

東海大學
日本語言文化學系碩士班
碩士論文

指導教授：陳永峰 博士

戰前日本戰鬥機的發展
—以「零戰」的開發為中心—

戰前期における日本戦闘機の開発
—「零戦」の開発を中心に—

The Development of Japanese Fighter Aircraft
in the Pre-World War II Period :

Focus on Development of “Zero Fighter”

研究生：許育愷

中華民國一〇七年六月

戦前期における日本戦闘機の発展
—「零戦」の開発を中心に—

戦前日本戦闘機的发展
—以「零戦」的开发为中心—

The Development of Japanese Fighter Aircraft
in the Pre-World War II Period :
Focus on Development of “Zero Fighter”

研究生：許育愷

指導教授：陳永峰 博士

東海大學日本語言文化學系碩士班碩士論文

中華民國一〇七年六月

碩士論文題目：

戰前期における日本戦闘機の発展
—「零戦」の開発を中心に—

戰前日本戰鬥機的发展
—以「零戰」的开发为中心—

The Development of Japanese Fighter Aircraft
in the Pre-World War II Period :

Focus on Development of “Zero Fighter”

研究生：許之

指導教授：陳永年 (簽章)

審查教授：何思培 (簽章)

曾耀鋒 (簽章)

_____ (簽章)

謝辭

一眨眼的時間，三年過去，我也從東海大學日文系研究所畢業。算一算年月，我在東海大學也待了近八年之久，從進入大學部，因為交換留學而延畢半年，中間又去中國實習，到成為一名碩士生，最後完成這本論文，取得畢業的最大條件，這段求學的歲月，雖然不知道是否對我未來的人生能有多大的影響，但，可以確定的是，這八年是我不斷累積能量，並逐步摸索自我的過程。

進入大學後，一直到三年級，都過的渾渾噩噩，可以說是完全發揮了現代大學生，混水摸魚的本色。直到大三，在因緣際會下，跟著一群朋友，透過東海的交換學生系統，去到了日本沖繩，在那裡度過了一年的時光。而也是那一年的時間，讓我體會了很多在台灣無法體會，並找到了我們一直習以為常，唯有透過與「外」的接觸與交流，才能發現的事物。這些不同的感受，促使我想要進入研究所，進一步的攫取知識。而在畢業後，等待碩士班開學的時間，去到中國實習的日子，又給了我與讀書截然不同的生活。那時，也才知道，要將讀到的書，或是習得的知識，完全的搬到生活，甚至應用到工作之上，並不是嘴巴上說說就可以輕易辦到的事。

也因此，在進入碩士生活後，我也決定要過與大學時代截然不同的學生生活，努力的唸書外，也積極的參與了系上的各種活動。諸如學報雜誌的編纂，與日本大學間的交流活動、乃至於與老師一同帶領學弟妹們前往日本考察，並深入奈良的山區，與當地的居民一同舉辦祭典等等，這都是我在碩士生活的期間，對於過去大學生活的反出。甚至，我也親自參與了學生自治團體，更有幸被推選為東海大學研究生聯合會的主席，得以獲得正式的身份以及席位，參加校級會議，以及親身體驗所謂的校園政治。上述的種種過程，除了帶來人生的歷練外，也讓我重新審視自己的缺點，並能夠直面這些問題，並在實踐的過程中逐一修正。當然，在活動的期間，不只是系上的學弟妹，甚至與朝陽科大的學生都有了連結。而在碩二參與學生自治的期間，也結識了一批朋友，除了大學時代的葉小姐外，來自中國的陳小姐以及與我共同持續奮鬥到2018年6月，並同時完成口試的黃靖義，這三位都是我非常重要的夥伴。在我擔任主席期間，在身後輔助我，給予一個學生自治菜鳥如我，莫大幫助的，就是課外活動組的李清源老師，不僅從頭告訴我該怎麼執行我的任務，在一些人生問題上，也給了我許多意見。

而在東海日文系研究所的求學階段，也讓我理解了過去在大學生時代，對於系上的一些課程抱持的疑惑。對於溝通以及交流，甚至文化意涵上，透過碩士班的課程，都逐步的將概念深化以及解析。在此，也要感謝東海大學日文系的所有老師，而在研究所期間，更是深得林珠雪老師、蕭幸君老師的照顧。當然，還有我的論文指導教授，恩師陳永峰博士。能夠不斷的鞭策我，對於我所犯的錯，更是直接指出我的缺點。雖然在寫論文的過程中，時常犯下愚蠢的行為，讓永峰老師大動肝火，但他仍保持耐性，不斷的輔助我完成這一篇論文，真的十分感謝。

而兩位口試委員，輔仁大學的何思慎老師以及臺中科技大學的曾耀峰老師，感謝兩位委員，兩次蒞臨東海，給予學生我指點以及我論文的缺點。最後，是我在研究所中所認識的同學以及學長姐們。雖然大家不一定有相同的研究目標，但都是朝著共同的理想前進並努力著。在此也感謝如同哥哥一般，在這三年中照顧我的林奧倫學長。雖然你偷跑去日本了，但還是謝謝這些年的照顧與包容我這個白目的學弟。而我的父母，在這一段時間中，雖然不斷催著我畢業，但在我第一次口試失敗時，還是鼓勵我完成學業。真的很慶幸能夠當你們的兒子。

八年的時間，我從一名什麼都不懂的愣頭青，到完成碩士學位。東海大學，這間乘載了我八年歲月的學校，在這裡，我結識了無數的朋友，得到了許多老師的照顧，也獲得了許多寶貴的經驗。雖然在今天，我要離開東海了，但相信，東海這個大家庭，仍然會持續的陪我走過我的人生。謝謝東海。

摘要

2013年，宮崎駿推出了他的引退之作—《風起》。這一部動畫電影上映後，立刻掀起了一波熱潮，故事主角—堀越二郎以及零戰，這兩個擁有莫大存在感的名字，再一次回到了現代觀眾的視野之中。

而對於以三菱的航空機部門作為承載主體，進而開發的零戰，或者說堀越二郎在航空機—戰鬥機的開發過程，又真如宮崎駿在《風起》中所描繪的過程別無一二，又或者說在堀越二郎逐步邁向零戰開發的過程，並不如宮崎駿所說，是一個「天才」型的設計者？

而本論文的目的是探究堀越二郎在進入三菱的航空機部門後，是如何成長，又經歷過什麼樣的歷程，才得以設計出日本帝國海軍麾下最著名的戰鬥機—零式艦上戰鬥機。而日本的航空機產業的興起，又是以什麼樣的形式導入日本，是如歐美一般，由民間開始的航空機熱潮，抑或是單純以軍事需求為目的，從最初就是以軍需工業的樣態進入日本？而若以軍需為出發點的日本航空產業，又是透過什麼樣的努力，才能逐漸追趕至歐美等航空機的技术領先國？希望透過本論文，能夠解答這些問題。

關鍵字：零式艦上戰鬥機、三菱、戰鬥機、堀越二郎、軍需產業

要旨

2003年、宮崎駿の引退作『風立ちぬ』が発表された。この動画が上映した後、すぐ世間に議論された。ストーリーの主人公―堀越二郎と零戦、この二つ膨大なる存在感をもつ名前が、再び現代の視聴者の前に現れた。

しかし、三菱の飛行機部門を母胎として開発された零戦、そして堀越二郎が航空機＝戦闘機を開発するプロセスに、全く宮崎駿が描く『風立ちぬ』のままなのか？それとも、堀越二郎の物語は宮崎駿のいうように「天才的」設計者ではないのか。

本論文の目的は、堀越二郎が三菱の航空機部門に入った後、如何に成長し、どのようなことを体験した上に、日本帝国海軍配下最も有名なる戦闘機―零式艦上戦闘機を設計したことの探求する。そして、日本の航空機産業はどのような形で、日本に導入したのか。果たして、欧米の如く、民間からの飛行機ブームなのか、あるいは単純的に軍事要求が目的で、最初から軍需産業として導入したのか。それに、軍需が目的とされた日本の航空機産業であれば、どのような努力で、欧米など航空機の先進国に追いつけるのか。以上の疑問は、本論文と通じて回答したいと思う。

キーワード：零式艦上戦闘機、三菱、戦闘機、堀越二郎、軍需産業

第一章、緒論	
第一節、研究動機與目的.....	1
第二節、論文架構.....	2
第三節、先行研究.....	3
第四節、研究方法.....	5
第二章、日本航空機產業的前期發展	
第一節、日本的航空機產業開端.....	8
第二節、三菱的航空機產業參入.....	11
第三節、小結.....	15
第三章、轉往自立發展的過程	
第一節、航空機自立的開端.....	17
第二節、堀越二郎的真實與虛構.....	23
第三節、日本設計的第一步.....	26
第四節、小結.....	32
第四章、航空機產業的成熟與矛盾	
第一節、戰時三菱航空機的開發與生產.....	34
第二節、純日本製戰鬥機的開端.....	38
第三節、名機的誕生.....	48
第四節、日本航空機產業的矛盾.....	62
第五節、小結.....	65
第五章、終章	
第一節、結論.....	67
第二節、日後課題.....	69
參考文獻.....	71

第一章、緒論

第一節、研究動機與目的

2013年，宮崎駿推出了他的引退之作—《風起》。這一部動畫電影上映後，立刻掀起了一波熱潮，故事主角—堀越二郎以及零戰，這兩個擁有莫大存在感的名字，迅速在日本的社群媒體中發酵。而在宮崎駿的《風起》中，對於主角「堀越二郎」的人物性格塑造，除了真實的性格外，又加上了許多宮崎駿本人的想法與其父親的些許經驗¹，並在此基礎上，加入了堀辰雄的同名小說《風起》的劇情，在枯燥的人生劇上，增添了淒美的愛情成份。同時，也刻意將「堀越二郎」在劇中形塑為對於航空機抱有強烈的熱情以及憧憬，卻苦於近視，無法成為一名駕駛員，進而以成為一名航空機的設計者為畢生志願的夢想青年。而透過如此的人物形塑，淡化了航空機在二戰前的日本，多以戰爭工具為主要的生產目的，從而進行產業活動的時代背景；強調在70年前的日本，有一群充滿夢想的設計師，在艱苦的環境下，持之以恆的追求著航空機的夢。

雖然在宮崎駿的筆下，「堀越二郎」的故事斷點在九試戰鬥機計畫完成後，零戰的身影僅僅在尾聲之時一閃而過。筆者認為，這也是宮崎駿試圖透過「堀越二郎」，這一位與戰爭息息相關的戰鬥機設計者追求夢想的故事，將航空技術的進步=戰爭武器的發展，這樣的概念進一步地淡化，並轉為夢想與現實間的對抗。但實際上，二戰前的日本，對於航空機的開發以及技術發展，卻皆是以武器作為最終目的，從而展開的日本航空技術史。

如果對日本二戰時期的歷史有興趣的人，對於零式艦上戰鬥機，這個在日本二戰時期留下諸多紀錄以及故事的名字想必是十分熟悉。而戰後圍繞著零戰的故事所產生的作品，不論是以文字撰寫的小說、傳記、乃至於以影像撥出的電影、動畫等，零戰這個題材在戰後的日本不斷的發酵，甚至在資訊發達，信息往來頻繁的現在，透過翻譯，或者是網路上的各式媒體、評論，「零戰」的故事也得以穿透到日本以外的地方。

但對於以三菱的航空機部門作為承載主體，進而開發的零戰，或者說堀越二郎在航空機—戰鬥機的開發過程，又真如宮崎駿在《風起》中所描繪的過程別無一二，又或者說在堀越二郎逐步邁向零戰開發的過程，並不如宮崎駿所說，是一個「天才」型的設計者？

而本論文以此作為出發點，目的在探究堀越二郎在進入三菱的航空機部門後，是如何成長，又經歷過什麼樣的歷程，才得以設計出日本帝國海軍麾下最著名的戰鬥機—零式艦上戰鬥機。而日本的航空機產業的興起，又是以

¹ 宮崎駿・半藤一利〈自分の映画で泣いたのは初めてです—《風たちぬ》戦争と日本人—零戦の誕生、関東大震災……ただ懸命に生きた時代の証言〉、2013.8.1、《文藝春秋》第91卷第9号、株式会社文藝春秋、99頁。

什麼樣的形式導入日本，是如歐美一般，由民間開始的航空機熱潮，抑或是單純以軍事需求為目的，從最初就是以軍需工業的樣態進入日本？而若以軍需為出發點的日本航空產業，又是透過什麼樣的努力，才能逐漸追趕至歐美等航空機的技术領先國？希望透過本論文，能夠解答這些問題。

第二節、論文架構

本論文的論文架構，在第一章緒論的部分，闡述筆者對於起筆撰寫本論文的動機以及目的，並將研究的核心聚攏於戰前日本的航空機發展之歷史背景以及三菱在航空機產業的發展，並以七試、九試以及十二試三次的戰鬥機試作計畫作為檢視日本航空機產業發展的一個核心。而之所以將時間限定在二戰之前，主要的原因是，日本帝國海軍在零戰開發完成以後，並沒有立刻針對零戰的後續機種發出試作指令，直到太平洋戰爭末期，才以十七試艦上戰鬥機的名義，發出續作要求，但此時的日本以無力快速地進行開發，而十七試戰鬥機在進入量產之前，戰爭已經結束，是以本研究的時間軸，將以航空機正式為陸海軍引入日本的1909年開始，直到十二試艦上戰鬥機—零式艦上戰鬥機開發完成，為海軍制式採用的1941年為止。並以戰前日本的航空機發展之歷史背景以及三菱在航空機產業的發展作為研究的重要背景，從而帶出堀越二郎在日本航空機產業中所代表的角色，以及其在日本的航空機產業發展過程中所做出的努力。並在先行研究的討論中，回顧過去有關日本的航空技術發展以及三菱航空機等相關研究。

第二章的部分，則是以日本航空機產業的前期發展作為整理的對象，整理日本帝國陸海軍針對航空機的研究以及發展，從最早期的陸海軍各自為政的航空術研究機關開始，推展到10式艦上戰鬥機的使用為止，並以三菱的航空機業發展前期作為主要的本章所要討論的重點核心，觀察三菱在航空機產業的發展脈絡中，透過同時面對陸軍與海軍的研究以及生產體制，並以此作為聯結下一章，日本航空機產業由百分之百的外國依存，轉往自立發展的過程。

在第三章，時間基軸將順應第二章，延伸至日本的航空機產業轉向自立發展的時期，並整理此時期三菱的發展及兩次的大海軍軍縮條約對日本海軍側的航空機發展有何影響。並檢視堀越二郎的成長，從其在自傳中所描述的個性，以及其他曾與他共事過的同儕同僚所敘述的〈堀越二郎〉，以此為起點，觀察堀越二郎是如何從一名東大航空學部的畢業生，在進入三菱之後，從一名底層的工程師開始，在此時期，適逢時代的潮流，得以在七試計畫中，為三菱提拔成一名主任設計師，一展他在進入三菱後所累積的能力。而雖然七試計畫以失敗收場，但作為完全由日本人設計、生產的第一架〈國產〉戰鬥機，七試艦上戰鬥機對日後的戰鬥機試作計畫之展開有著極其深遠的影響。

承接此章節所討論的日本航空機產業自立的過程，下一章將討論在中日戰爭期間，日本繼七試之後，所發展的九試以及十二試兩次的試作計畫，而這兩項計畫，更被日本視為航空機產業完全自立的象徵。

第四章，本章節會以中日戰爭中，日本針對軍需工業所施行的生產力擴充計畫為背景，整理三菱在此時期的發展，並以九試以及十二試兩項試作計畫的開發過程為核心，逐一檢視堀越二郎以及他的團隊是如何在日本海軍嚴苛的設計條件，完成九六式艦戰以及零戰，前者被視為日本航空機產業自立的起點，而後者則是在日本二戰史上留下無數傳奇故事的戰鬥機。而零戰在開發的過程中，又遭遇了什麼樣的難題，以及堀越二郎如何帶領團隊一一攻克這些問題。在這之中，是否是延續了七試以及九試戰鬥機的設計脈絡，抑或是一個全新的設計概念，都是值得一一討論。而在日本的航空機產業快速發展的背後，又有著什麼缺陷，在本章節將詳細的整理。

最後，綜合日本航空機的發展，以及三菱在航空機產業的耕耘、堀越二郎的個人成長故事、乃至零戰背後的種種的歷史脈絡，檢證日本技術發展的過程以及日本是否真的能夠成功的以三十年的時間，便能在技術力以及設計力上追趕上戰前的歐美等技術先進國。

第三節、先行研究

在展開本論文的研究之前，必須要先定義什麼是軍需產業以及軍事技術。姆井義雄在《戰爭・財閥・軍需工業》²一書中，直接引用了於大正七年公告的軍需工業動員法中，針對軍需工業的規定。一、兵器、艦艇、航空機、彈藥等軍用器具機械及物品。二、應提供於軍用的船舶、海陸聯絡輸送設備、鐵道軌道及其他附屬設備或輸送用物件。三、應提供於軍用的燃料、衣物、糧食。四、應提供於軍用的衛生材料、獸醫材料。五、應提供於軍用的通信物件。六、前各號所揭之物品的生產又或修理之所需材料、原料、器具機械、設備、及建築材料。七、除前各號所揭之物品外、敕令所指定之應提供於軍用之物品。而軍需工業動員法所規定的軍需用品，所含甚廣，幾乎可以說是所有的物資都算是軍需用品，因此，姆井義雄只取用了第一條〈兵器、艦艇、航空機、彈藥等軍用器具機械及物品〉作為研究的軍需工業的定義。

而小山弘健在《近代軍事技術史》中所對於軍事技術的定義，則是在其序論〈軍事技術史—其方法與意義〉³中，對於軍事技術的定義，分為三項。一、廣義的軍事技術，包含了軍事生產技術、武器技術以及戰鬥技術。二、狹義的軍事技術，除了武器的生產以外，尚包含了提供給軍隊的衣物、

² 姆井義雄《戰爭・財閥・軍需工業》、東洋經濟新報社、1937、6—8頁。

³ 小山弘健《近代軍事技術史》、三笠書房、1941、8—12頁。

糧食以及兵器、城郭、軍用倉庫、道路、軍港，乃至於通信以及運輸機關的設置與生產等，都被小山弘健認為是狹義的軍事技術中的一環。三、最狹義的軍事技術，則單指武器的生產技術。而小山弘健在這三種分類中，又針對狹義的軍事技術——也就是概括性的軍事生產技術做出更明確的描述，並將其定義為「廣泛的社會生產技術體系中的一個分化型態」而同時也指稱「這（概括性的軍事生產技術）才是一切的軍事制度以及軍事組織物質的基礎，而也是根據軍事生產技術，從武器的構造、種類到戰爭全體的作法以及其極限，都能左右而且有決定性的影響⁴。」

小山弘健所做出的軍事技術的定義，也影響了之後的軍事技術研究者，比如戰後著有《日本軍事技術史》⁵的林克也，在其著作的序文中，對於軍事技術的定義如下：「一般所謂的軍事技術，就意味著從社會生產技術的廣泛體系分化出來的武器生產技術。而這是軍事制度以及組織的物質性基礎，也是決定戰爭命運之物。」，並在其中的〈軍事技術史研究的方法論〉之中，沿用了小山弘健所提出的軍事技術概念的分類法，將軍事技術分類為廣義的軍事技術，包含武器的生產技術、武器規範體系的編程技術以及戰鬥技術。而狹義的武器技術則單指軍事生產技術。另外林克也在《日本軍事技術史》中，認為在第二次世界大戰之前，只有美、英、德、日在戰鬥機的引擎開發技術上，是能獨立完成的國家。而義大利在引擎上使用了德國的專利，因此林克也不認為義大利可以當作一個技術獨立的國家⁶。

是以本論文亦以小山弘健所提出之最狹義的軍事技術——武器的生產技術以及林克也所定義的狹義的武器技術——單指軍事生產技術作為本論文提及軍事技術時，作為依據的說法。並以上述之論點，討論日本的航空機技術放置於軍事技術的概念下時，是否如林克也所述，日本在航空技術上可以稱得上是技術獨立國。

為了貼近日本航空機的發展以及三菱在航空機產業所扮演的角色，以便於本論文之推演，主要會以兩大類的先行研究作為回顧之對象。

（一）關於日本的航空機發展史及時代背景之研究

稻澤宏行在〈軍事戰略的行程與軍需產業——以戰間期的日本海軍中航空戰力與技術力提昇的觀點——〉⁷這一篇論文中，檢證了日本的航空機產業是由陸海軍的航空機研究作為開端，並整理陸海軍在航空機導入初期所執行的

⁴ 前揭、小山弘健《近代軍事技術史》、8頁。

⁵ 林克也《日本軍事技術史》、青木書店、1957年、4頁。

⁶ 前揭、林克也《日本軍事技術史》、250—251頁。

⁷ 稻澤宏行〈軍事戰略の形成と軍産関係——戦間期の日本海軍における航空戦力と技術力向上の視点から——〉、《政策科学》19卷4号、立命館大学、2012。

計畫以及購入的航空機種類。而在一次大戰後，日本帝國的航空戰力得到了帝國議會的支持，得以全力發展。另外，日本的航空機戰力在海軍中崛起的關鍵，是因為兩次的海軍軍縮條款，從而使海軍將航空機的戰力作為彌補軍艦數的不足，進而展開了試作計畫的導入以及針對航空戰力進行增強。

而野田富男在〈軍需產業中技術開發與航空兵力的養成—零戰的開發與駕駛員的養成—〉⁸之中，除了提及日本航空機產業的起點外，在三菱的引擎開發過程著墨甚多，並整理中島飛行機與三菱航空機的發展過程，以及七試、九試、十二試艦上戰鬥機的開發過程。最後整理日本帝國陸海軍各自的技術開發以及駕駛員培訓的方法。

疋田康行的〈戰前期日本航空機工業資本的蓄積過程〉⁹，整理了三菱、中島、愛知以及東京瓦斯電氣工業在航空機產業的投資以及資本積蓄的過程，並檢證了日本航空機產業透過軍需依存的方式，在戰爭時期得以不斷的成長。

（二）三菱航空機（日後的三菱重工）社史之研究

笠井雅直在〈1920年代航空機產業的研究開發與生產系統—以三菱・航空機部門的事例為中心—〉¹⁰中，爬梳了三菱從進入航空機產業後的成長以及經營方式的改變，論文中詳細的整理了三菱航空機的部門結構以及在1920年代的生產狀況。從而檢證雖然三菱是透過海軍的發動機試作命令進入航空機產業，但生產體系卻又同時面向陸軍，並整理了三菱所生產的航空機種類以及三菱所購入的專利。

同樣為笠井雅直所寫的〈戰時航空機產業的開發與生產系統—以三菱・航空機部門的事例為中心—〉¹¹則是延續上一篇論文，整理三菱在1930年代的發展過程以及航空機的生產狀況。

第四節、研究方法

本論文主要以文獻資料分析法作為研究之方法以及手段。文獻資料分析法是經由「文獻資料」來進行研究的一種方法，又稱為間接研究法。在社會

⁸ 野田富男 〈軍需產業における技術開発と航空兵力の育成—ゼロ戦の開発とパイロットの養成—〉、《九州情報大学研究論集》14号、九州情報大学、2012。

⁹ 疋田康行 〈戰前期日本航空機工業資本の蓄積過程〉、《一橋論叢》77卷6号、一橋大學、1977、668—684。

¹⁰ 笠井雅直 〈1920年代における航空機産業の研究開発と生産システム：三菱・航空機部門の事例を中心に〉、《名古屋学院大学論集 社会科学篇》37卷1号、名古屋学院大学、2000。

¹¹ 7. 笠井雅直 〈戦時下における航空機産業の研究開発と生産システム：三菱・航空機部門の事例を中心に〉、《名古屋学院大学論集 社会科学篇》37卷3号、名古屋学院大学、2001。

研究中廣泛的被使用，在某些限度之內可以幫助人了解、重建過去，並且解釋現在與預測將來¹²。

對於社會科學研究中文獻資料的種類主要可分為以下幾種¹³：一、統計紀錄。二、大眾傳播媒體。三、專屬書籍(簡稱專書)。四、私人文件。

上述四種資料的優點與缺點如下¹⁴：

1. 統計紀錄：

統計紀錄價值在於提供完全仰賴統計與記錄資料作特殊研究的研究者以及仰賴統計資料與記錄資料來驗證研究問題的某些假設的研究者。其優點在於省時、省力、省錢，並且研究變遷趨勢。缺點在於受資料的限制無法作彈性的研究。

2. 大眾傳播媒體：

大眾傳播媒體是指信息控制者將某種訊息傳遞給多數資訊收受者所使用的工具，例如：新聞，透過大眾傳播媒體所提供的資訊，研究者從得其中了解訊息。優點為研究者可透過媒體所提供的資料做跨時代與跨社會的比較分析；其缺陷為可靠信的問題以及因訊息傳播往往會帶有一些特定的價值好惡與意識形態，而導致訊息遭到修改、刪除等等，與原意有所偏差、甚至傳遞錯誤的訊息。

3. 專書：

專書是指有關研究主題的專業論著，例如：碩博士論文、研究報告、專業叢書等。其主要的優點是，文中訊息為專業人士提供，具有較大的可信度以及參考價值。

4. 私人文件：

指自傳、書信、日記、文章、論文等等之類的文件，有下列三項標準：

1. 書寫的文件
2. 出於本人意願所寫的文件
3. 有關本人之私人經驗之文件。

而從私人文件當中可以搜集到當事人的內在經驗資料，當中包括其對社會的觀點、自我表述等等。私人文件在研究個人心理經驗的資

¹² 葉至誠、葉立誠《研究方法與論文寫作》、台北：商鼎數位、2011、138頁。

¹³ 同上註、142-143頁。

¹⁴ 同上註、142-143頁。

料搜集上頗具價值，如描繪人類生活中稀罕且不尋常事件者。但個人對於特定事件的日記或信件及私人文件的缺點為無法進行統計分析，因為私人文件涉及記憶與個人觀點可靠度稍嫌不足、且無法考據其真偽。

文獻資料分析法的特性與功能鑑往知來，透過研究過去的事件來提供研究者相關的背景知識，在文獻蒐集的過程當中可以超越個人的經驗與視野，取代調查互動中的不良影響，增加研究的效度，並且提供解決問題的有效方案¹⁵。

