E+13	2E+12	9E+11	5E+11	1E+13	7E+12	
EC K=3	RMSE	2E+12	1E+12	4E+12	1E+13	2E+12	1E+13	1E+13	1E+13	2E+13	5E+12	9E+12	2E+13	2E+12	1E+13	9E+12	6E+12	3E+12	4E+12	2E+12	
EC K=4	RMSE	9E+11	4E+12	3E+12	7E+11	2E+13	9E+12	3E+12	3E+12	6E+12	8E+12	7E+12	4E+12	5E+12	7E+12	8E+12	3E+12	2E+12	1E+13	8E+12	
EC K=5	RMSE	1E+12	1E+12	2E+12	1E+11	3E+12	2E+12	1E+12	2E+12	5E+12	4E+12	4E+12	3E+12	3E+12	1E+13	8E+12	4E+12	2E+12	7E+12	6E+12	
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	855.4	1415.5	20.309	13.552	2.8813	1.6608	1.1901	0.8641	4.2385	0.4689	1.9819	1.1828	0.9197	1.5213	0.4052	0.6772	1.4909	0.9033	0.3434	
GC K=1	RMSE	713.4	129.89	7.1858	2.3748	2.2069	1.0675	1.2416	2.7432	2.2236	1.6828	0.4315	1.1907	0.5005	0.3804	0.7588	0.4136	0.4391	1.8033	1.8834	
GC K=2	RMSE	0.613	0.6031	1.377	1.6413	0.7584	0.5229	2.144	0.3278	0.7184	0.4094	0.2795	0.9833	0.5423	0.8185	1.4152	1.35	0.5108	1.6608	3.9446	
GC K=3	RMSE	3.308	1.1677	2.7378	0.8646	0.4323	0.7654	5.9016	0.7354	0.8203	0.661	2.3575	0.4549	0.4648	1.1009	0.8104	1.6605	0.7468	0.2435	4.3614	
GC K=4	RMSE	0.835	2.2617	0.9498	0.2408	1.2384	0.3516	1.021	0.8345	0.472	1.2293	0.5654	0.7589	7.3035	0.8955	1.8111	10.095	2.2253	0.8169	3.4649	
GC K=5	RMSE	0.642	1.9103	1.6344	0.4686	0.4537	0.6534	0.362	0.6301	0.2478	2.1638	0.4781	0.3042	2.9409	1.7794	1.3868	1.5985	2.4789	1.5835	3.0046	
EC K=1	RMSE	3E+11	4E+11	1E+12	1E+12	8E+11	6E+11	1E+12	1E+12	4E+11	6E+11	1E+11	2E+12	2E+12	6E+12	2E+13	2E+13	8E+13	1E+13	1E+13	
EC K=2	RMSE	6E+11	1E+11	2E+11	2E+11	5E+11	1E+11	3E+11	4E+11	4E+11	7E+11	4E+11	9E+11	7E+12	3E+12	9E+12	3E+13	7E+12	9E+12	2E+13	
EC K=3	RMSE	1E+11	2E+11	1E+11	1E+11	4E+11	5E+11	1E+11	2E+11	1E+11	2E+11	2E+11	2E+12	6E+12	3E+13	1E+13	1E+13	1E+13	6E+12	6E+12	
EC K=4	RMSE	2E+11	5E+11	1E+12	6E+11	1E+12	2E+12	6E+11	1E+12	2E+12	2E+12	4E+12	1E+13	4E+12	2E+13	2E+14	1E+13	2E+13	1E+14	7E+12	
EC K=5	RMSE	4E+11	4E+11	4E+11	7E+11	6E+11	1E+13	1E+12	1E+12	5E+12	5E+12	1E+12	2E+12	3E+13	2E+13	1E+13	5E+12	1E+13	2E+13	2E+13	
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	12107	59385	5681.3	1746.9	49.749	83.3	24.54	25.901	5.8293	4.9169	2.2956	1.5123	1.1281	2.8011	2.873	0.8905	3.1896	0.9956	2.453	
GC K=1	RMSE	3202	328.99	672.47	242.72	24.282	26.867	6.9819	24.045	2.631	5.6478	1.7548	4.3511	3.2705	0.8239	0.5499	4.7671	1.5991	6.8991	288.05	
GC K=2	RMSE	69.43	2.7206	0.7502	1.2479	1.0789	0.8079	0.8052	3.3849	0.9564	0.8887	0.28	0.8063	0.978	1.8301	3.3737	0.7928	2.5704	2.1263	78.381	
GC K=3	RMSE	10.27	1.2633	0.7775	2.9594	1.5634	1.0905	0.6206	2.3241	0.8217	1.731	1.3889	2.5875	2.7652	1.0207	1.2502	0.7701	3.4715	18.003	198.46	
GC K=4	RMSE	1.632	11.781	1.8754	2.8334	1.578	1.4952	1.6504	2.0674	1.5503	0.9656	3.5031	2.4407	0.8926	2.86	2.9981	24.132	74.05	220.09	39.36	
GC K=5	RMSE	4.057	1.5234	2.2944	0.8404	0.51	0.5861	0.9899	0.6529	0.4745	0.8737	1.2785	3.5853	1.1259	15.699	5.5172	85.452	50.505	664.67	216.25	
EC K=1	RMSE	4E+12	4E+12	6E+11	4E+11	2E+12	2E+12	1E+12	7E+11	1E+12	4E+12	1E+12	5E+12	1E+12	3E+11	1E+12	1E+12	4E+12	2E+12	8E+11	
EC K=2	RMSE	1E+11	9E+11	1E+12	7E+11	2E+12	7E+12	1E+12	1E+12	6E+11	1E+12	2E+12	7E+12	1E+12	3E+12	2E+12	2E+12	3E+12	6E+11	5E+11	
EC K=3	RMSE	1E+12	3E+12	6E+11	2E+12	2E+12	3E+12	4E+12	2E+12	1E+12	2E+12	4E+12	1E+12	5E+11	1E+12	2E+12	2E+12	1E+12	2E+12	2E+12	
EC K=4	RMSE	6E+11	1E+13	2E+12	1E+12	3E+12	1E+12	9E+11	2E+12	8E+11	2E+12	2E+12	3E+12	2E+12	2E+12	1E+12	1E+12	6E+11	2E+12	1E+12	
EC K=5	RMSE	1E+12	2E+12	7E+11	2E+12	9E+11	2E+11	5E+12	2E+12	8E+12	3E+12	3E+12	3E+12	2E+12	2E+12	1E+12	4E+12	9E+11	3E+12		
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	2E+06	3E+07	1E+06	3E+06	182549	122248	160773	26576	48623	22565	158.23	187.25	89.979	16.233	161.28	272.35	3596.8	16274	3204.5	
GC K=1	RMSE	6E+05	117018	628976	57622	29056	22853	36397	21779	6773.3	21722	27.868	27.87	16.618	9.2901	27.839	178.08	917.83	70750	49459	
GC K=2	RMSE	25790	2068.8	1886.3	384.67	141.5	2537.7	856.12	51.774	6.6578	20.687	12.424	5.5041	1.9157	5.269	8.1565	62.59	204.44	141.83	4493.9	
GC K=3	RMSE	4722	110.94	567.34	142.57	62.181	15.713	20.422	3.2234	49.495	2.9182	2.7877	2.1682	2.3777	4.4635	1.9341	9.4563	274.26	1851.4	70318	
GC K=4	RMSE	1233	27.848	29.288	62.436	1.9691	3.5969	2.0334	2.2245	0.7019	2.3807	0.9445	43.678	5.8148	27.82	320.39	32520	12332	188225	21640	
GC K=5	RMSE	263.4	5.113	1.7113	3.2853	2.7958	0.5321	1.331	2.1022	3.1475	0.3266	0.6951	2.2923	5.1474	0.6003	3.5435	71.451	2224.5	7540.1	43970	
EC K=1	RMSE	3E+12	9E+13	9E+12	7E+12	1E+13	5E+12	8E+12	5E+12	2E+13	2E+13	4E+13	4E+12	2E+13	2E+13	2E+12	6E+12	2E+12	7E+12	9E+12	
EC K=2	RMSE	6E+12	8E+12	2E+13	1E+12	3E+12	3E+12	3E+12	6E+12	7E+12	2E+12	7E+12	1E+13	1E+13	3E+12	5E+12	1E+12				

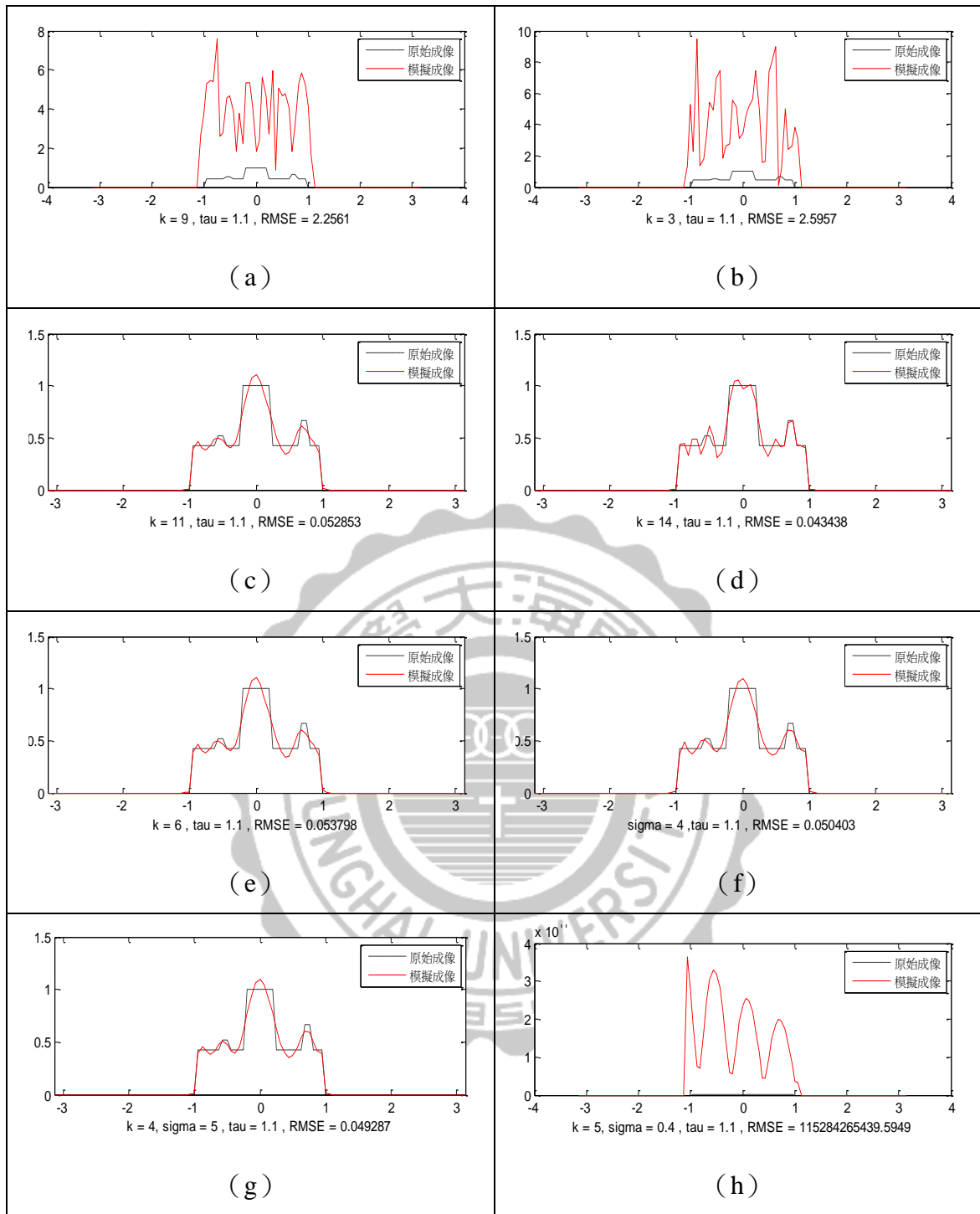


圖 3-45 原始物件  $D$  ( $\tau=1.1$ ): 取樣 17 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

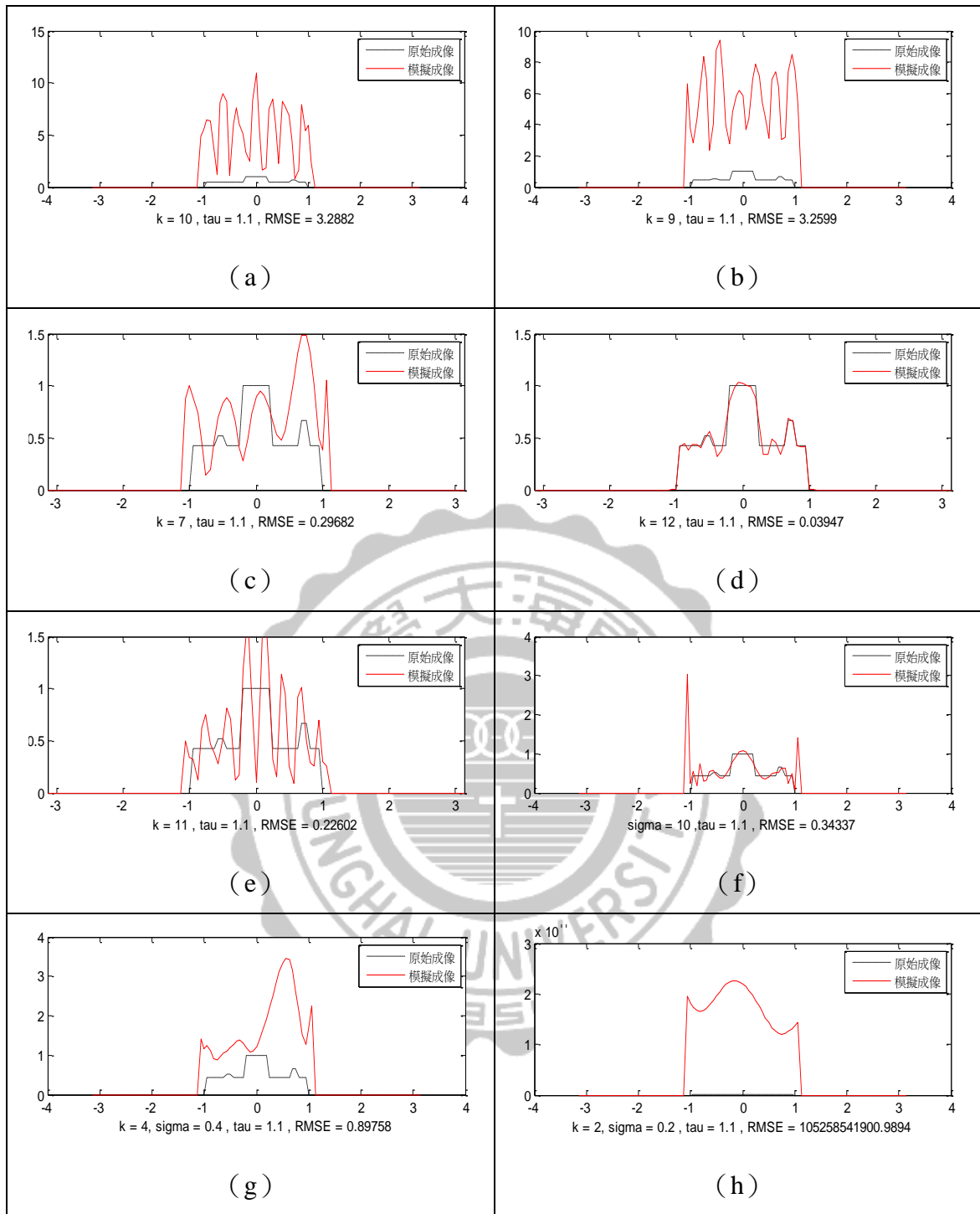


圖 3-46 原始物件  $D$  ( $\tau=1.1$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

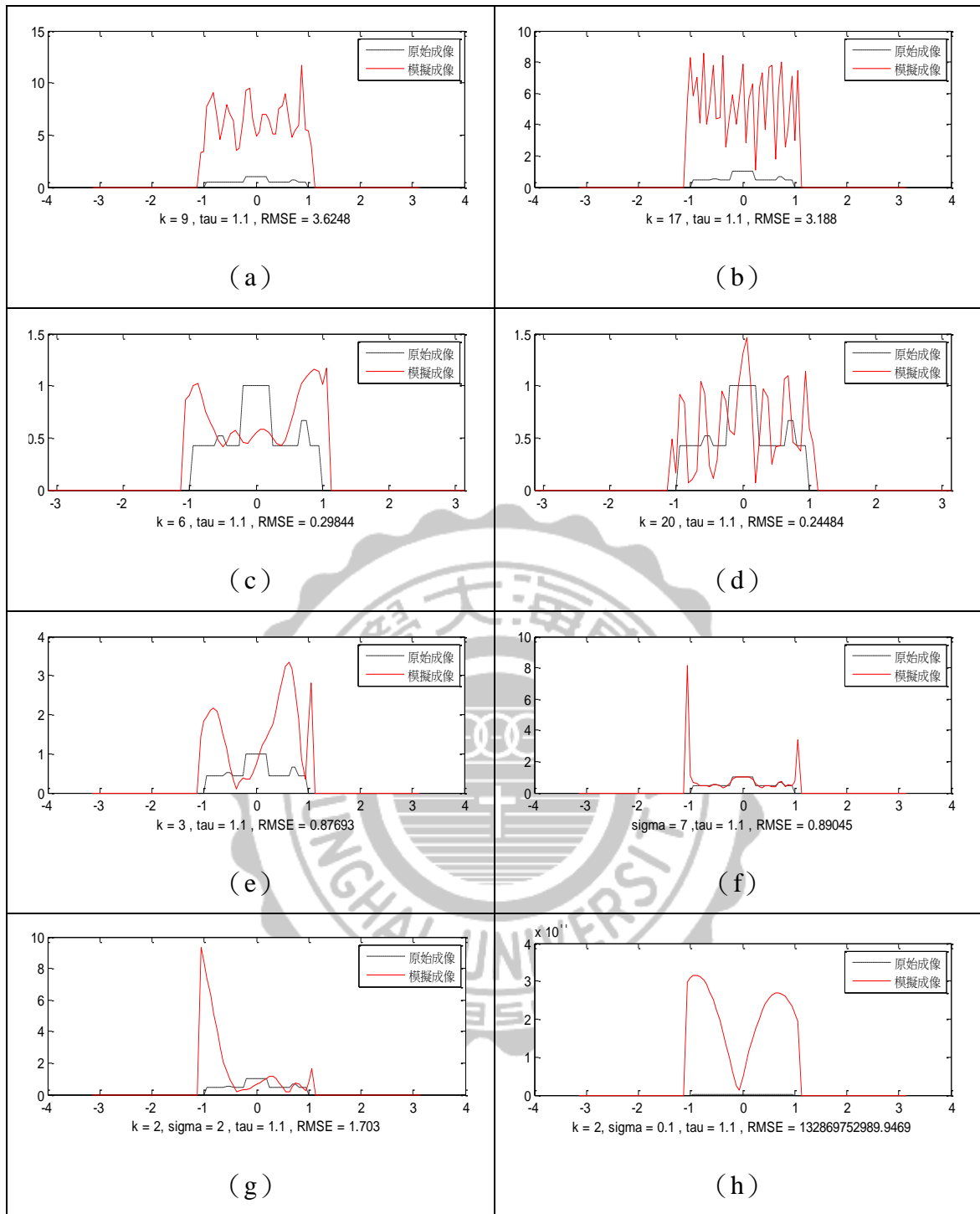


圖 3-47 原始物件  $D$  ( $\tau=1.1$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。



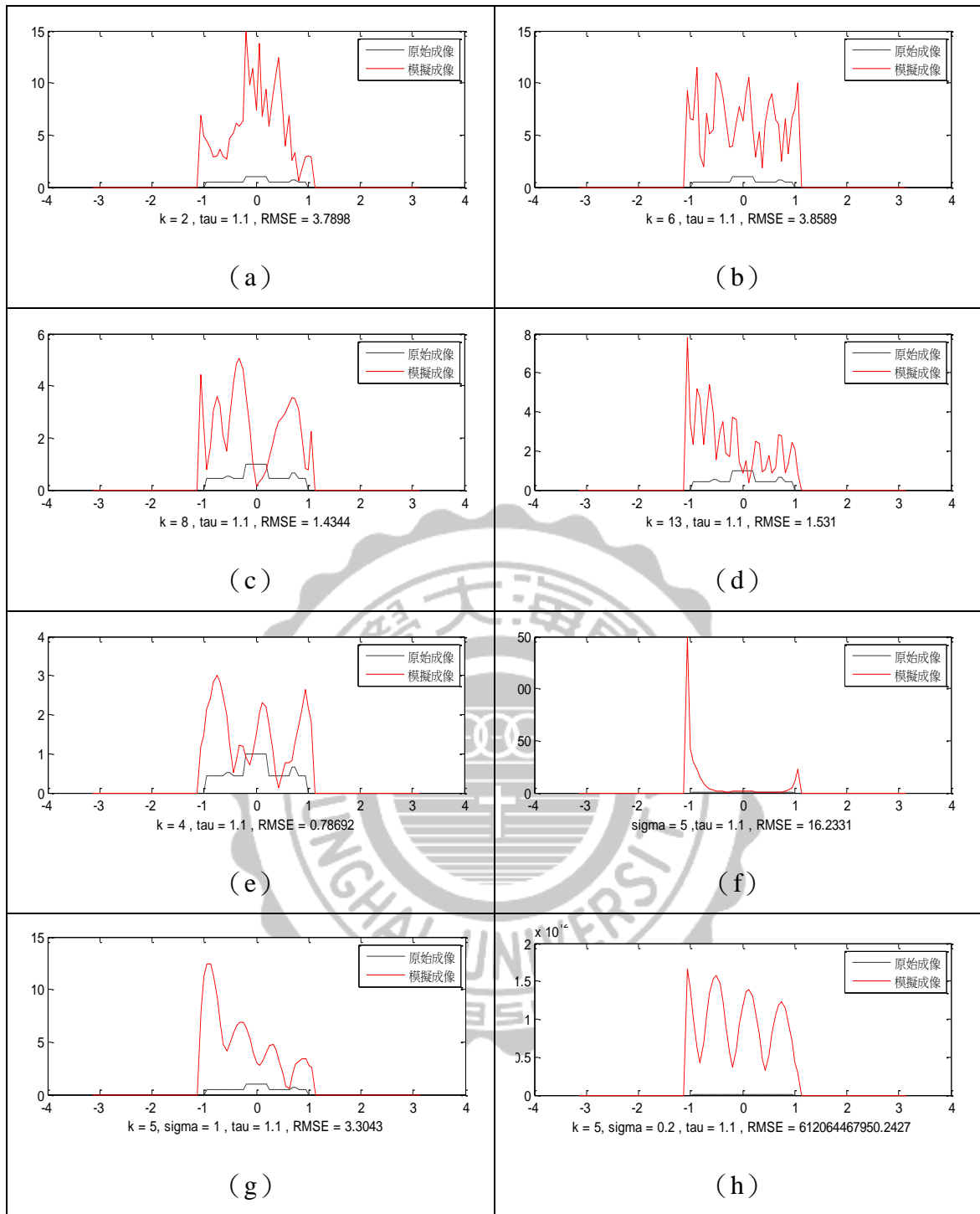


圖 3-48 原始物件  $D$  ( $\tau=1.1$ ): 取樣 31 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

表 3-14 原始物件 D ( $\tau=1.5$ ): RMSE 值比較表

		原始物件D																			
17點		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cos	RMSE	340.6	3.8713	6.4751	12.743	3.4818	5.0027	18.902	77.519	9.7427	16.341	8.2329	13.801	4.1152	5.5986	13.768	146.12	7.2754	20.44	18.598	17.555
Sin	RMSE	14.26	5.8515	12.172	17.141	5.2984	5.9951	5.8949	192.4	5.5599	20.345	14.166	13.05	6.1621	11.28	14.812	283.97	7.7469	11.96	26.313	29.249
Sinc	RMSE	12440	95.893	1.1692	0.1367	0.3618	0.0705	0.0611	0.061	0.0608	0.0608	0.0604	0.0603	0.0601	0.1179	0.5356	0.269	0.3364	0.4634	0.5643	1.296
SS	RMSE	59.37	0.2673	0.1762	0.0608	0.0606	0.0604	0.0596	0.1154	0.0872	0.1075	0.0936	0.1362	0.9684	0.1851	0.6321	0.2499	0.4114	0.643	0.5677	0.8341
CS	RMSE	34.72	0.1929	0.099	0.061	0.0608	0.0603	0.1179	0.269	0.4634	1.296	0.9016	1.0451	2.7201	5.4609	9.4975	15.398	41.341	77.829	260.04	100.77
	Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Gaussian	RMSE	102.3	5.3843	6.1038	0.5417	0.4061	0.4554	0.2623	0.1468	0.0915	0.0715	0.0611	0.0616	0.0629	0.0657	0.071	0.0801	0.0936	0.1118	0.1341	
GC K=1	RMSE	1.444	2.0098	0.3925	0.2652	0.1868	0.1797	0.3633	0.0628	0.0612	0.0611	0.0612	0.062	0.064	0.0683	0.0762	0.0889	0.1069	0.1298	0.1569	
GC K=2	RMSE	0.238	0.4228	0.273	2.6057	0.1745	0.0621	0.0611	0.0611	0.061	0.061	0.0614	0.0629	0.0642	0.0641	0.0667	0.0715	0.0904	0.1976	1.0225	
GC K=3	RMSE	1.11	0.2571	0.1922	0.0621	0.0611	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.0618	0.0639	0.0657	0.0678	0.0695	0.0736	0.1048	0.3706	2.0749	
GC K=4	RMSE	0.302	0.1252	0.063	0.0611	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.0611	0.0613	0.0569	0.267	0.3982	0.2037	0.1817	0.1784	0.1824	0.1901	
GC K=5	RMSE	1.363	2.1524	0.1547	0.0655	0.0614	0.0611	0.0611	0.0611	0.0612	0.0614	0.0659	0.0687	0.0672	0.0673	0.0794	0.1419	0.886	3.7094	4.5377	
EC K=1	RMSE	4E+12	3E+12	7E+12	4E+12	6E+12	1E+13	2E+12	3E+12	2E+12	2E+12	2E+12	2E+12	1E+12	4E+12	4E+12	1E+13	2E+12	8E+11	2E+12	
EC K=2	RMSE	9E+11	3E+12	2E+12	9E+11	3E+12	1E+12	1E+13	5E+12	3E+12	5E+12	1E+13	9E+12	3E+12	1E+12	1E+13	4E+12	9E+11	4E+12	4E+12	
EC K=3	RMSE	5E+11	6E+12	2E+12	9E+12	2E+12	6E+12	2E+12	4E+12	2E+12	3E+12	2E+12	5E+12	4E+12	7E+12	1E+13	1E+13	1E+12	2E+12	9E+11	
EC K=4	RMSE	3E+12	1E+13	1E+13	1E+12	1E+12	6E+12	2E+12	1E+12	3E+12	1E+13	3E+13	6E+12	2E+12	3E+12	1E+13	3E+12	3E+12	3E+12	3E+12	
EC K=5	RMSE	8E+12	2E+12	6E+11	3E+12	3E+12	1E+12	2E+12	1E+13	2E+13	6E+11	2E+12	6E+12	6E+12	5E+12	3E+12	1E+12	3E+12	4E+12	2E+12	
	Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Gaussian	RMSE	4E+05	936.42	118.55	2.747	2.3316	2.024	0.9849	0.6495	0.2455	0.8515	0.6681	0.0584	0.0595	0.0611	0.0631	0.0653	0.0673	0.0685	0.0684	
GC K=1	RMSE	1034	57.538	3.0738	6.8181	1.0042	2.9542	1.5014	0.4453	0.4738	0.8564	0.0648	0.0586	0.0601	0.062	0.0643	0.0666	0.0685	0.0691	0.0679	
GC K=2	RMSE	3.957	1.129	1.2566	0.6526	9.5882	2.0968	0.7086	0.9559	0.2032	0.4221	0.0581	0.0591	0.0613	0.0751	0.6137	0.1277	0.1387	0.0993	0.066	
GC K=3	RMSE	1.037	0.8528	0.1507	1.4751	1.3727	0.3253	0.8414	0.2814	0.4496	0.6508	0.0621	0.0936	0.2987	0.0753	0.0667	0.066	0.0658	0.0662	0.0688	
GC K=4	RMSE	1.001	0.4972	0.6827	0.3659	0.3929	0.4372	0.9339	0.3511	0.3009	0.221	0.1464	2.833	0.0733	0.0642	0.0671	0.1992	0.065	0.0668	0.103	
GC K=5	RMSE	1.171	1.4541	0.1128	0.6161	0.3356	0.1373	0.6115	0.832	0.9021	0.2037	0.2045	0.3634	0.7678	0.0806	0.0633	0.0615	0.0657	0.075	0.0908	
EC K=1	RMSE	3E+13	1E+14	4E+13	3E+13	4E+13	6E+13	2E+13	2E+13	3E+13	1E+14	8E+13	3E+13	6E+12	1E+13	8E+12	2E+13	2E+12	2E+12	4E+13	
EC K=2	RMSE	2E+13	3E+13	8E+12	2E+13	5E+13	4E+13	5E+13	4E+13	7E+13	1E+13	1E+13	2E+13	3E+13	1E+13	7E+12	7E+13	2E+12	1E+13	5E+13	
EC K=3	RMSE	2E+12	6E+12	1E+13	1E+13	4E+13	1E+13	2E+13	2E+13	1E+13	6E+12	2E+13	9E+12	1E+13	1E+13	2E+13	8E+13	3E+12	1E+13	2E+13	
EC K=4	RMSE	1E+13	1E+13	3E+12	9E+12	2E+13	6E+12	4E+13	1E+14	1E+13	6E+13	5E+12	2E+13	5E+13	4E+12	6E+12	3E+14	7E+12	7E+12	2E+13	
EC K=5	RMSE	6E+11	5E+12	5E+12	6E+12	1E+13	3E+13	2E+13	1E+13	6E+11	8E+12	4E+13	5E+12	4E+13	1E+13	2E+13	3E+13	3E+13	2E+13	5E+12	
	Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Gaussian	RMSE	5E+06	33668	30489	13801	3482.1	2996.4	226.65	62.442	16.543	14.133	1.2274	2.5794	0.4306	1.3309	0.2963	0.2411	0.1523	0.1345	0.2115	
GC K=1	RMSE	1E+05	46199	13720	1366.6	158.71	38.408	16.604	14.644	2.1179	29.238	0.5929	0.2735	0.4957	1.0677	0.4387	0.2315	0.1208	0.1734	0.2016	
GC K=2	RMSE	3631	19.23	16.911	2.1315	2.7634	2.0249	2.0375	0.3825	1.1669	1.2524	0.4856	0.3047	0.2037	1.1553	2.0782	106.42	100.55	371.21	126.17	
GC K=3	RMSE	310.8	14.4	1.2132	18.164	0.4527	1.3123	1.0207	0.3163	1.2566	1.1062	0.5377	0.5652	0.7121	0.8562	0.7393	0.5602	3.1619	5.5085	0.6271	
GC K=4	RMSE	1.027	1.342	1.4334	1.2064	0.4644	0.5796	1.3788	0.4101	0.8845	0.4415	1.0369	0.7644	0.3115	1.0634	0.4837	0.3062	0.7583	2.6518	2.3495	
GC K=5	RMSE	10.58	0.616	0.8942	2.478	0.9193	1.6134	0.2742	0.7778	0.6358	0.7352	0.6804	0.8783	0.6953	1.2239	37.438	5.5079	0.5328	0.4239	11.304	
EC K=1	RMSE	4E+13	2E+13	2E+13	1E+13	2E+13	7E+12	4E+13	5E+13	2E+12	7E+12	8E+12	3E+12	2E+12	6E+12	9E+12	2E+12	4E+12	4E+12	7E+12	
EC K=2	RMSE	8E+12	2E+12	6E+12	3E+13	2E+12	8E+12	2E+12	7E+12	3E+12	1E+13	3E+12	8E+11	3E+12	6E+12	2E+12	2E+12	5E+12	1E+12	1E+12	
EC K=3	RMSE	7E+12	2E+13	3E+12	3E+12	8E+12	3E+12	1E+13	2E+13	3E+12	4E+12	3E+12	5E+12	5E+12	3E+12	6E+11	2E+12	3E+12	3E+12	6E+12	
EC K=4	RMSE	2E+12	4E+12	6E+12	4E+12	1E+13	9E+11	3E+12	2E+12	7E+11	3E+12	1E+12	3E+12	3E+12	6E+11	1E+13	4E+12	1E+12	1E+12	8E+11	
EC K=5	RMSE	8E+12	2E+12	2E+12	3E+12	1E+12	2E+12	2E+12	8E+11	8E+11	4E+12	6E+11	5E+11	3E+12	2E+12	2E+12	1E+12	1E+12	2E+12	6E+12	
	Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Gaussian	RMSE	3E+07	1E+08	2E+07	3E+07	1E+06	1E+06	3E+06	67506	734351	262643	276.15	49.626	126.53	6.0191	14.611	5.7901	138.83	212.25	228.27	
GC K=1	RMSE	3E+06	1E+07	4E+06	2E+06	5E+06	438942	5E+06	166404	44359	15398	250.01	16.633	5.6038	6.5164	55.209	3.1448	8.1607	41.514	127.14	
GC K=2	RMSE	3E+06	116942	76309	21361	49221	357.51	3315.3	426.77	474.72	442.19	2.6358	3.3886	1.1618	3.4723	178.14	4125.9	161598	89676	124275	
GC K=3	RMSE	11101	10593	36203	2680.3	278.67	516.56	56.816	50.729	48.159	14.4	0.6905	2.0964	0.9867	0.7966	1.1768	0.8098	42.867	218.43	1851.8	
GC K=4	RMSE	5109	1253.2	27.906	102.5	83.869	13.659	2.8893	2.591	2.0426	1.0888	0.8968	6.9055	0.2911	3.7315	0.2417	2.8457	34.772	226.24	2643.7	
GC K=5	RMSE	1394	106.64	7.1323	3.8255	9.7842	1.3204	1.8992	5.5545	0.4279	1.2188	1.4015	1.218	1.4023	0.7581	59.361	959.62	4797.1	7454.2	6074.8	
EC K=1	RMSE	5E+12	2E+13	2E+12	1E+13	8E+12	2E+12	3E+13	2E+13	7E+12	6E+12	5E+12	1E+13	2E+12	3E+12	3E+12	4E+12	3E+12	7E+12	3E+12	
EC K=2	RMSE	8E+12	7E+12	7E+12	3E+13	1E+13	7E+12	1E+13	1E+13	3E+12	1E+13	1E+13	3E+12	9E+13	4E+12	4E+12	2E+13				

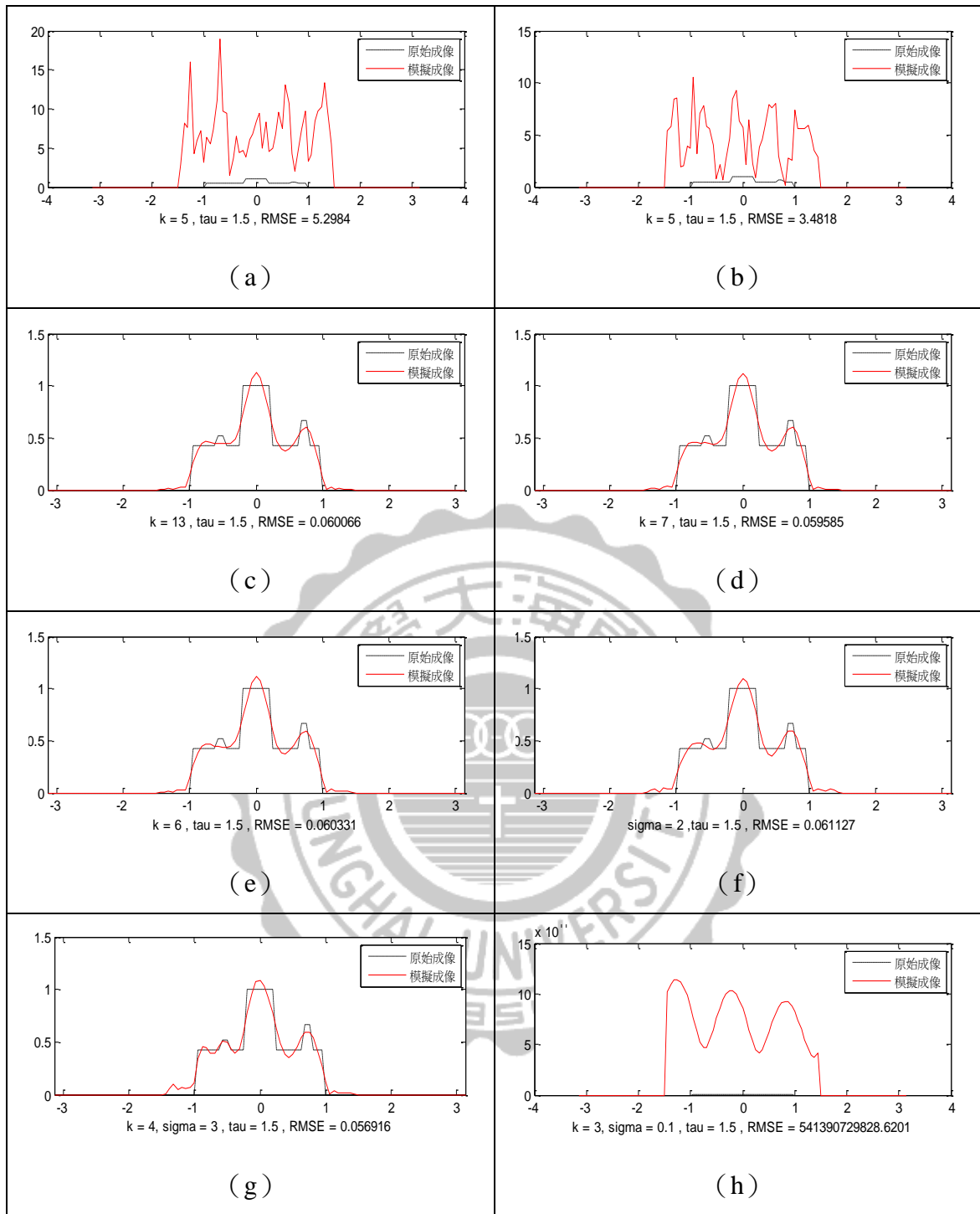


圖 3-49 原始物件  $D$  ( $\tau=1.5$ ): 取樣 17 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

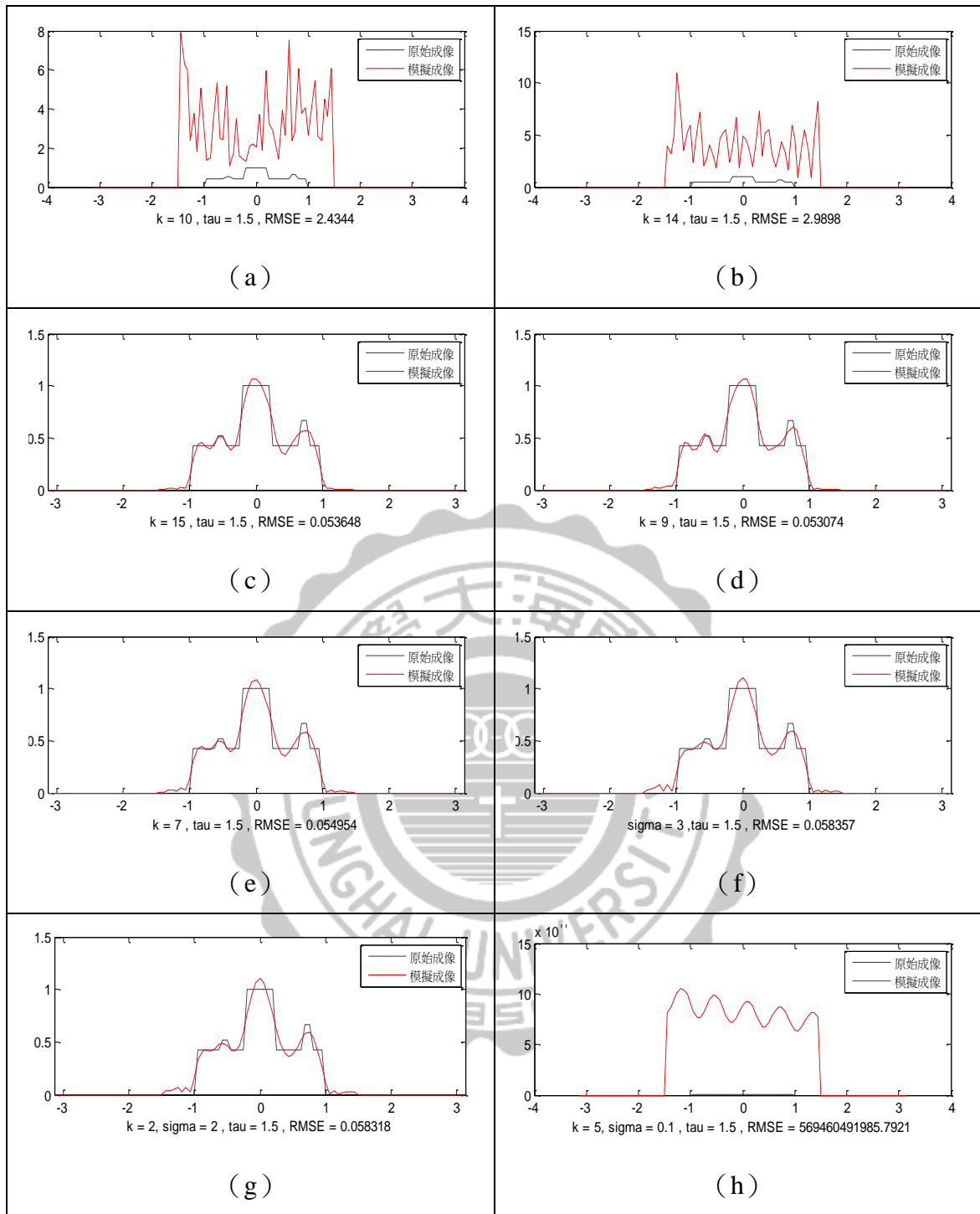


圖 3-50 原始物件  $D$  ( $\tau=1.5$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

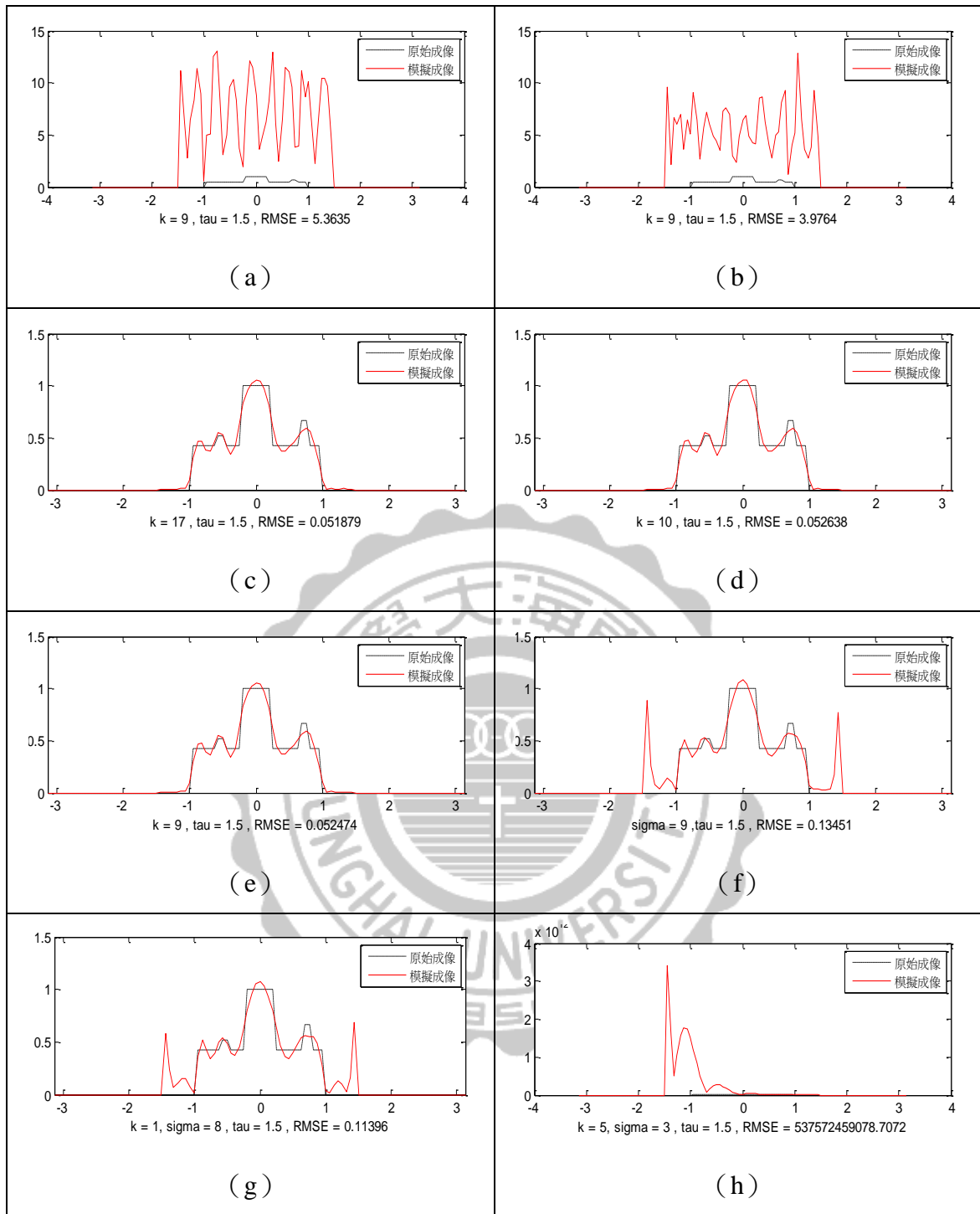


圖 3-51 原始物件  $D$  ( $\tau=1.5$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

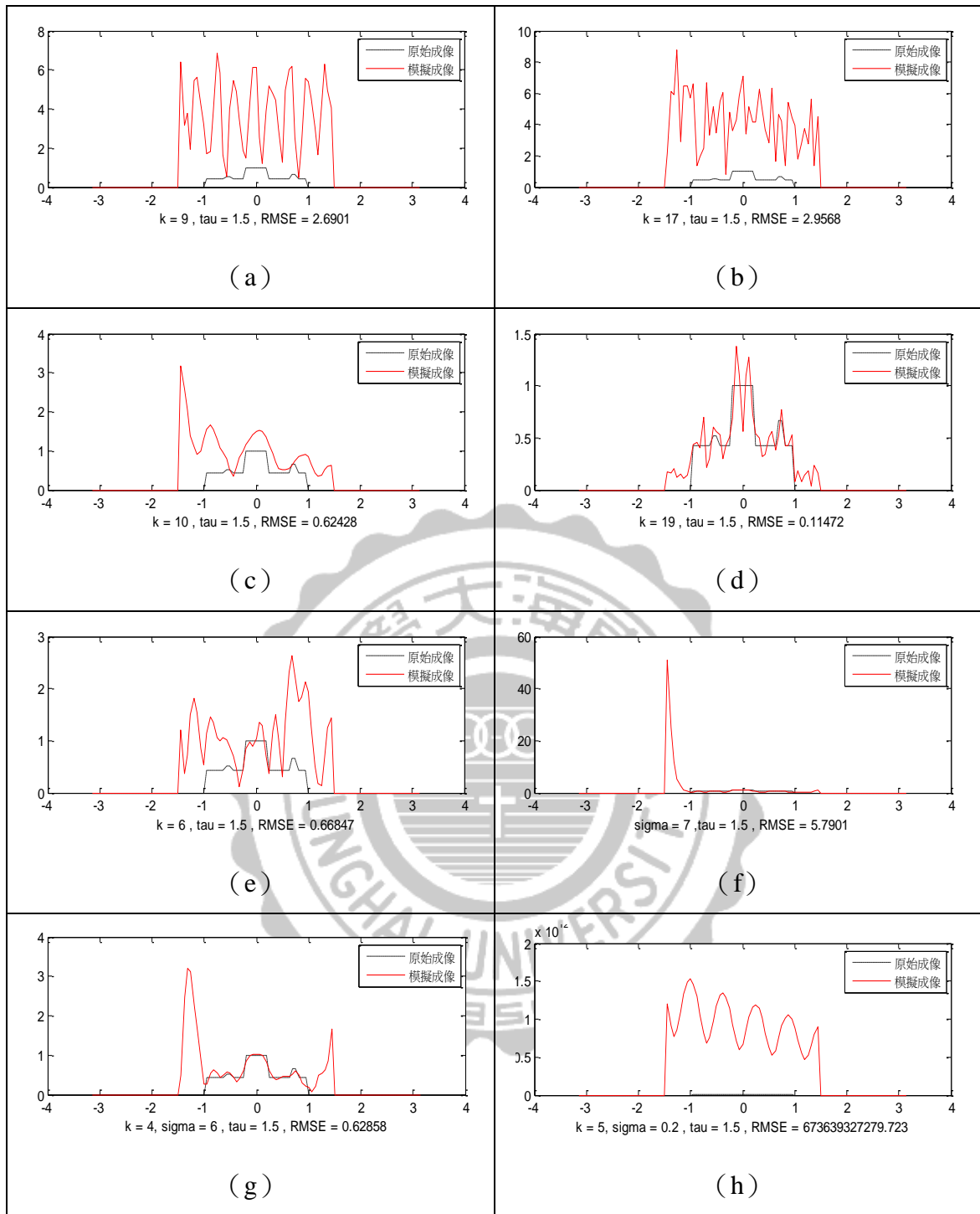


圖 3-52 原始物件  $D$  ( $\tau=1.5$ ): 取樣 31 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

表 3-15 原始物件 D ( $\tau=1.9$ ): RMSE 值比較表

原始物件D																						
17點		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Cos	RMSE	16.8	43.057	12.587	98.191	21.891	2.7486	17.12	35.774	14.636	26.155	11.26	5.8555	4.2371	8.3313	12.415	32.401	52.374	6.2381	8.8756	4.7878	
Sin	RMSE	8.58	11.362	8.5353	25.733	20.081	15.379	14.427	39.156	6.834	12.845	3.0043	12.471	7.7943	12.331	13.575	15.756	59.44	6.9678	8.8393	6.6309	
Sinc	RMSE	57428	142.81	11.764	0.3168	0.0641	0.0633	0.0631	0.063	0.0629	0.0628	0.0626	0.0627	0.0814	0.4489	0.1476	0.3537	0.3795	0.3911	0.5276	1.3231	
SS	RMSE	92.43	0.1792	0.0633	0.064	0.0627	0.0628	0.0687	0.0892	0.1001	0.1108	0.1343	0.1527	0.1724	14.191	0.2755	0.2804	0.5585	0.5831	0.7207	1.0967	
CS	RMSE	119.1	0.1596	0.0633	0.063	0.0628	0.0627	0.4489	0.3537	0.3911	1.3231	1.3507	2.1104	2.8664	4.831	6.6584	16.112	4.9498	14.866	79.183	90.782	
			Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	321.9	48.05	0.5381	0.5379	0.0743	0.0635	0.0634	0.0633	0.0632	0.0632	0.0633	0.0637	0.0646	0.0663	0.0691	0.0733	0.0788	0.0856	0.0933		
GC K=1	RMSE	445.6	0.1367	0.1357	0.066	0.0634	0.0633	0.0633	0.0632	0.0632	0.0632	0.0634	0.064	0.0652	0.0676	0.0712	0.0763	0.0827	0.0902	0.0985		
GC K=2	RMSE	1.68	0.1494	0.0636	0.0634	0.0633	0.0632	0.0632	0.0632	0.0632	0.0632	0.0635	0.0646	0.0671	0.0718	0.0786	0.0852	0.0915	0.0986	0.1066		
GC K=3	RMSE	0.148	0.0634	0.0633	0.0632	0.0632	0.0631	0.0631	0.0631	0.0632	0.0632	0.0639	0.0658	0.0661	0.1173	0.1002	0.0994	0.1015	0.1052	0.1098		
GC K=4	RMSE	0.063	0.0632	0.0631	0.0631	0.0631	0.0631	0.0631	0.0632	0.0632	0.0633	0.0646	0.0677	0.07	0.0705	0.0713	0.0748	0.0878	0.1337	0.3256		
GC K=5	RMSE	0.065	0.063	0.063	0.0631	0.0631	0.0632	0.0632	0.0633	0.0634	0.0635	0.068	0.7744	0.1391	0.1142	0.1037	0.0955	0.0904	0.0905	0.1024		
EC K=1	RMSE	1E+11	2E+11	2E+11	7E+10	9E+10	5E+10	2E+11	7E+11	1E+12	1E+12	4E+11	6E+11	1E+11	4E+11	8E+10	2E+11	2E+11	5E+10	3E+11		
EC K=2	RMSE	7E+10	5E+10	2E+11	2E+11	6E+10	9E+11	1E+11	2E+12	6E+11	4E+11	7E+11	2E+11	4E+10	1E+11	2E+12	3E+11	2E+10	2E+11	1E+11		
EC K=3	RMSE	8E+10	9E+09	7E+10	2E+10	4E+10	4E+10	1E+11	1E+10	4E+11	9E+10	2E+11	1E+11	1E+11	6E+10	5E+10	5E+10	1E+11	2E+11	5E+10		
EC K=4	RMSE	3E+10	4E+10	1E+11	2E+11	4E+11	2E+11	4E+11	2E+10	4E+11	3E+09	5E+10	2E+11	3E+11	1E+11	1E+11	3E+10	3E+10	2E+11	2E+11		
EC K=5	RMSE	5E+10	4E+10	8E+09	1E+11	3E+10	5E+11	1E+11	6E+09	4E+10	8E+10	4E+10	2E+11	3E+10	1E+11	5E+10	1E+11	1E+11	2E+11	3E+10		
21點		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Cos	RMSE	4.842	20.95	4.5987	27.453	4.6106	5.0909	8.1021	98.333	11.581	8.4388	9.4729	6.0894	9.548	10.442	11.807	22.656	11.684	56.079	6.6682	6.4419	
Sin	RMSE	11.55	22.314	8.6771	21.708	8.8077	10.331	8.343	21.188	7.6879	7.6514	2.895	3.8762	12.537	19.516	13.902	134.81	10.164	5.7179	4.3521	4.4476	
Sinc	RMSE	2E+05	355736	1955.6	26.847	0.5222	0.254	3.13	0.0623	0.0622	0.0621	0.062	0.0621	0.061	0.135	0.3924	0.8368	2.25	11.293	6.3424	6.0212	
SS	RMSE	4E+05	69.731	0.2522	0.0624	0.062	0.0618	0.0624	0.0639	0.0705	0.0634	0.0706	0.0659	0.1144	0.2136	0.4479	0.9096	2.4562	9.2682	8.0076	6.6426	
CS	RMSE	2E+05	117.08	0.4915	0.0623	0.0621	0.0621	0.135	0.8368	11.293	6.0212	7.5251	22.506	56.82	52.465	240.86	110.68	306.7	522.62	1106.3	2685.1	
			Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	4E+06	26668	1755.8	121.21	86.869	9.4414	0.8433	0.6255	0.3839	0.1858	0.0622	0.0622	0.0623	0.0628	0.0642	0.0676	0.0748	0.0878	0.1079		
GC K=1	RMSE	1E+05	625.48	28.015	6.8785	1.0004	1.1237	0.5821	0.6489	0.1099	0.0638	0.0622	0.0622	0.0625	0.0632	0.0654	0.0706	0.0807	0.0976	0.1221		
GC K=2	RMSE	338.8	1.4935	0.3445	0.2055	0.7477	0.3228	0.0693	0.0626	0.0622	0.0622	0.0622	0.0622	0.0623	0.0628	0.0647	0.0704	0.0834	0.1112	0.1801	0.3739	
GC K=3	RMSE	0.676	1.4128	0.4481	0.1795	0.0679	0.0624	0.0622	0.0622	0.0622	0.0622	0.0622	0.0624	0.0636	0.0685	0.081	0.0937	0.1087	0.1278	0.1504		
GC K=4	RMSE	1.821	0.1584	0.6668	0.0626	0.0622	0.0622	0.0622	0.0622	0.0622	0.0622	0.0622	0.0628	0.0662	0.0752	0.0813	0.0997	0.1584	0.3564	1.4421		
GC K=5	RMSE	0.608	0.2147	0.0632	0.0622	0.0622	0.0621	0.0621	0.0621	0.0621	0.0621	0.0623	0.0641	0.5186	0.264	0.2297	0.2386	0.2579	0.2813	0.3085		
EC K=1	RMSE	9E+11	1E+13	4E+12	3E+12	4E+12	3E+12	3E+12	2E+13	3E+13	1E+12	3E+12	3E+12	2E+12	1E+12	1E+12	6E+12	2E+12	8E+12	4E+11		
EC K=2	RMSE	5E+12	2E+12	5E+12	2E+12	5E+12	2E+12	2E+12	2E+12	2E+12	3E+12	2E+13	3E+12	1E+12	9E+11	4E+12	1E+13	1E+12	3E+12	9E+11		
EC K=3	RMSE	9E+11	5E+11	4E+12	2E+12	2E+12	2E+12	4E+12	1E+12	7E+11	1E+12	4E+12	3E+12	2E+12	1E+12	6E+12	6E+12	2E+13	9E+11	9E+11		
EC K=4	RMSE	6E+11	2E+12	4E+12	9E+11	6E+11	2E+12	1E+12	3E+12	3E+12	4E+12	8E+12	1E+12	8E+11	9E+11	1E+12	3E+12	3E+12	1E+13	7E+11		
EC K=5	RMSE	2E+11	9E+11	1E+12	6E+11	3E+11	2E+12	3E+12	1E+12	4E+11	9E+11	2E+12	7E+11	4E+12	1E+12	4E+12	7E+11	3E+12	3E+12	4E+12		
25點		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Cos	RMSE	44.51	42.868	11.929	19.193	15.523	15.043	27.522	38.542	64.635	12.609	15.635	19.525	6.1162	23.269	8.6522	269.71	3.9005	11.018	9.2805	3.4173	
Sin	RMSE	43.08	4.038	18.565	47.431	5.9555	16.315	25.37	52.725	13.881	12.017	6.2753	32.496	37.162	6.455	18.472	106.07	56.127	29.94	5.1899	20.642	
Sinc	RMSE	2E+06	2E+07	1E+06	44768	942.1	101.52	0.7187	0.3251	0.1469	0.0891	0.0598	0.0598	0.0597	0.0596	0.0592	0.0607	0.2865	0.7594	1.2114		
SS	RMSE	4E+06	241307	38.696	0.8386	0.2866	0.0599	0.0597	0.0605	0.056	0.0573	0.0663	0.3546	0.0732	0.0731	0.0811	0.1136	0.2978	1.017	0.8523	1.8092	
CS	RMSE	2E+07	153156	17.495	0.3813	0.0698	0.0598	0.0596	0.0607	0.7594	1.2114	4.2619	11.401	9.4849	233.62	80.042	94.169	183.07	224.81	347.13	603238	
			Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	2E+07	4E+07	1E+06	19694	3716.4	1353.9	106.59	114.27	270.68	96.655	0.1312	0.0602	0.0606	0.0613	0.0626	0.0647	0.0678	0.0717	0.0762		
GC K=1	RMSE	5E+07	2E+06	26509	4129.7	1232.5	176.76	46.289	5.1152	10.119	2.2252	0.0651	0.0602	0.0608	0.0617	0.0634	0.066	0.0696	0.074	0.0788		
GC K=2	RMSE	33673	520.5	118.4	31.616	4.6093	3.4056	8.712	0.443	0.6165	0.198	0.0601	0.0604	0.0611	0.0626	0.0653	0.0692	0.0743	0.0801	0.0863		
GC K=3	RMSE	537.9	63.901	3.6187	0.6282	0.6233	0.3966	0.3827	0.507	0.2243	0.2487	0.0601	0.0605	0.0617	0.0639	0.0679	0.2662	0.6061	0.076	0.0735		
GC K=4	RMSE	8.446	0.712	0.47	0.3611	0.5027	2.7486	0.3239	0.1701	0.0752	0.0629	0.0601	0.0609	0.0626	0.0661	0.0817	0.0792	0.0849	0.1206	0.4085		
GC K=5	RMSE	1.285	0.491	0.3856	1.117	0.2225	0.2015	0.0711	0.0613	0.06	0.06	0.0603	0.0614	0.0644	0.0916	0.1702	0.1183	0.0994	0.0878	0.0789		
EC K=1	RMSE	7E+11	1E+11	5E+12	6E+11	6E+11	1E+12	5E+11	1E+12	3E+11	7E+11	2E+12	3E									

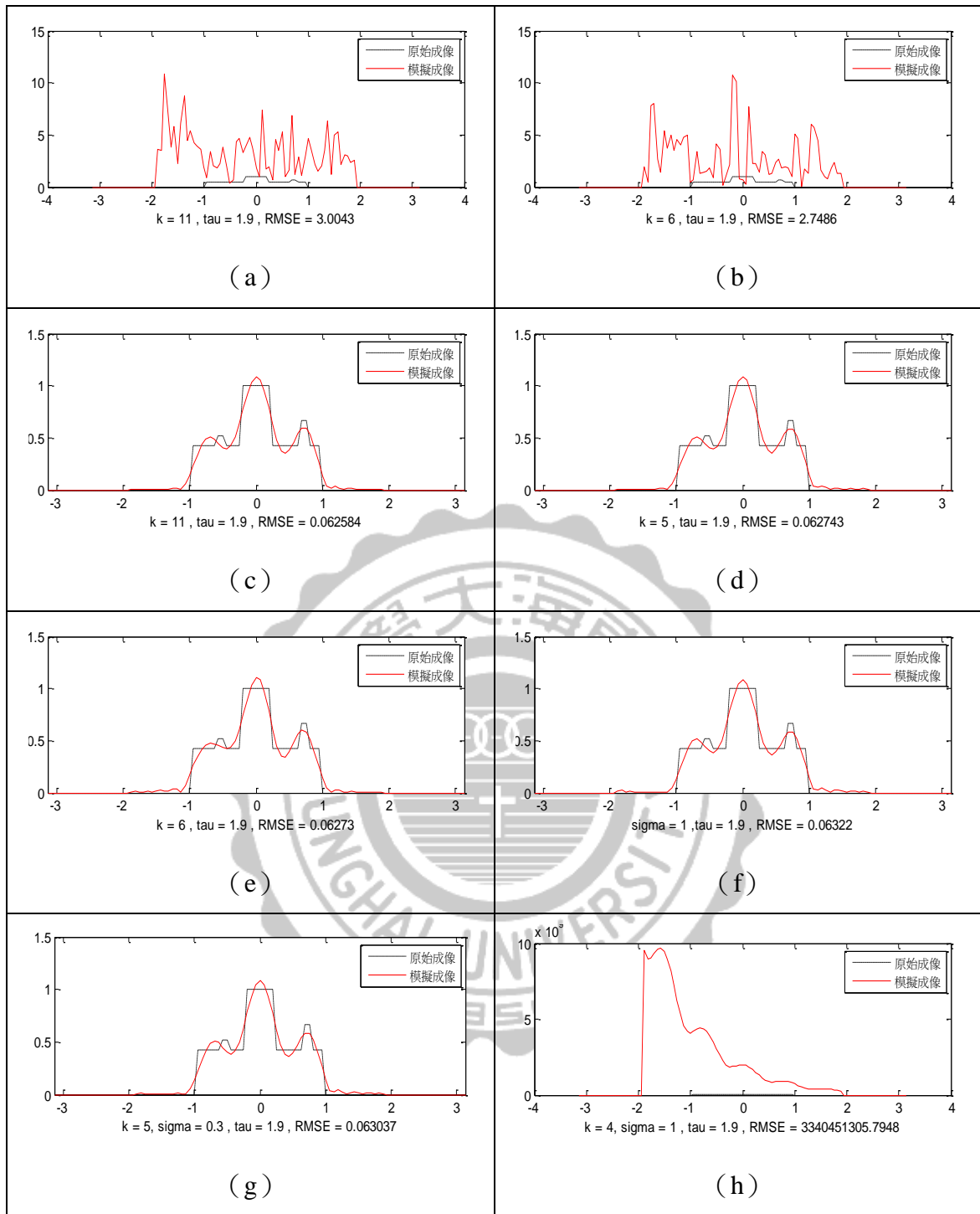


圖 3-53 原始物件  $D$  ( $\tau=1.9$ ): 取樣 17 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。



