

第一章 緒論

本章說明本論文研究主題的背景、動機、目的，以及針對供應鏈管理所欲探討的問題。其焦點為運用數學模式，進行供應鏈體系下藉由價格折扣與預算限制機制以創造互惠之批量補貨策略的決策分析，並對其決策情境與限制加以說明。本章最後，針對研究論文的架構與各章之間的關連性作進一步說明。

1.1 研究背景與動機

隨著經濟型態的變動與全球化的趨勢，競爭不僅是公司對公司的競爭而已，而是一種供應鏈對供應鏈的競爭。所以供應鏈上下游之間的關係，與彼此的協調合作便顯得相當重要。依 Handfield and Nichols (1999) 對供應鏈所作的定義：「供應鏈是組織一連串的活動，涉及生產與配送產品或服務時的設施、功能及活動。這一連串的流程始於原料供應商，而延伸到最終顧客。設施包括倉儲、工廠、製程中心、配送中心、零售商及辦公室。功能及活動則包括預測、採購、存貨管理、資訊管理、品質保證、排程、生產、配送、交貨及顧客服務。」因此，每一個企業均會位於供應鏈其中的一環，無法獨立於供應鏈體系之外。

為了提昇供應鏈的整體表現，Stevenson (2002)指出供應鏈面臨了很多的挑戰。其中主要的挑戰，在於如何整合供應鏈中各個獨立分散的企業。因為傳統上，各個企業均有其自身的內部利益目標，但各個企業的目標往往會彼此衝突。例如：買方為了減少存貨的持有成本，便要求供應商以較小批量供貨，如此會導致存貨成本轉移至供應商。而且若各企業各自追求本身的最佳化會造成相當顯著的機會成本。由上觀之，如何進行供應鏈的協調，遂成為供應鏈管理中的重要議題。

對大多數的企業與供應鏈的經營是否成功，良好的存貨管理是不可

或缺的一環。良好的存貨管理會使生產、作業、行銷及財務方面均能獲益。反之，不良的存貨管理會阻礙生產、作業的順暢，降低顧客滿意度並增加營運成本。Silver et al. (1998) 指出：在加拿大的製造業中企業持有的存貨金額的佔企業本身流動資產的百分之三十四。因存貨所佔流動資產的比率很高，因此，只要善加管理必定有成本節省的空間，並可增進對顧客的服務品質。例如，Hiller and Lieberman (1995)指出：IBM 公司整合全國備份零件存量網，以發展出新的存貨系統，改善了對顧客的服務，減少存貨超過二億五千萬美元，並且因效率提高而每年節省二千萬美元。可見存貨對企業的經營效率，乃至於一個國家生產力的影響。

由上論述可明顯看出：在供應鏈體系中，進行上、下游的存貨協調會有很大的成本節省空間。是故，如何設計有效的協調機制以促成供應鏈上下游組織的協調機制與成本節省，即為本論文主要的研究動機。而在供應商¹與零售商²之間的協調中，價格與批量的訂定一直扮演重要的角色。若供應商或零售商各自尋求最佳化。當只考慮自身的最佳化時，供應商所認定的最佳決策中的價格或批量，對於零售商而言，可能是無法接受的。所以本研究企圖設計供應鏈之協調機制，以期達到雙方互惠的局面，並維繫長期的合作關係。

1.2 研究目的

由前一小節所述，可知存貨管理的重要性。而傳統存貨管理的主要執行任務是在於存貨數量的控制，在考量攸關成本與需求可以滿足下，作出最佳的存貨數量掌控，以免發生存貨過多或缺貨現象。而其主要關鍵，便是供應商制定最佳生產週期(或數量)及零售商決定最佳訂購週期(或數量)。

¹ 供應商，本論文中「供應商」一詞，乃指本身具有生產功能或以 OEM 委外生產方式提供產品。

² 零售商，在本論文中，乃指自供應商購入產品者，並銷售至顧客。

本研究運用「整數-分數」(integer-ratio)策略作為上、下游之間供應商生產週期與零售商訂購週期的協調基礎；請參考下列文獻(Roudy,1985；Lu and Posner, 1994；Lu, 1995)。所謂的「整數-分數」策略，乃指各買方的訂購週期為供應商生產週期乘上某一乘數，此乘數可為一整數或分數。有關此種協調補貨策略的相關研究，於第二章文獻探討中作詳細的說明。

本研究綜合考量以買方之成本預算上限，及供應商提供價格折扣的機制進行供應商與買方間的協調。協調機制主要的精神在於決策者必需考量買方所允許的平均總成本增加上限，作為限制條件。在買方配合供應商的生產整備週期時，勢必會比原先買方以經濟訂購批量(EOQ)進行採購的成本來得高。如此，買方必定會造成某一個程度的成本上揚。因此，本研究建議供應商提供產品之「價格折扣」，以確保買方因配合供應商生產週期進行採購，所引發的成本上升得以受到補償。並且外加某一定比率的優惠作為配合供應商的誘因。故運用本研究的協調機制，可確保買方不會因配合供應商而蒙受成本增加。