¹⁵ 前揭、葉至誠、葉立誠《研究方法與論文寫作》、141—142、145—147頁。

第二章、日本航空機產業的前期發展

第一節、日本的航空機產業開端

如要將日本戰前的航空機產業進程劃分時段，大致可分為三個時期¹⁶。

(1)搖籃期—1909～1915

(2)模仿期—1916～1931

(3)自立期—1931～1945

日本最初的航空研究，是陸、海軍省與文部省在1909年，共同設立的「臨時軍用氣球研究會¹⁷」。在這個研究會的主導下，陸軍率先在1910年派出兩名上尉，分別是德川好敏（1884—1963）以及日野熊藏（1878—1946），由此二人前往歐洲學習航空機的操作技術。並在同年末，從法國以及義大利各引進了一台航空機，由兩上尉完成了日本史上第一次的航空機飛行實驗。¹⁸而海軍比起陸軍更偏重於航空機的研究，因此在1912年，另外成立了「海軍航空術研究會」，開始了航空機的獨立研究。而這個研究會的目的主要有三：一、飛行機的操縱法；二、以適應海軍軍用的飛行機制式化；三、其他航空術等相關事項¹⁹。1912年11月，由海軍在橫須賀軍港的追濱建置了航空機格納庫、海岸滑行台，以及海軍最初的飛行場；同時也派出了4名軍官及2名技術官，以「從事飛機的練習及製造監督，並購入水上飛機」為目的前往美國及法國，購入航空機²⁰。而從法國購入的Maurice Farman型水上飛機，在1912年11月5日在追濱飛行場進行首次的飛行，並在一週後參加了在東京灣的觀艦式，展現了海軍對於航空機導入的強烈意圖。

隔年，從法國的雷諾公司，取得引擎的製造權，在橫須賀的工廠開始引擎的製造以及機體的設計研究²¹。1914年，隨著第一次世界大戰席捲歐洲，本帝國海軍為了對德國在青島的要塞進行攻略，而組織了一個四架飛機組成的飛行隊，這也是首次在航空母艦上搭在飛機。在日本第一艘航空母艦—若宮號上搭載的Maurice Farman型水上飛機，雖然參與了如敵情偵查、中彈情況確認、水雷檢查等任務，亦透過機關槍以及炸彈進行攻擊任務，但並沒有

¹⁶ 前間孝則 《技術者たちの敗戦》2013、株式会社草思社、23頁。

¹⁷ 岡村純《航空技術の全貌(上) わが軍事科学技術の真相と反省(III)》、1959、興洋社、59頁。

¹⁸ 野沢正《日本航空機辞典 上巻—モデルアート 3月号臨時増刊—》、1989年、モデルアート社、14—16頁。

¹⁹ 同上註、59頁。

²⁰ JACAR(アジア歴史資料センター)Ref. C08020758400、大正5年 海軍省 公文備考 卷21 学事〈航空術研究委員報告(1)〉(防衛省防衛研究所)、476頁。

²¹ 前掲、岡村純《航空技術の全貌(上) わが軍事科学技術の真相と反省(III)》、60頁。

留下較大的功績²²。而在1916年的年度預算中，以海軍航空隊三個飛行隊（12架）的整備為目的，通過對於航空隊設備的預算。透過這筆預算，海軍在1916到1920年的五年內，於橫須賀航空隊增設了三個飛行隊，並對將校以及士官進行駕駛員的培育以及對潛水艇訓練、夜間飛行訓練等航空機的培訓計畫。

而隨著歐洲戰事的激化，日本的航空機輸入途徑消失，也促使日本軍方決心展開日本航空機的獨立研究與製造。1917年，橫須賀工廠造兵部飛行機工廠所開發的橫須賀式水上偵察機的完成，象徵著日本航空機正逐步由技術輸入階段往國產化階段轉變²³。1918年，海軍「航空隊令²⁴」的出現，讓航空隊設備預算再次延長兩年，至1922年為止，橫須賀航空隊的增援以及新設置的佐世保航空隊，合計共增加了5個航空隊（20架）。而後，又受到航空戰力在歐洲戰線的活躍，海軍從而又增設了9個航空隊，總計17個航空隊（68架），並以15個實用隊的編置，配置於橫須賀5隊、吳4隊、佐世保5隊、舞鶴1隊，以及2隊的練習隊。另外，航空機在歐洲戰場的活躍，也使日本帝國議會開始要求海軍針對航空術進行加強以及航空戰力的擴充²⁵。也因此1919年，海軍省軍務局以在議會答辯為目的，以「航空相關的議會說明」為題，製作了一份說明資料。其中，海軍針對今後應該攻克的課題，以「今日雖然很晚才起跑，但是應該要追上歐美列強的進步」為前提，並提出五項急需處理的課題：一、決定使用飛行機的形式；二、相關人員的養成；三、航空部隊的增員；四、改善海軍航空制度；五、設置飛行機製造所以及飛行機試驗所。而在技術面，則是提出「派遣技術官前往外地」、「招聘外國人技術者」、「製造權的取得」等正在檢討的議題²⁶。

在得到了帝國議會的支持後，陸海軍也在組織結構上作出了變革。首先，是陸軍在1919年創設了統合航空相關之軍政以及教育的航空部，而這個組織在1925年轉為陸軍航空本部，並在陸軍的航空部出現後，臨時軍用氣球研究會也隨之解散。相較於陸軍航空部的快速建置，海軍的航空本部則要晚出現不少。1927年，海軍方在組織內，建構了航空本部，以統領海軍內部的航空相關事務。而海軍之所以推遲到1927年才設置航空本部的原因，卻是擔心若在海軍省內設置一個個別的航空統領機關，會使得航空事務與海軍產生游離的關係，因而使得海軍航空本部的創設難以實現。然而，迫於航空相關之部

²² 前掲、岡村純《航空技術の全貌(上) わが軍事科学技術の真相と反省(III)》、7頁。

²³ 同上註、7頁。

²⁴ JACAR(アジア歴史資料センター)Ref. C08021102200、大正7年 公文備考 卷19 学事4止 航空術1件(1)〈防衛省防衛研究所〉、624 頁を参照。

²⁵ 日本海軍航空史編纂委員会《日本海軍航空史(1)用兵編》、1969、時事通信社、74-75頁。

²⁶ JACAR(アジア歴史資料センター)Ref. C08050222000、大正10年 公文備考 卷49 航空6 〈議会説明資料(1)〉(防衛省防衛研究所)、1408-1409頁。

隊以及機關的必要性，遂使得海軍航空本部，這個統籌了海軍內部關於航空之行政、教育以及技術的機關得以產生²⁷。

而關於日本的空軍在日本政府決議發展航空武力後，仍沒有從陸海軍之中獨立，有著這麼一段插曲。1920年，陸軍向海軍提議，設置了陸海軍航空協定委員會，而針對空軍的組織問題，又在陸海軍航空協定委員會之下，設立了特別委員會進行調查研究。然而在經歷半年的調查與檢討後，仍然決議將航空部隊分別歸屬於陸軍以及海軍的掌控下。其原因卻是海軍不同意以及陸軍內部意志的不統一所導致。海軍反對的理由如下：若空軍為獨立編制的情況，如要施行與海軍的共同作戰時，會因編制不同而產生用兵戰術上的不利，以及無法完成符合戰術要求之教育會使得海軍的航空運用能力下降、空中兵力是海軍兵力的一部分，如分離便會破壞海軍兵力編制、而且執行支援海軍的航空作戰的必須要有海軍軍人的特質等²⁸。

在航空機生產面上，日本帝國陸海軍並沒有比照制式武器的生產，交付給陸海軍的工廠，而是藉由民間的力量，以培植民間航空機產業的方式完成。首先是海軍的部分，在1915年的航空技術委員會上，針對未來航空機的需求增加的情況下，以海軍的工廠供給能力不足為由，提議在政府的保護下，邀請民間的大型企業進入航空機產業的體系。這一項舉動，開啟了日本民間對於進入航空機產業的浪潮²⁹。而在陸軍的部分，也因為在第一次世界大戰有過航空機輸入管道斷絕的經驗，對於日本能獨自完成航空機的製作抱持著期待，也給予民間企業，生產製造航空機的獎勵³⁰。而陸軍也為了因應如第一次世界大戰時，歐洲戰線那極速消耗的武器以及其他軍需品能夠快速地補充，與海軍協調，推動了軍需工業動員制度。1918年軍需工業動員法成立，這個法案針對戰時的緊急需求，而認同在必要時刻能夠對武器、艦艇、航空機、彈藥等生產工廠進行管理使用、收容、從業員的提供以及勞動者的徵用等。也因此，軍需工業動員法也包含了非戰時的調查、準備、軍需產業的保護獎勵等必要的規定³¹。也由於以上的行動，在1917到1924年間，如三菱、中島、川崎、愛知等航空機企業紛紛成立，並成為日本在戰間期以及第二次世界大戰時，航空武力的主要生產者。

此外，海軍為了將歐洲對於第一次世界大戰的經驗，融入航空機的開發、研究之中，並於1921年霞浦飛行場完成的同時，亦從英國招聘了經歷一戰洗

²⁷ 日本海軍航空史編纂委員會《日本海軍航空史(3)－制度・技術編－》、1969年、時事通信社、33－44頁。

²⁸ 海軍的部分，引自井出謙治〈陸海軍航空協定委員會第三回報告 大正十〔1921〕年六月十日〉、〈陸軍省大日記甲輯 大正十二〔1923〕年第一類〉、防衛研究所圖書館所藏、JACAR, R/C: C02031091700。

陸軍內部的情況請參照：防衛研修所戰史室《陸軍航空の軍備と運用<1>》、1971、朝雲新聞社、P 149。

²⁹ 前掲、日本海軍航空史編纂委員會《日本海軍航空史(3)－制度・技術編－》、314－315頁。

³⁰ 高橋重治《日本航空史 乾卷》、航空協會、1936年、255－256。

³¹ 防衛研修所戰史室《戰史叢書 陸軍軍戰備》、朝雲新聞社、1979年、76－77頁。

禮的英國海軍作為教官，在〈臨時海軍航空術講習部〉中，進行操縱術、航空術、整備等相關的指導³²。1923年，指派給三菱開發的10式艦上戰鬥機，於12月在航空母艦翔鶴號上測試的離艦登艦實驗的成功，為日本海軍的海上戰鬥的航空機運用揭開序幕。

第二節、三菱的航空機產業參入

而三菱之所以會涉入航空機產業，是在1917年時，接到了海軍的航空機引擎試作之要求後，1917年12月，三菱與法國的Hispano-Suiza公司簽署合約，導入引擎的生產技術。並在隔年1月，派遣18名的技師團前往歐洲，在3月抵達巴黎學習Hispano 200匹馬力及300匹馬力引擎的技術。1918年8月開始到1919年，分批回到日本。

1919年11月，利用帶回的資料與技術，在神戶造船廠完成了日本第一次的引擎試作。當然，這一次的引擎試作並不成功，而是逐步的修正改良，將技術消化會後，才開啟了日本的飛機引擎國產化³³。而以引擎的製作權取得為契機，1919年5月，於三菱造船成立神戶內燃機製造所，並於1920年5月獨立為三菱內燃機製造株式會社，將神戶內燃機製造所的管理轉至內燃機製造株式會社。此同時，在名古屋設立工廠，開始飛行機的製作。1921年，10月，三菱內燃機製造株式會社，改名三菱內燃機株式會社，名古屋工廠亦改為名古屋製造所。在名古屋製造所更名時，三菱在名古屋市又建造了新的工廠，並開始了飛行機體以及Hispano引擎的製造與修理工作。而三菱也從名古屋製造所開始，向航空機產業的全力發展。

而岩崎小彌太為了尋求與海軍關係能更進一步發展，在1922年，與從橫須賀海軍工廠長一職退下的船越楫四郎接觸，邀請他接任三菱內燃機的社長。而岩崎小彌太為了說服船越楫四郎而有了下面的談話³⁴。

「（略）三菱需要各式各樣的人才，也需要與海軍的聯繫。我已決意要從事能成為國家之助力的工作。比如說，政府若要從事任何國家性的發展，首先就是要籌備預算，並一定要通過議會的審查不可，到真正開始執行，需要耗費相當的時日。而三菱因為有幸能為國家做事，只要想要開始執行一件工作，就能立刻執行。以此想要請你（船越楫四郎）為三菱盡一份力。」

³² 前掲、岡村純《航空技術の全貌(上) わが軍事科学技術の真相と反省(III)》、8-9頁。

³³ 松岡久光《みつびし航空エンジン史-大正6年より終戦まで-》、2005、樹光書房、14-22頁。

³⁴ 宮川隆泰《岩崎小弥太-三菱を育てた経営理念-》1996、中公新書、131-132頁。

三菱在航空機這一領域，之所以能有如此出色的表現，除了伴隨著戰爭而不斷擴大的軍需市場外，對於人才的培養，亦是三菱可以在諸多飛行機製造企業中脫穎而出的關鍵。而這個關鍵，就是涉谷米太郎所推行的社內人才招募與養成。1920年，涉谷米太郎在三菱航空機的前身，也就是三菱內燃機株式會社創立時，從三菱集團的總公司—三菱合資會社被派遣過來，擔任董事一職。就在他就任的同時，提出了兩項讓當時航空機的製造能否成功一事，還處於未知狀態的三菱航空機製造事業邁向成功的關鍵性提案。第一、導入先進國的技術。第二、培育社內優秀的技術者。而這兩項提案，也成為了涉谷米太郎主導之下的三菱航空事業的經營重點³⁵。

在技術導入的部分，涉谷米太郎採取從英、法、德招聘了技術者，並使其進入三菱之後擔任設計主任這一方法。在一個對於航空機如何製造，絲毫沒有頭緒的時代，將航空機的設計、製造時的指揮、乃至於試驗飛行等，都交由外國技師，以達到穩固設計以及製造等作業方法的基礎。而三菱在早期所生產製造的航空機皆是由外國技師所設計，也有著這麼一層原因³⁶。

此外，涉谷為了提高設計師陣容的水準，特別熱衷於招募大學或高等工業學校的人才。為使公司能擁有有才能的技術者，涉谷會親自到東大工學部與教授面談，調查想要製造飛機及引擎的學生的成績及人品。並從機械工學科以及新設的航空學科（第一期學生在1924年畢業）每年招聘一至二人。在入社兩到三年後將這些技師派到歐美，學習先進的航空科學技術³⁷。但對於三菱的航空機事業有著如此貢獻的涉谷米太郎，卻在1932年選擇離開了三菱。起因卻是與三菱航空機內，海軍出身的董事對於是否採用從他社轉入三菱的社員起了爭執。海軍派的董事認為，應該要採用這些中途進入三菱的社員並給予與三菱內同年資者更高的待遇。而涉谷米太郎卻認為，若是這些中途採用的人員在入社後有個更出彩的表現，可以另當別論。但若從一開始就給予特殊待遇，對於在三菱內累積了經驗的社員而言，就無法樹立起標竿³⁸。

而堀越二郎對於涉谷米太郎的回憶如下：

「不管之前或之後，在我的認知中，沒有比他更存粹，投入在經營中的人。這麼符合一個公司的首腦者的氛圍，對外，要苦心把握顧客—也就是軍部在技術上的思想、以及世界上技術發展的動向；對內，要完整掌握公司的活動、而不管是不是技術者，對於不下的能力或性格都瞭若指掌，這點不得不讓人佩服。對事，不只是綿密的檢討以及考慮，有時也會大刀一揮，立刻做決斷。（中

³⁵ 柳田邦男《零式戰鬥機》、1989、文春文庫、61—62頁。

³⁶ 同上註、62頁。

³⁷ 同上註、63頁。

³⁸ 同上註、64頁。

略)即便是顧客—軍部的旨意，又或是重大的事件，在該反對的時候，一定果決的反對。認識到日本較晚出發的立場，而為了公司的技術力養成，也是最為掛心。哪怕是失意的時期，也不改他的根本方針。不管是得意也好，失意也罷，絕對不掛在嘴上，默默地將公司營運的責任，背負在自己一人身上³⁹。」

對於堀越二郎而言，澀谷米太郎在日本航空界的成長時期，能與之匹敵的人物，在海軍內部，或是民間，只有兩三人這樣的存在。但，相對於海軍的山本五十六、松山茂中，又或是民間的中島知平、川西龍三等，為多數人所知的軍官或社長。澀谷米太郎在不是社主、以一名被委託管理公司的經營者的身份，成為日本航空的自立的原動力，卻不太為人所知，實在是十分可惜⁴⁰。

三菱的航空機產業參入，雖然是由海軍所主導，但實際上，三菱的生產體制，卻是同時面向陸、海軍兩邊。卻也因為陸、海軍內部的本位主義影響，使得三菱的生產體系分為陸軍以及海軍體系（表一）。而其背景，則是三菱在1921年3月被海軍指定為海軍航空機的指定工廠；三菱又在1922年接受了陸軍的「甲式一型練習機」的生產，使得陸、海軍同時派駐了檢查官到三菱⁴¹。

三菱從引擎開始，邁步航空機產業之後，到1921年方才在海軍主導的大正10試戰鬥機試作計畫中，嘗試戰鬥機完整的設計與製造。1921年2月，從英國招聘了以史密斯為首的九名設計師，在名古屋開始指導設計、工程、以及操縱。而在哈伯特·史密斯（Herbert Smith）等人的指導下，三菱完成了21年的10式戰鬥機，22年的10式偵查、10式電擊機，以及23年的13式攻擊機等海軍的主力艦種⁴²。另外三菱與陸軍的關係，除了上述的「甲式一型練習機」的生產外，透過三菱商事參與了陸軍的航空機交易，而取得陸軍的航空機生產（表二）。

³⁹ 前掲、堀越二郎《零戦の遺産—設計主務者が綴る名機の素顔—》、47—48頁。

⁴⁰ 同上註、49頁。

⁴¹ 參照大河内曉男、武田晴人《企業者活動と企業システム》、1993、東京大学出版会。〈第9章 中島飛行機とロールス・ロイス〉(大河内曉男)と〈討論要旨〉。

⁴² 前掲、松岡久光《みつびし航空エンジン史—大正6年より終戦まで—》、4—5頁。

表1、三菱内燃機株式会社組織一覽 (1925年)

本店	總務課		
	營業課		
名古屋製造所	總務部		
	工作部	工務課	工務組、材料組
		發動機課	設計組、計劃組、發動機組、鑄物木型工廠組、鍛冶工廠組、調質工場組、工具廠組、工具室組、發電所組
		機體課	設計組、陸軍體系組（検査場、組裝場、木工場、鐵工場、試飛測試）、海軍體系組（検査場、組裝場、木工場、鐵工場、試飛測試）、金屬飛行機組、木製材料工場組、縫工場組、螺旋槳工場組、散熱器工場組
研究部	研究組、材料試驗組、風洞測試組		

出處：三菱合資会社編《三菱合資会社分系会社名簿 大正14年9月30日現在》1917、三菱合資会社。引自：笠井雅直〈1920年代における航空機産業の研究開発と生産システム：三菱・航空機部門の事例を中心に〉、《名古屋学院大学論集 社会科学篇》37卷1號、92頁。

表2、三菱航空機製造一覽 (1920年代)

制式機種名	生産機數	生産期間	設計者
10式艦上攻撃機	128	1921—1928	哈伯特・史密斯
10式艦上攻撃機	159	1921—1930	哈伯特・史密斯
10式艦上攻撃機	20	1922—1923	哈伯特・史密斯
10式艦上攻撃機	159	1923—1930	哈伯特・史密斯
甲式一型練習機	57	1922—1923	Nieuport機的國產機
己式一型練習機	140	1923—1927	Hanriot機的特許生産
87式輕爆撃機	48	1926—1929	松原元

出所：松岡久光《みつびし飛行機物語》、アテネ書房、1993年。引自：笠井雅直〈1920年代における航空機産業の研究開発と生産システム：三菱・航空機部門の事例を中心に〉、《名古屋学院大学論集 社会科学篇》37卷1號、96頁。

此時的日本航空業界，仍處於技術移轉以及模仿階段，大量招聘外國技師擔任主要的設計者或是技術顧問⁴³。1921到1932的這十年間，三菱的航空機事業，多透過從先進國，如英、法、德等國，招聘設計師進行航空機的設計。海軍機，由英國設計師主導設計的，21年的10式戰鬥機，22年的偵查、電擊機，以及23年的13式攻擊機都順利得到海軍親睽；陸軍機除了指定生產的爆擊機外，三菱自1925年開始從德國找來斯圖加特大學教授—亞力山卓·巴烏曼博士⁴⁴（Alexander Baumann）開始設計陸軍機，但都不被採用。而包含1928年的3試試作計畫，除了兩次成功的海軍試作機⁴⁵以及陸軍指定生產的爆擊機⁴⁶外，幾乎都以失敗收場⁴⁷。

第三節、小結

日本航空機的發展，最早是在1909年，由陸海軍以及文部省組織的研究會。而海軍則是在1912年開始，以航空機的研究為出發點，另外組成了航空機研究會的同時，也開始派員前往歐洲學習航空機知識，以及購買航空機。

但，由於第一次大戰的戰火在歐洲蔓延，原本倚賴歐洲國家的航空機輸入，頓時斷絕。而這也促使日本海軍決定要擺脫倚靠外人，進而在日本國內展開對於航空機的自主開發以及製造。

航空機在第一次世界大戰中，發揮了優異的戰略性以及作為武器的價值後，日本的帝國議會亦向海軍要求加強航空機的編制以及在日本的航空機自主之可能。而就在1917年，海軍就已向三菱造船所發出了航空機引擎的試作命令，也以此為契機，開啟了三菱在引擎、航空機領域的發展。在接獲命令後，三菱便派出技術人員前往英國，向簽訂了技術轉讓的英國公司學習引擎的製造技術。

1919年，這批前往英國的技術人員分批回國後，以學到的技術，完成了日本民間首次的飛機引擎製造。引擎製造的成功，使三菱將原本隸屬造船所的內燃機課獨立為內燃機製造所，開始了引擎的製造與機體的修復工作。

1923年，海軍向三菱發出了日本國內最初的民間航空機試作。而三菱招聘的外國技師團則承接了這項任務，成果就是10式艦上戰鬥機等飛行機。並以此開始，日本軍方向民間發出了飛行機的試作任務。而這一段時間中，日

⁴³ 前掲、松岡久光《みつびし航空エンジン史—大正6年より終戦まで—》、4—5頁。

⁴⁴ 生卒1875—1928。德國的航空技師。斯圖加特大學航空工學與汽車工學的教授。在日期間為1925—27年。

⁴⁵ 海軍的89艦攻，英國設計三菱優化。以及法國設計師主導的92偵察機。當時的日本軍用機，會以皇紀後兩數冠名。陸軍最早在1927年就開始使用；海軍則要等到1929年。

⁴⁶ 從德國容克斯公司導入技術，陸軍指定生產的92重爆、93雙輕爆。

⁴⁷ 前掲、堀越二郎《零戦の遺産—設計主務者が綴る名機の素顔》、16—17頁。

本的航空機產業，多是由外國人執掌設計的任務，或是直接向國外的公司購買飛機的製造權。

三菱在航空機這一領域，之所以能有如此出色的表現，除了伴隨著戰爭而不斷擴大的軍需市場外，對於人才的培養，亦是三菱可以在諸多飛行機製造企業中脫穎而出的關鍵。而這個關鍵，就是涉谷米太郎所推行的社內人才招募與養成。涉谷為了提高設計師陣容的水準，特別熱衷於招募大學或高等工業學校的人才。為使公司能擁有有才能的技術者，涉谷會親自到東大工學部與教授面談，調查想要製造飛機及引擎的學生的成績及人品。並從機械工學科以及新設的航空學科（第一期學生在1924年畢業）每年招聘一至二人。在入社兩到三年後將這些技師派到歐美，學習先進的航空科學技術。

對於堀越二郎而言，澀谷米太郎是在日本航空界的成長時期，能與之匹敵的人物，在海軍內部，或是民間，只有兩三人這樣的存在。但，相對於海軍的山本五十六、松山茂中，又或是民間的中島知平、川西龍三等，為多數人所知的軍官或社長。澀谷米太郎在不是社主、以一名被委託管理公司的經營者的身份，成為日本航空的自立的原動力，卻不太為人所知，實在是十分可惜。

第三章、轉往自立發展的過程

第一節、航空機自立的開端

讓日本的飛行機產業，由依賴外國技師的模仿階段朝向技術獨立發展的關鍵有二。一、試作競爭的導入以及二、山本五十六於1930年所提出的「航空技術自立計」。而這兩個計劃的時代背景，卻是在兩次的海軍軍縮條例之後，日本的海軍艦隊數量受到了制約，從而展開的海軍航空戰力的補充以及強化。

第一次世界大戰結束後，假定的艦隊決戰依然在各國軍方不斷發酵，使得以戰艦為中心的主力艦隊軍備競賽仍然繼續進行，而不斷壓迫著各國政府的財政。而日本海軍依然也不例外，持續推進在日俄戰爭結束後的1907年制定的國防計畫「帝國國防方針」中，針對以八艘戰艦以及八艘巡洋戰艦為主力組成的「八八艦隊」的整備，並以美國作為最大的假想敵，將與美國的戰爭作為擴充軍備的理由。1918年，帝國國防方陣的補修改訂實施，八八艦隊中在戰艦以及巡洋戰艦之後，又追加了後備艦隊，四艘戰艦、四艘巡洋戰艦的編制，改為「八八八艦隊」。但受到第一次世界大戰結束後的戰後經濟蕭條的影響，「八八艦隊」的整備預算並沒有立刻獲得帝國議會的同意，整備預算一直到1920年才通過。但在「八八艦隊」備受討論的同時，1919年，日本加入國際聯盟後，海軍內部設置了「國際聯盟關係事項研究會」，在推動「八八艦隊」的整備的同時，亦著手進行軍縮相關的研究⁴⁸。而在研究會討論的結果出爐後，1920年提出了軍縮的有利之處，認為應該體察國民的負擔以及對外情勢，並考慮與假想敵國—美國的軍事力、經濟力的差距，因此對於軍縮條約的締結，國際聯盟關係事項研究會認為是有執行之必要⁴⁹。

1921年，由當時的美國總統沃倫·哈定（Warren Harding）所倡議的以美、英、日、法、義五國海軍軍縮為目的的華盛頓會議展開。時任美國國務卿的查爾斯·休斯（Charles Hughes）提出以美、英、日三大海軍國的現有軍力，包含建造中的戰艦一同計算，並以下列幾點作為軍縮條約締結的目的⁵⁰。（1）主力艦的建造計劃，包含實行中與為進行的計畫，都一同放棄、（2）為貫徹軍備鎖小的精神，將一部份老齡戰艦除役、（3）普遍性的考量到關係各國的現有勢力、（4）以主力艦的噸數作為海軍力檢測的標準，並以此為比例，決定輔助艦艇的勢力分配。查爾斯·休斯以上述的原則，將美、英、日的主力艦（戰艦、巡洋戰艦、航空母艦）的持有數，以5對5對3