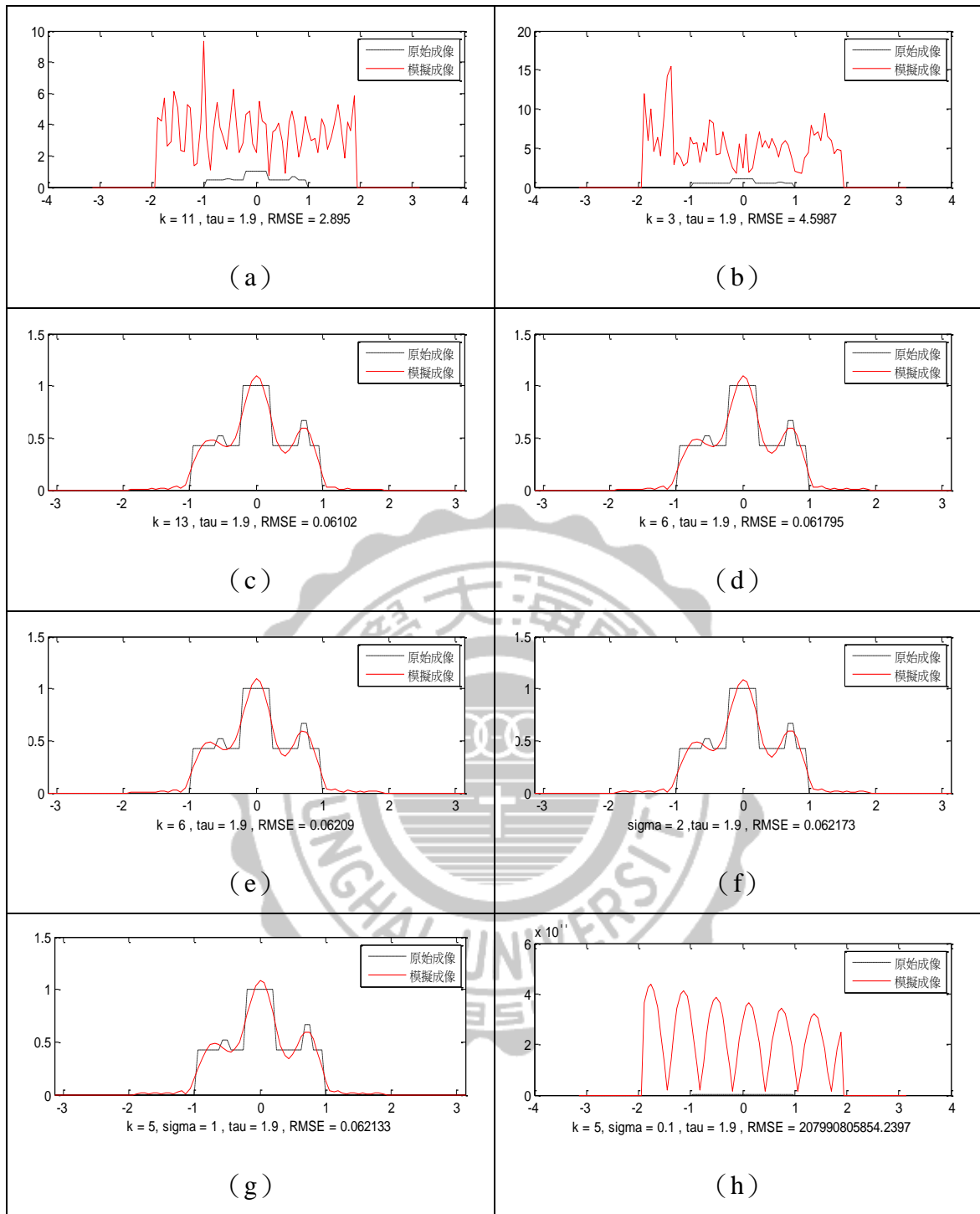


圖 3-54 原始物件  $D$  ( $\tau=1.9$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

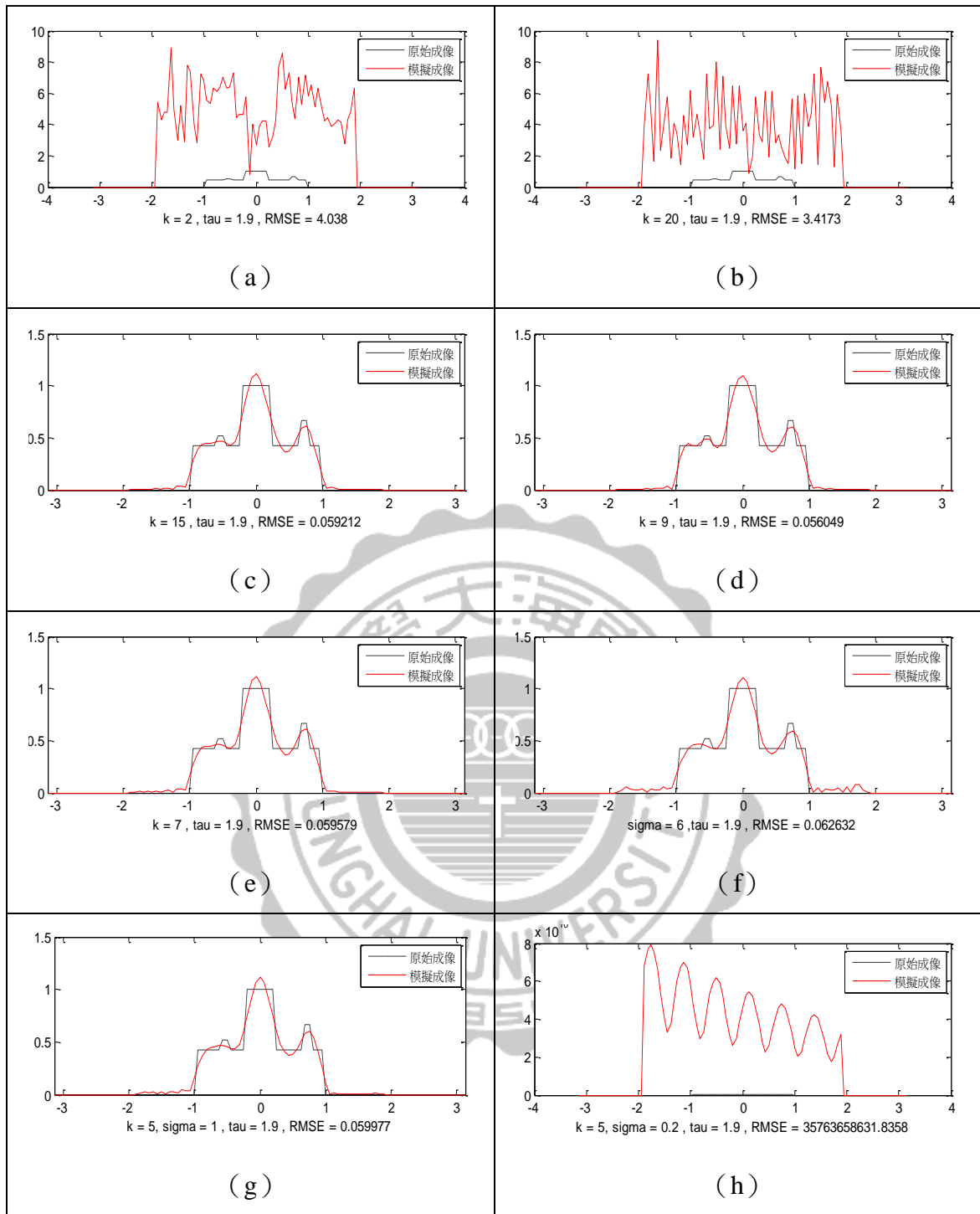


圖 3-55 原始物件  $D$  ( $\tau=1.9$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

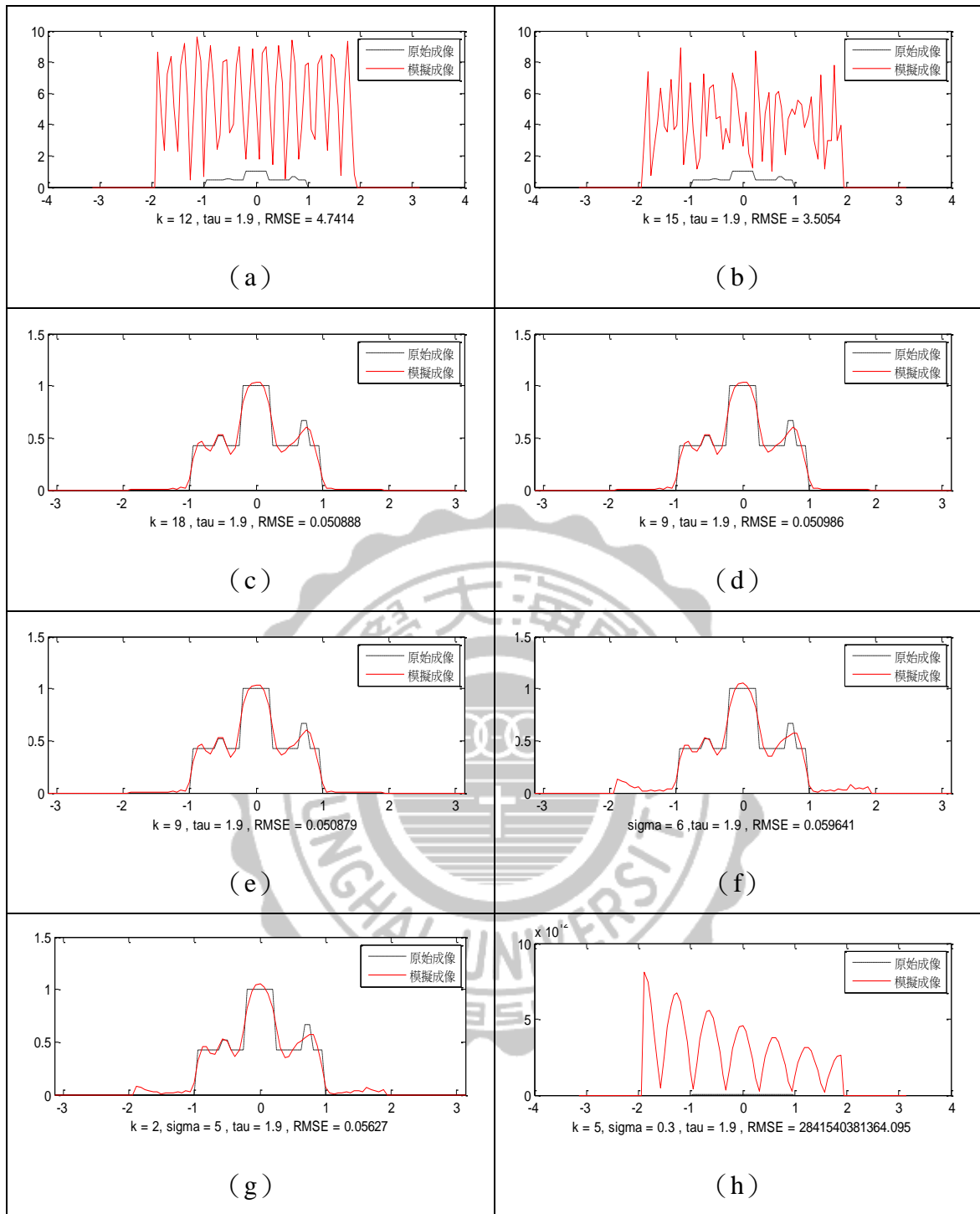


圖 3-56 原始物件  $D$  ( $\tau=1.9$ ): 取樣 31 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

表 3-16 原始物件 D ( $\tau=3.1$ ): EC 函數 RMSE 值比較表

		原始物件D																		
		Sigma=0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17點																				
EC K=1	RMSE	0.067165	0.0672	0.0672	0.0672	0.0673	0.0674	0.0674	0.0675	0.0676	0.0677	0.0696	0.0734	0.0801	0.0899	0.1029	0.1186	0.1363	0.1556	0.1758
EC K=2	RMSE	0.067415	0.0674	0.0675	0.0675	0.0676	0.0676	0.0677	0.0678	0.0679	0.068	0.0702	0.0748	0.0824	0.0933	0.1071	0.1233	0.1415	0.1609	0.1811
EC K=3	RMSE	0.069597	0.0696	0.0697	0.0697	0.0698	0.0699	0.07	0.0701	0.0702	0.0704	0.0732	0.0788	0.0878	0.1	0.115	0.132	0.1506	0.1702	0.1904
EC K=4	RMSE	0.076229	0.0763	0.0763	0.0764	0.0765	0.0766	0.0767	0.0769	0.077	0.0772	0.0808	0.0878	0.0983	0.112	0.128	0.1457	0.1646	0.1842	0.2041
EC K=5	RMSE	0.091281	0.0913	0.0914	0.0914	0.0915	0.0917	0.0918	0.092	0.0922	0.0924	0.0965	0.1046	0.1165	0.1313	0.148	0.1659	0.1846	0.2036	0.2228
21點																				
EC K=1	RMSE	0.076895	0.0769	0.077	0.077	0.0771	0.0772	0.0773	0.0774	0.0776	0.0777	0.08	0.0837	0.089	0.0959	0.1046	0.1149	0.1266	0.1395	0.1533
EC K=2	RMSE	0.075447	0.0755	0.0755	0.0756	0.0757	0.0758	0.0759	0.0761	0.0762	0.0764	0.0792	0.0836	0.0896	0.0972	0.1065	0.1172	0.1293	0.1425	0.1565
EC K=3	RMSE	0.075175	0.0752	0.0753	0.0753	0.0754	0.0756	0.0757	0.0759	0.0761	0.0763	0.0794	0.0846	0.0914	0.1	0.1101	0.1216	0.1342	0.1478	0.162
EC K=4	RMSE	0.077188	0.0772	0.0773	0.0774	0.0775	0.0776	0.0778	0.078	0.0782	0.0784	0.082	0.0878	0.0957	0.1053	0.1163	0.1286	0.1418	0.1558	0.1703
EC K=5	RMSE	0.082938	0.083	0.083	0.0831	0.0833	0.0834	0.0836	0.0838	0.084	0.0843	0.0883	0.0948	0.1036	0.1142	0.1262	0.1392	0.1529	0.1671	0.1817
25點																				
EC K=1	RMSE	0.069798	0.0698	0.0699	0.0699	0.07	0.07	0.0701	0.0702	0.0703	0.0704	0.0721	0.075	0.079	0.0846	0.0916	0.1001	0.11	0.1211	0.1334
EC K=2	RMSE	0.068813	0.0688	0.0689	0.0689	0.069	0.0691	0.0692	0.0693	0.0694	0.0695	0.0715	0.0748	0.0794	0.0854	0.0928	0.1017	0.1119	0.1233	0.1357
EC K=3	RMSE	0.068492	0.0685	0.0686	0.0686	0.0687	0.0688	0.0689	0.069	0.0691	0.0693	0.0716	0.0753	0.0805	0.0872	0.0953	0.1047	0.1154	0.1272	0.1399
EC K=4	RMSE	0.069676	0.0697	0.0697	0.0698	0.0699	0.07	0.0701	0.0702	0.0704	0.0705	0.0731	0.0774	0.0833	0.0907	0.0995	0.1096	0.1208	0.133	0.146
EC K=5	RMSE	0.073339	0.0734	0.0734	0.0735	0.0736	0.0737	0.0738	0.0739	0.0741	0.0743	0.0772	0.0819	0.0885	0.0966	0.1061	0.1168	0.1286	0.1412	0.1544
31點																				
EC K=1	RMSE	0.070998	0.071	0.071	0.071	0.071	0.071	0.0711	0.0711	0.0711	0.0711	0.0714	0.072	0.0729	0.0744	0.0765	0.0793	0.0829	0.0874	0.0927
EC K=2	RMSE	0.070405	0.0704	0.0704	0.0704	0.0704	0.0704	0.0704	0.0705	0.0705	0.0705	0.0708	0.0715	0.0725	0.0742	0.0765	0.0795	0.0833	0.088	0.0935
EC K=3	RMSE	0.069436	0.0694	0.0694	0.0695	0.0695	0.0695	0.0695	0.0695	0.0695	0.0696	0.07	0.0708	0.0721	0.074	0.0766	0.08	0.0841	0.0892	0.095
EC K=4	RMSE	0.068356	0.0684	0.0684	0.0684	0.0684	0.0684	0.0684	0.0685	0.0685	0.0685	0.0691	0.0701	0.0717	0.074	0.0771	0.0809	0.0856	0.091	0.0972
EC K=5	RMSE	0.06754	0.0675	0.0676	0.0676	0.0676	0.0676	0.0677	0.0677	0.0677	0.0678	0.0685	0.0699	0.0719	0.0747	0.0783	0.0827	0.0878	0.0938	0.1004

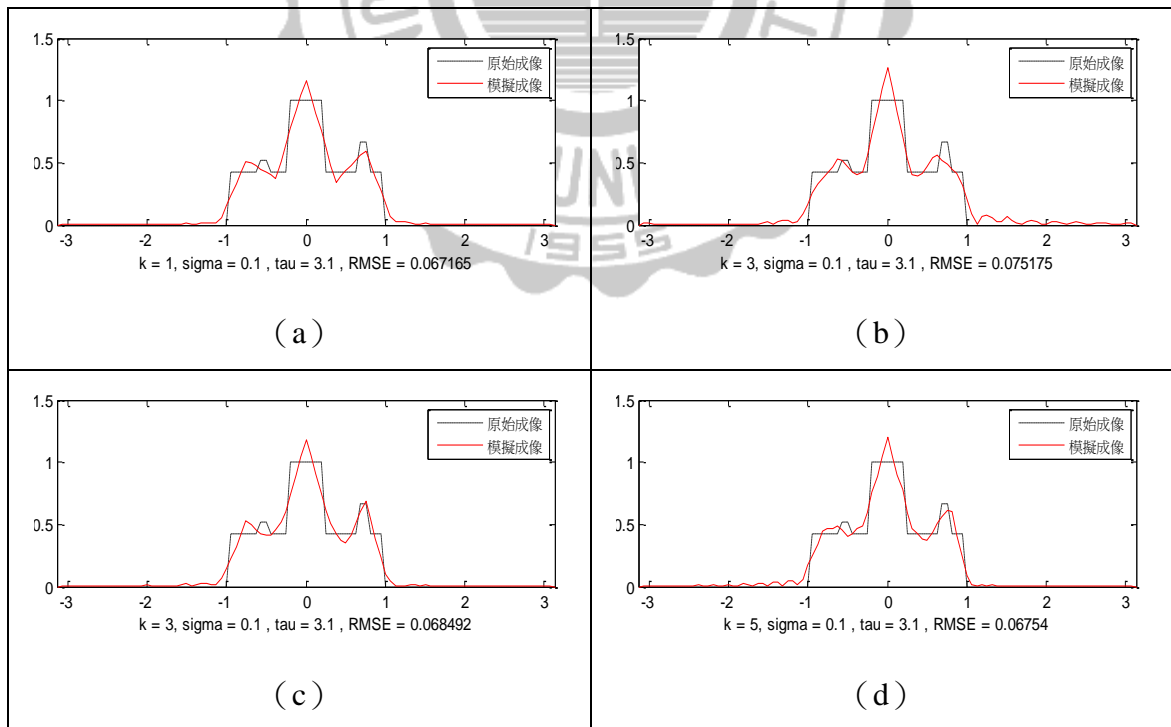


圖 3-57 原始物件 D ( $\tau=3.1$ ): EC 函數取樣最佳成像圖 (a) 取樣 17 點, (b) 取樣 21 點, (c) 取樣 25 點, (d) 取樣 31 點。

將原始物件 D 傅立葉轉換後取樣，並用各種不同的基底函數進行影像重建，分別依照  $\tau$  值的不同，進行綜合展示於表 3-13~3-15，其中由於 EC 函數  $\tau$  值的選擇與其它函數有所差異，故將其獨立於表 3-16 分析如下：

一、基底函數小結：

- (一) 正弦、餘弦函數、餘弦函數，影像重建效果相當差，所以在此不予討論。
- (二) 以辛克函數而言，良好的成像會集中於某一區塊，由於原始物件 D 突起訊號過多，故取樣點數增多時，反而 RMSE 值  $< 0.05$  紅色的區塊較少，但唯一不變的是， $k$  值的選取將越取越大。
- (三) SS 函數，是辛克函數的變形，影像重建的效果如用 RMSE 值比較，可發現與辛克函數成像不相上下，且同樣具有辛克函數的特性，當取樣點數愈多時， $k$  值的選取也要越取越大。
- (四) CS 函數，是餘弦週期性函數結合辛克函數的變形，在影像重建的效果上，成像效果與辛克函數類似，由於受週期性函數的影響，其差距在最佳成像圖 3-45~3-57 上，用肉眼無法明確分辨出成像差異。以 CS 函數而言，良好的成像區塊範圍較窄，又因原始物件 D 城堡突起訊號過多，故取樣點數增多時，反而 RMSE 值  $< 0.05$  紅色的區塊出現的頻率較不一定，但同樣具有右移的特性，且當取樣點數增多時， $k$  值的選取也要越取越大。
- (五) 高斯函數與 GC 函數，因原始物件 D 城堡突起訊號過多，所以 RMSE 值界於 0.05-0.1 之間以黃色區塊表示之。且黃色區塊範圍較上述其它函數更為寬廣。以 GC 函數而言， $k$  值選取與取樣點數多寡成正比，但  $k > 5$  以上，成像不佳； $\sigma$  值的選取也與取樣點數多寡成正比。
- (六) EC 函數是指數函數與週期性函數的結合， $\tau$  值的選取與其它函數不同，估測原始物件位置範圍越寬越好；且取樣點數增加，良好成像區塊範圍會越來越大，也因原始物件 D 城堡突起訊號過多，所以 RMSE 值界於 0.05-0.1 之間以黃色區塊為主。當  $k$  值  $> 5$  以上，成像不佳，故將  $k$  值呈現範圍取 1-5 之間，成像效果較佳，但其最佳成像還是較其它函數成像略遜，取樣點數越多越好

(見表 3-16)。

二、綜合比較-表 3-13~3-15 (辛克函數、SS 函數、CS 函數、高斯函數、GC 函數)：

- (一) 原始物件 D 影像寬度範圍界於[-1;1]之間範圍偏小，取樣點數越少越好。
- (二)  $\tau$  值選擇方面，越接近原始物件，成像效果越好；當取樣點數越多時， $\tau$  值的選擇須適當的增加，才能重建出接近原始物件的影像。
- (三) 對影像原始物件 D 重建而言，由於該圖形屬城堡突起訊號多的圖形，在影像重建上有一定的難度，但本研究所使用的基底函數也已經可以重建出相似度極高的原始成像，能看出城堡的形狀。



## 伍、以取樣點數作區分-原始物件 E

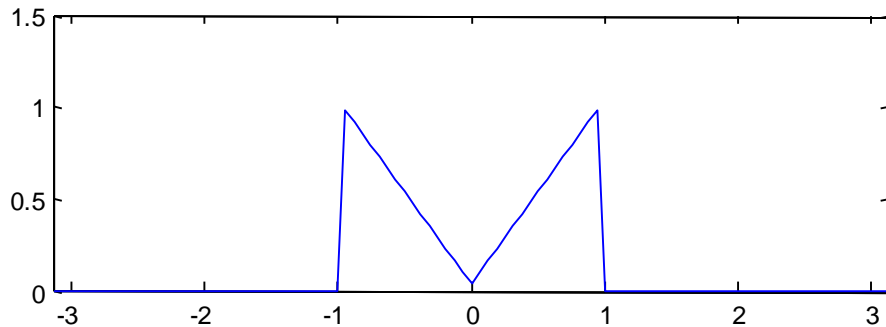


圖 3-58 原始物件 E (兩端三角形訊號圖形)

圖 3-58 原始物件 E 是本論文研究模擬的第五個原始影像物件，影像物件寬度範圍界於 $[-1;1]$ 之間，形狀類似於兩個三角圖形的結合，常使用於模擬影像重建上，是屬於影像模擬中兩端三角形訊號圖形。

由於原始物件 E 相較於本論文其它物件其範圍 $[-1;1]$ 偏小，利用不同基底函數進行反轉換時，因為基底函數的不同，會產生不同的成像與 RMSE 值，本研究利用 RMSE 值進行各種不同基底函數成像上的比較與分析，並以數據的方式呈現，當 RMSE 值 $<0.05$  時，成像效果最佳，使用紅色表示；RMSE 值界於 0.05 至 0.1 之間，使用黃色表示；RMSE 值界於 0.1 至 1 之間，使用綠色表示；RMSE 值 $>1$ ，成像效果極差，使用藍色表示。如表 3-17~3-20。其中各種不同的基底又依照取樣點數的不同進行分類，將各基底函數所產生的最佳成像用如表 3-59~3-71 加以呈現。





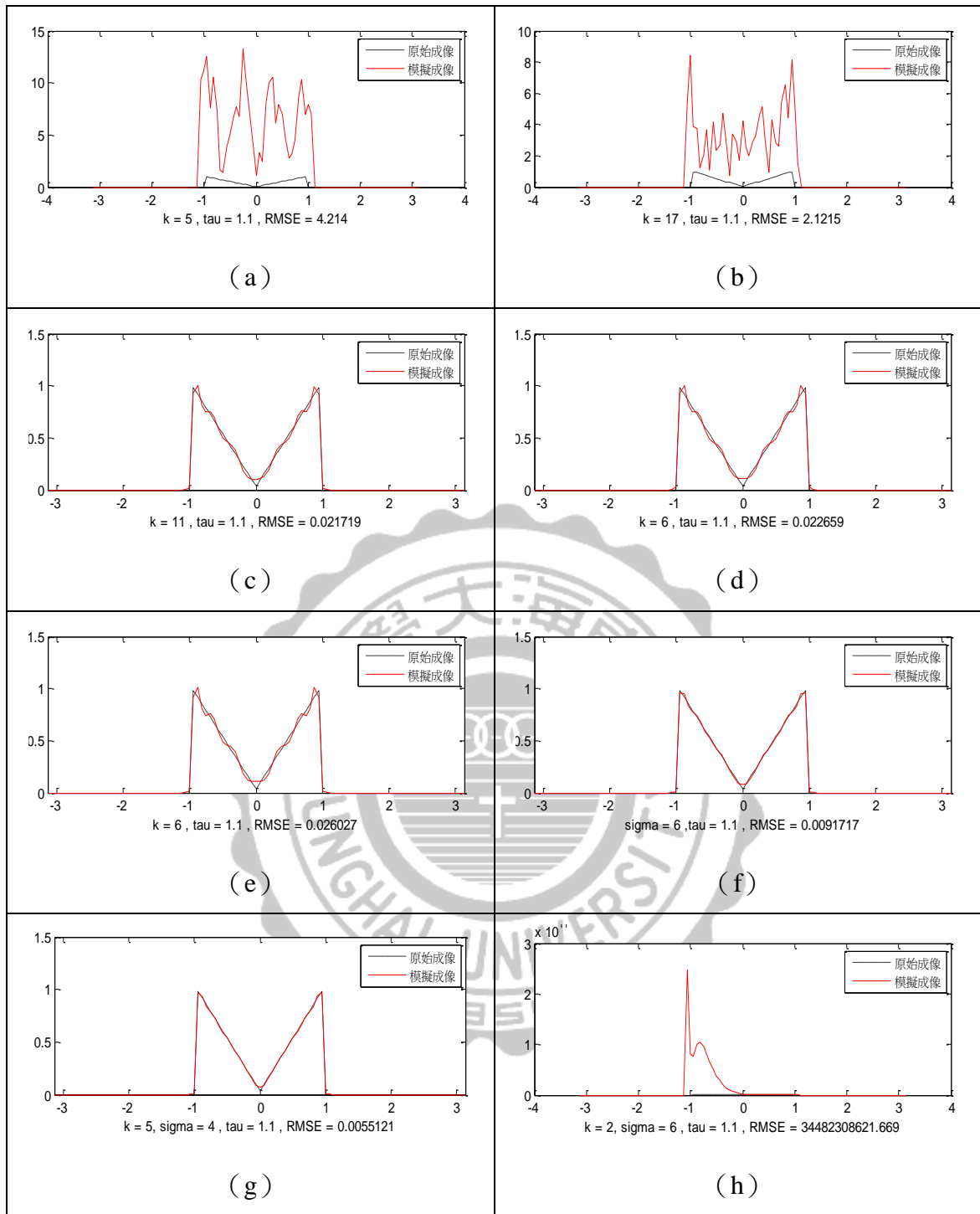


圖 3-59 原始物件 E ( $\tau=1.1$ ): 取樣 17 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

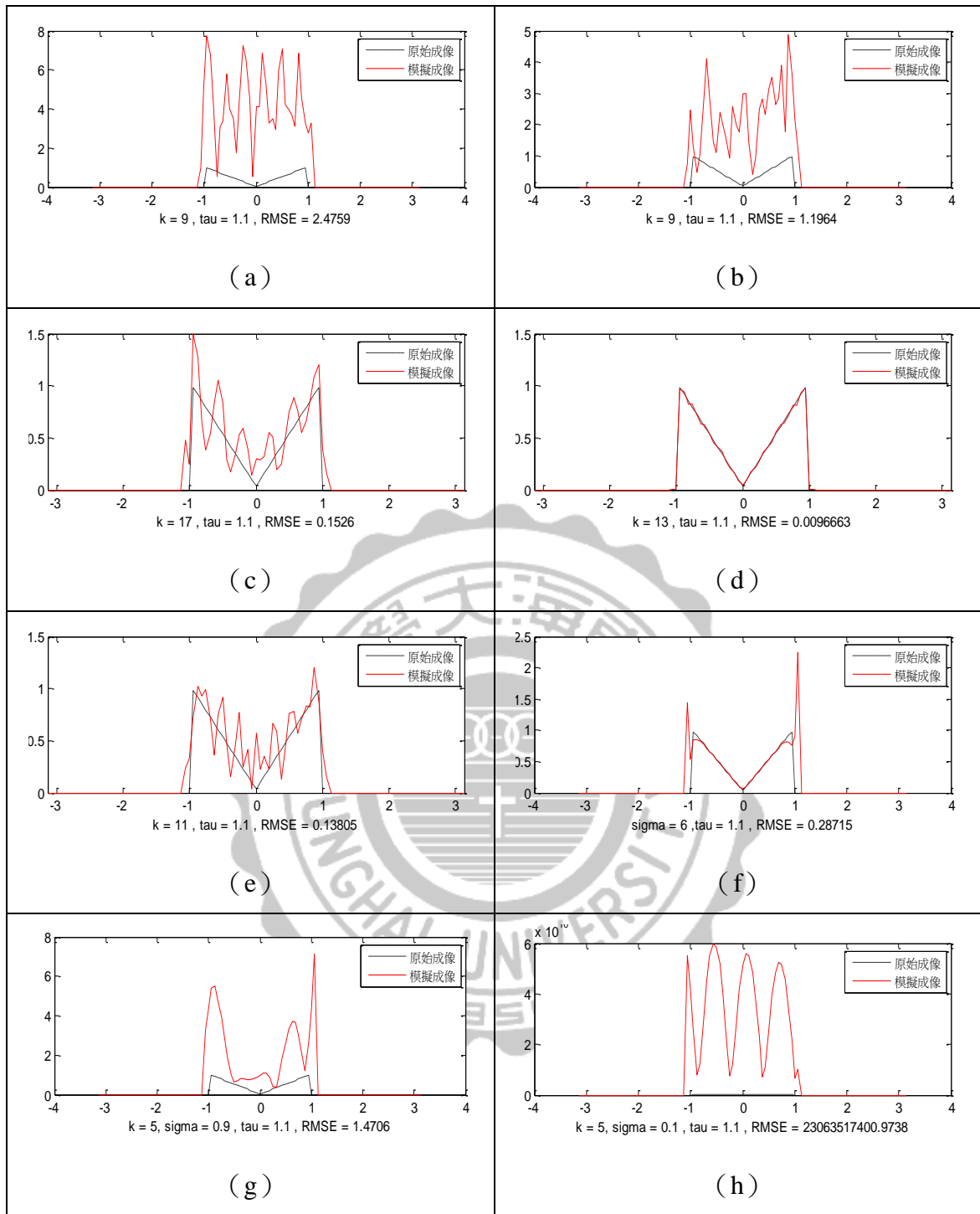


圖 3-60 原始物件 E ( $\tau=1.1$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 (a) 正弦函数, (b) 餘弦函数, (c) 辛克函数, (d) SS 函数, (e) CS 函数, (f) 高斯函数, (g) GC 函数, (h) EC 函数。

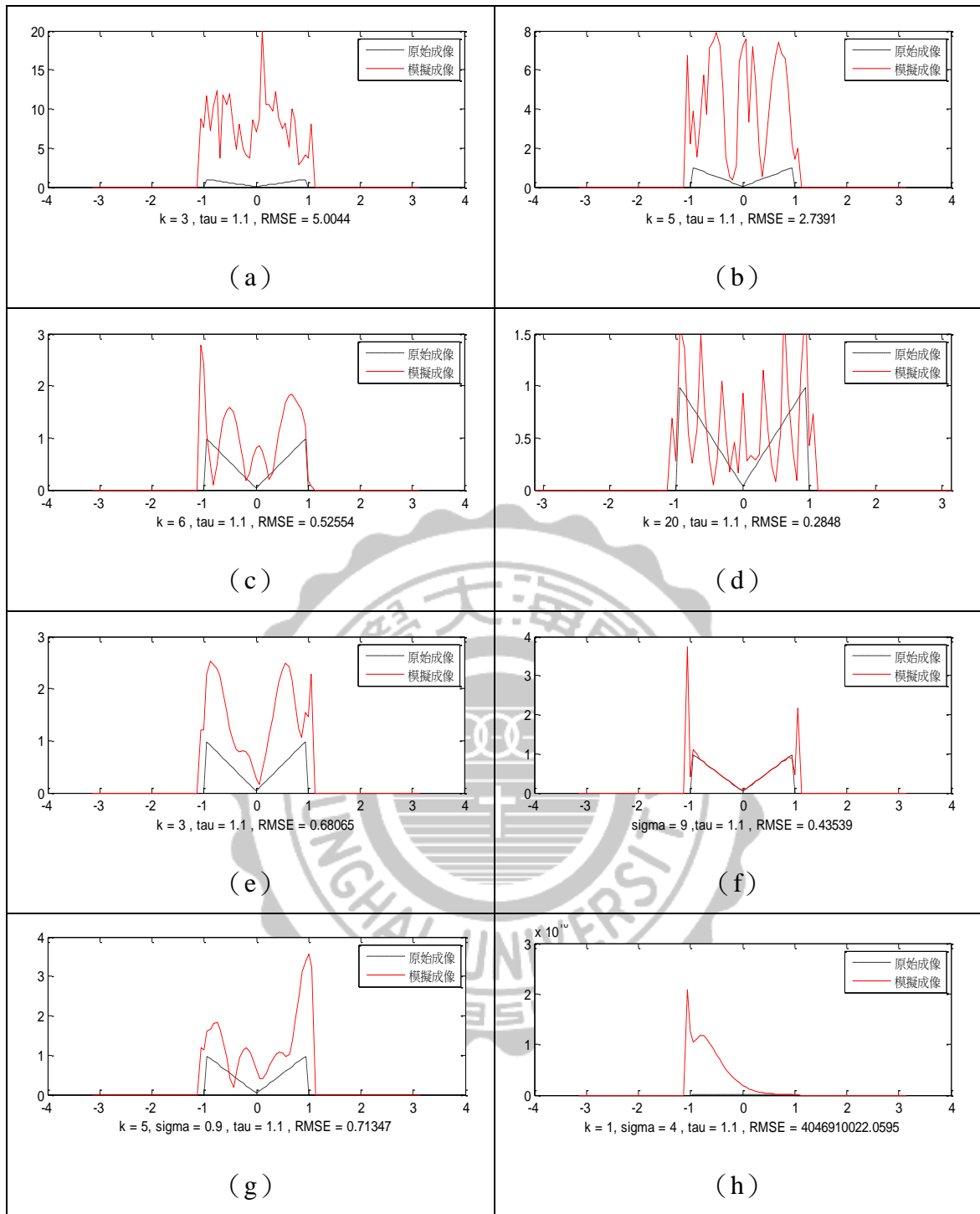


圖 3-61 原始物件 E ( $\tau=1.1$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

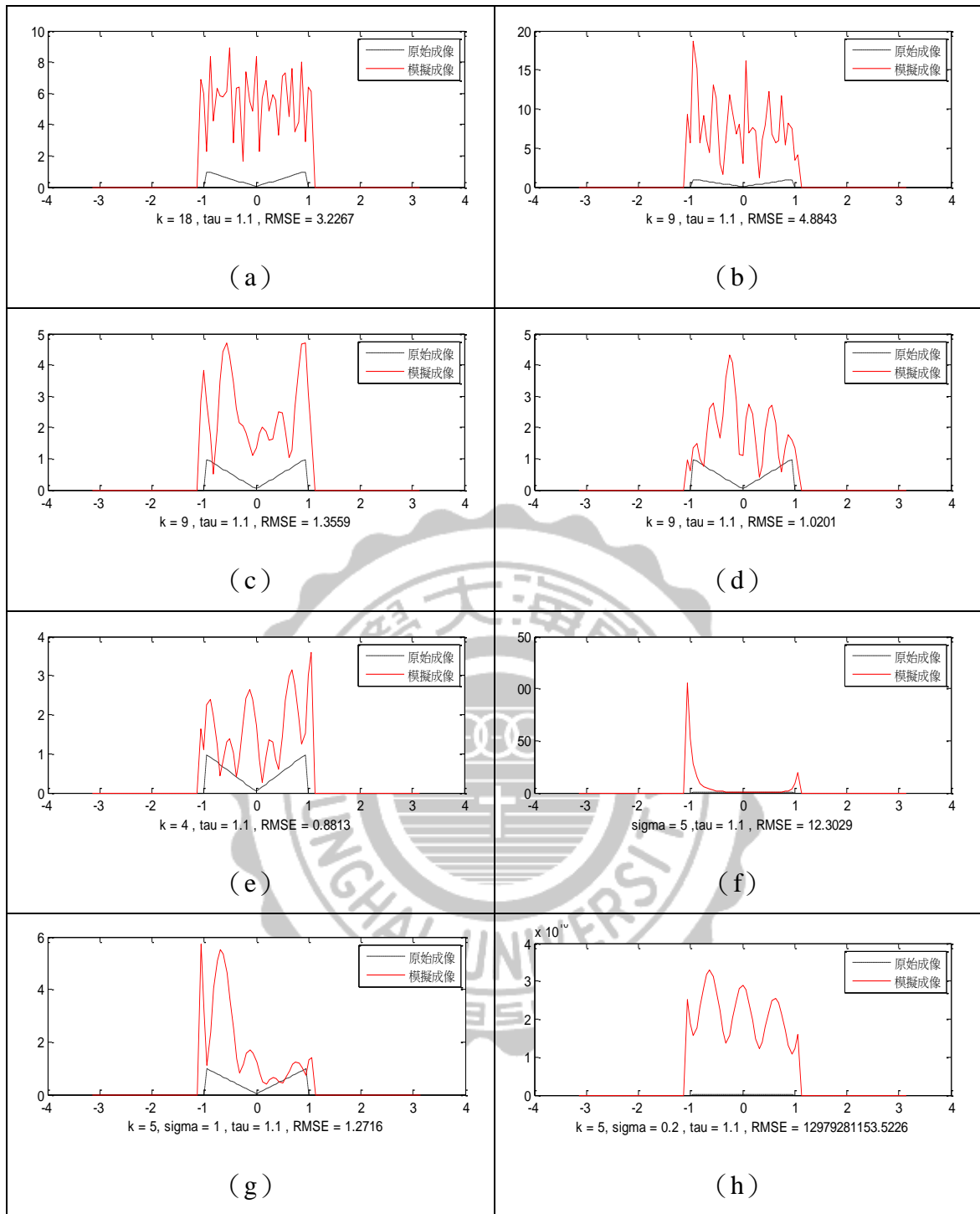


圖 3-62 原始物件 E ( $\tau=1.1$ ): 取樣 31 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

表 3-18 原始物件 E ( $\tau=1.5$ ): RMSE 值比較表

		原始物件E																			
17點		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cos	RMSE	467	2.9861	3.3555	6.828	2.0603	8.1512	19.869	65.047	8.9945	13.169	9.6896	8.9214	3.632	7.4987	13.271	94.145	7.0967	7.2945	13.934	13.135
Sin	RMSE	18	12.266	5.3677	14.335	5.8851	4.2885	6.0321	301.62	5.9209	20.512	7.5775	21.046	9.6217	18.197	15.637	30.011	3.9677	56.62	17.795	
Sinc	RMSE	5023	47.402	0.53	0.1139	0.4114	0.0955	0.077	0.0766	0.0761	0.0755	0.0734	0.0727	0.0722	0.4177	2.0154	0.2512	0.718	5.1695	11.477	37.321
SS	RMSE	20.75	0.384	0.1856	0.0762	0.0751	0.0731	0.074	0.0899	0.0875	0.1024	0.1106	0.1229	0.832	1.0447	2.2687	0.2515	1.1658	8.5165	7.5441	12.361
CS	RMSE	19.55	0.1508	0.1262	0.0766	0.0755	0.0727	0.4177	0.2512	5.1695	37.321	13.756	17.695	48.938	84.306	140.74	99.178	606.7	1123.7	3685.1	1446.3
	Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Gaussian	RMSE	24.71	2.4861	3.7991	0.3724	0.5807	0.4127	0.2599	0.2177	0.1007	0.0778	0.0772	0.0776	0.0766	0.0739	0.072	0.076	0.0903	0.1145	0.1448	
GC K=1	RMSE	0.545	3.2156	0.4582	0.1824	0.1557	0.1767	0.2897	0.0797	0.0772	0.077	0.0773	0.0775	0.0755	0.0725	0.0735	0.0849	0.1083	0.1403	0.1767	
GC K=2	RMSE	0.917	0.1771	0.4107	1.1478	0.0992	0.0776	0.077	0.077	0.0769	0.0769	0.0775	0.0766	0.0749	0.0779	0.0811	0.101	0.1904	0.6096	3.8652	
GC K=3	RMSE	1.015	0.103	0.1761	0.0775	0.077	0.0769	0.0769	0.0768	0.0769	0.0769	0.0775	0.078	0.077	0.0779	0.0859	0.1241	0.2775	1.4083	1.1885	
GC K=4	RMSE	0.272	0.101	0.0772	0.0768	0.0767	0.0767	0.0768	0.0768	0.077	0.0771	0.077	0.1252	0.8339	0.1461	0.1223	0.1171	0.114	0.11	0.1045	
GC K=5	RMSE	0.735	1.4877	0.147	0.0772	0.0767	0.0769	0.0769	0.0772	0.0773	0.0775	0.0826	0.1143	0.1162	0.141	0.1983	0.3821	2.8202	0.2058	0.0963	
EC K=1	RMSE	3E+12	5E+12	8E+12	3E+12	5E+12	7E+12	8E+12	4E+12	5E+12	3E+12	8E+12	1E+12	3E+12	1E+13	2E+13	1E+13	5E+12	5E+12	5E+12	
EC K=2	RMSE	2E+12	2E+12	2E+12	2E+12	4E+12	2E+12	1E+13	4E+12	1E+12	8E+11	2E+13	4E+12	6E+12	5E+12	1E+13	1E+13	5E+12	5E+12	5E+12	
EC K=3	RMSE	2E+12	4E+12	3E+12	9E+11	4E+12	2E+12	3E+12	4E+12	1E+12	6E+12	2E+12	4E+12	1E+13	1E+13	3E+12	2E+13	3E+12	4E+12	6E+12	
EC K=4	RMSE	5E+11	7E+12	1E+13	9E+12	3E+12	7E+12	2E+12	9E+11	4E+12	2E+13	7E+13	1E+13	3E+12	2E+12	4E+13	4E+12	4E+12	1E+13	1E+12	
EC K=5	RMSE	3E+12	2E+12	1E+12	4E+12	4E+12	2E+12	3E+12	4E+12	3E+13	1E+12	1E+12	1E+13	4E+12	1E+13	7E+12	4E+12	7E+12	5E+12	4E+12	
	Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Gaussian	RMSE	4E+05	6395	460.47	3.3282	2.2288	1.6598	0.3634	0.4651	0.192	0.4798	0.4862	0.068	0.0694	0.07	0.0692	0.0672	0.0653	0.0655	0.0696	
GC K=1	RMSE	1645	138.13	4.8973	5.5206	0.8748	1.7535	0.5621	0.4568	0.4185	1.1711	0.0909	0.0684	0.0698	0.0682	0.0662	0.0652	0.0678	0.0751		
GC K=2	RMSE	9.874	1.3339	1.2856	0.5235	8.0707	0.6678	0.4162	0.6684	0.3239	0.2971	0.0675	0.0692	0.0703	0.0784	1.2292	0.2085	0.5998	0.1721	0.1569	
GC K=3	RMSE	0.901	0.6551	0.2167	1.0935	0.8617	0.2296	0.4879	0.1848	0.2077	0.4634	0.0699	0.0781	0.2174	0.0696	0.0654	0.0634	0.0613	0.0593	0.0582	
GC K=4	RMSE	0.528	0.5953	0.5033	0.655	0.3871	0.3999	0.7291	0.3007	0.1842	0.1447	0.1699	2.8088	0.0821	0.0772	0.097	0.6128	0.0784	0.0794	0.1139	
GC K=5	RMSE	0.432	1.4204	0.2702	0.5279	0.576	0.5212	0.4711	1.1832	0.6951	0.20153	0.1713	0.3617	0.0621	0.0565	0.0561	0.056	0.0562	0.0567	0.0579	
EC K=1	RMSE	9E+12	3E+13	1E+13	9E+12	1E+13	2E+13	6E+12	3E+12	9E+12	4E+13	3E+13	5E+12	2E+12	2E+12	2E+12	6E+12	1E+12	2E+12	1E+13	
EC K=2	RMSE	6E+12	2E+13	3E+12	2E+13	5E+13	1E+13	6E+12	4E+12	3E+13	4E+12	7E+12	7E+12	2E+13	4E+12	5E+12	6E+13	4E+12	8E+12	2E+13	
EC K=3	RMSE	3E+12	3E+12	2E+12	4E+11	9E+12	4E+12	1E+13	1E+13	9E+12	6E+12	5E+12	4E+12	4E+12	5E+12	3E+12	3E+13	3E+12	5E+12	3E+13	
EC K=4	RMSE	2E+12	6E+12	6E+12	2E+12	6E+12	4E+12	4E+12	3E+13	5E+12	4E+13	8E+11	3E+12	2E+13	3E+12	8E+12	9E+13	8E+11	6E+12	1E+13	
EC K=5	RMSE	9E+11	7E+11	2E+12	1E+12	2E+12	2E+13	9E+12	2E+12	1E+12	1E+12	5E+12	4E+12	4E+12	6E+12	2E+13	2E+13	2E+13	6E+12	5E+12	
	Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Gaussian	RMSE	8E+06	104587	16473	12322	2539.2	7432.3	531.32	136.37	8.113	10.65	1.1681	0.731	0.4876	0.9696	0.3648	0.2767	0.1726	0.2096	0.2361	
GC K=1	RMSE	2E+05	44903	10190	801.8	368.78	84.21	22.016	4.1929	2.3601	57.321	0.3715	0.6545	0.2604	1.3121	0.3929	0.16	0.1444	0.1512	0.1371	
GC K=2	RMSE	3589	22.095	18.04	7.1812	0.9852	0.3117	2.5495	0.3283	1.2579	0.978	0.4578	0.546	0.6489	0.3057	0.5626	4.5572	18.891	50.164	24.162	
GC K=3	RMSE	326.4	44.225	2.6659	21.652	0.6933	1.2207	0.57	0.4552	0.7069	0.8196	0.3313	1.753	0.9451	0.6495	1.1921	0.3331	1.5122	6.1768	0.5453	
GC K=4	RMSE	0.968	1.4867	1.0797	1.3219	1.0332	1.4528	0.556	0.4188	1.1307	0.4095	0.7958	0.9905	0.4284	1.1996	0.5181	0.2104	1.4822	9.2526	2.7029	
GC K=5	RMSE	8.063	0.656	0.5726	3.1098	0.3684	1.3089	0.3615	0.6669	0.3176	0.4372	1.112	0.8458	0.7936	2.6449	93.665	2.7117	0.4446	0.2193	1.7321	
EC K=1	RMSE	5E+13	3E+13	2E+13	2E+13	1E+14	5E+13	2E+13	7E+13	1E+13	3E+13	3E+13	2E+13	8E+12	3E+13	4E+13	6E+12	2E+13	1E+13	4E+12	
EC K=2	RMSE	4E+13	1E+13	5E+13	1E+14	9E+13	2E+13	3E+13	3E+13	7E+12	7E+13	3E+13	3E+13	9E+12	2E+13	1E+13	1E+14	2E+13	4E+12	3E+13	
EC K=3	RMSE	4E+13	6E+13	1E+13	1E+13	3E+13	5E+12	4E+13	6E+13	2E+13	4E+13	1E+13	2E+13	2E+13	4E+12	5E+12	1E+13	3E+13	7E+12	3E+13	
EC K=4	RMSE	7E+12	6E+12	3E+13	2E+13	3E+13	4E+12	1E+13	1E+13	9E+12	9E+12	1E+13	1E+13	7E+12	1E+13	6E+13	2E+13	1E+12	1E+13	2E+12	
EC K=5	RMSE	4E+13	6E+12	1E+13	1E+13	6E+12	1E+13	1E+13	3E+12	3E+12	2E+13	6E+12	2E+12	1E+13	8E+12	9E+12	3E+12	5E+12	9E+12	5E+13	
	Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Gaussian	RMSE	4E+07	1E+08	5E+07	856211	2E+06	1E+06	1E+06	776672	954192	362272	269.84	53.443	40.847	12.204	6.3465	1.8148	48.86	22.007	24.311	
GC K=1	RMSE	3E+06	8E+06	3E+06	2E+06	2E+06	487916	7E+06	248347	55672	7180.6	307.94	6.0892	2.0098	1.2097	12.186	3.5559	5.3521	12.266	128.71	
GC K=2	RMSE	2E+06	137236	144379	25766	71101	397.73	2952.1	336.99	352.59	375.41	2.738	2.3645	0.5349	2.2723	15.313	888.87	43544	23372	6462.4	
GC K=3	RMSE	12598	4643.9	44258	3808.1	289.25	426.66	43.172	36.514	4.141	2.9093	0.4571	2.1734	1.1611	0.6215	0.6342	0.9234	13.302	41.041	487.18	
GC K=4	RMSE	4220	1900.3	61.25	76.395	60.439	8.5556	1.5065	2.1844	0.9243	1.7597	1.0776	8.635	0.8983	6.3982	0.7744	2.5892	8.445	14.593	109.24	
GC K=5	RMSE	709.2	147.48	7.0114	2.6718	5.685	0.8813	1.5324	4.9409	0.9073	0.7507	1.0211	1.5887	1.3994	2.224	4.9962	178.88	864.44	620.27	1729.3	
EC K=1	RMSE	3E+12	9E+12	9E+12	9E+12	6E+12	2E+13	3E+13	8E+12	1E+12	2E+12	4E+12	2E+12	6E+12	6E+12	3E+12	2E+12	9E+11	2E+12	3E+12	
EC K=2	RMSE	2E+12	3E+12	3E+12	2E+13	6E+12	2E+12	1E+13	3E+12	1E+13	2E+13	9E+12	2E+12	1E+13	7E+12	3E+12	3E+12	9E+12	1E		

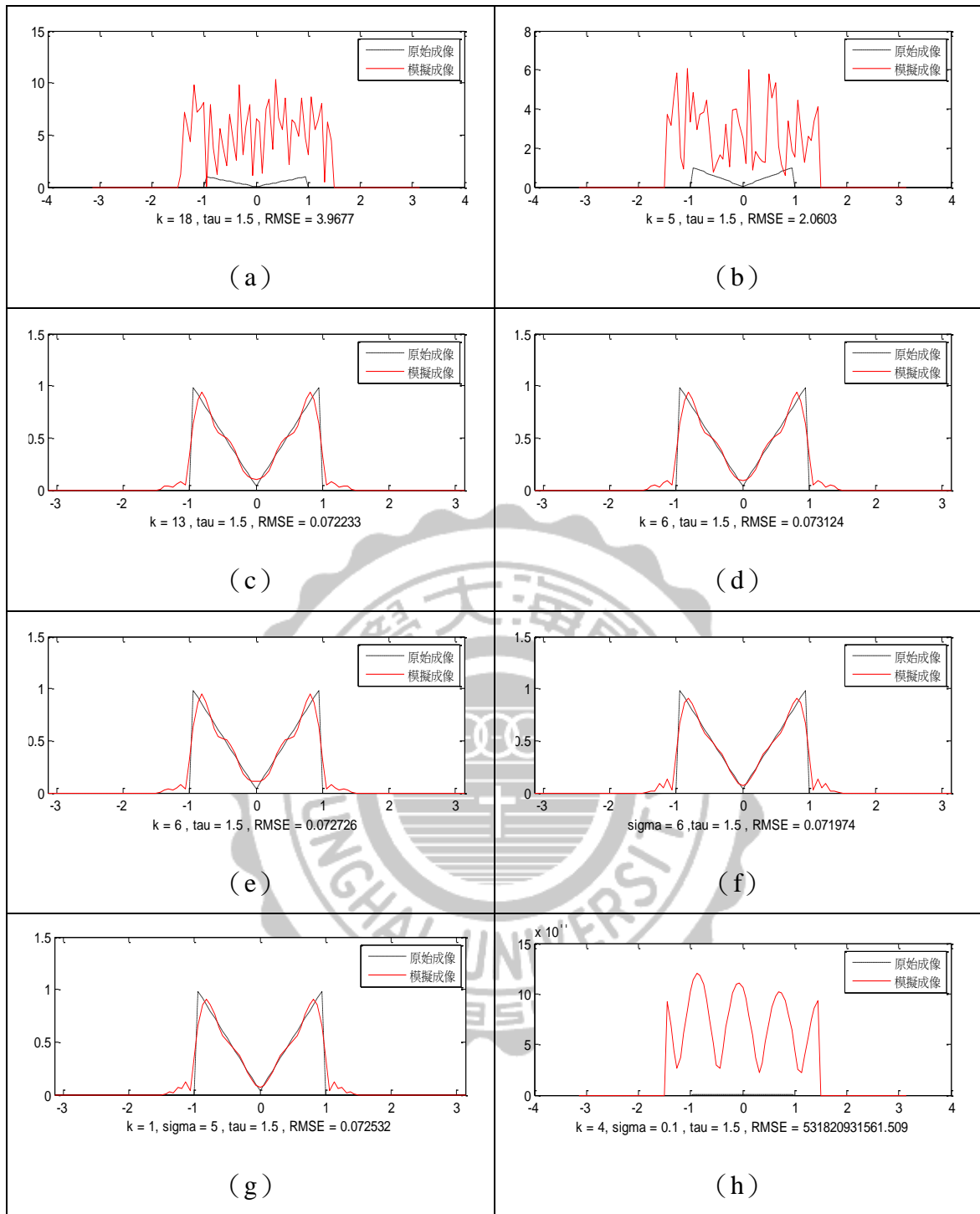


圖 3-63 原始物件 E ( $\tau=1.5$ ): 取樣 17 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

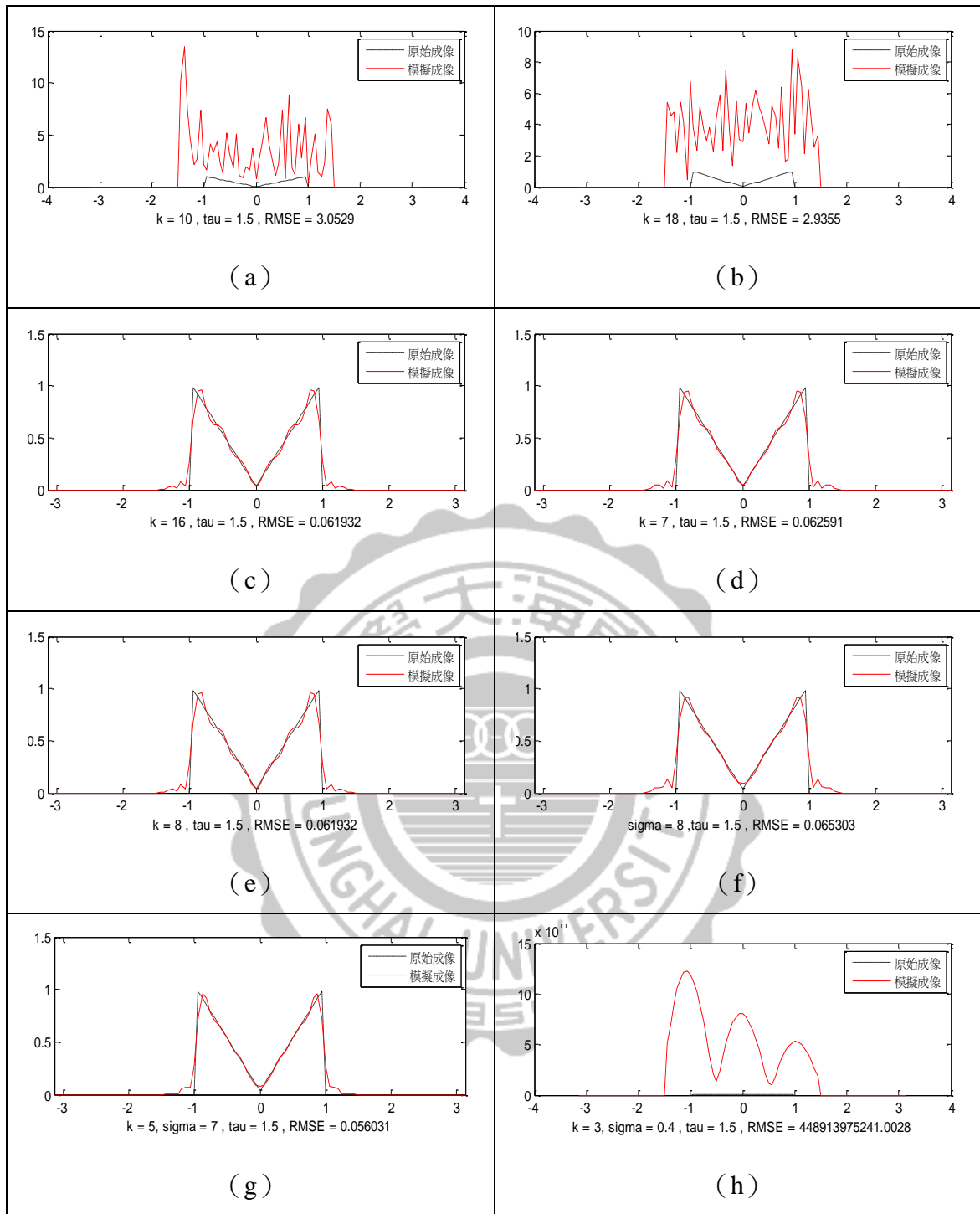


圖 3-64 原始物件 E ( $\tau=1.5$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

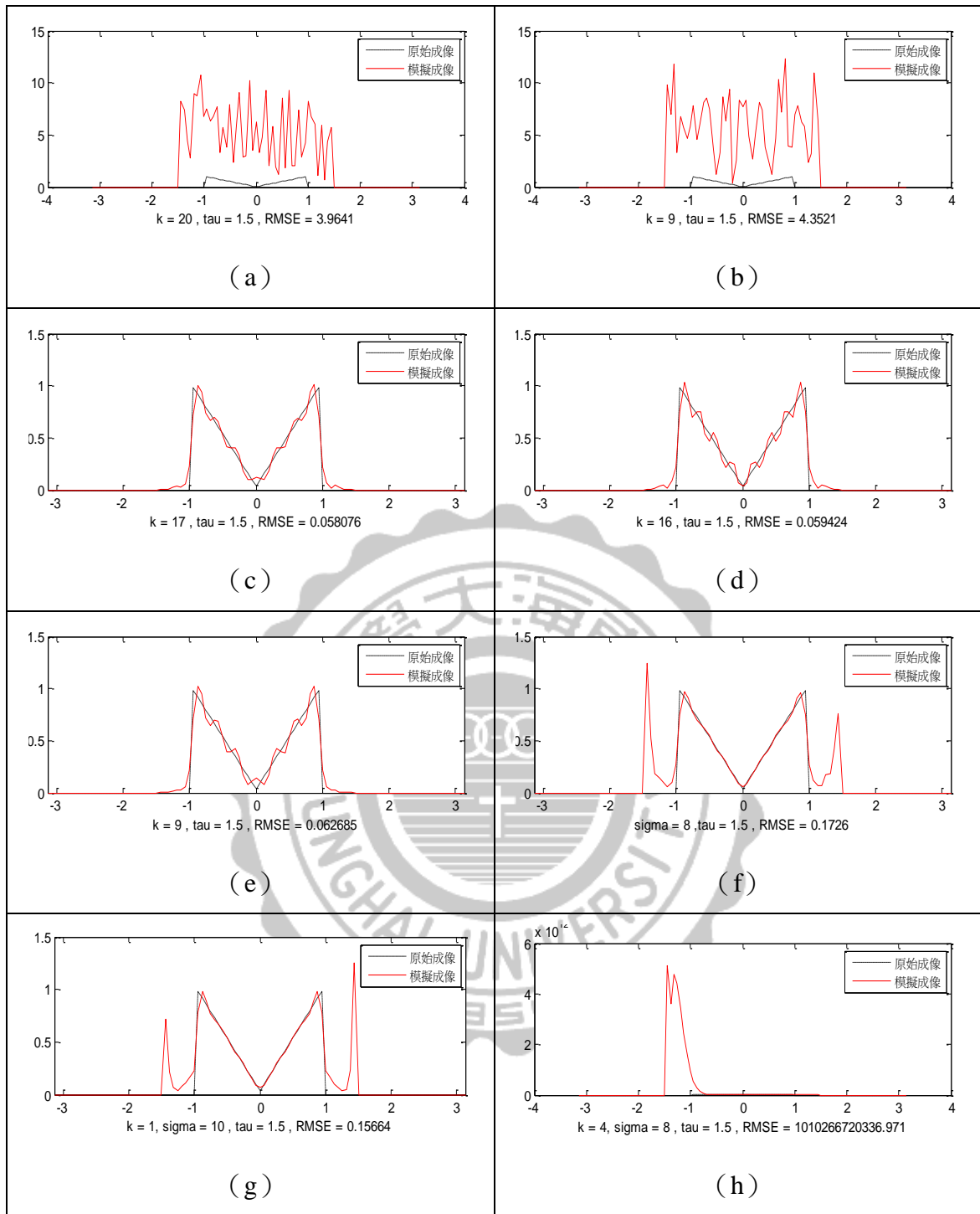


圖 3-65 原始物件 E ( $\tau=1.5$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。



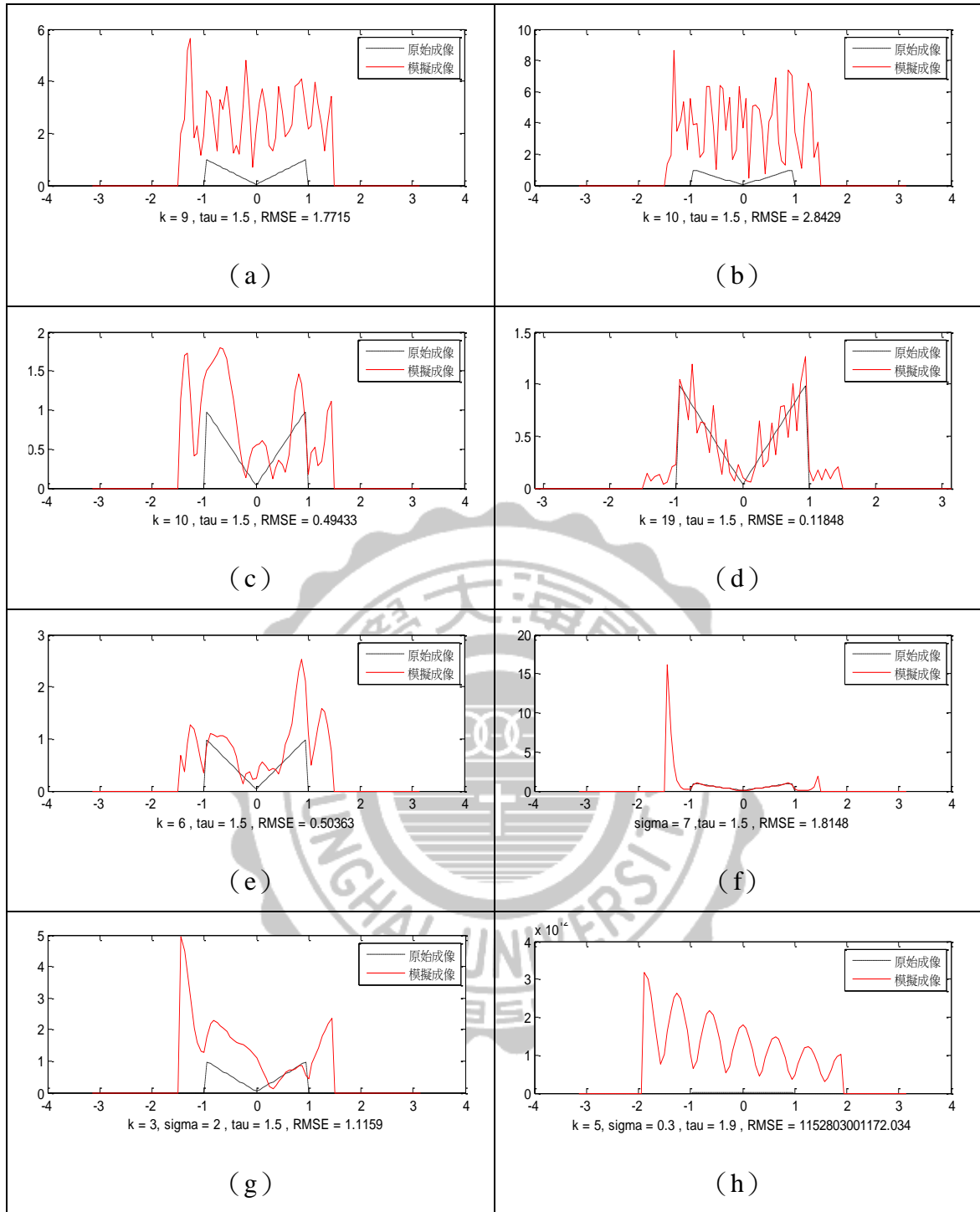


圖 3-66 原始物件 E ( $\tau=1.5$ ): 取樣 31 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

表 3-19 原始物件 E ( $\tau=1.9$ ): RMSE 值比較表

		原始物件E																			
17點		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cos	RMSE	28.79	35.163	14.457	80.18	11.388	3.1765	12.093	38.954	13.851	19.021	6.1994	17.785	4.106	6.8749	12.649	29.781	17.706	18.644	6.2996	12.06
Sin	RMSE	33.59	7.6331	7.8838	16.005	18.803	26.257	12.212	13.926	8.3169	11.323	2.9814	14.37	4.6139	11.069	7.6556	12.307	29.455	9.7337	10.649	9.6622
Sinc	RMSE	14863	79.983	4.7532	0.29	0.1014	0.099	0.0967	0.0944	0.0915	0.0875	0.0844	0.0998	0.1769	0.2631	0.2353	0.2374	0.4325	0.457	0.5918	1.0098
SS	RMSE	51.86	0.1323	0.0995	0.1221	0.0867	0.1324	0.1217	0.2107	0.1854	0.1443	0.1386	0.1456	0.2583	0.3384	0.3328	0.3803	0.5893	0.639	0.8202	1.411
CS	RMSE	67.96	0.1523	0.099	0.0944	0.0875	0.0998	0.2631	0.2374	0.457	1.0098	2.5398	1.3364	5.0115	9.0012	15.364	14.807	8.9411	16.43	169.51	66.21
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	205.8	19.359	0.1953	0.5947	0.123	0.0996	0.0989	0.0983	0.0977	0.0973	0.0966	0.1	0.1048	0.1095	0.1136	0.1171	0.12	0.1222	0.124	
GC K=1	RMSE	181.7	0.1454	0.1318	0.1007	0.0994	0.0986	0.0979	0.0974	0.0969	0.0966	0.0973	0.1018	0.107	0.1117	0.1157	0.119	0.1217	0.1238	0.1251	
GC K=2	RMSE	0.556	0.1397	0.0999	0.0989	0.0981	0.0974	0.0968	0.0964	0.0961	0.0959	0.0986	0.1048	0.111	0.1164	0.1207	0.1226	0.1232	0.1237	0.1241	
GC K=3	RMSE	0.145	0.0994	0.0982	0.0973	0.0966	0.0961	0.0958	0.0956	0.0956	0.0956	0.1009	0.1085	0.1076	0.1465	0.1306	0.1248	0.1213	0.1189	0.1171	
GC K=4	RMSE	0.098	0.097	0.0961	0.0956	0.0952	0.095	0.0951	0.0953	0.0956	0.0961	0.1048	0.1198	0.1219	0.1152	0.1094	0.1048	0.1025	0.1091	0.1746	
GC K=5	RMSE	0.095	0.0943	0.094	0.094	0.0942	0.0947	0.0954	0.0962	0.0972	0.0983	0.1138	0.2475	0.1478	0.1249	0.1124	0.1043	0.0994	0.0942	0.0906	
EC K=1	RMSE	8E+10	4E+11	2E+11	7E+10	1E+11	5E+10	1E+11	1E+11	7E+10	9E+10	2E+11	8E+10	6E+11	4E+10	2E+11	8E+10	8E+10	8E+10	3E+11	
EC K=2	RMSE	2E+10	3E+10	6E+10	2E+10	5E+10	5E+11	4E+10	5E+11	2E+11	2E+11	5E+11	5E+09	1E+11	8E+10	2E+12	2E+11	3E+10	1E+11	2E+10	
EC K=3	RMSE	3E+10	3E+10	1E+10	3E+10	6E+10	1E+10	7E+10	9E+10	1E+10	2E+10	1E+11	6E+10	8E+10	1E+10	8E+10	3E+10	1E+11	1E+11	8E+10	
EC K=4	RMSE	1E+10	1E+10	5E+09	4E+09	1E+11	6E+10	2E+11	1E+10	6E+10	7E+09	5E+10	2E+11	1E+11	1E+11	1E+10	1E+10	2E+11	3E+11	2E+11	
EC K=5	RMSE	4E+10	3E+10	2E+10	7E+10	2E+10	4E+11	6E+10	1E+10	2E+10	7E+09	4E+10	3E+10	1E+10	2E+10	9E+10	6E+10	9E+10	1E+11	7E+10	
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	2E+05	7077.2	2332.3	68.281	750.29	81.743	0.8471	0.5933	0.3016	0.3001	0.0831	0.083	0.0825	0.0816	0.0812	0.0829	0.0891	0.1024	0.1247	
GC K=1	RMSE	19149	1168.8	23.734	64.551	1.3724	0.9244	0.7863	0.372	0.1073	0.0845	0.0831	0.0829	0.0822	0.0813	0.0816	0.0853	0.095	0.1131	0.1409	
GC K=2	RMSE	576.8	1.2908	0.4664	0.2346	0.9324	0.5712	0.0919	0.083	0.083	0.083	0.0831	0.0826	0.0816	0.0814	0.0851	0.0978	0.1281	0.2022	0.382	
GC K=3	RMSE	2.045	4.7095	0.5428	0.3585	0.0913	0.083	0.083	0.083	0.083	0.0831	0.083	0.0822	0.0812	0.0835	0.0925	0.1037	0.1191	0.1391	0.163	
GC K=4	RMSE	1.493	0.1485	0.3556	0.0833	0.0829	0.083	0.083	0.083	0.083	0.0829	0.0816	0.0825	0.0854	0.0956	0.1346	0.2528	0.6256	2.7938		
GC K=5	RMSE	0.388	0.1766	0.0831	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.0825	0.0811	0.2979	0.2094	0.2223	0.2437	0.2666	0.2963	0.3271		
EC K=1	RMSE	2E+11	7E+11	2E+12	1E+12	2E+12	4E+11	7E+11	1E+13	3E+13	3E+11	4E+11	2E+11	6E+11	5E+11	3E+11	2E+12	5E+11	1E+12	5E+11	
EC K=2	RMSE	6E+11	3E+11	1E+12	9E+11	1E+12	6E+11	1E+12	4E+11	2E+11	3E+11	9E+12	7E+11	2E+11	2E+11	3E+11	2E+12	4E+11	3E+12	1E+11	
EC K=3	RMSE	2E+11	1E+11	6E+11	3E+11	4E+11	3E+11	4E+11	5E+11	3E+11	1E+12	5E+11	9E+11	1E+12	5E+11	3E+11	2E+12	1E+12	3E+12	2E+12	
EC K=4	RMSE	5E+10	5E+11	8E+11	9E+11	8E+11	7E+11	2E+11	2E+12	5E+11	1E+12	1E+12	9E+11	3E+11	6E+11	4E+11	2E+12	5E+11	3E+12	4E+11	
EC K=5	RMSE	6E+10	3E+11	2E+11	3E+11	1E+11	2E+12	2E+12	5E+11	2E+11	1E+11	5E+11	4E+11	8E+11	1E+12	2E+11	9E+11	4E+11	9E+11	8E+11	
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	4E+06	7E+07	1E+06	126479	3340.8	349.53	63.477	18.472	210.62	170.1	1.248	0.074	0.0735	0.0733	0.0745	0.0786	0.087	0.101	0.1215	
GC K=1	RMSE	5E+07	8E+06	84353	1540	120.03	22.176	58.435	4.6889	26.855	4.9045	0.077	0.0739	0.0733	0.0735	0.0759	0.0819	0.0931	0.1105	0.1348	
GC K=2	RMSE	50468	1199.8	40.437	3.3333	2.8557	1.8458	0.7193	0.4957	0.2758	0.1227	0.0743	0.0737	0.0732	0.0745	0.0798	0.0915	0.1113	0.1403	0.1801	
GC K=3	RMSE	1125	12.924	3.0726	1.5479	0.5135	0.7	0.3445	0.2742	0.3044	0.2247	0.0742	0.0735	0.0735	0.0769	0.0873	0.4591	1.1676	0.1416	0.1583	
GC K=4	RMSE	3.648	0.3713	0.2737	0.5059	0.3382	1.6391	0.5493	0.1635	0.0888	0.0754	0.0741	0.0733	0.0745	0.0821	0.1178	0.1435	0.2225	0.5015	2.3762	
GC K=5	RMSE	1.515	0.5787	0.709	1.2422	0.105	0.1659	0.0873	0.0751	0.0744	0.0744	0.0739	0.0733	0.0779	0.1396	0.264	0.2618	0.273	0.2906	0.3104	
EC K=1	RMSE	4E+12	7E+11	2E+13	1E+12	2E+12	2E+12	3E+12	3E+12	2E+12	2E+12	4E+12	3E+11	1E+12	2E+12	3E+11	2E+12	2E+13	3E+13	5E+12	
EC K=2	RMSE	4E+12	3E+12	2E+12	3E+12	1E+13	9E+11	4E+12	2E+12	5E+11	9E+11	1E+12	4E+12	1E+12	7E+11	2E+12	2E+12	3E+13	1E+13	7E+12	
EC K=3	RMSE	1E+13	1E+11	1E+12	2E+12	5E+12	9E+11	2E+12	2E+12	4E+12	3E+12	1E+12	1E+11	2E+12	1E+11	8E+11	2E+13	4E+13	4E+12	7E+12	
EC K=4	RMSE	1E+12	5E+11	3E+12	2E+12	1E+12	1E+12	2E+12	1E+12	4E+11	9E+11	6E+11	2E+11	2E+12	3E+11	2E+12	1E+14	1E+13	9E+12	4E+12	
EC K=5	RMSE	2E+11	2E+11	7E+11	2E+11	1E+12	5E+11	5E+11	5E+11	3E+11	1E+12	2E+12	4E+11	6E+11	9E+11	3E+12	5E+13	1E+13	7E+12	3E+12	
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	4E+08	1E+08	4E+09	7E+08	2E+08	1E+08	3E+07	1E+07	700624	282775	3147.9	10.088	0.2065	0.2355	0.089	0.0641	0.065	0.0657	0.0707	
GC K=1	RMSE	2E+08	3E+08	3E+08	1E+08	8E+07	2E+07	274625	403276	119968	11338	71.525	0.7643	0.1544	0.076	0.0716	0.0668	0.0649	0.0694	0.0803	
GC K=2	RMSE	9E+07	4E+07	4E+06	696564	46331	9604.1	6024.6	626.83	118.05	384.95	1.114	0.8776	0.089	0.0662	0.0637	0.0639	0.0676	0.1407	0.6769	
GC K=3	RMSE	2E+06	555539	463996	16775	1321.7	666.26	39.622	31.617	159.56	48.757	0.4456	0.3047	0.0832	0.1088	0.7044	13.477	72.561	629.01	1602.8	
GC K=4	RMSE	62009	69165	669.87	227.52	5.8429	31.002	27.762	9.5801	10.704	0.6001	0.5594	0.1481	0.293	0.1555	0.5977	0.471	122.57	356.05	654.51	
GC K=5	RMSE	25314	59.255	7.6259	0.9644	3.9224	10.836	0.5344	0.5866	0.452	0.5821	0.3764	0.3385	0.5001	0.5518	1.2829	0.3834	3.3777	1.9868	26.079	
EC K=1	RMSE	1E+12	2E+12	2E+12	3E+12	1E+13	2E+12	2E+12	5E+12	1E+13	1E+13	4E+12	3E+12	9E+12	6E+12	2E+12	2E+12	2E+12	1E+13	2E+12	
EC K=2	RMSE	7E+12	3E+12	7E+12	1E+13	4E+12	3E+12	4E+12	8E+12	3E+12	4E+12	7E+12	2E+12	4E+12	9E+11	2E+12	2E+12	5E+12	1E+12		

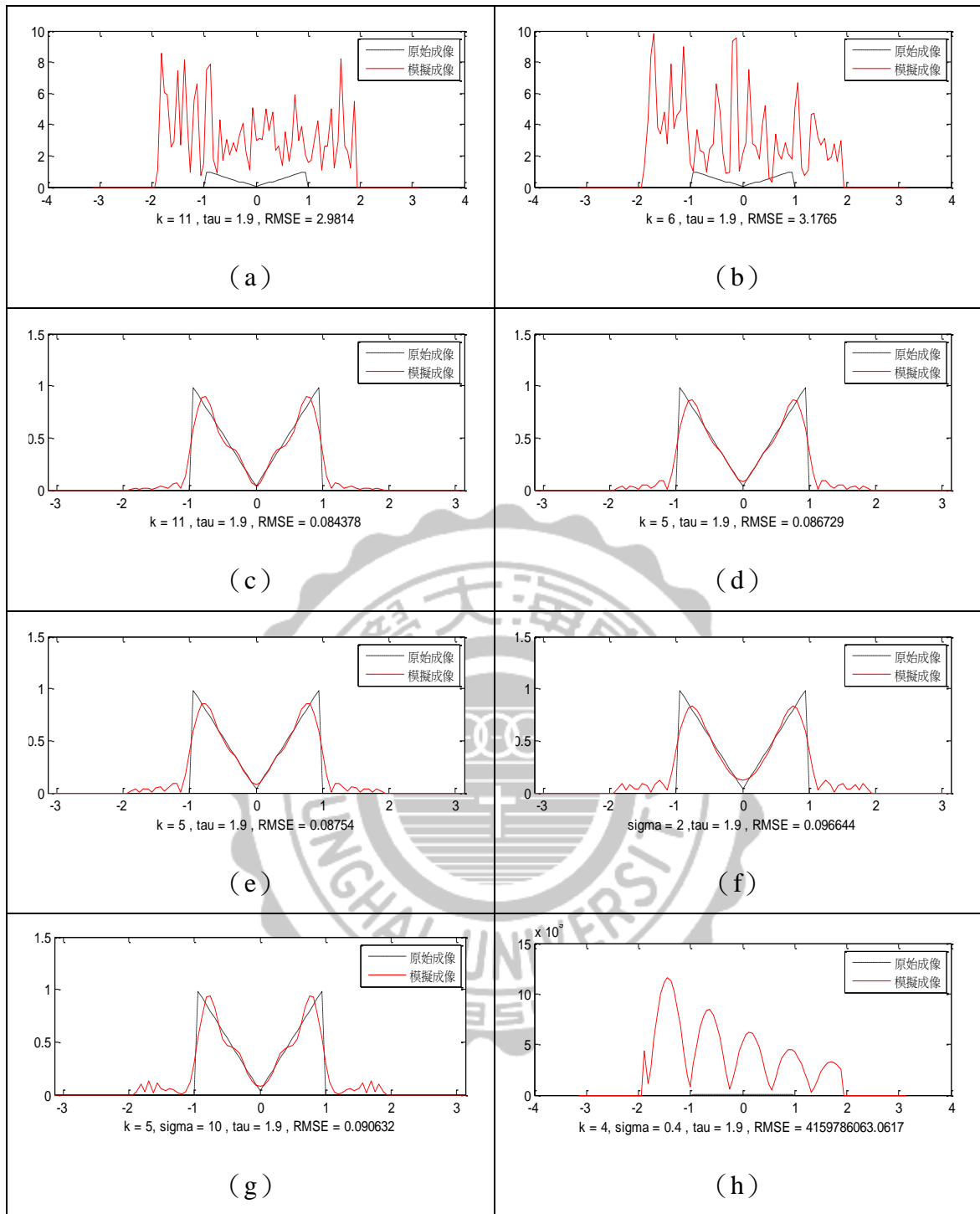


圖 3-67 原始物件 E ( $\tau=1.9$ ): 取樣 17 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

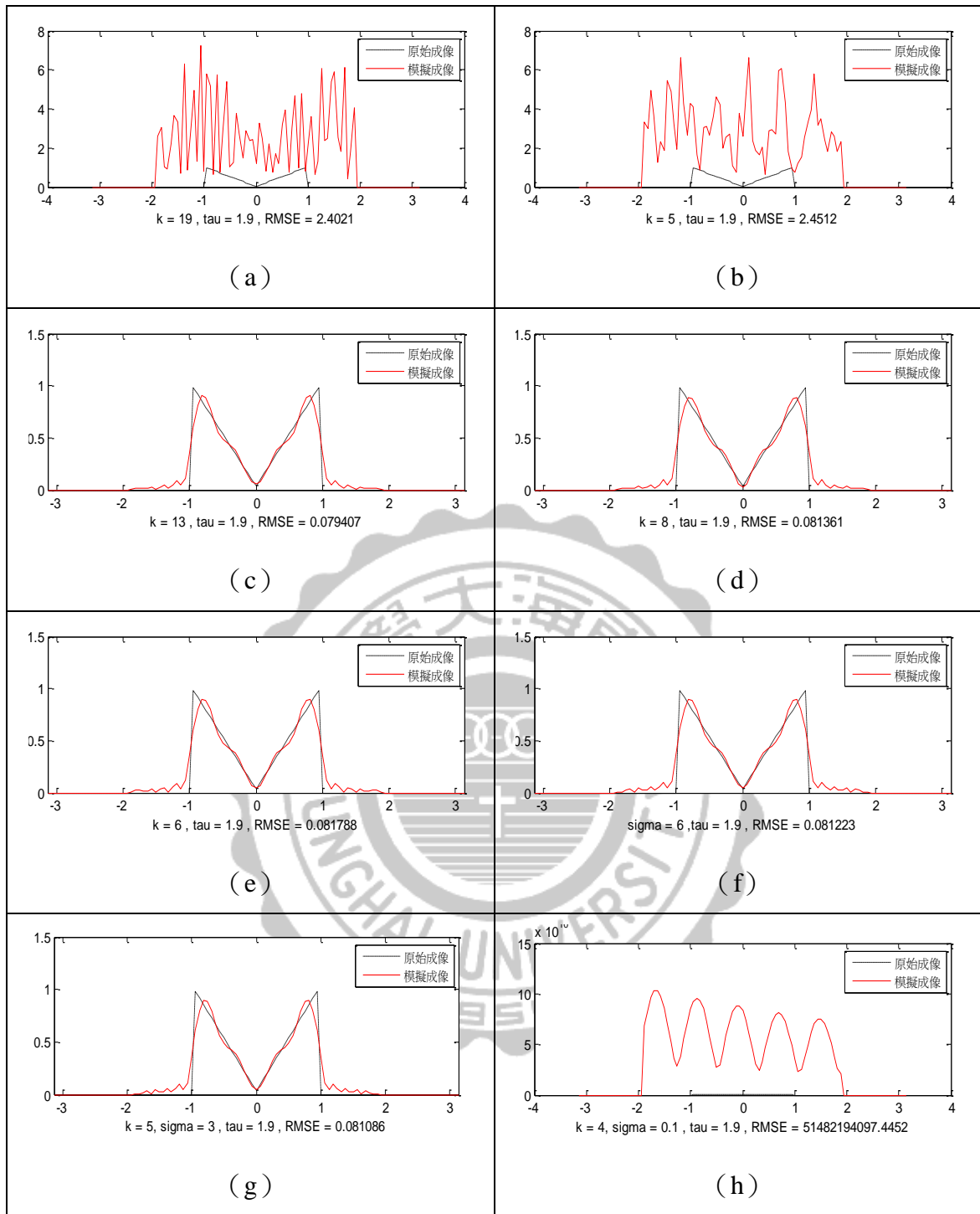


圖 3-68 原始物件 E ( $\tau=1.9$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

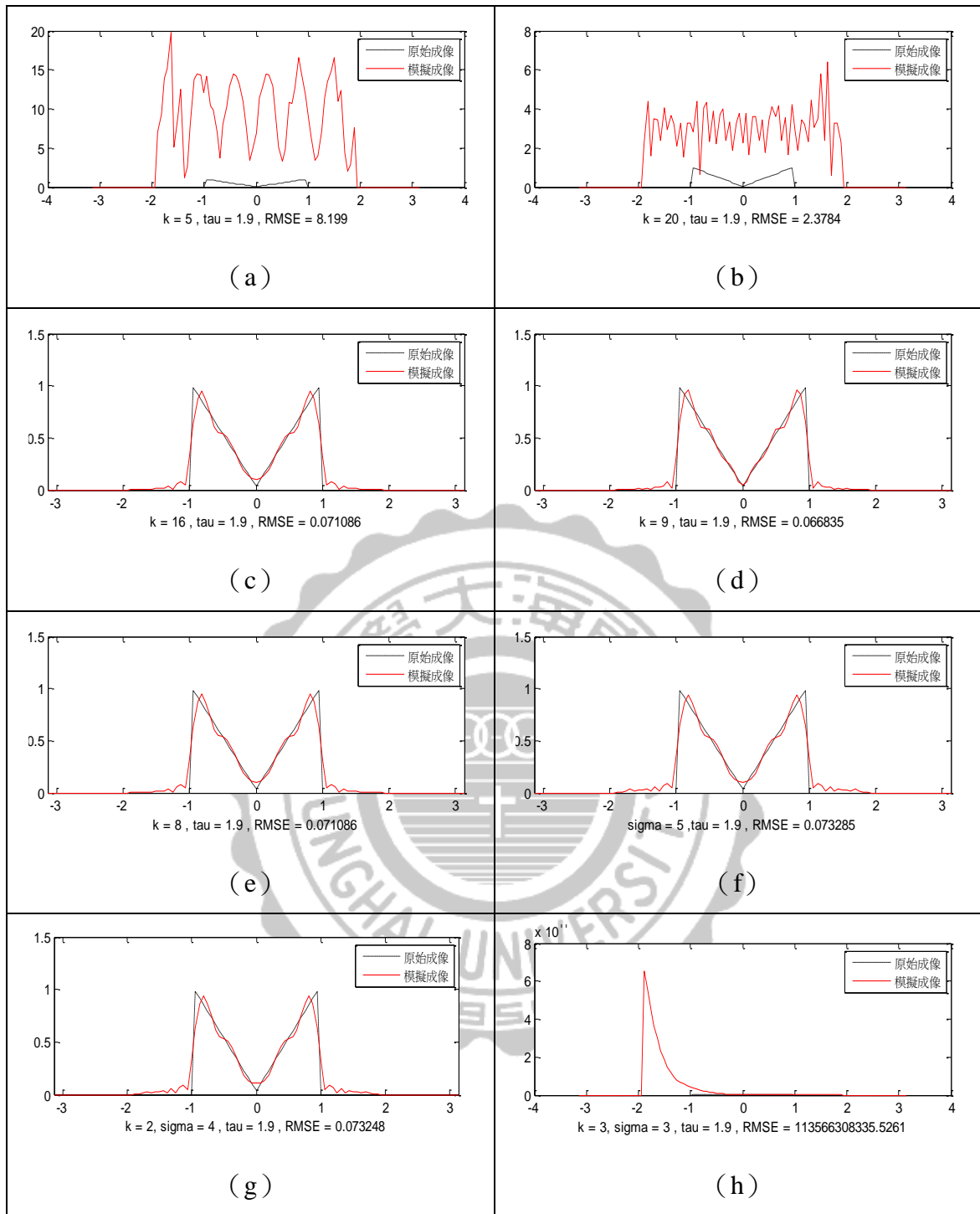


圖 3-69 原始物件 E ( $\tau=1.9$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

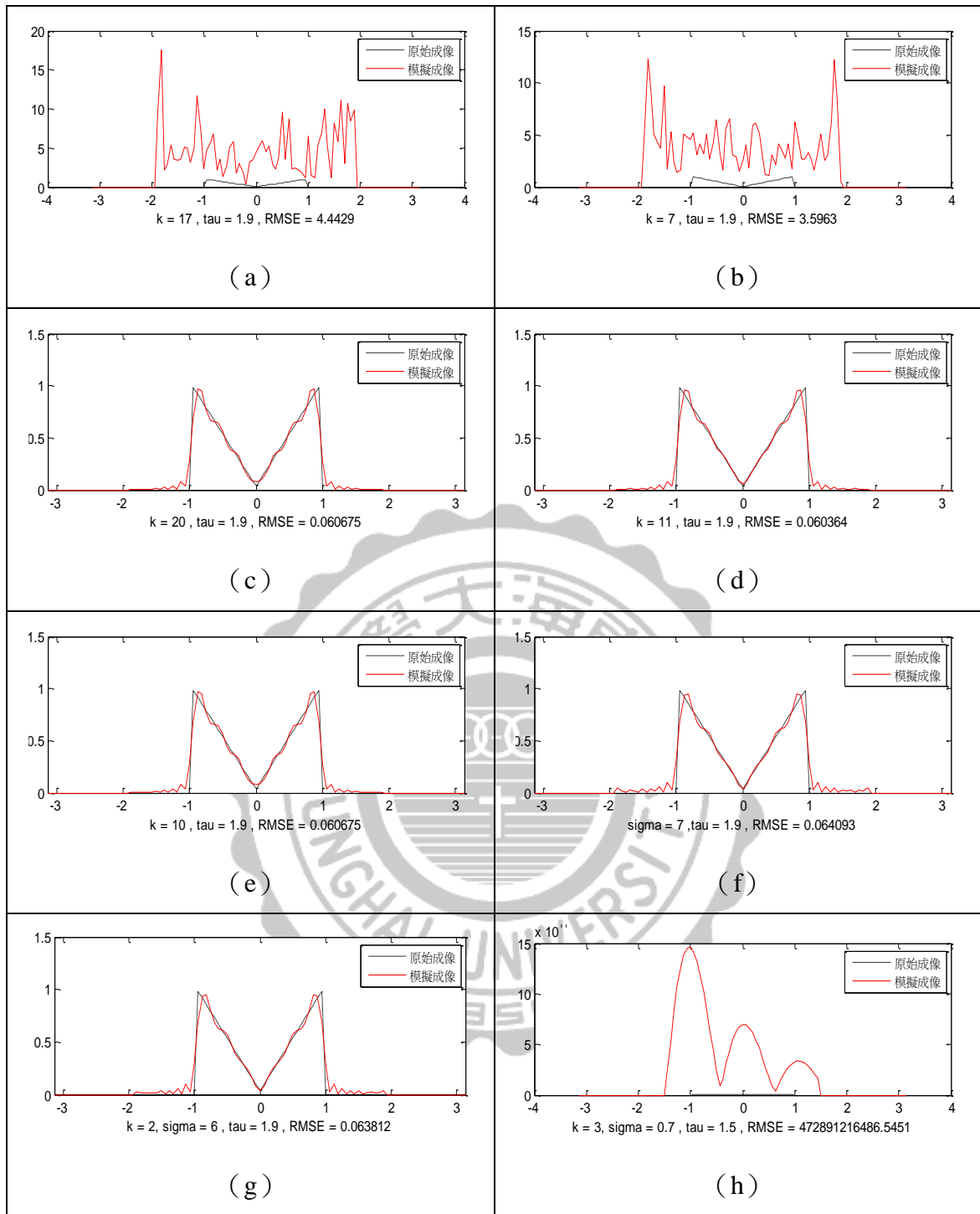


圖 3-70 原始物件 E ( $\tau=1.9$ ): 取樣 31 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

表 3- 20 原始物件 E ( $\tau=3.1$ ): EC 函數 RMSE 值比較表

		原始物件E																		
17點		Sigma=0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EC K=1	RMSE	0.103697	0.1037	0.1037	0.1038	0.1038	0.1039	0.1039	0.104	0.1041	0.1042	0.1057	0.1087	0.1136	0.121	0.1309	0.143	0.1571	0.1726	0.1891
EC K=2	RMSE	0.103929	0.1039	0.104	0.104	0.104	0.1041	0.1041	0.1042	0.1043	0.1043	0.1058	0.1091	0.1146	0.1228	0.1334	0.1463	0.1608	0.1767	0.1934
EC K=3	RMSE	0.106039	0.106	0.1061	0.1061	0.1061	0.1061	0.1062	0.1062	0.1062	0.1063	0.1077	0.1111	0.1175	0.1267	0.1385	0.1523	0.1676	0.1839	0.2008
EC K=4	RMSE	0.110765	0.1108	0.1108	0.1108	0.1108	0.1108	0.1108	0.1109	0.1109	0.1109	0.1122	0.1162	0.1236	0.1343	0.1475	0.1624	0.1784	0.1949	0.2118
EC K=5	RMSE	0.119247	0.1193	0.1193	0.1193	0.1193	0.1193	0.1193	0.1194	0.1194	0.1195	0.1212	0.1263	0.1354	0.1478	0.1623	0.178	0.1942	0.2107	0.2273
21點		Sigma=0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EC K=1	RMSE	0.099738	0.0997	0.0997	0.0997	0.0996	0.0996	0.0996	0.0995	0.0995	0.0994	0.0987	0.098	0.0974	0.0973	0.0981	0.1	0.1033	0.1079	0.1138
EC K=2	RMSE	0.099261	0.0992	0.0992	0.0992	0.0992	0.0991	0.0991	0.099	0.099	0.0989	0.0981	0.0972	0.0967	0.0968	0.0979	0.1003	0.104	0.109	0.1153
EC K=3	RMSE	0.098271	0.0983	0.0982	0.0982	0.0982	0.0981	0.0981	0.098	0.098	0.0979	0.097	0.0961	0.0957	0.0962	0.098	0.101	0.1055	0.1112	0.1181
EC K=4	RMSE	0.096746	0.0967	0.0967	0.0967	0.0966	0.0966	0.0966	0.0965	0.0964	0.0964	0.0955	0.0947	0.0948	0.0961	0.0987	0.1029	0.1083	0.115	0.1226
EC K=5	RMSE	0.094913	0.0949	0.0949	0.0949	0.0948	0.0948	0.0947	0.0947	0.0946	0.0946	0.0939	0.0937	0.0946	0.0971	0.1011	0.1067	0.1134	0.121	0.1294
25點		Sigma=0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EC K=1	RMSE	0.111425	0.1114	0.1115	0.1115	0.1116	0.1116	0.1117	0.1118	0.1119	0.1119	0.1134	0.1158	0.1191	0.1235	0.129	0.1356	0.1433	0.152	0.1616
EC K=2	RMSE	0.109841	0.1099	0.1099	0.1099	0.11	0.1101	0.1101	0.1102	0.1103	0.1104	0.1121	0.1149	0.1187	0.1235	0.1295	0.1364	0.1445	0.1535	0.1633
EC K=3	RMSE	0.108265	0.1083	0.1083	0.1084	0.1084	0.1085	0.1086	0.1087	0.1088	0.1089	0.1109	0.1141	0.1185	0.124	0.1306	0.1381	0.1467	0.1561	0.1663
EC K=4	RMSE	0.107313	0.1073	0.1074	0.1074	0.1075	0.1076	0.1077	0.1078	0.1079	0.1081	0.1103	0.1141	0.1191	0.1254	0.1328	0.1411	0.1503	0.1603	0.1709
EC K=5	RMSE	0.107551	0.1076	0.1076	0.1077	0.1078	0.1079	0.108	0.1081	0.1083	0.1084	0.1111	0.1154	0.1213	0.1284	0.1367	0.1458	0.1557	0.1662	0.1773
31點		Sigma=0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EC K=1	RMSE	0.096603	0.0966	0.0966	0.0967	0.0967	0.0968	0.0968	0.0968	0.0969	0.0969	0.0977	0.0989	0.1007	0.1029	0.1056	0.1089	0.1128	0.1171	0.1219
EC K=2	RMSE	0.095757	0.0958	0.0958	0.0958	0.0958	0.0959	0.0959	0.096	0.096	0.0961	0.097	0.0984	0.1003	0.1028	0.1057	0.1092	0.1132	0.1177	0.1226
EC K=3	RMSE	0.094883	0.0949	0.0949	0.0949	0.095	0.095	0.0951	0.0951	0.0952	0.0952	0.0962	0.0978	0.1	0.1027	0.106	0.1097	0.114	0.1187	0.1239
EC K=4	RMSE	0.09429	0.0943	0.0943	0.0943	0.0944	0.0944	0.0945	0.0945	0.0946	0.0947	0.0958	0.0976	0.1	0.103	0.1066	0.1107	0.1153	0.1204	0.1259
EC K=5	RMSE	0.094213	0.0942	0.0942	0.0943	0.0943	0.0944	0.0944	0.0945	0.0945	0.0946	0.0958	0.0978	0.1006	0.104	0.1079	0.1124	0.1174	0.1229	0.1287

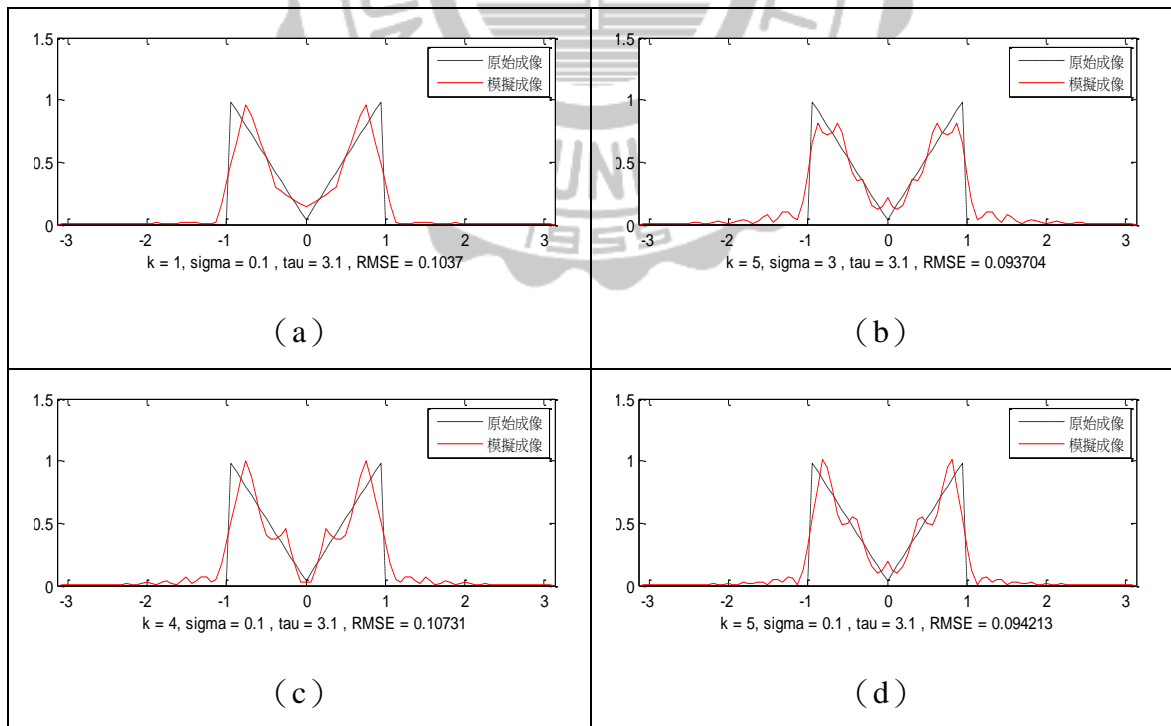


圖 3- 71 原始物件 E ( $\tau=3.1$ ): EC 函數取樣最佳成像圖 (a) 取樣 17 點, (b) 取樣 21 點, (c) 取樣 25 點, (d) 取樣 31 點。

將原始物件 E 傅立葉轉換後取樣，並用各種不同的基底函數進行影像重建，分別依照  $\tau$  值的不同，進行綜合展示於表 3-17~3-19，其中由於 EC 函數  $\tau$  值的選擇與其它函數有所差異，故將其獨立於表 3-20 分析如下：

#### 一、基底函數小結：

- (一) 正弦、餘弦函數、餘弦函數，影像重建效果相當差，所以在此不予討論。
- (二) 以辛克函數而言，良好的成像會集中於某一區塊，取樣點數增多時，反而 RMSE 值  $< 0.05$  紅色的區塊較少，但唯一不變的是， $k$  值的選取將越取越大。
- (三) SS 函數，是辛克函數的變形，影像重建的效果如用 RMSE 值比較，可發現與辛克函數成像不相上下，且同樣具有辛克函數的特性，但由於原始物件 e 突起訊號集中兩端，故取樣點數增多時，反而 RMSE 值  $< 0.05$  紅色的區塊較少，但唯一不變的是，當取樣點數愈多時， $k$  值的選取也要越取越大。
- (四) CS 函數，是餘弦週期性函數結合辛克函數的變形，在影像重建的效果上，成像效果與辛克函數類似，由於受週期性函數的影響，其差距在最佳成像圖 3-59~3-71 上，用肉眼無法明確分辨出成像差異。以 CS 函數而言，良好的成像區塊範圍較窄，又因原始物件 E 突起訊號集中兩端，故取樣點數增多時，反而 RMSE 值  $< 0.05$  紅色的區塊出現的頻率較不一定，但同樣具有右移的特性，且當取樣點數增多時， $k$  值的選取也要越取越大。
- (五) 高斯函數與 GC 函數，因原始物件 E 突起訊號集中兩端，故取樣點數增多時，反而 RMSE 值  $< 0.05$  紅色的區塊較少，形成 RMSE 值界於 0.05-0.1 之間的黃色區塊。且黃色區塊範圍較上述其它函數更為寬廣。以 GC 函數而言， $k$  值選取與取樣點數多寡成正比，但  $k > 5$  以上，成像不佳； $\sigma$  值的選取也與取樣點數多寡成正比。
- (六) EC 函數是指數函數與週期性函數的結合， $\tau$  值的選取與其它函數不同，估測原始物件位置範圍越寬越好；且取樣點數增加，良好成像區塊範圍會越來越大，也因原始物件 E 突起訊號集中兩端，所以 RMSE 值界於 0.05-0.1 之



間以黃色區塊為主。當  $k$  值  $>5$  以上，成像不佳，故將  $k$  值呈現範圍取 1-5 之間，成像效果較佳，但其最佳成像還是較其它函數成像略遜，取樣點數越多越好（見表 3-20）。

二、綜合比較-表 3-17~3-19（辛克函數、SS 函數、CS 函數、高斯函數、GC 函數）：

- （一）原始物件 E 影像寬度範圍界於  $[-1;1]$  之間範圍偏小，取樣點數越少越好。
- （二） $\tau$  值選擇方面，越接近原始物件，成像效果越好；當取樣點數越多時， $\tau$  值的選擇須適當的增加，才能重建出接近原始物件的影像。
- （三）對影像原始物件 E 重建而言，由於該圖形屬兩端三角形訊號的圖形，在影像重建上有一定的難度，但本研究所使用的基底函數也已經可以重建出相似度極高的原始成像，能看出兩個三角形組成的原始物件形狀。



### 第三節 成像範圍[-2;2]

#### 壹、以取樣點數作區分-原始物件 F

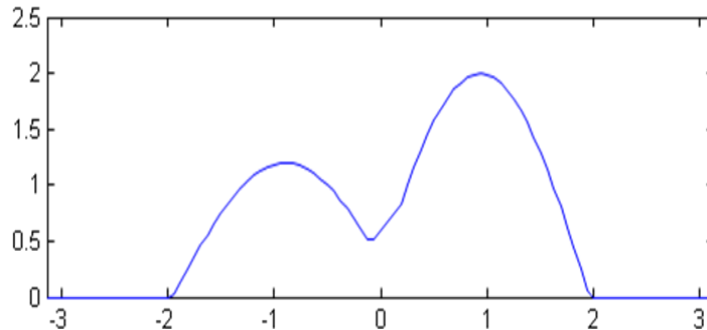


圖 3-72 原始物件 F (平滑訊號圖形)

圖 3-72 原始物件 F 是本論文研究模擬的第六個原始影像物件，影像物件寬度範圍界於[-2;2]之間，形狀類似於橢圓狀的山峰，是屬於影像模擬中常見的平滑訊號圖形。

由於原始物件 F 相較於本論文其它物件其範圍[-2;2]適中，利用不同基底函數進行反轉換時，因為基底函數的不同，會產生不同的成像與 RMSE 值，本研究利用 RMSE 值進行各種不同基底函數成像上的比較與分析，並以數據的方式呈現，當 RMSE 值 $<0.05$  時，成像效果最佳，使用紅色表示；RMSE 值界於 0.05 至 0.1 之間，使用黃色表示；RMSE 值界於 0.1 至 1 之間，使用綠色表示；RMSE 值 $>1$ ，成像效果極差，使用藍色表示。如表 3-21~3-23。其中各種不同的基底又依照取樣點數的不同進行分類，將各基底函數所產生的最佳成像用如圖 3-73~3-81 加以呈現。

表 3- 21 原始物件 F (  $\tau=2.1$  ) : RMSE 值比較表

		原始物件F																			
17點		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cos	RMSE	12.52	14.217	11.263	58.883	32.38	26.046	51.736	550.51	33.645	439.31	32.598	26.292	37.422	189.44	9.0887	229.6	85.484	17.032	65.903	27.254
Sin	RMSE	5.408	19.994	21.844	31.015	51.865	13.642	19.881	146.66	18.684	16.45	29.54	77.265	24.658	31.257	57.361	107.48	53.296	17.746	46.608	94.418
Sinc	RMSE	23083	58.634	0.5999	1.1217	0.0108	0.0105	0.0103	0.0102	0.0103	0.012	0.0673	1.7226	0.138	0.1484	0.5897	0.7423	1.5675	1.7573	2.192	15.674
SS	RMSE	766.1	0.1057	0.0105	0.0102	0.0214	0.012	0.0251	0.0683	0.1642	0.2689	0.3693	0.491	0.4668	0.5324	0.929	0.83	2.2503	2.3637	4.1046	3.9319
CS	RMSE	38.85	1.7753	0.0105	0.0102	0.012	1.7226	0.1484	0.7423	1.7573	15.674	3.2871	1.6572	5.8373	10.375	37.706	23.578	18.819	19.592	68.801	64.782
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	637.1	3.7424	0.945	0.1772	0.0197	0.0105	0.0104	0.0104	0.0103	0.0103	0.0102	0.0103	0.0105	0.0107	0.011	0.0116	0.0128	0.0147	0.0176	
GC K=1	RMSE	28.11	0.6485	0.0194	0.0107	0.0105	0.0104	0.0103	0.0103	0.0103	0.0103	0.0104	0.0106	0.0108	0.0112	0.0121	0.0137	0.0161	0.0195		
GC K=2	RMSE	0.144	0.0162	0.0106	0.0104	0.0104	0.0103	0.0103	0.0103	0.0102	0.0102	0.0103	0.0105	0.0108	0.0113	0.0124	0.0143	0.0165	0.0174	0.2364	
GC K=3	RMSE	0.017	0.0105	0.0104	0.0103	0.0103	0.0103	0.0102	0.0102	0.0102	0.0102	0.0104	0.0106	0.0112	0.0165	0.0287	0.0363	0.2465	0.4973	0.1056	
GC K=4	RMSE	0.01	0.0103	0.0103	0.0103	0.0102	0.0102	0.0102	0.0102	0.0102	0.0102	0.0105	0.0109	0.0923	0.0216	0.0243	0.0296	0.0371	0.0464	0.0572	
GC K=5	RMSE	0.011	0.0107	0.0105	0.0103	0.0103	0.0103	0.0103	0.0103	0.0103	0.0108	0.0131	0.0216	0.0962	0.2601	0.1325	0.1153	0.1322	0.1587		
EC K=1	RMSE	5E+10	1E+11	7E+09	5E+10	1E+11	2E+11	3E+11	3E+10	2E+11	4E+11	1E+10	1E+10	3E+11	1E+12	4E+11	3E+11	1E+11	6E+11	3E+12	
EC K=2	RMSE	4E+10	4E+10	1E+11	5E+10	2E+11	5E+10	2E+12	7E+10	1E+10	3E+11	1E+11	3E+11	2E+12	8E+11	7E+11	2E+11	8E+11	7E+10	9E+11	
EC K=3	RMSE	5E+10	9E+10	5E+10	1E+11	4E+11	2E+10	3E+12	2E+10	1E+12	5E+10	1E+12	2E+11	2E+11	4E+11	1E+12	1E+12	2E+11	3E+11	2E+11	
EC K=4	RMSE	2E+11	1E+10	1E+11	1E+11	8E+11	6E+10	4E+10	3E+11	4E+10	6E+10	5E+10	8E+11	2E+12	3E+11	4E+12	2E+11	1E+12	5E+11	4E+11	
EC K=5	RMSE	7E+10	2E+11	4E+11	3E+11	1E+11	2E+12	3E+11	2E+11	2E+11	1E+11	2E+12	7E+11	7E+12	9E+12	4E+11	4E+11	2E+11	1E+11	1E+11	
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	6E+06	26956	458.05	60.436	3.5378	2.3756	0.3887	0.5309	0.0846	0.0263	0.0093	0.0094	0.0095	0.0098	0.0105	0.0116	0.0134	0.0158	0.0191	
GC K=1	RMSE	15506	549.4	16.262	1.676	0.2617	0.8337	0.1486	0.0272	0.0102	0.0093	0.0093	0.0094	0.0096	0.0101	0.0109	0.0124	0.0145	0.0174	0.0209	
GC K=2	RMSE	240.5	0.7231	0.9025	2.0554	0.1429	0.0148	0.0094	0.0092	0.0092	0.0092	0.0093	0.0095	0.0098	0.0107	0.0123	0.0148	0.0184	0.022	0.0258	
GC K=3	RMSE	31.42	2.1341	0.5115	0.024	0.0093	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0093	0.0093	0.0096	0.0103	0.0118	0.0145	0.0183	0.0249	0.0272	0.0308	
GC K=4	RMSE	0.658	0.4385	0.0112	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0093	0.0093	0.0093	0.0094	0.0098	0.0112	0.014	0.0169	0.0192	0.0214	0.0238	0.0268	
GC K=5	RMSE	1.484	0.0149	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0093	0.0093	0.0093	0.0093	0.0095	0.0105	0.0146	0.1589	0.0853	0.0653	0.0608	0.0612	0.0638	
EC K=1	RMSE	6E+11	1E+12	4E+12	1E+12	1E+12	7E+11	4E+12	1E+12	1E+12	2E+12	3E+12	8E+11	1E+12	8E+11	3E+11	6E+12	3E+12	2E+12	1E+12	
EC K=2	RMSE	6E+11	2E+12	8E+12	4E+11	5E+11	3E+12	7E+11	1E+12	4E+11	7E+11	2E+12	6E+11	3E+12	1E+12	3E+12	1E+12	5E+12	3E+12	1E+12	
EC K=3	RMSE	2E+12	6E+11	2E+12	7E+11	4E+12	1E+12	2E+11	2E+12	6E+11	2E+12	7E+12	4E+11	7E+11	4E+11	7E+11	5E+12	1E+12	1E+12	1E+12	
EC K=4	RMSE	2E+11	4E+11	1E+12	2E+12	7E+11	8E+11	2E+12	2E+12	1E+13	2E+12	5E+11	3E+12	5E+11	1E+12	7E+11	3E+12	3E+12	5E+12	1E+12	
EC K=5	RMSE	1E+12	4E+11	4E+11	5E+11	6E+11	9E+11	3E+12	3E+11	8E+11	6E+11	7E+11	1E+12	5E+11	4E+12	6E+11	1E+12	3E+12	6E+11	6E+12	
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	3E+06	3E+06	368636	45439	6743.9	3742.7	478.45	83.297	15.944	5.6911	0.0089	0.0086	0.0088	0.0091	0.0098	0.011	0.013	0.0158	0.0196	
GC K=1	RMSE	4E+06	2E+06	79398	4357	980.73	10.501	11.602	1.1466	3.3497	0.8287	0.0085	0.0086	0.0088	0.0093	0.0102	0.0118	0.0142	0.0176	0.0213	
GC K=2	RMSE	2E+05	5081.2	343.07	58.8	3.213	3.7743	1.8174	2.9034	0.8827	0.3774	0.0085	0.0087	0.009	0.0098	0.0113	0.0138	0.0177	0.0219	0.0272	
GC K=3	RMSE	267.3	139.7	5.7462	1.9607	1.3292	0.3027	1.5764	0.1586	0.0299	0.0124	0.0085	0.0088	0.0093	0.0105	0.0129	0.0169	0.0215	0.025	0.0236	
GC K=4	RMSE	6.169	1.3626	0.8373	2.4567	0.4863	0.2665	0.042	0.0102	0.0086	0.0085	0.0086	0.0089	0.0098	0.0119	0.0159	0.0254	0.0475	0.1173	0.3382	
GC K=5	RMSE	2.968	0.5489	1.9764	4.0553	0.0561	0.0106	0.0085	0.0085	0.0085	0.0085	0.0086	0.0092	0.0108	0.0144	0.017	0.0456	0.0477	0.051	0.0549	
EC K=1	RMSE	8E+11	2E+12	8E+11	1E+12	1E+12	2E+11	6E+11	7E+11	8E+11	2E+12	2E+11	1E+12	2E+12	3E+11	1E+12	1E+12	1E+11	6E+11	5E+10	
EC K=2	RMSE	1E+11	3E+11	6E+11	2E+11	2E+11	9E+11	1E+12	4E+11	4E+11	2E+11	2E+12	9E+11	8E+11	3E+11	5E+11	2E+11	6E+11	1E+12	7E+10	
EC K=3	RMSE	5E+11	4E+12	1E+12	1E+12	2E+12	3E+11	7E+11	6E+11	3E+11	7E+11	7E+11	3E+11	2E+11	2E+12	1E+11	8E+11	2E+11	2E+12	7E+11	
EC K=4	RMSE	6E+11	3E+12	3E+11	8E+11	5E+11	6E+11	3E+11	5E+11	5E+11	3E+11	3E+11	6E+11	8E+11	5E+11	1E+12	7E+11	7E+11	1E+12	5E+11	
EC K=5	RMSE	2E+11	1E+12	4E+11	3E+11	9E+10	9E+11	2E+11	3E+11	3E+11	2E+11	5E+11	7E+11	1E+12	5E+11	3E+11	4E+10	5E+11	3E+10	3E+12	
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	1E+07	5E+07	3E+08	4E+08	2E+08	2E+08	2E+07	3E+07	693322	334599	40.383	0.4058	0.0182	0.0074	0.0078	0.0088	0.0104	0.0128	0.016	
GC K=1	RMSE	1E+08	8E+08	6E+09	7E+08	3E+07	2E+06	2E+06	179791	551420	82264	78.029	0.1439	0.0842	0.0851	0.0871	0.0903	0.094	0.0998	0.1094	
GC K=2	RMSE	1E+07	3E+07	9E+06	201794	111651	7975.5	8214.6	13277	1138.4	911.83	0.8314	0.0863	0.0842	0.0858	0.0886	0.0925	0.0981	0.1079	0.1236	
GC K=3	RMSE	2E+07	4E+06	175358	40761	16297	3701	848.3	551.3	87.459	8.1259	0.3385	0.0834	0.0846	0.0868	0.0907	0.0955	0.1044	0.1201	0.1445	
GC K=4	RMSE	4E+05	30773	2281.3	1043.3	616.7	15.694	18.11	9.5245	3.319	0.9247	0.0864	0.0837	0.0852	0.0882	0.0929	0.1006	0.1157	0.7018	11.018	
GC K=5	RMSE	14744	5231.4	444.62	44.038	3.1114	1.0884	0.3046	1.5176	0.6242	0.3039	0.083	0.084	0.0862	0.0905	0.0969	0.1111	0.2126	2091.7	117.56	
EC K=1	RMSE	7E+11	8E+11	3E+12	3E+11	1E+12	9E+12	2E+12	7E+11	5E+11	2E+11	1E+12	1E+12	4E+12	1E+12	6E+11	2E+12	7E+11	2E+12	6E+11	
EC K=2	RMSE	2E+12	1E+12	2E+12	2E+12	2E+12	5E+11	9E+11	2E+12	6E+11	8E+11	3E+12	1E+13	6E+11	2E+11						

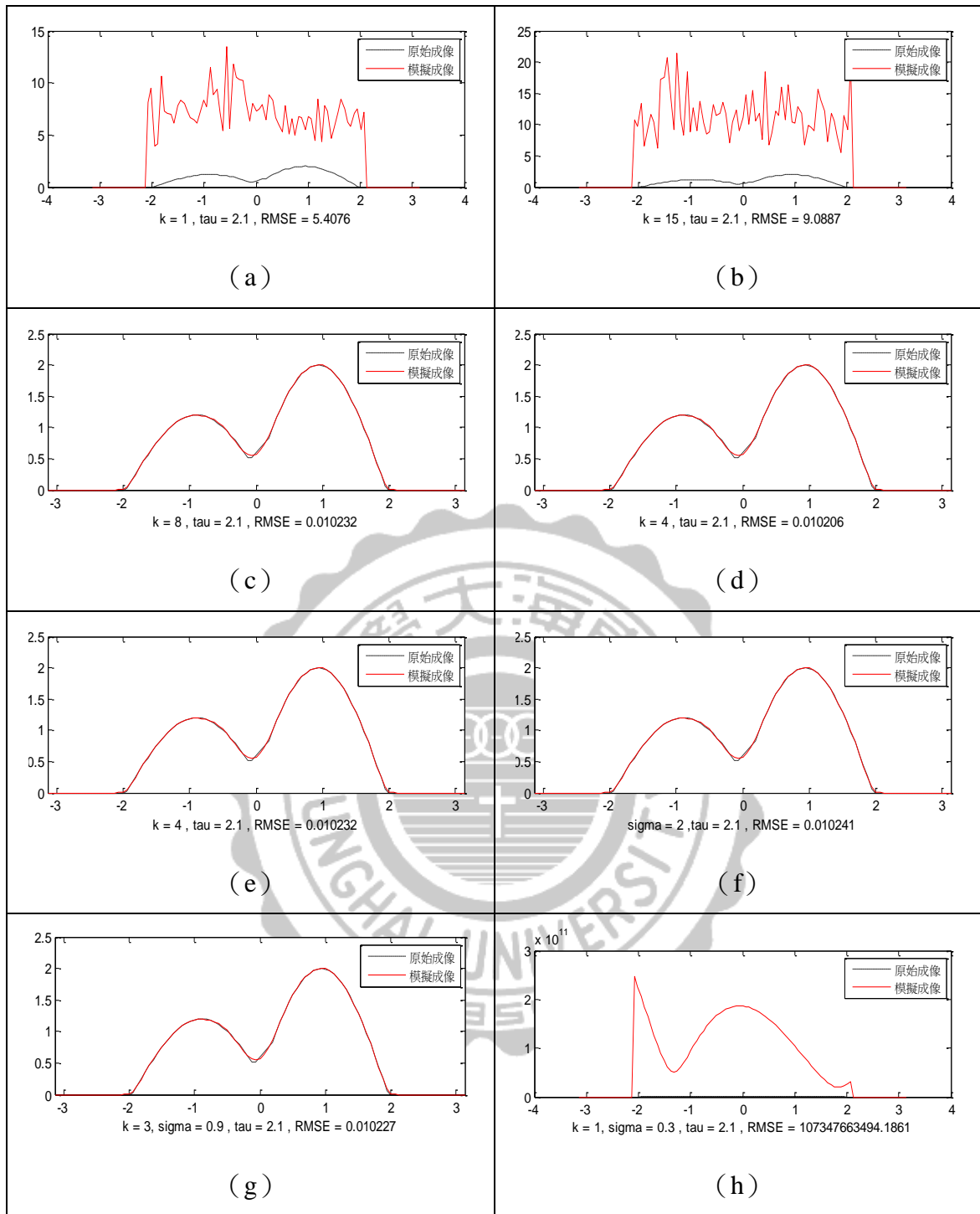


圖 3-73 原始物件  $F$  ( $\tau=2.1$ )：取樣 17 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

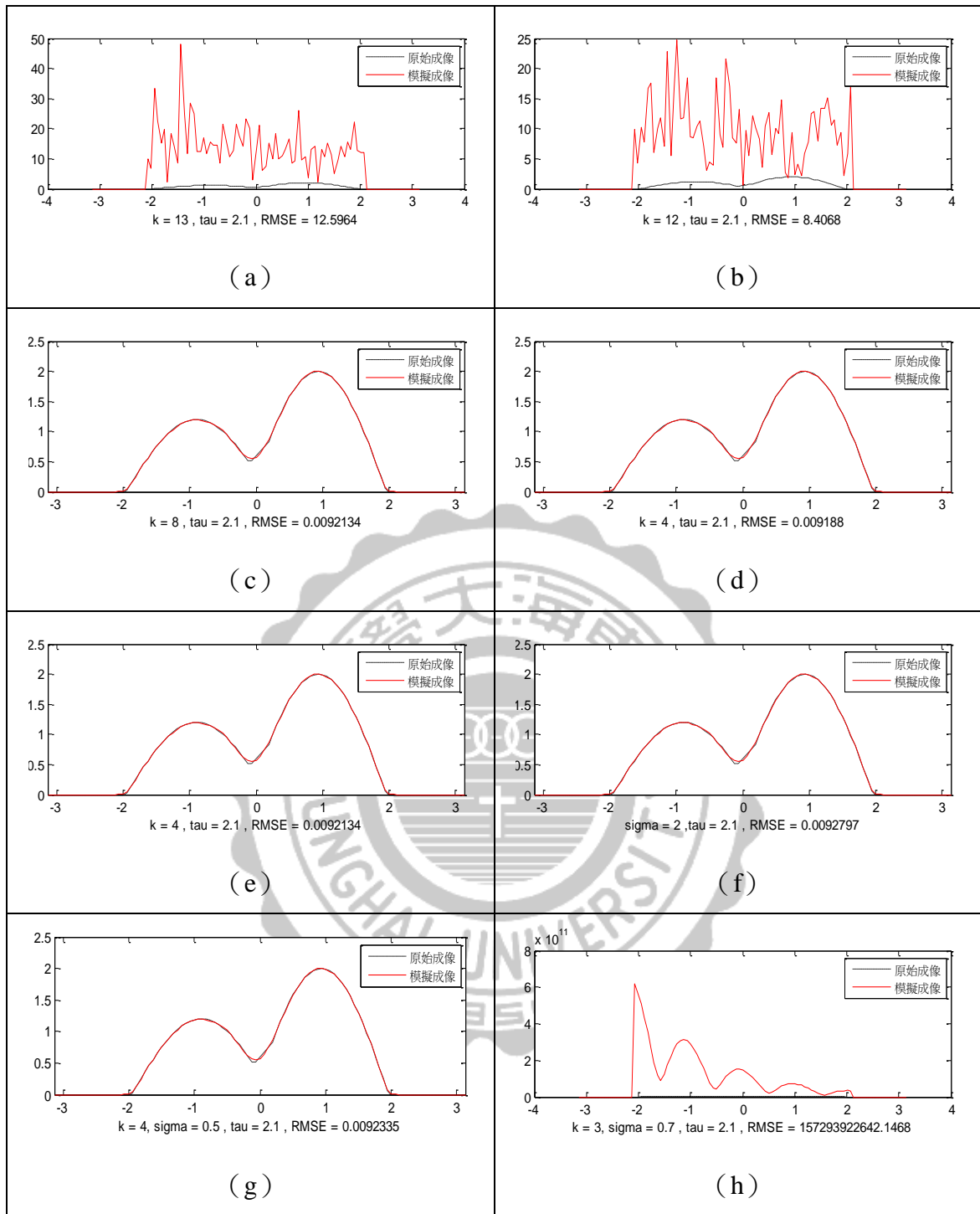


圖 3-74 原始物件  $F$  ( $\tau=2.1$ )：取樣 21 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