⁴⁸ 防衛庁防衛研究所戰史室《戰史叢書 海軍軍戰備(1)昭和16年11月まで》朝雲新聞社、1969、294頁

⁴⁹ 同上註、294頁。

⁵⁰ 同上註、294頁。

的比例進行分配。但這個比例日本政府代表團並不願意接受，以對美國保有7成以上的兵力為目標進行交涉。而為了交涉的進展，國際聯盟關係事項研究會再次接過有關於華盛頓會議的研究。對於華盛頓會議的報告，國際聯盟關係事項研究會則指出，海軍就算在華盛頓會議中放棄八八艦隊的整備，也絕對必須要將對美國的海軍比例保持在七成，並以此為前提，重申加盟海軍軍縮會議的益處，如伴隨著建艦費的減少，亦能降低對國民的負擔、對假想敵國的美國，給予其海上戰力的限制、在日本的軍備面更能對應美國的造艦計畫等等。另一方面，國際聯盟關係事項研究會也提出加盟軍縮條約的問題點，其一是威脅日本的自主國防體制、其二，如日本陷入必須承認不利條件的狀況時，在國防上會產生相當大的危險性。但考慮到對外國情勢的話，國際聯盟關係事項研究會認為對於軍縮會議更應該放置於有利之處進行考慮是比較妥當的⁵¹。是以，1922年，日本正式同意軍縮案，並加盟軍縮會議。

在加盟軍縮會議後，受到軍縮條約締結的影響，日本海軍就必須要重新修訂兵力補充計畫，在放棄八八艦隊整備計畫的同時，也要達到帝國國防方針所預設的戰力需求。是以，海軍以新造戰艦以及巡洋戰艦組成9艘的主力艦，加上航空母艦3艘、大型巡洋戰艦12艘以上構成基本戰力，並輔以必要的輔助艦艇以及航空機等，作為海軍軍備的整治。而其中，原本在海軍軍縮條約中，應該要被視為是廢艦的巡洋戰艦赤城號以及戰艦加賀號，則被海軍加以改裝，整備成航空母艦赤城、航空母艦加賀。其理由是，海軍認為對美軍艦持有比只有6成的情況下，不應該在戰力上有所保留，必須要將每一分戰力都活用。而在當時，技術層面尚在發展，而且未受到軍縮條約制約的航空機，以及海軍將赤城號以及加賀號作為其運用平台的航空母艦，將面臨廢棄一途的舊戰艦轉化為對航空機的投資。而在航空相關預算的擴大上，也可以從1922年的海軍預算3億9740萬6782日圓中，佔1924萬6883日圓（預算比4.84%），到1923年時，海軍預算2億7869萬2422日圓中，佔2305萬5791日圓（預算比8.27%），前後一年的成長幅度看出，海軍將航空機視為戰力補充的要員之一，給予了極大的成長空間⁵²。而伴隨著上述種種過程，海軍制定的〈航空兵力補充計畫〉，其軍備計畫的推進，如下⁵³。

航空兵力補充計畫:

- (1) 本計畫從大正十四年（1925）年著手，完成期為大正十九年（1930）
- (2) 飛行分隊採取飛行機常用以及補用機兩種編制、氣球對採取氣球作為變置。

⁵¹ 前掲、防衛庁防衛研究所戰史室《戰史叢書 海軍軍戰備(1)昭和16年11月まで》、295頁。

⁵² 日本海軍航空史編纂委員會《日本海軍航空史(2)軍備編》、時事通信社、1969、949頁。

⁵³ 前掲、防衛庁防衛研究所戰史室《戰史叢書 海軍軍戰備(1)昭和16年11月まで》、339-340頁。

(3) 補充兵力

水上部隊

基於補助艦補充計劃，搭載於如下艦種的飛行機
航空母艦1艘、偵查巡洋艦12艘、潛水艇5艘、航空補給艦3艘
合計96架。

陸上部隊

表3、補充兵力分配

隊種	橫須賀鎮守府	吳鎮守府	佐世保鎮守府	機種別合計
飛行艇	0.5個飛行隊(2架)	0.5個飛行隊(2架)	—	1個飛行隊(4架)
水上偵察機	—	1個飛行隊(4架)	2.5個飛行隊(10架)	3.5個飛行隊(14架)
水上攻擊機	1個飛行隊(4架)	0.5個飛行隊(2架)	2個飛行隊(8架)	3.5個飛行隊(14架)
陸上戰鬥機	—	0.5個飛行隊(2架)	2.5個飛行隊(10架)	3個飛行隊(12架)
鎮守府別合計	1.5個飛行隊(6架)	2.5個飛行隊(10架)	7個飛行隊(28架)	—
氣球隊	—	—	1個飛行隊	1個飛行隊

出典：防衛庁防衛研究所戦史室《戦史叢書 海軍軍戦備(1)昭和16年11月まで》朝雲新聞社、1969、339-340頁。引自：稲澤宏行〈軍事戦略の形成と軍産関係—戦間期の日本海軍における航空戦力と技術力向上の視点から—〉、《政策科学》19卷4号、立命館大学、2012、218頁。

而在日本海軍以航空技術的開發推進以及擴充國內的生產能力為目的，進行組織性改造的過程，是日本海軍在限制了主力艦保有數的華盛頓海軍軍縮條約締結時，試圖彌補與美國間的戰力差，進而展開的海軍航空軍備的轉換。此同時，日本的軍事戰略，為了對應與美國之間經濟力、工業力、技術力的差距而不得不進行戰略轉換的狀況，也說明了對於軍事戰略，技術以及產業有著決定性的影響，進而在海軍內部，設置了統合航空行政的航空本部以及試作競爭的導入等，使得日本國內的航空機製造企業的航空技術往上提升以及加大投資。

1927年4月，海軍設立了統籌航空行政的航空本部，而航空本部的職責，包含了航空機以及航空兵器的研究、實驗、試作、造修補給，以及技術者的養成，都由航空本部全權負責。而1920年代的日本航空機，如上述，都是由外國製造商導入的技術移植，甚至是以外國人作為主要的設計師。因此為了讓日本國內的製造公司，能從輸入模仿階段，過渡到自主研發設計，因此航空本部導入了試作競爭的制度⁵⁴。

⁵⁴ 前掲、岡村純《航空技術の全貌(上) わが軍事科学技術の真相と反省(III)》、37頁。

海軍的航空機開發，會將記載海軍所要求的能力以及樣式的〈計劃要求書〉給予指定的數家企業。並依下列的順序進行審查⁵⁵。

- 一、計畫一般審查：判定基本計畫的可行性。
- 二、木型審查：透過實物模型，判定儀表武器的可行性。
- 三、圖面審查：以圖面判定主要構造部分的設計
- 四、構造審查：在試作第一號機進度的30%以及90%時，分兩次施行
- 五、強度審查：對強度試驗用機體（所謂的0號機）施行破壞實驗，判斷是否符合強度要求
- 六、完成審查：第一號機完成後，除了依前各號審查成果做出總合審查外，尚施行剛性測驗以及震動測驗，判斷是否符合強度要求
- 七、飛行審查：交付軍方後，施行的飛行測試、性能測試、實用飛行測試、兵裝測試。

海軍最初施行試作競爭的航空機，是10式艦上戰鬥機的後繼機—3式艦上戰鬥機。在這次的試作中，海軍給出的條件為「一、募集通知後，到制式機決定為止，預定時間在三年內」、「二、所需經費總額在二十五萬日圓以內」等。而這項計畫，分別交給三菱內燃機會社、中島飛行機、以及愛知時計電機三社進行。

這次的試作競爭中，各社除了輸入最新銳的機種、派遣技術者前往海運以及招聘外國技術者等海外先進技術的導入外，對於社內研究機關的強化擴充、設計師的增員等，對於日本技術力的提升也是兢兢業業。這或許也是因為3式艦上戰鬥機除了是海軍最初的試作競爭對象機外，來自國內的各方焦點也是關鍵。

三菱以自社設計的鷹型艦上戰鬥機作為試作機提案，愛知與中島則是以外國設計的戰鬥機為模仿對象並加以改造。最終，3式艦上戰鬥機以中島的提案作為制式機，並持續生產至1932年。而3式艦上戰鬥機的首次實戰，就是在1932年爆發的第一次上海事變，並成功擊墜國民黨的美國製戰鬥機⁵⁶。

航空技術自立計畫是山本五十六在1931年，擔任海軍航空本部技術部長時，所提出的計畫。航空技術自立計畫有兩項實施重點。第一，整合航空機相關的研究設施，並創立一個能夠貫徹航空機之研究、試作、實驗，到最後的審查的完整機關。第二，接手海軍機的獨立開發。

第一項，使用在海軍的實驗飛行隊所在之橫須賀航空隊附近的空地，建造航空廠。並將原本的霞浦海軍技術研究所的航空部、橫須賀工廠造兵部的

⁵⁵ 前掲、岡村純《航空技術の全貌(上) わが軍事科学技術の真相と反省(III)》、38頁。

⁵⁶ 同上註、82頁。

飛行機工廠、發動機實驗部、飛行實驗部等，重新以科學部、飛行機部、發動機部、飛行實驗部收歸於航空廠，另外再新設兵器部以及總務部。而透過這項重編計畫，讓原本不屬於海軍航空本部的海軍技術研究所、橫須賀工廠併入航空本部，並使其擁有直屬的研究機關。

而第二項計畫，則是在山本就任部長後，就立刻交付部員，命其提出軍機試作計畫的具體方案。將原本雜亂的新機開發次序，改為以機種為單位，由海軍排定機種設計變更的日程以及方針，並沿用之前的試作競爭模式，將試作的任務交給民間的製造所負責⁵⁷。

經歷中日斷交、西歐施行壁壘經濟政策，以及1922、1930的華盛頓與倫敦軍縮條款⁵⁸以上種種帶來的劇烈衝擊，促使海軍方決心將原本倚賴外國人的飛行機設計，透過連續三年的試作計畫，去培植屬於日本人的飛行機工業。這項計畫，從1931年開始策劃，隔年施行⁵⁹。

日本航空技術自立計畫，在敲定了計畫內容，1932年四月，海軍航空廠創立後，就將民間業者找來，公告了七試計畫。

而七試的試作機種與競爭對象名單如下⁶⁰：

艦上戰鬥機 一三菱與中島的試作競爭

艦上攻擊機 一同上

雙發艦上攻擊機—三菱單社指定

三座水上偵察機—川西與愛知的試作競爭

大型陸上攻擊機—海軍廣工廠

然而七試計畫的戰鬥機試作，並沒有為三菱帶來成功。自3試之後，三菱在戰鬥機試作上陷入瓶頸。而在七試時，啟用了堀越二郎，這個入社年僅五年的年輕設計師，卻不得海軍採納。但在另一方面，隨著日本的中國侵略，在滿洲事變後，三菱航空機進入了快速擴張階段，由1931年的年產67架，躍升至年產181架（表4）。

⁵⁷ 前掲、柳田邦男《零式戦闘機》、32-33頁。

⁵⁸ 兩次的海軍軍縮條約，都無限制飛行機的數量。

⁵⁹ 前掲、堀越二郎《零戦の遺産—設計主務者が綴る名機の素顔—》、14頁。

⁶⁰ 前掲、柳田邦男《零式戦闘機》、34頁。

表4、三菱・航空機部門機體製造之變化

年次	生産數		
	陸軍機	海軍機	合計
1920			
1921		19	19
1922	30	92	122
1923	32	66	98
1924	40	57	97
1925	36	61	97
1926	51	65	116
1927	27	63	90
1928	25	49	74
1929	9	73	82
1930	5	62	67
1931	7	60	67
1932	80	101	181
1933	95	96	191
1934	76	145	221
1935	72	119	191
1936	42	61	103
1937	74	248	322
1938	350	564	914
1939	663	531	1,197
1940	627	520	1,147
1941	800	897	1,697
1942	1,170	1,344	2,514
1943	1,860	2,004	3,864
1944	1,210	2,418	3,628
1945	282	251	533
合計	7,663	9,966	17,629

出所：菱光会編《往事茫茫 三菱重工業名古屋五十年の懐古 第一卷》菱光会、1970、75。 引自：笠井雅直

〈1920年代における航空機産業の研究開発と生産システム：三菱・航空機部門の事例を中心に〉、《名古屋学院大学論集 社会科学篇》37卷1 號、95頁。

第二節、堀越二郎的真實與虛構

堀越二郎，這個名字相信對於很多看過《風起》的人，應該都不陌生。對日本戰鬥機軍事發燒友們來說，這個名字則代表著日本二戰時期最著名的戰鬥機—零式戰鬥機。堀越二郎的故事，隨著宮崎駿在2013年放送的動畫電影《風起》，在終戰後近70年，又一次重回一般民眾的視野中。

在宮崎駿的《風起》中，對於主角「堀越二郎」的人物性格塑造，除了真實的性格外，又加上了許多宮崎駿本人的想法與其父親的些許經驗⁶¹，並在此基礎上，加入了堀辰雄的同名小說《風起》的劇情，在枯燥的人生劇上，增添了淒美的愛情成份。而當回到現實中，究竟堀越二郎這個人物的真實性格究竟如何，而他所具備的性格，又與他能在當時的日本三菱重工內，以三十四歲的年輕設計師之姿，完成日本二戰時期最先進的戰鬥機。這將是本節所討論的重點。

在動畫電影《風起》中，所塑造的「堀越二郎」，是一個從小就立志要成為航空機設計師的逐夢少年。在劇中，不斷透過與「喬瓦尼·巴蒂斯塔·卡普羅尼⁶²」這一位義大利的設計師在夢中的對話，強調了「堀越二郎」在設計師這一領域中的追求。

當然，在現實中並非如此，從堀越二郎的自傳《零戰—其誕生與榮光的紀錄—》他是如此描述自己對於戰鬥機設計師這一職業的起點的。

「以第一次世界大戰為起點，飛行機在戰爭中被使用，是我還是小學生的時候。那時我沈浸在閱讀報紙上的歐洲大戰的報導，特別是在西部戰線的空中戰的報導或是像滿載著以航空機為主要賣點的雜誌，如《飛行少年》《武俠世界》等。尤其是西部戰線中有名的NIEUPORT⁶³、SPAD⁶⁴、FOKKER AEROPLANBAU⁶⁵、SOPWITH⁶⁶等等，歐洲各國的新銳戰鬥機的名字，衝擊著我幼小的心。而且，那時經常夢見我乘著我自己做的小飛機，越過原野、河川，享受著低空飛行的夢。

⁶¹ 宮崎駿・半藤一利〈自分の映画で泣いたのは初めてです—《風たちぬ》戦争と日本人—零戦の誕生、関東大震災……ただ懸命に生きた時代の証言〉、2013.8.1、《文藝春秋》第91卷第9号、株式会社文藝春秋、99頁。

⁶² 1886—1957。是義大利飛行機製造商卡普羅尼的創辦人。

⁶³ 法國的飛行機製造商，活躍於第一次世界大戰以及戰間期。在1936年因法國的飛行機製造商國有化計畫，與SNCAO合併。

⁶⁴ 第一次世界大戰期的法國飛行機製造商。在1936年同樣因為國有化計畫與SNCAO合併。

⁶⁵ 德國的飛行機製造商。經歷兩次大戰，最終在1996年破產倒閉。

⁶⁶ 英國的飛行機製造商，在第一次世界大戰中，為英法美等國提供戰鬥機。但在戰後面對英國政府要求其繳納戰時得稅，最終倒閉。

而對飛行機的關心，再從中學升入高中時，不知何時從我內心的表面消失了。但是，在大學升學，要決定進路時，少年時代的記憶，又從心底升起⁶⁷。」

而當時的東京帝國大學航空機學科，也不過是剛剛創設，1920年才從講座正是轉成學科的年輕科系。在堀越二郎入學時，學生數不過26人，教官⁶⁸、教授連同兼任教師也不過13人⁶⁹，一切都還在起步中。

讓堀越二郎真正體認到作為一個設計師的重要之處，是在他入學後的一個月後。那時，東大的航空學科有個習慣，那就是請託陸軍或是海軍，讓學生試乘飛行機。這一次的試乘任務，由海軍接下。在霞浦航空隊，堀越人生第一次坐上飛機。當他從飛機上下來後，他才發覺到「飛機的操控者，會用全身去承受異常的力量作用，再觀察外界異常的運動時，還必須讓飛機如自己的手腳一樣，自由的動作。而這必須經過長時間嚴格的訓練。（中略）為了減輕如此挺身挑戰天空的操控者的負擔，做出能輕易操控的飛機，這才是設計者的使命。」這個體驗更加強了他對飛行機設計的心中藍圖⁷⁰。而這段過程，在《風起》中並未被提及。而是直接以簡短的畫面帶過了堀越的大學生涯，是較為可惜的部分。

堀越二郎在書中所描繪的大學時代，在歐美的飛行機歷史尚淺，也沒有構成體系的教學。所以他們是以一個開拓者的精神，自由的追求航空技術⁷¹。或許，這成為了日後，堀越在戰鬥機的設計上，都會大膽採用最新的技術的原因也說不定。可以說，大學時代自由且熱情的探索未知，奠定了堀越未來十年的設計師生涯也不為過。

對於自己的性格，堀越二郎在另一本自傳《零戰的遺產—設計主任所述名機の真相—》是這麼描述的。

「我不管是對談也好，站在台上演講也好，都很害羞，口才也不好。我的強項是，我會自己思考僅此而已。（中略）所以在同樣條件下競爭，用實績分數來評價的話，跟我的個性是最相符，也是最簡單的⁷²。」

這樣的自述，也與《風起》中所描繪的「堀越二郎」的人格特質相符。劇中，堀越二郎時常沈浸在自己的思考中，一心撲在飛行機的設計上，對於

⁶⁷ 堀越二郎 《零戰—その誕生と栄光の記録—》1984、講談社、22頁。

⁶⁸ 當時，大學教員的人力不足，常會由軍方的技術者進入學校擔任教職，故稱為教官。

⁶⁹ 前掲，堀越二郎 《零戰—その誕生と栄光の記録—》、22頁。

⁷⁰ 同上註、23—26頁。

⁷¹ 同上註、26頁。

⁷² 堀越二郎 《零戰の遺產—設計主務者が綴る名機の素顔—》2003、株式会社潮書房光人社、49—50頁。

飛行機設計的任何事物，都投入全心全意。甚至對於細微的數字，都要追根究底。這樣的人物性格，也可以從堀越的後輩—東條輝雄的口中一窺一二。

「（跟堀越先生一起工作）就某方面來，算是很好處理的。不過在公司裡，堀越先生被稱作「挖根的堀越」、「翻葉的堀越」。總而言之，就是會詳細地問事情的經過。所以只要能解釋得通就可以了。比如說，就是這樣的過程中，用這樣的算式計算出的這樣的結果。所以這個零件要用一公釐的厚度來做。只要用這樣的方式說明，堀越先生就會說：「很好，我知道了⁷³。」

不過，在堀越專注呆板的個性中，卻隱藏著一份身為技術者的傲氣。戰後，日本航空禁令解禁後，與堀越一同擔任YS—11這架日本國產的第一架民航機設計的鳥養鶴雄，對於原本懂憬的堀越有了截然不同看法。「實際接觸堀越先生後，他對我們總是以你們這些小孩真的懂嗎的態度對待，幾乎無法溝通。」不僅是鳥養有這種感覺，YS—11設計班裡的年輕設計師幾乎都有這樣的感受。與鳥養同世代的園田寬治也是這樣描述的。「堀越先生是個有點冷漠，很難以接近的人。在軍用機以及戰鬥機領域是最有自信的吧。」而當時在通產省（現在的經產省）負責YS—11，也是找來堀越的堀江寬，對於堀越的性格則是如此描述。「就是一個會注意到細微之處的人。就算大家在開會時，他也會算是沒常識的，完全不考慮在這種場合該不該提出這種問題，就直接脫口而出。」最後，擔任YS—11設計主任的佃泰三對堀越的評語如下「堀越先生，應該說他是一個學者比較合適吧。」

與堀越的好友，也是東大航空學科學生的木村秀政對堀越的回憶，也多為這人就是喜歡追根究底，不喜歡妥協的人物⁷⁴。從這些與堀越接觸的戰前或是戰後世代對於堀越的印象中可以看出，他是個專注於飛行機，沈浸其中的人。擁有所謂的職人特質，卻又像個學者般，擁有強烈的個人特質⁷⁵。也許就是這樣的性格，讓他能完成當時海軍最無理的要求，最後成就了零戰與他自己吧。

當然，宮崎駿也沒有忘記這樣特殊的性格，將它巧妙的轉化到了與海軍開會的橋段裡，「堀越二郎」與「黑川」一同與海軍開會時，堀越是完全沈浸在他的思考中，只是機械式地回答：全力以赴。

⁷³ 前掲、前間孝則《技術者たちの敗戦》、51頁。

⁷⁴ 同上註、52—54頁。

⁷⁵ 前掲、前間孝則《技術者たちの敗戦》、54頁。

第三節、日本設計的第一步

第一小節、七試計畫的開端

1927年四月，堀越進入了三菱航空機（後來的三菱重工）的名古屋製造所，在那裡，遇到了他在三菱時期的長官—服部讓次。並在服部的帶領下，來到當時由三菱招聘的德國設計師，也是斯圖加特大學教授—亞力山卓·巴烏曼博士⁷⁶擔任設計顧問的陸軍戰鬥機設計小組，從那裡開始了他的設計師生涯⁷⁷。進入三菱的飛行機部門後，從計算飛機的性能、強度開始，到設計部分的零件，逐步累積經驗。在當時三菱航空機的代表取締役—涉谷米太郎主張的社內人才培養計劃下，堀越被派往與三菱簽有技術轉讓合約的德國容克斯公司實習，三個月後，又前往英國，而後轉往美國學習技術⁷⁸。

1932年，也是日本飛行機國產計畫實施的第一年，海軍將當時最重要的四種機種⁷⁹的七試機分派給民間公司進行試作競爭。此年，是堀越入社的第五年，也是他人人生精華十年的開始。

如在前一節所提到的航空自立計畫，由時任海軍航空本部長的安東昌喬中將、航空本部技術部長的山本五十六少將、以及航空本部總務部長前原謙治等人所提出。計畫中將原本散亂在海軍各部的航空機相關部門進行整併，設立統合航空機之研究、試作、實驗、審查的「海軍航空廠」（後改稱海軍航空技術廠），設址在橫須賀，並著手進行海軍機種的開發。初代廠長為枝原百合一中將⁸⁰。

1932年4月，海軍航空本部召集了日本國內航空機會社各社的代表前往航空廠。而被召集前往海軍航空廠的，除了隸屬於海軍廣工廠以及新設的航空廠技師外，作為海軍機的指定製作工廠的三菱航空機、中島飛行機、川西航空機、以及愛知時計電機等四個民間代表公司。此次找來可說是當時日本航空機產業的領頭人物以及公司代表，不為別的，就是要討論有關海軍全新的航空政策。三菱的代表中，出身機體設計課，以課長服部讓次為首，尚有松原元以及堀越二郎三人。這是入社五年來，堀越二郎首次出席如此重要的會議⁸¹。會上，海軍航空廠廠長枝原百合一以及代表海軍航空本部出席的前

⁷⁶ 生卒1875—1928。德國的航空技師。斯圖加特大學航空工學與汽車工學的教授。在日期間為1925—27年。

⁷⁷ 前揭，堀越二郎《零戰—その誕生と栄光の記録—》、27—29頁。

⁷⁸ 同上註、31頁。

⁷⁹ 分別為艦上戰鬥機、攻擊機、特殊爆擊機、偵察機等四種。

⁸⁰ 前揭，柳田邦男《零式戰鬥機》、26頁。

吉村昭《零式戰鬥機》株式会社新潮社、1978、18頁。

⁸¹ 前揭，柳田邦男《零式戰鬥機》、26—27頁。

原謙治相繼強調七試計畫是海軍航空機製作技術邁向完全自立的第一步，而計畫的成功與否將左右日本航空機技術的未來。這就意味著，海軍將嚴格禁止各社隨意的模仿外國機種的設計，而為了技術的進步，應該採用自行設計的方式去完成這次的計畫⁸²。

七試的試作機種與競爭對象名單如下⁸³：

- 艦上戰鬥機 — 三菱與中島的試作競爭
- 艦上攻擊機 — 同上
- 雙發艦上攻擊機 — 三菱單社指定
- 三座水上偵察機 — 川西與愛知的試作競爭
- 大型陸上攻擊機 — 海軍廣工廠

這次三菱派出服部讓次、松原元以及堀越二郎三人的原因，就在於海軍在向民間公司下達各機種的試作命令時，就已在事前給予暗示。也因此民間這一側，也習慣在海軍召集開會之前，就決定該機種的負責技師。而服部讓次亦在海軍暗示三菱負責的試作機種時，就決定讓堀越二郎負責艦上戰鬥機，松原元負責艦上攻擊機以及雙發艦上攻擊機⁸⁴。

在服部讓次的提拔下，堀越被任命為三菱七試戰鬥機的設計主任。而從未有完整設計經驗的堀越，面對著這龐大無比的任務，頓時湧現出一股使命感。「將如此不成熟的我，任命為新戰機的設計主任，公司究竟有什麼打算？又或許，正因為是沒有經驗，所以期待我能夠打破這思維與技術上的僵化嗎？又或者再擴大思考，難道日本的航空工業能到要不斷落於世界之後嗎？」就在這股氣勢下，他奮力投入工作之中⁸⁵。但是作為第一次負責戰鬥機的整體開發，面對海軍的高性能要求，堀越陷入沈思。

七試艦上戰鬥機的性能要求如下⁸⁶：

- 最高速度 — 高度3000公尺處，180至200海哩（時速約335到370公里）
- 上昇力 — 4分內，爬升至高度3000公尺
- 翼幅限制 — 10.3公尺以內

⁸² 前掲、吉村昭《零式戦闘機》、18頁。

⁸³ 前掲、柳田邦男《零式戦闘機》、34頁。

⁸⁴ 同上註、35頁。

⁸⁵ 前掲、堀越二郎《零戦—その誕生と栄光の記録—》、31頁。

⁸⁶ 前掲、吉村昭《零式戦闘機》、19頁。

對比當時在前線服役的海軍90式艦上戰鬥機（中島製，雙翼型式）的最高速度是時速280公里、上昇至3000公尺處的時間為5分45秒、而陸軍的91式戰鬥機（同中島製、單翼）的最高速度為時速300公里。七試艦上戰鬥機的性能要求可說是大幅超越了上述的兩款戰鬥機，可說是跳躍式的成長⁸⁷。在計畫要求書的備考欄中，還寫著「此戰鬥機的目的，作為從航空母艦上起降的單座戰鬥機，並得到優秀的性能⁸⁸。」但留給堀越二郎的時間並不多。依照海軍的計畫要求，試作一號機要在一年內完成，也就是1933年的3月；然而基本設計卻是在兩個月內就要向海軍提出，且必須要獲得肯定。而堀越作為七試艦上戰鬥機的設計主任，若沒有決定基本的設計概念，其餘細部的設計與計算，勢必也無法交付給部下去分攤工作⁸⁹。此時的七試艦上戰鬥機設計小組的成員，以堀越二郎為設計主任，旗下有負責機身的佐野榮太郎、負責設計計算的久保富夫、同為設計計算的中村孝之助、負責裝置配備的畠中福泉等十多名成員⁹⁰。

第二小節、設計的展開

憑著初生之犢不會虎的心情，堀越在七試的設計上，大膽了採用當時世界先進國也仍在實驗的單翼設計。在國際環境與日本國內仍以複翼式設計為主流的時代，單翼的資料幾乎在日本是找不到的。但是「做成複翼式設計的話，不管是公司的工廠、前輩們的手邊、還是設計室的圖庫中，資料到處都有。如果是這種樣式的話，事情就簡單了。但是，從一開始就便宜行事，就算與對手相互競爭而華勝，下一次的試作，必定要吃上苦頭。而且，在外國，單翼型也正在試作研究中，說不定哪時就會出現成功者⁹¹。」

為了單翼型的設計概念，堀越找上了當時任職於海軍航空本部技術部，負責戰鬥機項目的佐波次郎機關中校。佐波次郎是堀越在東京帝國大學航空學科時，大他一屆的學長，且是海軍派去東大的旁聽生⁹²。佐波次郎也認同堀越對七試艦上戰鬥機的看法。

「觀察世界上戰鬥機的趨勢，從速度到各種機能都在快速的發展，往後會出現什麼樣的戰鬥機都不足為奇。低翼型單翼飛機不管在哪國都還未有成功的實用戰鬥機。但各國也都朝著這麼方向前進。

⁸⁷ 前掲、吉村昭《零式戦闘機》、20頁。

⁸⁸ 前掲、柳田邦男《零式戦闘機》、36頁。

⁸⁹ 同上註、56頁。

⁹⁰ 同上註、43-44頁。

⁹¹ 前掲、堀越二郎《零戦—その誕生と栄光の記録—》、32頁。

⁹² 前掲、柳田邦男《零式戦闘機》、66頁。

你（堀越）似乎在技術上仍有遲疑，但就未來性的觀點上來看，此時應該要有所決斷，選擇低翼的單翼飛機這一方向。如果是你的話，沒問題⁹³。」

而佐波次郎也為堀越提供了另一條思路，那就是逆鷗型（W型）的機翼設計⁹⁴。佐波次郎所提出的逆鷗型（W型）設計，是在W型的左右機翼最低處，再各以兩根支架連結到機身，以達到強化結構的效果。但這樣的設計卻與堀越想嘗試的懸臂翼⁹⁵設計有所差別⁹⁶。在堀越二郎於1927年，進入三菱航空機的第一份工作，在亞力山卓·巴烏曼博士擔任設計顧問的陸軍戰鬥機設計小組（鷹型戰鬥機或稱隼型）中協助設計計算時，隼一型戰鬥機最初的設計，便是透過支架作為低翼⁹⁷設置的結構強化，但在實際的木製模型審查階段，被陸軍以下方視線不良為理由，要求改良，進而變更為傘形單翼的設計；變更設計後的隼二型，卻在試驗飛行時，在空中解體⁹⁸。因此，就堀越而言，透過支架去強化結構，不僅還要設計複雜的連結機構，且在重量上也未必會比懸臂翼式的低翼來的輕。就空氣力學來說，支架是個完全無用的累贅，因此無支架的懸臂翼設計勢必更為優秀。取消了支架的設計，自然也沒有必要特意做成逆鷗型（W型）的造型；在機翼的構造上，以往用麻布作為蒙皮的設計也要以金屬蒙皮取代，進而降低空氣阻力⁹⁹。

在決定了機翼的設計之後，七試艦上戰鬥機的基礎配置也提上日程。在引擎的部分，堀越決定以三菱發動機部門自行研發的水冷式六百匹馬力的引擎，當時海軍採用的中島90式艦上戰鬥機的引擎，僅有450匹馬力，時速來到180至200海哩。而在機體的構造上，亦採用最新的半單體造型結構¹⁰⁰，機身蒙皮採用的是鋁合金材質，1931年陸軍採用的中島91式戰鬥機上，也是半單體造型結構的設計¹⁰¹。而在機翼結構以及材質的採用上，堀越最初的想法是以鋁合金作為蒙皮，做出一台全金屬製的飛機，但在聽取了三菱航空機機

⁹³ 前揭，柳田邦男《零式戰鬥機》、68頁。

⁹⁴ 前揭，吉村昭《零式戰鬥機》、20頁。

⁹⁵ 懸臂翼（日文：片持ち翼 英文：cantilever wing）指的是將機翼以無支架或引線的方式設置在機身兩側，僅由機翼內部的機梁支撐其架構。

而以支架或引線作為機身與機翼之連結，以達到結構強化效果的設計，在飛機設計理論中，稱為半張臂翼（日文：半片持ち翼 英文：semi cantilever wing）。

⁹⁶ 前揭，柳田邦男《零式戰鬥機》、69頁。

⁹⁷ 單翼飛機，其機翼的位置可分為高翼（high wing）將機翼設置於機身上段的形式。中翼（mid wing），將機翼設置於機身中段的位置。低翼（low wing）將機翼設置於機身下緣。以及傘型單翼機（parasol monoplane），機翼位於機身之上透過支架或引線連結至機身。

⁹⁸ 前揭，柳田邦男《零式戰鬥機》、59頁。

⁹⁹ 同上註、70-71頁。

¹⁰⁰ 半單體造型結構使用飛機外殼可以貼上去的半結構，半結構由隔框和不同尺寸的隔壁以及桁條（stringer）組成，通過來自機身的彎曲應力來加固加強的外殼。機身的主要部分也包括機翼連接處（wing attachment point）和防火牆（firewall）。

¹⁰¹ 前揭，柳田邦男《零式戰鬥機》、78-79頁。

體工作第一課組裝組的加藤弘的報告後，取消了金屬製機翼的設計。究其原因，卻是當時的三菱金屬工廠沒有能力為小型的戰鬥機機翼進行鉚釘的工序¹⁰²。所以在七試艦上戰鬥機試作機完成時，機翼的蒙皮仍是採用了麻布材料。另外在結構上，得到了來自海軍廣工廠的技術協助。將德國Rohrbach金屬飛行機公司¹⁰³所設計Rohrbach Ro II型飛行艇¹⁰⁴所使用的金屬機翼的技術，也就是在機翼前後兩根機梁之間，加上了加工為Z字型的抗扭轉柱，強化機翼結構以對抗扭轉力¹⁰⁵。統籌了七試的基礎設計案，堀越在1932年5月28日將基本設計書提交至海軍航空本部，在接受試作命令後，已然過去近兩個月的時間。但原本預定使用的三菱七試水冷600匹馬力引擎，卻無法如期完成，在6月時，三菱航空機的高層指示，將引擎置換為用於陸上戰鬥機的空冷式600匹馬力引擎—三菱A4型。為此，堀越在重新設計機身的同時，又必須整理變更後的基礎設計書並提交海軍航空本部¹⁰⁶。

第三小節、七試的飛行實驗

1932年8月，堀越二郎的七試艦上戰鬥機來到了木製模型審查的階段。以海軍航空本部技術部為首的軍官，帶領著海軍航空廠飛行實驗部的駕駛員以及橫須賀航空隊的駕駛員共30人，來到了三菱航空機的試作工廠。這個試作工廠就是在三菱航空機的金屬機組裝工廠內，分出一角進行木製模型的組裝¹⁰⁷。其中，海軍航空本部技術部的官員關注的是木製模型是否有按照設計圖製作，並針對結構面作為重點審查的對象。而在木製模型這一關，最有意見且要求最多的，就是飛行實驗部以及橫須賀航空隊的駕駛員們。特別是橫須賀航空隊的駕駛員，是對所有的機種都做過試驗飛行，並比較各式機種的優缺點，進而推進空戰技術的開發研究的部隊。因此，檢視的目光，更會放在駕駛員座艙的位置、坐姿、視野、操縱桿的位置以及長度、油門操縱桿的位置、機槍的位置以及操作等等，非常的仔細而且深入，並提出修正要求。不過由於在此之前的基本設計、資料審查階段都已經通過的關係，木製模型審查階段所提出的修正，都不會針對機身、機翼等基本構造提出修改，而是

¹⁰² 同上註、84—85頁。

¹⁰³ Rohrbach Metallflugzeugbau 於1922年由Adolf Rohrbach所創立，以飛行艇作為主要商品。在1934年與Weser Flugzeugbau公司合併。

¹⁰⁴ 1923年由Rohrbach Metallflugzeugbau公司開發的四座飛行艇，用於偵查以及轟炸。並在1925年海軍導入，由三菱航空機以及海軍廣工廠合力進行國產化。雖然最終並沒有國產化成功，但其製造經驗卻影響了日本的航空機技術發展。

¹⁰⁵ 前揭，柳田邦男《零式戰鬥機》、86—90頁。

¹⁰⁶ 同上註、93—94頁。

¹⁰⁷ 同上註、96頁。

集中在操縱室內的裝置整備上¹⁰⁸。木製模型的審查在當天下午就結束，而審查結束後的工作，就是試作一號機的製造。為了要在一年內完成並交付軍方，是要在1933年3月進入試驗飛行的階段。為此，在二月就要開始地面測試。那麼往回推算，1932年的10月底之前，就要完成所有細部的設計¹⁰⁹。

1933年2月，三菱的七試艦上戰鬥機試作一號機的組裝完成，引擎也以安裝完畢，就等著飛上天空。在引擎啟動測試完畢後，拆分為數個部分，分別以牛車運往各務原飛行場，並在各務原的格納庫中重新組裝。3月，一號機的試驗飛行正式開始。測試駕駛員是梶間義孝。在坐上一號機後，梶間義孝啟動引擎，慢慢推動油門操縱桿，引擎帶動了螺旋槳，進行慢速旋轉測試然後繼續推動油門操縱桿，進一步拉高螺旋槳的旋轉速度，如此反覆的控制油門操縱桿，確認引擎的狀態以及油門操縱桿的反應。接著，檢測升降舵以及方向舵，降落裝置的煞車性能。在各種裝備的檢查完成後，接著是地上滑行測試。在服部讓次等人的見證下，一號機完成了首次的飛行¹¹⁰。

一號機的首次飛行，在梶間義孝平安的降落在機場中結束。但測試過後的一號機，引擎蓋乃至於機身上都沾滿了從引擎噴出的油污。在戰前的日本航空技術中，直到最後都沒有追上歐美的部分，就是引擎的技術。引擎開發的遲滯不僅是日本航空機產業的要害，也是窒礙了日本在航空機性能突破上的最大枷鎖。試驗飛行的第一天並不會進行緊急迴旋、或是高速飛行等危險的試驗。所謂的試驗飛行，會長達數月至一年，依照規定項目的順序進行測試，過程中若出現不合適的狀況，就會先進行修改或是設計變更，才又進行下一個測試。而在梶間駕駛著一號機進行數次的慣熟飛行後，他與堀越不斷的針對一號機的狀況進行討論，這也讓堀越在戰鬥機的設計上又多了更多的經驗。但一號機的試驗飛行卻沒有達到堀越等人所設計的目標。在引擎全開的情況下，速度最快也只有173.9海哩（時速約322公里），海軍要求的速度卻是在3000公尺處達到180至200海哩（時速約335至370公里），而上昇到3000公尺處的時間，也無法達成海軍要求的四分以內。為此，堀越以及負責整備工作的加藤弘，不斷的透過與駕駛員的意見交換，進而針對飛行的安定度以及操縱性進行強化，主要是在輔助翼以及水平尾翼的升降舵、垂直尾翼的方向舵的大小以及造型進行改良。但在針對尾翼的部分進行改良的過程中，堀越忽略了一點，在變更尾翼的方向舵時，並未連同垂直尾翼的主骨架一同強化，使得使用較大的尾翼方向舵在承受更大的風壓時，對尾翼的主骨架造成擠壓，這個問題，在試驗飛行開始三個月後，1933年7月1日，進行飛行試驗的最後一個項目，俯衝測試時引發了最嚴重的後果——一號機在空中解體。梶間義孝駕駛著一號機攀升到3000公尺的高空，進行俯衝測試，卻在2000公尺

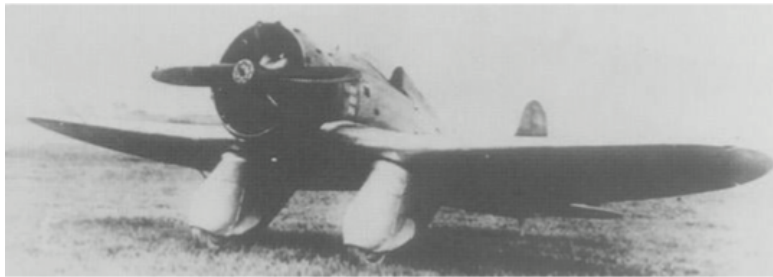
¹⁰⁸ 前掲，柳田邦男《零式戰鬥機》、97頁。

¹⁰⁹ 同上註、98頁。

¹¹⁰ 前掲，柳田邦男《零式戰鬥機》、101—106頁。

處，尾翼噴濺出大量的碎片，頓時機身失控，此時梶間義孝利用降落傘成功脫出後，一號機卻是墜毀在各務原飛行場南邊的山丘上¹¹¹。在一號機失控時，梶間義孝仍能冷靜的關閉引擎並觀察損壞的部位後，才啟用降落傘，提供了堀越在事後檢討一號機的寶貴證據¹¹²。對於七試一號機的不滿之處，堀越是這麼形容的，「最大的不滿，就是全部的造型。厚重的機翼、為了確保前方的視線而將駕駛座抬高的機身、過圓的垂直尾翼、像穿了舊褲子一樣的降落裝置，就像一隻笨拙的鴨子。第二個不滿之處，機體表面的突起物太。在飛行時造成空氣抵抗的最大原因就是表面摩擦的點實在多到令人失望。裝備品以及附屬品的排列方式也很雜亂，機體的連結金屬、重量、美觀程度，不滿足的點太多了¹¹³。」

雖然，作為初試啼聲的七式戰鬥機以失敗收場。但是，卻為堀越打下了日後的基礎。從一個初出茅廬的新手，成為了設計出九六艦戰，以及零式戰鬥機，這倆款左右了中日戰爭以及太平洋戰爭初期的「名機」設計者。



（圖一）七試艦上戰鬥機 出處：野原茂〈堀越二郎と零戦〉歴史群像8月号別冊、2013、学研パブリッシング、P56。引自：吉田英雄、〈アニメ〈風立ちぬ〉ともう一つの超ジュラルミン—UACJの研究報告書から読み解く—〉、《UACJ TECHNICAL REPORTS VOL.1 NO.1》、2014、P147。

第四節、小結

為了日本航空機的自立，1927年開始，由海軍的航空本部導入的試作競爭模式，讓兩到三間的民間公司依照軍方發出的指令書中所要求之航空機式樣，彼此競爭以取得海軍的採購。首次的試作競爭，由中島拔得頭籌。而這次的成果—3式戰鬥機，在1932年爆發的上海事變中，成功擊落了中國的軍機。也意味著試作競爭的可行性。

而後，在1930年山本五十六擔任海軍航空本部技術部長時，提出的航空技術自立計畫，在承襲了試作競爭外，尚整合了雜亂的試作計畫。並在1932

¹¹¹ 同上註、107-114頁。

¹¹² 前揭，堀越二郎《零戦—その誕生と栄光の記録—》、34頁。

¹¹³ 同上註、33頁。

年開始，提出了七試計畫。分別給予三菱以及中島。雖然此次的試作競爭並沒有任何一家公司成功，卻也為三菱的日本人設計者培育計畫給予了一定的幫助。

堀越二郎的一生可說是與航空機連繫在一起。而他的故事，亦在2013年為宮崎駿改編為動畫電影《風起》。在《風起》之中宮崎駿透過真實中夾帶著虛構的手法，巧妙的建構了觀眾對於「堀越二郎」的感官形象。在認真中，又帶著一絲浪漫。這樣的人物形象塑造，除了來自堀越二郎真正的性格外，又融入了宮崎駿筆下人物特有的情緒。而對於這個人物，宮崎駿也在採訪中提到，他在這個人物中，注入了一些屬於宮崎駿對於自己父親的回憶。

而堀越二郎真正的性格，除了對於航空機設計的堅持，卻少了宮崎駿所塑造的浪漫。與堀越二郎共同工作的同事或是大學時代的友人，對於他的評價，也多以專注在工作中、沈默少言等居多。而在戰後，堀越二郎退下了戰鬥機設計者的光環後，與新世代的設計師一起工作時，過往的光環，似乎對於堀越二郎在新工作的環境中，帶來了較為負面的觀感。自傲、不通人情等等，人格上的缺陷或是過去經驗所帶來的成就，在他投入民航機設計時，多少帶來了阻礙。

另外，宮崎駿所描繪的「堀越二郎」的成長歷程，也與他自己所說的也些許的不同。堀越雖然在小時候對飛行機抱持著興趣，但真正讓他踏入航空機一途，卻是在他要選擇進路時，才忽然想起小時候對於航空機的喜愛。而在進入東京帝國大學後，首次接觸了飛行機時，讓堀越真正感受到什麼是飛行，以及身為一名設計師應該具有的思維。大學時代自由追求知識的經驗，也為他在日後設計航空機時，就不容易為過去的經驗束縛，而能大膽的追求更新的技術。

他在進入三菱航空機時，是從一名小設計師開始學習，兩年後被澀谷米太郎派往德國容克斯公司學習德國的新技術，而後又轉往歐洲及美國。回到日本後，等著他的，是七試艦戰的試作計畫，那時的堀越二郎還只是經手過幾個零件的設計，對於戰鬥機整體的設計絲毫沒有概念。但，憑著過人的膽試，他毅然決然挑戰了當時日本國內沒有人使用的單翼式設計。對他而言，持續在複翼的基礎上設計，也不過是將前輩們的設計在從倉庫裡拿出來罷了。雖然，在這一次的試作競爭中，他與中島的航空機都不被海軍採用，但是在七試計畫中，堀越二郎也累積了一次完整的設計經驗。這份經驗，在兩年之後發揮了功效。

第四章、航空機產業的成熟與矛盾

第一節、戰時三菱航空機的開發與生產

1934年，三菱航空機與三菱造船兩大日本工業龍頭的合併案在岩崎小彌太的手下完成。一方面，三菱航空機（1928年由內燃機社改名）隨著日本軍的中國侵略，生產量從1931年的年產67架，到了1932年時，年產量已經來到187架之多。相較於航空機的蓬勃，造船就顯得相當危險。1920年代的造船業不況，持續到1930年初期，又遭遇第二次海軍軍縮以及世界金融恐荒的連帶影響下，越發嚴重¹¹⁴。

陸海軍的反對是因為陸軍與海軍在航空機的開發上，是相互獨立且競爭的。但同時，又都採取倚賴民間的方式，陸海軍本身是沒有工廠，且每年撥出的民間航空業助成金都是龐大的金額。因此當時民間的航空機製造會社，都是在軍方的管理與指揮下，如中島是隸屬海軍，川崎是隸屬陸軍。但唯獨三菱是同時接受陸海軍雙方的訂單¹¹⁵。

在這個如川崎同時擁有造船與航空機的大型公司，都因陸海軍各自為政，不得已將原本在川崎造船裡的航空機事業部拆分獨立的年代，三菱卻要將其合併，勢必招來強烈反彈。也因為陸海軍各自為政，陸軍跟海軍都培養聽從自己命令的民間企業，進而維繫，與官（軍）需民營的民間業者之間的上下關係。航空業界團體也就此分出陸軍航空工會與海軍航空工會。甚至在海軍內部，艦政本部與航空本部也激烈競爭。艦政本部監督造船公司，而航空本部則是航空機公司。而且，三菱航空機同時也接受陸軍的訂單，因此陸軍也牽涉其中。海軍的另一項擔憂，則是三菱可能會將用於航空事業的助成金轉而補貼到造船事業的虧損上。

面對諸多反對聲浪，岩崎小彌太在董事會上，大膽說出這麼一番話。

「合併，在技術面上也是對國家有貢獻的堂堂正正的企劃。自己公司的事自己決定，就算造成別人的困擾也無妨。反對的人，不管是軍人或政治家都無所謂，不必去在意。就算合併而導致軍方不再對三菱下單，那又如何¹¹⁶。」

足以見識岩崎小彌太在這件事情上，決不讓步的強勢作風。雖然岩崎小彌太如此強硬，但也派出當時他的心腹—斯波孝四郎與陸海軍斡旋。在斯波

¹¹⁴ 參考濱淵久志〈日中戦争下における三菱財閥の再編課程〉1980、《經濟學研究》第30卷第1号、北海道大学。御園謙吉〈高橋財政期の三菱重工業〉1980、《一橋論叢》第96卷第3号、一橋大学。

¹¹⁵ 前掲、宮川隆泰《岩崎小弥太—三菱を育てた経営理念—》、138—139頁。

¹¹⁶ 前掲、柳田邦男《零式戦闘機》、176—184頁。

的奔走下，成功說服海軍，並承諾不會將用於航空機的援助金，轉用至造船事業上¹¹⁷。而之所以能夠保證不轉移用途，則是因為在1932年10月1日開始實施的「船舶改善助成設施¹¹⁸」，透過政府的新船建造補助，有效減緩當時日本造船業的困境，而34年，海軍第二次補充計劃¹¹⁹更是投資了135萬日圓，用於軍艦的建造。造船業的好轉，最終使軍方同意了合併一事。

而在三菱航空機與三菱造船合併的同時，象徵著日本航空機技術自立成功的九試單戰一九六式艦上戰鬥機的試作計畫來到了三菱等航空機製造公司的桌上。派發給民間的指令書如下¹²⁰：

單戰—中島與三菱
艦攻—航空廠、三菱、中島
中攻—三菱一社指定
大型飛行艇—川西一社指定
中型飛行艇—航空廠
夜間偵察機—愛知與西川
小型水上偵察機—渡邊一社指定

而三菱內部，對於九試艦上戰鬥機的設計，依然交由堀越二郎全權負責。而經歷過七試的磨練與失敗後，堀越二郎在這一次的設計案中，依然採用了前衛大膽的設計。而與前次不同，九試成功的為海軍所採用，代號為九六式艦上戰鬥機。

1936年的二二六事件後，不斷暴走的陸軍勢力，最終在1937年挑起了盧溝橋事變，自此日本進入了戰時動員狀態。1937年7月，陸軍施行了「第一次軍需動員」，隔年施行了「第二次軍需動員」。1937、38年，由陸軍開始的軍需動員計畫之中，陸軍所期望的航空機生產數量各別為1533架及2652架。而這樣的目標，是陸軍機於1936年的實際生產數量305架的數倍之多。也因此，為了達到目標生產數，1938年，同樣由陸軍對主要的航空機製造公司所施行的「第一次以及第二次的生產力擴充計畫」，在這兩次的生產力擴充計畫中，針對機體的部分，到1939年3月為止，生產能力要求為年產3960架（第一次）；而到同年9月則上升到5460架（第二次）¹²¹。1939年12月，再一次對製造公司發出「第三次生產能力擴充計畫」，機體數量的要求則是到1941

¹¹⁷ 前掲、宮川隆泰《岩崎小弥太—三菱を育てた経営理念—》、139—141頁。

¹¹⁸ 時局匡救事業の一環，解體舊有船艦並建造新船時，會由政府支給補助金。

¹¹⁹ 為了填補倫敦海軍軍縮條約中規定的海軍軍艦上限，與第一次補種計相同，以補充軍艦數量為目的。

¹²⁰ 前掲，柳田邦男《零式戰鬥機》、131—132頁。

¹²¹ 防衛庁防衛研修所戰史室《陸軍航空兵器の開発・生産・補給》、朝雲新聞社、1975年、200—202頁。

年9月為止，生產6818架¹²²。而以生產能力擴充為前提，陸軍在1939、1940年度的生產計畫又提升至4600架以及5300架。

另一方面，與陸軍的航空機增產同時進行的海軍航空機增產，則是在1937、1938年施行的第三次、第四次海軍軍備擴充計畫。而海軍的計畫基礎，則是在1938年11月施行的「第一次製造能力擴充計畫」以及1941年的「第二次製造能力擴充計畫」，而兩次計畫所設定的生產目標則分別為3024架以及5568架¹²³。

而三菱，在陸軍及海軍各自施行的航空機增產計畫中，扮演著相當重要的生產者角色。一方面，在陸軍於1938年施行的「第一次以及第二次的生產力擴充計畫」中，年產目標3960架及5460架之中的480架以及660架被交付到三菱重工。甚至到了1939年的「第三次生產能力擴充計畫」時，目標生產架數6818架之中，三菱負責1296架之多。而在海軍的部分，1938年的「第一次製造能力擴充計畫」設定的3024架中有900架，而1941年的「第二次製造能力擴充計畫」設定的5568架中有1644架是交由三菱生產¹²⁴。

而由上一章的表四可以看出，自1938年起，三菱生產的陸軍機以及海軍機的數量比之前一年1937年有了大幅度的成長，尤其是陸軍機更是成長了四倍之多。然而，1938至1941年之間，三菱的航空機生產數量成長幅度卻不如預期，而這卻是因為自1937年後雖然日本的航空機生產數量急增，但是實際上真正的生產擴充，也就是舉全國之力進行生產，卻是在1942到1944年的太平洋戰爭時期¹²⁵。