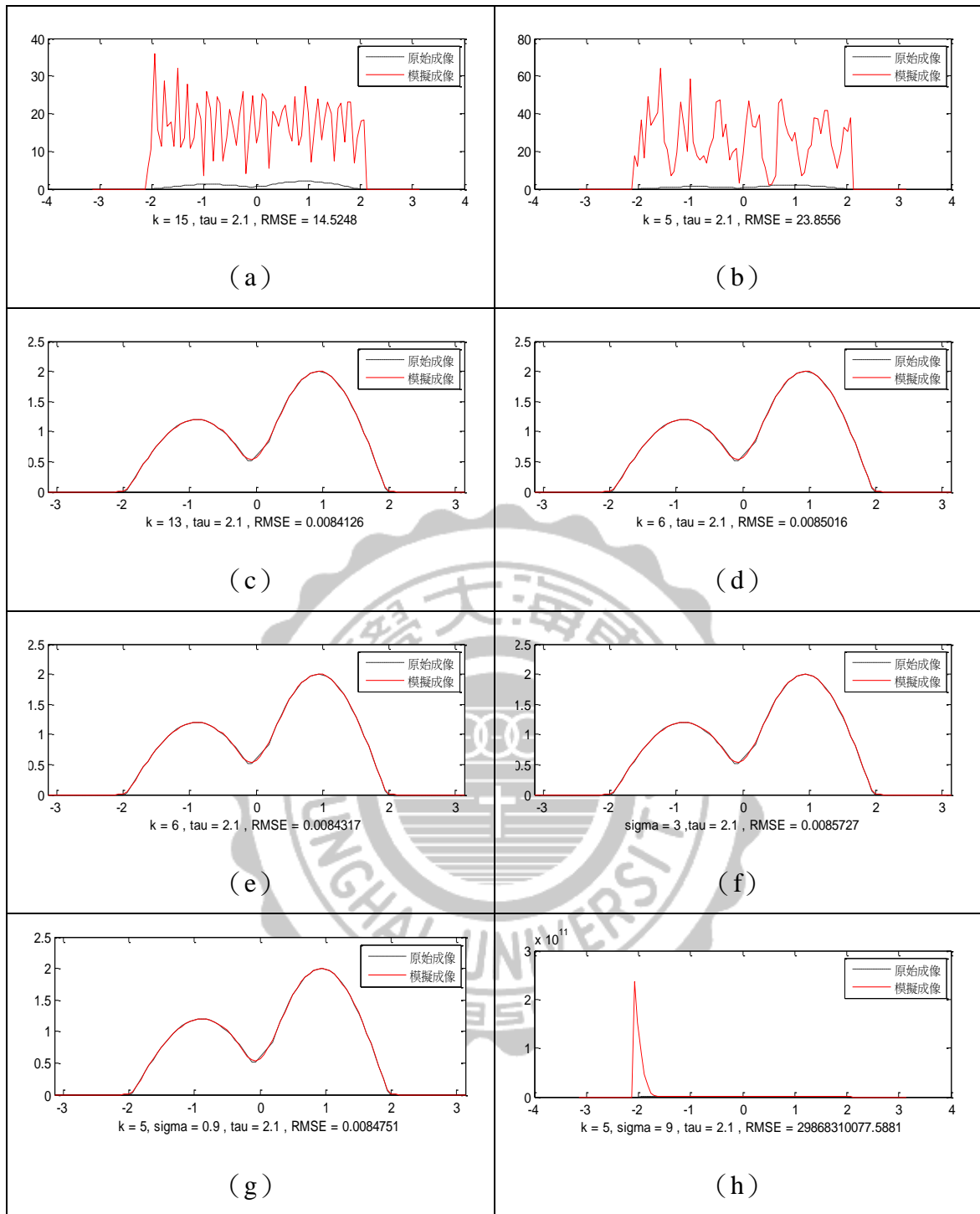


圖 3-75 原始物件  $F$  ( $\tau=2.1$ )：取樣 25 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

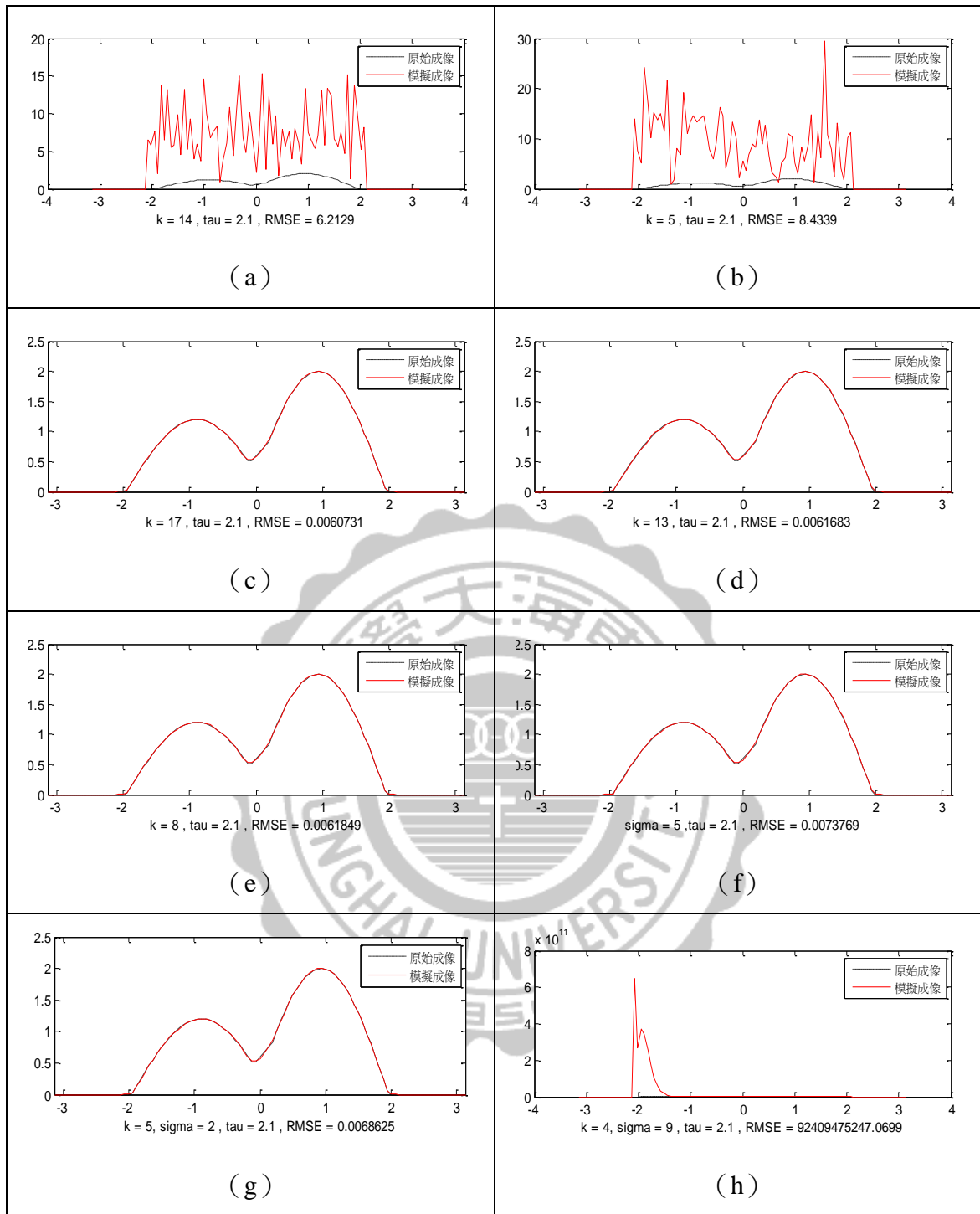


圖 3-76 原始物件  $F$  ( $\tau=2.1$ ): 取樣 31 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

表 3-22 原始物件 F ( $\tau=2.3$ ): RMSE 值比較表

		原始物件F																			
17點		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cos	RMSE	8.213	10.608	29.284	134.89	119.26	9.0199	58.953	157.87	7.5693	51.981	26.199	57.838	82.457	24.664	14.074	991.67	156.86	16.323	28.586	335.02
Sin	RMSE	14.2	29.617	18.207	54.431	22.641	110.22	40.512	2526.7	160.21	18.865	116.67	12.851	68.329	13.818	28.146	273.78	18.975	9.6119	61.888	14.973
Sinc	RMSE	95966	1005.8	1.1704	0.0907	0.0147	0.0127	0.0117	0.0116	0.0134	0.0179	0.0542	0.0583	0.0784	0.4449	0.4958	0.737	0.9513	0.9978	0.9782	1.0255
SS	RMSE	15.92	0.0197	0.0131	0.0118	0.4941	0.0187	0.0233	0.0867	0.1766	0.2703	0.3665	0.4482	0.4781	0.7444	0.6462	0.8579	1.2756	1.3483	1.322	3.6216
CS	RMSE	257.2	0.0447	0.0127	0.0116	0.0179	0.0583	0.4449	0.737	0.9978	1.0255	1.1487	1.1709	36.944	1.2925	1.2395	10.298	1.9931	2.015	2.6254	7.4375
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	815.4	0.8981	1.1716	0.0307	0.014	0.0132	0.0127	0.0123	0.0121	0.0119	0.0116	0.0116	0.0121	0.0128	0.0137	0.0146	0.0155	0.0164	0.0175	
GC K=1	RMSE	5.875	0.4915	0.0166	0.0138	0.013	0.0125	0.0121	0.0119	0.0118	0.0117	0.0116	0.0116	0.0123	0.0132	0.0142	0.0151	0.016	0.017	0.0182	
GC K=2	RMSE	0.222	0.0148	0.0135	0.0127	0.0122	0.0119	0.0117	0.0116	0.0116	0.0116	0.0116	0.012	0.0131	0.0144	0.0157	0.0169	0.0182	0.02	0.0226	
GC K=3	RMSE	0.014	0.013	0.0123	0.0119	0.0117	0.0116	0.0116	0.0115	0.0115	0.0115	0.0117	0.0126	0.0141	0.0154	0.0159	0.0163	0.0185	0.0226	0.0284	
GC K=4	RMSE	0.012	0.0118	0.0116	0.0116	0.0115	0.0116	0.0116	0.0116	0.0116	0.0115	0.012	0.0137	0.017	0.0486	0.1094	0.0991	0.0535	0.0526	0.0599	
GC K=5	RMSE	0.021	0.0135	0.0118	0.0115	0.0116	0.0116	0.0115	0.0115	0.0115	0.0131	0.0177	0.0159	0.0224	0.0341	0.0482	0.0638	0.0807	0.0993		
EC K=1	RMSE	0.788	0.8662	1.0532	1.5656	4.3703	3.8568	1.1961	0.684	0.4819	0.368	0.109	0.0881	0.1085	0.1462	0.1933	0.2463	0.3035	0.3632	0.4244	
EC K=2	RMSE	0.14	0.1391	0.1373	0.1349	0.1319	0.1286	0.125	0.1212	0.1174	0.1136	0.088	0.0929	0.1205	0.1612	0.2097	0.2635	0.3209	0.3805	0.4414	
EC K=3	RMSE	0.091	0.0911	0.091	0.0908	0.0906	0.0903	0.0901	0.0898	0.0896	0.0894	0.0928	0.1119	0.1456	0.1891	0.2392	0.2937	0.3512	0.4104	0.4705	
EC K=4	RMSE	0.109	0.1089	0.1091	0.1093	0.1096	0.11	0.1104	0.1109	0.1115	0.1122	0.1253	0.1511	0.1884	0.2339	0.2849	0.3396	0.3965	0.4545	0.5129	
EC K=5	RMSE	0.164	0.1646	0.1648	0.1652	0.1657	0.1663	0.167	0.1678	0.1687	0.1697	0.1867	0.2156	0.2545	0.3005	0.3511	0.4045	0.4594	0.5149	0.5704	

		原始物件F																			
21點		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cos	RMSE	23.79	29.682	39.53	56.405	22.936	21.978	25.464	79.805	22.693	4.7875	21.759	36.739	22.555	27.395	37.825	250.01	20.425	15.086	15.414	4.9397
Sin	RMSE	27.11	29.393	41.988	26.039	9.7737	70.188	43.88	94.767	12.949	116.44	24.422	7.1997	32.287	12.571	31.614	130.43	80.618	7.5348	21.032	8.3381
Sinc	RMSE	6E+05	110926	10106	272.39	2.9714	0.0842	0.0119	0.0116	0.0113	0.0111	0.0107	0.0113	0.0369	0.9344	0.0731	0.1012	0.1754	0.3339	0.5003	0.8259
SS	RMSE	3E+05	1440.3	0.4875	0.0116	0.0117	0.0113	0.0226	0.0266	0.0192	0.0539	0.1348	0.2255	0.3073	0.401	0.4684	0.5011	0.5339	0.6218	0.717	0.974
CS	RMSE	99034	219.68	0.1592	0.0116	0.0111	0.0113	0.9344	0.1012	0.3339	0.8259	1.2202	4.4889	1.4313	2.1839	3.9069	4.6884	34.015	7.5012	9.249	21.348
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	5E+05	31274	1909.7	24.974	7.6107	0.2909	0.2082	0.0332	0.0134	0.0117	0.0115	0.0115	0.0117	0.0119	0.0122	0.0126	0.0132	0.0141	0.0153	
GC K=1	RMSE	56425	874.29	4.4533	0.5384	0.542	0.0177	0.0135	0.0118	0.0117	0.0116	0.0114	0.0116	0.0118	0.0121	0.0124	0.0129	0.0136	0.0147	0.0161	
GC K=2	RMSE	282	0.8026	1.0983	0.1022	0.0122	0.0118	0.0117	0.0116	0.0116	0.0115	0.0114	0.0116	0.0119	0.0123	0.0128	0.0137	0.015	0.0168	0.019	
GC K=3	RMSE	1.557	0.2838	0.0188	0.0118	0.0117	0.0116	0.0115	0.0115	0.0114	0.0114	0.0115	0.0118	0.0121	0.0127	0.0137	0.0153	0.0177	0.0208	0.0241	
GC K=4	RMSE	4.853	0.0147	0.0117	0.0116	0.0115	0.0114	0.0114	0.0114	0.0113	0.0113	0.0115	0.0119	0.0125	0.0135	0.0154	0.0292	0.0189	0.0198	0.0215	
GC K=5	RMSE	0.097	0.0116	0.0115	0.0114	0.0113	0.0113	0.0113	0.0113	0.0113	0.0113	0.0117	0.0122	0.0132	0.0145	0.0523	0.1621	0.072	0.0594	0.0559	
EC K=1	RMSE	5E+11	2E+11	7E+11	1E+11	7E+11	5E+11	5E+10	2E+11	1E+11	2E+11	1E+11	1E+11	1E+11	7E+11	2E+12	2E+12	2E+11	4E+11	6E+11	
EC K=2	RMSE	3E+10	1E+11	3E+11	9E+10	3E+11	8E+10	2E+11	5E+10	2E+11	7E+10	1E+11	4E+11	9E+10	5E+11	3E+13	5E+11	5E+11	3E+11	4E+11	
EC K=3	RMSE	1E+11	2E+10	1E+11	1E+10	2E+10	1E+10	6E+10	2E+10	3E+11	5E+10	7E+09	4E+11	3E+11	3E+11	3E+11	2E+11	1E+11	1E+11	6E+10	6E+11
EC K=4	RMSE	3E+10	5E+10	3E+10	4E+10	7E+11	4E+10	1E+11	3E+10	5E+10	1E+11	1E+11	1E+10	1E+11	2E+12	2E+12	2E+11	3E+10	2E+11	7E+11	
EC K=5	RMSE	5E+09	2E+09	1E+11	1E+10	4E+10	2E+11	5E+10	2E+11	8E+10	6E+10	1E+11	1E+11	6E+11	2E+12	2E+12	2E+11	5E+11	6E+11	3E+11	

		原始物件F																			
25點		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cos	RMSE	78.66	77.622	150.5	109.38	11.103	47.82	105.93	171.76	11.551	94.455	43.982	43.402	27.809	74.445	74.105	913.93	24.963	34.42	78.274	81.239
Sin	RMSE	49.6	36.956	62.874	18.142	35.236	1193.3	64.84	177.98	35.075	55.393	14.261	147.29	122.43	51.971	38.624	621.01	71.322	167.27	58.576	18.943
Sinc	RMSE	2E+06	765051	1E+06	430794	8025.9	41.286	1.032	8.819	0.0098	0.0094	0.0093	0.0094	0.0096	0.0114	0.0752	0.0382	0.0768	0.1922	0.3869	1.096
SS	RMSE	3E+06	225667	75.218	0.1446	0.0094	0.0102	0.0105	0.0464	0.0473	0.0097	0.012	0.049	0.1138	0.1952	0.269	0.3336	0.3968	0.4786	0.5525	0.6779
CS	RMSE	4E+06	278546	12.697	1.3767	0.0094	0.0094	0.0114	0.0382	0.1922	1.096	0.5106	1.1582	1.9378	2.3504	3.7074	13.319	20.361	78.997	13.567	38.678
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	2E+06	2E+06	559476	255020	21811	21393	1192.2	128.75	6.6254	10.067	0.0094	0.0094	0.0096	0.0098	0.0103	0.011	0.012	0.0134	0.0151	
GC K=1	RMSE	1E+06	765025	37400	32163	693.47	884.15	13.118	6.877	2.8766	1.1246	0.0094	0.0095	0.0096	0.01	0.0105	0.0114	0.0126	0.0142	0.0161	
GC K=2	RMSE	3E+05	2945	164.94	13.113	1.1491	5.7819	1.0209	0.1201	0.0467	0.0124	0.0094	0.0095	0.0097	0.0103	0.0111	0.0124	0.0142	0.0164	0.0192	
GC K=3	RMSE	2654	35.02	2.7896	0.7664	0.5468	0.31	0.0298	0.0097	0.0095	0.0094	0.0094	0.0096	0.0099	0.0107	0.012	0.0139	0.0165	0.0197	0.0238	
GC K=4	RMSE	37.87	2.4368	0.3852	1.2384	0.0457	0.0099	0.0095	0.0094	0.0094	0.0094	0.0094	0.0097	0.0103	0.0114	0.0134	0.0161	0.0193	0.0207	0.02	
GC K=5	RMSE	4.847	0.8435	0.3321	0.0141	0.0095	0.0094	0.0094	0.0094	0.0094	0.0094	0.0095	0.0099	0.0108	0.0127	0.0157	0.0201	0.0256	0.0296	0.0324	
EC K=1	RMSE	8E+10	7E+10	3E+10	2E+10	4E+10	2E+10	2E+10	1E+11	8E+10	2E+11	6E+11	1E+12	1E+11							



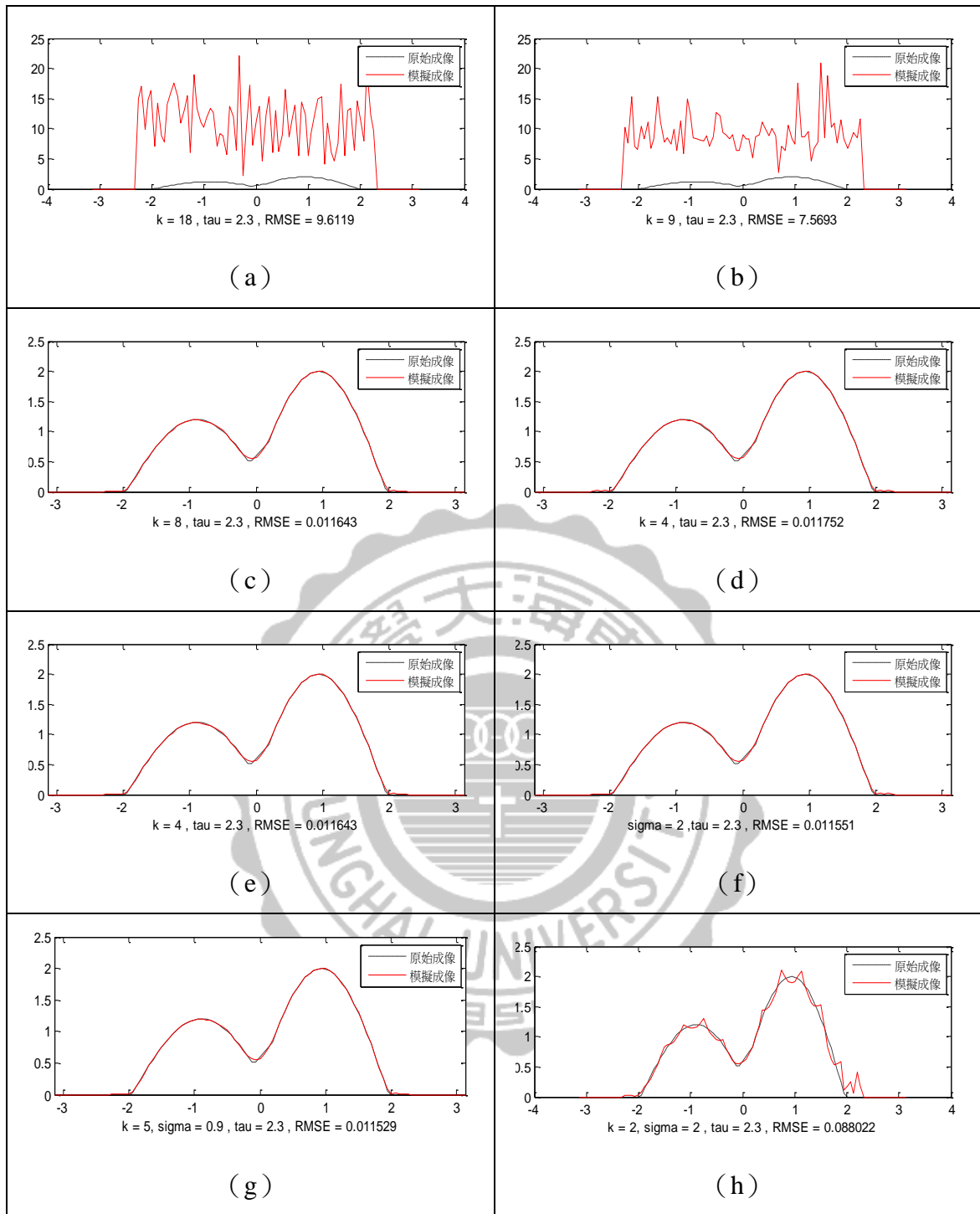


圖 3-77 原始物件  $F$  ( $\tau=2.3$ ): 取樣 17 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

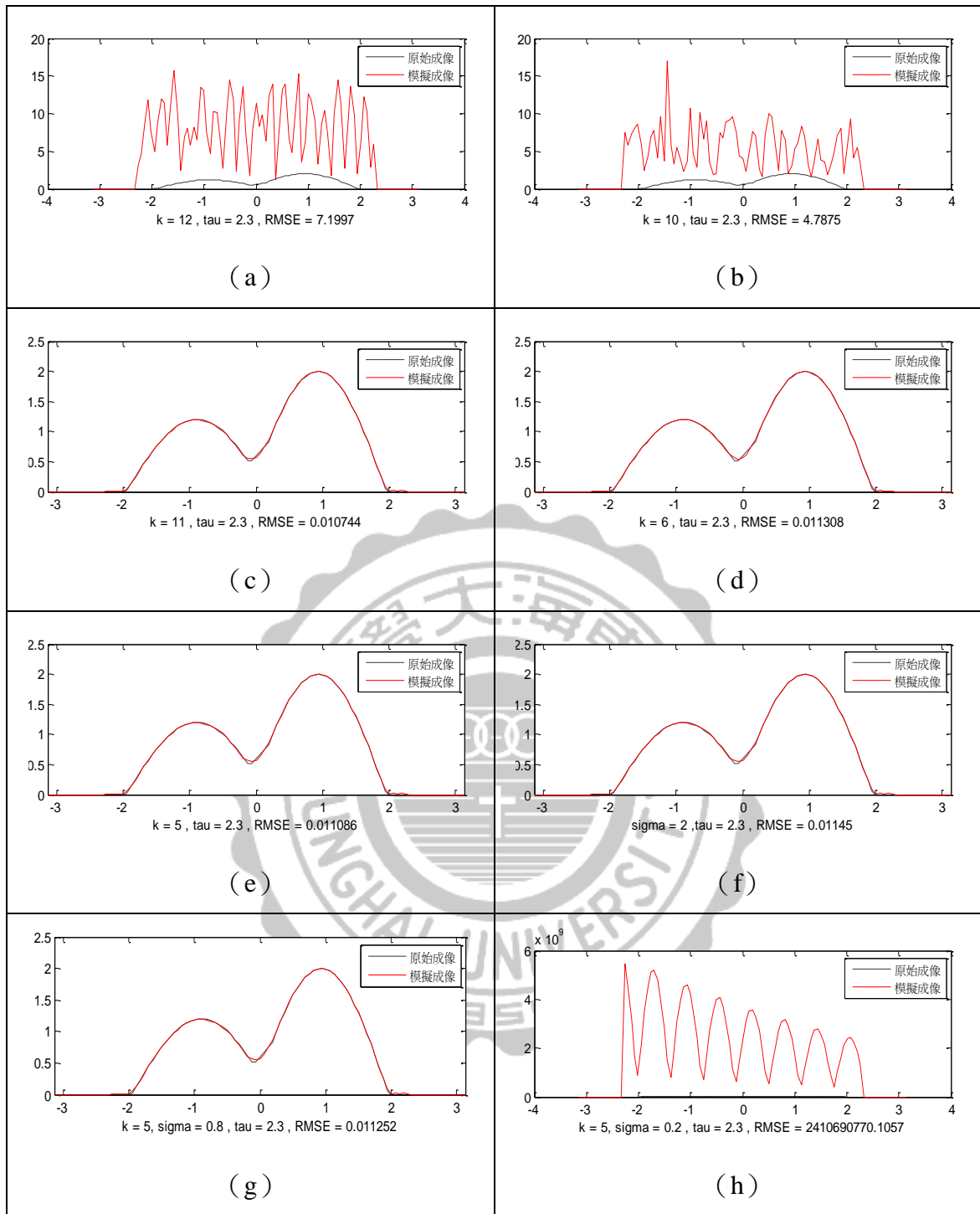


圖 3-78 原始物件  $F$  ( $\tau=2.3$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

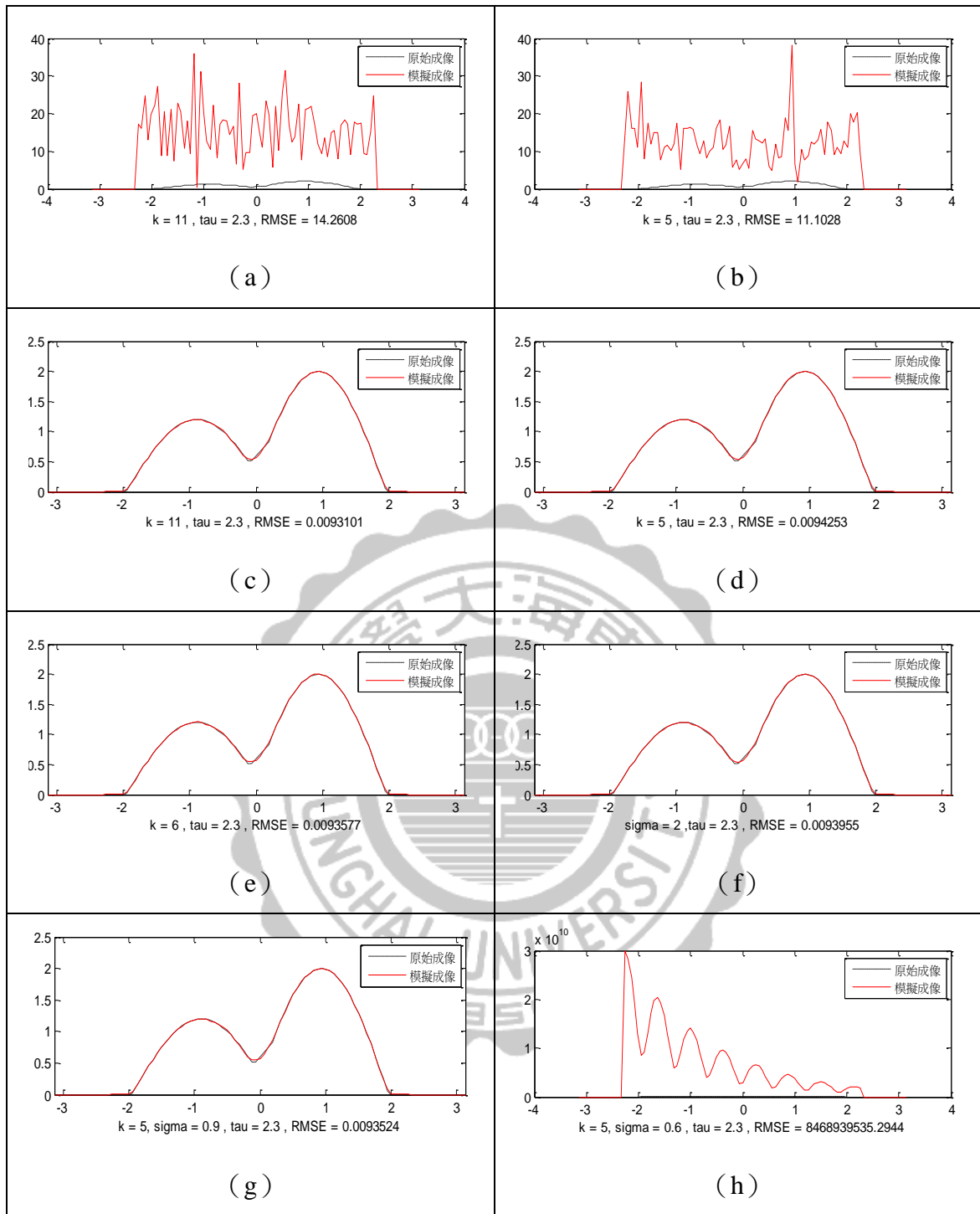


圖 3-79 原始物件  $F$  ( $\tau=2.3$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

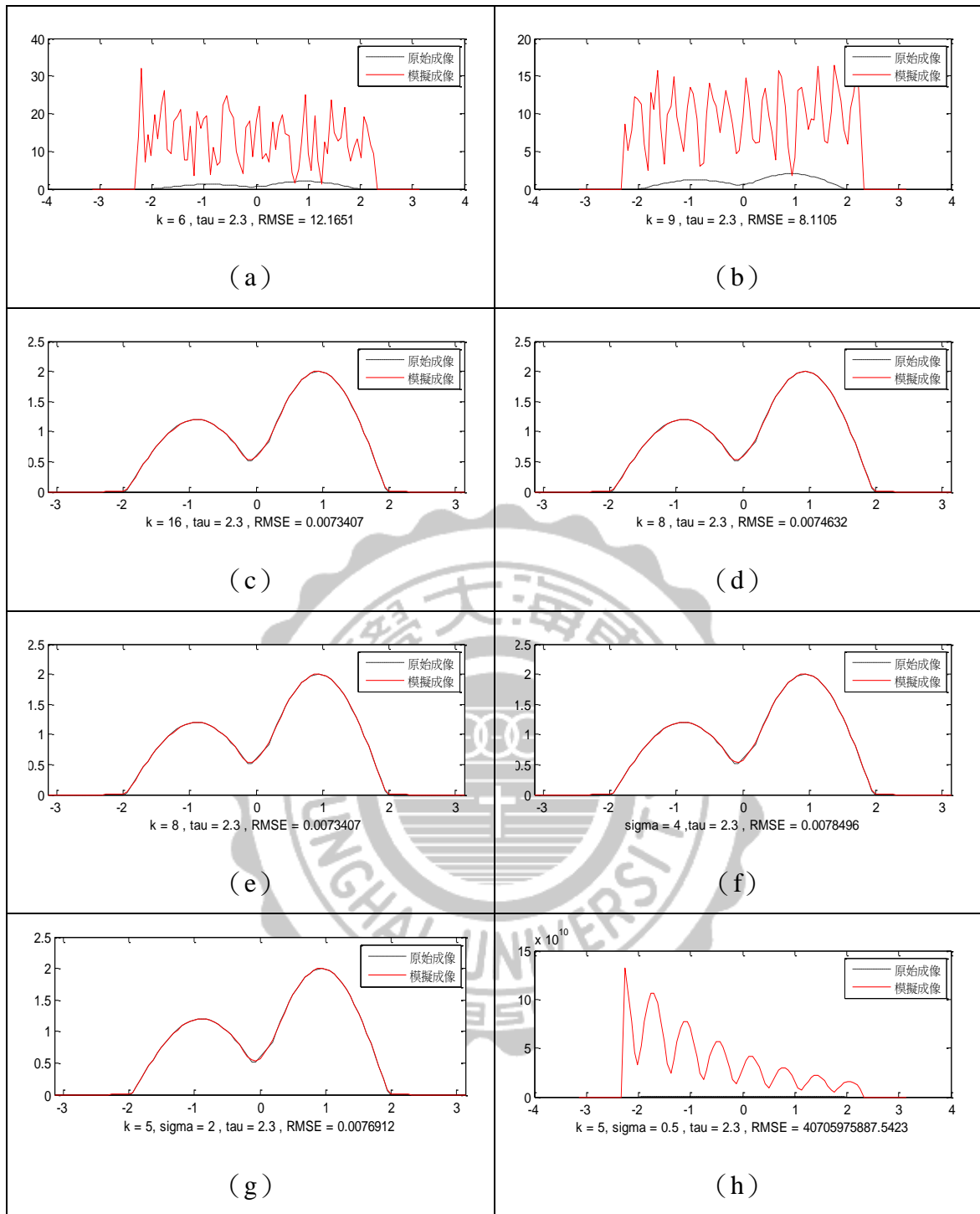


圖 3-80 原始物件  $F (\tau=2.3)$ ：取樣 31 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

表 3- 23 原始物件 F ( $\tau=3.1$ ): EC 函數 RMSE 值比較表

		原始物件F																		
		Sigma=0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17點																				
EC K=1	RMSE	0.032831	0.0327	0.0327	0.0327	0.0329	0.0331	0.0334	0.0337	0.0342	0.0348	0.0463	0.0692	0.1024	0.144	0.1924	0.2459	0.3031	0.3627	0.4238
EC K=2	RMSE	0.031149	0.0312	0.0314	0.0317	0.032	0.0325	0.0331	0.0337	0.0345	0.0355	0.0516	0.0789	0.1154	0.1591	0.2088	0.263	0.3205	0.38	0.4407
EC K=3	RMSE	0.048829	0.049	0.0493	0.0496	0.0502	0.0508	0.0515	0.0524	0.0534	0.0545	0.0728	0.1027	0.1416	0.1874	0.2384	0.2932	0.3508	0.4099	0.4697
EC K=4	RMSE	0.089162	0.0893	0.0897	0.0901	0.0906	0.0913	0.0922	0.0931	0.0942	0.0954	0.1144	0.1453	0.1856	0.2325	0.2842	0.3391	0.396	0.4539	0.5121
EC K=5	RMSE	0.155012	0.1552	0.1555	0.156	0.1566	0.1573	0.1582	0.1592	0.1603	0.1615	0.1811	0.2124	0.2528	0.2997	0.3506	0.4041	0.4589	0.5142	0.5694
21點																				
EC K=1	RMSE	0.030056	0.03	0.03	0.03	0.03	0.0301	0.0302	0.0303	0.0305	0.0307	0.0354	0.0464	0.0645	0.0888	0.1183	0.1521	0.1893	0.2291	0.2708
EC K=2	RMSE	0.027185	0.0272	0.0273	0.0274	0.0276	0.0278	0.028	0.0283	0.0287	0.029	0.0363	0.0504	0.0709	0.0969	0.1275	0.162	0.1996	0.2397	0.2815
EC K=3	RMSE	0.03242	0.0325	0.0327	0.0329	0.0331	0.0335	0.0339	0.0343	0.0348	0.0354	0.0452	0.0618	0.0845	0.1121	0.144	0.1794	0.2176	0.2579	0.2999
EC K=4	RMSE	0.051251	0.0514	0.0515	0.0518	0.0521	0.0525	0.053	0.0535	0.0541	0.0548	0.0658	0.0837	0.1077	0.1366	0.1695	0.2056	0.2443	0.2849	0.3267
EC K=5	RMSE	0.084341	0.0845	0.0846	0.0849	0.0853	0.0857	0.0862	0.0868	0.0874	0.0881	0.0996	0.1181	0.1428	0.1725	0.2061	0.2427	0.2815	0.3219	0.3632
25點																				
EC K=1	RMSE	0.017992	0.0178	0.0176	0.0175	0.0175	0.0175	0.0175	0.0176	0.0178	0.018	0.0226	0.0331	0.0492	0.0702	0.0957	0.1249	0.1574	0.1928	0.2305
EC K=2	RMSE	0.017027	0.017	0.017	0.0171	0.0172	0.0174	0.0175	0.0178	0.0181	0.0184	0.0249	0.0373	0.0547	0.0767	0.1028	0.1324	0.1653	0.2008	0.2387
EC K=3	RMSE	0.023695	0.0238	0.0239	0.024	0.0242	0.0245	0.0248	0.0251	0.0256	0.026	0.0338	0.0473	0.0658	0.0886	0.1153	0.1455	0.1787	0.2146	0.2526
EC K=4	RMSE	0.039553	0.0396	0.0398	0.04	0.0402	0.0405	0.0408	0.0412	0.0417	0.0422	0.0505	0.0645	0.0835	0.1069	0.1342	0.1649	0.1985	0.2345	0.2726
EC K=5	RMSE	0.064008	0.0641	0.0642	0.0644	0.0647	0.065	0.0654	0.0658	0.0663	0.0668	0.0754	0.0896	0.1089	0.1327	0.1604	0.1914	0.2253	0.2615	0.2995
31點																				
EC K=1	RMSE	0.014407	0.0142	0.014	0.0138	0.0137	0.0137	0.0136	0.0136	0.0137	0.0138	0.0157	0.0206	0.0288	0.0401	0.0541	0.0705	0.0892	0.1097	0.132
EC K=2	RMSE	0.01335	0.0133	0.0133	0.0133	0.0133	0.0134	0.0134	0.0135	0.0136	0.0137	0.0165	0.0225	0.0315	0.0434	0.0578	0.0746	0.0934	0.1141	0.1365
EC K=3	RMSE	0.015817	0.0158	0.0159	0.016	0.016	0.0162	0.0163	0.0165	0.0166	0.0168	0.0205	0.0274	0.0372	0.0496	0.0645	0.0816	0.1007	0.1217	0.1442
EC K=4	RMSE	0.023247	0.0233	0.0234	0.0234	0.0236	0.0237	0.0239	0.0241	0.0243	0.0246	0.0288	0.0361	0.0464	0.0593	0.0745	0.092	0.1114	0.1326	0.1553
EC K=5	RMSE	0.035558	0.0356	0.0357	0.0358	0.0359	0.0361	0.0363	0.0365	0.0367	0.037	0.0415	0.0491	0.0596	0.0728	0.0884	0.1062	0.1259	0.1473	0.1703

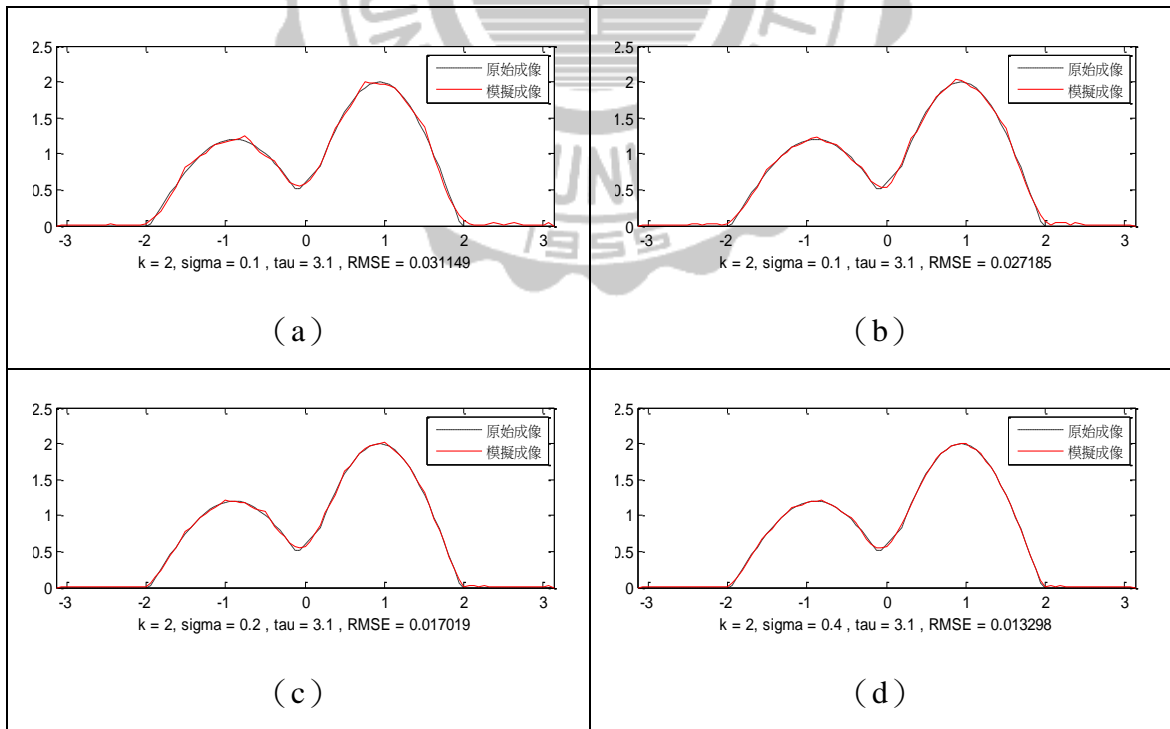


圖 3- 81 原始物件 F ( $\tau=3.1$ ): EC 函數取樣最佳成像圖 (a) 取樣 17 點, (b) 取樣 21 點, (c) 取樣 25 點, (d) 取樣 31 點。

將原始物件 F 傅立葉轉換後取樣，並用各種不同的基底函數進行影像重建，分別依照  $\tau$  值的不同，進行綜合展示於表 3-21~3-22，其中由於 EC 函數  $\tau$  值的選擇與其它函數有所差異，故將其獨立於表 3-23 分析如下：

#### 一、基底函數小結：

- (一) 正弦、餘弦函數、餘弦函數，影像重建效果相當差，所以在此不予討論。
- (二) 以辛克函數而言，良好的成像會集中於某一區塊，且當取樣點數愈多時， $k$  值的選取將越取越大。
- (三) SS 函數，是辛克函數的變形，影像重建的效果如用 RMSE 值比較，可發現與辛克函數成像不相上下，且同樣具有辛克函數的特性，當取樣點數愈多時， $k$  值的選取也要越取越大。
- (四) CS 函數，是餘弦週期性函數結合辛克函數的變形，在影像重建的效果上，成像效果與辛克函數類似，由於受週期性函數的影響，其差距在最佳成像圖 3-73~3-81 上，用肉眼無法明確分辨出成像差異。以 CS 函數而言，良好的成像區塊範圍較窄，且當取樣點數增多時， $k$  值的選取也要越取越大。
- (五) 高斯函數與 GC 函數，RMSE 值 $<0.05$ 的區塊範圍較上述其它函數更為寬廣，更容易取得良好的成像。以 GC 函數而言， $k$  值選取與取樣點數多寡成正比，但  $k > 5$  以上，成像不佳； $\sigma$  值的選取也與取樣點數多寡成正比。
- (六) EC 函數是指數函數與週期性函數的結合， $\tau$  值的選取與其它函數不同，估測原始物件位置範圍越寬越好；且取樣點數增加，良好成像區塊範圍會越來越大，但其最佳成像還是較其它函數成像略遜，取樣點數越多越好（見表 3-23）。

#### 二、綜合比較-表 3-21~3-22 (辛克函數、SS 函數、CS 函數、高斯函數、GC 函數)：

- (一) 原始物件 F 影像寬度範圍界於 $[-2;2]$ 之間範圍適中，取樣點數越多越好。
- (二)  $\tau$  值選擇方面，越接近原始物件，成像效果越好。
- (三) 對影像原始物件 F 重建而言，由於該圖形在屬於平滑訊號，故在影像重建上相對而言較為簡單，本研究所使用的基底函數也已經可以重建出相似度極高的原始成像，能看出原始物件的形狀。

## 貳、以取樣點數作區分-原始物件 G

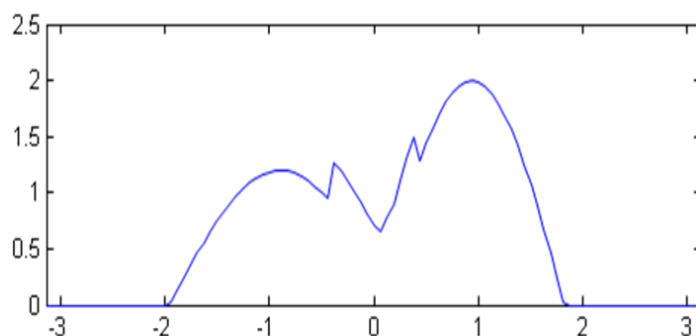


圖 3-82 原始物件 G (平滑訊號突起兩尖角圖形)

圖 3-82 原始物件 G 是本論文研究模擬的第二個原始影像物件，影像物件寬度範圍界於[-2;2]之間，形狀類似於橢圓狀的山峰，但山峰的上方各出現兩端尖尖的三角訊號，是屬於影像模擬中的平滑訊號突起兩尖角圖形。

由於原始物件 G 相較於本論文其它物件其範圍[-2;2]適中，利用不同基底函數進行反轉換時，因為基底函數的不同，會產生不同的成像與 RMSE 值，本研究利用 RMSE 值進行各種不同基底函數成像上的比較與分析，並以數據的方式呈現，當 RMSE 值 $<0.05$  時，成像效果最佳，使用紅色表示；RMSE 值界於 0.05 至 0.1 之間，使用黃色表示；RMSE 值界於 0.1 至 1 之間，使用綠色表示；RMSE 值 $>1$ ，成像效果極差，使用藍色表示。如表 3-24~3-26。其中各種不同的基底又依照取樣點數的不同進行分類，將各基底函數所產生的最佳成像用如圖 3-83~3-91 加以呈現。

表 3-24 原始物件 G ( $\tau=2.1$ ): RMSE 值比較表

		原始物件G																			
17點		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cos	RMSE	10.7	14.196	7.393	60.587	21.95	26.404	38.383	508.64	28.758	614.43	33.426	28.532	43.95	196.44	8.3233	223.63	87.918	16.257	62.035	21.989
Sin	RMSE	5.846	21.398	20.561	50.946	57.566	13.059	18.603	113.3	17.74	13.925	29.636	63.839	25.094	27.747	46.586	114.03	40.32	15.966	47.482	61.579
Sinc	RMSE	34711	459.06	2.0751	1.3733	0.0553	0.0529	0.0507	0.0491	0.0472	0.0507	0.2964	0.6577	0.4006	0.6185	0.7146	0.8816	1.5577	2.7774	8.0536	23.68
SS	RMSE	1E+05	145.93	177	175.19	250.53	177.96	378.78	256.41	336.92	195.5	232.56	547.97	609.75	615.51	753.46	361.05	1075.2	1565.5	3392	2900.6
CS	RMSE	693.9	2.1402	0.0529	0.0491	0.0507	0.6577	0.6185	0.8816	2.7774	23.68	6.7594	3.5566	12.669	60.926	56.897	144.06	43.635	94.441	152.07	361.39
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	3951	4.5215	0.431	0.3274	0.0555	0.0535	0.0527	0.052	0.0516	0.0512	0.0504	0.0526	0.0562	0.0613	0.0671	0.0749	0.0862	0.1014	0.1202	
GC K=1	RMSE	36.91	0.6109	0.0781	0.0543	0.0532	0.0524	0.0517	0.0512	0.0509	0.0506	0.0508	0.0537	0.0582	0.0641	0.0707	0.0804	0.0939	0.1112	0.132	
GC K=2	RMSE	0.367	0.0566	0.0539	0.0528	0.0519	0.0513	0.0508	0.0505	0.0502	0.0501	0.0516	0.0561	0.0633	0.0713	0.0837	0.0994	0.1124	0.1033	0.245	
GC K=3	RMSE	0.062	0.0533	0.0521	0.0513	0.0507	0.0503	0.05	0.0499	0.0498	0.0498	0.0531	0.0601	0.0703	0.1266	0.4393	0.3516	1.4196	5.2347	0.893	
GC K=4	RMSE	0.052	0.0511	0.0505	0.05	0.0497	0.0496	0.0495	0.0496	0.0498	0.0501	0.0561	0.0665	0.0995	0.1614	0.1636	0.173	0.1859	0.2007	0.2162	
GC K=5	RMSE	0.051	0.0497	0.0492	0.0491	0.0491	0.0494	0.0497	0.0502	0.0508	0.0515	0.0634	0.0972	0.173	0.4594	2.5572	1.0309	0.5714	0.4329	0.81	
EC K=1	RMSE	7E+11	2E+12	1E+11	5E+11	1E+12	2E+12	3E+12	8E+11	3E+12	5E+12	3E+11	3E+11	3E+11	3E+12	3E+12	2E+12	2E+12	1E+13	6E+13	
EC K=2	RMSE	2E+11	7E+11	1E+12	7E+11	2E+12	8E+11	1E+13	9E+11	2E+11	3E+12	6E+11	7E+11	4E+11	2E+12	3E+12	6E+11	9E+12	1E+12	8E+12	
EC K=3	RMSE	2E+11	1E+11	7E+11	5E+11	1E+12	2E+11	2E+13	1E+10	1E+13	5E+12	6E+12	5E+11	3E+11	1E+12	1E+13	1E+13	2E+12	7E+12	3E+12	
EC K=4	RMSE	5E+11	7E+10	9E+11	6E+11	1E+12	3E+11	2E+11	2E+11	3E+11	5E+10	4E+11	4E+11	2E+12	9E+11	3E+13	2E+12	2E+13	1E+13	9E+12	
EC K=5	RMSE	5E+10	2E+11	2E+11	3E+11	7E+10	2E+12	3E+11	2E+11	1E+11	1E+11	6E+11	1E+12	8E+12	5E+13	4E+12	5E+12	3E+12	4E+12	7E+12	
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	37.35	16.816	310.27	30.67	23.248	81.837	13.159	188.29	26.018	14.542	22.049	6.2122	155	15.634	47.751	130.11	79.743	20.846	44.117	128.75
Sin	RMSE	49.85	13.778	37.206	324.31	32.496	31.264	47.952	436.04	35.928	10.537	73.469	17.324	11.529	83.65	32.562	708.92	30.083	54.014	22.863	35.529
Sinc	RMSE	1E+06	138347	60713	128.47	2.0569	0.4923	0.0443	0.0402	0.0383	0.0369	0.0355	0.0346	0.0335	0.1775	0.4506	0.7979	2.1495	1.3011	1.2209	3.6715
SS	RMSE	97432	493.96	0.3515	0.0408	0.0344	0.0348	0.3546	0.0363	0.1125	0.8675	1.5566	0.244	0.3242	0.4197	0.6358	0.7991	1.1898	5.3719	1.6074	4.8315
CS	RMSE	1E+06	123.04	0.3012	0.0402	0.0369	0.0346	0.1775	0.7979	1.3011	3.6715	3.0259	4.5072	18.369	62.221	1038.2	31.45	96.951	588.51	143.32	506.28
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	2E+07	132823	3380.6	584.4	30.474	10.993	0.4075	0.5708	0.1289	0.0464	0.0382	0.0389	0.0407	0.0434	0.0473	0.0531	0.0617	0.0736	0.0889	
GC K=1	RMSE	81129	3486.8	120.32	24.729	0.7784	1.8431	0.0983	0.0468	0.0404	0.0396	0.0381	0.0394	0.0416	0.0448	0.0497	0.0569	0.0673	0.0811	0.0983	
GC K=2	RMSE	1360	2.5141	0.954	2.1036	0.1008	0.0421	0.0403	0.0397	0.0392	0.0388	0.0382	0.0402	0.0433	0.0484	0.0566	0.069	0.0859	0.1063	0.1287	
GC K=3	RMSE	134.4	1.8773	0.6174	0.0439	0.0405	0.0398	0.0392	0.0388	0.0384	0.0382	0.0386	0.0414	0.046	0.0541	0.0674	0.086	0.1122	0.1283	0.1488	
GC K=4	RMSE	0.683	0.4176	0.0408	0.0398	0.0391	0.0386	0.0382	0.038	0.0378	0.0377	0.0393	0.0434	0.0509	0.0648	0.0756	0.084	0.0922	0.1012	0.1123	
GC K=5	RMSE	1.635	0.0404	0.0389	0.0383	0.0379	0.0376	0.0375	0.0374	0.0374	0.0375	0.0407	0.0473	0.0683	0.7302	0.3993	0.3066	0.291	0.2937	0.3038	
EC K=1	RMSE	4E+12	9E+12	2E+13	9E+12	7E+12	4E+12	2E+13	5E+12	5E+12	6E+12	1E+13	5E+12	4E+12	4E+12	2E+12	3E+13	1E+13	7E+12	1E+13	
EC K=2	RMSE	2E+12	9E+12	8E+13	4E+12	4E+12	2E+13	3E+12	4E+12	2E+12	3E+12	7E+12	2E+12	1E+13	8E+12	9E+12	6E+12	2E+13	2E+13	3E+12	
EC K=3	RMSE	1E+13	4E+12	9E+12	4E+12	3E+13	8E+12	2E+12	6E+12	2E+12	1E+13	4E+13	9E+12	2E+12	4E+12	1E+13	1E+13	2E+13	7E+12	4E+12	
EC K=4	RMSE	1E+12	3E+12	5E+12	2E+13	5E+12	6E+12	2E+13	1E+13	5E+13	2E+13	4E+12	1E+13	2E+12	6E+12	5E+12	2E+13	1E+13	2E+13	6E+12	
EC K=5	RMSE	5E+12	7E+12	2E+12	3E+12	5E+12	5E+12	1E+13	2E+12	7E+12	7E+12	4E+12	5E+12	1E+12	2E+13	5E+12	7E+12	7E+12	8E+11	4E+13	
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	1E+07	1E+07	2E+06	341962	43706	14922	2037.1	77.793	509.9	72.833	0.0317	0.0316	0.0319	0.0324	0.0333	0.0352	0.0389	0.045	0.054	
GC K=1	RMSE	2E+07	1E+07	350971	58824	1249	105.64	273.45	21.289	12.722	2.02	0.0316	0.0317	0.032	0.0327	0.0339	0.0366	0.0415	0.049	0.0596	
GC K=2	RMSE	2E+06	52355	1020.4	82.603	7.8763	1.9786	2.0545	1.7085	1.065	0.2847	0.0316	0.0317	0.0323	0.0333	0.0357	0.0408	0.0493	0.0616	0.078	
GC K=3	RMSE	4082	669.75	23.599	2.6631	0.9069	0.3914	1.4491	0.1819	0.0461	0.0326	0.0316	0.0319	0.0326	0.0344	0.0389	0.0476	0.0603	0.0707	0.0638	
GC K=4	RMSE	136.9	1.1757	0.7984	1.8985	0.4251	0.2116	0.0435	0.0323	0.0317	0.0316	0.0316	0.0321	0.0333	0.0368	0.0452	0.073	0.4564	0.3838	0.9723	
GC K=5	RMSE	3.397	0.6285	1.4911	4.9633	0.0714	0.0319	0.0317	0.0316	0.0316	0.0316	0.0317	0.0325	0.0349	0.0419	0.0508	0.1247	0.1304	0.1415	0.1541	
EC K=1	RMSE	2E+12	3E+12	1E+12	2E+12	2E+12	5E+11	1E+12	1E+12	1E+12	3E+12	3E+11	2E+12	5E+12	6E+11	2E+12	2E+12	1E+12	1E+12	1E+12	
EC K=2	RMSE	2E+11	6E+11	1E+12	4E+11	9E+11	2E+12	2E+12	7E+11	9E+11	4E+11	4E+12	2E+12	2E+12	7E+11	1E+12	5E+11	1E+12	3E+12	2E+11	
EC K=3	RMSE	9E+11	7E+12	2E+12	2E+12	3E+12	6E+11	1E+12	1E+12	5E+11	1E+12	1E+12	5E+11	4E+11	3E+12	3E+11	2E+12	5E+11	3E+12	2E+12	
EC K=4	RMSE	1E+12	5E+12	5E+11	1E+12	8E+11	1E+12	5E+11	8E+11	8E+11	6E+11	5E+11	1E+12	2E+12	9E+11	3E+12	2E+12	2E+12	3E+12	1E+12	
EC K=5	RMSE	4E+11	2E+12	7E+11	6E+11	2E+11	2E+12	4E+11	5E+11	6E+11	4E+11	9E+11	1E+12	3E+12	1E+12	5E+11	8E+10	1E+12	7E+10	6E+12	
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	7E+07	4E+08	5E+08	3E+09	5E+08	1E+09	4E+07	2E+08	4E+06	824415	209.77	0.9949	0.0391	0.0299	0.0306	0.0315	0.0328	0.0347	0.038	
GC K=1	RMSE	7E+07	9E+08	5E+09	2E+09	7E+07	9E+06	6E+06	262702	638580	32996	22.973	0.1231	0.0305	0.0301	0.0309	0.032	0.0335			



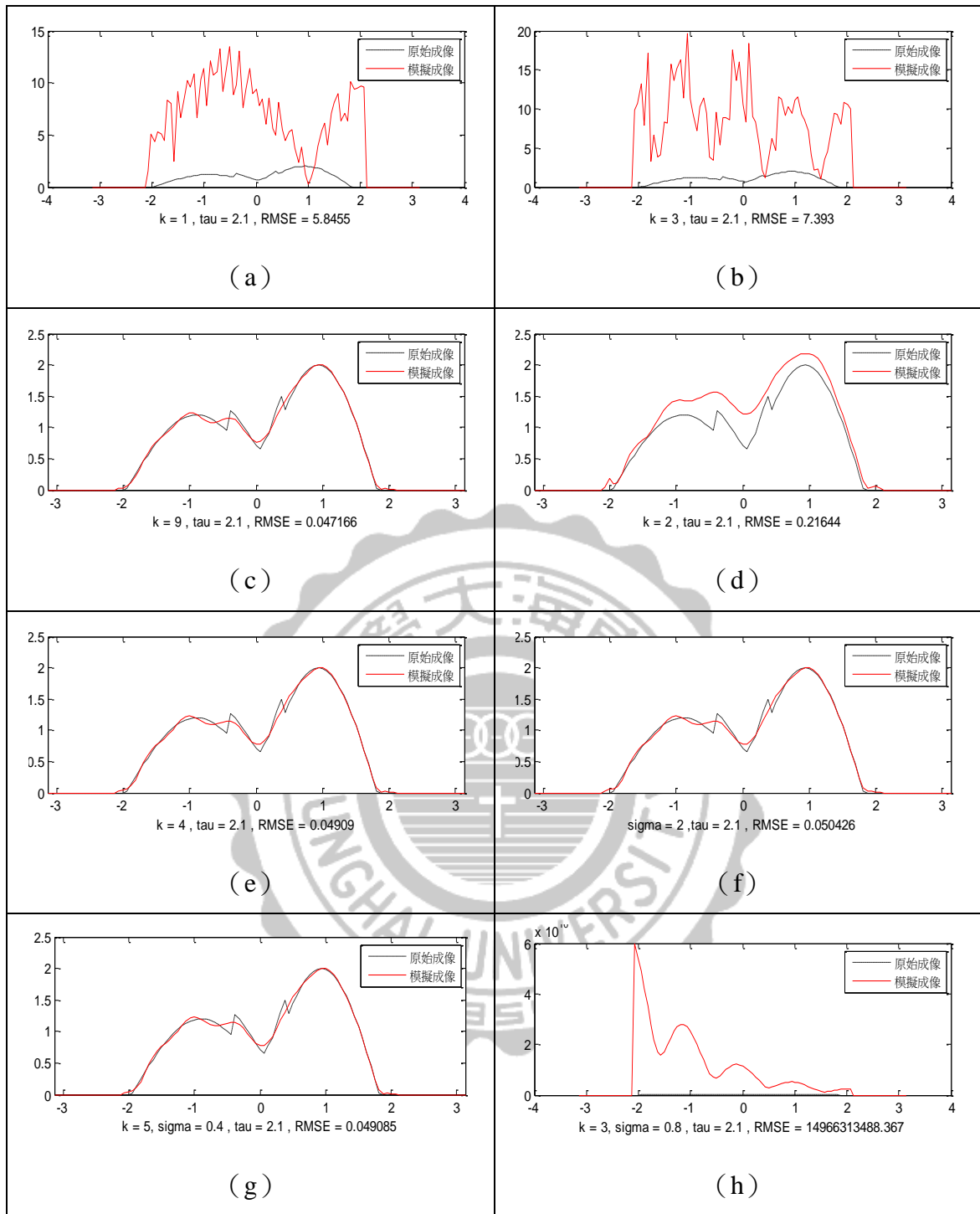


圖 3-83 原始物件  $G(\tau=2.1)$ : 取樣 17 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

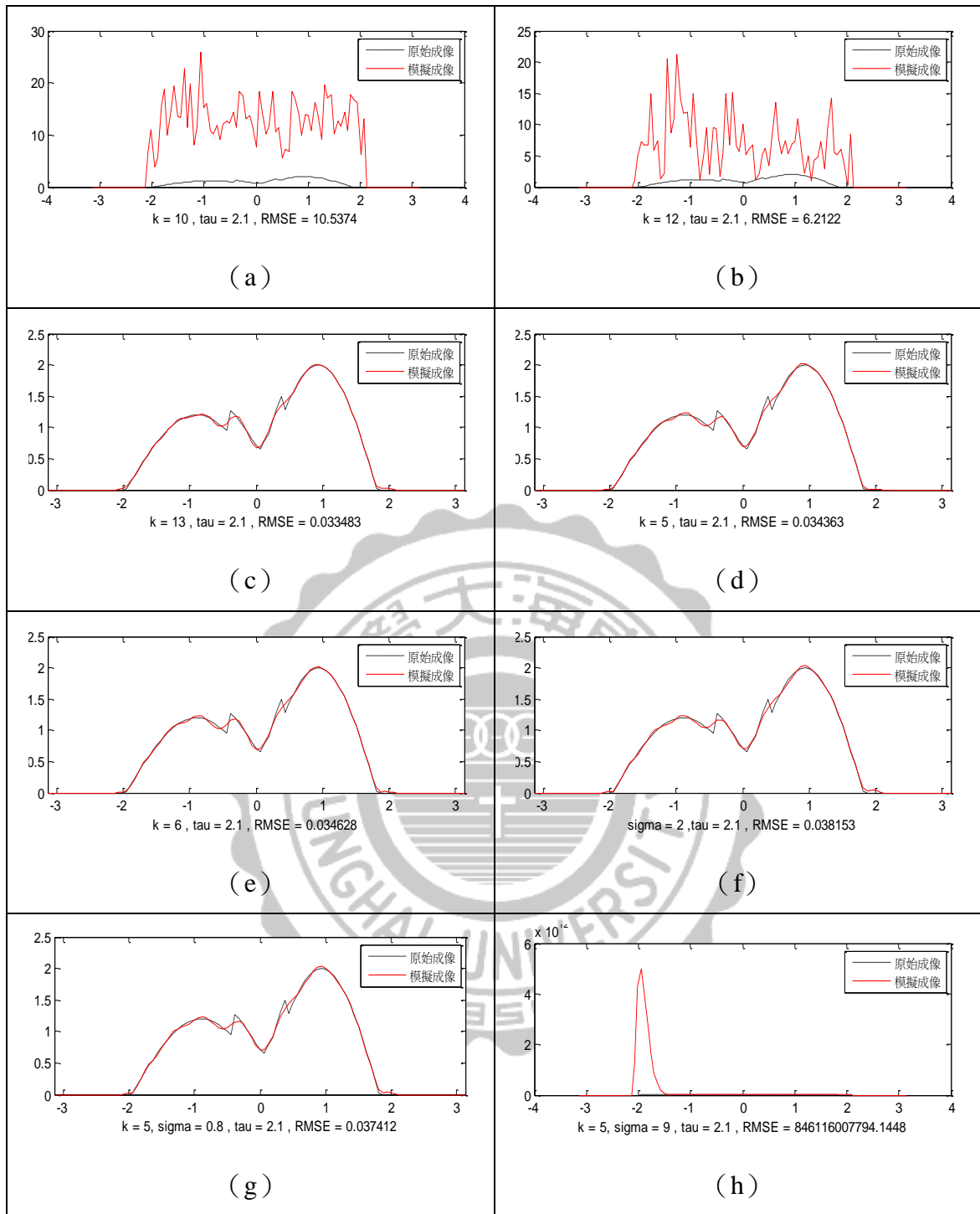


圖 3-84 原始物件  $G(\tau=2.1)$ : 取樣 21 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

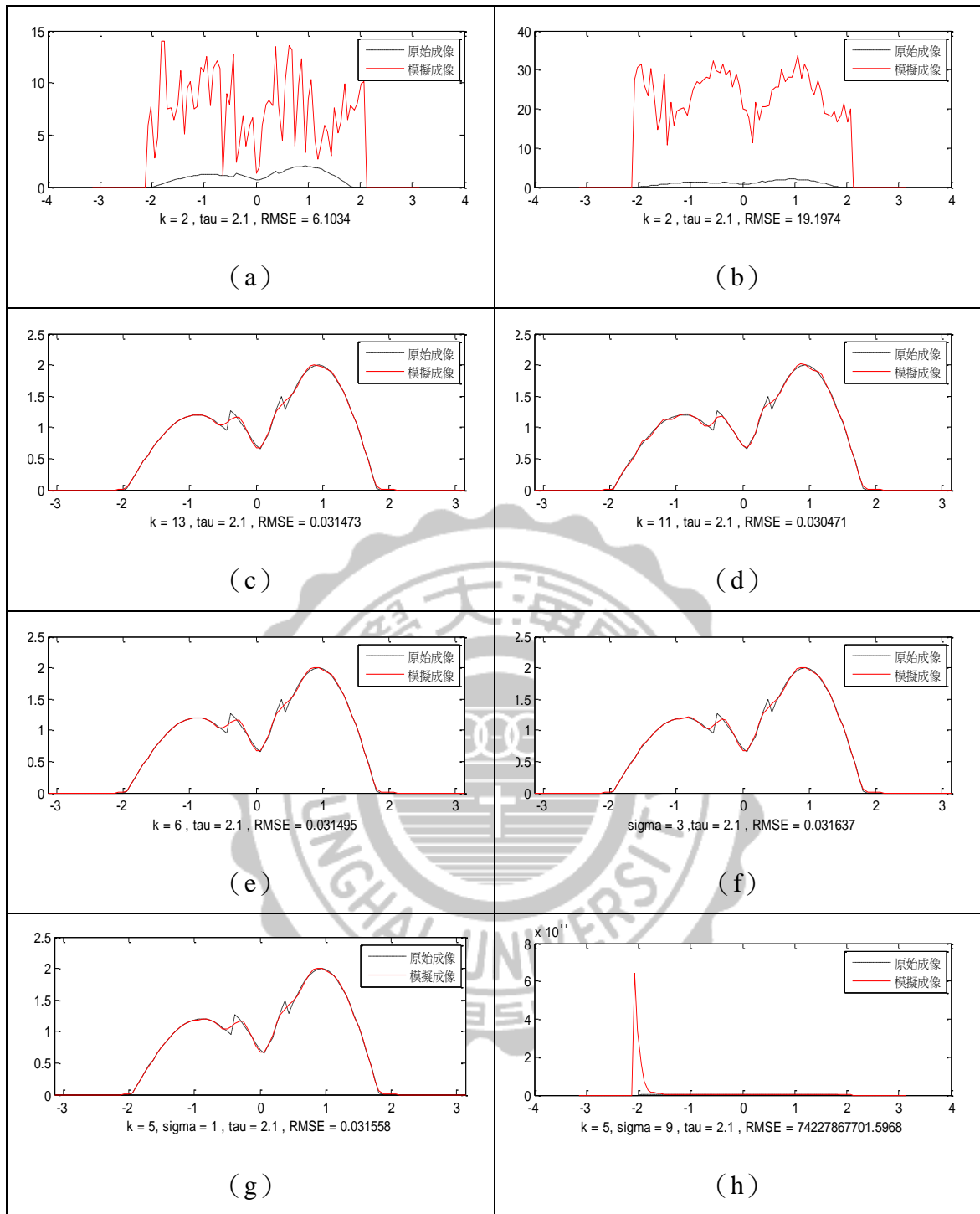


圖 3-85 原始物件  $G(\tau=2.1)$ : 取樣 25 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

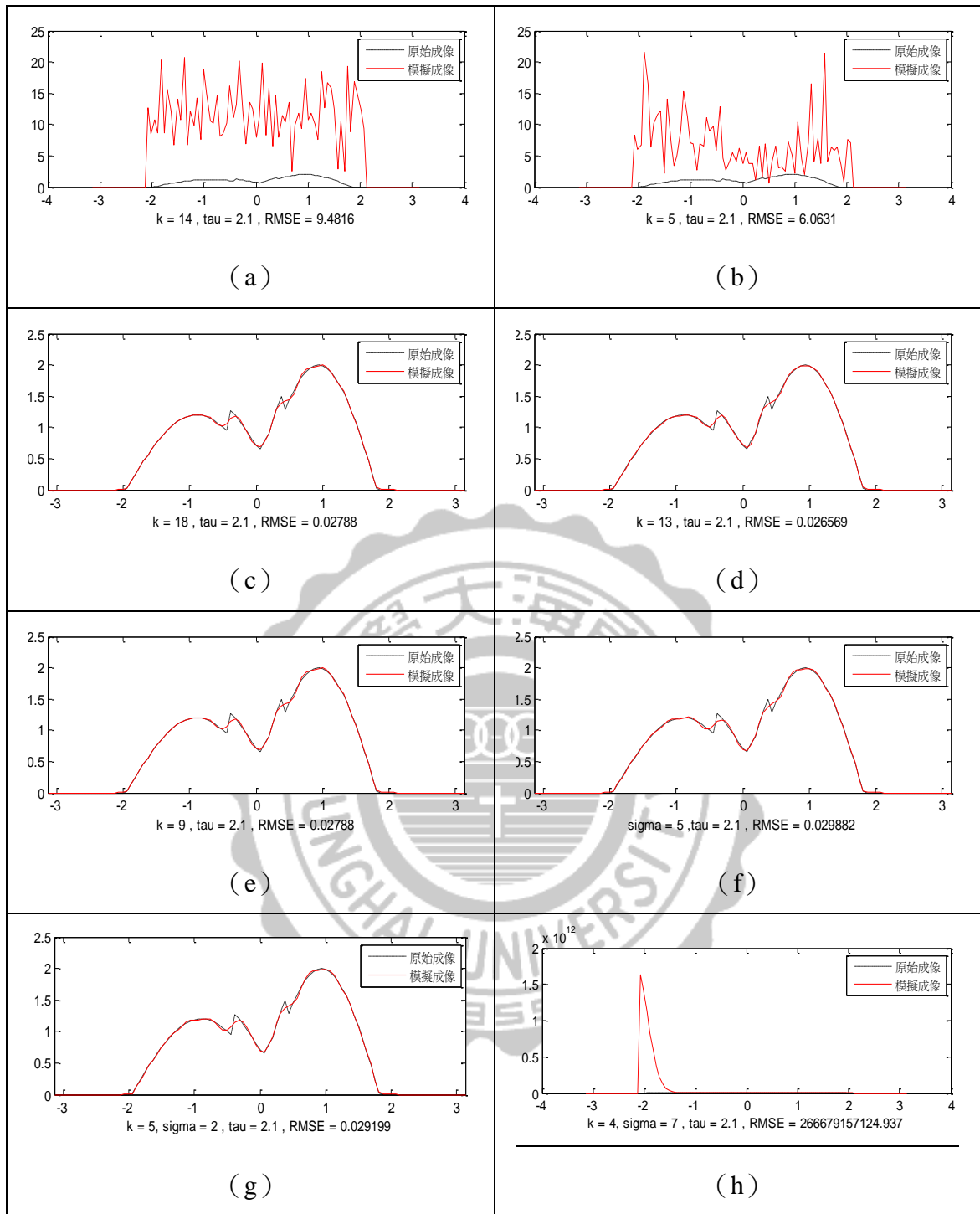


圖 3-86 原始物件  $G(\tau=2.1)$ ：取樣 31 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

表 3- 25 原始物件 G (  $\tau = 2.3$  ) : RMSE 值比較表

		原始物件G																			
17點		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cos	RMSE	8.25	12.176	27.659	106.83	134.22	4.5538	62.763	155.71	7.7937	37.593	25.484	54.099	69.8	23.522	14.234	1048.4	187.29	22.41	22.256	301.94
Sin	RMSE	9.778	22.586	16.71	30.469	21.951	94.255	41.331	2180.6	129.84	21.013	132.42	13.379	70.75	16.843	21.336	291.76	11.491	7.4359	61.324	17.44
Sinc	RMSE	43671	1987.1	10.664	0.1025	0.0606	0.0578	0.0553	0.0532	0.0499	0.0729	0.1277	0.2454	0.5197	0.7011	0.8878	1.3464	1.2367	1.7971	3.2371	5.4219
SS	RMSE	1983	24.559	21.695	20.551	658.9	23.862	21.717	36.325	66.611	46.852	31.58	34.109	56.102	79.572	70.127	193.69	109.2	161.91	323.91	2795.3
CS	RMSE	766.9	0.0996	0.0578	0.0532	0.0729	0.2454	0.7011	1.3464	1.7971	5.4219	6.2998	11.019	975.64	13.339	8.7775	946.77	12.995	26.12	23.282	129.36
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	2807	15.923	1.3367	0.0684	0.0596	0.0585	0.0576	0.0569	0.0563	0.0558	0.0544	0.0556	0.0576	0.0604	0.0645	0.0703	0.0781	0.0879	0.0998	
GC K=1	RMSE	35.72	0.5257	0.0614	0.0594	0.0582	0.0572	0.0565	0.0559	0.0555	0.0551	0.0546	0.0563	0.0587	0.0621	0.0671	0.074	0.083	0.094	0.1068	
GC K=2	RMSE	0.177	0.0608	0.059	0.0577	0.0567	0.056	0.0554	0.055	0.0547	0.0544	0.055	0.0576	0.0615	0.0677	0.0768	0.0892	0.1047	0.1238	0.147	
GC K=3	RMSE	0.06	0.0583	0.057	0.056	0.0553	0.0548	0.0544	0.0542	0.054	0.054	0.0559	0.0598	0.0666	0.0774	0.0889	0.0951	0.0994	0.1062	0.1158	
GC K=4	RMSE	0.057	0.0559	0.0551	0.0544	0.054	0.0538	0.0537	0.0537	0.0538	0.054	0.0576	0.0645	0.0837	0.3501	9.9618	1.0982	0.5445	0.4211	0.3789	
GC K=5	RMSE	0.063	0.0573	0.0548	0.0538	0.0534	0.0534	0.0536	0.0539	0.0543	0.0548	0.0616	0.0818	0.1077	0.1079	0.1138	0.124	0.1415	0.171	0.2197	
EC K=1	RMSE	4.431	4.9604	6.1825	9.369	26.341	23.174	7.1039	3.9435	2.6404	1.9455	4.543	0.2601	0.2106	0.2111	0.2373	0.2786	0.3287	0.3843	0.443	
EC K=2	RMSE	0.57	0.5647	0.5556	0.5434	0.5287	0.512	0.494	0.4752	0.4561	0.4372	0.2847	0.2157	0.1995	0.2138	0.247	0.2917	0.3436	0.3999	0.4588	
EC K=3	RMSE	0.23	0.2298	0.229	0.2278	0.2264	0.2247	0.2228	0.2207	0.2185	0.2161	0.1928	0.1846	0.1971	0.2264	0.2675	0.3164	0.3704	0.4274	0.4862	
EC K=4	RMSE	0.158	0.158	0.1581	0.1582	0.1583	0.1584	0.1586	0.1589	0.1591	0.1595	0.1672	0.1859	0.2165	0.2569	0.3042	0.3564	0.4116	0.4686	0.5265	
EC K=5	RMSE	0.176	0.1765	0.1767	0.1771	0.1776	0.1782	0.1789	0.1797	0.1806	0.1817	0.1988	0.2279	0.2668	0.3125	0.3628	0.4159	0.4706	0.5261	0.5817	

		原始物件G																			
21點		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cos	RMSE	18.02	27.384	40.563	138.28	29.961	19.914	29.232	83.03	23.873	5.6398	18.917	44.487	26.471	27.473	26.402	268.78	18.185	14.028	17.552	6.5813
Sin	RMSE	30.52	36.274	57.617	50.389	9.2281	67.9	43.663	93.17	13.045	108.49	19.892	6.4276	35.338	13.43	30.418	163.46	83.081	12.504	32.07	7.8467
Sinc	RMSE	5E+05	94193	19384	1437.1	4.4632	0.1771	0.0483	0.0448	0.0424	0.0409	0.0393	0.0388	0.1146	3.5683	0.2205	0.3366	0.3694	0.6182	0.5976	1.0124
SS	RMSE	7E+05	1617.3	0.7777	0.0452	0.0434	0.0416	0.081	0.0385	0.0468	0.083	0.1501	0.2389	0.3336	0.6276	0.5924	0.5996	0.8585	0.6584	1.0347	
CS	RMSE	25070	1247.9	0.2582	0.0448	0.0409	0.0388	3.5683	0.3366	0.6182	1.0124	1.4949	6.7968	2.6805	2.9851	11.552	6.4976	85.265	13.52	12.778	60.125
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	2E+06	77407	15019	110.53	37.924	10.28	1.4629	0.2817	0.1094	0.0458	0.0422	0.0426	0.0442	0.0466	0.0499	0.0542	0.0595	0.0659	0.0734	
GC K=1	RMSE	1E+05	5457.6	113.79	3.7938	4.6693	0.2214	0.0528	0.0458	0.0449	0.0442	0.0421	0.043	0.045	0.0479	0.0517	0.0566	0.0626	0.0696	0.0775	
GC K=2	RMSE	1693	4.0758	1.4726	0.1387	0.0478	0.0462	0.0451	0.0443	0.0437	0.0432	0.0421	0.0437	0.0466	0.0507	0.0564	0.0634	0.0718	0.0814	0.0921	
GC K=3	RMSE	2.741	0.3529	0.0513	0.0469	0.0455	0.0444	0.0437	0.0431	0.0427	0.0424	0.0423	0.0447	0.0488	0.0549	0.063	0.0734	0.0861	0.1006	0.1152	
GC K=4	RMSE	3.043	0.0479	0.0458	0.0445	0.0436	0.0429	0.0425	0.0421	0.0419	0.0418	0.0429	0.0465	0.0526	0.0615	0.0735	0.1367	0.0912	0.0946	0.1005	
GC K=5	RMSE	0.067	0.0443	0.0433	0.0426	0.0421	0.0418	0.0416	0.0415	0.0414	0.0414	0.044	0.0499	0.0594	0.0667	0.1654	0.8215	0.3443	0.2728	0.2473	
EC K=1	RMSE	3E+12	9E+11	3E+12	6E+11	4E+12	2E+12	2E+11	1E+12	6E+11	1E+12	6E+11	4E+11	4E+11	2E+12	8E+11	1E+13	6E+12	2E+12	2E+12	
EC K=2	RMSE	1E+11	7E+11	1E+12	4E+11	1E+12	4E+11	9E+11	2E+11	1E+11	6E+11	3E+11	5E+11	1E+12	8E+11	1E+11	1E+13	4E+12	1E+12	5E+12	3E+12
EC K=3	RMSE	5E+11	1E+11	6E+11	4E+10	7E+10	9E+10	2E+11	9E+11	1E+12	2E+11	4E+10	1E+12	3E+11	7E+10	1E+12	3E+12	2E+11	7E+11	6E+12	
EC K=4	RMSE	1E+11	2E+11	1E+11	2E+11	2E+12	7E+10	6E+11	1E+11	3E+11	6E+11	7E+11	9E+10	1E+11	8E+11	1E+13	5E+12	5E+11	1E+12	2E+12	
EC K=5	RMSE	3E+10	3E+10	4E+11	3E+10	1E+11	4E+11	1E+11	1E+12	2E+11	4E+11	3E+11	2E+11	3E+11	4E+12	2E+13	6E+12	7E+12	1E+12	5E+11	

		原始物件G																			
25點		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cos	RMSE	83.46	74.853	167.58	125.06	11.818	44.175	94.847	124.92	13.509	90.56	50.134	55.184	22.199	79.348	58.247	1073	22.443	34.93	70.085	78.192
Sin	RMSE	38.77	32.593	59.315	30.98	36.32	114.43	58.552	172.13	27.887	57.386	16.982	174.52	118.43	53.934	25.548	644.17	74.831	153.06	48.891	20.387
Sinc	RMSE	3E+07	2E+06	2E+07	1E+06	5.1287	316.51	1.0332	0.9067	0.0358	0.0341	0.0332	0.0328	0.0324	0.0343	0.2353	0.1169	0.2271	0.5816	1.0712	3.4819
SS	RMSE	6E+06	2E+06	537.59	0.1714	0.0345	0.0328	0.0331	0.1276	0.1281	0.0322	0.0973	0.0819	0.111	0.1893	0.2702	0.3338	0.4361	0.6869	0.9867	1.4942
CS	RMSE	1E+07	1E+06	189.59	1.2342	0.0341	0.0328	0.0343	0.1169	0.5816	3.4819	1.5959	4.6809	4.0022	6.361	11.009	39.271	37.98	235.63	31.882	104.25
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	3E+06	6E+06	4E+06	3E+06	165097	86688	12203	1023.6	31.281	38.218	0.0335	0.0334	0.0337	0.0345	0.0355	0.0371	0.0391	0.0417	0.0452	
GC K=1	RMSE	1E+07	1E+06	265758	169717	6508.1	17220	76.162	41.457	26.59	7.0268	0.0334	0.0334	0.0339	0.0348	0.0361	0.0379	0.0402	0.0432	0.0472	
GC K=2	RMSE	1E+06	31541	468.23	128.26	8.0384	9.813	1.4123	0.1799	0.0586	0.0363	0.0333	0.0335	0.0343	0.0355	0.0373	0.0399	0.0433	0.0477	0.0534	
GC K=3	RMSE	12390	380.65	65.506	0.7519	0.4335	0.359	0.0409	0.0346	0.0342	0.0339	0.0332	0.0337	0.0348	0.0365	0.0391	0.0427	0.0478	0.0547	0.0637	
GC K=4	RMSE	246.4	3.3398	0.5967	1.1601	0.0696	0.0347	0.0342	0.0339	0.0337	0.0335	0.0333	0.034	0.0355	0.038	0.0417	0.0471	0.0539	0.0572	0.0634	
GC K=5	RMSE	4.782	0.8763	0.2122	0.0362	0.0342	0.0338	0.0336	0.0334	0.0333	0.0332	0.0334	0.0345	0.0368	0.0405	0.0464	0.0557	0.0663	0.0746	0.0813	
EC K=1	RMSE	1E+11	6E+10	3E+10	4E+10	5E+10	1E+10	6E+09	3E+11	1E+11	2E+11	4E+11	1E+12	2E+11	2E+						

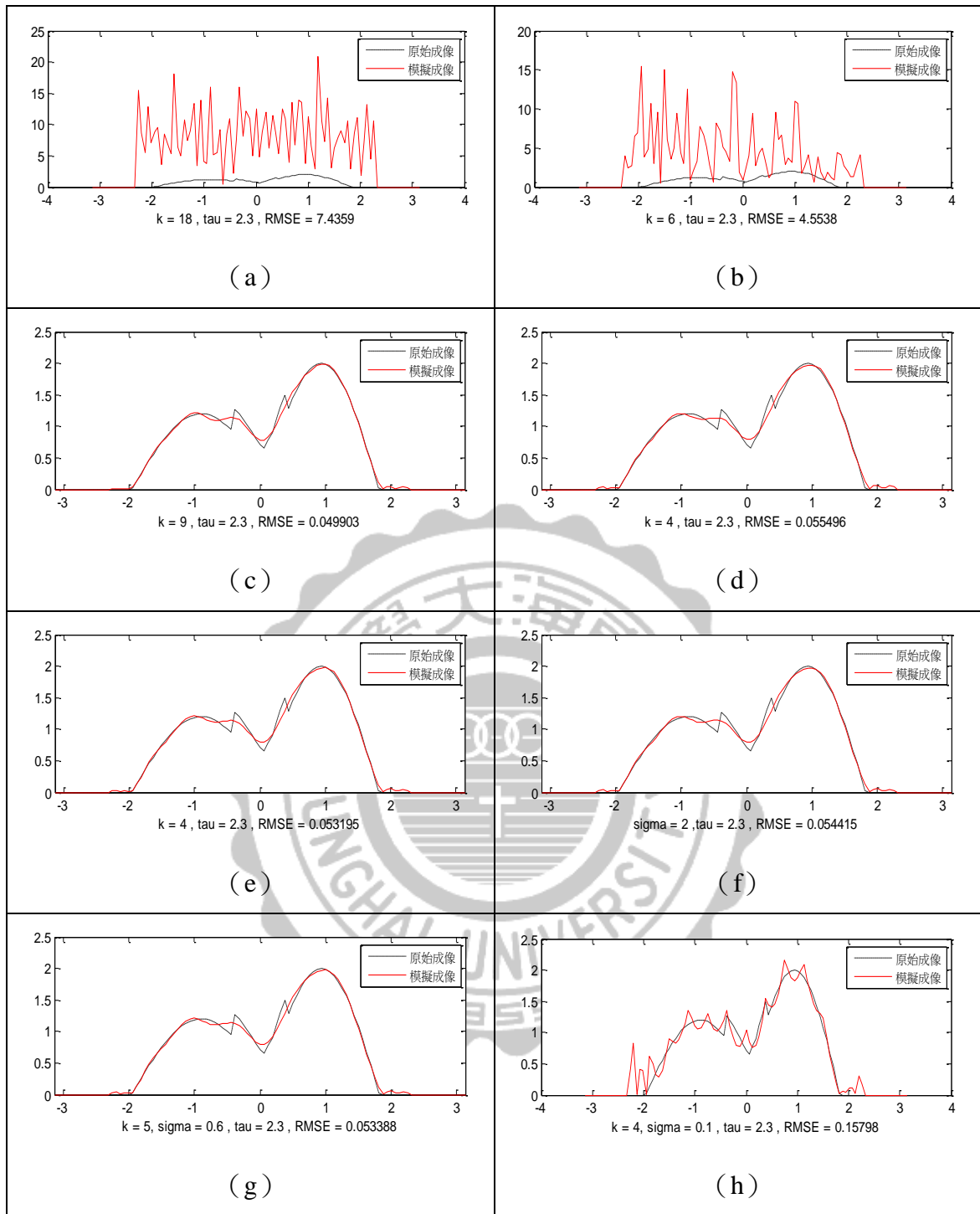


圖 3-87 原始物件  $G (\tau=2.3)$ : 取樣 17 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

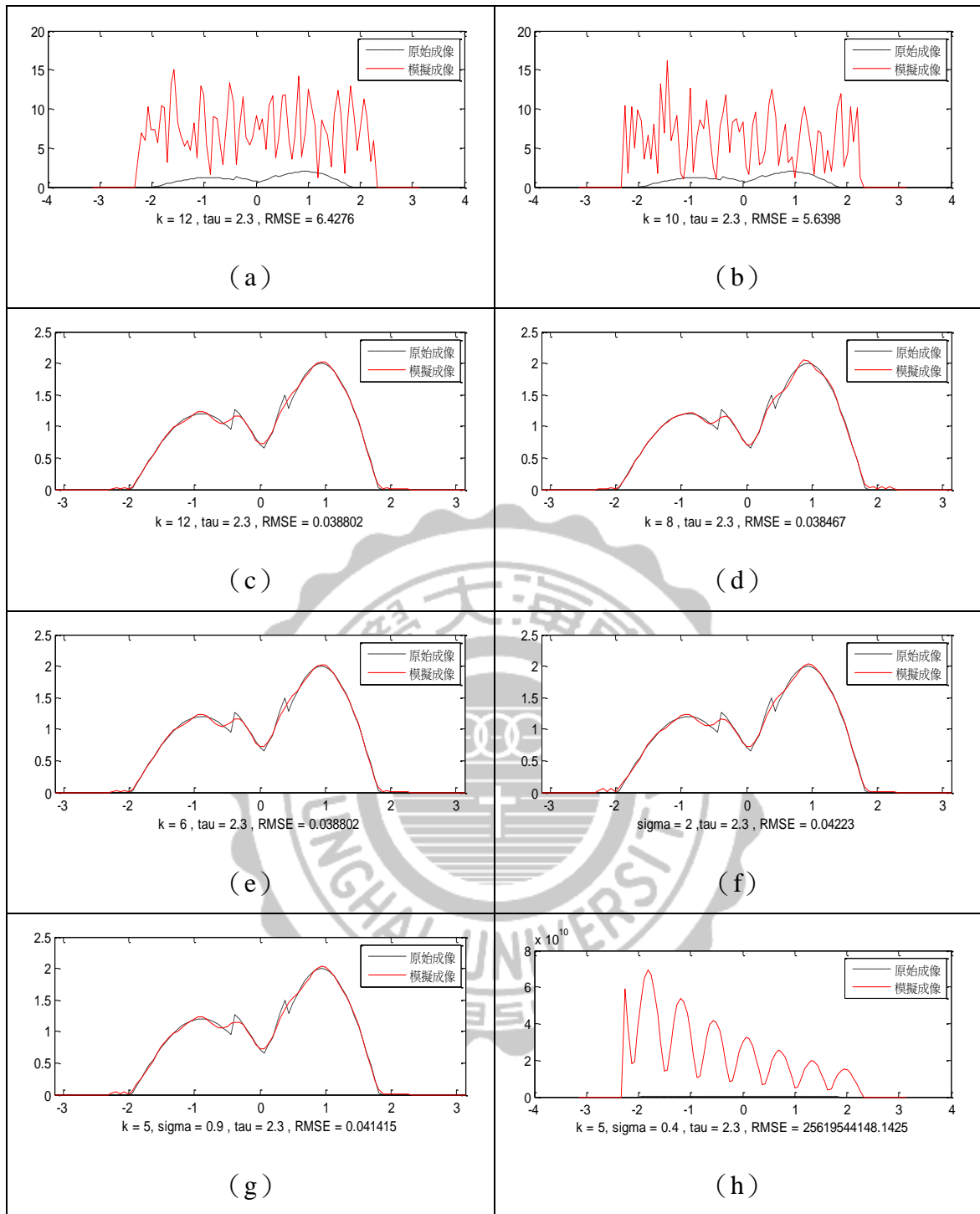


圖 3-88 原始物件  $G (\tau=2.3)$ : 取樣 21 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

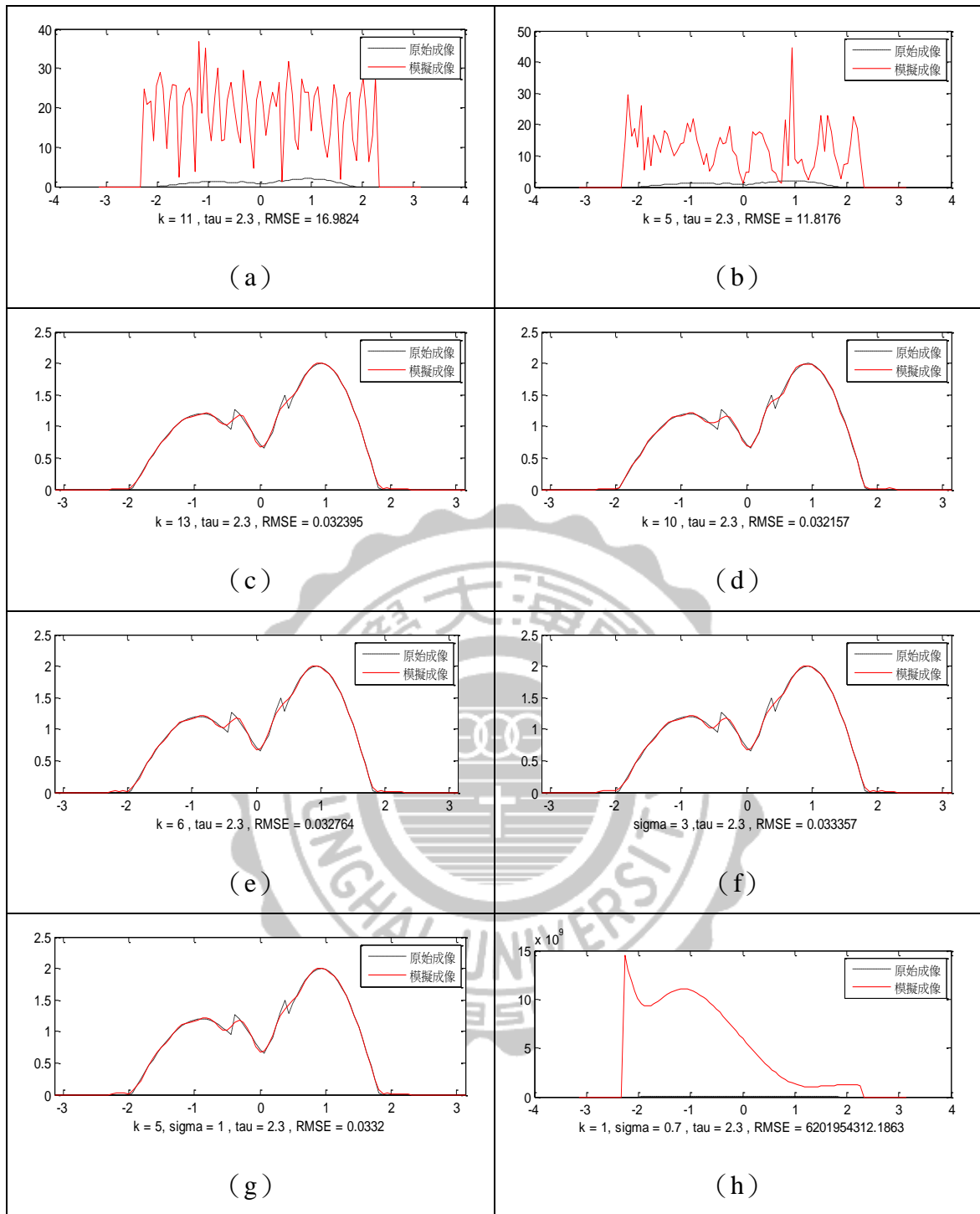


圖 3-89 原始物件  $G (\tau=2.3)$ : 取樣 25 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。



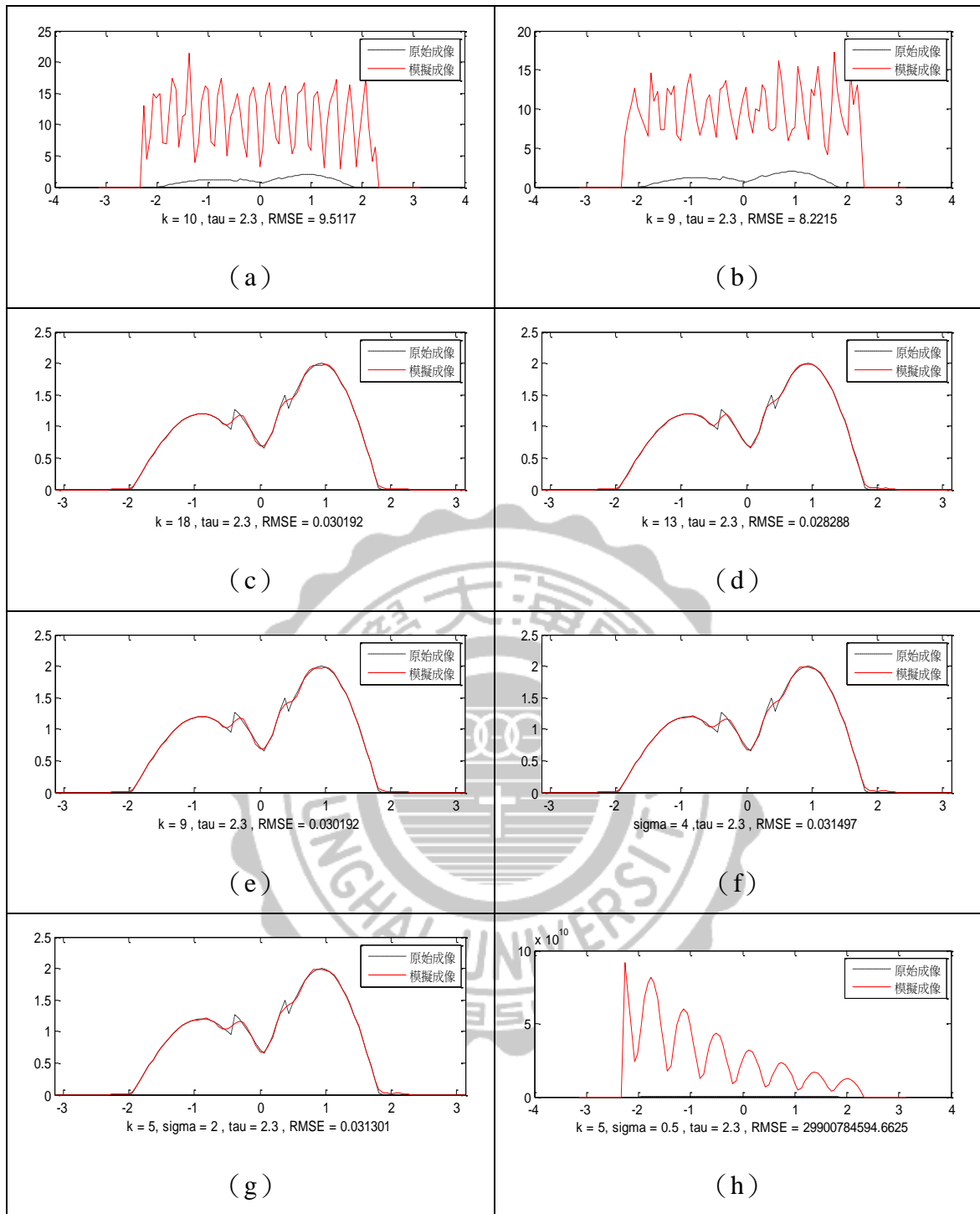


圖 3-90 原始物件  $G (\tau=2.3)$ ：取樣 31 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

表 3-26 原始物件 G ( $\tau=3.1$ ): EC 函數 RMSE 值比較表

		原始物件G																		
點數		Sigma=0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17點	EC K=1 RMSE	0.059848	0.0598	0.0597	0.0596	0.0595	0.0595	0.0594	0.0594	0.0594	0.0594	0.0628	0.0763	0.1025	0.1398	0.1854	0.2371	0.2931	0.3518	0.4122
	EC K=2 RMSE	0.059402	0.0594	0.0594	0.0594	0.0594	0.0595	0.0596	0.0597	0.0598	0.06	0.0664	0.0843	0.1143	0.1541	0.2013	0.2539	0.3102	0.3689	0.4289
	EC K=3 RMSE	0.068337	0.0684	0.0685	0.0686	0.0688	0.0691	0.0694	0.0698	0.0703	0.0709	0.0819	0.1047	0.1387	0.1813	0.2302	0.2836	0.3401	0.3984	0.4577
	EC K=4 RMSE	0.097629	0.0977	0.0979	0.0982	0.0986	0.0991	0.0997	0.1004	0.1012	0.102	0.117	0.1437	0.1805	0.225	0.2751	0.3287	0.3847	0.442	0.4996
	EC K=5 RMSE	0.155701	0.1559	0.1561	0.1565	0.157	0.1576	0.1583	0.1592	0.1602	0.1612	0.1786	0.2073	0.2455	0.2906	0.3403	0.3929	0.447	0.5017	0.5564
21點	EC K=1 RMSE	0.044582	0.0445	0.0445	0.0444	0.0444	0.0444	0.0444	0.0444	0.0444	0.0445	0.0466	0.0538	0.0682	0.0899	0.1176	0.1501	0.1863	0.2254	0.2666
	EC K=2 RMSE	0.042429	0.0424	0.0425	0.0425	0.0426	0.0426	0.0427	0.0428	0.0429	0.0431	0.047	0.0569	0.0739	0.0974	0.1263	0.1596	0.1964	0.2358	0.2771
	EC K=3 RMSE	0.045059	0.0451	0.0452	0.0453	0.0455	0.0456	0.0459	0.0461	0.0464	0.0468	0.0534	0.0665	0.0862	0.1118	0.1423	0.1766	0.214	0.2538	0.2952
	EC K=4 RMSE	0.058832	0.0589	0.0591	0.0592	0.0595	0.0598	0.0601	0.0606	0.061	0.0616	0.0704	0.086	0.108	0.1353	0.1671	0.2024	0.2404	0.2804	0.3217
	EC K=5 RMSE	0.087729	0.0878	0.088	0.0882	0.0885	0.0889	0.0893	0.0898	0.0904	0.0911	0.1013	0.1184	0.1417	0.1702	0.2029	0.2388	0.277	0.3169	0.3578
25點	EC K=1 RMSE	0.044684	0.0446	0.0446	0.0446	0.0447	0.0447	0.0448	0.045	0.0451	0.0453	0.0487	0.0563	0.069	0.0873	0.1106	0.1383	0.1697	0.2041	0.2412
	EC K=2 RMSE	0.044598	0.0446	0.0447	0.0447	0.0448	0.045	0.0451	0.0453	0.0455	0.0457	0.0503	0.0593	0.0736	0.093	0.1172	0.1454	0.1772	0.212	0.2492
	EC K=3 RMSE	0.048483	0.0485	0.0486	0.0487	0.0489	0.0491	0.0493	0.0496	0.0499	0.0502	0.0561	0.0669	0.0829	0.1037	0.1289	0.158	0.1903	0.2254	0.2628
	EC K=4 RMSE	0.059474	0.0595	0.0597	0.0598	0.06	0.0603	0.0606	0.0609	0.0613	0.0617	0.0689	0.0812	0.0986	0.1207	0.1469	0.1767	0.2096	0.245	0.2826
	EC K=5 RMSE	0.079862	0.0799	0.0801	0.0803	0.0805	0.0808	0.0811	0.0815	0.082	0.0825	0.0905	0.1038	0.1222	0.1452	0.1722	0.2026	0.2359	0.2716	0.3092
31點	EC K=1 RMSE	0.042923	0.0428	0.0427	0.0427	0.0426	0.0426	0.0426	0.0426	0.0425	0.0426	0.043	0.0448	0.0488	0.0559	0.0664	0.0801	0.0967	0.1157	0.1368
	EC K=2 RMSE	0.042106	0.0421	0.0421	0.0421	0.0421	0.0421	0.0421	0.0421	0.0421	0.0421	0.0429	0.0453	0.0501	0.058	0.0692	0.0835	0.1005	0.1198	0.1411
	EC K=3 RMSE	0.042062	0.0421	0.0421	0.0421	0.0421	0.0422	0.0422	0.0423	0.0423	0.0424	0.0438	0.0471	0.0532	0.0623	0.0744	0.0895	0.107	0.1268	0.1484
	EC K=4 RMSE	0.044154	0.0442	0.0442	0.0443	0.0443	0.0444	0.0445	0.0446	0.0447	0.0448	0.0471	0.0517	0.0591	0.0695	0.0827	0.0986	0.1168	0.137	0.159
	EC K=5 RMSE	0.050319	0.0503	0.0504	0.0505	0.0506	0.0507	0.0508	0.051	0.0511	0.0513	0.0546	0.0604	0.0691	0.0806	0.0948	0.1114	0.1303	0.151	0.1734

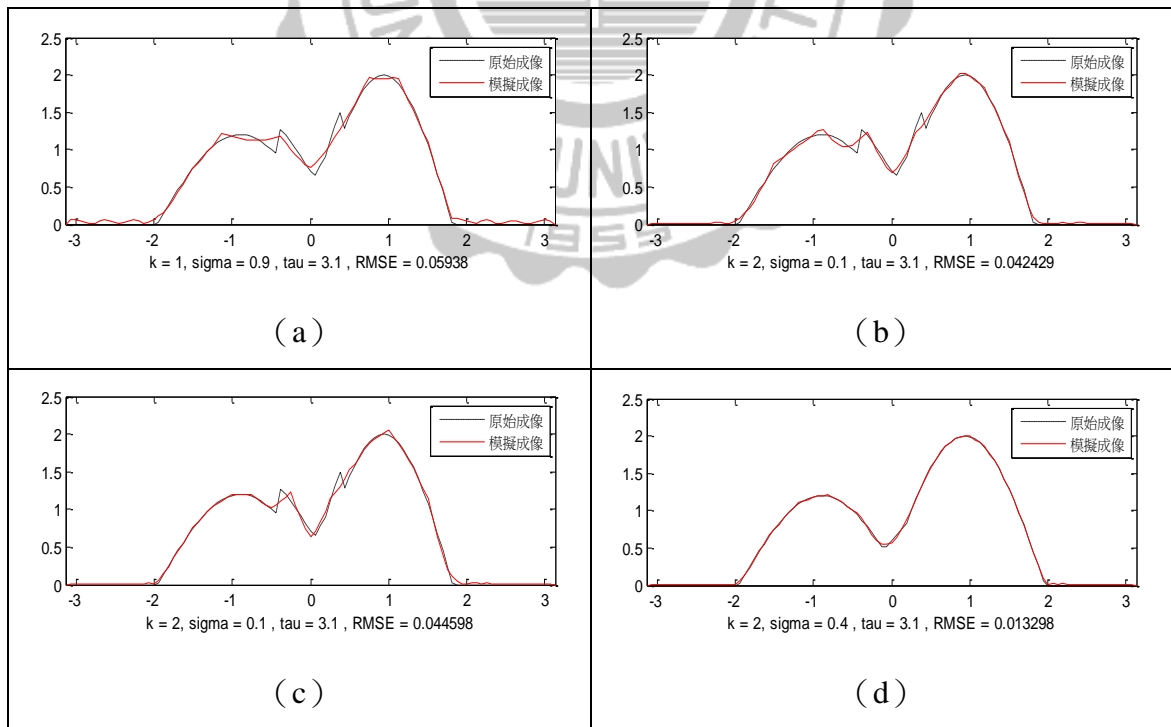


圖 3-91 原始物件 G ( $\tau=3.1$ ): EC 函數取樣最佳成像圖 (a) 取樣 17 點, (b) 取樣 21 點, (c) 取樣 25 點, (d) 取樣 31 點。

將原始物件 G 傅立葉轉換後取樣，並用各種不同的基底函數進行影像重建，分別依照  $\tau$  值的不同，進行綜合展示於表 3-24~3-25，其中由於 EC 函數  $\tau$  值的選擇與其它函數有所差異，故將其獨立於表 3-26 分析如下：

#### 一、基底函數小結：

- (一) 正弦、餘弦函數、餘弦函數，影像重建效果相當差，所以在此不予討論。
- (二) 以辛克函數而言，良好的成像會集中於某一區塊，且當取樣點數愈多時， $k$  值的選取將越取越大。
- (三) SS 函數，是辛克函數的變形，影像重建的效果如用 RMSE 值比較，可發現與辛克函數成像不相上下，且同樣具有辛克函數的特性，當取樣點數愈多時， $k$  值的選取也要越取越大。
- (四) CS 函數，是餘弦週期性函數結合辛克函數的變形，在影像重建的效果上，成像效果與辛克函數類似，由於受週期性函數的影響，其差距在最佳成像圖 3-83~3-91 上，用肉眼無法明確分辨出成像差異。以 CS 函數而言，良好的成像區塊範圍較窄，且當取樣點數增多時， $k$  值的選取也要越取越大。
- (五) 高斯函數與 GC 函數，RMSE 值 $<0.05$ 的區塊範圍較上述其它函數更為寬廣，更容易取得良好的成像。以 GC 函數而言， $k$  值選取與取樣點數多寡成正比，但 $k > 5$  以上，成像不佳； $\sigma$  值的選取也與取樣點數多寡成正比。
- (六) EC 函數是指數函數與週期性函數的結合， $\tau$  值的選取與其它函數不同，估測原始物件位置範圍越寬越好；且取樣點數增加，良好成像區塊範圍會越來越大，但其最佳成像還是較其它函數成像略遜，取樣點數越多越好（見表 3-26）。

#### 二、綜合比較-表 3-24~3-25（辛克函數、SS 函數、CS 函數、高斯函數、GC 函數）：

- (一) 原始物件 G 影像寬度範圍界於 $[-2;2]$ 之間範圍適中，取樣點數越多越好。
- (二)  $\tau$  值選擇方面，越接近原始物件，成像效果越好。
- (三) 對影像原始物件 G 重建而言，由於該圖形在山峰處具有兩個尖角訊號，而這兩個訊號點在影像重建上有一定的難度，故成像不夠精確，但本研究所使用的基底函數也已經可以重建出相似度極高的原始成像，能看出原始物件上有兩突起物。

### 參、以取樣點數作區分-原始物件 H

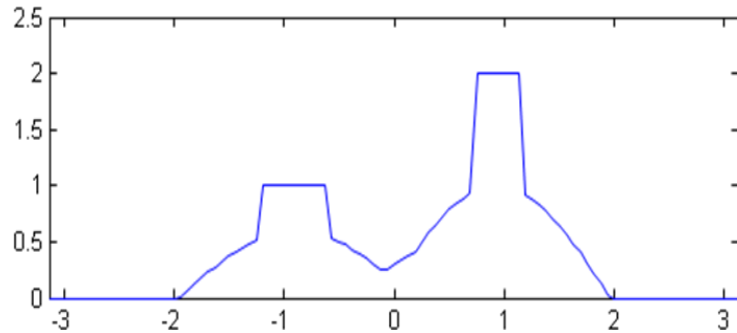


圖 3-92 原始物件 H (平滑訊號中間突起兩方柱圖形)

圖 3-92 原始物件 H 是本論文研究模擬的第八個原始影像物件，影像物件寬度範圍界於[-2;2]之間，形狀類似於橢圓狀的山峰，但山峰的上方各出現兩端長方形的訊號，是屬於影像模擬中的平滑訊號中間突起兩方柱圖形。

由於原始物件 H 相較於本論文其它物件其範圍[-2;2]適中，利用不同基底函數進行反轉換時，因為基底函數的不同，會產生不同的成像與 RMSE 值，本研究利用 RMSE 值進行各種不同基底函數成像上的比較與分析，並以數據的方式呈現，當 RMSE 值 $<0.05$  時，成像效果最佳，使用紅色表示；RMSE 值界於 0.05 至 0.1 之間，使用黃色表示；RMSE 值界於 0.1 至 1 之間，使用綠色表示；RMSE 值 $>1$ ，成像效果極差，使用藍色表示。如表 3-27~3-29。其中各種不同的基底又依照取樣點數的不同進行分類，將各基底函數所產生的最佳成像用如圖 3-93~3-101 加以呈現。

表 3-27 原始物件 H ( $\tau=2.1$ ): RMSE 值比較表

原始物件H																					
17點		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cos	RMSE	13.81	12.866	5.0777	46.796	19.68	16.086	29.692	309.45	22.115	258.11	16.138	20.473	20.094	151.4	5.675	184.3	34.767	20.524	43.662	174.22
Sin	RMSE	4.952	2.4733	14.825	42.912	49.38	11.043	12.843	101.32	14.328	7.0015	18.755	43.154	14.808	23.521	30.79	86.767	59.324	10.41	34.05	64.918
Sinc	RMSE	64771	1083	6.0357	0.8436	0.1066	0.1036	0.1013	0.1003	0.0999	0.0971	0.6058	9.7243	1.0873	2.0847	2.1956	1.6606	2.7569	7.2188	22.273	67.197
SS	RMSE	19067	0.112	0.1034	0.1023	0.1074	0.1054	0.1005	0.1187	0.167	0.2343	0.6073	2.3881	1.5077	2.4293	2.4351	2.1551	2.9185	7.7912	33.445	22.601
CS	RMSE	1372	1.0517	0.1036	0.1003	0.0971	9.7243	2.0847	1.6606	7.2188	67.197	19.205	9.6786	35.182	155.59	158.64	361.69	115.19	240.43	397.8	912.25
			Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gaussian	RMSE	9070	6.9924	0.8946	0.1923	0.1064	0.1048	0.1038	0.103	0.1025	0.102	0.1011	0.1046	0.1135	0.1318	0.1601	0.201	0.2539	0.3176	0.3905	
GC K=1	RMSE	33.54	1.0952	0.1088	0.1056	0.1044	0.1034	0.1026	0.1021	0.1017	0.1014	0.1016	0.107	0.1203	0.1438	0.1792	0.2273	0.2868	0.3564	0.4342	
GC K=2	RMSE	0.157	0.1071	0.1051	0.1038	0.1028	0.1021	0.1016	0.1013	0.101	0.1009	0.1027	0.1134	0.1392	0.1827	0.2425	0.3089	0.3597	0.3189	7.2204	
GC K=3	RMSE	0.107	0.1044	0.1029	0.102	0.1014	0.1011	0.1008	0.1007	0.1006	0.1006	0.1057	0.1275	0.178	0.4167	1.5496	1.3652	6.5789	16.246	2.8495	
GC K=4	RMSE	0.103	0.1017	0.1011	0.1008	0.1006	0.1004	0.1004	0.1004	0.1005	0.1007	0.1134	0.1564	2.5821	0.5114	0.5237	0.5611	0.609	0.664	0.7243	
GC K=5	RMSE	0.101	0.1004	0.1002	0.1001	0.1001	0.1001	0.1003	0.1007	0.1013	0.1023	0.1396	0.2404	0.537	2.1254	0.8002	3.262	1.8644	1.4902	2.6083	
EC K=1	RMSE	3E+12	6E+12	4E+11	2E+12	5E+12	8E+12	9E+12	1E+13	2E+13	1E+13	1E+12	2E+12	6E+12	6E+12	7E+12	8E+12	8E+12	3E+13	2E+14	
EC K=2	RMSE	4E+11	3E+12	4E+12	3E+12	5E+12	3E+12	3E+13	4E+12	1E+12	1E+13	2E+12	3E+12	1E+13	6E+12	1E+13	8E+12	3E+13	4E+12	2E+13	
EC K=3	RMSE	8E+11	7E+11	2E+12	2E+12	5E+12	8E+11	7E+13	8E+10	4E+13	2E+13	2E+13	2E+12	4E+11	2E+12	2E+13	4E+13	7E+12	2E+13	9E+12	
EC K=4	RMSE	2E+12	2E+11	3E+12	2E+12	3E+12	1E+12	8E+11	1E+12	1E+12	9E+10	2E+12	2E+12	5E+12	2E+12	8E+13	7E+12	7E+13	3E+13	2E+13	
EC K=5	RMSE	1E+11	8E+10	5E+11	6E+11	2E+11	1E+12	1E+12	1E+11	3E+11	4E+11	1E+12	8E+11	2E+13	2E+14	1E+13	1E+13	7E+12	1E+13	2E+13	
21點		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cos	RMSE	25.84	19.452	203.56	13.285	20.495	69.81	4.8867	107.35	27.37	16.139	18.657	11.064	99.843	14.864	12.254	89.452	43.37	14.851	29.692	118.1
Sin	RMSE	39.64	10.948	21.843	274.75	29.053	22.721	32.934	211.79	34.7	11.834	54.311	22.629	10.865	62.758	21.65	473.95	32.462	30.258	10.037	30.33
Sinc	RMSE	2E+06	72314	52059	22.157	1.3387	0.4261	0.0983	0.0961	0.0947	0.094	0.0931	0.093	0.0951	0.1461	0.3066	0.4351	1.6175	1.5546	0.9525	1.6624
SS	RMSE	3E+05	91.159	0.3543	0.0961	0.0946	0.0932	0.1991	0.0919	0.1301	0.1928	0.1228	0.1423	0.1945	0.2619	0.3979	0.4716	1.3241	7.53	1.0478	2.2883
CS	RMSE	1E+06	93.303	0.2067	0.0961	0.094	0.093	0.1461	0.4351	1.5546	1.6624	2.0832	2.8758	10.26	55.711	557.84	21.771	56.822	513.38	105.8	284.16
			Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gaussian	RMSE	1E+06	112456	1323.9	450.25	30.349	24.347	1.784	0.3449	0.1341	0.0977	0.0957	0.0972	0.1002	0.1047	0.1104	0.1172	0.1245	0.1317	0.1379	
GC K=1	RMSE	61762	150.89	101.73	45.714	0.9252	0.7365	0.1143	0.0982	0.0967	0.0964	0.0958	0.098	0.1018	0.107	0.1135	0.1208	0.1285	0.1351	0.1415	
GC K=2	RMSE	238.2	2.4266	0.8922	1.6955	0.1357	0.098	0.0968	0.0963	0.096	0.0958	0.0961	0.0993	0.1047	0.112	0.1207	0.1301	0.138	0.1454	0.1508	
GC K=3	RMSE	118.2	1.7619	0.4276	0.0984	0.0968	0.0963	0.0959	0.0956	0.0954	0.0953	0.0967	0.1013	0.1087	0.1181	0.1283	0.1365	0.1456	0.1429	0.1429	
GC K=4	RMSE	0.474	0.2146	0.097	0.0962	0.0957	0.0954	0.0952	0.0951	0.095	0.0951	0.0979	0.1046	0.1148	0.1267	0.1298	0.1269	0.1233	0.1203	0.1185	
GC K=5	RMSE	1.542	0.0962	0.0954	0.0951	0.0949	0.0947	0.0947	0.0948	0.0949	0.0951	0.1001	0.1104	0.1312	0.1877	0.367	0.2301	0.1813	0.1566	0.1425	
EC K=1	RMSE	1E+13	2E+13	3E+13	2E+13	1E+13	7E+12	4E+13	9E+12	7E+12	1E+13	2E+13	1E+13	8E+12	9E+12	4E+12	6E+13	3E+13	1E+13	4E+13	
EC K=2	RMSE	3E+12	2E+13	2E+14	8E+12	8E+12	3E+13	5E+12	5E+12	4E+12	5E+12	8E+12	4E+12	2E+13	2E+13	1E+13	1E+13	4E+13	4E+13	3E+12	
EC K=3	RMSE	3E+13	7E+12	1E+13	6E+12	4E+13	1E+13	4E+12	9E+12	3E+12	3E+13	5E+13	1E+13	3E+12	9E+12	7E+12	3E+13	5E+13	1E+13	8E+12	
EC K=4	RMSE	2E+12	4E+12	7E+12	3E+13	8E+12	9E+12	3E+13	2E+13	6E+13	4E+13	7E+12	2E+13	5E+12	1E+13	1E+13	3E+13	2E+13	4E+13	1E+13	
EC K=5	RMSE	7E+12	1E+13	3E+12	4E+12	9E+12	6E+12	2E+13	3E+12	1E+13	1E+13	7E+12	8E+12	2E+12	3E+13	1E+13	2E+13	1E+13	3E+12	1E+14	
25點		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cos	RMSE	40.4	26.585	31.428	103.27	21.442	29.787	27.341	512.41	53.781	36.651	18.508	48.966	23.454	77.484	110.84	1124.5	28.688	34.091	102.12	33.137
Sin	RMSE	27.53	16.139	37.412	224.65	34.816	15.795	77.831	60.2	15.52	40.744	179.63	53.58	19.917	18.438	4.5902	393.52	21.186	22.023	22.846	13.951
Sinc	RMSE	2E+06	1E+07	2E+07	330902	14385	294.48	1.8153	0.8347	0.1288	0.0904	0.0904	0.0906	0.0909	0.0957	0.0948	0.3672	0.3833	1.4794	4.5274	5.5712
SS	RMSE	1E+06	3E+06	231.07	0.5866	0.0906	0.0906	0.0915	0.1865	0.2725	0.1122	0.1119	0.1701	0.1527	0.2056	0.3532	1.2624	0.5057	1.4774	4.6727	5.7172
CS	RMSE	3E+07	6E+06	336.89	1.6883	0.0904	0.0906	0.0957	0.3672	1.4794	5.5712	18.1	45.719	23.703	71.232	190.68	247.13	1007	732.87	482.61	2159.9
			Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gaussian	RMSE	7E+06	1E+07	2E+06	254826	31208	34615	4212.3	619.54	197.83	21.414	0.0906	0.0904	0.0903	0.0904	0.0911	0.0932	0.0983	0.1089	0.1244	
GC K=1	RMSE	2E+07	5E+06	530374	7643.5	7056.4	100.61	138.43	3.5063	8.0328	1.3328	0.0904	0.0903	0.0903	0.0905	0.0917	0.095	0.1024	0.1156	0.1352	
GC K=2	RMSE	2E+06	20837	1934.3	457.02	4.7283	1.9963	1.1084	2.7424	0.6877	0.2443	0.0904	0.0903	0.0903	0.0911	0.0938	0.1012	0.1159	0.1391	0.1764	
GC K=3	RMSE	3902	1259.7	14.967	1.1991	1.0603	0.3589	1.2068	0.1828	0.0924	0.0907	0.0904	0.0903	0.0905	0.0922	0.0983	0.113	0.1371	0.1624	0.1471	
GC K=4	RMSE	16.96	91.04	0.9315	2.0399	0.4202	0.1406	0.0948	0.0905	0.0904	0.0904	0.0904	0.0903	0.0911	0.0952	0.1091	0.1594	0.80198	0.8665	2.6439	
GC K=5	RMSE	3.294	0.6551	1.8173	2.804	0.1067	0.0905	0.0904	0.0904	0.0904	0.0904	0.0903	0.0904	0.0927	0.1031	0.1121	0.2784	0.3127	0.3561	0.4025	
EC K=1	RMSE	7E+12	1E+13	7E+12	1E+13	1E+13	2E+12	5E+12	7E+12	7E+12	1E+13	2E+12</									

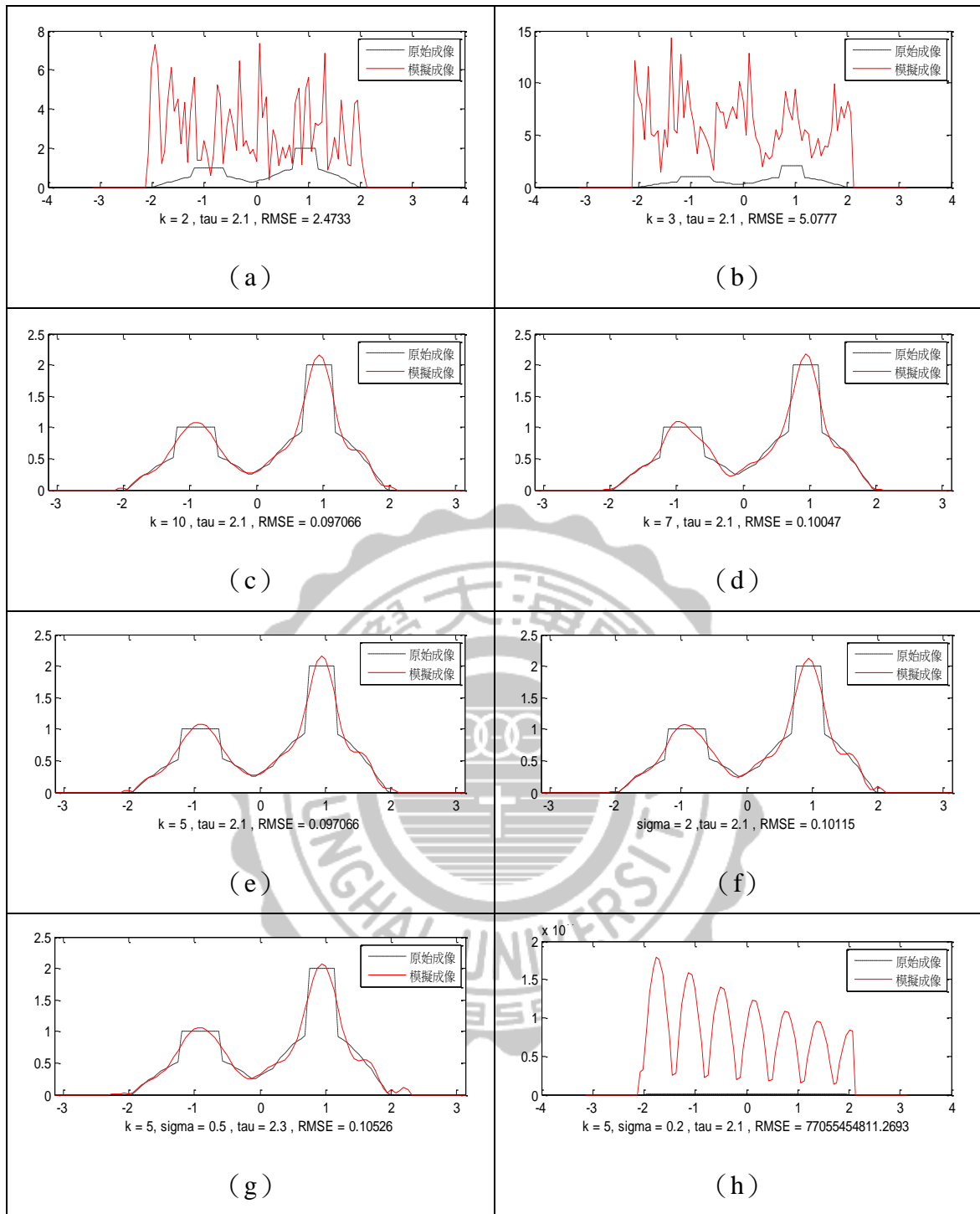


圖 3-93 原始物件  $H (\tau=2.1)$ : 取樣 17 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