1937年7月7日，盧溝橋事變發生後，作為日中戰爭的主力機一九六式艦上戰鬥機，在1937年八月也為因應海軍作戰上的需求，而產量大增。為了確保各製造會社能順利增產，海軍在同月，召集了中島、愛知、西川等航空機製造企業，以及材料公司，在三菱重工業名古屋航空機製造所召開第一次增產會議。同月又另召開第二次增產會議，以確保九六式艦上戰鬥機的增產能順利進行。

1937年10月，十二試艦戰的計畫要求書來到了堀越二郎面前，這是堀越二郎人生中所設計的最為人所知的一架戰鬥機，亦是日本走向無限戰爭動員的開始。

¹²² 同上註、254頁。

¹²³ 日本海軍航空史編纂委員會編《日本海軍航空史(3)制度・技術篇》時事通信社、1969年、328頁。

¹²⁴ 前掲、防衛庁防衛研修所戰史室《陸軍航空兵器の開発・生産・補給》、202頁、254頁。

前掲、日本海軍航空史編纂委員會編《日本海軍航空史(3)制度・技術篇》、328頁、335-336頁。

¹²⁵ 引自米國戰略爆擊調查團〈太平洋戰爭報告書〉。富永謙吾編《現代史資料》39、みすず書房、1975、101頁。

所有的人事務都直接由國家掌控的總力戰體制，也在1938年的「國家總動員法」通過後成型，濃烈的煙硝味就向日本襲來¹²⁶。而在1941年，對美開戰後，三菱的航空機生產又迎向另一個高峰。

表5、戰時三菱主要機種生產狀況（1935－1945）

機種名		製造期間											合計
		1935	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	
海軍機	九六式艦上戰鬥機	○	○	○	○	○	○						782
	九六式陸上攻擊機		○	○	○	○	○						636
	零式觀測機		○	○	○	○	○	○	○	○	○		346
	九八式陸上偵察機					○	○	○					50
	零式艦上戰鬥機					○	○	○	○	○	○	○	3,834
	一式陸上攻擊機					○	○	○	○	○	○	○	2,436
	雷電（局地攻擊機）								○	○	○	○	476
陸軍機	九七式司令部偵察機		○	○	○	○	○						437
	九七式重爆擊機		○	○	○	○	○	○	○	○	○		1,703
	九七式輕爆擊機		○	○	○	○	○						636
	九九式襲擊機					○	○	○	○	○			1,461
	一〇〇式司令部偵察機					○	○	○	○	○	○	○	1,742
	一〇〇式輸送機						○	○	○	○	○		488
	四式重爆擊機									○	○	○	606

出典：三菱重工業株式会社社史編纂室編《三菱重工業株式会社史》、三菱重工業、1956、621－622頁。引自：笠井雅直〈戰時下における航空機産業の研究開発と生産システム：三菱・航空機部門の事例を中心にして〉、《名古屋学院大学論集 社会科学篇》37卷3号、名古屋学院大学、2001、97。

¹²⁶ 前掲、宮川隆泰《岩崎小弥太－三菱を育てた経営理念－》、181－184頁。

第二節、純日本製戰鬥機的開端

第一小節、試作命令

1934年2月，海軍再次發出了試作指令。派發給民間的指令書如下¹²⁷：

單戰—中島與三菱

艦攻—航空廠、三菱、中島

中攻—三菱一社指定

大型飛行艇—川西一社指定

中型飛行艇—航空廠

夜間偵察機—愛知與西川

小型水上偵察機—渡邊一社指定

而九式單戰，之所以以「單戰」為名，是因為對於速度、續航力、登艦的要求減少，轉而要求更高的速度、上昇力、以及戰鬥力¹²⁸。這個名稱也與山本五十六與佐波次郎有關。昭和六年（1931），山本五十六在接掌海軍航空本部技術部部長一職後，找來海軍技術部中負責戰鬥機研究的佐波次郎，山本對於戰鬥機的疑問是，「為何海軍的戰鬥機速度會如此緩慢？陸軍的飛機擁有更快的速度，但轉為海軍的戰鬥機後，為什麼只能發揮出175海哩的速度？」而這是因為，與以飛行場為基地的陸軍機不同，海軍的戰鬥機必須要以狹窄的航空母艦作為基地，也因此限制了海軍機的速度。對此，山本五十六認為，為了遷就從航空母艦上起降而將海軍機的速度，是件本末倒置的事。「戰鬥機必須要變得更快。總而言之，你們（佐波等航空技術部員）試著做出時速兩百海哩以上的海軍戰鬥機吧。為此，不需要考量母艦也可以，當成從陸上基地出發就可以了。做出兩百海哩的戰鬥機後，再來改裝赤城、加賀等航空母艦。這是我以技術部長的權限讓你們去做的，因此你們就暫且忘記航空母艦，推進戰鬥機的設計以指導民間就好¹²⁹。」從這件事來看，在山本五十六的思維中，對於戰鬥機應該是要有更高的速度與性能，也因此在此七試計畫中，對於艦上戰鬥機的速度才會要求至兩百海哩。而佐波次郎也以山本的思想作為推進海軍戰鬥機的計畫核心，透過七試計畫樹立基本路線後，進而在九試計畫近一步的提高了性能的要求。因此九試計畫中的戰鬥機，並不像七試一樣冠以「艦上」的前綴，而是改為單座戰鬥機，就是不希望因為艦載用途，而箝制了技術的推展。

¹²⁷ 前揭，柳田邦男《零式戰鬥機》、13頁。

¹²⁸ 前揭，堀越二郎《零戰の遺産—設計主務者が綴る名機の素顔—》、20頁。

¹²⁹ 前揭，柳田邦男《零式戰鬥機》、131—132頁。

九試單座戰鬥機計畫要求書的要求如下¹³⁰：

最高速度—高度3000公尺處、達190海哩（時速352公里）以上

上昇力 —達到高度2000公尺處、6分30秒以內

燃料 —正規200公升以上

武裝 —7.7公釐固定機槍兩架、無線電裝置只有接收功能

尺寸 —全機翼長度11公尺以內、全機身長8公尺以內

確認了九試戰鬥機的設計要求後，服部讓次重新選定了堀越二郎的設計小組成員。如在七試時期的久保富夫、畠中福泉等與堀越相處愉快的成員皆被保留下來，而後新加入的曾根嘉年，為堀越的團隊注入了全新的力量。曾根嘉年從九試開始，一路跟隨堀越二郎，參與了零戰以及未完成的烈風戰鬥機的開發，可以說是堀越二郎左右手一般的人物。

1934年二月下旬，海軍航空本部召集了九試計畫負責各機種的公司，進行會議。會上，海軍航空本部的技術官，對九試戰鬥機的計畫重點，是這麼敘述的：「海軍的艦上戰鬥機，依然使用著90式艦戰¹³¹。見到歐美等國不斷出現的新銳戰機，日本海軍的戰鬥機至今能難以與之匹敵。在七試艦上戰鬥機時，雖然三菱與中島都共同努力過，但遺憾的是，在速度、上昇力、操縱性上還是不能滿足海軍的要求。在海軍的立場，這一次所採取的方針是，不在細微的部分束縛設計者，因此希望能以嶄新的設計，達成高速性能的要求¹³²。」這與堀越二郎在見到九試戰鬥機的設計要求書時，所認為的設計重點，是在速度與上升力上，並以此達到戰鬥機整體性能的提升是符合的¹³³。作為艦上戰鬥機性能提昇的最大阻礙，就是在要以較短的滑行距離達到升空以及降落。為此就要降低著陸的速度，因此勢必要提升機翼面積以達到低度飛行的可能。而就海軍針對這一次九試計畫的說明，九試單座戰鬥機不僅不必在滑行距離上加以限制，也不必考慮捕捉勾¹³⁴等裝備，甚至是戰鬥機最重要的旋轉性能也不是考量的重點¹³⁵。

¹³⁰ 前揭，柳田邦男《零式戰鬥機》、137-138頁。

¹³¹ 中島飛行機所開發的艦上戰鬥機，於1932年為海軍採用。

¹³² 前揭，柳田邦男《零式戰鬥機》、142頁。

¹³³ 同上註、138頁。

¹³⁴ 艦上戰鬥機於航空母艦上降落時的降落裝備，裝置於艦載機體尾下方，登艦時，有助於降低速度，進而達到短距離停止的目的。

¹³⁵ 前揭，柳田邦男《零式戰鬥機》、142-143頁。

第二小節、設計的展開

對於九試單座戰鬥機的構想，在堀越腦中不斷的交錯著。首先是機翼的部分，這一次，堀越依然想要挑戰在七試時嘗試過的懸臂式低單翼，但要將表面的蒙皮置換成全金屬製，金屬機翼的實現，在住友金屬開發出超輕鋁合金後，得以實現¹³⁶。再者，對於七試試作機機身上佈滿著大量的突起物，堀越也想試著解決。「七試那數量繁多而又雜亂得表面凸起，真的很糟。就空氣力學的理论來說，機體的表面要盡可能的做到平滑，達到減低空氣的摩擦阻抗之目的是理所當然的。也因此，在製造高速飛機時，摩擦阻抗的問題就很重要。要完成表面的平滑，就不只是設計端的問題，同時也是製程的問題，因此在九試單戰上，從最開始就要與製程單位有緊密的聯繫¹³⁷。」這個解決的方法，就是使用平頭鉚釘，將鉚釘的圓頭擠入鉚釘施作的盲孔中，進而達到表面的平滑。三菱航空機內，對於平頭鉚釘的使用，在1933年由本庄季郎完成的八試特殊偵察機¹³⁸上，就有部分使用的經驗。而平頭鉚釘的技術源自於與容克斯公司的技術轉移¹³⁹。因此從本庄季郎手中取得容克斯公司的平頭鉚釘設計原圖後，堀越認為，要完成符合空氣力學的設計，勢必要在戰鬥機的表面都使以平頭鉚釘的工法，完成機身表面的平滑構造。為此，堀越向三菱航空機機體第一課鐵工組的平山廣次尋求協助，並得到了肯定的答覆¹⁴⁰。

機翼構造與表面的鉚釘工法決定後，讓堀越二郎最為煩惱的問題，那就是引擎的選用。對於戰鬥機機身造型設計不論是造型或是大小，影響最大的就是引擎，因此在進入整體的設計前，勢必要先選定引擎的型號。但在七試艦上戰鬥機時使用的三菱A4型空冷引擎，其漏油問題以及過大的體積，仍未解決。而為了達成九試單戰所追求的高速性能，重量的影響是最為關鍵的。而引擎的大小，又與機身的造型息息相關，引擎越大，就越無法將機身保持纖細。但以三菱的狀況，唯一能夠使用的引擎卻只有A4型；當時有能力生產航空機引擎的，除了三菱，就只有最大競爭對手的中島航空機。雖然當時英、法、德、義、美等國的引擎技術都十分先進，但礙於「航空機自立計畫」中，要求所有設計以及生產的日本航空機都必須使用國產零件，外國的引擎必然是條件外的物品。那麼使用中島製的引擎，對於堀越二郎而言，成為了

¹³⁶ 前掲，柳田邦男《零式戰鬥機》、165—166頁。

¹³⁷ 同上註、144頁。

¹³⁸ 八試特殊偵察機，在1933年1月由海軍單獨指定三菱試作的實驗機種。為本庄季郎完成，並首次採用了伸縮降落裝置、自動操縱裝置等新式裝備，但並未進入海軍的正式兵力編組中，而是作為日後96式陸上攻擊機的模式。

¹³⁹ 最早，從容克斯公司引入的92式重型轟炸機上就有部分平頭鉚釘的使用，但在九試單座戰鬥機上，才在全機施行平頭鉚釘的工法。

¹⁴⁰ 前掲，柳田邦男《零式戰鬥機》、146—147頁。

唯二的選擇。若是以當時三菱的A4型與中島的壽5型¹⁴¹引擎做比較的話，兩顆引擎都擁有600匹馬力的水準，但是結構設計上的不同，中島的壽5型比A4型擁有更小的外型。在九試單戰不必考慮武器的掛載與登艦捕捉勾的情況下，馬力輸出也不是第一優先的選擇，而是在重量以及體積大小。對於堀越二郎決定使用中島的壽5型引擎作為九試單座戰鬥機的心臟，其上司服部讓次雖然表示能夠理解身為一名技術者所追求的理想，但在三菱自身擁有引擎技術的情況下，斷然使用對手的產品，對於公司高層抑或是三菱發動機的開法者而言，都是難以交代的。何況，此時三菱發動機部門在技術開發以及經營面都出現了問題。原本三菱A4型引擎搭載在七試艦上戰鬥機時，三菱發動機設計課以及工作課的技師們，都對這顆引擎抱持了期望，希冀這個引擎能夠成為引擎技術面的突破口，但A4型的故障問題頻傳，而七試艦上戰鬥機亦以失敗收場。九試計畫的到來，再次激起了三菱發動機部門的動力，但堀越選擇了中島壽5型時，在三菱的經營層面來說，就不是一個好消息。但在選擇支持自家的引擎，或是選擇九試單座戰鬥機成功為海軍所支持這兩個大的選擇上，三菱最終選擇了九試單座戰鬥機¹⁴²。

基礎的設計方針都在堀越二郎的腦海中成形後，實際的計算與施作，就是組員們的工作了。眾多細節的設計都必須要仰賴各個班的技師以及技工去思考以及製造。比如引擎的整流罩就是一個很好的代表。在決定以中島壽5型作為動力心臟後，並不是將引擎直接放入引擎室這麼簡單。發動機架、燃料系統、排氣系統（排氣管）、冷卻裝置、整流罩等等，所有有關發動機裝置的設計，那就是動力裝置班所要負責的工作。在整流罩的設計上，不只是外型好看或是單純的流線型而已，必須先畫出數個設計圖，從而製造縮小的木製模型並以風洞實驗測試出空氣阻力最小的設計。而日本針對整流罩進行最完整的風洞測試，就是從九試單戰開始。而在九試單戰中，針對發動機架也施行了新的工法。以往的發動機架只是單純地將引擎以螺栓鎖在機身之上，但這種方法會使得引擎的震動直接傳遞到機身上。是以，這次堀越二郎的動力裝置班就在螺栓上加上了合成橡膠，進而達到減震的功效。而這個方法是從美國導入的¹⁴³。

而在九試單座戰鬥機的整流罩上，還有一個新的發想，那就是增加了整流片。其原因為，空冷式的引擎是從前方吸入冷空氣，進而達到冷卻的效果，

¹⁴¹ 中島壽型引擎的開發，在1929年展開，使用的是來自英國Bristol Jupiter公司所開發的九汽缸單列星型引擎為基礎，並加以改良，為中島國產引擎的第一炮。壽型引擎的名字則是來自Jupiter字首的諧音。壽5型的開發則是在1931年10月，以艦上戰鬥機的搭載引擎作為開發目的進行研究，但在一連串的測試與改良中，仍無法成為一部能有效使用的引擎，為海軍淘汰。

引自高橋泰隆《中島飛行機の研究》、1988、日本經濟評論社、66頁。

¹⁴² 前揭，柳田邦男《零式戰鬥機》、143-151頁。

前揭，堀越二郎《零戰-その誕生と栄光の記録-》、37-39頁。

前揭，堀越二郎《零戰の遺産-設計主務者が綴る名機の素顔-》P20-21頁。

¹⁴³ 前揭，柳田邦男《零式戰鬥機》、185-186頁。

吸入的空氣在經過引擎後，由整流罩後方的散熱鰭片排出。當飛機正以高速飛行時，並不會有冷卻的問題，但引擎最熱的時候，會發生在離陸（離艦）準備升空時，那時引擎全力運轉以帶動螺旋槳，然而速度不夠快，不足以讓足夠的空氣流入引擎，使得冷卻效果不佳。而為了解決這樣的問題，九試動力裝置班就試圖在低速時增加進氣量。他們所想出的方法，便是在整流罩前方增設了整流片，當準備離陸升空時，整流片就會打開，使得進氣量增加，而當升空，開始加速後，整流片又能恢復原狀，進而維持空氣力學的設計¹⁴⁴。這個功能，自然也沿用在零戰的設計上。

當時的飛機，在降落時，時常由於降落裝置的輪子沒有準確的接觸地面，導致飛機往前翻滾，駕駛員喪生的意外。對此，由畠中福泉提出的，在駕駛座後方設置一根保護棒，在飛機翻覆時能夠升起，從而保護駕駛員的生命。而這個主意在堀越採納用，透過與機翼的後緣襟翼（輔助降落用）連動，在飛機降落時自動升起，以減少操作的複雜度¹⁴⁵。這個設計在零戰時，改為在著陸失敗時，由駕駛員主動推動推桿升起。

最後，是堀越二郎在七試時所詬病的降落裝置。最初，堀越想導入在八試特殊偵察機首次使用的伸縮降落裝置，但這個伸縮型的降落裝置，雖然能夠有效的減少空氣阻力，然而結構相對複雜，且有增加重量的疑慮。上文也提過，九試單戰的最大設計概念，就是盡可能的減輕重量。對於大型機的重量來說，使用伸縮降落裝置，對整體的重量不會有那麼明顯的增加。但在小型機要考慮到整體重量從而調整機翼大小的情況來說，增加一個複雜機構所帶來的重量增加，是否能透過空氣力學來彌補，還是需要經過審慎的思考。在九試單座戰鬥機的設計要求上，要將機翼長度控制在11公尺以內，而伸縮降落裝置的使用，能帶來減少多少的空氣阻力，增加多少的速度，在堀越計算過後，僅僅只有3%的增幅。這個微小的增幅，對比當時的伸縮降落裝置必須手動操作，不僅會增加駕駛員的操作時間，還會使得九試計畫的時程拖延三個月之久。在試作競爭中，在期限內完成並交付軍方是最重要的，這個三個月的時間，會成為致命傷。為此，堀越放棄在九試上使用新的裝置，而是針對舊有的固定式降落裝置進行改良，將七試使用的三根支架組成的降落裝置，修改為單一支架的形式¹⁴⁶。

第三小節、日本國產艦上戰鬥機的起點

1月下旬，九試的組裝完成，主翼最終做成了逆鷗型（W型）的懸臂式低單翼，這個設計最初在七試艦上戰鬥機時，由佐波次郎中校所推薦的設計，

¹⁴⁴ 前揭，柳田邦男《零式戰鬥機》、186-187頁。

¹⁴⁵ 同上註、188頁。

¹⁴⁶ 同上註、159-161頁。

但由於結構複雜，七試最終採取了平直翼的設計。而九試之所以採用逆鷗型（W型）的設計，是為了解消駕駛座前下方的視野不良的問題。而採用單一支架的降落裝置與逆鷗型（W型）的搭配也能有效的強化整體的結構。為了進一步優化空氣力學的效果，針對降落裝置的位置與造型大小，堀越都經過審慎的計算。在降落裝置位置的選取上，為避免降落裝置干擾螺旋槳的氣流，而將降落裝置安裝在了螺旋槳的圓周運動範圍之外，因此兩根降落裝置相隔了2.5公尺，相較於七試的2.2公尺來說，可說是外擴不少。而降落裝置本身的設計，則是盡可能的將體積收縮，以減少阻力¹⁴⁷。至於堀越最關心的重量問題，九試的試作機的重量僅僅只有一噸，比起七試的1噸又250公斤，減輕了幾乎25%的重量。這也是在設計階段就針對各部位的材料以及裝備重量的仔細計算¹⁴⁸。



（圖二）九試單座戰鬥機試作一號機。出處：野原茂〈堀越二郎と零戦〉歴史群像8月号別冊、2013、学研パブリッシング、P59。引自：吉田英雄、〈超々ジュラルミンと零戦(2)―超々ジュラルミンの零式艦上戦闘機への適用―〉、《軽金属》66巻、軽金属学会、2016、P97。

九試單座戰鬥機的社內試驗飛行，於1935年的2月4日展開為期一週的測試。駕駛員與七試時相同，皆是梶間義孝。這一次的測試，不僅是服部讓次，以及堀越二郎的團隊；三菱的高層也對九試的測試成績十分在意，派出了名古屋製造所的幹部一同上註往各務原飛行場觀看¹⁴⁹。而戰鬥機最重要的數據，飛行速度，在這一次的測試中，展現了堀越在空氣力學上的設計，使得一號機的最高速度來到了243海哩（時速450公里），遠超過中島飛行機的九試試作機的200海哩（時速370公里）的成績。這份數據傳回海軍航空本部時，並無人相信，當堀越向航空廠提出九試的設計書時，對於速度的推算約

¹⁴⁷ 前掲，柳田邦男《零式戦闘機》、192-193頁。

¹⁴⁸ 同上註、193-194頁。

¹⁴⁹ 同上註、194-195頁。

為220海哩，而航空廠對於堀越設計的九試單戰的速度推算，卻只有215海哩。因此對於一號機實際的飛行數據243海哩，海軍航空本部以及航空廠對此成績都抱持著懷疑的態度¹⁵⁰。同時也對三菱發出了在1935年2月18日進行海軍試驗飛行的通知。當天，海軍航空本部以及航空廠的飛行機部、科學部、飛行實驗部派來了龐大的技術官，要一探三菱一號機的虛實。而這一次的駕駛員換成了小林淑人。在第一天的測試中，小林淑人指出了一號機的最大問題，那就是由於機體的空氣阻力極小，在著陸時，容易使飛機不容易穩定的降落，進而偏離預設的著陸點，使得滑行距離變長。如要作為艦載機使用，在航空母艦有限的著陸跑道上，就容易發生危險。而在海軍所關心的速度問題上，在實際經過海軍的測試以及計算後，確認了一號機的速度是可以超過四百公里的。確認飛機的性能後，小林淑人坐上了整備以及完整掛載了武器以及無線電的一號機（重量來到1380公斤），在三千兩百公尺處的高空，測得了最高時速243海哩（450公里）。但一號機卻沒有直接為海軍接收，而是向三菱發出針對操控性以及作為艦載機的降落問題進行修正，並提出二號試作機以測試完整的性能¹⁵¹。

為了修正一號機的兩個問題點，一、一號機在上昇時會產生機首晃動的問題，在經過風洞測試後，堀越發現是由於因為採用逆鷗型（W型）機翼設計而導致，而在二號機上採取了水平直翼的設計。二、針對降落不穩的問題，則是採取在機翼後方加裝分裂式襟翼¹⁵²，以提高二號機的減速性能以及降落時的空氣阻力¹⁵³。日本在1927年，就由三菱在亞力山卓·巴烏曼博士的指導下，完成襟翼的開發以及使用。此時襟翼的功能還是以增加飛機的上升性能為主，而九試二號機所採用的分裂式襟翼則是由三菱的風洞實驗室主任野田哲夫在1927年開發的¹⁵⁴。而在解決了機身設計的問題後，一號機所採用的壽5型引擎卻又發生了故障。起因是壽5型引擎上搭載了螺旋槳減速裝置，這個裝置的功能在於使螺旋槳能保持在一個最有效率的旋轉速度。但螺旋槳減速裝置的齒輪卻有容易磨損的問題，在一號機的社內飛行測試時，就曾在開始後的十多小時內就故障；在換裝了新的壽5型引擎後，同樣的問題仍未解決。是以引擎的更換成為了一大課題。堀越最終選擇了沒有安裝減速裝置的中島壽3型引擎，比起壽5型的600匹馬力，壽3型的引擎出力來到了750匹馬力。

¹⁵⁰ 前揭，柳田邦男《零式戰鬥機》、197-200頁。

前揭，堀越二郎《零戰の遺産—設計主務者が綴る名機の素顔—》P22-23頁。

¹⁵¹ 前揭，柳田邦男《零式戰鬥機》、202-205頁。

¹⁵² 分裂式襟翼（英文：split flap 日文：スプリットフラップ）是一種安裝在機翼上的活動面，使用的時候會改變翼剖面的弧度，增加機翼可以提供的升力，在低速起飛與降落的時候最常使用。當襟翼向下垂時也會增加機翼的迎風面積而有減速的作用。

¹⁵³ 前揭，柳田邦男《零式戰鬥機》、207頁。

前揭，堀越二郎《零戰の遺産—設計主務者が綴る名機の素顔—》、25頁。

¹⁵⁴ 前揭，柳田邦男《零式戰鬥機》、207-208頁。

前揭，堀越二郎《零戰の遺産—設計主務者が綴る名機の素顔—》、26頁。

二號機在1935年4月完成，機身重量則比一號機多出了一百多公斤，來到1160公斤。但由於引擎出力的提升，飛行速度與一號機一樣為時速450公里¹⁵⁵。

1935年5月，二號機的海軍試驗飛行開始。當時，二號機在雨天升空，駕駛員是望月勇一，飛行測試沒有異常，但在降落時發生了意外，雖然降落時的不穩定問題，已經透過分裂式襟翼解決，然而當時的飛機除了倚靠降落裝置外，在尾翼下方還有一顆輪胎，所以其實是透過三點著地的方式完成起降過程。而在望月勇一駕駛著二號機著陸時，各務原飛行場因連日降雨，滑行跑道積水，當二號機經過積水處時，不慎打滑而使得機尾翹起，造成飛機翻滾。而九試機在島中福泉的建議下，在駕駛座後方設置一根保護棒，意外的在這一次的意外中發揮了功效，沒有人員的損傷¹⁵⁶。二號機的測試，在1935年6月結束，並由海軍接手。所謂的試驗飛行，最初的目的就是針對機體的各部位進行修正以及操縱性能的提升。因此，在海軍接手二號機後，堀越所領導的九試小組以及三菱航空機部門的技師也必須前往橫須賀，進行更進一步的調整¹⁵⁷。而二號機為海軍接手後，所進行的就是空戰性能的測試。針對搭載武器的測試，以及透過與其他戰鬥機的模擬空戰，檢證九試二號機在制空權爭奪上的能力。此時在航空本部內，對於九試二號機所採用的單翼設計，分成兩派，出身橫須賀航空隊的源田實對九試二號機抱持著成見。認為雙翼型的95式艦上戰鬥機¹⁵⁸在空戰的性能上更為優異¹⁵⁹。而在1935年的秋天，展開了九試二號機與中島95式艦上戰鬥機、英國Hawker Aircraft公司生產的Hawker Nimrod¹⁶⁰艦上戰鬥機、法國Dewoitine公司生產的Dewoitine D.510¹⁶¹單翼戰鬥機，而後又追加德國亨克爾飛機製造廠生產的He112戰鬥機¹⁶²等戰鬥機進行空戰測試。在一連串的測試中，九試二號機充分的證明了自身的空戰性能¹⁶³。但九試二號機卻並未如期的為海軍正式採用，主因是二號機在低速飛行時，會出現機翼失速¹⁶⁴的情況，而且中島的壽3型引擎仍然