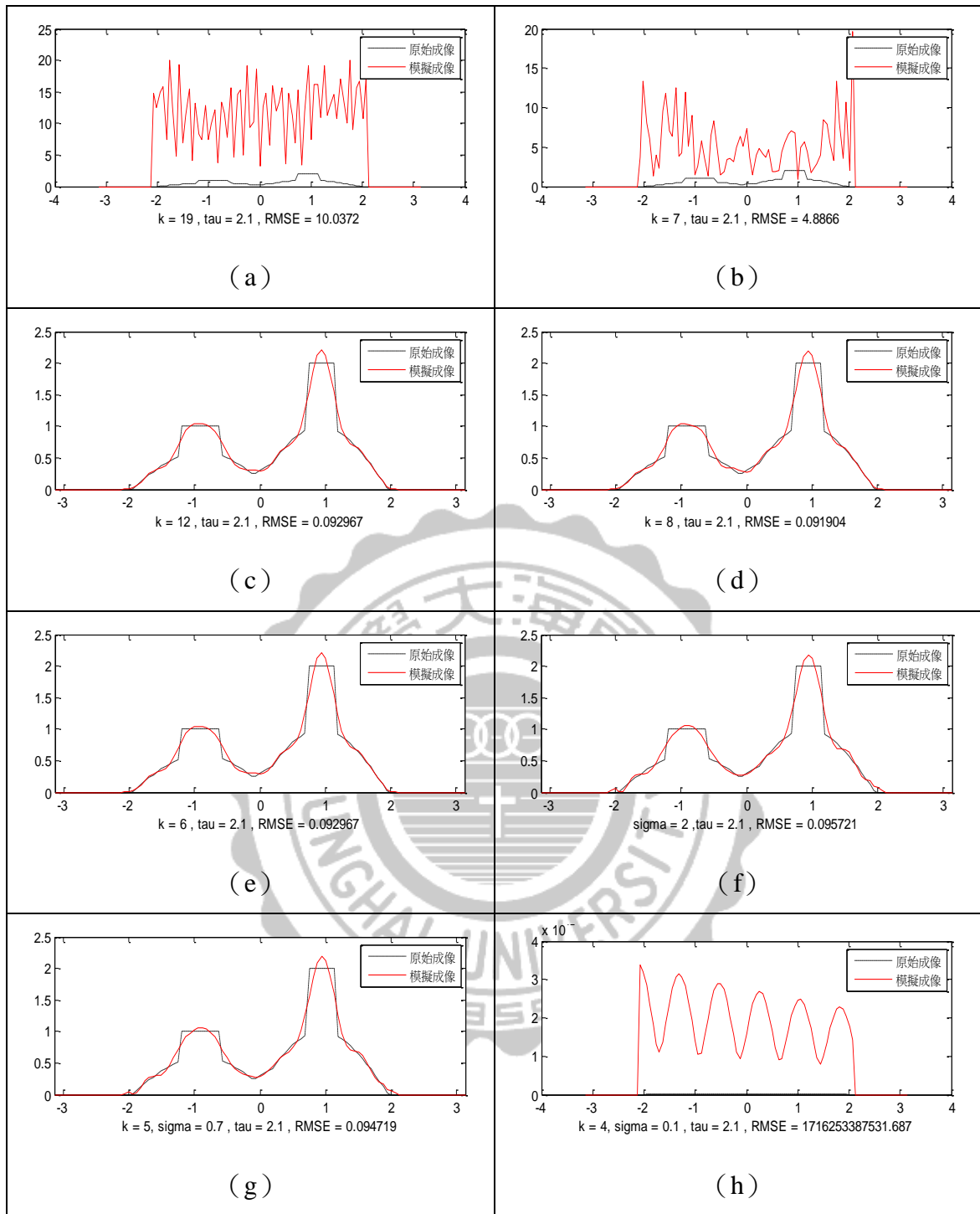


圖 3-94 原始物件  $H(\tau=2.1)$ : 取樣 21 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

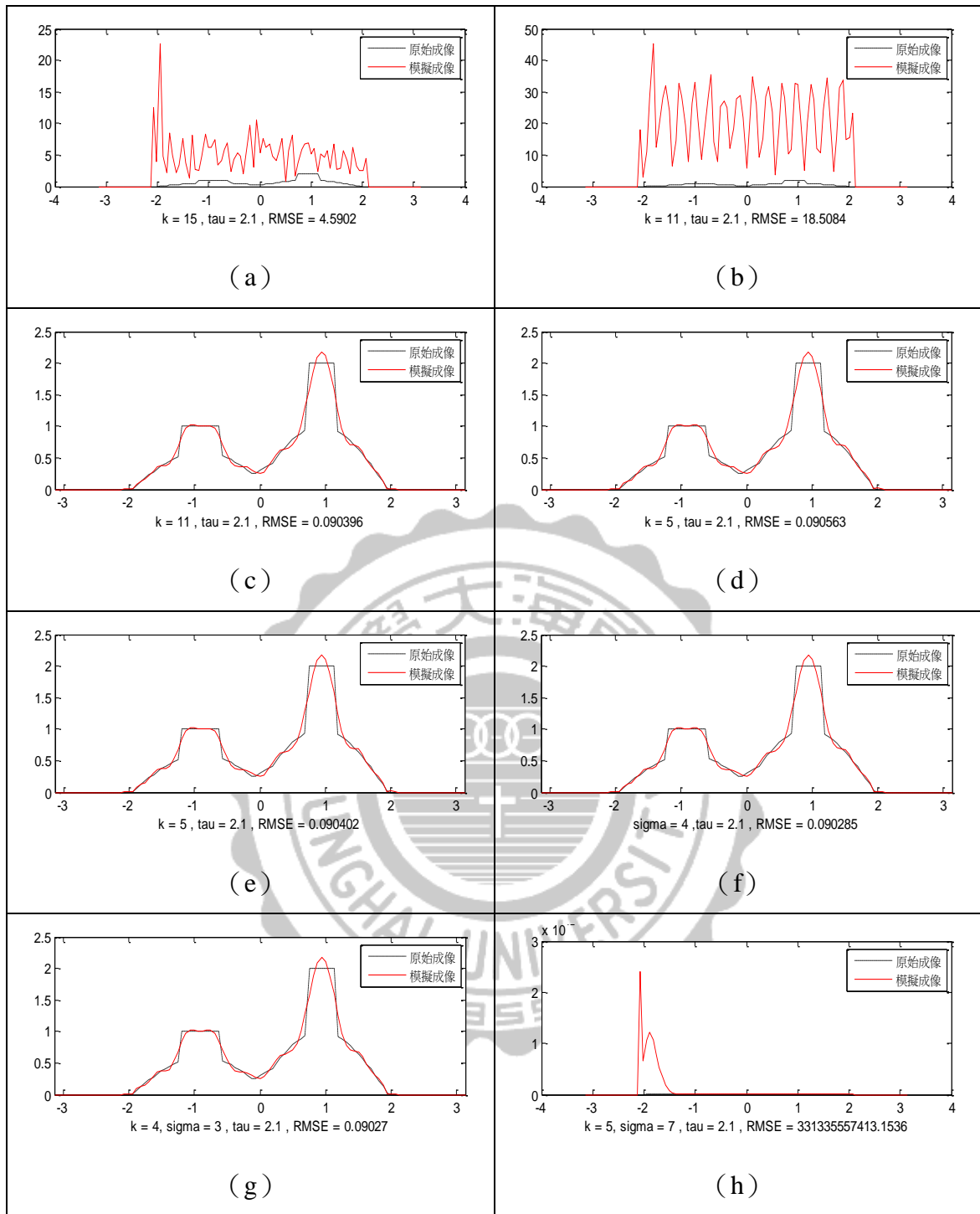


圖 3-95 原始物件  $H(\tau=2.1)$ : 取樣 25 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。



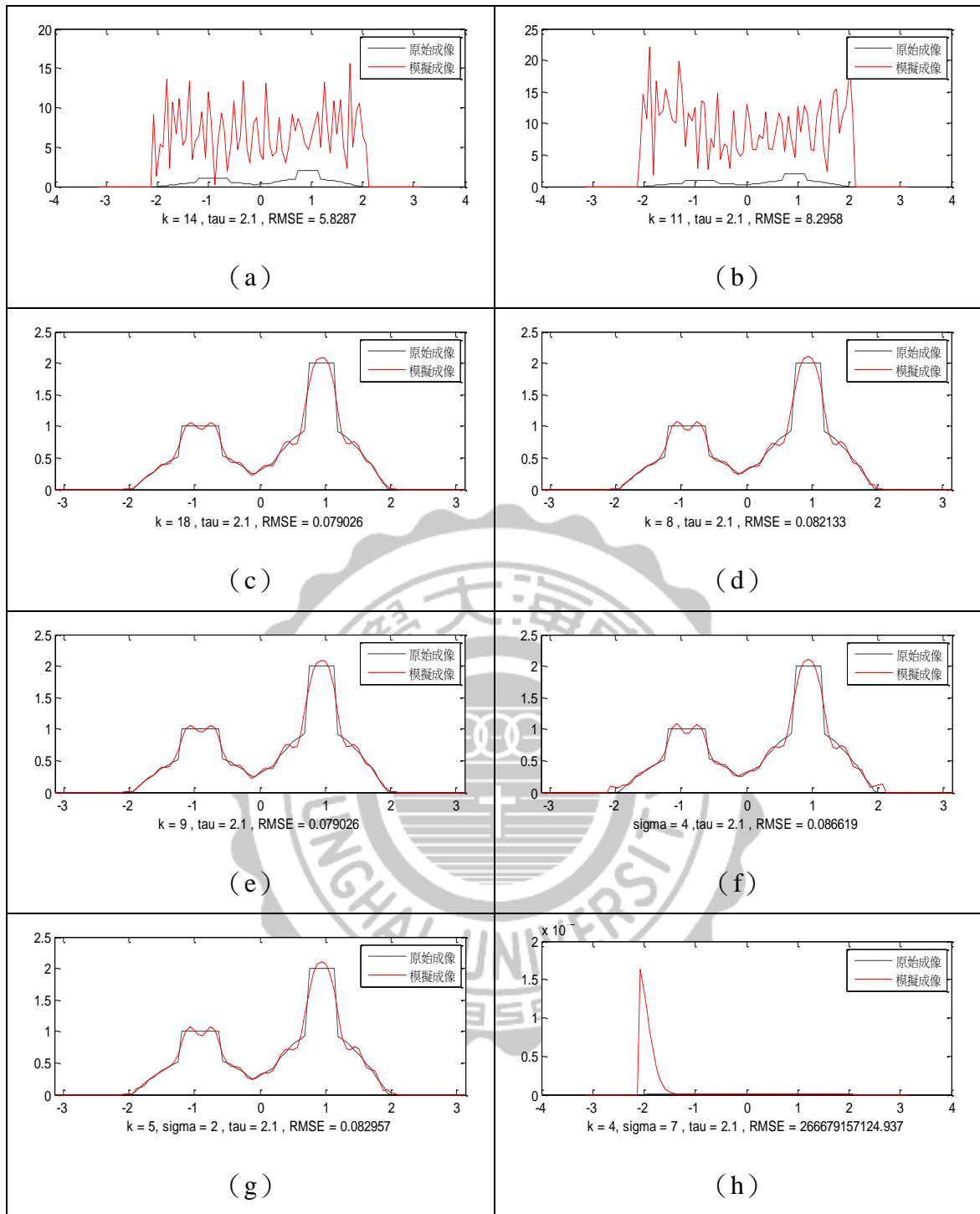


圖 3-96 原始物件  $H(\tau=2.1)$ : 取樣 31 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

表 3-28 原始物件 H ( $\tau=2.3$ ): RMSE 值比較表

原始物件H																					
17點		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cos	RMSE	7.265	5.7332	14.728	80.176	106.13	7.0414	39.744	120.78	11.503	45.024	16.926	62.535	57.508	16.734	13.391	473.68	81.532	13.72	19.925	191.06
Sin	RMSE	27.33	11.996	13.56	28.436	15.661	88.724	35.301	1752.3	99.826	11.019	124.68	8.7231	44.454	12.946	17.787	245.47	9.0233	6.6042	46.127	9.4741
Sinc	RMSE	3E+05	4223	27.793	0.1388	0.1216	0.1143	0.1085	0.1048	0.101	0.139	0.3388	0.7401	1.1443	1.1975	1.4683	3.3409	2.2695	4.2287	7.3609	12.163
SS	RMSE	1134	0.1313	0.1102	0.1079	2.2441	0.2715	0.1006	0.1372	0.1715	0.2492	0.4607	0.8648	1.5391	1.7679	1.9853	4.8766	3.1631	6.6778	24.492	54.424
CS	RMSE	1292	0.1356	0.1143	0.1048	0.139	0.7401	1.1975	3.3409	4.2287	12.163	14.877	25.227	2126.9	30.57	21.513	2086.5	30.201	58.711	54.726	289.38
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	5376	42.659	1.0496	0.1282	0.1204	0.1176	0.1154	0.1137	0.1123	0.1112	0.109	0.115	0.1274	0.1455	0.1691	0.1977	0.2309	0.2682	0.309	
GC K=1	RMSE	96.48	0.3408	0.1239	0.1197	0.1167	0.1144	0.1126	0.1113	0.1103	0.1096	0.1099	0.1188	0.1345	0.1559	0.1825	0.2139	0.2497	0.2893	0.332	
GC K=2	RMSE	0.178	0.123	0.1184	0.1152	0.1129	0.1112	0.11	0.1091	0.1085	0.1081	0.1121	0.1272	0.152	0.1849	0.2249	0.2713	0.3238	0.3832	0.4516	
GC K=3	RMSE	0.121	0.1163	0.1131	0.1109	0.1094	0.1084	0.1078	0.1074	0.1073	0.1073	0.1167	0.1414	0.1797	0.2283	0.2734	0.2987	0.3167	0.34	0.3684	
GC K=4	RMSE	0.113	0.1101	0.1084	0.1074	0.1067	0.1064	0.1064	0.1066	0.1071	0.1077	0.1271	0.1693	0.2506	1.0251	27.398	2.9974	1.4983	1.1702	1.0553	
GC K=5	RMSE	0.11	0.107	0.1057	0.1052	0.1053	0.1057	0.1065	0.1077	0.1092	0.1111	0.1526	0.2403	0.3246	0.3359	0.3601	0.3893	0.4322	0.5037	0.6288	
EC K=1	RMSE	13.46	15.028	18.642	28.026	77.782	68.477	21.282	11.887	7.96	5.85	1.3597	0.7801	0.6017	0.5307	0.5051	0.505	0.5208	0.5473	0.5813	
EC K=2	RMSE	1.776	1.7582	1.7298	1.692	1.6463	1.594	1.5374	1.4782	1.4173	1.3565	0.8798	0.6516	0.5516	0.5069	0.4945	0.5019	0.5222	0.5517	0.5875	
EC K=3	RMSE	0.75	0.7479	0.745	0.7409	0.7357	0.7297	0.7227	0.715	0.7067	0.6979	0.6026	0.5319	0.4918	0.4779	0.4825	0.5001	0.5269	0.5605	0.599	
EC K=4	RMSE	0.465	0.4653	0.4649	0.4644	0.4639	0.4631	0.4623	0.4614	0.4604	0.4593	0.4467	0.4387	0.4411	0.454	0.4756	0.5042	0.5382	0.5763	0.6175	
EC K=5	RMSE	0.323	0.3231	0.3235	0.3241	0.3248	0.3257	0.3267	0.3279	0.3292	0.3307	0.3515	0.3796	0.4114	0.4455	0.4816	0.5199	0.5601	0.6019	0.6453	
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	2E+06	76256	9070.6	136.41	28.298	8.003	0.8182	0.1751	0.1105	0.1011	0.0995	0.1004	0.102	0.1035	0.1047	0.1055	0.106	0.1063	0.1065	
GC K=1	RMSE	2E+05	5063.2	98.519	3.1569	3.1861	0.1529	0.1022	0.1012	0.1008	0.1004	0.0995	0.1009	0.1026	0.1041	0.1051	0.1058	0.1062	0.1065	0.1066	
GC K=2	RMSE	1733	2.9434	1.1884	0.1481	0.1019	0.1013	0.1008	0.1004	0.1001	0.0998	0.0997	0.1015	0.1035	0.1049	0.1059	0.1064	0.1068	0.1071	0.1074	
GC K=3	RMSE	3.089	0.2424	0.1034	0.1015	0.1009	0.1003	0.0999	0.0996	0.0994	0.0992	0.1001	0.1024	0.1044	0.1056	0.1063	0.1067	0.1071	0.1076	0.108	
GC K=4	RMSE	2.099	0.1018	0.1009	0.1002	0.0997	0.0994	0.0991	0.0989	0.0988	0.0988	0.1007	0.1035	0.1053	0.1061	0.1066	0.1231	0.1036	0.1028	0.1028	
GC K=5	RMSE	0.231	0.0999	0.0994	0.0989	0.0987	0.0985	0.0984	0.0984	0.0985	0.0987	0.1019	0.1047	0.106	0.1047	0.1329	0.3405	0.1476	0.1254	0.1208	
EC K=1	RMSE	4E+12	2E+12	6E+12	9E+11	9E+12	4E+12	4E+11	2E+12	9E+11	2E+12	1E+12	6E+11	5E+11	1E+12	2E+12	3E+13	1E+13	6E+12	4E+12	
EC K=2	RMSE	2E+11	1E+12	2E+12	7E+11	2E+12	6E+11	2E+12	4E+11	1E+12	5E+11	9E+11	2E+12	9E+11	4E+11	4E+11	1E+13	4E+12	1E+13	8E+12	
EC K=3	RMSE	8E+11	2E+11	1E+12	7E+10	1E+11	1E+11	4E+11	1E+12	2E+12	4E+11	5E+10	2E+12	2E+11	7E+11	5E+12	7E+12	4E+11	2E+12	1E+13	
EC K=4	RMSE	2E+11	3E+11	2E+11	3E+11	4E+12	1E+11	9E+11	2E+11	4E+11	9E+11	9E+11	1E+11	2E+11	3E+12	3E+13	1E+13	1E+12	3E+12	5E+12	
EC K=5	RMSE	5E+10	4E+10	5E+11	3E+10	2E+11	5E+11	2E+11	1E+12	2E+11	5E+11	4E+11	6E+10	1E+12	1E+13	5E+13	1E+13	2E+13	3E+12	1E+12	
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	2E+06	76256	9070.6	136.41	28.298	8.003	0.8182	0.1751	0.1105	0.1011	0.0995	0.1004	0.102	0.1035	0.1047	0.1055	0.106	0.1063	0.1065	
GC K=1	RMSE	2E+05	5063.2	98.519	3.1569	3.1861	0.1529	0.1022	0.1012	0.1008	0.1004	0.0995	0.1009	0.1026	0.1041	0.1051	0.1058	0.1062	0.1065	0.1066	
GC K=2	RMSE	1733	2.9434	1.1884	0.1481	0.1019	0.1013	0.1008	0.1004	0.1001	0.0998	0.0997	0.1015	0.1035	0.1049	0.1059	0.1064	0.1068	0.1071	0.1074	
GC K=3	RMSE	3.089	0.2424	0.1034	0.1015	0.1009	0.1003	0.0999	0.0996	0.0994	0.0992	0.1001	0.1024	0.1044	0.1056	0.1063	0.1067	0.1071	0.1076	0.108	
GC K=4	RMSE	2.099	0.1018	0.1009	0.1002	0.0997	0.0994	0.0991	0.0989	0.0988	0.0988	0.1007	0.1035	0.1053	0.1061	0.1066	0.1231	0.1036	0.1028	0.1028	
GC K=5	RMSE	0.231	0.0999	0.0994	0.0989	0.0987	0.0985	0.0984	0.0984	0.0985	0.0987	0.1019	0.1047	0.106	0.1047	0.1329	0.3405	0.1476	0.1254	0.1208	
EC K=1	RMSE	4E+12	2E+12	6E+12	9E+11	9E+12	4E+12	4E+11	2E+12	9E+11	2E+12	1E+12	6E+11	5E+11	1E+12	2E+12	3E+13	1E+13	6E+12	4E+12	
EC K=2	RMSE	2E+11	1E+12	2E+12	7E+11	2E+12	6E+11	2E+12	4E+11	1E+12	5E+11	9E+11	2E+12	9E+11	4E+11	4E+11	1E+13	4E+12	1E+13	8E+12	
EC K=3	RMSE	8E+11	2E+11	1E+12	7E+10	1E+11	1E+11	4E+11	1E+12	2E+12	4E+11	5E+10	2E+12	2E+11	7E+11	5E+12	7E+12	4E+11	2E+12	1E+13	
EC K=4	RMSE	2E+11	3E+11	2E+11	3E+11	4E+12	1E+11	9E+11	2E+11	4E+11	9E+11	9E+11	1E+11	2E+11	3E+12	3E+13	1E+13	1E+12	3E+12	5E+12	
EC K=5	RMSE	5E+10	4E+10	5E+11	3E+10	2E+11	5E+11	2E+11	1E+12	2E+11	5E+11	4E+11	6E+10	1E+12	1E+13	5E+13	1E+13	2E+13	3E+12	1E+12	
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	3E+07	8E+06	5E+06	2E+06	317801	99523	1081.8	898.68	68.583	123.54	0.0924	0.0923	0.0924	0.0931	0.0948	0.0983	0.1043	0.1138	0.1283	
GC K=1	RMSE	8E+06	4E+06	418409	371525	1844.9	6625.9	155.19	76.643	12.597	3.4544	0.0923	0.0923	0.0926	0.0936	0.096	0.1006	0.1081	0.12	0.1373	
GC K=2	RMSE	2E+06	28249	1541.4	58.39	10.016	12.922	0.6222	0.1336	0.0996	0.093	0.0923	0.0923	0.0929	0.0948	0.0991	0.1069	0.1201	0.14	0.167	
GC K=3	RMSE	11815	474.98	36.638	1.7194	0.4662	0.147	0.0966	0.0929	0.0927	0.0926	0.0922	0.0924	0.0935	0.0969	0.1043	0.1178	0.1405	0.1731	0.2163	
GC K=4	RMSE	495.1	1.58	0.552	1.0899	0.1032	0.0929	0.0927	0.0926	0.0925	0.0924	0.0922	0.0922	0.0926	0.0948	0.1009	0.1137	0.1372	0.1692	0.1844	0.1938
GC K=5	RMSE	3.899	0.4674	0.1776	0.0932	0.0927	0.0925	0.0924	0.0924	0.0923	0.0923	0.0922	0.0932	0.0976	0.1091	0.1337	0.1764	0.2326	0.2751	0.306	
EC K=1	RMSE	5E+11	6E+11	2E+11	2E+11	3E+11	2E+11	2E+11	1E+11	1E+11	6E+11	5E+12	9E+12	1E+12	2E+12	7E+11	2E+11	5E+11	4E+11	5E+11	
EC K=2	RMSE	4E+11	1E+12	7E+12	1E+12	8E+13															

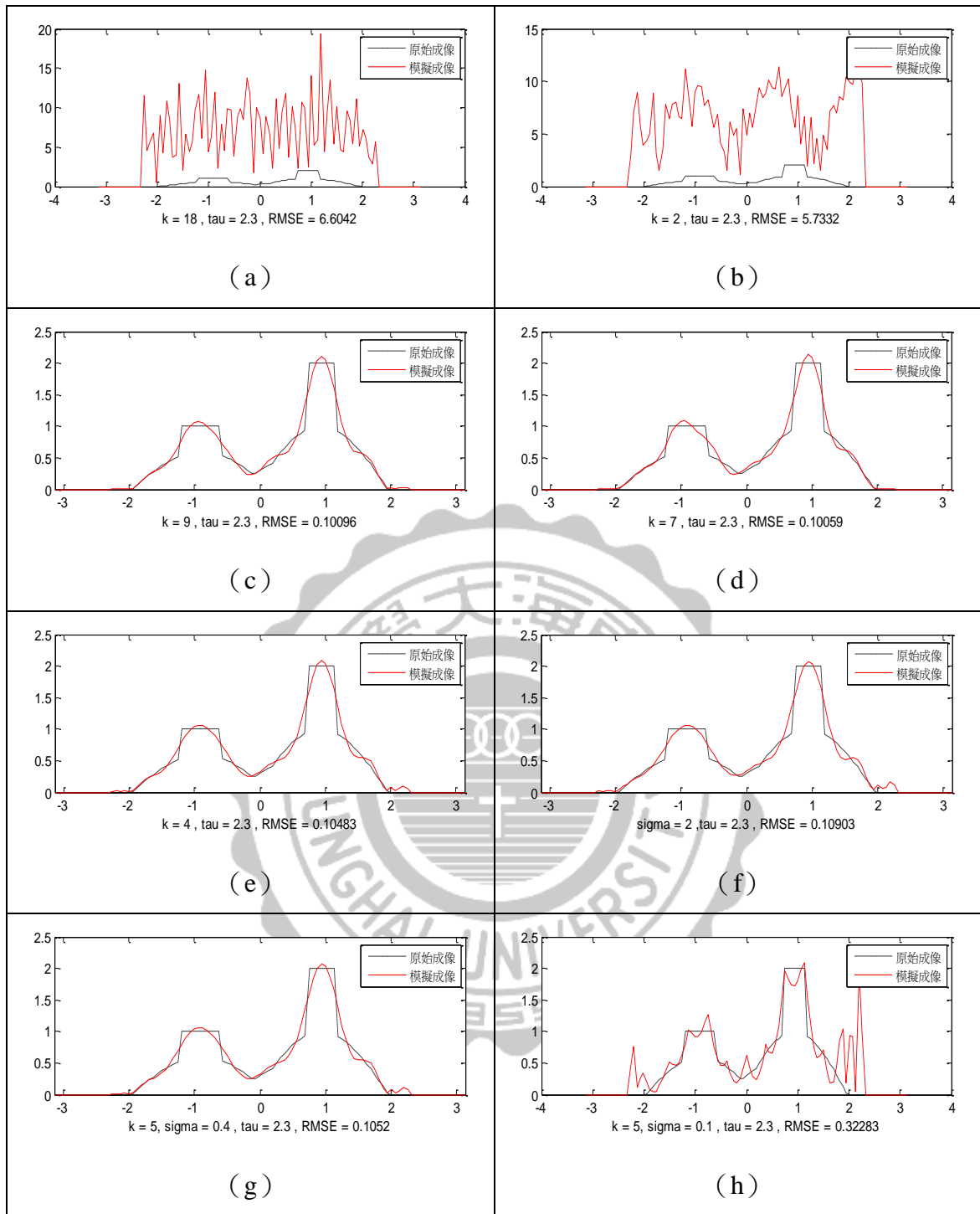


圖 3-97 原始物件  $H (\tau=2.3)$ ：取樣 17 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

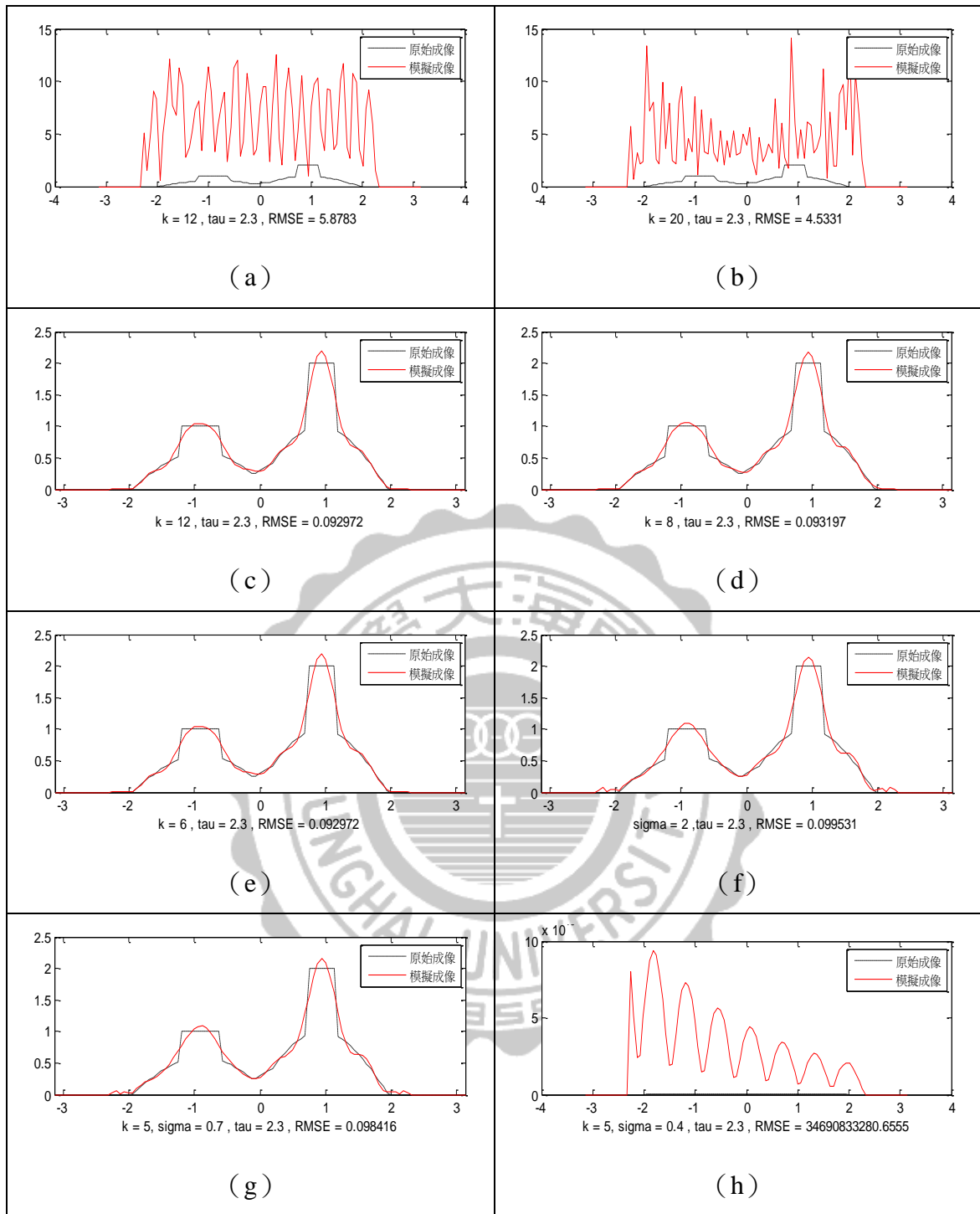


圖 3-98 原始物件  $H(\tau=2.3)$ ：取樣 21 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

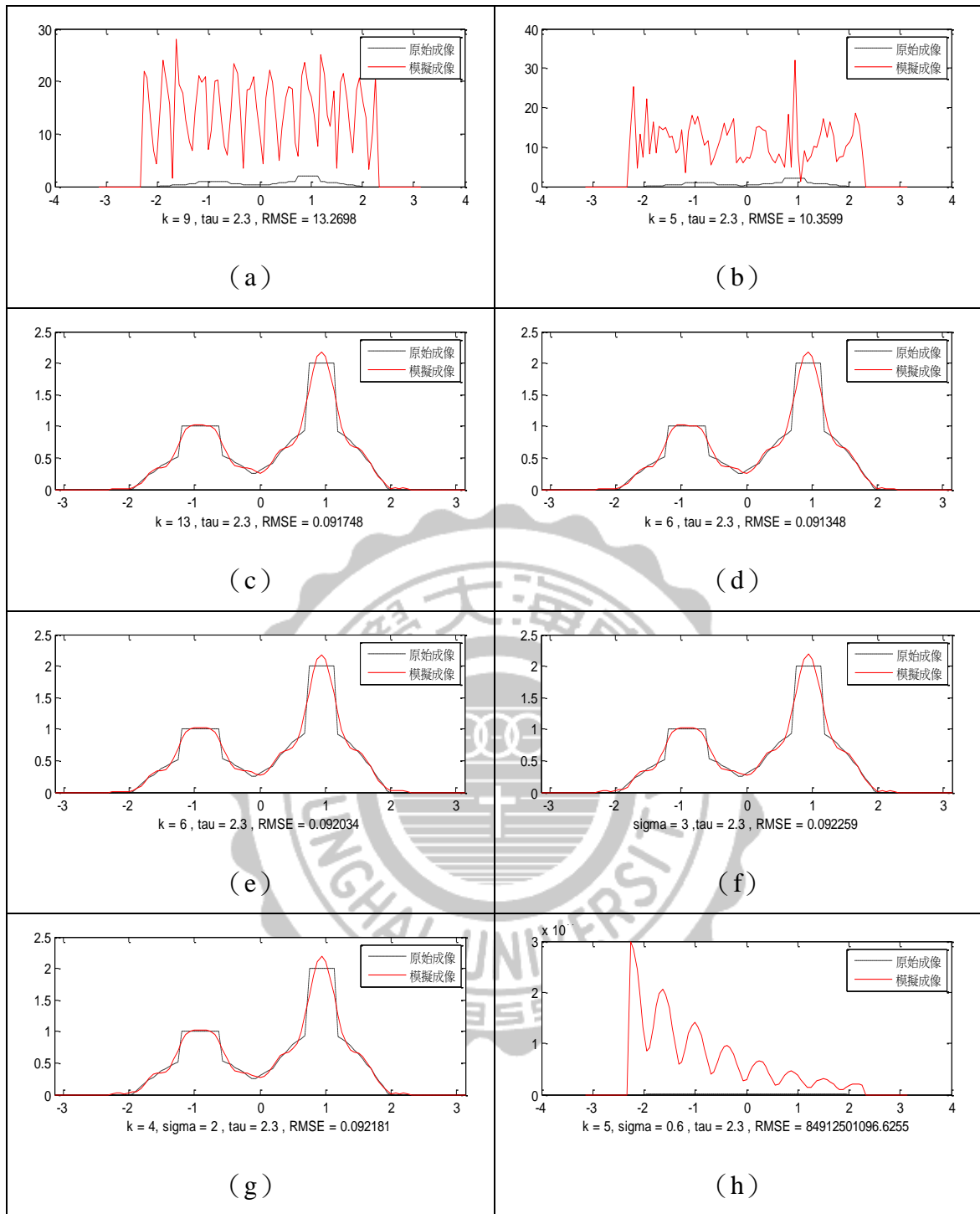


圖 3-99 原始物件  $H(\tau=2.3)$ : 取樣 25 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

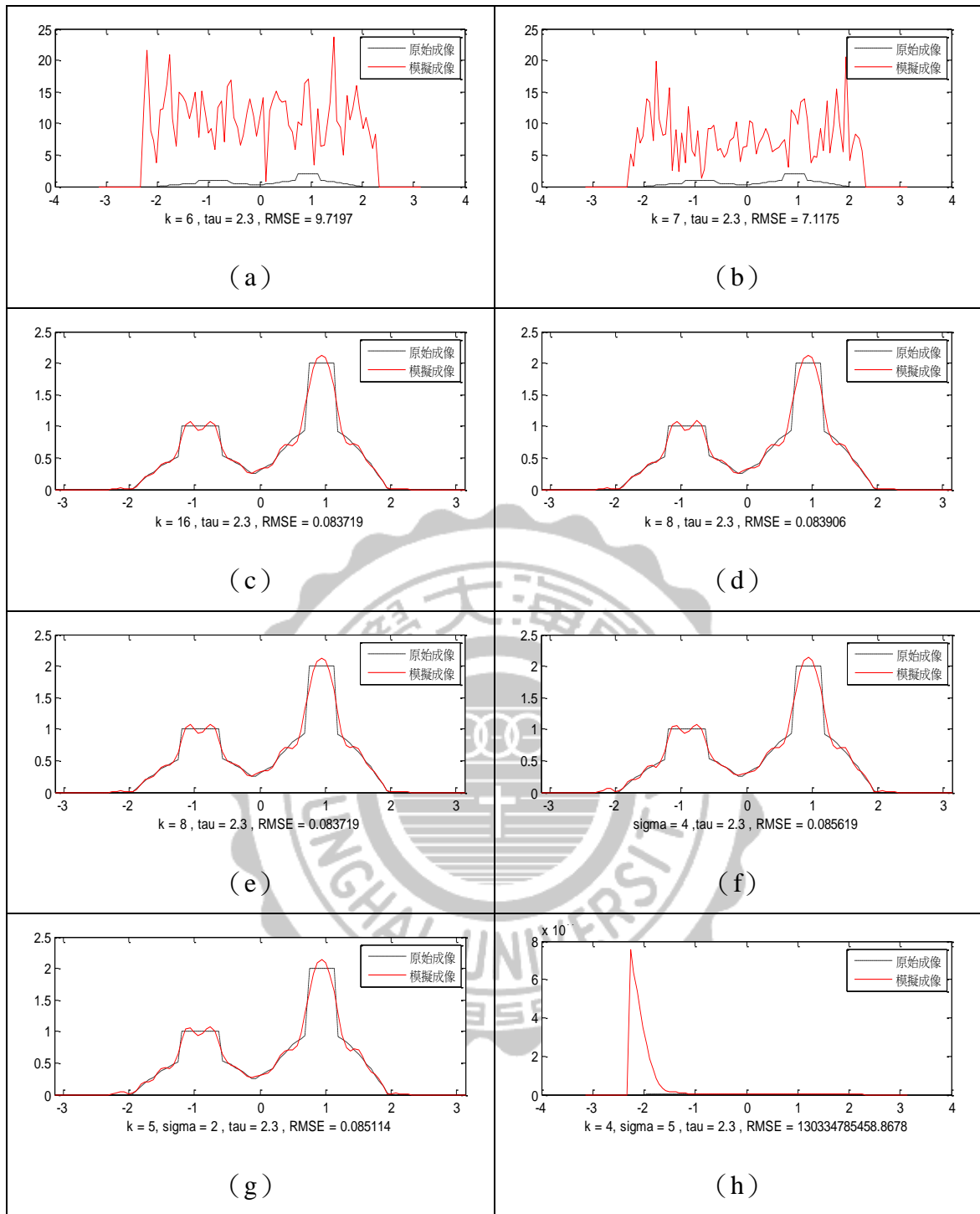


圖 3-100 原始物件  $H (\tau=2.3)$ ：取樣 31 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

表 3- 29 原始物件 H ( $\tau=3.1$ ): EC 函數 RMSE 值比較表

		原始物件H																		
		Sigma=0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17點																				
EC K=1	RMSE	0.161786	0.1617	0.1616	0.1615	0.1614	0.1612	0.1611	0.161	0.1609	0.1607	0.1599	0.1609	0.1658	0.1766	0.1942	0.2184	0.2482	0.2821	0.3189
EC K=2	RMSE	0.157631	0.1576	0.1575	0.1574	0.1573	0.1572	0.1571	0.157	0.1569	0.1568	0.1564	0.1588	0.1662	0.1798	0.2001	0.2263	0.2575	0.2922	0.3294
EC K=3	RMSE	0.151159	0.1511	0.1511	0.151	0.151	0.1509	0.1509	0.1509	0.1509	0.1509	0.1523	0.158	0.1698	0.188	0.2122	0.2414	0.2744	0.3101	0.3476
EC K=4	RMSE	0.145533	0.1455	0.1455	0.1456	0.1456	0.1458	0.1459	0.1461	0.1463	0.1466	0.152	0.1635	0.1817	0.2057	0.2343	0.2665	0.3012	0.3375	0.3748
EC K=5	RMSE	0.150543	0.1506	0.1507	0.1509	0.1512	0.1516	0.1521	0.1526	0.1532	0.154	0.1656	0.1848	0.2099	0.2392	0.2713	0.3053	0.3404	0.3763	0.4124
21點																				
EC K=1	RMSE	0.111028	0.1111	0.1111	0.1112	0.1113	0.1115	0.1117	0.1119	0.1121	0.1123	0.116	0.1223	0.1318	0.1449	0.1617	0.1819	0.2051	0.2307	0.2581
EC K=2	RMSE	0.108807	0.1089	0.1089	0.109	0.1092	0.1094	0.1096	0.1098	0.11	0.1103	0.1149	0.1225	0.1335	0.148	0.1661	0.1873	0.2112	0.2373	0.2651
EC K=3	RMSE	0.109127	0.1092	0.1093	0.1094	0.1095	0.1097	0.11	0.1102	0.1105	0.1109	0.1163	0.1254	0.1383	0.1547	0.1745	0.1971	0.2221	0.2489	0.2771
EC K=4	RMSE	0.114437	0.1145	0.1146	0.1147	0.1149	0.1152	0.1154	0.1157	0.1161	0.1165	0.1228	0.1335	0.1484	0.167	0.1886	0.2128	0.2389	0.2665	0.295
EC K=5	RMSE	0.127856	0.1279	0.128	0.1282	0.1284	0.1287	0.129	0.1294	0.1298	0.1302	0.1376	0.1499	0.1666	0.1871	0.2105	0.236	0.2631	0.2911	0.3198
25點																				
EC K=1	RMSE	0.106173	0.1062	0.1062	0.1062	0.1062	0.1062	0.1062	0.1063	0.1063	0.1064	0.1075	0.11	0.1147	0.1221	0.1329	0.1472	0.1649	0.1858	0.2092
EC K=2	RMSE	0.104891	0.1049	0.1049	0.1049	0.105	0.105	0.105	0.1051	0.1052	0.1052	0.1066	0.1097	0.1151	0.1234	0.1352	0.1503	0.1688	0.1902	0.214
EC K=3	RMSE	0.104147	0.1042	0.1042	0.1042	0.1043	0.1043	0.1044	0.1045	0.1045	0.1046	0.1065	0.1104	0.1169	0.1267	0.1398	0.1563	0.1758	0.198	0.2224
EC K=4	RMSE	0.105171	0.1052	0.1052	0.1053	0.1053	0.1054	0.1055	0.1056	0.1058	0.1059	0.1085	0.1135	0.1215	0.133	0.1478	0.1658	0.1866	0.2098	0.2349
EC K=5	RMSE	0.109861	0.1099	0.1099	0.11	0.1101	0.1102	0.1104	0.1105	0.1107	0.1109	0.1144	0.1209	0.1307	0.144	0.1606	0.1802	0.2022	0.2264	0.2522
31點																				
EC K=1	RMSE	0.095409	0.0954	0.0954	0.0953	0.0953	0.0953	0.0954	0.0954	0.0954	0.0954	0.0961	0.0975	0.0998	0.1035	0.1088	0.116	0.1252	0.1364	0.1495
EC K=2	RMSE	0.094878	0.0949	0.0949	0.0949	0.0949	0.0949	0.0949	0.095	0.095	0.0951	0.0959	0.0975	0.1001	0.1041	0.1098	0.1174	0.127	0.1385	0.152
EC K=3	RMSE	0.094879	0.0949	0.0949	0.0949	0.0949	0.095	0.095	0.095	0.0951	0.0951	0.0961	0.098	0.101	0.1055	0.1118	0.12	0.1302	0.1423	0.1562
EC K=4	RMSE	0.09579	0.0958	0.0958	0.0958	0.0959	0.0959	0.096	0.096	0.0961	0.0961	0.0973	0.0995	0.1031	0.1083	0.1153	0.1243	0.1352	0.148	0.1624
EC K=5	RMSE	0.098115	0.0981	0.0982	0.0982	0.0982	0.0983	0.0983	0.0984	0.0985	0.0986	0.1	0.1027	0.1069	0.113	0.1209	0.1308	0.1425	0.156	0.1711

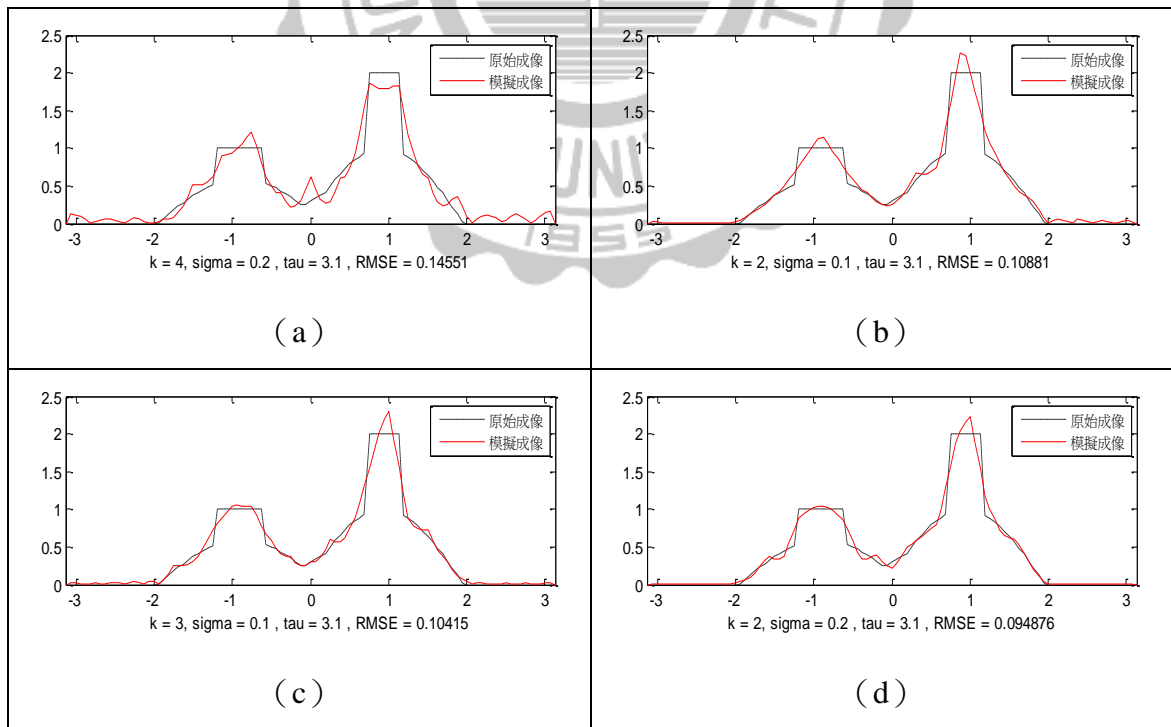


圖 3- 101 原始物件 H ( $\tau=3.1$ ): EC 函數取樣最佳成像圖 (a) 取樣 17 點, (b) 取樣 21 點, (c) 取樣 25 點, (d) 取樣 31 點。

將原始物件 H 傅立葉轉換後取樣，並用各種不同的基底函數進行影像重建，分別依照  $\tau$  值的不同，進行綜合展示於表 3-27~3-28，其中由於 EC 函數  $\tau$  值的選擇與其它函數有所差異，故將其獨立於表 3-29 分析如下：

#### 一、基底函數小結：

- (一) 正弦、餘弦函數、餘弦函數，影像重建效果相當差，所以在此不予討論。
- (二) 以辛克函數而言，良好的成像會集中於某一區塊，且當取樣點數愈多時， $k$  值的選取將越取越大。
- (三) SS 函數，是辛克函數的變形，影像重建的效果如用 RMSE 值比較，可發現與辛克函數成像不相上下，且同樣具有辛克函數的特性，當取樣點數愈多時， $k$  值的選取也要越取越大。
- (四) CS 函數，是餘弦週期性函數結合辛克函數的變形，在影像重建的效果上，成像效果與辛克函數類似，由於受週期性函數的影響，其差距在最佳成像圖 3-93~3-101 上，用肉眼無法明確分辨出成像差異。以 CS 函數而言，良好的成像區塊範圍較窄，且當取樣點數增多時， $k$  值的選取也要越取越大。
- (五) 高斯函數與 GC 函數，RMSE 值 $<0.05$ 的區塊範圍較上述其它函數更為寬廣，更容易取得良好的成像。以 GC 函數而言， $k$  值選取與取樣點數多寡成正比，但 $k > 5$  以上，成像不佳； $\sigma$  值的選取也與取樣點數多寡成正比。
- (六) EC 函數是指數函數與週期性函數的結合， $\tau$  值的選取與其它函數不同，估測原始物件位置範圍越寬越好；且取樣點數增加，良好成像區塊範圍會越來越大，但其最佳成像還是較其它函數成像略遜，取樣點數越多越好（見表 3-29）。

#### 二、綜合比較-表 3-27~3-28（辛克函數、SS 函數、CS 函數、高斯函數、GC 函數）：

- (一) 原始物件 H 影像寬度範圍界於 $[-2;2]$ 之間範圍適中，取樣點數越多越好。
- (二)  $\tau$  值選擇方面，越接近原始物件，成像效果越好。
- (三) 對影像原始物件 H 重建而言，由於該圖形在山峰處具有兩個方形訊號，且其山峰比例較原始物件 G 略小，故這兩個訊號點在影像重建上有一定的難度，故成像不夠精確，但本研究所使用的基底函數也已經可以重建出相似度極高的原始成像，能看出原始物件上有兩方形突起物。



#### 肆、以取樣點數作區分-原始物件 I

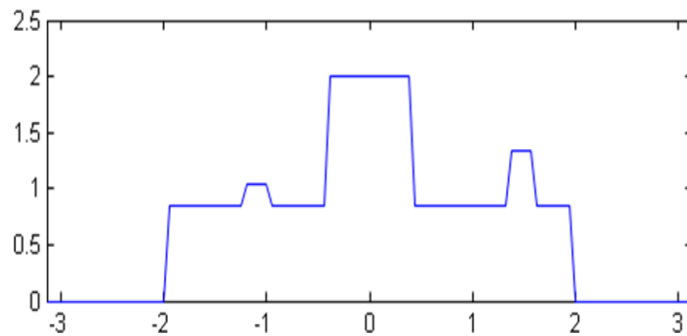


圖 3-102 原始物件 I (城堡圖形)

圖 3-102 原始物件 I 是本論文研究模擬的第九個原始影像物件，影像物件寬度範圍界於 $[-2;2]$ 之間，形狀類似於城堡，常使用於模擬影像重建上，是屬於影像模擬中城堡的圖形。

由於原始物件 I 相較於本論文其它物件其範圍 $[-2;2]$ 適中，利用不同基底函數進行反轉換時，因為基底函數的不同，會產生不同的成像與 RMSE 值，本研究利用 RMSE 值進行各種不同基底函數成像上的比較與分析，並以數據的方式呈現，當 RMSE 值 $<0.05$  時，成像效果最佳，使用紅色表示；RMSE 值界於 0.05 至 0.1 之間，使用黃色表示；RMSE 值界於 0.1 至 1 之間，使用綠色表示；RMSE 值 $>1$ ，成像效果極差，使用藍色表示。如表 3-30~3-32。其中各種不同的基底又依照取樣點數的不同進行分類，將各基底函數所產生的最佳成像用如圖 3-103~3-111 加以呈現。

表 3-30 原始物件 I ( $\tau=2.1$ ): RMSE 值比較表

原始物件I																					
17點		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cos	RMSE	12.8	14.02	8.1292	70.899	8.0521	13.892	33.73	564.59	35.863	1095.7	46.707	21.366	58.744	124.98	8.7625	123.26	177.92	27.439	62.947	26.015
Sin	RMSE	10.41	37.856	27.655	91.013	47.366	12.732	14.251	72.603	30.167	15.578	16.787	91.671	35.136	23.599	43.521	112.93	107.85	23.202	52.224	78.562
Sinc	RMSE	31099	327.06	1.3585	1.0224	0.1614	0.1566	0.1519	0.148	0.1431	0.1392	0.3765	7.5016	0.5883	0.7304	0.8498	1.1129	1.0276	2.7087	8.5875	28.308
SS	RMSE	6874	0.1805	0.1569	0.1548	0.1341	0.1516	0.1367	0.1486	0.1731	0.2802	0.4312	0.941	0.8856	0.946	0.9364	1.3977	1.2952	3.2719	13.824	9.2452
CS	RMSE	419.1	2.4469	0.1566	0.148	0.1392	7.5016	0.7304	1.1129	2.7087	28.308	7.3437	6.9898	14.523	64.039	77.834	151.66	50.298	100.63	188.14	381.08
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	3156	3.237	0.9185	0.1966	0.1614	0.1582	0.1567	0.1554	0.1544	0.1535	0.1515	0.1556	0.1621	0.1699	0.1786	0.1881	0.1985	0.2099	0.2226	
GC K=1	RMSE	21.73	0.7338	0.1637	0.1597	0.1576	0.156	0.1547	0.1536	0.1528	0.1521	0.1522	0.1578	0.1655	0.174	0.1833	0.1934	0.2045	0.2167	0.2302	
GC K=2	RMSE	0.344	0.1628	0.1589	0.1567	0.155	0.1536	0.1525	0.1518	0.1512	0.1508	0.1537	0.1621	0.1726	0.1841	0.1964	0.2084	0.2175	0.2104	1.058	
GC K=3	RMSE	0.161	0.1576	0.1553	0.1535	0.1522	0.1512	0.1506	0.1502	0.1501	0.1501	0.1566	0.1683	0.1833	0.2289	0.7133	0.5559	3.156	1.6409	0.518	
GC K=4	RMSE	0.155	0.1528	0.1513	0.1502	0.1496	0.1493	0.1492	0.1494	0.1498	0.1504	0.162	0.1772	0.3618	0.2343	0.2392	0.2487	0.2601	0.2724	0.2855	
GC K=5	RMSE	0.151	0.1487	0.1479	0.1476	0.1478	0.1484	0.1493	0.1503	0.1516	0.1531	0.1725	0.1715	0.2402	0.8517	1.342	0.6405	0.4593	0.4151	0.5915	
EC K=1	RMSE	3E+11	5E+11	5E+10	2E+11	6E+11	9E+11	9E+11	5E+11	2E+12	2E+12	2E+11	7E+11	3E+12	1E+12	1E+12	3E+12	1E+12	1E+12	2E+12	3E+12
EC K=2	RMSE	4E+10	4E+11	5E+11	4E+11	5E+11	5E+11	4E+12	9E+11	2E+11	2E+12	7E+11	1E+12	6E+12	1E+12	2E+12	4E+12	4E+12	2E+11	6E+12	
EC K=3	RMSE	3E+11	4E+11	6E+11	7E+11	7E+11	3E+11	2E+13	6E+10	1E+13	5E+12	6E+12	9E+11	7E+11	2E+12	5E+12	5E+12	1E+12	1E+12	1E+12	
EC K=4	RMSE	1E+12	1E+11	1E+12	9E+11	2E+12	5E+11	4E+11	1E+11	4E+11	1E+11	1E+12	2E+12	3E+12	1E+12	1E+13	6E+11	5E+12	2E+12	3E+12	
EC K=5	RMSE	1E+11	3E+11	2E+11	9E+11	5E+10	3E+12	1E+12	4E+11	5E+10	5E+11	3E+12	2E+12	2E+13	2E+13	3E+12	2E+12	1E+12	1E+12	6E+11	
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	26.62	17.885	383.56	43.563	28.019	111.92	19.148	263.97	13.61	27.557	24.579	6.9359	183.88	14.274	51.526	157.39	108.67	13.179	51.397	118.73
Sin	RMSE	61.21	8.203	43.058	304.53	21.285	37.631	50.738	494.8	60.091	11.227	99.161	21.71	28.214	71.925	26.177	1097.9	22.364	41.191	17.44	38.804
Sinc	RMSE	2E+06	174025	100162	42.49	2.3198	0.4268	0.1231	0.12	0.1195	0.1202	0.1225	0.1323	0.1527	0.2238	0.6888	1.5944	6.3082	2.6684	2.2491	4.256
SS	RMSE	1E+05	293.26	0.6128	0.1202	0.1257	0.132	0.2906	0.1218	0.1737	0.1036	0.3498	0.298	0.3801	0.4505	0.7998	1.4117	3.6506	8.1352	2.7983	5.9745
CS	RMSE	2E+06	375.7	0.4837	0.12	0.1202	0.1323	0.2238	1.5944	2.6684	4.256	6.7673	8.2218	43.449	103.46	2269.3	66.647	246.28	1245.2	331	1226.8
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	2E+07	3E+07	5E+06	573773	76598	13922	2364.5	880.06	1340.4	282.62	0.1013	0.1009	0.1015	0.1031	0.1061	0.1105	0.1162	0.1229	0.1304	
GC K=1	RMSE	1E+05	2502.3	322.06	48.367	0.9438	1.5949	0.165	0.1229	0.1198	0.1195	0.1191	0.1191	0.1199	0.1217	0.1241	0.1271	0.1308	0.1359	0.1434	
GC K=2	RMSE	1146	8.5255	0.8613	1.1851	0.1655	0.1204	0.1199	0.1196	0.1194	0.1192	0.1191	0.1193	0.1209	0.1235	0.127	0.1315	0.138	0.1474	0.1601	
GC K=3	RMSE	360.6	1.4077	0.525	0.1228	0.1201	0.1197	0.1194	0.1193	0.1192	0.1192	0.1191	0.1198	0.1223	0.126	0.131	0.1411	0.142	0.1537	0.1682	
GC K=4	RMSE	0.495	0.3805	0.1205	0.1198	0.1195	0.1194	0.1193	0.1194	0.1194	0.1194	0.1192	0.1209	0.1247	0.1293	0.1282	0.1281	0.1305	0.1361	0.1497	
GC K=5	RMSE	2.251	0.1201	0.1094	0.1196	0.1196	0.1196	0.1197	0.1197	0.1197	0.1196	0.1195	0.123	0.1307	0.2212	0.2252	0.2206	0.2238	0.2321	0.2435	
EC K=1	RMSE	1E+13	1E+13	2E+13	1E+13	6E+12	5E+12	3E+13	7E+12	4E+12	8E+12	2E+13	7E+12	7E+12	6E+12	3E+12	4E+13	2E+13	1E+13	3E+13	
EC K=2	RMSE	2E+12	1E+13	1E+14	6E+12	6E+12	2E+13	4E+12	2E+12	3E+12	4E+12	5E+12	2E+12	2E+12	1E+13	1E+13	9E+12	9E+12	3E+13	3E+13	4E+12
EC K=3	RMSE	1E+13	5E+12	9E+12	3E+12	3E+13	8E+12	3E+12	2E+12	2E+12	2E+13	3E+13	4E+12	2E+12	6E+12	5E+13	2E+13	4E+13	1E+13	7E+12	
EC K=4	RMSE	8E+11	2E+12	3E+12	2E+13	4E+12	4E+12	1E+13	8E+12	2E+13	2E+13	5E+12	1E+13	3E+12	7E+12	8E+12	2E+13	2E+13	3E+13	1E+13	
EC K=5	RMSE	1E+12	7E+12	2E+12	1E+12	7E+12	1E+12	3E+12	1E+12	4E+12	9E+12	3E+12	4E+12	2E+12	2E+13	8E+12	1E+13	1E+13	2E+12	7E+13	
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	50.47	18.805	37.145	142.62	7.0079	30.789	24.549	286.75	80.682	41.91	39.576	85.046	16.747	30.441	165	590.05	35.832	110.48	128.64	111.13
Sin	RMSE	48.75	29.845	38.467	197.59	21.88	26.838	71.217	96.949	19.313	126.47	92.073	8.2499	33.114	51.747	72.445	186.15	60.402	10.559	28.382	19.67
Sinc	RMSE	5E+06	8E+06	6E+07	1E+06	73329	119.98	11.27	7.7178	0.2357	0.102	0.101	0.1008	0.1008	0.1022	0.1074	0.1514	0.2865	0.4769	1.4273	2.4968
SS	RMSE	5E+06	6E+06	123.54	1.1182	0.1026	0.1007	0.1014	0.2806	0.1541	0.112	0.149	0.1784	0.158	0.2302	0.3336	0.6025	0.523	0.5868	1.5229	2.5804
CS	RMSE	6E+07	3E+07	288.19	0.9593	0.102	0.1008	0.1022	0.1514	0.4769	2.4968	12.78	15.655	10.834	33.027	90.739	108.29	531.45	189.56	270.36	1001.9
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	2E+07	3E+07	5E+06	573773	76598	13922	2364.5	880.06	1340.4	282.62	0.1013	0.1009	0.1015	0.1031	0.1061	0.1105	0.1162	0.1229	0.1304	
GC K=1	RMSE	4E+07	4E+07	688512	104449	2270.7	369.9	697.72	70.515	13.617	0.7888	0.101	0.101	0.1019	0.104	0.1077	0.1129	0.1193	0.1266	0.1345	
GC K=2	RMSE	4E+06	94840	2162	122.92	15.902	3.4797	2.6065	2.7458	0.8776	0.3185	0.1009	0.1012	0.1027	0.106	0.1114	0.1186	0.127	0.1364	0.1464	
GC K=3	RMSE	6229	907.91	51.426	7.9139	1.6143	0.3347	2.1341	0.2997	0.1091	0.1019	0.1008	0.1015	0.1039	0.1088	0.1162	0.1253	0.1347	0.1382	0.1246	
GC K=4	RMSE	2302	2.1814	0.7138	0.794	0.4102	0.3249	0.107	0.1017	0.1013	0.1011	0.1009	0.1015	0.1036	0.1132	0.1232	0.1484	0.18025	0.1206	1.0559	
GC K=5	RMSE	2.194	0.7571	1.3027	1.1985	0.1219	0.1017	0.1013	0.1011	0.1011	0.101	0.1009	0.101	0.1034	0.1097	0.1196	0.1252	0.1708	0.1674	0.1664	0.1661
EC K=1	RMSE	4E+12	7E+12	3E+12	5E+12	5E+12	1E+12	3E+12	3E+12	3E+12	7E+12	7E+11	4E+12	1E+13	1E+12	4E+12	4E+12	4E+11	2E+12	2E+12	
EC K=2	RMSE	4E+11	1E+12	3E+12	9E+11	2E+12	4E+12	4E+12	2E+12	2E+12	1E+										