¹⁵⁵ 前掲，柳田邦男《零式戰鬥機》、209-210頁。

¹⁵⁶ 同上註、212-214頁。

¹⁵⁷ 同上註、217頁。

¹⁵⁸ 中島飛行機於1934年設計的雙翼戰鬥機，為90式艦上戰鬥機的改良型。於1935年為海軍採用為艦上戰鬥機。

¹⁵⁹ 前掲，柳田邦男《零式戰鬥機》、219-220頁。

¹⁶⁰ 英國Hawker Aircraft公司於1932年開始生產的雙翼單座戰鬥機，並於1934年為日本帝國海軍以樣品機的形式引入一架。

¹⁶¹ 法國Dewoitine公司於1930年生產的單翼戰鬥機，最初的型號為Dewoitine D.500。在換裝新的引擎後更名Dewoitine D.510。並於1935年9月為日本帝國陸軍及海軍分別購入一架作為樣品機。

¹⁶² 德國亨克爾飛機製造廠於1935年完成的試作機，原本日本帝國海軍以作為中國戰線的戰鬥機購入12架，但比起日本國產96式戰鬥機，性能較差，最後作為訓練機。

¹⁶³ 前掲，堀越二郎《零戰の遺産－設計主務者が綴る名機の素顔－》、43-44頁。

¹⁶⁴ 機翼失速，指的是飛機的上昇力在突破零界點時，會大幅失去上昇力，造成飛機的飛行高度快速將低。

頻頻故障¹⁶⁵。引擎的問題，最後是在海軍本部的直接裁示下，換裝了中島的壽2型六百匹馬力的引擎，最高時速也降低至410公里。「就算能引導出在快的速度，但引擎故障的話就無法戰鬥。難得的優秀機體也一樣，無法量產、並投入實戰的話，就沒有意義。此時應該犧牲速度，搭載經過信賴度以及耐久度實證的引擎，並開始生產。」這是航空本部戰鬥機主管部門的澤井秀夫所提出的現實層面的意見，而也被海軍採用¹⁶⁶。而機翼失速的問題，主要的原因是九試二號機在機翼的尾端設計為較薄的橢圓形。但纖細的機翼尾端，卻會在急速上昇時，造成機翼的攻角¹⁶⁷過大，進而造成升力的失去。這個問題，在堀越查閱了容克斯公司的資料後，得到了名為錐形彎度（conical camber）的技術。這個技術主要是將機翼的角度在靠近機身的部分以及機翼尾端分別作出不同的角度，從機翼的根部，往機翼尾端逐漸往下折彎，使根部以及尾端的攻角不同，進而推遲機翼尾端屆臨失速的時間。這個概念，在經過堀越的風洞測試後，得證是有效的¹⁶⁸。而這個技術（概念）在今日仍被使用於飛機上。



（圖三）美國波音公司於2003年生產的F-22戰鬥機，其機翼就有採用錐形彎度的技術。圖片引自：[HTTP://WWW.VEHICLEHI.COM/AIRCRAFTS/AIRCRAFT/AIRCRAFT_MILITARY_F22_RAPTOR_1600X1000_WALLPAPER_27908](http://www.vehiclehi.com/AIRCRAFTS/AIRCRAFT/AIRCRAFT_MILITARY_F22_RAPTOR_1600X1000_WALLPAPER_27908)

改良完成的九試，於1936年11月為海軍採用。隨著中日關係越發緊張，1937年中日兩國陷入全面的戰爭狀態。同年9月，日本向南京發動攻擊。此戰中，九試一制式代號九六艦戰以其優異的性能，壓制中華民國的空軍—此

¹⁶⁵ 前揭，柳田邦男《零式戰鬥機》、224—225頁。

¹⁶⁶ 同上註、227—228頁。

¹⁶⁷ 機翼相對於空氣運動時，把空氣切開的動作稱為攻擊，攻擊角度就是機翼切開空氣時的角度。簡單的說，攻角就是機翼的軸線之方向與機翼運動方向之夾角。

¹⁶⁸ 前揭，堀越二郎《零戰の遺產—設計主務者が綴る名機の素顔—》、27頁。

前揭，柳田邦男《零式戰鬥機》、228—229頁。

時中華民國的空軍，其主要機種軍購自美、英、蘇聯，也就是說，與日本機戰鬥的都是先進國的機種¹⁶⁹。

也因此，此戰的勝利同時詔示著日本的航空技術自立計畫的成功。而《風起》之所以將結尾收在這個階段，也是宮崎駿深知，九六艦戰是以戰爭打響了名號，零式更不用說，完全是在戰爭狀態下的產物。對於秉持反戰態度的他來說，零戰已經是戰爭畫上等號的東西。

選擇將「堀越二郎」的辛勞畫面，停留在九試試飛成功，一來可以淡化日本航空產業與戰爭的最直接聯想，再者，也能加強「堀越二郎」人物設計上的夢想追求者這一形象。如同在電影中，「堀越」與「本庄」的這一番對話，「我們又不是軍火商，只是想做出好的飛機罷了。」

然而三菱的飛行機部門，抑或是戰前日本的飛行機業界，早已與戰爭密不可分。畢竟，一切的開端，都來自軍隊；發展途中，來自陸海軍航空本部的技術指導與試作指令更是直接說明，業界與軍部的緊密關係。只能說宮崎駿在《風起》中，想要塑造的人物形象與真實的歷史與人物，是截然不同的。僅僅是借用了故事與人名罷了。



(圖四) 96式艦上戰鬥機 圖片來源：[HTTP://WWW.MHL.COJP/CATS/AIXPLANE/PHOTO/PRESEA/96SENTOU.HTML](http://www.mhl.go.jp/cats/aixplane/photo/presea/96sentou.html)。引自：吉田英雄、〈超々ジュラルミンと零戦(2)－超々ジュラルミンの零式艦上戦闘機への適用－〉、《軽金属》66巻、軽金属学会、2016、97頁。

¹⁶⁹ 前掲，堀越二郎 《零戦－その誕生と栄光の記録－》、44－46頁。

第三節、名機的誕生

第一小節、矛盾的戰鬥機設計要求

1937年10月，十二試艦戰的計畫要求書，被交到了三菱與中島兩社手中。要求書與九六艦戰相比，速度、續航力、火力的增強是本次試作的重點，當然，運動性也是一大重點。十二試艦戰的計畫要求書如下¹⁷⁰：

- 一、用途—作為掩護用戰鬥機，具備比敵方輕戰鬥機更優秀的攻佔性能、作為迎擊用戰鬥機，捕捉漸減敵方的攻擊機
- 二、最大速度—高度4000公尺處，達270海哩（時速500公里）以上
- 三、上昇力—達到高度3000公尺處，3分30秒以內
- 四、續航力—
 - 正規狀態：高度3000公尺，以最大馬力前進，1.2至1.5小時
（注：換算成巡航時間為2.5至3小時，加上全馬力空戰30分鐘）
 - 過負載狀態：高度3000公尺處，以最大馬力前進，1.5至2小時
（注：換算成巡航時間為五小時，加上全馬力空戰30分鐘）
- 五、離陸滑行距離—風速12公尺/秒時，在70公尺以下
- 六、著陸速度—58海哩（時速170公里）以下
- 七、滑行降下率—3.5公尺/秒乃至4.0公尺/秒
- 八、空戰性能—不得低於九六式二號艦上戰鬥機一型（A5M2A）
- 九、機槍—九九式20公釐一號固定機槍 2架
九七式7.7固定機槍 2架
- 十、炸彈（過負載）—60公斤炸彈 兩個以及30公斤炸彈 2個
- 十一、無線電—九六式空一號無線電話機 1組
夕式空三號無線電測向機 1組
- 十二、其他裝置—
 - 氧氣吸入裝置 1組
 - 滅火裝置 1組
 - 夜間照明裝置 1組
 - 一般儀表 1組

¹⁷⁰ 前掲，堀越二郎《零戦の遺産—設計主務者が綴る名機の素顔—》、136頁。

十三、強度—

A 狀態（急上昇後期）

載荷因數¹⁷¹ 7.0 安全係數¹⁷² 1.8

B 狀態（急上昇前期）

載荷因數 7.0 安全係數 1.8

C 狀態（基於急降下限制速度）

載荷因數 2.0 安全係數 1.8

D 狀態（倒立飛行狀態下急上昇）

載荷因數 2.5 安全係數 1.8

十二試艦戰的計畫要求可以說是非常嚴苛。而海軍之所以給出如此苛刻的條件，是基於中日戰爭前線所回饋的要求。在七試以及九試計畫中，都是針對歐美的戰鬥機的性能進行比較以及檢討後，所提出的設計需求；以站在後發追趕者的立場，奮起直追，並從單純的性能面作為要求的重點¹⁷³。而十二試艦戰則以以往不同，是海軍站在實際戰爭的運用上，提出的設計需求。也因此，即使在性能要求上幾乎無理的情況下，軍方也以活化戰訓為由，強硬的要求貫徹以上的條件。

但，要做出將這些項目匯集於一身的戰鬥機，對於實際負責的堀越二郎而言，這並不是一件可以輕易做到的事。在堀越看來，這就像是要求一個十項全能的選手，在單項比賽的成績也要媲美單項競賽的選手一樣。但若真能將這樣的戰鬥機設計出來，必定能震驚當時的世界¹⁷⁴。

十二試艦上戰鬥機，在堀越眼中，有幾個是必須注意的要點¹⁷⁵。

一、對於搭載火器與續航力的性能相左的需求，在考慮到有效積載量後，會使體積變得非常龐大。而且又必須使用比競爭對手國低上許多的引擎。

二、不管怎麼削減，在第一項的條件下，馬力負重（將總重量除以發動機的實際最大馬力）都會變得巨大。而大馬力負重的

¹⁷¹ 任何施加在飛機上使飛機從直線飛行偏斜的力都會在結構上產生一個應力；這個力的大小用術語叫「載荷因數」。載荷因數是飛行時的作用於飛機的全部負荷和飛機總重量之比值。例如，載荷因數3意思是作用於飛機結構上的全部載荷是飛機總重量的三倍。載荷因數通常表達為術語「G」，也就是說載荷因數3可以說成3G，或者載荷因數4可以說成4G。

¹⁷² 飛機設計中的載荷因數問題就歸納為確定不同運行條件下正常操作所能期望的最大載荷因數。這些載荷因數稱為「極限載荷因數」。由於安全原因，要求飛機設計成承受這些載荷的時候不會有任何結構損壞。而零戰（十二試艦戰）要求戰鬥機的結構，要能支撐1.8倍的極限載荷因數。1.8這個值稱為「安全係數」，是為高於正常和合理操作條件下的載荷提供一定程度的餘量。

¹⁷³ 前掲，柳田邦男《零式戰鬥機》、245頁。

¹⁷⁴ 前掲，堀越二郎《零戰の遺産—設計主務者が綴る名機の素顔—》、56頁。

¹⁷⁵ 同上註、57頁。

飛行機或是不將機翼的翼面負重（總重量除以主翼面積）減少的話，又會造成飛行性的不足。這是力學上的法則，亦是自然現象。但日本軍方對於空戰性能的要求是十分重視的。日本軍方所追求的空戰性能，是對於旋回性能的重視，也就是狹義的空戰性能。而廣義的空戰性能，將速度視為與旋回性能同等重要的項目。但這件事在當時不被深入思考的原因，就在於必須使用小馬力的發動機這樣的宿命下，在要求載人後的積載量以及運動性後，已無力顧及速度的追求了。也因此，使用比其他國家更低的翼面負重，也就是使用更大的主翼—更大的抵抗—更低的速度，是必然的趨勢。

三、雖然知道理由，但若以散漫的設計態度去執行的話，就會在所有項目上落後對手，成為一架沒有任何優點的戰鬥機。

為此，堀越二郎在設計十二試艦上戰鬥機時，第一個考量的，就是引擎。在他的備案中有二，皆是三菱開發的引擎。第一個是900匹馬力的「瑞星10型」、第二則是1000匹馬力的「金星40型」。雖然金星的馬力較強，若要製造出擁有優異空戰性能的戰鬥機，使用金星引擎是較為可靠的選擇。但，金星引擎有一個對於十二試艦上戰鬥機設計上最大的缺點—重量。金星引擎固然擁有比瑞星引擎更強的馬力輸出，但同樣的，引擎本體過於龐大、重量也較重、油耗量更大。也因此會使得戰鬥機的體型更為龐大，連帶的必須要有更大的機翼、更大的機輪腳等，有如滾雪球一般，讓全部的機體設計膨脹¹⁷⁶。

在堀越的估算下，這樣的戰鬥機總重可能突破3000公斤。而這樣的重量，若是以陸上戰鬥機為設計目的的話尚有可行之處。但，如果以艦上戰鬥機為目的的話，以九六式艦戰的1600百公斤左右的小型戰鬥機，要讓當時的海軍駕駛員接受，都要花上一段時間。超過3000公斤的艦上戰鬥機，在十二試試作競爭中，無疑就是直接將勝利讓給中島¹⁷⁷。

反之，採用瑞星引擎，則能將重量壓在2300公斤左右，而為了戰鬥性能，在主翼的設計上，則能控制在12米左右。而這是堀越所認為的，駕駛員所能接受的範圍。而在這個階段最主要的任務，就是在試作競爭中獲勝。在堀越決定以這樣的引擎配置完成十二試試作後，也得到了服部讓次的同意。在決定了引擎以及機體機翼的設計概念後，堀越二郎將設計班的主要成員找來。分別為加藤定彥、曾根嘉年、以及畠中福泉三人。加藤是海軍機的降落裝置設計負責人，曾根則是在九六艦戰的設計案中，負責強度計算以及飛行機結

¹⁷⁶ 前掲，堀越二郎《零戰—その誕生と栄光の記録—》、51—52頁。

¹⁷⁷ 同上註、52頁。

構設計的優化，而畠中則是負責機槍裝備等兵裝儀表的箇中好手。而這三人也是堀越最得力的助手¹⁷⁸。

堀越將他預先畫好的設計草稿交給三人，並分派任務。加藤負責在九試時期就想使用的伸縮型降落裝置的設計以及裝備、畠中是針對戰鬥機上要安裝20釐米機槍時的詳細設計、而曾根則是負責收納機腳以及機槍的主翼的尺寸及結構設計。在三人的協助下，堀越在數天內就完成了主翼的基本架構¹⁷⁹。就在堀越在設計班眾人的協助下，逐步攻克機體外形的設計時，海軍所要求的眾多性能要逐一在機體上實現，讓十二試設計班的設計者們傷透腦筋。轉眼，時間來到1938年1月，而堀越等人無心享受年節氣氛，因為在1月17日，海軍針對十二試艦戰的設計要求書，在橫須賀的航空廠會議室召開了官民共同參與的研究會¹⁸⁰。

三菱派出了服部讓次、堀越二郎及其他2人，中島派出5人。海軍則以航空本部技術部長的和田操以及航空廠長的花島孝一為首的20名軍官。會議中，和田與花島以對中國的戰爭以及國際情勢的變化為開頭，強調十二試戰鬥機的重要性。而在會前，方從前線回到日本的源田實少校則是以第二聯合航空隊的航空參謀的經驗，講述九六艦戰、九五艦戰在前線的狀況，並以此強調新試作的戰鬥機所要側重的格鬥性能與續航力之重要性¹⁸¹。

在聽完了軍官們的演講後，開始了針對計畫要求書的討論。此時，海軍的航空本部，又針對十二試艦上戰鬥機的設計要求，又增加了幾點的補充要求。補充要求如下¹⁸²。

一、主要尺寸—

(一) 機身要能收納於82.25 X 2.5公尺以內的收納庫，且得拆解

(二) 得以鐵道運輸

二、武裝—20公釐機槍與7.7公釐機槍兩者無主副之分，可同時及個別發射

三、航空廠試作之安全帶裝備可能

四、暖氣裝置裝備以及電熱服使用可能

五、使車輪制動機能確實作動之裝備

六、使用防風鏡之情況要充分考慮後方視野等

¹⁷⁸ 前掲，堀越二郎《零戰—その誕生と栄光の記録—》、54—55頁。

¹⁷⁹ 同上註、55頁。

¹⁸⁰ 同上註、55—56頁。

¹⁸¹ 同上註、57頁。

¹⁸² 前掲，柳田邦男《零式戦闘機》、266—267頁。

而三菱與中島的技術者們在會議中卻幾乎是保持沈默的。只因為在討論時，軍方並沒有任何想要降低要求的打算。但，此時會議的司儀卻突然徵求起設計方的意見。堀越雖然知道他所提出的建議不會被海軍接納，但他仍然說出了民間設計者們的心聲。「要求性能中，有太多相互矛盾的部分，要全部都滿足實在太過困難。在這些要求的項目中，就沒有一項或兩項能夠降低要求嗎？¹⁸³」堀越的話語一出，會場內頓時瀰漫著緊張的空氣。以服部讓次為首的民間代表們，雖然沒有說話，卻都默默的點頭。而與民間代表正面相對的海軍代表們，面對這個突然的質問，開始與旁邊的軍官開始相互竊竊私語著。想當然，這個問題的回答是：不會降低¹⁸⁴。海軍的這個回答，是基於計畫要求書中所載明的目標，都是以考慮到實際的戰事需求以及世界的趨勢從而立案的。性能、負載量、操縱性等項目中，任何一項都是不可動搖的，是以對於性能的要求，海軍不會做任何的退讓¹⁸⁵。

第二小節、十二試艦戰的設計理念

在得知海軍不會在指定項目上有退後的可能後，堀越帶領著設計班埋頭於各種數據與圖紙的計算與繪製。設計的展開，首先是由堀越二郎在腦中構思戰鬥機的基本數據，以過去的資料為基礎，推算機身的重量，進而假設機翼的面積，以及性能的預測。再根據以上的結果，繪製設計草稿，並找來各班班長，向其說明構想、大致的目標數字、以及草稿設計。這個階段性任務，在1938年1月17日前，就大致底定。在離開會場，回到名古屋後的兩個月，堀越除了必須要緊密的連結各班之間的互動外，更要將整體設計的各個部位的製圖完成，因此需要有明確的設計方案。到了這個階段，堀越二郎除了要不斷重整思緒，提高預設的重量、性能、各部位的尺寸等等細項的準確度外，還要整合新的想法以及各種資訊。並將這些修改過的設計資料，仔細地傳達給各班班長。另一方面，還要接收來自各班班長的報告以及提案，並加以檢討。必要的話，還需召集班長們進行商討與協議，進而做出決定¹⁸⁶。此時堀越二郎的十二試艦戰設計小組的組員如下¹⁸⁷：

設計主任：堀越二郎

計算班：曾根嘉年、東條輝雄、中村武

¹⁸³ 前揭，堀越二郎《零戰-その誕生と栄光の記録-》、58頁。

¹⁸⁴ 同上註、P58-59頁。

¹⁸⁵ 前揭，柳田邦男《零式戰鬥機》、267頁。

¹⁸⁶ 前揭，堀越二郎《零戰-その誕生と栄光の記録-》、61-62頁。

¹⁸⁷ 前揭，柳田邦男《零式戰鬥機》、268-269頁。

結構班：曾根嘉年、吉川義雄、土井定雄、楯原敏彥、溝口誠一
、鈴木茂雄、富田章吉、川村錠次、友山政雄
動力裝備班：井上信一郎、田中正太郎、藤原喜一郎、
產田健一郎、安江和也、山田忠見
武器裝備班：畠中福泉、大橋與一、甲田英雄、竹田直一、
江口三善、柴山鉦三、森川正彥
降落裝置班：加藤定彥、森芳武、中尾圭次郎

這兩個月中，堀越腦中翻滾著無數的思緒，而為了完成海軍所堅持的性能需求，就必須要達到四個重點。第一，引擎的選用。第二、螺旋槳的實用化。第三、重量減輕對策。第四、空氣力學設計。首先是引擎，堀越在一月的研究會開始前，就決定要使用900匹馬力的瑞星引擎，而在研究會之後就更堅定這個選項。

而在螺旋槳的部分，由海軍指定，要使用從美國的漢勝公司¹⁸⁸所研發的恆速螺旋槳¹⁸⁹，在海軍購入製造權利後，轉而交付給住友金屬生產¹⁹⁰。所謂的恆速螺旋槳是屬於變距螺旋槳¹⁹¹的一種，會根據飛機的飛行速度，自動調整螺旋槳葉的角度，在低速時角度較小，使葉面接觸空氣的面積變小，高速時角度較大，提升與空氣的接觸範圍，從而使引擎的出力以及螺旋槳的旋轉速度保持在最佳的狀態¹⁹²。如下圖（五）。

¹⁸⁸ 美國漢勝公司（Hamilton Sundstrand），台灣翻為漢勝公司，於1910年代創設，研發飛機的螺旋槳。1929年，波音，Pratt & Whitney，Hamilton，西科斯基和其他公司聯合成立了「聯合飛行器和運輸公司」。

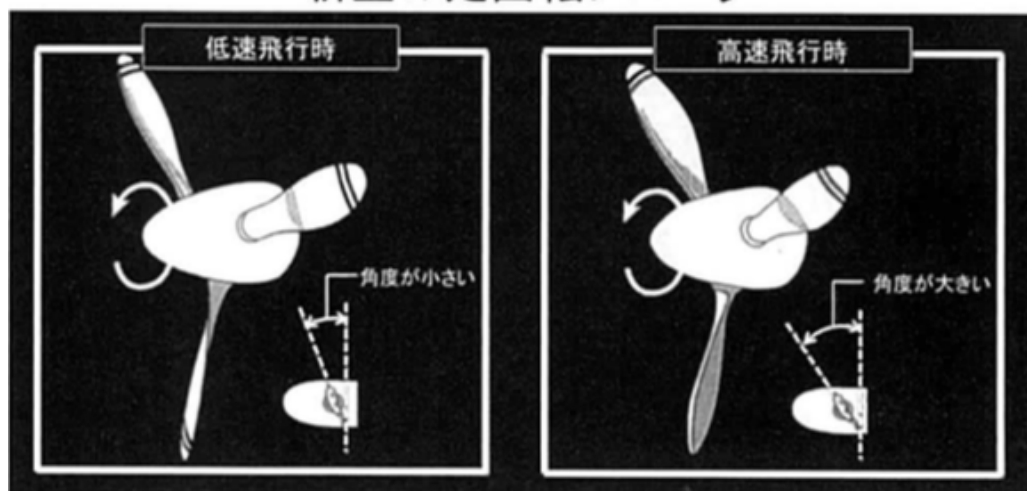
¹⁸⁹ 恆速螺旋槳（英文：Constant Speed Propeller 日文：定回転プロペラ/定速プロペラ恆速プロペラ）為變距螺旋槳的一種。爬升時螺旋槳使用小的節距，因此阻力少。阻力較低導致轉速更高，和更多的功率能力，在起飛和爬升時可以增加性能，但是在巡航飛行時會降低性能。巡航時螺旋槳使用高節距，因此阻力多。更多阻力導致較低轉速，和較低的功率能力，這會降低起飛和爬升性能，但是卻能增加了巡航飛行效率。

¹⁹⁰ 小福田皓文《零戰開發物語—日本海軍戦闘機全機種の生涯—》、株式会社光人社、2003新裝、191頁。

¹⁹¹ 變距螺旋槳（英文：Variable Pitch Propeller 日文：可変ピッチプロペラ）解說請參照上註。或參照臉書粉絲團：安捷飛航訓練中心之解釋。<https://m.facebook.com/apexflightacademy/posts/428889283960842>

¹⁹² 前掲，堀越二郎《零戰—その誕生と栄光の記録—》、63—64頁。

新型の定回転プロペラ



(圖五) 定速旋轉螺旋槳。出處：徳間書店編《零式艦上戦闘機と人間堀越二郎》徳間書店、2013、78。引自：吉田英雄、〈超々ジュラルミンと零戦(2)―超々ジュラルミンの零式艦上戦闘機への適用―〉、《軽金属》66卷、軽金属学会、2016、P97。

而重量減輕的方法，是整個十二試艦戰設計過程中，最為重要的一環。在飛機的重量增加1公斤時，就要針對這1公斤進行部位零件的強化，又會增加些許重量。這些重量在戰鬥機的設計上，莫約會增加1公斤。因此，等於每增加1公斤的重量，就相當於增加了2公斤一樣。而這些重量，又會導致機翼變大的同時，又增加了數百克的重量。不斷的重量增加循環中，又會發生材料使用、工序、價格等的增加。對堀越，這是一個負面連鎖的開始。為了從設計的最初期就避免這樣的連鎖效應，堀越不僅要不斷叮囑自己注意重量，也要求各班的成員要徹底施行對重量的管理¹⁹³。與重量問題並行處理的，就是空氣力學的設計。不管是要增加飛機的速度、續航力，抑或是空戰能力的提升，都必須要仰賴符合空氣力學的設計。首先，機體要能承受20公釐機槍的反作用力，因此設計的更長。而要讓駕駛員的視野變好，使用了突出機身的防風鏡。而在機翼的設計上，考量到要裝載20公釐的機槍、伸縮型降落裝置，以及大量的燃料的同時，還要滿足旋轉性能以及起降時的要求，而將機翼延展至12米長。雖然這會讓重量增加並造成部分性能的下降，但堀越期望能透過空氣力學的追求，盡可能減少性能下降的問題。當然，在九六艦上戰鬥機上使用的錐形彎度（conical camber）的技術，在這一次也要施行在試作機上¹⁹⁴。當堀越在思索如何減輕重量以及強化結構時，住友金屬研究所的五十嵐勇博士，成功的開發出比九試使用的超輕鋁合金更具耐受性的超級鋁

¹⁹³ 前掲，堀越二郎《零戦―その誕生と栄光の記録―》、65-66頁。

¹⁹⁴ 同上註、73-75頁。

合金（ESD），每平方公釐能夠承受60公斤的重量。比之超輕鋁合金每平方公釐所承受的45公斤，可說是跳躍性的發展。堀越在得知超級鋁合金（ESD）的消息後，立刻前往位於大阪住友金屬研究所拜會五十嵐勇博士，並確認了超級鋁合金（ESD）的數據後，決定將機翼翼梁的主材料由鋼材換作超級鋁合金（ESD），不僅能夠強化耐受性，重量亦能減輕四分之一¹⁹⁵。就在堀越的團隊針對十二試艦戰的設計，如火如荼的進行檢證以及製圖的同時，在十二試艦戰互為對手的中島飛行機，退出了試作的競爭。