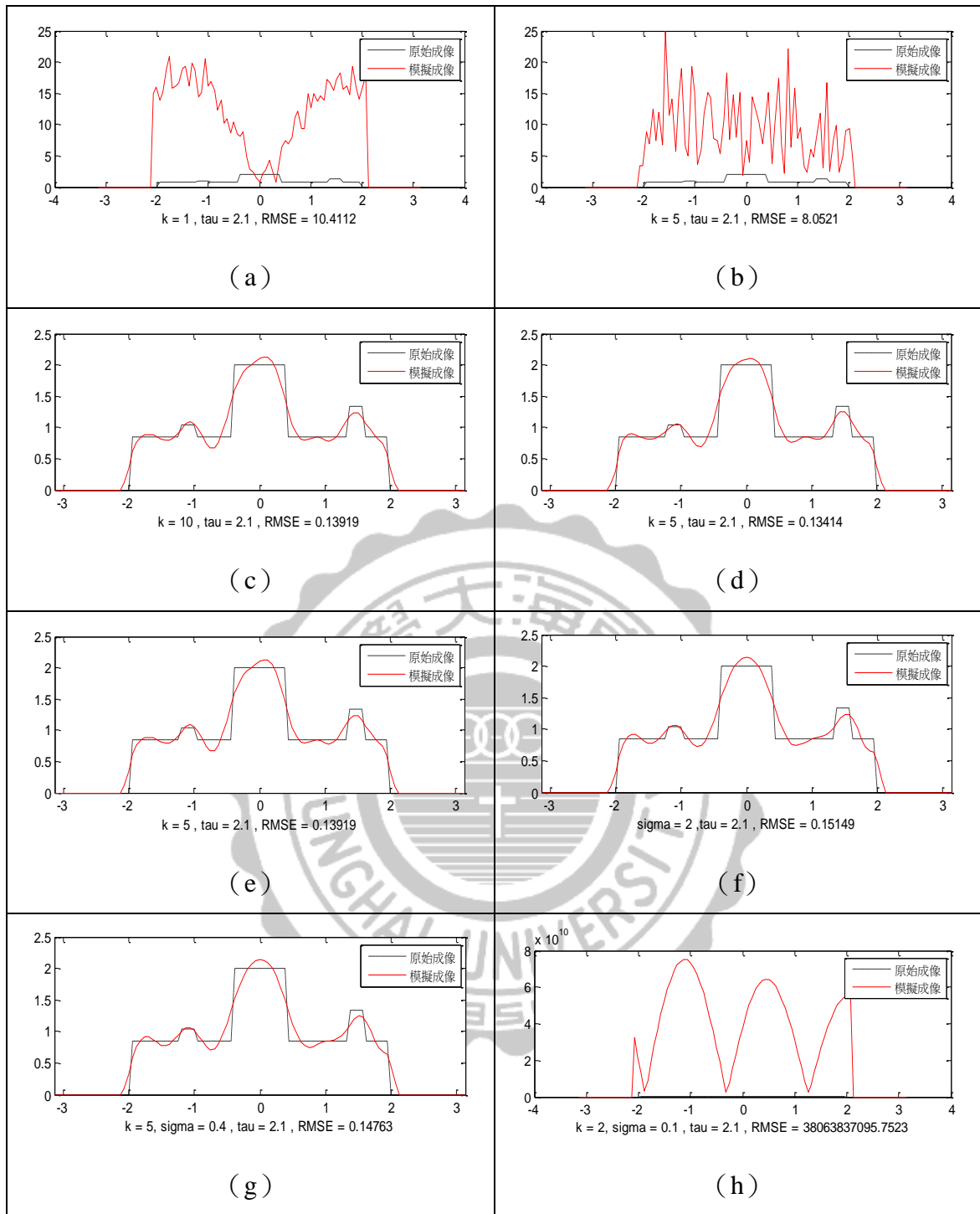


圖 3-103 原始物件  $I$  ( $\tau=2.1$ ): 取樣 17 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

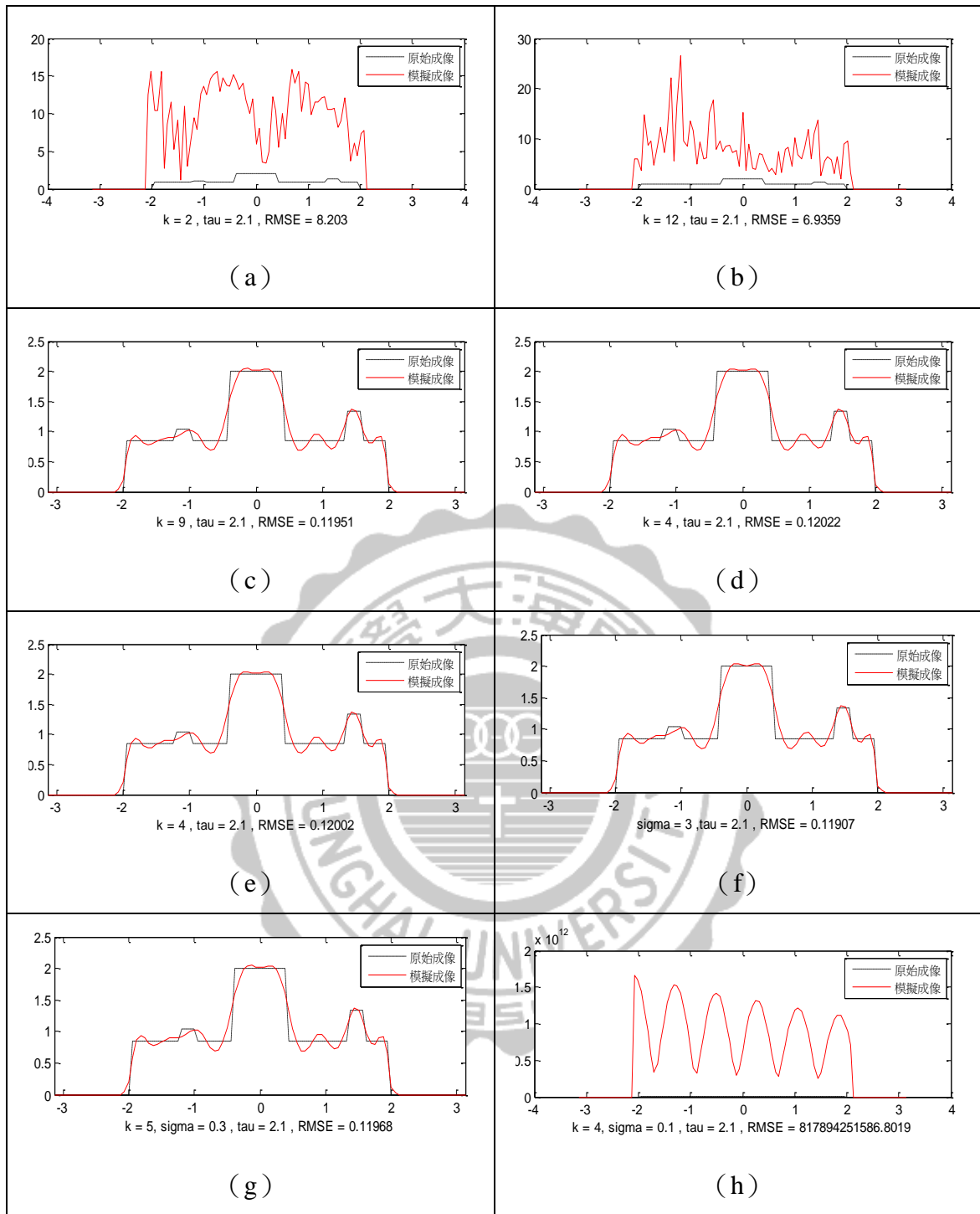


圖 3-104 原始物件 I ( $\tau=2.1$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

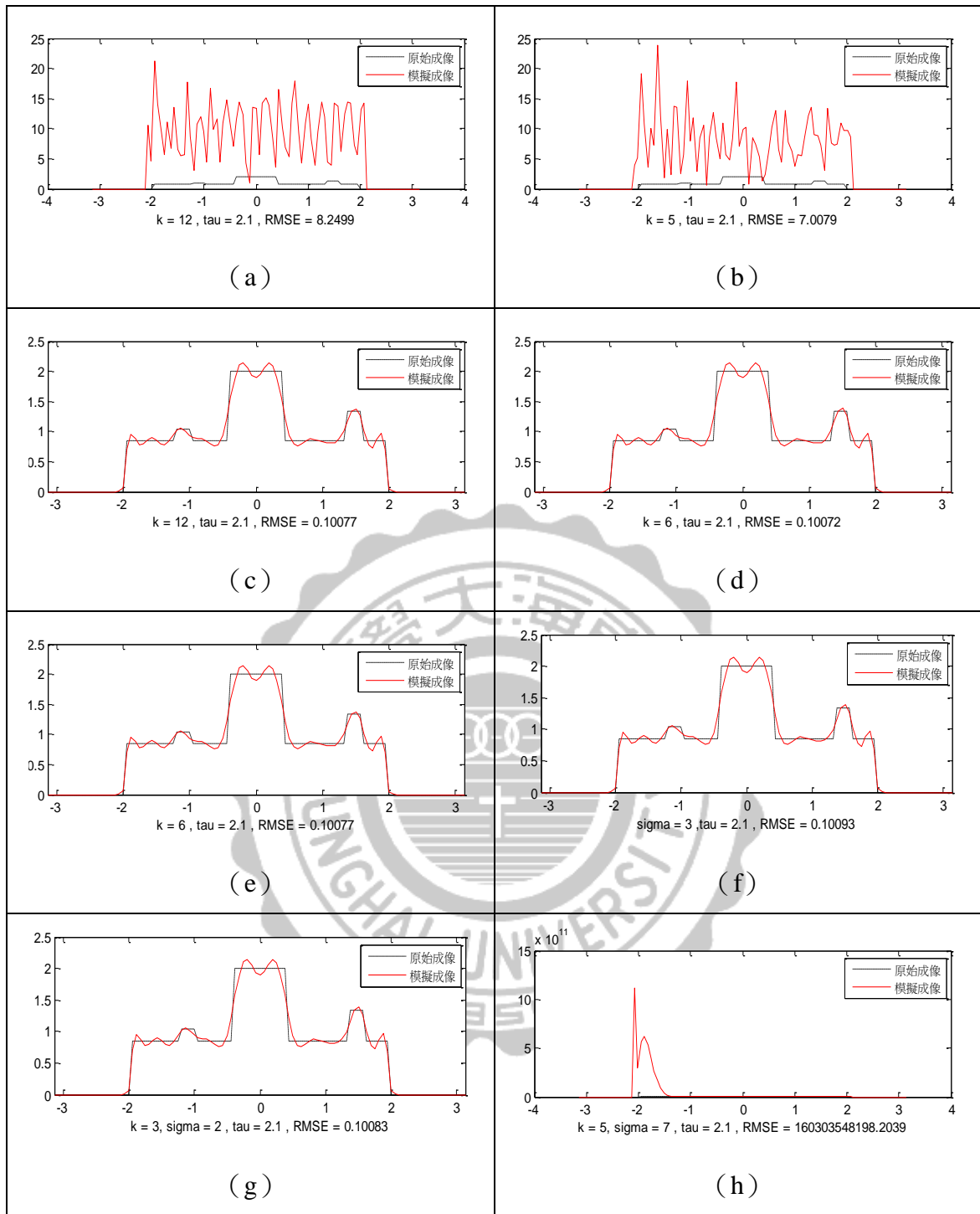


圖 3-105 原始物件 I ( $\tau=2.1$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

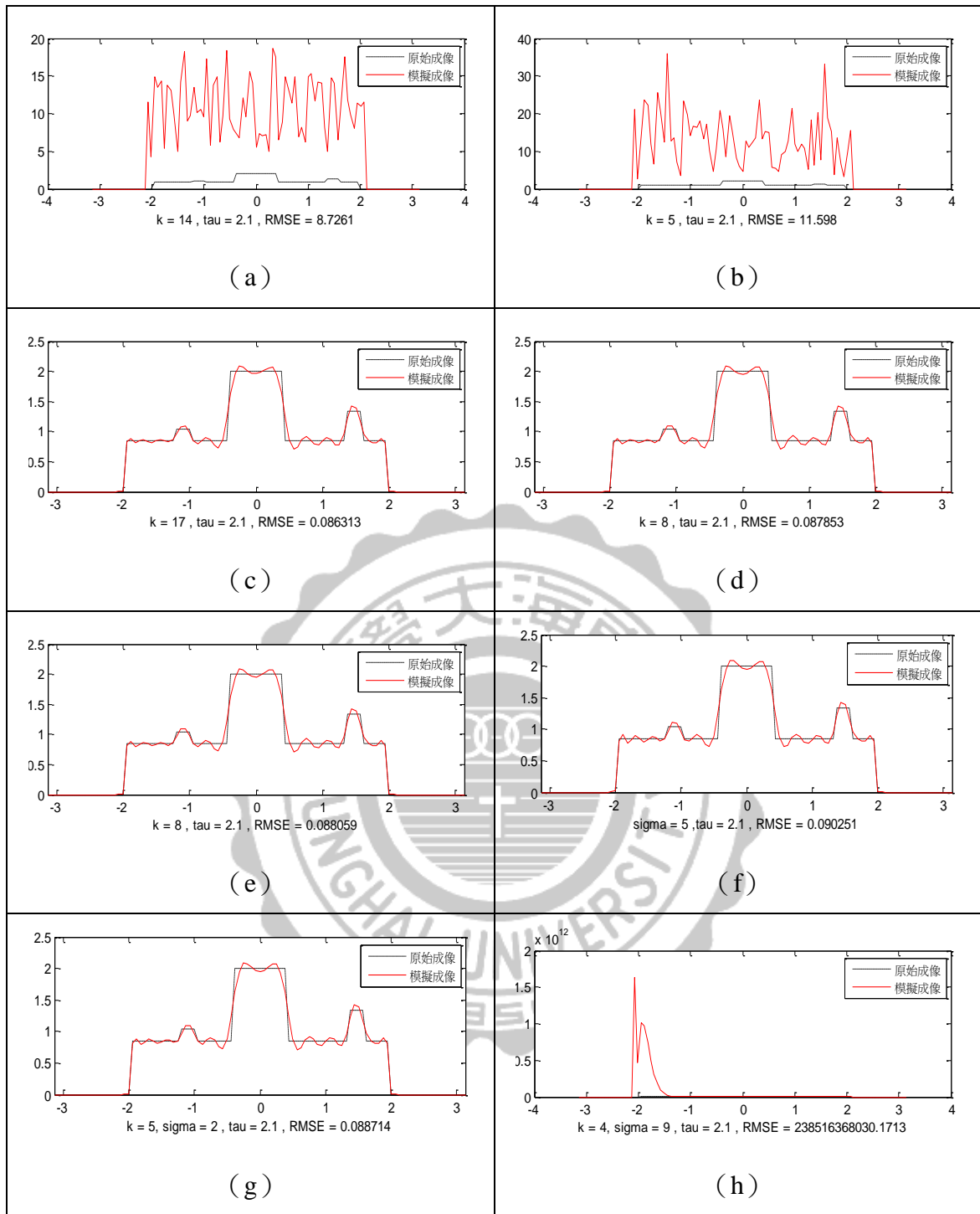


圖 3-106 原始物件 I ( $\tau=2.1$ ): 取樣 31 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

表 3-31 原始物件 I ( $\tau=2.3$ ): RMSE 值比較表

		原始物件I																			
17點		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cos	RMSE	7.16	7.9546	29.542	99.821	79.853	13.952	48.769	183.46	11.692	28.037	38.054	56.227	95.148	15.633	10.292	1469.3	248.66	17.493	18.747	247.99
Sin	RMSE	23.03	33.817	15.569	59.768	26.121	92.918	29.907	2232.6	32.135	23.022	99.959	16.87	86.264	12.209	28.193	213.6	11.054	11.209	41.263	14.203
Sinc	RMSE	2E+05	455.97	5.8248	0.188	0.1601	0.1599	0.1591	0.1581	0.1567	0.1779	0.2898	0.3953	0.5778	0.8214	0.8949	1.4533	1.7681	2.6595	3.9405	6.4513
SS	RMSE	701.9	0.16	0.1596	0.1587	1.2952	0.17	0.1458	0.1547	0.226	0.2833	0.4273	0.5738	0.7964	1.1689	1.4021	2.2339	2.7121	4.4656	12.757	61.096
CS	RMSE	708.2	0.163	0.1599	0.1581	0.1779	0.3953	0.8214	1.4533	2.6595	6.4513	10.468	12.842	1089.7	17.284	14.573	959.43	19.374	31.091	38.388	145.46
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	1469	7.0655	1.6451	0.163	0.1601	0.16	0.1599	0.1598	0.1596	0.1595	0.159	0.1595	0.1601	0.1605	0.1609	0.1619	0.1639	0.1676	0.1733	
GC K=1	RMSE	19.15	0.5999	0.1602	0.1601	0.16	0.1598	0.1597	0.1595	0.1593	0.1592	0.1591	0.1598	0.1603	0.1606	0.1612	0.1627	0.1655	0.1702	0.1773	
GC K=2	RMSE	0.215	0.1601	0.1601	0.1599	0.1597	0.1595	0.1593	0.1591	0.159	0.1589	0.1593	0.1601	0.1605	0.1612	0.163	0.1671	0.1744	0.1859	0.2026	
GC K=3	RMSE	0.16	0.16	0.1598	0.1595	0.1592	0.159	0.1589	0.1588	0.1588	0.1588	0.1597	0.1604	0.1612	0.1637	0.1689	0.1745	0.1796	0.1853	0.1922	
GC K=4	RMSE	0.16	0.1594	0.1591	0.1589	0.1587	0.1586	0.1586	0.1586	0.1587	0.1588	0.1601	0.1609	0.1634	0.2773	6.4947	0.8561	0.5051	0.4305	0.4101	
GC K=5	RMSE	0.162	0.1599	0.159	0.1586	0.1585	0.1585	0.1586	0.1588	0.159	0.1592	0.1606	0.1624	0.1982	0.2067	0.2212	0.2372	0.2571	0.2934	0.3612	
EC K=1	RMSE	1.281	1.3704	1.604	2.2856	6.3843	5.6132	1.7561	1.0699	0.7918	0.638	0.2808	0.2246	0.2166	0.2293	0.2566	0.2954	0.3427	0.3962	0.4536	
EC K=2	RMSE	0.278	0.2772	0.2752	0.2725	0.2693	0.2656	0.2616	0.2574	0.253	0.2487	0.2154	0.205	0.212	0.2327	0.2652	0.3073	0.3567	0.4112	0.4691	
EC K=3	RMSE	0.178	0.1776	0.1776	0.1777	0.1777	0.1778	0.1778	0.1779	0.178	0.1782	0.1822	0.1933	0.2139	0.2442	0.2835	0.33	0.3819	0.4377	0.4959	
EC K=4	RMSE	0.163	0.1629	0.1631	0.1634	0.1637	0.1641	0.1646	0.1652	0.1658	0.1666	0.1789	0.2009	0.2322	0.2713	0.3169	0.3674	0.4214	0.4778	0.5357	
EC K=5	RMSE	0.187	0.1875	0.1877	0.1881	0.1885	0.1891	0.1897	0.1905	0.1914	0.1924	0.2093	0.2383	0.2769	0.3221	0.3717	0.4242	0.4787	0.5343	0.5904	
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	3E+06	107465	19356	262.47	139.65	24.011	6.4617	0.7701	0.368	0.1311	0.1262	0.1263	0.1264	0.1269	0.1287	0.1324	0.1388	0.148	0.1602	
GC K=1	RMSE	2E+05	8856.8	91.455	6.8777	14.916	0.6208	0.1513	0.1292	0.1279	0.1272	0.1262	0.1263	0.1265	0.1275	0.1301	0.1351	0.143	0.1538	0.1676	
GC K=2	RMSE	2910	3.9545	2.9956	0.1555	0.1317	0.1295	0.1281	0.1273	0.1268	0.1265	0.1263	0.1264	0.1269	0.1293	0.1349	0.1444	0.1579	0.1752	0.1959	
GC K=3	RMSE	3.055	0.7025	0.1355	0.1304	0.1285	0.1274	0.1268	0.1264	0.1262	0.1261	0.1263	0.1264	0.128	0.1332	0.1437	0.1603	0.1831	0.2109	0.2402	
GC K=4	RMSE	4.306	0.1318	0.1288	0.1274	0.1267	0.1263	0.1261	0.1261	0.1261	0.1261	0.1263	0.1269	0.1309	0.1416	0.1628	0.3275	0.1703	0.1802	0.1937	
GC K=5	RMSE	0.17	0.1271	0.1249	0.1261	0.1261	0.1261	0.1261	0.1262	0.1262	0.1263	0.1263	0.1266	0.1385	0.1472	0.5485	1.2615	0.647	0.5551	0.527	
EC K=1	RMSE	3E+12	1E+12	4E+12	6E+11	7E+12	2E+12	2E+11	1E+12	5E+11	1E+12	5E+11	3E+11	2E+11	6E+11	2E+12	3E+13	1E+13	5E+12	3E+12	
EC K=2	RMSE	7E+10	6E+11	1E+12	3E+11	1E+12	4E+11	8E+11	2E+11	8E+11	3E+11	4E+11	8E+11	5E+11	8E+11	4E+13	9E+12	3E+12	1E+13	7E+12	
EC K=3	RMSE	3E+11	7E+10	4E+11	4E+10	4E+10	2E+10	2E+11	5E+11	8E+11	1E+11	2E+10	4E+11	4E+11	1E+12	5E+12	7E+12	3E+11	1E+12	1E+13	
EC K=4	RMSE	4E+10	5E+10	3E+10	4E+10	6E+11	2E+10	2E+11	3E+10	8E+10	2E+11	2E+11	6E+10	2E+11	4E+12	3E+13	1E+13	1E+12	3E+12	4E+12	
EC K=5	RMSE	2E+09	7E+09	2E+11	4E+10	3E+11	4E+11	2E+11	4E+11	3E+11	2E+11	3E+11	5E+11	3E+12	1E+13	4E+13	1E+13	1E+13	3E+12	1E+12	
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	2E+07	7E+06	2E+06	7E+06	322587	147712	18605	1452.7	35.607	33.086	0.1214	0.1197	0.1208	0.1229	0.1252	0.1271	0.1285	0.1295	0.1303	
GC K=1	RMSE	6E+06	5E+06	610927	280134	10506	25601	97.998	48.475	49.287	13.328	0.1205	0.1197	0.1214	0.1238	0.1261	0.1278	0.129	0.1299	0.1308	
GC K=2	RMSE	2E+06	71647	741.92	199.48	10.685	18.166	1.9548	0.1882	0.136	0.1272	0.1196	0.12	0.1224	0.1252	0.1274	0.129	0.13	0.1311	0.133	
GC K=3	RMSE	30208	632.16	97.617	0.8245	0.7606	0.3745	0.1335	0.1261	0.1246	0.1234	0.119	0.1205	0.1236	0.1265	0.1285	0.1298	0.131	0.1334	0.1388	
GC K=4	RMSE	419.2	4.66	0.5402	0.7741	0.1345	0.1263	0.1246	0.1232	0.1221	0.1212	0.1187	0.1215	0.1251	0.1279	0.1295	0.1307	0.1323	0.1314	0.1372	
GC K=5	RMSE	3.855	0.7075	0.3282	0.1263	0.1243	0.1227	0.1214	0.1204	0.1197	0.1191	0.119	0.123	0.1268	0.1291	0.1306	0.1337	0.1412	0.1497	0.1574	
EC K=1	RMSE	7E+11	5E+11	2E+11	2E+11	4E+11	1E+11	1E+11	2E+12	9E+11	2E+12	3E+12	6E+12	6E+12	8E+11	4E+11	1E+11	3E+11	2E+11	3E+12	
EC K=2	RMSE	1E+11	9E+11	5E+12	1E+12	5E+13	8E+11	3E+13	9E+12	1E+13	3E+12	6E+11	2E+12	3E+11	3E+11	3E+11	2E+11	2E+11	8E+11	1E+11	
EC K=3	RMSE	2E+12	3E+12	2E+12	7E+11	4E+12	5E+12	2E+12	2E+12	3E+12	3E+12	4E+11	3E+11	8E+11	5E+11	5E+11	7E+11	2E+11	2E+11	6E+11	
EC K=4	RMSE	1E+12	4E+11	1E+12	7E+11	4E+11	5E+11	3E+11	4E+11	5E+11	1E+12	4E+11	1E+11	4E+11	3E+11	9E+10	6E+11	4E+11	4E+11	2E+11	
EC K=5	RMSE	1E+11	5E+11	2E+11	2E+11	1E+11	7E+10	4E+11	2E+12	5E+11	4E+11	2E+11	4E+11	6E+11	8E+10	3E+11	8E+11	4E+11	9E+11	3E+12	
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	1E+09	4E+09	3E+08	4E+10	4E+09	4E+08	3E+08	8E+07	1E+07	5E+07	63.482	0.1081	0.1035	0.104	0.1047	0.1059	0.1074	0.1094	0.112	
GC K=1	RMSE	5E+08	1E+09	5E+09	7E+08	2E+08	3E+08	4E+07	2E+07	782575	248231	15.988	0.1035	0.1036	0.1042	0.1051	0.1064	0.1082	0.1105	0.1134	
GC K=2	RMSE	7E+07	8E+07	7E+07	8E+07	4E+06	77123	8336	1893.6	280.21	0.3598	0.1034	0.1037	0.1045	0.1058	0.1075	0.1098	0.1129	0.1171		
GC K=3	RMSE	3E+07	9E+06	1E+07	367012	425187	4460.1	898.4	139.5	52.771	10.476	0.1035	0.1034	0.1039	0.105	0.1066	0.1089	0.112	0.1163	0.1223	
GC K=4	RMSE	2E+06	340056	338745	21695	518.17	37.32	3.9242	3.5314	1.155	1.5827	0.1034	0.1035	0.1043	0.1056	0.1077	0.1107	0.115	0.1212	0.13	
GC K=5	RMSE	9E+05	25342	318.34	27.891	23.866	1.7187	0.6487	0.6854	1.1481	0.2069	0.1033	0.1037	0.1047	0.1066	0.1094	0.1136	0.1198	0.1288	0.1431	
EC K=1	RMSE	4E+12	3E+12	6E+11	2E+12	7E+11	3E+12	7E+12	2E+12	7E+11	7E+11	2E+12	4E+12	6E+11	8E+11	9E+11	9E+11	1E+12	1E+12	8E+11	
EC K=2	RMSE	4E+12	2E+12	6E+11	3E+12	6E+11	1E+12	3E+12	6E+12	4E+12	9E+11										

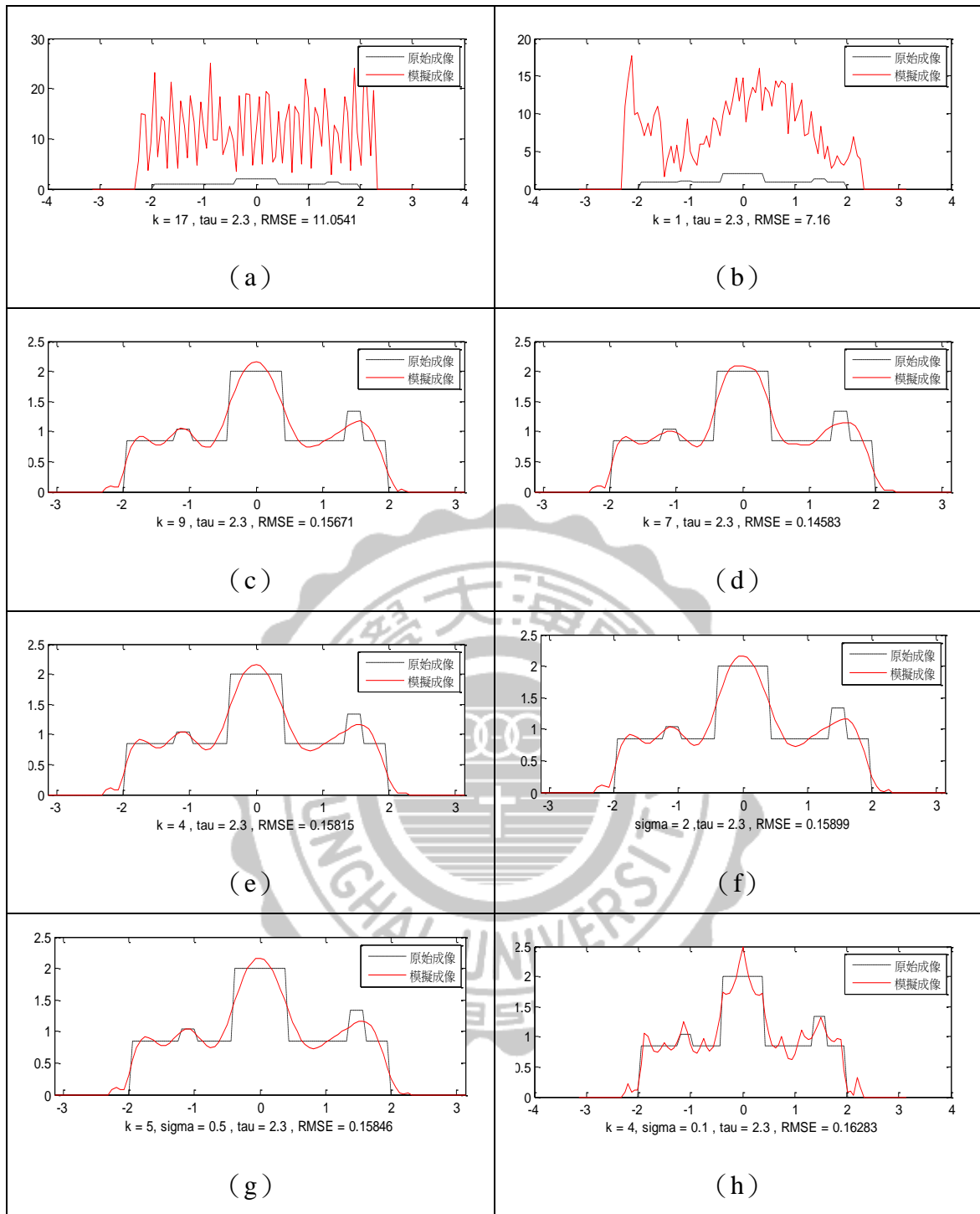


圖 3-107 原始物件 I ( $\tau=2.3$ ): 取樣 17 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。



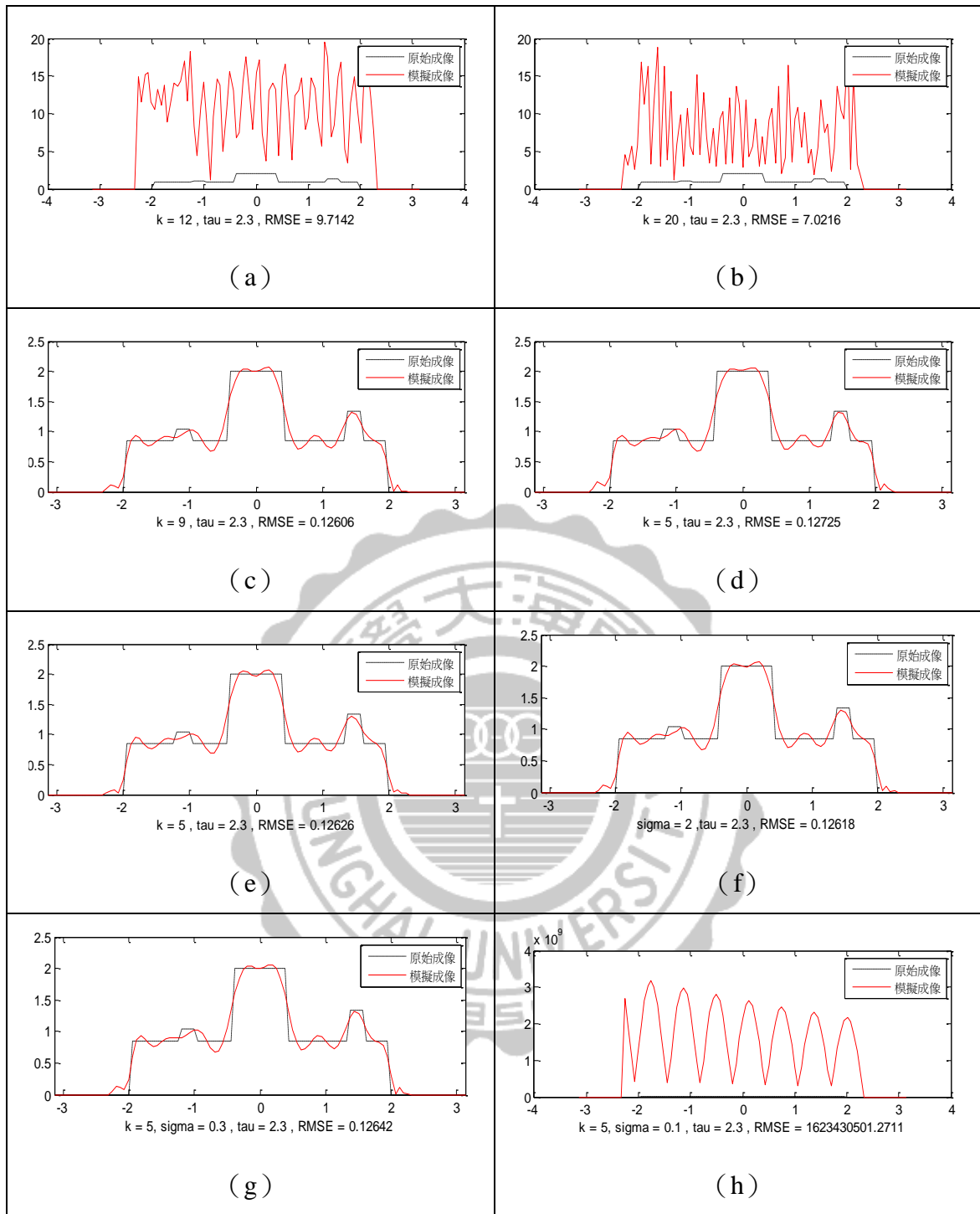


圖 3-108 原始物件 I ( $\tau=2.3$ ): 取樣 21 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

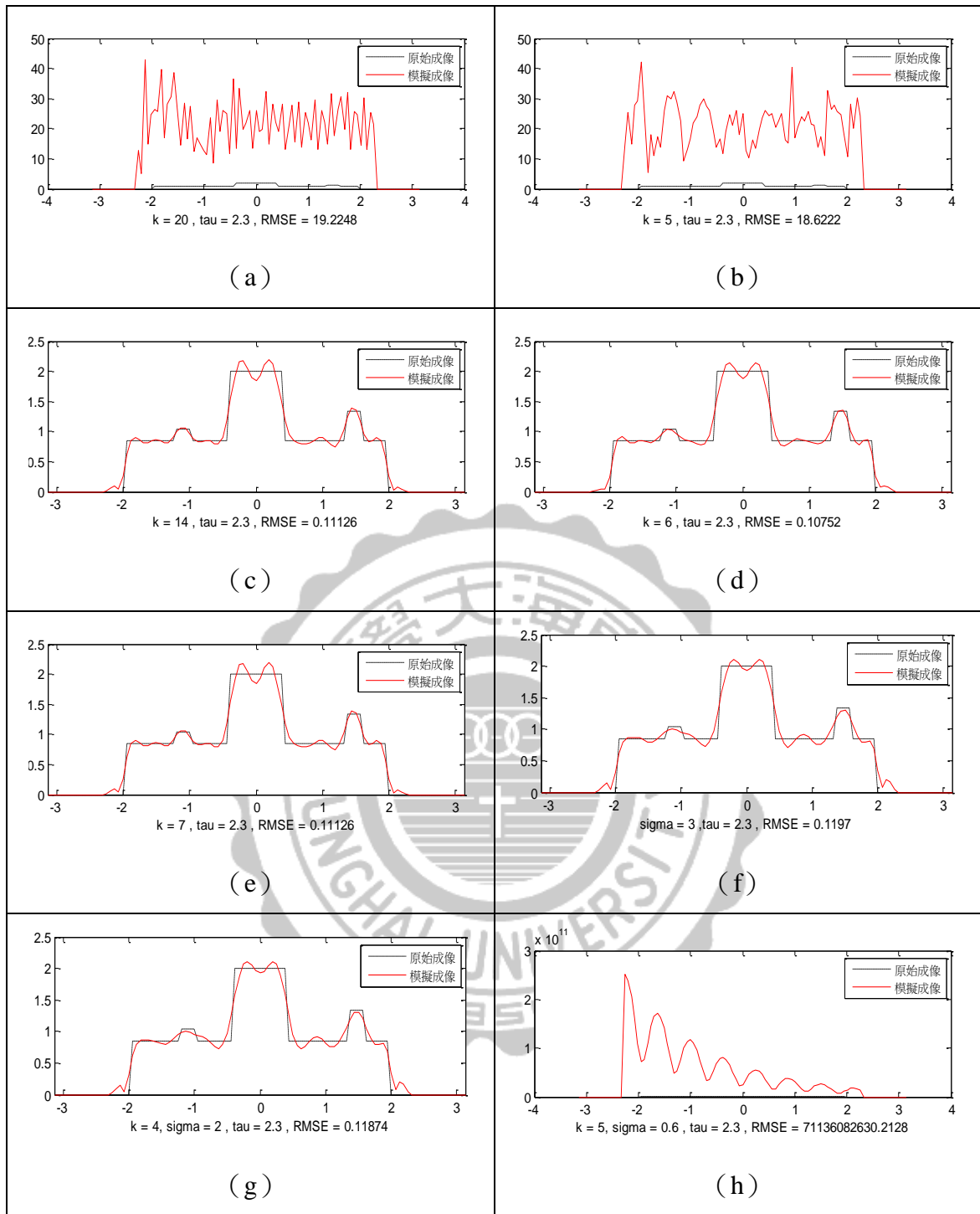


圖 3-109 原始物件 I ( $\tau=2.3$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

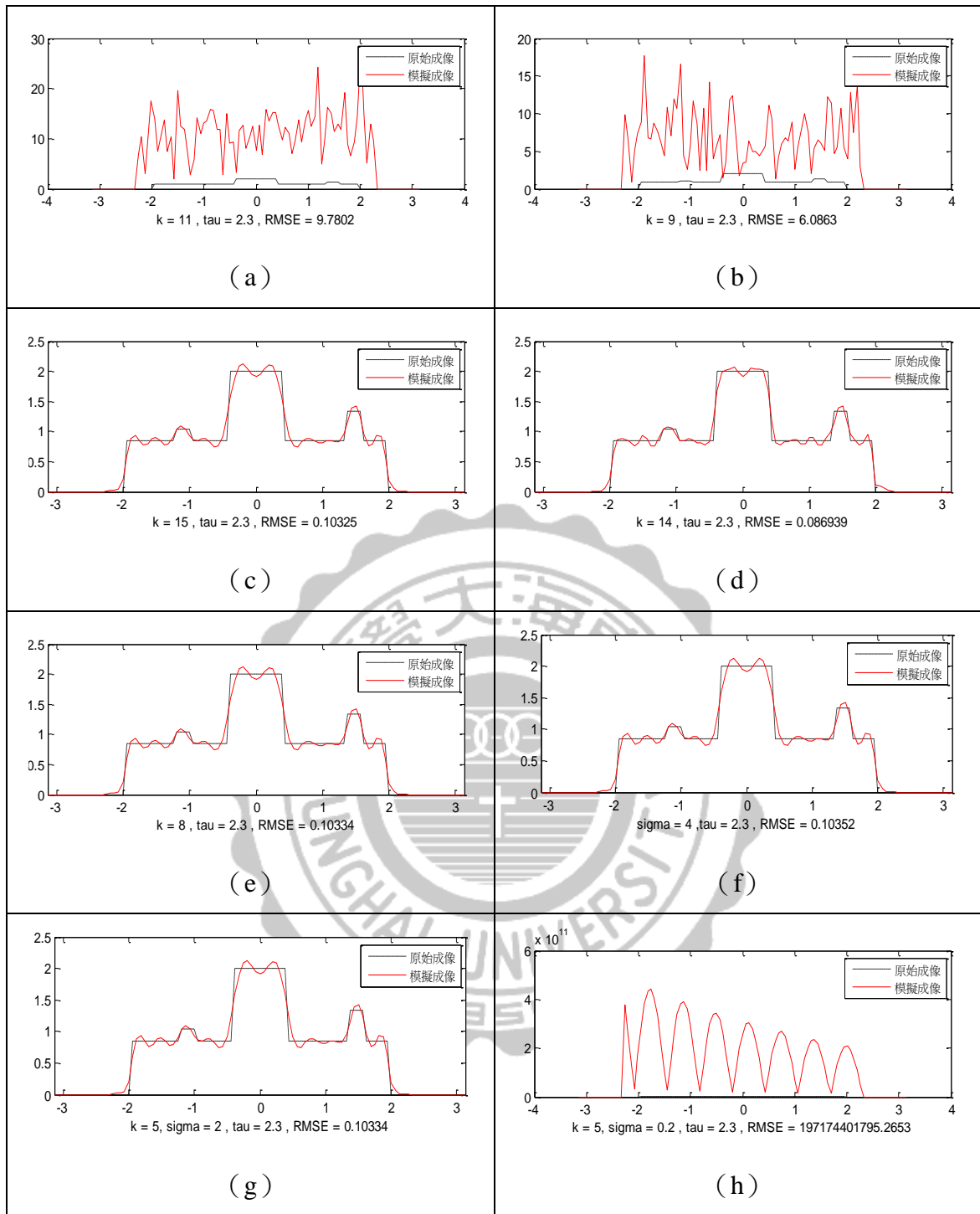


圖 3-110 原始物件 I ( $\tau=2.3$ ): 取樣 31 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

表 3-32 原始物件 I ( $\tau=3.1$ ): EC 函數 RMSE 值比較表

		原始物件 I																		
點數		Sigma=0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17點	EC K=1 RMSE	0.183528	0.1834	0.1832	0.1831	0.1829	0.1827	0.1826	0.1824	0.1822	0.1821	0.181	0.1827	0.1907	0.2081	0.2361	0.2738	0.3192	0.3701	0.4246
	EC K=2 RMSE	0.175664	0.1756	0.1756	0.1755	0.1754	0.1754	0.1753	0.1752	0.1752	0.1751	0.1757	0.1804	0.1926	0.2143	0.2459	0.2863	0.3333	0.385	0.4398
	EC K=3 RMSE	0.167444	0.1674	0.1674	0.1675	0.1675	0.1676	0.1677	0.1678	0.1679	0.1681	0.1719	0.182	0.2008	0.2289	0.2657	0.3095	0.3585	0.4112	0.466
	EC K=4 RMSE	0.167316	0.1674	0.1675	0.1676	0.1678	0.1681	0.1684	0.1688	0.1692	0.1697	0.1786	0.1962	0.223	0.2582	0.3001	0.3471	0.3977	0.4506	0.5049
	EC K=5 RMSE	0.191269	0.1914	0.1916	0.1919	0.1923	0.1927	0.1933	0.194	0.1948	0.1957	0.2105	0.2355	0.2693	0.3099	0.3551	0.4036	0.4541	0.5059	0.5582
21點	EC K=1 RMSE	0.138542	0.1385	0.1384	0.1383	0.1382	0.1381	0.1379	0.1378	0.1376	0.1375	0.1359	0.1353	0.138	0.1463	0.1619	0.1848	0.2143	0.249	0.2877
	EC K=2 RMSE	0.13851	0.1385	0.1384	0.1383	0.1383	0.1381	0.138	0.1379	0.1378	0.1376	0.1361	0.136	0.1399	0.1499	0.1672	0.1917	0.2224	0.258	0.2972
	EC K=3 RMSE	0.138658	0.1386	0.1386	0.1385	0.1385	0.1384	0.1383	0.1382	0.1381	0.138	0.1372	0.1386	0.1447	0.1575	0.1776	0.2045	0.2369	0.2737	0.3137
	EC K=4 RMSE	0.141184	0.1412	0.1412	0.1412	0.1411	0.1411	0.1411	0.1411	0.1411	0.1411	0.1418	0.1457	0.1553	0.1718	0.1954	0.225	0.2595	0.2975	0.3382
	EC K=5 RMSE	0.150853	0.1509	0.1509	0.1509	0.151	0.1511	0.1512	0.1513	0.1514	0.1515	0.1546	0.1621	0.1758	0.1965	0.2235	0.2557	0.292	0.331	0.372
25點	EC K=1 RMSE	0.143202	0.1433	0.1433	0.1434	0.1435	0.1436	0.1437	0.1439	0.144	0.1441	0.1465	0.1509	0.1586	0.1703	0.1868	0.2082	0.2341	0.2642	0.2978
	EC K=2 RMSE	0.143978	0.144	0.1441	0.1441	0.1442	0.1443	0.1444	0.1446	0.1447	0.1449	0.1476	0.1527	0.1612	0.1739	0.1914	0.2136	0.2403	0.271	0.3049
	EC K=3 RMSE	0.146686	0.1467	0.1468	0.1468	0.1469	0.147	0.1472	0.1473	0.1475	0.1477	0.1509	0.1569	0.1668	0.181	0.1999	0.2235	0.2513	0.2827	0.3173
	EC K=4 RMSE	0.152759	0.1528	0.1529	0.1529	0.153	0.1532	0.1533	0.1535	0.1537	0.154	0.1579	0.1653	0.1768	0.1929	0.2136	0.2387	0.2677	0.3002	0.3354
	EC K=5 RMSE	0.164419	0.1645	0.1645	0.1646	0.1648	0.165	0.1652	0.1654	0.1657	0.166	0.1709	0.1799	0.1933	0.2113	0.2339	0.2606	0.2909	0.3242	0.36
31點	EC K=1 RMSE	0.161253	0.1611	0.161	0.1609	0.1608	0.1607	0.1607	0.1606	0.1606	0.1606	0.1607	0.1616	0.1633	0.1663	0.171	0.1778	0.187	0.1987	0.213
	EC K=2 RMSE	0.159431	0.1594	0.1593	0.1593	0.1593	0.1592	0.1592	0.1592	0.1592	0.1592	0.1595	0.1606	0.1628	0.1662	0.1715	0.1789	0.1887	0.2009	0.2157
	EC K=3 RMSE	0.157093	0.1571	0.1571	0.1571	0.1571	0.1571	0.1571	0.1571	0.1571	0.1572	0.1579	0.1595	0.1623	0.1666	0.1727	0.1811	0.1918	0.2049	0.2205
	EC K=4 RMSE	0.155021	0.155	0.155	0.1551	0.1551	0.1551	0.1552	0.1552	0.1553	0.1553	0.1565	0.1588	0.1625	0.1679	0.1753	0.1849	0.1969	0.2112	0.2277
	EC K=5 RMSE	0.154054	0.1541	0.1541	0.1541	0.1542	0.1542	0.1543	0.1544	0.1545	0.1546	0.1563	0.1595	0.1644	0.1712	0.1801	0.1913	0.2047	0.2203	0.238

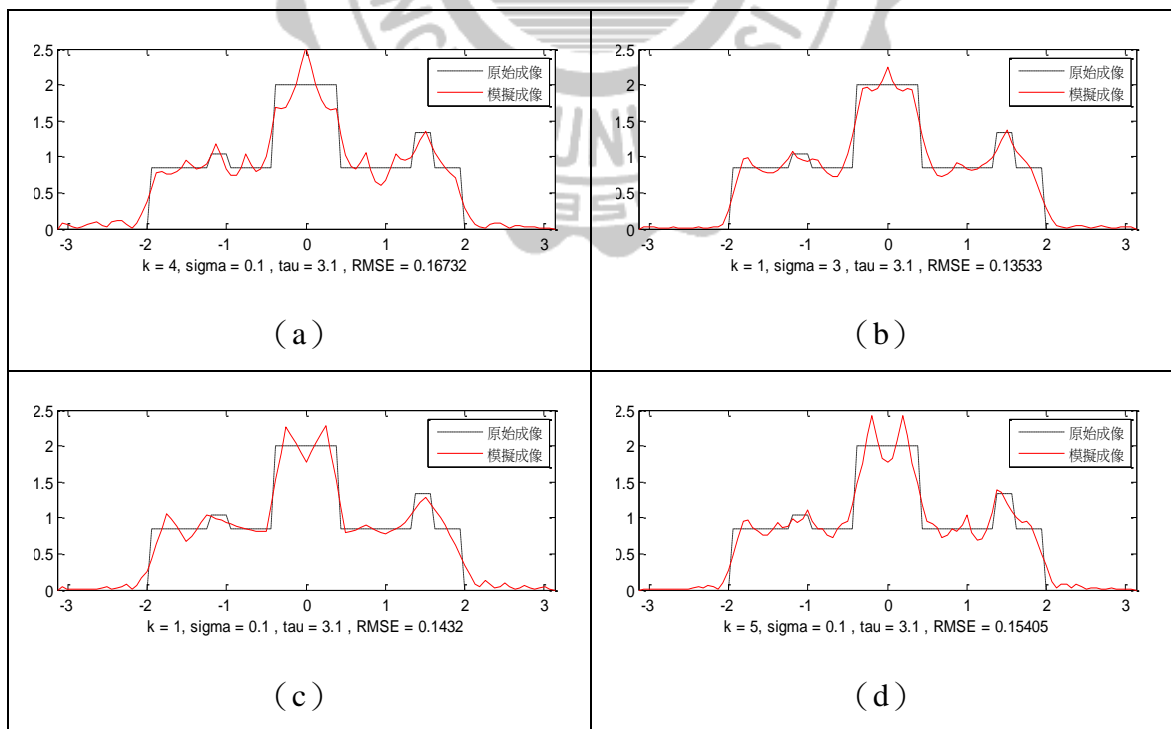


圖 3-111 原始物件 I ( $\tau=3.1$ ): EC 函數取樣最佳成像圖 (a) 取樣 17 點, (b) 取樣 21 點, (c) 取樣 25 點, (d) 取樣 31 點。

將原始物件 I 傅立葉轉換後取樣，並用各種不同的基底函數進行影像重建，分別依照  $\tau$  值的不同，進行綜合展示於表 3-30~3-31，其中由於 EC 函數  $\tau$  值的選擇與其它函數有所差異，故將其獨立於表 3-32 分析如下：

#### 一、基底函數小結：

- (一) 正弦、餘弦函數、餘弦函數，影像重建效果相當差，所以在此不予討論。
- (二) 以辛克函數而言，良好的成像會集中於某一區塊，但由於原始物件 I 城堡突起訊號過多，故取樣點數增多時，反而 RMSE 值  $< 0.05$  紅色的區塊較少，但唯一不變的是，當取樣點數愈多時， $k$  值的選取將越取越大。
- (三) SS 函數，是辛克函數的變形，影像重建的效果如用 RMSE 值比較，可發現與辛克函數成像不相上下，由於原始物件 I 城堡突起訊號過多，故取樣點數增多時，RMSE 值由原本界於 0.1-1 之間的綠色區塊，變成 RMSE 值界於 0.05-0.1 之間的黃色區塊，同樣具有辛克函數的特性，當取樣點數愈多時， $k$  值的選取也要越取越大。
- (四) CS 函數，是餘弦週期性函數結合辛克函數的變形，在影像重建的效果上，成像效果與辛克函數類似，由於受週期性函數的影響，其差距在最佳成像圖 3-103~3-111 上，用肉眼無法明確分辨出成像差異，又因原始物件 I 城堡突起訊號過多，故取樣點數增多時，反而  $0.05 < \text{RMSE 值} < 0.1$  黃色的區塊出現的頻率較不一定，但同樣具有右移的特性， $k$  值的選取與取樣點數多寡成正比。以 CS 函數而言，良好的成像區塊範圍較窄，且當取樣點數增多時， $k$  值的選取也要越取越大。
- (五) 高斯函數與 GC 函數，取樣點數越多時，RMSE 值界於 0.05-0.1 之間黃色區塊也會因此而增多。以 GC 函數而言， $k$  值選取與取樣點數多寡成正比，但  $k > 5$  以上，成像不佳； $\sigma$  值的選取也與取樣點數多寡成正比。
- (六) EC 函數是指數函數與週期性函數的結合， $\tau$  值的選取與其它函數不同，估測原始物件位置範圍越寬越好；也因原始物件 I 城堡突起訊號過多，所以 RMSE 值界於 0.1-1 之間以綠色區塊為主。當  $k$  值  $> 5$  以上，成像不佳；當取樣

點數增加，良好成像區塊範圍會越來越大，但其最佳成像還是較其它函數成像略遜，取樣點數越多越好（見表 3-32）。

二、綜合比較-表 3-30~3-31（辛克函數、SS 函數、CS 函數、高斯函數、GC 函數）：

- （一）原始物件 I 影像寬度範圍界於[-2;2]之間範圍適中，取樣點數越多越好。
- （二） $\tau$  值選擇方面，越接近原始物件，成像效果越好。
- （三）對影像原始物件 I 重建而言，由於該圖形屬突起訊號多的圖形，在影像重建上有一定的難度，但本研究所使用的基底函數也已經可以重建出相似度極高的原始成像，能看出城堡的形狀。



## 伍、以取樣點數作區分-原始物件 J

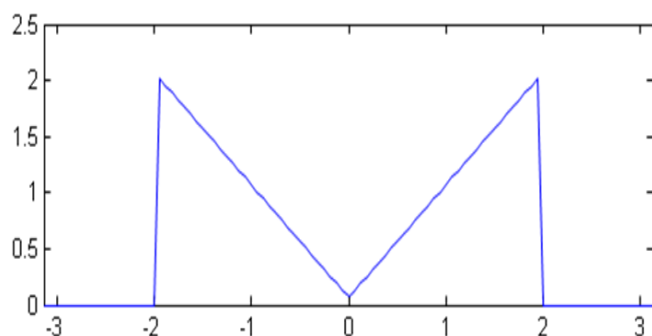


圖 3-112 原始物件 J (兩端三角形訊號圖形)

圖 3-112 原始物件 J 是本論文研究模擬的第五個原始影像物件，影像物件寬度範圍界於 $[-2;2]$ 之間，形狀類似於兩個三角圖形的結合，常使用於模擬影像重建上，是屬於影像模擬中兩端三角形訊號的圖形。

由於原始物件 J 相較於本論文其它物件其範圍 $[-2;2]$ 適中，利用不同基底函數進行反轉換時，因為基底函數的不同，會產生不同的成像與 RMSE 值，本研究利用 RMSE 值進行各種不同基底函數成像上的比較與分析，並以數據的方式呈現，當 RMSE 值 $<0.05$ 時，成像效果最佳，使用紅色表示；RMSE 值界於 0.05 至 0.1 之間，使用黃色表示；RMSE 值界於 0.1 至 1 之間，使用綠色表示；RMSE 值 $>1$ ，成像效果極差，使用藍色表示。如表 3-33~3-35。其中各種不同的基底又依照取樣點數的不同進行分類，將各基底函數所產生的最佳成像用如圖 3-113~3-121 加以呈現。

表 3-33 原始物件 J ( $\tau=2.1$ ): RMSE 值比較表

		原始物件J																			
17點		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cos	RMSE	12.13	6.6528	11.601	28.016	23.365	13.428	21.288	244.99	46.667	996.41	34.405	19.319	57.106	45.248	27.195	166.97	72.089	60.675	52.11	34.741
Sin	RMSE	7.883	27.697	20.605	72.653	47.235	14.712	16.608	140.8	23.251	10.976	9.3707	46.173	25.302	22.698	98.92	57.893	34.26	15.026	53.448	237.84
Sinc	RMSE	17635	15.181	0.802	1.8105	0.1308	0.1345	0.1384	0.1417	0.1458	0.148	0.2317	6.2908	0.2374	0.1461	0.1851	1.1715	0.7989	1.5684	3.4475	24.228
SS	RMSE	463.1	0.1638	0.1337	0.1358	0.1353	0.1531	0.139	0.1445	0.1569	0.2553	0.3203	0.5795	0.7837	0.5167	0.5306	1.1505	1.2648	2.159	6.8154	4.7132
CS	RMSE	100.5	1.6386	0.1345	0.1417	0.148	6.2908	0.1461	1.1715	1.5684	24.228	3.4286	14.162	11.21	22.487	94.716	62.681	41.374	47.655	198.41	154.42
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	270.4	2.9932	0.8346	0.2013	0.1325	0.1333	0.1345	0.1356	0.1365	0.1372	0.1393	0.1364	0.1311	0.1243	0.1165	0.108	0.099	0.0898	0.0805	
GC K=1	RMSE	28.53	0.6986	0.1323	0.1322	0.1338	0.1351	0.1362	0.1371	0.1378	0.1384	0.1389	0.1346	0.1283	0.1206	0.1121	0.1031	0.0938	0.0844	0.0751	
GC K=2	RMSE	0.451	0.1314	0.1328	0.1345	0.136	0.1371	0.138	0.1387	0.1392	0.1395	0.1378	0.1311	0.1219	0.1111	0.1001	0.0904	0.0852	0.0994	0.507	
GC K=3	RMSE	0.133	0.1339	0.1357	0.1372	0.1383	0.1391	0.1397	0.14	0.1402	0.1403	0.1356	0.1258	0.1118	0.0735	0.694	0.5382	1.6977	0.2057	0.0908	
GC K=4	RMSE	0.136	0.1378	0.139	0.1399	0.1405	0.1408	0.1409	0.1408	0.1406	0.1402	0.1312	0.1171	0.1687	0.1098	0.1025	0.0957	0.0885	0.0814	0.0754	
GC K=5	RMSE	0.142	0.142	0.1421	0.1421	0.1419	0.1416	0.141	0.1403	0.1394	0.1384	0.1221	0.178	0.2613	0.6487	0.3029	0.0918	0.0522	0.0635	0.1558	
EC K=1	RMSE	2E+10	1E+10	3E+09	6E+08	4E+10	3E+10	7E+10	3E+10	1E+11	1E+11	9E+09	5E+09	2E+11	6E+11	3E+11	2E+11	6E+11	2E+12	6E+11	
EC K=2	RMSE	1E+09	4E+08	8E+08	8E+08	4E+09	3E+08	6E+10	6E+09	1E+09	1E+10	1E+09	6E+10	2E+12	8E+11	1E+12	3E+12	3E+11	3E+11	4E+12	
EC K=3	RMSE	4E+10	8E+10	4E+10	8E+10	3E+11	2E+10	2E+12	1E+10	1E+12	2E+10	7E+11	1E+09	7E+10	9E+11	1E+12	1E+12	3E+11	5E+11	1E+11	
EC K=4	RMSE	2E+11	7E+09	5E+10	3E+11	8E+11	8E+09	3E+10	3E+11	7E+10	6E+10	2E+11	1E+11	1E+12	8E+11	4E+12	8E+10	1E+12	5E+11	2E+11	
EC K=5	RMSE	6E+10	1E+11	4E+11	7E+10	1E+11	2E+12	2E+11	1E+11	2E+11	5E+10	5E+11	2E+10	8E+12	9E+11	1E+12	7E+11	4E+11	2E+11	2E+12	
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	5E+06	9596	1584.6	459.17	30.961	1.9157	0.8172	0.4048	0.1826	0.0956	0.1003	0.098	0.0907	0.0818	0.0729	0.0643	0.0564	0.0493	0.043	
GC K=1	RMSE	8344	70.579	104.75	12.61	0.2363	1.8674	0.2194	0.0939	0.0919	0.0937	0.1009	0.0961	0.0874	0.0779	0.0687	0.0602	0.0525	0.0457	0.0398	
GC K=2	RMSE	112.4	1.8658	0.8511	1.519	0.1214	0.0895	0.0915	0.0936	0.0955	0.0971	0.101	0.093	0.0819	0.0708	0.0604	0.0512	0.0434	0.0373	0.033	
GC K=3	RMSE	110.8	1.9522	0.1803	0.0916	0.091	0.0936	0.0958	0.0977	0.0993	0.1005	0.0998	0.0885	0.0755	0.0632	0.0521	0.0376	0.0591	0.0462	0.0406	
GC K=4	RMSE	1.07	0.3989	0.0909	0.094	0.0966	0.0989	0.1007	0.1021	0.1031	0.1037	0.0969	0.082	0.0672	0.0587	0.0752	0.0775	0.0724	0.0673	0.0631	
GC K=5	RMSE	0.733	0.0963	0.0988	0.1013	0.1032	0.1047	0.1056	0.106	0.1061	0.1057	0.0915	0.073	0.0607	0.0512	0.0631	0.0405	0.0338	0.0302	0.0272	
EC K=1	RMSE	1E+13	3E+12	1E+13	4E+12	4E+12	3E+12	7E+12	9E+12	5E+12	1E+13	5E+12	8E+11	7E+12	5E+11	4E+11	2E+12	2E+12	1E+12	8E+11	
EC K=2	RMSE	3E+12	2E+12	5E+13	3E+12	2E+12	3E+12	5E+12	7E+12	3E+12	4E+12	1E+13	1E+12	7E+12	2E+12	5E+12	4E+11	1E+12	1E+12	2E+11	
EC K=3	RMSE	2E+12	2E+12	9E+12	3E+12	1E+13	2E+12	3E+12	8E+12	3E+12	1E+13	1E+13	1E+13	1E+12	1E+12	4E+13	3E+12	2E+12	2E+11	2E+10	
EC K=4	RMSE	5E+11	1E+12	4E+12	2E+13	5E+11	8E+11	6E+11	4E+12	4E+13	1E+13	2E+12	6E+12	2E+12	6E+11	1E+12	5E+11	7E+11	1E+11	3E+11	
EC K=5	RMSE	3E+12	4E+12	3E+12	2E+12	7E+12	3E+12	1E+13	1E+12	6E+11	8E+12	2E+12	4E+12	2E+12	3E+12	2E+12	8E+11	1E+11	4E+11	3E+12	
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	3E+06	4E+06	552630	128204	14327	5196.3	217.68	659.85	680.83	137.28	0.0547	0.0545	0.0502	0.044	0.0378	0.0321	0.0274	0.0235	0.0204	
GC K=1	RMSE	4E+06	6E+06	46059	10353	723.86	277.59	332.75	38.653	6.9893	0.4521	0.0545	0.0539	0.0483	0.0416	0.0353	0.0298	0.0253	0.0218	0.0191	
GC K=2	RMSE	6E+05	8752.3	408.18	115.65	7.8245	2.0921	2.1443	4.2407	0.8784	0.3317	0.0558	0.0527	0.0454	0.0378	0.0312	0.0258	0.0216	0.0186	0.0165	
GC K=3	RMSE	718.5	142.66	25.39	3.2296	1.1126	0.3168	1.1942	0.2271	0.068	0.052	0.0565	0.0507	0.042	0.034	0.0274	0.0225	0.0195	0.0199	0.0253	
GC K=4	RMSE	40.6	1.9949	1.1934	2.182	0.3954	0.2365	0.0623	0.0518	0.0529	0.0542	0.0564	0.0477	0.0379	0.0297	0.0231	0.0124	3.9027	0.2222	0.0894	
GC K=5	RMSE	3.867	0.9931	1.6054	1.6822	0.0566	0.0526	0.0541	0.0557	0.0569	0.0579	0.055	0.0435	0.033	0.0252	0.0415	0.0232	0.0199	0.0179	0.0159	
EC K=1	RMSE	1E+11	4E+11	1E+11	2E+11	4E+11	1E+11	2E+11	4E+11	9E+10	3E+11	4E+10	1E+11	7E+10	2E+11	6E+11	4E+11	7E+09	8E+11	3E+11	
EC K=2	RMSE	4E+10	1E+11	1E+11	8E+10	1E+11	4E+11	1E+11	6E+10	4E+11	1E+11	3E+11	6E+09	6E+10	3E+10	2E+11	1E+11	5E+11	7E+11	7E+11	
EC K=3	RMSE	2E+10	1E+11	1E+11	2E+11	1E+11	4E+10	4E+10	8E+10	2E+10	7E+10	1E+09	4E+10	1E+11	7E+11	2E+11	3E+11	3E+11	2E+11	1E+12	
EC K=4	RMSE	6E+10	2E+10	2E+10	3E+10	6E+10	6E+10	1E+10	5E+10	3E+10	5E+10	7E+10	1E+12	5E+11	2E+11	4E+11	2E+11	1E+12	5E+11	1E+11	
EC K=5	RMSE	8E+09	4E+11	6E+10	3E+10	6E+10	1E+11	7E+10	8E+10	6E+10	7E+10	1E+11	5E+11	9E+11	2E+11	8E+11	2E+11	7E+11	3E+11	2E+12	
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	6E+06	1E+08	4E+08	5E+08	1E+08	5E+08	6E+06	1E+07	1E+06	216144	367.2	1.0331	0.0294	0.0108	0.0089	0.0071	0.0058	0.0052	0.0051	
GC K=1	RMSE	1E+07	2E+08	8E+08	7E+08	3E+07	917634	1E+06	45401	219771	46700	31.811	0.261	0.0189	0.0101	0.0082	0.0065	0.0055	0.0051	0.0053	
GC K=2	RMSE	4E+07	2E+07	8E+06	78663	39071	7150.2	11288	11435	941.55	780.53	0.4822	0.0286	0.0115	0.0093	0.0072	0.0058	0.0051	0.0052	0.0059	
GC K=3	RMSE	5E+06	3E+06	45532	16748	9179.1	3211.9	769.03	256.27	20.092	12.073	0.3068	0.0134	0.0109	0.0084	0.0064	0.0053	0.0053	0.0062	0.0311	
GC K=4	RMSE	2E+05	6103.6	1035.9	265.57	495.7	14.507	4.3327	2.6879	1.4918	0.8253	0.0261	0.0127	0.01	0.0075	0.0059	0.0214	0.1713	2.6271	7.2758	
GC K=5	RMSE	3047	3063.1	324.33	23.566	1.0641	0.3104	3.2039	1.8753	1.0483	0.658	0.0146	0.0121	0.0092	0.0073	0.0105	0.0281	0.3039	295.25	8.4475	
EC K=1	RMSE	9E+11	5E+11	7E+12	2E+11	6E+11	4E+12	8E+11	8E+11	2E+11	2E+11	8E+11	3E+11	1E+11	1E+11	8E+10	7E+11	4E+11	4E+11	3E+11	
EC K=2	RMSE	4E+11	5E+11	2E+11	1E+12	3E+11	4E+11	4E+11	7E+11	6E+11	4E+11	1E+12	9E+11	9E+09	8E+10	9E+1					



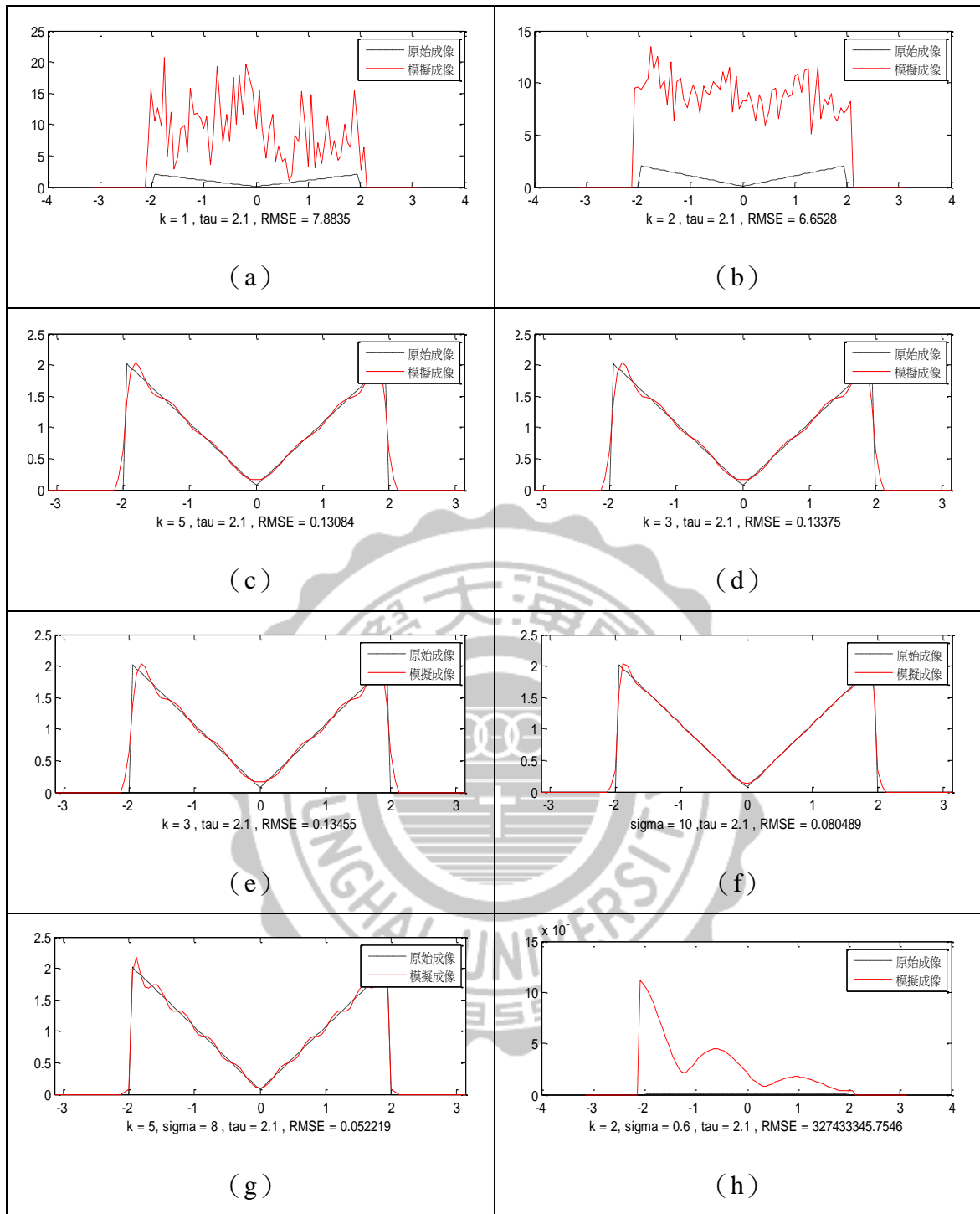


圖 3-113 原始物件  $J$  ( $\tau=2.1$ )：取樣 17 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

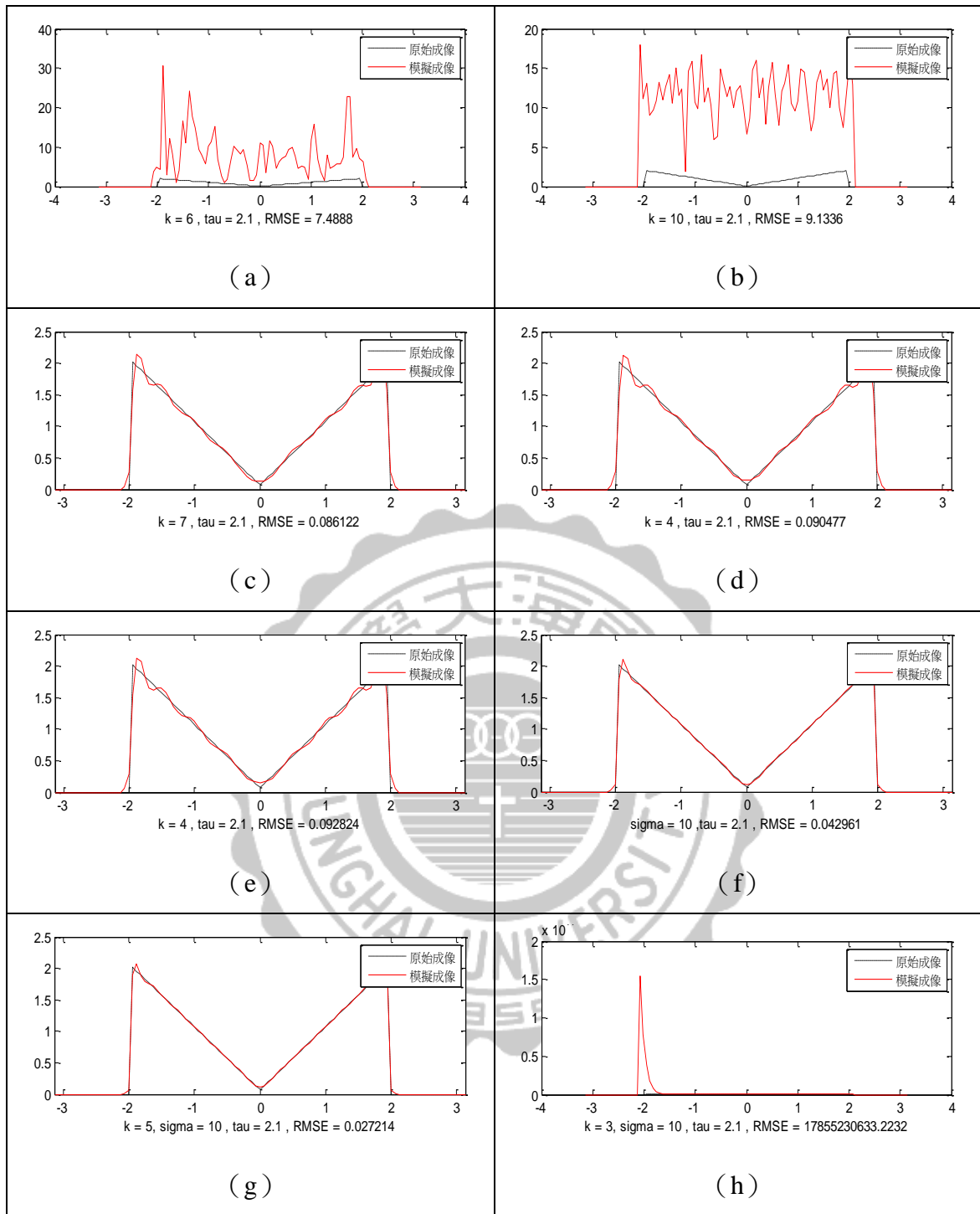


圖 3-114 原始物件  $J (\tau=2.1)$ : 取樣 21 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

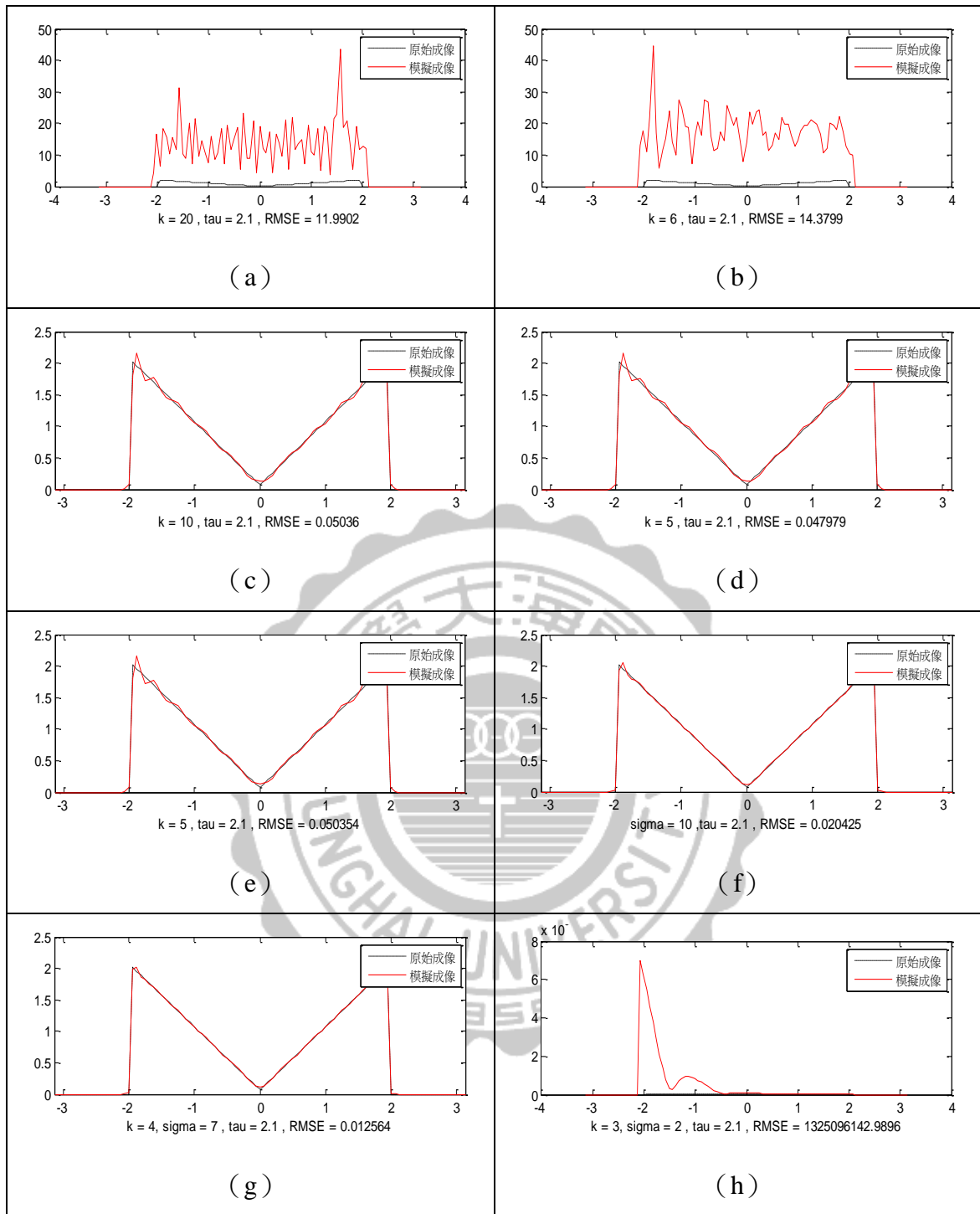


圖 3-115 原始物件  $J (\tau=2.1)$ : 取樣 25 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

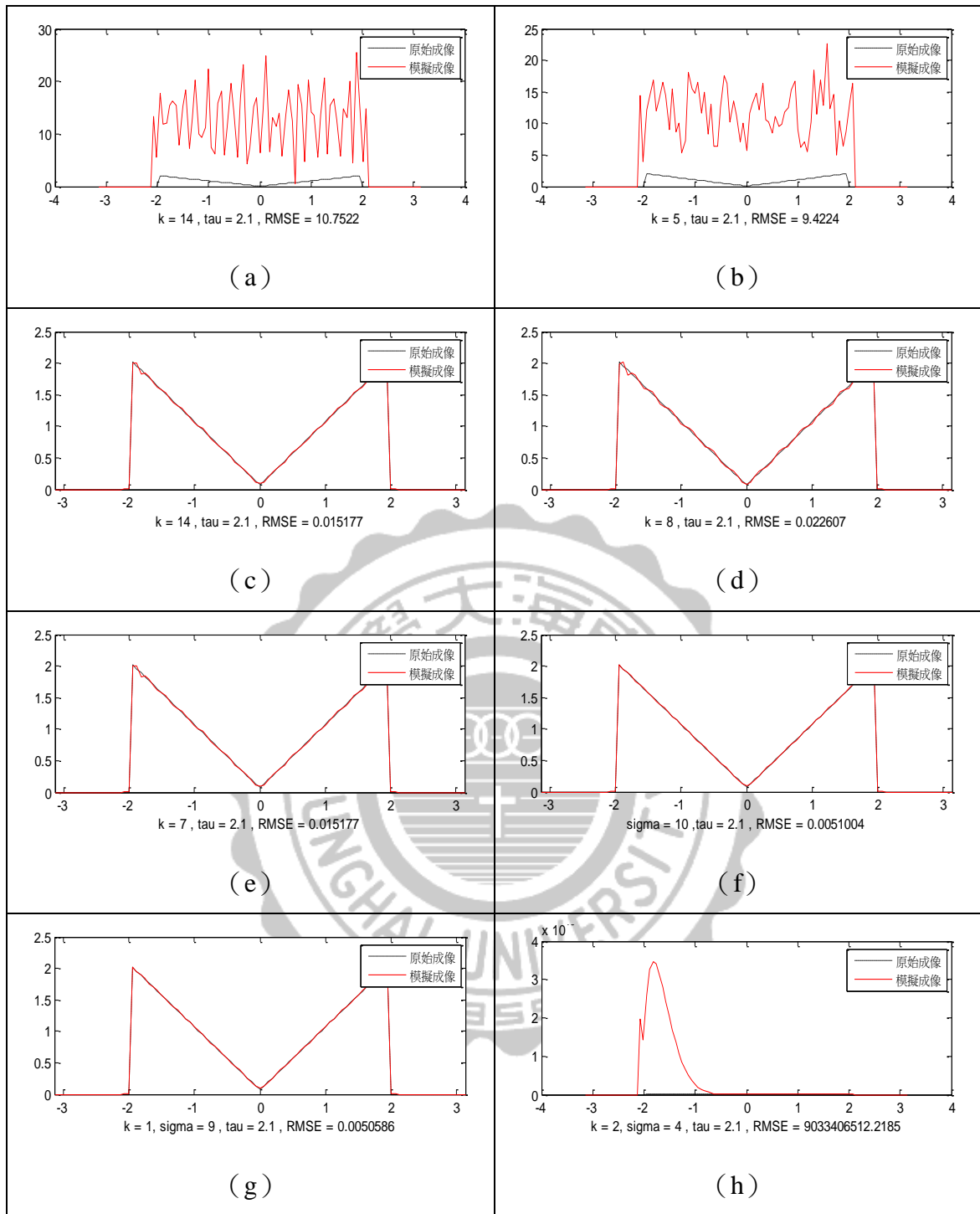


圖 3-116 原始物件  $J (\tau=2.1)$ : 取樣 31 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

表 3-34 原始物件 J ( $\tau=2.3$ ): RMSE 值比較表

		原始物件 J																			
17點		K=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cos	RMSE	13.79	3.4171	21.596	135.83	80.87	12.603	33.644	157.11	17.848	44.313	17.474	57.995	94.217	23.18	14.928	596.82	93.428	29.533	24.231	393.08
Sin	RMSE	17.55	23.906	24.479	54.427	7.1449	101.93	38.912	2037.2	224.73	17.767	16.488	14.581	96.989	11.679	16.716	138.47	15.978	16.461	69.661	12.066
Sinc	RMSE	12245	1993.6	2.3097	0.1928	0.1721	0.174	0.1738	0.172	0.1689	0.1997	0.2221	0.3549	0.4269	0.899	1.5101	0.8343	2.706	3.9313	4.8053	7.4484
SS	RMSE	87.91	0.169	0.1738	0.176	1.1734	0.1731	0.1589	0.1804	0.1767	0.2876	0.3698	0.5193	0.6972	1.2379	2.71	0.9314	4.4292	7.1857	14.334	129.48
CS	RMSE	492.5	0.172	0.174	0.172	0.1997	0.3549	0.899	0.8343	3.9313	7.4484	18.731	13.438	1062.7	23.964	25.733	194.04	31.705	36.273	67.814	139.5
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	1771	4.0394	1.6755	0.1746	0.1732	0.174	0.1745	0.1748	0.1749	0.1749	0.1742	0.175	0.1762	0.1765	0.1752	0.1721	0.1675	0.1621	0.1566	
GC K=1	RMSE	5.623	0.7892	0.1721	0.1733	0.1741	0.1746	0.1748	0.1748	0.1747	0.1746	0.1742	0.1754	0.1765	0.1762	0.1739	0.17	0.1648	0.1592	0.1541	
GC K=2	RMSE	0.266	0.172	0.1735	0.1743	0.1746	0.1746	0.1745	0.1744	0.1742	0.174	0.1744	0.1762	0.1764	0.1738	0.1688	0.1623	0.1559	0.1518	0.1526	
GC K=3	RMSE	0.172	0.1738	0.1743	0.1743	0.1742	0.174	0.1737	0.1736	0.1734	0.1734	0.175	0.1765	0.1741	0.1677	0.1602	0.1547	0.1499	0.144	0.1371	
GC K=4	RMSE	0.173	0.1735	0.1733	0.1731	0.1729	0.1727	0.1727	0.1727	0.1728	0.173	0.176	0.1752	0.1667	0.1314	0.2861	0.271	0.25	0.2516	0.2648	
GC K=5	RMSE	0.167	0.1689	0.1699	0.1705	0.171	0.1714	0.1718	0.1723	0.1729	0.1734	0.1762	0.1667	0.1841	0.1926	0.2104	0.2392	0.2863	0.3642	0.4948	
EC K=1	RMSE	0.738	0.175	0.6803	0.6377	0.5915	0.5449	0.5001	0.4578	0.4125	0.3856	0.2185	0.1853	0.1885	0.2097	0.2443	0.2896	0.343	0.4022	0.4653	
EC K=2	RMSE	0.17	0.1693	0.1689	0.1683	0.1677	0.1669	0.1661	0.1653	0.1645	0.1637	0.1599	0.1663	0.1838	0.2129	0.2529	0.3017	0.3574	0.4179	0.4816	
EC K=3	RMSE	0.149	0.1488	0.1487	0.1486	0.1484	0.1482	0.148	0.1478	0.1476	0.1475	0.1493	0.1621	0.1878	0.225	0.2714	0.3249	0.3835	0.4456	0.5099	
EC K=4	RMSE	0.172	0.1716	0.1714	0.1711	0.1707	0.1702	0.1697	0.1691	0.1685	0.1679	0.165	0.1776	0.2085	0.2528	0.3054	0.3633	0.4245	0.4878	0.5521	
EC K=5	RMSE	0.2	0.1997	0.1995	0.1993	0.1991	0.1987	0.1984	0.1981	0.1977	0.1974	0.1983	0.2163	0.2536	0.304	0.3612	0.422	0.4844	0.5474	0.6104	
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	28650	1460.9	18.05	2.6917	8.0497	0.5633	0.1486	0.1397	0.1401	0.1408	0.1453	0.1435	0.1399	0.1377	0.138	0.1411	0.1464	0.1535	0.1613	
GC K=1	RMSE	465.4	0.9687	2.0306	0.1833	0.1389	0.1393	0.1399	0.1407	0.1415	0.1423	0.1456	0.1421	0.1383	0.1377	0.1409	0.1476	0.1565	0.1663	0.1761	
GC K=2	RMSE	0.913	0.3587	0.1391	0.139	0.1396	0.1405	0.1415	0.1425	0.1435	0.1443	0.1452	0.1403	0.1375	0.1397	0.1469	0.1573	0.169	0.1796	0.187	
GC K=3	RMSE	3.921	0.1389	0.1394	0.1405	0.1417	0.143	0.1441	0.1451	0.1459	0.1464	0.1439	0.1383	0.1384	0.1457	0.1616	0.3005	0.112	0.1267	0.133	
GC K=4	RMSE	0.143	0.1408	0.1424	0.144	0.1454	0.1465	0.1473	0.1478	0.1481	0.148	0.1414	0.1374	0.1433	0.1495	0.5438	0.4139	0.2836	0.2355	0.2086	
GC K=5	RMSE	2E+05	20597	3576.4	42.495	81.584	12.276	3.2355	0.7257	0.3168	0.141	0.1447	0.1443	0.1411	0.1383	0.1375	0.1393	0.1435	0.1497	0.1571	
EC K=1	RMSE	28650	1460.9	18.05	2.6917	8.0497	0.5633	0.1486	0.1397	0.1401	0.1408	0.1453	0.1435	0.1399	0.1377	0.138	0.1411	0.1464	0.1535	0.1613	
EC K=2	RMSE	7E+10	9E+10	8E+10	6E+10	2E+11	6E+10	9E+10	1E+11	4E+11	1E+11	4E+10	7E+10	6E+11	7E+11	1E+14	1E+11	2E+12	1E+12	1E+12	
EC K=3	RMSE	1E+11	1E+10	1E+11	4E+10	1E+10	4E+10	6E+10	1E+11	9E+10	4E+10	3E+09	7E+10	6E+11	5E+11	1E+13	6E+11	5E+11	2E+11	2E+12	
EC K=4	RMSE	5E+08	1E+09	3E+09	7E+09	5E+10	1E+10	8E+09	3E+09	3E+10	6E+09	3E+11	2E+11	5E+11	6E+12	4E+12	1E+12	8E+10	7E+11	2E+12	
EC K=5	RMSE	2E+10	3E+10	3E+11	7E+10	5E+11	5E+11	3E+11	7E+11	4E+11	5E+11	7E+11	2E+11	3E+12	9E+12	5E+12	7E+11	1E+12	2E+12	7E+11	
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	2E+06	572958	270635	2E+06	72579	37120	5392.4	554.73	12.055	15.466	0.137	0.1362	0.1365	0.1374	0.1382	0.1384	0.1378	0.1361	0.1336	
GC K=1	RMSE	1E+06	1E+06	133754	19127	2316.6	7109.5	36.847	14.373	3.9281	0.2486	0.1366	0.1361	0.1368	0.1377	0.1384	0.1383	0.1372	0.1351	0.1321	
GC K=2	RMSE	3E+05	17323	141.35	49.262	3.2572	5.1699	0.6413	0.1668	0.1405	0.1383	0.1361	0.1361	0.1371	0.1382	0.1384	0.1374	0.1351	0.1317	0.1277	
GC K=3	RMSE	7768	161.61	23.491	1.3675	0.4347	0.2518	0.1452	0.1379	0.1377	0.1374	0.1357	0.1363	0.1376	0.1384	0.1378	0.1354	0.1316	0.1269	0.1219	
GC K=4	RMSE	15.48	1.6677	0.9081	1.122	0.1518	0.1378	0.1375	0.1372	0.1369	0.1366	0.1355	0.1367	0.1381	0.1382	0.1361	0.1321	0.1275	0.1273	0.1906	
GC K=5	RMSE	4.879	0.5579	0.486	0.1379	0.1372	0.1369	0.1365	0.1361	0.1358	0.1356	0.1354	0.1373	0.1384	0.137	0.1328	0.1267	0.1215	0.1193	0.1173	
EC K=1	RMSE	1E+12	3E+11	1E+11	7E+11	7E+11	3E+11	2E+11	4E+12	2E+12	3E+12	6E+11	4E+11	1E+11	2E+11	7E+10	1E+10	4E+10	3E+10	7E+11	
EC K=2	RMSE	5E+11	2E+11	8E+11	9E+11	4E+12	7E+11	2E+13	2E+12	2E+12	6E+11	4E+10	4E+11	2E+11	6E+10	3E+10	6E+10	4E+10	2E+10	5E+10	
EC K=3	RMSE	9E+10	6E+10	2E+11	8E+10	2E+11	3E+11	6E+10	2E+11	5E+11	6E+11	9E+10	3E+11	2E+12	2E+11	4E+11	1E+11	2E+11	2E+11	2E+10	
EC K=4	RMSE	1E+11	4E+11	2E+11	1E+11	2E+11	2E+11	7E+10	9E+10	3E+10	6E+11	7E+10	8E+10	4E+10	2E+11	1E+10	8E+10	3E+11	7E+10	8E+10	
EC K=5	RMSE	2E+10	4E+11	4E+10	1E+11	6E+10	5E+10	2E+11	2E+11	4E+11	2E+11	6E+10	8E+10	3E+10	6E+10	1E+11	1E+12	1E+11	3E+11	3E+11	
		Sigma=	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gaussian	RMSE	6E+08	1E+09	1E+08	4E+09	8E+08	6E+07	6E+07	2E+07	4E+06	1E+07	64.064	0.1459	0.1051	0.1042	0.1035	0.1036	0.1047	0.1067	0.1094	
GC K=1	RMSE	6E+07	4E+08	1E+08	3E+08	3E+07	5E+07	8E+06	5E+06	165033	73041	32.632	0.1067	0.1049	0.1039	0.1034	0.1039	0.1055	0.1079	0.1107	
GC K=2	RMSE	2E+07	2E+07	1E+07	1E+07	1E+06	515677	14870	2116.6	1888.4	290.17	1.071	0.1054	0.1046	0.1036	0.1035	0.1048	0.1072	0.1103	0.1137	
GC K=3	RMSE	5E+06	934612	960059	78917	87965	1381	561.38	490.93	86.232	11.08	0.1052	0.1055	0.1043	0.1034	0.104	0.1061	0.1094	0.1131	0.1166	
GC K=4	RMSE	5E+05	70306	69415	4186.3	255.02	80.564	6.8831	4.2403	0.7808	2.5089	0.1056	0.1053	0.1038	0.1034	0.105	0.1081	0.112	0.116	0.1194	
GC K=5	RMSE	2E+05	4701.6	62.952	52.403	41.304	2.3346	0.9077	0.6148	1.254	0.2433	0.106	0.1049	0.1035	0.1039	0.1067	0.1108	0.1152	0.1193	0.1244	
EC K=1	RMSE	2E+12	2E+12	4E+11	1E+12	6E+11	2E+12	1E+13	1E+12	1E+12	3E+11	1E+12	2E+12	3E+11	1E+12	5E+11	6E+11	2E+12	6E+11	9E+11	
EC K=2	RMSE	7E+11	1E+12	9E+11	1E+12	5E+11	3E+11	2E													

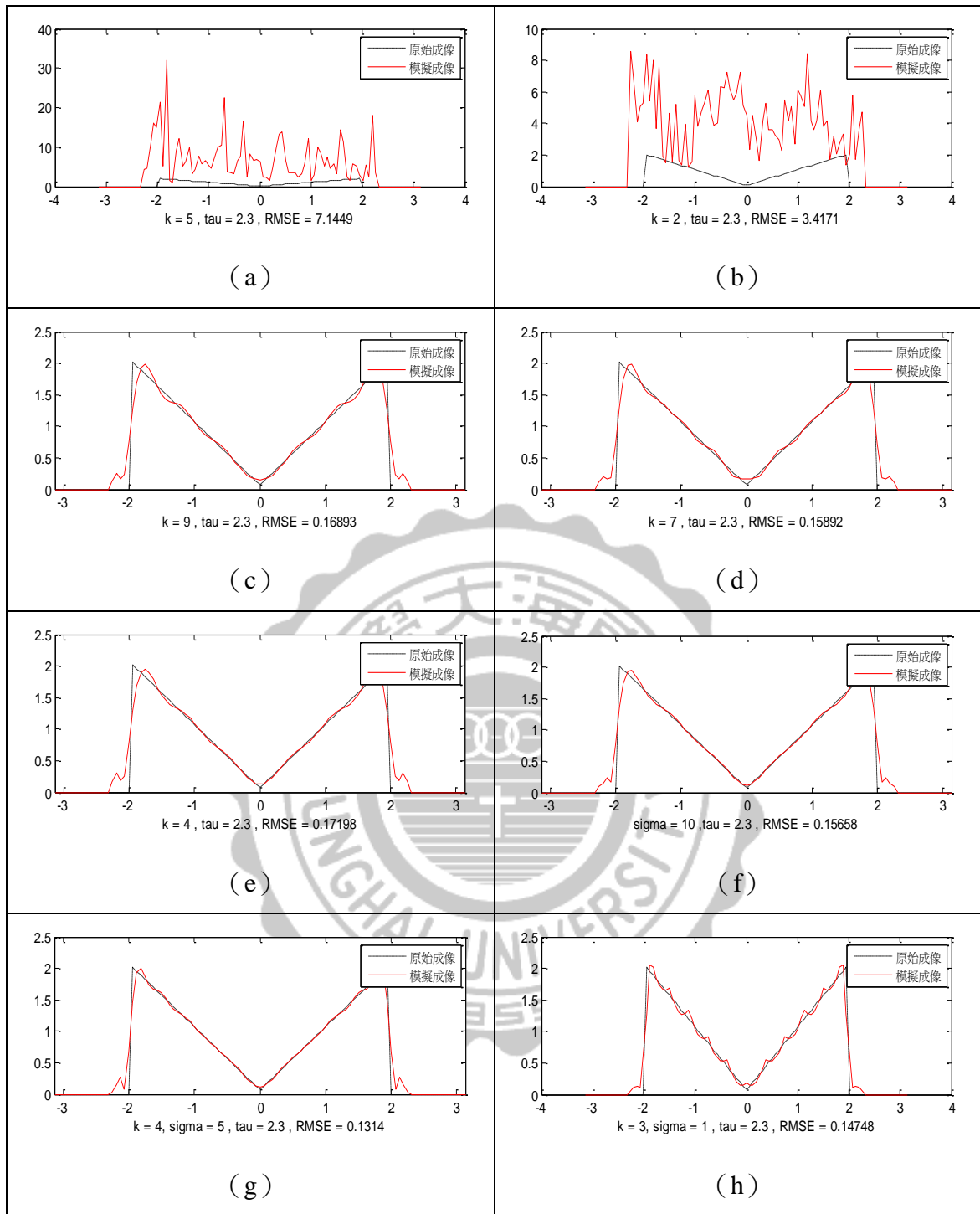


圖 3-117 原始物件  $J (\tau=2.3)$ ：取樣 17 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

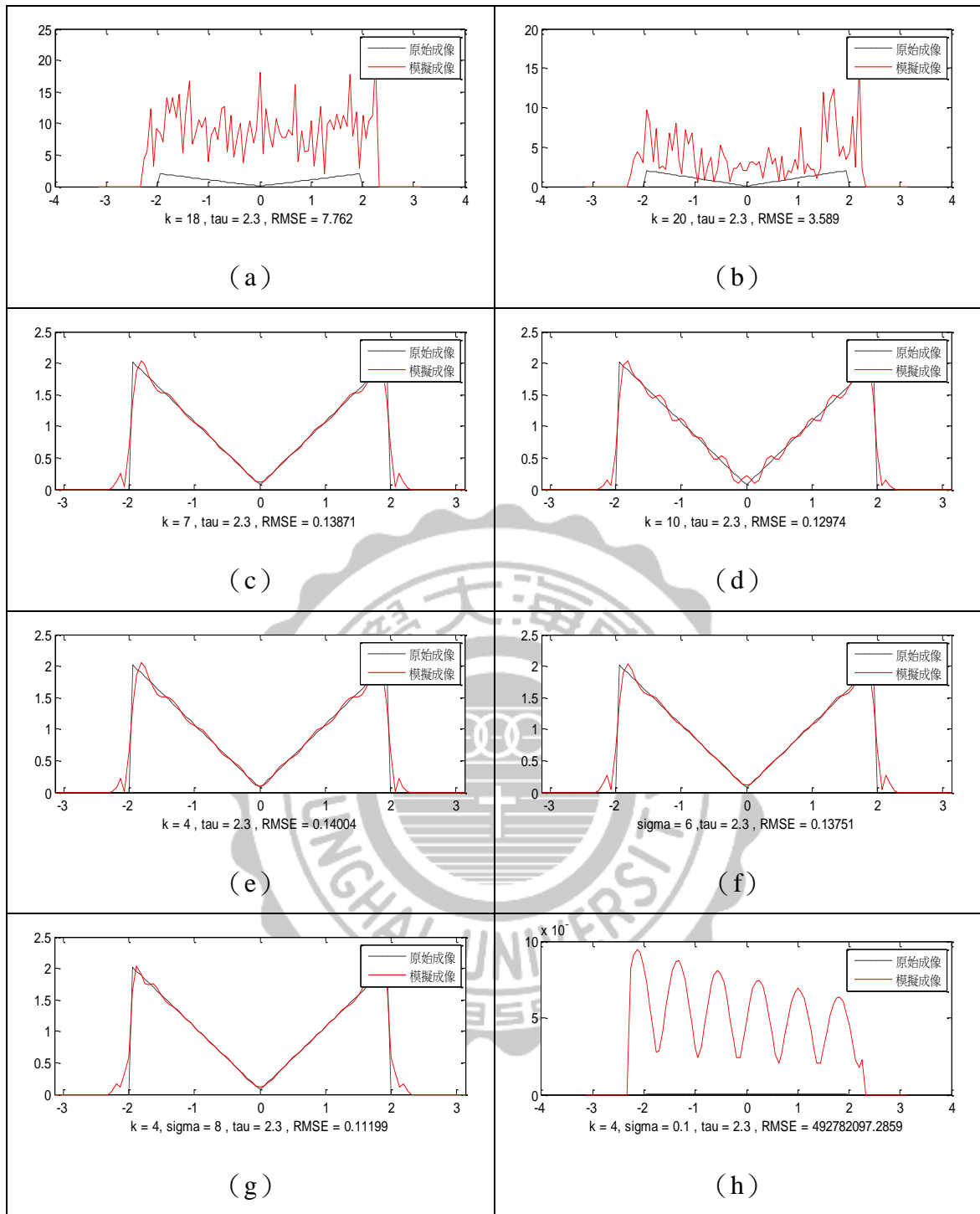


圖 3-118 原始物件  $J(\tau=2.3)$ : 取樣 21 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

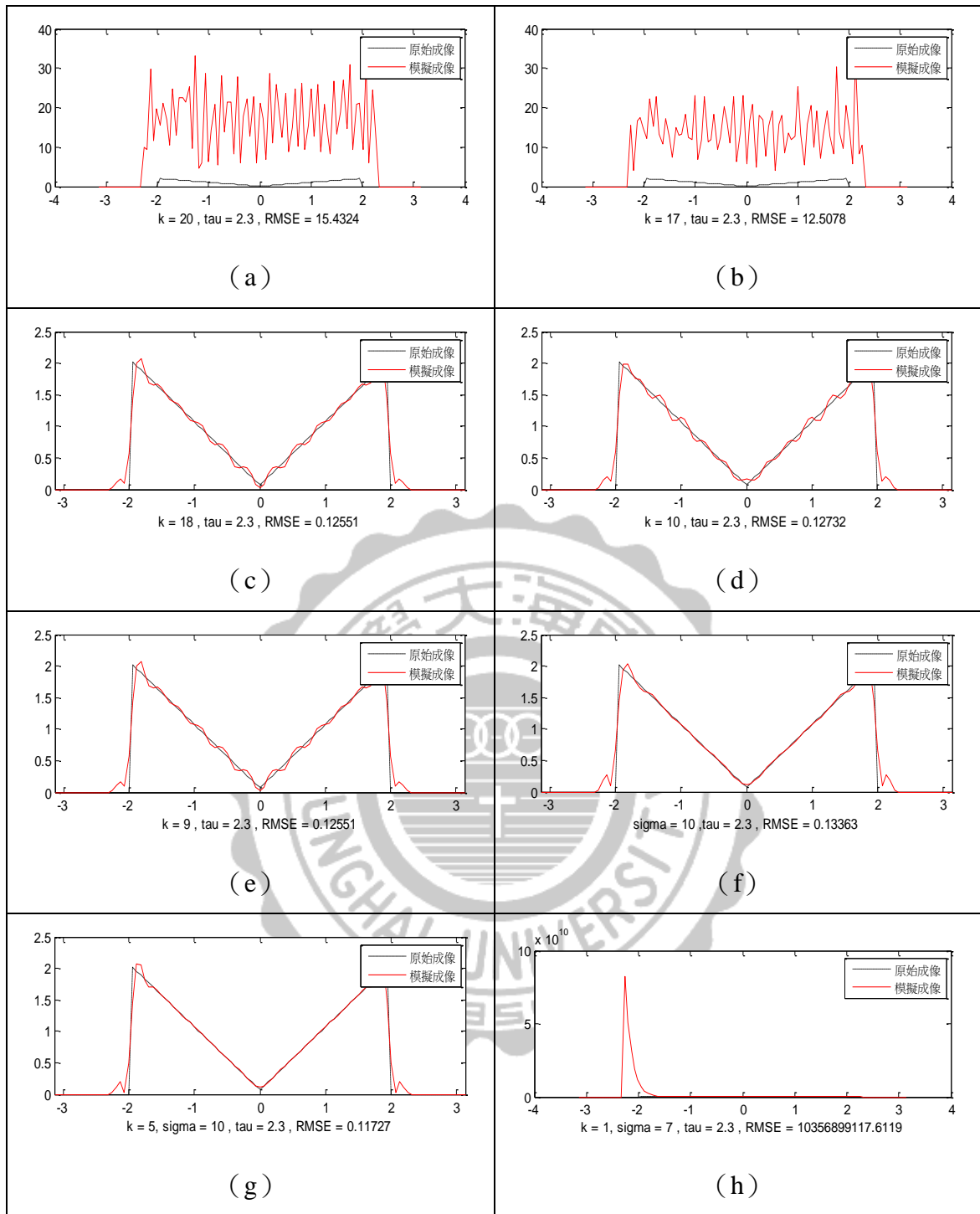


圖 3-119 原始物件  $J$  ( $\tau=2.3$ ): 取樣 25 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。



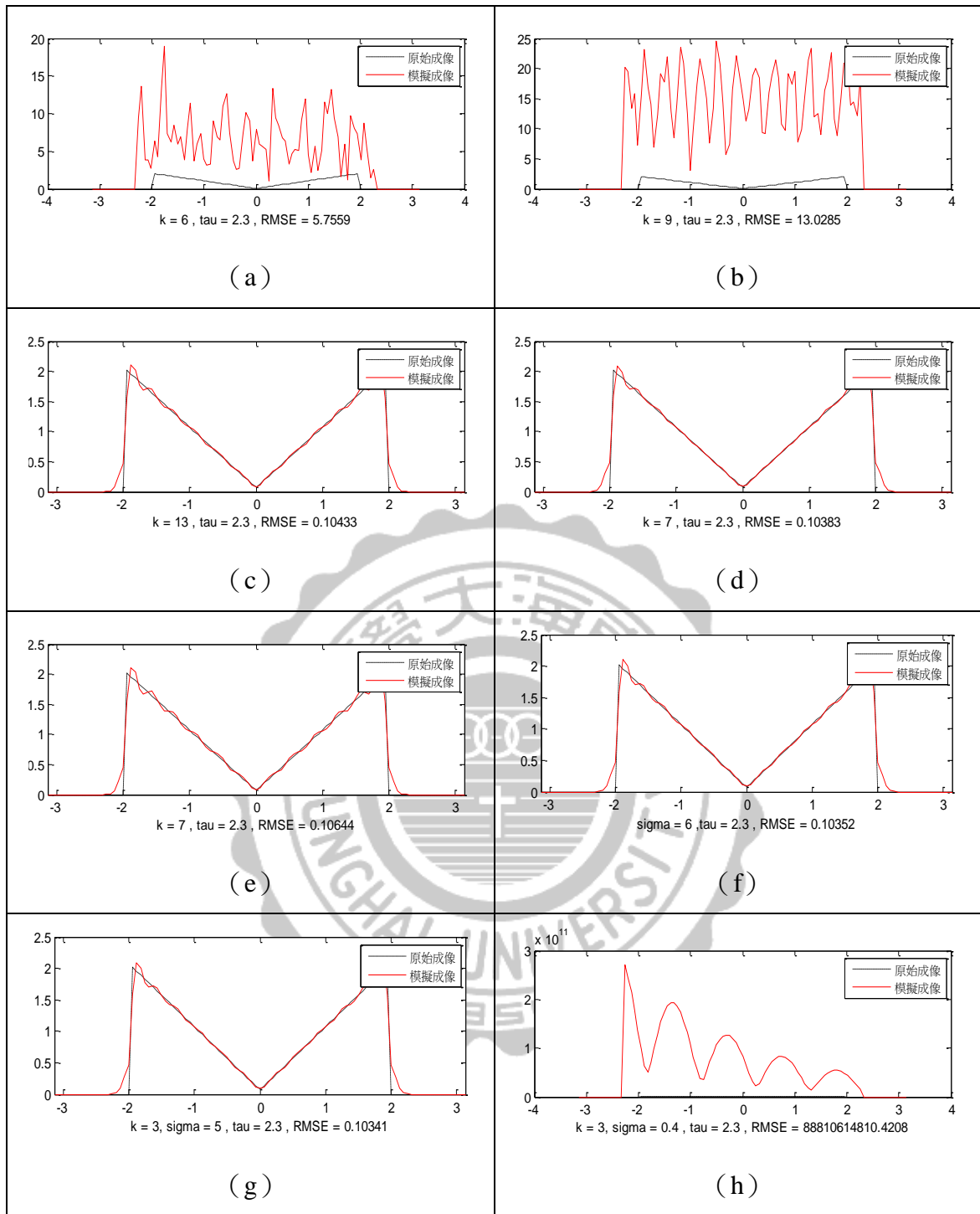


圖 3-120 原始物件  $J (\tau=2.3)$ ：取樣 31 點最佳成像圖 (a) 正弦函數, (b) 餘弦函數, (c) 辛克函數, (d) SS 函數, (e) CS 函數, (f) 高斯函數, (g) GC 函數, (h) EC 函數。

表 3-35 原始物件 J ( $\tau=3.1$ ): EC 函數 RMSE 值比較表

		原始物件J																		
17點		Sigma=0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EC K=1	RMSE	0.222564	0.2224	0.2221	0.2219	0.2217	0.2215	0.2213	0.221	0.2208	0.2206	0.2185	0.2185	0.2232	0.2355	0.257	0.2876	0.3258	0.3698	0.4178
EC K=2	RMSE	0.220412	0.2203	0.2201	0.2199	0.2197	0.2194	0.2192	0.2189	0.2187	0.2184	0.2163	0.2173	0.2244	0.2398	0.2643	0.2974	0.3375	0.3826	0.4312
EC K=3	RMSE	0.216792	0.2167	0.2165	0.2164	0.2162	0.2161	0.2159	0.2157	0.2155	0.2153	0.2145	0.2182	0.2296	0.2501	0.2794	0.3163	0.3589	0.4054	0.4546
EC K=4	RMSE	0.216368	0.2163	0.2162	0.2161	0.216	0.2159	0.2158	0.2158	0.2157	0.2157	0.2178	0.2265	0.2446	0.2719	0.3069	0.3478	0.3927	0.4404	0.4895
EC K=5	RMSE	0.229546	0.2294	0.2293	0.2293	0.2293	0.2293	0.2294	0.2296	0.2298	0.23	0.2368	0.2529	0.2789	0.3131	0.353	0.3968	0.4428	0.4902	0.5382
21點		Sigma=0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EC K=1	RMSE	0.180497	0.1805	0.1805	0.1805	0.1805	0.1805	0.1805	0.1806	0.1806	0.1806	0.1818	0.1849	0.1911	0.2018	0.2177	0.2391	0.2656	0.2964	0.3306
EC K=2	RMSE	0.182189	0.1822	0.1822	0.1822	0.1822	0.1822	0.1822	0.1822	0.1822	0.1823	0.1834	0.1868	0.1938	0.2056	0.2228	0.2454	0.2729	0.3045	0.3393
EC K=3	RMSE	0.185835	0.1858	0.1858	0.1858	0.1859	0.1859	0.1859	0.1859	0.186	0.186	0.1873	0.1914	0.1997	0.2133	0.2324	0.2569	0.286	0.3188	0.3544
EC K=4	RMSE	0.192949	0.193	0.193	0.193	0.193	0.1931	0.1931	0.1932	0.1933	0.1934	0.1954	0.2007	0.2109	0.2269	0.2486	0.2754	0.3064	0.3405	0.377
EC K=5	RMSE	0.206679	0.2067	0.2067	0.2068	0.2069	0.2069	0.207	0.2072	0.2073	0.2075	0.2106	0.2178	0.2306	0.2495	0.274	0.3032	0.336	0.3713	0.4084
25點		Sigma=0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EC K=1	RMSE	0.229255	0.2293	0.2294	0.2296	0.2297	0.2298	0.23	0.2302	0.2304	0.2306	0.2334	0.2383	0.2455	0.2557	0.2691	0.286	0.3065	0.3303	0.3571
EC K=2	RMSE	0.226765	0.2268	0.2269	0.227	0.2272	0.2273	0.2275	0.2277	0.2279	0.2281	0.2316	0.2373	0.2456	0.2569	0.2714	0.2893	0.3107	0.3352	0.3626
EC K=3	RMSE	0.224745	0.2248	0.2249	0.225	0.2251	0.2253	0.2255	0.2257	0.2259	0.2262	0.2303	0.2371	0.2469	0.2599	0.2761	0.2956	0.3183	0.344	0.3723
EC K=4	RMSE	0.224545	0.2246	0.2247	0.2248	0.2249	0.2251	0.2253	0.2256	0.2259	0.2262	0.2311	0.2394	0.251	0.2661	0.2844	0.3059	0.3303	0.3574	0.3868
EC K=5	RMSE	0.228076	0.2281	0.2282	0.2284	0.2285	0.2288	0.229	0.2293	0.2297	0.23	0.2361	0.2461	0.26	0.2774	0.2981	0.3217	0.348	0.3766	0.4071
31點		Sigma=0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EC K=1	RMSE	0.20455	0.2044	0.2043	0.2042	0.2041	0.2041	0.2041	0.2041	0.2041	0.2041	0.2053	0.2078	0.2114	0.2164	0.2229	0.231	0.241	0.2528	0.2664
EC K=2	RMSE	0.20298	0.2029	0.2029	0.2028	0.2028	0.2028	0.2028	0.2028	0.2028	0.2029	0.2042	0.207	0.211	0.2165	0.2235	0.2322	0.2426	0.2549	0.2689
EC K=3	RMSE	0.201039	0.201	0.201	0.201	0.201	0.2011	0.2011	0.2012	0.2013	0.2014	0.2031	0.2063	0.211	0.2172	0.2249	0.2344	0.2456	0.2585	0.2732
EC K=4	RMSE	0.199933	0.1999	0.2	0.2	0.2	0.2001	0.2002	0.2003	0.2004	0.2005	0.2027	0.2065	0.2119	0.219	0.2278	0.2382	0.2504	0.2642	0.2797
EC K=5	RMSE	0.200426	0.2004	0.2005	0.2005	0.2006	0.2007	0.2008	0.2009	0.2011	0.2012	0.2038	0.2083	0.2146	0.2227	0.2327	0.2443	0.2576	0.2725	0.2889

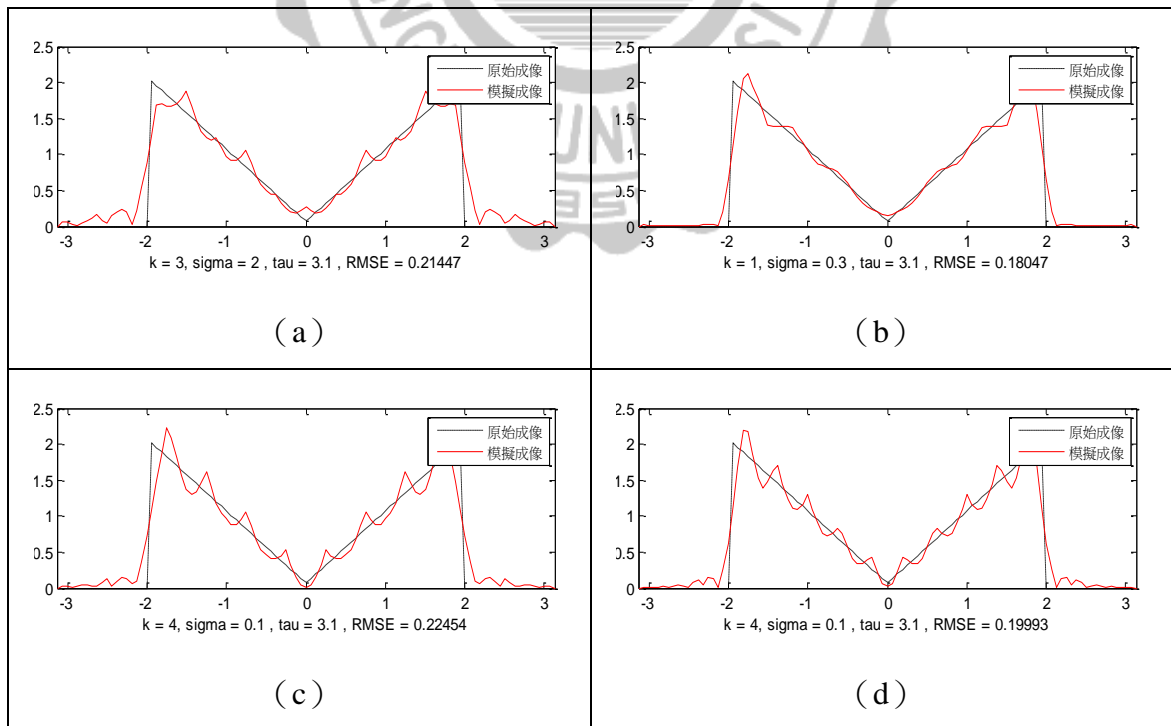


圖 3-121 原始物件 J ( $\tau=3.1$ ): EC 函數取樣最佳成像圖 (a) 取樣 17 點, (b) 取樣 21 點, (c) 取樣 25 點, (d) 取樣 31 點。

將原始物件 J 傅立葉轉換後取樣，並用各種不同的基底函數進行影像重建，分別依照  $\tau$  值的不同，進行綜合展示於表 3-33~3-34，其中由於 EC 函數  $\tau$  值的選擇與其它函數有所差異，故將其獨立於表 3-35 分析如下：

#### 一、基底函數小結：

- (一) 正弦、餘弦函數、餘弦函數，影像重建效果相當差，所以在此不予討論。
- (二) 以辛克函數而言，良好的成像會集中於某一區塊，由於原始物件 J 突起訊號集中兩端，且當取樣點數愈多時， $k$  值的選取將越取越大。
- (三) SS 函數，是辛克函數的變形，影像重建的效果如用 RMSE 值比較，可發現與辛克函數成像不相上下，且同樣具有辛克函數的特性，當取樣點數愈多時， $k$  值的選取也要越取越大。
- (四) CS 函數，是餘弦週期性函數結合辛克函數的變形，在影像重建的效果上，成像效果與辛克函數類似，由於受週期性函數的影響，其差距在最佳成像圖 3-113~3-121 上，用肉眼無法明確分辨出成像差異。以 CS 函數而言，良好的成像區塊範圍較窄，且當取樣點數增多時， $k$  值的選取也要越取越大。
- (五) 高斯函數與 GC 函數，RMSE 值  $< 0.05$  的區塊範圍較上述其它函數更為寬廣，更容易取得良好的成像。以 GC 函數而言， $k$  值選取與取樣點數多寡成正比，但  $k > 5$  以上，成像不佳； $\sigma$  值的選取也與取樣點數多寡成正比。
- (六) EC 函數是指數函數與週期性函數的結合， $\tau$  值的選取與其它函數不同，估測原始物件位置範圍越寬越好；因原始物件 J 突起訊號集中兩端，所以 RMSE 值界於 0.1-1 之間以綠色區塊為主。當  $k$  值  $> 5$  以上，成像不佳，故將  $k$  值呈現範圍取 1-5 之間，成像效果較佳；且取樣點數增加，良好成像區塊範圍會越來越大，但其最佳成像還是較其它函數成像略遜，取樣點數越多越好（見表 3-35）。

#### 二、綜合比較-表 3-33~3-34（辛克函數、SS 函數、CS 函數、高斯函數、GC 函數）：

- (一) 原始物件 J 影像寬度範圍界於  $[-2;2]$  之間範圍適中，取樣點數越多越好。
- (二)  $\tau$  值選擇方面，越接近原始物件，成像效果越好。
- (三) 對影像原始物件 J 重建而言，由於該圖形屬兩端三角形突起訊號的圖形，在影像重建上有一定的難度，但本研究所使用的基底函數也已經可以重建出相似度極高的原始成像，能看出兩個三角形組成的原始物件形狀。

## 第四章 結論與建議

本論文是針對利用有限傅立葉資料數據的影像重建問題，使用不同的基底函數進行影像的重建，以有效的提升影像重建的解析度。綜合上述十種原始物件圖形，物件範圍涵蓋 $[-1;1]$ 、 $[-2;2]$ ，運用正弦函數、餘弦函數、辛克函數、SS 函數、CS 函數、高斯函數、CS 函數、EC 函數等八種基底函數來估測原始物體的成像，透過模擬實驗並使用 RMSE 值將數據加以分析，了解各式基底函數在進行反轉換的過程中，各種基底函數的參數應用方式與最佳成像效果，供爾後研究者進行參考。

### 壹、預估成像範圍

本論文研究發現預估成像範圍並非越接近原始物件，所呈現的效果越佳，會受到原始物件大小的影響，當原始物件太小時，對於原始物件的估測範圍必須適時的加大，才能重建出接近原始物件的影像；而目前相關的影像重建研究通常使用大小適中的原始物件，當原始物件大小適中時，則可歸納出使用的物件越接近原始物件，所呈現的重建效果越佳的特性。

另外在估測成像範圍中，本研究發現 EC 函數與上述理論相違背，在 EC 函數的估測中，可以發現估測成像範圍距離原始物件越遠越好，且整體而言，EC 函數受到取樣點數的限制，取樣點數越多才能得到成像越佳的物件，本研究最多取樣點數為 31 點，皆未能使 EC 函數達成最佳成像，如果再增加取樣點數，又未能符合本研究以少量的取樣點數達到最佳的影像重建效果的研究目的，故 EC 函數並非影像重建技術中適合使用的基底函數。

### 貳、位移適用性

當在頻率域上改變位移，使基底涵蓋原始物件，就能產生較適當的成像，便利取到想要的頻率資料，但位移別太大，過大的位移，在不相交的情況下，如果

沒有套用在圖像上，效果會不好，符合謝新銘[11]的研究成果。

### 參、各基底函數成像相互比較

- 一、正弦與餘弦函數不論模擬參數如何增加，甚至使用亂數進行正弦與餘弦函數的實驗，成像效果極差，並非為選用基底函數的最佳選擇。
- 二、從原始物件 A 到原始物件 E，取樣點數 17 點與 21 點最佳成像中可發現如果原始物件太小時，使用 SS 函數會相對於辛克函數較穩定些；原始物件 F 到原始物件 J，原始物件適中時，不論取樣點數如何變化，SS 函數與辛克函數在基底的使用上成像的效果不相上下，如用 RMSE 值進行比較，可發現 SS 函數通常 RMSE 值較辛克函數低，最佳的成像效果也相當不錯，故辛克函數與 SS 函數在選擇上可以交互使用。
- 三、CS 函數則結合了週期函數與辛克函數的特性，不受餘弦函數成像效果極差的影響，最佳的成像效果也相當不錯，但唯一的缺點為參數的選擇上範圍較辛克函數與 SS 函數小。
- 四、高斯函數與 GC 函數而言，雖然 RMSE 值較上述基底函數高些，但差距相當微量，理論上來說 RMSE 值成像效果會較差，但實際以肉眼來看無法分辨，且高斯函數與 GC 函數在參數的選擇上較上述基底函數範圍大，研究者在參數的設定上，產生良好的成像的機率相當高。

### 肆、基底函數綜合歸納

從模擬實驗可歸納出在基底函數的選擇上，如果選用的基底函數具備類似辛克函數的鐘形分配，中央寬廣且大，兩旁有逐漸微弱的振盪，對於重建後影像而言會有較佳的效果，本研究中辛克函數、SS 函數、CS 函數，則是屬於此種類型的基底函數圖形；以高斯函數而言，也具備鐘形分配，中央寬廣且大，但兩旁尚未有逐漸微弱的振盪，故 RMSE 值較差些，但實際上肉眼已無法分辨出其差別。

### 伍、原始物件成像效果

原始物件 A、F 屬於平滑訊號的物件與原始物件 E、J 屬於兩端三角形訊號的

物件，除了正弦與餘弦函數效果極差外，其餘六種基底函數，皆能產生最佳的成像；不論原始物件為何，都具備不論取樣點數多寡，良好的成像會集中於某一區塊的特性。

## 陸、參數的選擇

- 一、辛克函數、SS 函數、CS 函數當取樣點數愈多，最佳成像區塊會右移，也就是說  $k$  值的選取要越取越大。
- 二、高斯函數當取樣點數愈多時，同樣具備最佳區塊會往右移的特性， $\sigma$  值也要越取越大。
- 三、GC 函數與 EC 函數，由於同時受到  $k$  值、 $\sigma$  值參數的影響，最佳成像  $k$  值的範圍最好為 1-5，而當取樣點數愈多時與最佳成像  $\sigma$  值的選取成正比。

## 柒、研究建議

- 一、本論文模擬實驗使用的參數範圍相當的大，也曾試著使用亂數來進行模擬實驗，結果好壞稱差不齊、數據資料無法確實記錄，實在不建議爾後研究者進行亂數位移相關研究。
- 二、本研究僅模擬八種基底函數，尚未開發的基底函數還相當的多，期待有興趣的研究者可以持續進行，找出更多適合運用在各領域上的基底函數。

## 參考文獻

- [1]B. Bialecki, "Sinc-Collocation Methods for Two-Point Boundary Value Problems",  
IMA Journal of Numerical Analysis, 11, pp.357-375, 1991.
- [2]C. L. Byrne, Signal Processing: A Mathematical Approach, AK Peters, Ltd., 2005.
- [3]C. L. Byrne and M. A. Fiddy, "Estimation of continuous object distributions from  
limited Fourier magnitude measurements," J. Opt. Soc. Am. A 4, pp. 112–117, 1987.
- [4]C. L. Byrne and R. M. Fitzgerald, "Reconstruction from partial information, with  
application to tomography," SIAM J. Appl. Math.42, pp.933–940, 1982.
- [5]C. L. Byrne and R. M. Fitzgerald, "Spectral estimators that extend the maximum  
entropy and maximum likelihood methods," SIAM J. Appl. Math. 44, pp.425–442,  
1984.
- [6]Chen Li, Xionghua Wu, "Numerical solution of differential equations using Sinc  
method based on the interpolation of the highest derivatives", Applied Mathematical  
Modeling, 31, pp.1-9, 2007.
- [7]D. Widder, Advanced Calculus , Dover, 1989.
- [8]F. Stenger, "A Sinc-Galerkin Method of Solution of Boundary Value Problems",  
Mathematics of Computation, Vol. 33, No. 145, pp.85-109,1979.
- [9]F. Stenger, "Numerical Methods based on Whittaker Cardinal, or Sinc functions",  
SIAM Review, Vol. 23, pp.165-224, 1981.
- [10]F. Stenger, "Summary of Sinc numerical methods", Journal of Computational and  
Applied Mathematics, 121, pp.379-420, 2000.
- [11]H. M. Shieh, C. L. Byrne, "Image reconstruction from limited Fourier data," J. Opt.  
Soc. Am.,Vol.23, pp. 2732-2736, 2006.
- [12]H. M. Shieh, C. L. Byrne, and M. A. Fiddy, "Image reconstruction: a unifying

- model for resolution enhancement and data extrapolation. Tutorial,” J. Opt. Soc. Am. A 23, pp.258–266, 2006.
- [13]J. P. Burg, “Maximum entropy spectral analysis,” presented at The 37th Annual Meeting of the Society of Exploration Geophysicists, Oklahoma City, Oklahoma, 1967.
- [14]J. P. Burg, “The relationship between maximum entropy spectra and maximum likelihood spectra,” Geophysics 37, pp. 375–376, 1972.
- [15]P. Pretorius, M. King, T.-S. Pan, D. deVries, S. Glick, and C. Byrne, “Reducing the influence of the partial volume effect on SPECT activity quantitation with 3D modeling of spatial resolution in iterative reconstruction,” Phys. Med. Biol. 43, pp.407–420, 1998.
- [16]Ronakd N. Bracewell, The Fourier Transform and Its Applications. McGraw-Hill Higher Education, Inc., third edition., 2000.
- [17]詹智淵 (2011), 利用 SINC 函數為基底分析二維本徵模態, 碩士論文, 交通大學理學院應用科技學程, 新竹。
- [18]葉孟祺 (2010), 先備離散分數傅立葉轉換, 碩士論文, 逢甲大學電機工程學系, 臺中。
- [19]繆紹綱 (2010), 數位影像處理活用, 全華圖書股份有限公司。
- [20]Gonzalez. Woods(2009), 繆紹綱譯, 數位影像處理-Digital Image Processing 3/e, 臺灣培生教育出版股份有限公司, 第 193-261 頁。
- [21]Simon Haykin, 洪惟堯、陳培文、張郁斌、楊名全譯, 訊號與系統, 第二版, 全華圖書股份有限公司, 第 235-292 頁。