到了1938年4月13日，同樣在海軍航空廠召開的三菱十二試艦戰計畫說明審議會。在會中，堀越提出了這樣的質問：「從技術面來看，這個發動機（瑞星）不能完全滿足性能的要求。在續航力、速度、運動性這三者間的重要順序，不知道海軍是如何認為的。」針對這個問題，是橫須賀航空隊的戰鬥機隊長源田實少校回答，「艦上戰鬥機是以對戰鬥機格鬥性能為第一優先，而為了確保這項條件，在速度與續航力上可以做出些許的犧牲。」而這樣的意見也得到航空隊的機師們的支持¹⁹⁶。

但，航空場飛行實驗部的戰鬥機主任測試機師—柴田武雄卻以「在日中事變的戰訓中，只要沒有我方戰鬥機的掩護，因敵方戰鬥機所造成的我軍攻擊機的損害是預料之外的大。因此，無論如何，大續航力與高速力並重的單座戰鬥機是十分必要的。而且在追捕脫逃的敵機時，速度是越快越好。格鬥性能的不足可以用操縱用兵技術來補足。所以，比起格鬥能力，更應該重視速度與續航力。」作為反論的立基¹⁹⁷。對於兩方人馬各自強烈的主張，堀越所能做的，就是徹底貫徹既定的方針，也就是針對重量以及空力設計的強化，此外引擎馬力的提升以及恆速螺旋槳的實用化的推進亦是堀越的工作¹⁹⁸。

審議會後不久，4月27日，實際大小的木製模型審查在三菱航空機試作工廠展開。在這之後，對於三菱的十二試艦上戰鬥機的諸多測試與審查逐步展開，持續到以「零戰」之名高飛於天際。實際大小模型審查，是製作出實際大小的模型後，用於試飛實驗前的模型機。以木材製成，而引擎、兵裝儀表等，也多以實際物品的代用品為主。而這個模型的主要目的，是以外型、駕駛艙、乃至於引擎周邊，裝備、機腳、操縱系統各部件的裝載測試以及骨架、點檢窗等等的形狀、配置，甚至是操縱者的視線、操作、點檢全方位的審查。並能逐步修正到讓使用者滿意的地步¹⁹⁹。

當天，海軍派出了十名的軍官到現場，並實際進入到駕駛艙內，模擬飛行的手感。雖然模型的外型得到了海軍一致的讚揚，但在柴田武雄進入駕駛

¹⁹⁵ 前揭，柳田邦男《零式戰鬥機》、288—291頁。

¹⁹⁶ 前揭，堀越二郎《零戰の遺産—設計主務者が綴る名機の素顔—》、76頁。

¹⁹⁷ 同上註、76—77頁。

¹⁹⁸ 前揭，堀越二郎《零戰の遺産—設計主務者が綴る名機の素顔—》、7頁。

¹⁹⁹ 前揭，堀越二郎《零戰—その誕生と栄光の記録—》、86—87頁。

艙內，實際握上操縱桿並檢閱艙內的儀表以及機槍位置後，仍對模型機提出了需多的改良建議。但對堀越而言，這些建議都能使飛行機的設計更加符合使用者。也趁此，開始逐步進行試作機型的調整²⁰⁰。

第三小節、通往飛行的過程

進入到試作機的實際生產階段前，除了要執行針對海軍駕駛員所提出的細部修正外，對於十二試艦上戰鬥機上必須安裝的諸多零件，亦要進行實際的測試以及改良。首先是引擎的供油問題，由動力裝備班的井上佶一郎、田中正太郎等人不斷的進行嘗試與設計的改良。在十二試艦戰上為什麼供油的問題會受到重視，是因為必須作為迎擊戰鬥機使用，此時針對戰鬥機在急速攀升至高空的過程中，一般的供油裝置，在低氣壓的狀態下，會使汽油汽化，進而無法達到供油給引擎。此外，油箱的汽油吸取孔，通常都設置在油箱的底部，就算汽油即將消耗完畢，也能將最後的汽油吸出；但在需要執行翻滾或是倒立飛行時，正常狀態下的吸油孔因為上下顛倒的緣故，就無法準確的供油。也因此，針對汽油汽化以及穩定供油的問題，動力裝備班先針對汽化問題，透過在油箱內部進行加壓的方式解決，那就是將增壓用的幫補設置在油箱內部。但這時會出現一個問題，推動幫補的馬達是使用電力驅動，一但加熱或是接電時產生火花，都會使汽油爆炸。這個問題的解決，是尋求了三菱電機的協助，開發專門使用在汽油箱內的特殊幫補。但只靠加壓還不足以解決汽化問題。當汽油進入油管時，若發生汽化，就會阻擋汽油通過油管進入引擎。是以在十二試艦戰的油管配置上，都以盡可能設計成筆直的造型置，避免油汽在蜿蜒的油管中堵塞²⁰¹。在吸油孔的問題上，首先是在油箱吸油孔的周圍，獨立設置一個能儲存燃料的空間，就能確保油箱內的汽油在戰鬥機於天空翻滾或是倒立飛行時，不會完全吸取不到。另外，將油管延伸入油箱內，增加油料吸取的效率。

結構班則是為了維持強度構造以及減低空氣阻力而日夜工作。主要是針對防風鏡以及機翼整形片的設計以及優化。所謂的機翼整形片，是位於機翼與機身接合處的後端，將流過機翼以及機身的空氣導流，使兩股空氣不會碰撞，進而造成阻力。因此機翼整形片必須要有流線的造型。而十二試艦戰的防風鏡是高突出機身的造型，因此要使空氣能夠平順的流經防風鏡才行。防風鏡的實際設計，就必須經過風洞測試，才能準確的調整設計。氣流只要因為一點線條的變化，就會有微妙的不同，因此防風鏡必須不斷的測試才能找出最佳的線條與設計。最後是武器裝備班，戰鬥機的駕駛艙是非常狹小的空間，內部必須安裝駕駛座、操縱裝置、機槍發射裝置、儀表、以及各種配線，

²⁰⁰ 前掲，堀越二郎《零戦-その誕生と栄光の記録-》、87-89頁。

²⁰¹ 前掲，柳田邦男《零式戦闘機》、301-302頁。

而海軍的駕駛員又針對裝備的擺設是最挑惕的一群。是以武器裝備班不僅要能滿足海軍駕駛員們的胃口，同時還要與動力裝備班針對管線的配置不斷的協商²⁰²。

1938年7月11日，第二次的木製模型審查結束後，海軍突如其來的向三菱發出了更換引擎的通知。打算將十二試艦戰的引擎從三菱自製的瑞星更換為中島製的榮型引擎。對比這兩顆引擎，中島的榮型引擎直徑1.15公尺，比瑞星僅僅多出3.2公分，但重量卻減輕了13公斤。而馬力的部分，榮型引擎則比瑞星多出了50匹馬力，達到950匹的水準；更何況瑞星雖然號稱900匹馬力，但實際出力卻只有875匹左右。若在設計開始前，就將這兩顆引擎都列為選擇，那堀越二郎有可能會選擇中島的引擎，但在經過了一整年的設計，也通過海軍的初步審查後，對於海軍提出引擎更換的要求，堀越並無法理解，畢竟十二試艦戰所有的設計，都是以三菱的瑞星引擎作為基礎。1938年8月8日，堀越二郎前往海軍航空本部，表達對換引擎一事的疑惑。而航空本部對於換裝中島的引擎一事，表示只是單純想要使用更好的引擎而已。但對於設計方來說，這並不是一個有力的答案。但對於海軍的命令，也只有接受一途。但考量到設計變更所需要的時間，海軍與堀越二郎達成共識，十二試艦戰的一號以及二號試作機仍然以三菱的瑞星作為引擎，三號機以後則改為中島的榮型引擎²⁰³。1938年的後半年，堀越二郎以及其設計小組，就在設計變更以及製圖中度過。並趕在12月26日前，要將機體組裝完畢，以進行第一次的實物結構審查。為期兩天的審查，也順利的結束。

第四小節、飛行與強度測試

1939年1月，三菱的組裝工廠中，正在對三台試作機加緊趕工。一架是要提供給海軍航空廠進行強度以及震動測試的實驗機，其餘兩架則是試作一號以及二號機。實驗機與兩架試作機在造型、尺寸、以及結構上並無不同，但面對的挑戰以及命運卻截然不同。實驗機上，沒有搭載引擎或其他的任何裝備，因為在通過海軍的震動測試後，這一架實驗機，就要被施以強度測試，在實驗機上加掛鉛塊，模擬戰鬥機在飛行時所承受的壓力，並不斷增加掛重直到機身無法承受負載而變形。而震動測試，是透過風洞實驗，檢測在高速時是否會引起劇烈的震動，以及是否有失速以及顫振²⁰⁴等問題。在震動測試中，對於十二試艦上戰鬥機的顫振發生速度，推估為在時速九百公里時才會

²⁰² 前揭，柳田邦男《零式戰鬥機》、302-304頁。

²⁰³ 前揭，柳田邦男《零式戰鬥機》、305-306頁。
前揭，吉村昭《零式戰鬥機》、75-77頁。

²⁰⁴ 顫振（英文：flutter）氣動彈性力學中，顫振是彈性體（如機翼、尾翼等結構）在氣流中發生的不穩定振動現象。飛機顫振是作用在機翼、尾翼等結構上的非定常空氣動力、慣性力以及彈性力耦合引起的振幅不衰減的自激振動。

發生。另外，航空廠亦對尾翼的設計提出修正建議。機尾的部分將垂直尾翼向後挪移，水平尾翼的位置則是向上抬昇，但尾翼的修正是大幅的設計變更，在一號機以及二號機上只做了穩定度的補強²⁰⁵。

1939年3月23日，完成了一連串測試與審查的十二試艦上戰鬥機第一號試作機，被拆分成數個零件，分別裝載於兩台牛車上，前往岐阜縣的各務原飛行場。而之所以選用牛車，是因為通往飛行場的道路，並沒有建設高速公路。那條道路上佈滿了砂石以及坑洞，甚至道路也是蜿蜒崎嶇。若用卡車或是馬車運輸的話，由輕金屬及木材製成的飛行機可能會因會晃動，或是碰撞到障礙物而受損。才選用安靜且有利於轉彎的牛車。到了各務原飛行場，將試作機移至三菱的格納庫後，就開始連日連夜的組裝、總點檢、試運轉、各零件的測試等等諸多為了試飛測試的前置作業。在三菱航空機部門的各方動員下，讓試作機得以在1939年4月1日展開第一次的社內試飛實驗²⁰⁶。這一次，是由志摩勝三以及新谷春水兩名駕駛員測試。第一天的機體狀態確認以及低速飛行都沒有太大的問題，但隨著十二試一號試作機的飛行測試進展，在高速時，出現了機身的異常震動，以及方向舵在高速時過於靈敏的問題。而對於震動的問題，原先認為在飛行時未將降落裝置收於機翼內造成的，但在經過實際飛行測試，將降落裝置收於機翼後，異樣的震動卻沒有因此減少。繼而推測是引擎與螺旋槳的問題。堀越認為是兩根螺旋槳葉的恆速螺旋槳的震動與引擎、機身的震動形成共鳴，才引發了整體的大幅震動。而在將螺旋槳置換成三葉式的恆速螺旋槳，震動的幅度便大幅減少²⁰⁷。這個改動，在1939年4月17、18日兩天的測試時，得到了駕駛員的肯定。而在1939年4月25日，一號機進行社內測試的最後一項測試，以全數掛載軍方規定的裝備後，進行性能以及操縱性的測試。而裝載了三葉式恆速螺旋槳以及全數裝備後一號機的最高時速，來到了480公里。

而針對方向舵過於靈敏的問題，則透過將控制方向舵的金屬管線以及鋼索強度下降至最小限度，進而使得駕駛員在高速飛行時，不會因為裝置於尾翼的方向舵承受高風壓的狀態下，推動操縱桿時，產生方向舵過於銳利的手感²⁰⁸。為此堀越將鋼索的直徑而原本的4公分，消滅至3公分、而金屬管線的直徑則由50公分削減至32公分。而這種降低裝置強度的做法，亦得到海軍的同意，並於1939年6月5日進行第一次的測試，同樣是志摩勝三以及新谷春水擔任駕駛員。而這次的測試，得到了兩位駕駛員一致的認同，在高速時，要

²⁰⁵ 前揭，堀越二郎《零戰-その誕生と栄光の記録-》、101-103。

前揭，柳田邦男《零式戦闘機》、307-308。

²⁰⁶ 前揭，堀越二郎《零戰-その誕生と栄光の記録-》、99-102頁。

²⁰⁷ 前揭，堀越二郎《零戰-その誕生と栄光の記録-》、111-112頁。

前揭，柳田邦男《零式戦闘機》、313-314頁。

²⁰⁸ 前揭，堀越二郎《零戰-その誕生と栄光の記録-》、117-118頁。

以較大的力氣去推動方向舵的操控感，確實提升了操縱手感以及降低了方向舵過於靈敏的反應²⁰⁹。實驗的成功，使得航空本部在6月12日派出了駕駛員進行確認，但當天，試作機的引擎出現了問題，而備用引擎也發生了故障，經過兩天的調整後，仍無法順利地發動。引擎的問題，始終是日本在航空機技術上的一大問題。最終，海軍的測試直到七月才順利執行，而堀越使用的降低強度的方法，確實讓海軍的駕駛員得到了滿意飛機操縱感²¹⁰。而試作一號機，也於1939年9月14日為海軍接管²¹¹。

第五小節、兩名犧牲者

一號機在海軍接管後，堀越二郎等人的工作，就是進行二號機的改良，而二號機的基礎設計就與一號機相同，是以自10月18日展開為期一個月的測試後，很快就於11月24日為海軍所接管。但問題是由海軍發令，要於三號機開始換裝中島的榮型引擎。雖然榮型引擎的體積雖比三菱的瑞星引擎來的大，但堀越並沒有針對引擎室進行重新設計，而是對引擎腳以及整流罩的大小進行調整。換裝了中島引擎的三號機，則於12月底進行測試，隔年1940年一月由海軍駕駛員飛往橫須賀²¹²。

而當堀越二郎準備一邊進行十二試的細部修改以及進入十四試局地戰鬥機的設計時，1940年3月11日，卻突然傳來十二試試作二號機在橫須賀發生空中解體而且駕駛員殉職的消息。是日，海軍航空廠飛行實驗部的奧山益美在針對恆速螺旋槳的螺旋槳葉變距不順問題進行俯衝飛行測試，恆速螺旋槳如上文所述，是為了使引擎的出力以及螺旋槳的旋轉速度保持在最佳的狀態而採用的新技術。正常的恆速螺旋槳應該要能根據飛機的飛行速度，自動調整螺旋槳葉的角度，但若無法準確的自動轉換螺旋槳葉的角度，就無法使戰鬥機在必須快速提速以及降速的空戰中保持戰鬥機的性能，甚至會引起令駕駛員不適的震動²¹³。而由於恆速螺旋槳是全新的技術，對於技術以及結構的掌握始終無法達到百分之百的程度，因而在俯衝加速時，會產生螺旋槳過度旋轉的情況。一但螺旋槳發生過度旋轉，不僅會引發強烈的震動，甚至可能導致引擎毀損²¹⁴。就在奧山益美駕駛著十二試試作二號機進行測試時，第一次從1500米的高空俯衝至五百米的高度在抬升機身，而第一次的測試並沒有發生異常。但在第二次測試時，同樣從1500米處進行俯衝，卻在離地400米

²⁰⁹ 前揭，堀越二郎《零戰-その誕生と栄光の記録-》、117-122頁。

²¹⁰ 同上註、123-124頁。

²¹¹ 前揭，柳田邦男《零式戰鬥機》、333頁。

²¹² 同上註、334-335頁。

²¹³ 前揭，堀越二郎《零戰-その誕生と栄光の記録-》、132-133頁。

²¹⁴ 前揭，柳田邦男《零式戰鬥機》、338-339頁。

左右的高度，十二試試作二號機發生解體，奧山益美雖然順利的脫身，但打開降落傘後，降落傘卻與駕駛員分離，導致奧山益美殉職²¹⁵。對於這次解體事件，最初在海軍技術官員的推斷下，可能是顫振（見註192）所引發，但在十二試的實驗機進行風洞測試時，所測得會引發顫振的速度理論上在時速900公里以上，然而奧山益美在進行俯衝飛行時的速度，最多只有440到460公里，與風洞測試的結果不符。而為了詳細鑑定事故發生的原因，海軍成立了事故調查委員會，並將殘骸盡可能搜集，並針對各種可能的原因進行測試以及調查。1940年3月16日，海軍召開了檢討會，會上，針對機身強度、材料、螺旋槳、引擎等進行調查的技師，皆提出這些項目的測試結果與這次的事件沒有直接關係；而這次事件的主因，卻是設置在尾翼升降舵中，用以防止震動發生的平衡錘脫落所導致。平衡錘會裝置在升降舵或是輔助翼²¹⁶等較為小型而脆弱的結構上，在飛機高速飛行時，透過平衡錘的重量，能較為有效的抑制震動的產生。而發現這一點的，是航空廠的松平精技師，他在檢查戰鬥機殘骸時，並沒有發現平衡錘的零件，因此他在會上提出了自己的假設：「在沒有平衡錘的狀態下，使得尾翼在時速460公里時，就會產生了顫振現象²¹⁷。」

而為了進一步證明平衡錘是否為這次事件的主因，松平精透過二十分之一的模型，進行風洞測試。首先透過模型模擬沒有平衡錘的狀態施以時速450公里的風速，並確認會造成顫振的發生。另外，又針對平衡錘的連接部位進行折損實驗，發現在發生瞬間的衝擊後，平衡錘的連結部位並不會脫落，僅會發生折彎。但透過連續的震動測試，發現了平衡錘的連接部位卻會在連續的震動曲力中發生金屬疲勞，進而斷裂。而連續的震動，通常會在飛機滑行時發生，因此，松平精依據這一份實驗的結果，針對二號機解體事件在1940年4月4日的事務調查委員會上，發表了進一步的推論：「二號機在地面滑行時，造成升降舵中的平衡錘發生左右橫移的連續震動，使得連接部發生金屬疲勞，從而使之脫落。而奧山益美卻沒有注意到，在離路後進行了俯衝測試。而在時速460公里時，發生了機翼尾部的顫振，並使機體產生了劇烈震動，造成瞬間在空中解體²¹⁸。」而二號機解體事件，其主因也定調為平衡錘的金屬疲勞。

²¹⁵ 前揭，堀越二郎《零戰-その誕生と栄光の記録-》、133-134頁。
前揭，柳田邦男《零式戦闘機》、339-340頁。

²¹⁶ 輔助翼，又稱副翼（法語：Aileron）是固定翼飛機機翼後緣上一對對稱的操縱面，用以控制飛行器的滾轉運動。副翼通過左右差動偏轉在兩側機翼上造成升力差，並且產生滾轉力矩。^[2]由於固定翼飛行器的滾轉軸運動和航向軸運動耦合，副翼結合升降舵也可以用來控制飛機的航向運動。因此是一種非常重要的操縱面。現今大多數固定翼飛行器上都具有副翼。

²¹⁷ 前揭，堀越二郎《零戰-その誕生と栄光の記録-》、137-138頁。
前揭，柳田邦男《零式戦闘機》、344-345頁。

²¹⁸ 前揭，堀越二郎《零戰-その誕生と栄光の記録-》、139-140頁。
前揭，柳田邦男《零式戦闘機》、351-352頁。
前揭，堀越二郎《零戰の遺産-設計主務者が綴る名機の素顔-》、89頁。

事件結束後，十二試艦上戰鬥機，最終在1940年7月被送往中國戰場。而在七月底，十二試艦戰，成為了新的制式機為海軍採用。而那年，是日本紀元2600年，取其末尾的0，十二試艦戰被命名為〈零式艦上戰鬥機・11型〉。開啟了零戰在中國戰場以及太平洋戰場的榮光與悲劇。

但在零戰正式為海軍採用後，又於1941年4月17日，發生了輔助翼破損，造成下川萬兵衛身亡的事故。前一天，由二階堂易中進行零戰的操演飛行時，發現機翼出現了異常的皺摺，但在機身恢復水平狀態後，皺摺的情況有所恢復，是以繼續進行俯衝飛行訓練，但他從3500百公尺處的高空往下俯衝時，左邊的機翼再次發生了皺摺現象，感受到戰鬥機的異常，二階堂易中打算在1500公尺處就回正機身，但就在他拉正機身的瞬間卻發生異常的劇烈震動，接附在左右翼後援的輔助翼卻以然斷裂，機翼呈現破損狀態。二階堂易中憑藉著僅存的尾翼升降舵返回基地，並將這件事上報。在機翼發生皺摺時，時速約為536公里，而發生劇烈震動時的速度約在555公里，而這都不是零戰應該會發生問題的速度²¹⁹。而二階堂易中所使用的，是〈零式艦上戰鬥機・21型〉，是針對零戰的艦載型改良版本。這個機型在機翼尾端約五十公分處改為可向上折彎的設計，以利於零戰在航母的收納。並在輔助翼的尾端裝置了配平片。配平片是位於控制面的尾部邊緣可活動的一小部分。這些可活動的配平片，從駕駛艙控制，降低控制壓力。配平片也可以安裝在副翼，方向舵和升降舵²²⁰。

而為了確認二階堂易中所遭遇的狀況。1941年4月17日，由橫須賀分隊隊長下川萬兵衛使用與二階堂易中相同的機型在橫須賀飛行場進行測試。也與奧山益美的狀況類似，在第一次測試時皆沒有異狀，但在下川萬兵衛進行第二次俯衝飛行時，約高度1500公尺處，下川萬兵衛駕駛的〈零式艦上戰鬥機・21型〉左側機翼零件飛散，緊接著水平尾翼也出現破損，下川萬兵衛連同戰鬥機一起衝入海面，不幸殉職²²¹。〈零式艦上戰鬥機・21型〉的配平片改裝，是由海軍航空廠提出的設計變更，原先認為裝有配平片的機翼，會發生顫振的速度應該為時速750公里，而下川萬兵衛發生事故時的速度也不過時速650公里左右，也因此，海軍在4月18日的事故會議上，一開始並不認為會是配平片所導致的異常顫振，但在調查委員會針對輔助翼、平衡錘、操作結構乃至於機體各部位的強度、材料、工法等基本面展開調查以及檢討後，卻找不出與事故的直接關係²²²。

²¹⁹ 前揭，堀越二郎《零戰—その誕生と栄光の記録—》、168—169頁。

前揭，柳田邦男《零式戦闘機》、384—385頁。

前揭，堀越二郎《零戦の遺産—設計主務者が綴る名機の素顔—》、92頁。

²²⁰ 前揭，堀越二郎《零戦の遺産—設計主務者が綴る名機の素顔—》、140頁。

²²¹ 前揭，堀越二郎《零戦—その誕生と栄光の記録—》、169—170頁。

前揭，柳田邦男《零式戦闘機》、387—388頁。

²²² 前揭，柳田邦男《零式戦闘機》、385頁。

但在松平精重新檢證了日本對於顫振的風洞實驗時，發現使用的模型，並沒有完全與實際的機翼設計、配重、剛性以及結構符合。對此，松平精帶著手下的田丸喜一拜訪了東京大學航空研究所的岩本周平教授，接受模型製作的相關理論的指導。而田丸喜一在快速消化理論後，短短一週的時間便成功的製造出與實際機翼設計以及結構相同的模型。將模型放入風洞重新進行實驗後，他們發現了這起事故的最大原因。當風洞的模擬風速來到時速480公里時，原本微幅震動的模型機翼突然發生的扭曲，而幾乎同時，輔助翼也發生了顫振現象。這個發現，讓松平精原本堅信的零戰不會在時速900公里以下發生顫振的念頭崩潰。是以整起事故的原因，就在於主翼扭曲的同時，伴隨著輔助翼的顫振所引起。1941年6月13日，當松平精於事故調查委員會重新提出了這份報告後，才正式的結束了這一次事故的調查。而也藉由這次的事件，對零戰的機翼主翼梁進行強化，以及在配平片上加裝了平衡錘，並使得日本的航空機產業開始重視模型的準確性以及風洞測試的重要性並進一步加深了對於顫振現象的認識²²³。

第四節、日本航空機產業的矛盾

第一小節、優異的機體設計以及空氣力學

回顧從堀越二郎作為一名設計主任，從一開始設計戰鬥機的起點—七試艦上戰鬥機，經過九試的成功，最後到十二試—零戰的過程，堀越二郎以設計師的敏銳見地，大膽而又富有行動力的設計手腕，對航空機的技術的不斷追求，其根本的目的，就在於滿足海軍在計畫要求書中，針對性能以及尺寸、掛載武器等等的需求。在這三次的試作計畫中，都可以看到海軍對於戰鬥機性能的渴望，以及期待設計者能在性能上有跳躍性的成長。七試艦上戰鬥機則是要求要達到時速約335到370公里的水準。到了九試時期，則要求達到時速352公里以上，到了十二試的時候，速度要求甚至來到了時速500公里以上。儘管十二試的速度要求，是基於九試—九六式戰鬥機的極速450公里的進一步提升，但在機體設計都能以設計者對於航空技術進展的預測以及實際生產技術的進步而有領先時代的跨越性發展。而堀越二郎從七試時代開始，就想嘗試的單翼式設計，也在日後發展成為二戰時期，乃至於今日的戰鬥機所採用的形式。而從九試開始，堀越二郎就不斷的透過風洞實驗，針對機體設計以及機翼失速問題尋得解決的方法。從容克斯公司的技術資料中，找到的錐形彎度（conical camber）的技術在經過堀越的風洞測試後，證明其功效後

²²³ 前揭，堀越二郎《零戰—その誕生と栄光の記録—》、176—179頁。

前揭，柳田邦男《零式戦闘機》、390—394頁。

前揭，堀越二郎《零戦の遺産—設計主務者が綴る名機の素顔—》、92—94頁。

成為了九試以及十二試戰鬥機的標準配置。而在十二試時期發生的兩起駕駛員殉職事故中，也是透過風洞實驗，檢證了模型的準確性的重要以及風洞測試的重要性並進一步加深了對於顫振現象的認識。在海軍透過戰鬥機的連續且越發嚴苛的試作計畫中，不斷要求性能的提升，進而使得日本的航空機設計技術，在設計者—堀越二郎的努力下，不斷推進機體的設計技巧，同時也藉由風洞技術的成熟，得以針對空氣力學現象的掌握，使日本在航空理論的發展得以快速進步，從而針對機翼造型的決定，如九試從逆鷗翼（W型）的設計改為平直翼，升降舵的反應、機翼的角度問題以及穩定機身安定而採用的襟翼等，逐步的發現並攻克問題的同時，也能透過風洞實驗，檢測機身強度、震動、金屬疲勞等問題，並將其推升至能滿足設計要求的程度²²⁴。

第二小節、引擎技術以及其他裝置的進展緩慢

但在戰鬥機性能的根本—引擎的技術進展上，日本的引擎技術進步速度卻是跟不上軍方對於性能需求的貪渴。在九試時期，堀越二郎最初所使用の中島壽5型引擎，就因為整備率的問題，退而求其次改用了舊款的壽3型引擎，但壽3型引擎的整備問題，也如同壽5型引擎難以解決，最後是在海軍的裁定下，又換裝了中島自90式艦上戰鬥機就開始使用，整備問題相對較小的壽2型引擎，才拍板將九試一九六式戰鬥機列為海軍的正規戰鬥機。不過引擎漏油、故障等問題，卻一直都是日本戰鬥機難以克服的最大問題。

在引擎技術上的最大問題，就在於日本的引擎技術，自1915年由三菱著手進行民間的引擎開發以及製造，到對美開戰的1941年，只不過經過不到30年的時間，而中島航空機，更是在1924年，才透過國外專利的引進開始引擎的設計以及製造²²⁵。比起三菱又更晚了將近九年的時間。而引擎的生產，又與飛機機體不同，需要更熟悉精密製造作業的勞動者，在精密工具機的需求上，又仰賴外國進口，特別是以瑞士、美國以及德國的工具機最為大宗²²⁶。而在九試以及十二試所使用的中島壽型以及榮型引擎，也都是從美國購入引擎的技術並加以改良，甚至在開發過程中，也接受美國的技術指導²²⁷。而日本的空冷式引擎技術，在1000匹馬力上的水準，是能與歐美的技術達到相同的水準，但在跨越到2000匹馬力時，出現了明顯的障礙，其一是空冷引擎在冷卻效率的限制，二是1940年，美國對日本施行了技術以及經濟的封鎖後，對美國的技術搜集以及工具機的輸入出現困難，雖然日本轉向德國尋求技術，但迫於地理條件的限制以及技術落差等問題，使得日本在對美宣戰後，引擎

²²⁴ 前掲、小福田皓文《零戰開發物語—日本海軍戦闘機全機種の生涯—》、467—468頁。

²²⁵ 中川良一、水谷総太郎編《中島飛行機エンジン史—若い技術者集團の活躍—》、酣燈社、1985、54頁。

²²⁶ 三菱經濟研究所編《本邦財界情勢》187号、1994 2月、26—29頁。

²²⁷ 清水政彦、渡邊吉之《零戰神話の虚像と真実》、株式会社宝島社、2015、14頁。

技術的再突破成了戰鬥機發展的阻礙，又或者說，引擎的問題始終困擾著日本的航空機產業²²⁸。而螺旋槳的技術，在十二試所使用的是從美國漢勝公司引進的恆速螺旋槳，但這個螺旋槳的技術，在零戰上並無法有效的發揮，除了有調整不良的問題外，對於技術面始終無法掌握，使得在螺旋槳葉的角度設定只能維持在較淺的角度，進而導致螺旋槳產生過旋轉的狀況，就算在奧山益美殉職後，這個問題依然沒有解決²²⁹。

第三小節、量產效率的不足

最後，在量產效率不足的點上，日本的航空機產業所面臨的挑戰非常的多。首先，日本帝國海軍的戰鬥機設計，都是依照海軍發出的試作要求，從而進行設計與開發，但如前文所述，海軍針對性能的要求是以飛躍性的速度成長，而設計者為了達到海軍所設下的條件，對於通過試作之後的量產工作並不那麼在意，畢竟沒有通過試作任務，也就沒有進入量產階段的必要²³⁰。而在面對日本生產條件的先天限制，如戰鬥機的主要材料—鋁必須透過國外輸入才能取得，以及引擎性能的限制，對於設計者而言，是以數量以及性能的劣勢作為設計的先決條件，因此材料的節約比工序的節約更為優先，在這樣的前提下，還必須兼顧空氣力學以及結構與重量的問題²³¹。而堀越二郎在設計十二試艦上戰鬥機時，也強調「本機（十二試艦上戰鬥機）作為軍用機，在進入緊急情況，必然要進行大量生產。但作為主要材料的鋁合金的原料—鋁則必須要仰賴海上運輸。是以本機在材料的節省就算免強也要執行。軍用機與民用機不同，製作工序的減少應該優先於材料的減少，而美國與德國都強調製作工序的減少，進而大量使用壓制成型大面積零件，但日本不應該盲目的跟隨這樣的做法。日本與英國有著相似的國情，與其大量使用壓制成型大面積零件，就算被說是不夠成熟，也應該保持使用小型零件的製造方式。而針對本機的最高原則也就是減少重量，使用小型零件的製造方式更為適合。因此，將依照重量—節省材料—工序的順序進行設計²³²。」

再者，相較於美國以及德國會使用治具或者其他輔助器材進行生產，日本在航空機的生產上，如同引擎一樣，仰賴熟練的技術工以及精密工具機，是以在美國的禁止輸出成立後，面臨著工具機短缺的嚴重問題。而純熟的技術工人的培養，也因為沒有治工具的輔助，而難以加速。在進入太平洋戰爭時候，迅速增長的飛機生產需求，使得三菱以及中島等航空機產業的龍頭，

²²⁸ 同台經濟懇話會編《大東亞戦争の本質》、株式会社紀伊国屋書店、1996、276頁、281頁。

²²⁹ 前掲、清水政彦、渡邊吉之《零戦神話の虚像と真実》、12-13頁。

²³⁰ 前掲、同台經濟懇話會編《大東亞戦争の本質》、282-283頁。

²³¹ 高野弘編《零戦よもやま物語》、株式会社光人社、2003 新装、333頁。

²³² 前掲、堀越二郎《零戦の遺産—設計主務者が綴る名機の素顔—》、62頁。

必須將生產外包給其他公司，而又因上述的原因，外包出去的工程質量難以保持，而又因外包工程的治工具沒有統一的規格以及沒有生產母具的概念，使得後期的生產狀態越發惡化²³³。

最後，在零戰之後的後續機種開發上，海軍毫無章法的濫發改造計畫，此外，又針對俯衝轟炸機發出四種、以及其他九種飛機的試作計畫，使得日本在戰前並無明顯成長的設計師人數進一步被稀釋，而雜亂的開發以及改造，同時也壓縮了技術工以及資材的使用，從而導致零戰真正意義上的後繼機種——一十七試艦上戰鬥機在完成海軍審查後，以未完成的戰鬥機試作機的姿態迎來日本的敗戰²³⁴。

第五節、小結

在1931年爆發的上海、滿洲事變後，也開始了日本的航空機的大量生產。但在航空機因戰爭準備而快速發展的同時，三菱的重要收入之一——造船業，卻飽受經濟蕭條的影響，而出現虧損。在考慮到航空機與船艦的生產有許多相似之處，而兩項產業之間尚有互相流動的可能性後，1934年，在三菱社長——岩崎小彌太的推動下，將航空機與造船兩社合併為三菱重工業，並延續至今。

在三菱重工業合併的同時，九試計畫也緊鑼密鼓地推進著。而三菱取得了九試戰鬥機、攻擊機等航空機的製造生產權後，1937年爆發的中日戰爭，對於航空機的需求節節上升。三菱的航空機部門又再一次獲得了發展的機會。而隨著戰爭不斷延續，航空機的生產被列為首要目標。

九試單戰，是堀越負責的第二份設計任務。在九試中，他除了延續了七試時代的設計，並加以改良外，還做出了日本人所不會做的一件事：採用競爭對手的引擎。也因為這樣，九試單戰被評為不是日本人的設計。但也因為採用了與對手相同的引擎，對他而言，就好像是站在同一條線上起跑一樣。那麼剩下的，就是設計師的手腕了。而堀越也不負三菱對他的期待，成功的戰勝了中島所提出的試作機，讓三菱繼10式艦戰之後，再一次取得戰鬥機的生產製造。

在九試單戰——一九六式艦戰於日中戰爭中有了出色的表現後，1937年，堀越二郎人生中的精華——十二試艦上戰鬥機的試作競爭指定被派到了三菱手中。而堀越在九試之後，又獲得三菱親睞，成為了十二試艦戰的設計主任。但十二試艦戰在海軍的要求下，既要追求戰鬥能力，同時要兼顧速度與續航

²³³ 大石嘉一郎編《日本帝國主義史3 第二次大戰期》、東京大学出版会、1994、171—172頁。
前掲、同台經濟懇話会編《大東亞戦争の本質》、284頁。

²³⁴ 前掲、同台經濟懇話会編《大東亞戦争の本質》、282頁。
前掲、小福田皓文《零戦開発物語—日本海軍戦闘機全機種の生涯—》、422頁。

力。可是，此時的日本，在引擎的發展上仍然不及歐美的強大動力。而背負著引擎天生的弱勢，加之海軍近乎無理的要求，堀越二郎帶領著他的團隊，在逆境中，不斷追求著戰鬥機的極限值。並向著更新的技術發起挑戰。在1938年一月十七日，海軍針對十二試艦戰的設計要求書，在橫須賀的航空廠會議室召開了官民共同參與的研究會結束後，堀越為了完成海軍所堅持的性能需求，就必須要達到四個重點。第一，引擎的選用。第二、螺旋槳的實用化。第三、重量減輕對策。第四、空氣力學設計。首先是引擎，堀越在一月的研究會開始前，就決定要使用900匹馬力的瑞星引擎，而在研究會之後就更堅定這個選項。而在螺旋槳的部分，由海軍指定，要使用從美國漢勝公司所研發的恆速螺旋槳。而為了從設計的最初期就避免重量增加的連鎖效應，堀越不僅要不斷叮囑自己注意重量，也要求各班的成員要徹底施行對重量的管理。而與重量問題並行處理的，就是空氣力學的設計。不管是要增加飛機的速度、續航力，抑或是空戰能力的提升，都必須要仰賴符合空氣力學的設計。首先，機體要能承受20公釐機槍的反作用力，因此設計的更長。而要讓駕駛員的視野變好，使用了突出機身的防風鏡。而在機翼的設計上，考量到要裝載20公釐的機槍、伸縮型降落裝置，以及大量的燃料的同時，還要滿足旋轉性能以及起降時的要求，而將機翼延展至12米長。雖然這會讓重量增加並造成部分性能的下降，但堀越期望能透過空氣力學的追求，盡可能減少性能下降的問題。幸好此時，住友金屬研究所開發出新型鋁合金，不僅有更好的負載能力，也比九試使用的超輕鋁合金更為輕巧。而集結了堀越二郎以及部下們技術精華的十二試艦上戰鬥機，在換裝了中島的榮型引擎，並解決了高速時升降舵過於敏銳的問題後，由海軍接手。但就在海軍準備將十二試艦上戰鬥機投入量產，派駐到中國戰場時，卻發生了駕駛員殉職的意外，第一次是奧山益美在針對恆速螺旋槳的螺旋槳葉變距不順問題進行俯衝飛行測試，由於尾翼升降舵內置的平衡錘金屬疲乏斷裂後，導致測試機墜毀。第二次則是在十二試艦上戰鬥機為海軍正式編組，取名零戰後發生，下川萬兵衛為了測試零戰的機翼破損問題，進行俯衝飛行時，意外喪生。而這兩起事故，在松平精等人透過風洞模型的精緻化與更為客觀且警慎的實驗後，找出了事故原因，也進而使日本的航空機產業開始重視風洞的實驗完整性。

然而，在堀越二郎一路經歷七試、九試到十二試艦上戰鬥機，被日本視為航空機產業完全自立的成果時，其背後的工業基盤卻不如想像中的完備。所謂航空機技術的自立，也僅有在機體設計上可以說是完成，引擎、螺旋槳等裝備，乃至於工業化的大量生產要素，日本在戰前皆未達到可以說是完成的地步，尤其在機械工具方面要依賴美、德等工具機的生產國，日本航空機產業對於標準化的治工具也沒有概念，從而使得技術工的養成也出現了難關。而隨著日美開戰，海軍的改造與試作計畫的濫發，更使得整體的情況惡化。最終在零戰的後繼機種仍未開發完成的情況下，迎來二戰的終結。

第五章、終章

第一節、結論

回顧日本在航空機上的發展，是由軍方開始進行航空技術的實驗以及航空機的導入。一戰後，日本迎來航空機的發展浪潮。在海軍的主導下，三菱亦開始了對航空機以及汽油引擎的研究。並在1923年，開始至生產海軍的主力機種。自此開啟了民間的航空機製造。三菱之所以能夠得到海軍的協助，進入航空機業，也是因為在第三代社長—岩崎久彌時代，就開始與海軍有所互動。三菱的造船事業，亦是在這個時候開始參入到海軍的軍艦製造體系中。在海軍與三菱緊密關係的確立後，憑藉著三菱這個巨大財閥的實力，進而發展航空機一事，似乎也不那麼奇怪。而就技術使得層面來看，由船艦的蒸汽機關開始演化的汽車、航空機用的汽油引擎，由造船大手的三菱接續研發，也是理所當然的。而三菱之所以會答應海軍的引擎研究，除了海軍的軍需市場對於當時日本的產業界而言，是不能錯失的發展機會外，在一戰末期的造船業興盛，在戰後迅速的退燒外，自一戰後的海運貿易持續衰退，也是三菱希望能藉由軍需市場的擴大，尋求企業整體的存續關鍵。

不得不說的是，日本的航空機發展，與軍方的過度連結，有正面的效果，亦有負面的效果。正面的效果，就是透過軍方的軍需，航空機產業得以快速的發展。來自軍方的大量助成金，使日本企業能夠大量的引進歐美的先進技術以及取得航空機的製造權。這對於日本在航空機產業發展的前期，可以說是非常重要的。透過軍方的軍需市場保有，以及助成金的效益，讓日本的航空機產業，得以度過前十年的創業風險期，並且透過外國技術的導入、外國技師的聘用，帶動日本人技術者的成長。

此外，海軍在1927年所施行的試作競爭制度，更是直接影響了日本的航空機產業的發展。透過兩社或多社對同一機型的試作競爭，在取得海軍所期盼的機種的同時，亦能促進企業間的競爭風氣，從而使日本的技術力不斷攀升。而且是在這樣的競爭之下，日本的航空技術才能在短短十多年間，就逐漸的追上了歐美列強的脚步。但，此同時，軍需市場的擴大也意味著戰爭的發動。特別是在日本對中國發動戰爭後，航空機的生產量同時也上升了數倍。在步入了戰時生產體制後，日本的航空機生產量又在一次的提升，但此時的日本，已經面臨著民生經濟崩壞的局面。將所有的物資都集中到了軍事武器的生產以及戰備需求上。回到航空機產業上，依循著上述的發展過程，三菱在1932年之後，得益於戰爭，使得航空機產業能夠脫出1920年代末期的低靡經營，而在社內新生設計師紛紛成長的狀況下，迎來了1930年代的大擴張。除了崛越二郎外、本庄季郎、東條輝雄、曾根嘉年等東京大國大學畢業的優秀設計師，亦承擔起三菱在各種航空機設計上的重擔，而且都有出色的

表現。在海軍的戰鬥機開發上，三菱憑藉著堀越二郎經過七試的失敗，從而累積了設計的經驗後，在九試計畫成功為三菱奪回海軍戰鬥機的生產，而十二試計畫，堀越二郎並不是以領先時代作為設計的出發點，而是憑藉著過去的經驗以及中國戰場上傳回來的戰情資料，將設計的重點放置於對重量的控制，以穩健的設計手法完成，避開所有會導致失敗的原因²³⁵。是以堀越二郎對於零戰本身並沒有過高的評價。而他也深知，在引擎的競爭上，日本始終處於落後的位置，因此更要在意空氣力學的應用。而在九試時期大量使用風洞進行測試以及開發的經驗，在零戰更近一步的深化以及應用。

而對於零戰的高度評價以及民眾對零戰的認知，更多是來自戰後大量刊行的零戰駕駛員故事，其中對於零戰在大戰前期所謂太平洋上空無敵手的誇耀，以及戰後的日本民眾渴望「英雄」的心理，因此各式駕駛員的勇武傳的出現，適時的填補了戰後日本人精神上的空白²³⁶。這一股「零戰」的熱潮，在1950年代開始發酵，其背景卻是美國結束戰後佔領狀態，原本被美國禁止的戰時研究以及資料的搜集得以解禁，並以堀越二郎以及奧宮正武合著的《零戰—設計者所述傑作機的誕生》的發行為起點，不僅各家雜誌紛紛出版以零戰為主題的書報，出版社也競相出版有關陸海軍的士兵以及設計者的回憶錄、往事回顧等書籍。而其中又以「零戰」的故事為數眾多，最具代表性的回憶錄，就屬零戰的駕駛員坂井三郎所著的自傳《坂井三郎 空戰紀錄》，而後又以《天空的武士》為書名出版並翻譯至全世界²³⁷。

而日本高歌「零戰」的勇武，並將其塑造為日本航空機的代表作的同時，作為戰鬥機所沾染的無數鮮血，也是難以抹滅的過去。2017年6月3日在日本所舉辦的紅牛特技飛行大賽上，有一架經過修復的零戰也進行了飛行演出。6月10日，中國央視以〈日本二戰殺人魔機，「零」式戰機驚現東京灣〉為題，進行了報導²³⁸。報導中，以犯下累累罪行的舊日本主力戰機形容零戰。並將零戰與軍國主義做了連結，原因便是零戰參與了日本的侵中戰爭，而後參與日本在太平洋的戰爭，最後更是作為神風特攻的主力自殺戰機。而在報導中，還有著這麼一句話：「日方將「零」式戰機視為日本的技術遺產，但在那些亞洲的二戰受害國來看，「零」式戰機應該是軍國主義遺毒²³⁹。」這也是零戰在神話化的背後，必然招致的批判。

若套用林克也在〈軍事技術史研究的方法論〉之中，沿用了小山弘健所提出的軍事技術概念的分類法，將軍事技術分類為廣義的軍事技術，包含武

²³⁵ 前揭，堀越二郎《零戰の遺産—設計主務者が綴る名機の素顔—》、164頁。

²³⁶ 前揭，前間孝則《技術者たちの敗戦》、38頁、40—41頁。

²³⁷ 同上註、46—48頁。

²³⁸ 取自央視網 CCTV新聞，2017-06-10。影片為網路資料。出處：<http://news.cctv.com/2017/06/10/ARTIFrUFyCtHQeZekmjOveme170610.shtml>。2018/4/25閱。

²³⁹ 同上註。

器的生產技術、武器規範體系的編程技術以及戰鬥技術。而狹義的武器技術則單指軍事生產技術。並在同書中認為在第二次世界大戰之前，只有美、英、德、日在戰鬥機的引擎開發技術上，是能獨立完成的國家。而義大利在引擎上使用了德國的專利，因此林克也不認為義大利可以當作一個技術獨立的國家。

在前文中不斷提到，堀越二郎在設計九試以及十二試時，都是借鑒于容克斯公司在全金屬飛行機的研發過程中所累積的技術，比如平頭鉚釘的使用，而在七試時，堀越二郎原本想嘗試的金屬機翼，因為當時的鉚釘技術不發達，只能採用舊有的高韌性麻布作為蒙皮。而平頭鉚釘在堀越使用之前，就已透過本庄季郎所完成的八試特殊偵察機，累積了使用的經驗。而堀越也是藉著這個機會，才能將平頭鉚釘的施作，全面執行在九試戰鬥機上，也不是如宮崎駿在《風起》中所描述的，是由「堀越」構思後才交給「本庄」使用。此外，九試戰鬥機因為採用纖細的機翼尾端設計，卻導致在急速上昇時，造成機翼的攻角過大，進而造成升力的失去。這個問題，亦是堀越查閱了容克斯公司的資料後，得到了名為錐形彎度才得以解決。

而在戰前，日本的引擎技術仍必須從德國以及美國購入專利後，進而研究並製造出所謂的「國產」引擎。甚至是中島的壽型引擎以及榮型引擎，也都是依循著這個模式，才能有效的推進技術的進展。更不用說在生產工具的部分，更是對精密工具機的生產國有著強烈的依賴。這些種種的現象，若是以林克也對義大利飛機產業因為使用了德國的專利而不認為義大利屬於航空技術的先進國。而日本在引擎以外，螺旋槳、工具機乃至於原料都必須要仰賴從美國輸入，以及技術的指導，在這樣的情況下，日本的航空機要稱為完全自立，還有一段需要累積的過程。

第二節、日後課題

本論文中所研究的日本航空機的發展，僅以三菱—堀越二郎作為研究的主軸，而戰前的日本，投入到航空機領域，並促成日本航空機在軍事領域上快速發展的人物尚有許多，未能在本論文中一一探究。如中島飛行機在引擎項目的發展，以及三菱內部的諸多航空機人才，都是將來可以繼續研究的目標。而本論文透過三菱—堀越二郎所呈現的，僅是日本航空機產業研究的片面，尚且因資料難以搜集齊全，恐會有缺漏的部分，亦希望在將來能夠完整的補齊有關於堀越二郎在三菱中的所有資料以及史實。

而日本的航空機產業，在戰後遭到GHQ施以航空機研究禁令而暫時中止。原本在各家企業中活動的航空機技術者，也轉往其他領域發展，如汽車、摩托車以及日本新幹線等，都可以尋獲原本是航空技術者的身影。對於往後

的研究目標，也會往這一個方向進行，探索日本戰前以及戰後的技術留存以及轉用。

参考文献

年報、期刊、論文（日文五十音順）

1. 稲澤宏行〈軍事戦略の形成と軍産関係―戦間期の日本海軍における航空戦力と技術力向上の視点から―〉、《政策科学》19巻4号、立命館大学、2012、211-224頁
2. 笠井雅直〈1920年代における航空機産業の研究開発と生産システム：三菱・航空機部門の事例を中心に〉、《名古屋学院大学論集 社会科学篇》37巻1号、名古屋学院大学、2000、89-100頁
3. 笠井雅直〈戦時下における航空機産業の研究開発と生産システム：三菱・航空機部門の事例を中心にして〉、《名古屋学院大学論集 社会科学篇》37巻3号、名古屋学院大学、2001、93-103頁
4. 谷光太郎〈日本における航空機産業の成立―人間的側面からの考察〉、《山口経済学雑誌》45号、山口大学経済学会、1997、53-100頁
5. 野田富男〈軍需産業における技術開発と航空兵力の育成―ゼロ戦の開発とパイロットの養成―〉、《九州情報大学研究論集》14号、九州情報大学、2012、25-38頁
6. 浜淵久志〈日中戦争下における三菱財閥の再編課程（1）〉、《経済学研究》第30巻第1号、北海道大学、1980、263-292頁
7. 疋田康行〈戦前期日本航空機工業資本の蓄積過程〉、《一橋論叢》77巻6号、一橋大学、1977、668-684頁
8. 御園謙吉〈高橋財政期の三菱重工業〉、《一橋論叢》96巻3号、一橋大学、1986、300-314頁
9. 吉田英雄、〈超々ジュラルミンと零戦(2)―超々ジュラルミンの零式艦上戦闘機への適用―〉、《軽金属》66巻、軽金属学会、2016、97-106頁
10. 吉田英雄、〈アニメ〈風立ちぬ〉ともう一つの超ジュラルミン―UACJの研究報告書から読み解く―〉、《UACJ Technical Reports Vol.1 No.1》、2014、147-157頁

日文専書

1. 大石嘉一郎編《日本帝国主義史3 第二次大戦期》、東京大学出版会、1994
2. 岡村純編《航空技術の全貌》、興洋社、1953
3. 河合敦《岩崎弥太郎と三菱四代》、株式会社幻冬舎、2010
4. 小山弘健《近代軍事技術史》、三笠書房、1941
5. 武田晴人《岩崎弥太郎》、ミネルヴァ書房、2011
6. 高野弘編《零戦よもやま物語》、株式会社光人社、2003 新装

- 7.同台經濟懇話会編《大東亞戦争の本質》、株式会社紀伊国屋書店、1996
- 8.梅井義雄《戦争・財閥・軍需工業》、東洋經濟新報社、1937
- 9.前間孝則《技術者たちの敗戦》、株式会社草思社、2013
- 10.林克也《日本軍事技術史》、青木書店、1957
- 11.堀越二郎《零戦の遺産—設計主務者が綴る名機の素顔》、光人社NF文庫、2003
- 12.堀越二郎《零戦 その誕生と栄光の記録》、講談社書店、2012
- 13.堀越二郎、奥宮正武《零戦—設計者が語る傑作機の誕生》、学研M文庫、2013
- 14.柳田邦男《零式戦闘機》、株式会社文芸春秋、1980
- 15.吉村昭《零式戦闘機》、株式会社新潮社、1978
- 16.小福田皓文《零戦開発物語—日本海軍戦闘機全機種のカラダ—》、株式会社光人社、2003新装
- 17.宮川隆泰《岩崎小弥太—三菱を育てた経営理念—》、中公新書、1996

中文專書

- 1.葉至誠、葉立誠《研究方法與論文寫作》、台北：商鼎數位、2011

網頁資料

- 1.台灣航空教育發展協會：<http://www.taeda.org>
- 2.國家教育研究院 雙語詞彙、學術名詞暨辭書資訊網：<http://terms.naer.edu.tw/about/>
- 3.航空実用事典：<http://www.jal.com/ja/jiten/dict/p217.html#04-02>
- 4.中國央視〈日本二戰殺人魔機，「零」式戰機驚現東京灣〉，《央視網 CCTV新聞》，2017-06-10。出處：<http://news.cctv.com/2017/06/10ART11q0HiGsER0h9dVpc0P7o170610.shtml>。
- 5.堀越雅郎〈家族が語る“零戦の設計者”堀越二郎（〈風立ちぬ〉のモデル）の素顔〉出處：<https://shuchi.php.co.jp/article/1579>
- 6.F22圖片 http://www.vehiclehi.com/Aircrafts/aircraft/aircraft_military_f22_raptor_1600x1000_wallpaper_27908
- 7.社團法人花蓮縣航空協會 <https://sites.google.com/a/hlaa.org.tw/www/>