故本研究的目的為以計量(quantitative)的方法，推導出供應商最佳生產週期、各個買方的訂購週期，以及供應商對各個買方應提供價格折扣值，以創造供應鏈成員互惠多贏的決策情境。

1.3 研究範圍與限制

一般而言，典型製造業的存貨項目包括：原料、物料、外購零組件、在製品、製成品、替換零件、工具、供應品以及運送途中的貨品。而本研究所指的存貨則為供應商的製成品以及買方購自供應商的製成品存貨。並不涵蓋其他在製品零組件等項目。

本論文中部分的研究係以Lu (1995)所提的單供應商與多買方之整合

存貨模式研究為基礎，而加以修改擴充。就研究的軌跡來看，Goyal (1977) 提出聯合經濟批量 (Joint Economic Lot Sizing, JELS) 模式。該模式假設供應商具有無限產能，其目標函數乃為求供應商與買方的總和攸關成本的最小化。而 Banerjee (1986) 則考量有限產能的限制條件。Goyal (1988) 又進一步放寬 Banerjee 模式中供應商採用批對批的補貨策略限制。另一方面：在數量折扣(quantity discounts) 的研究上，Monahan (1984) 發展一數量折扣模式以提高供應商的利潤，但其模式缺少供應商的存貨持有成本考量，且又假定供應商依照批對批的補貨作業方式。其他有關以建立特殊數量折扣型式的研究，諸如：Lee and Rosenblatt (1986), Monahan (1984), Rosenblatt and Lee (1985), Kim and Hwang (1988), Klastorin et al. (2002) 及 Zhao and Wang (2002)。

本研究亦可視為單一倉儲與多家經銷商模式 (One-Warehouse Multi-Retailer Problem) 與聯合補貨問題 (Joint Replenishment Problem, Goyal, 1974 ; Van Eiji, 1995 ; Fung and Ma, 2001 ; Viswanathan , 2002 ; Lee and Yao, 2003) 的一種擴充模式。與其他研究的主要差異乃在於供應商並非是具有無限產能的倉庫(warehouse)。且本研究的決策情境更加入了買方的採購預算成本上限及價格折扣等協調機制，以建立互惠、長期合作的供應鏈夥伴關係。

然而，以上所提的整合存貨、批量及數量折扣模式都未能達到買賣雙方均能互惠的協調策略。所以，本研究乃從這些研究範圍中加以延伸突破，以期在考量產能限制條件下，尋求互惠的決策情境。

從供應體系的組成架構、有無產能限制與是否可得到彼此互惠的情形等三個角度來確立研究主題的定位。吾人發掘：一般文獻中有以單一供應商與一家經銷商(或買方)，在考量有限產能的前提假設下進行協調，但無法保障雙方均能受益。其常被引用之研究有：Lu (1995), Goyal (1995), Hill (1997), Viswanathan (1998), Goyal and Nebebee (2000) 與 Goyal

(2000)。而以單一供應商與多家買方(或經銷商)，考量雙方均能受益，但未考慮有限產能之限制條件所進行協調的研究有：Viswanathan and Piplani (2001)。另一方面，單一倉儲與多家零售商的協調問題(One-Warehouse Multi-retailers Problem, OWMR)並未考慮有限產能的前提假設下，且亦無法保障雙方均能受益。因此，本研究之最後模式將處理單一供應商與多家買方(或經銷商)協調問題，且考慮有限產能之限制條件，並可改進以往應鏈體系中獨厚供應商的情形，以期能確保雙方均能受益。

在研究限制的假設方面，本研究中以 Lu (1995) 所提的整合存貨模式為基礎，再針對演算法之改進與決策情境加以修改延伸，共分為四個模式。其共同的假設如下：

1. 需求率與相關成本資料為已知的固定常數。
2. 不允許缺貨發生。
3. 無限計劃水平期間。
4. 多家經銷商之間，彼此獨立並不相互影響。

1.4 論文架構

本研究論文共分為七章，各章內容概述如下：

第一章 緒論

闡述研究背景與動機、研究目的、研究範圍與限制及研究架構。

第二章 文獻探討

首先，探討供應鏈協調的定義、分類及其相關文獻整理，其次探討價格折扣的相關研究及其分類。在文獻探討中確定本研究的定位及其研究價值。

第三章 單一供應商面對單一買方的協調問題

單一供應商面對單一買方的協調問題，為分析單一供應商面對多家買方的基礎。其主要貢獻在於運用此單一供應商面對單一買方的協調模式作為一個評估整合供應鏈績效的比較依據。面對此單一供應商與單一買方基本的決策情境，供應商的決策者須決定生產的週期；即在一次的生產批中要分成多少次的配送，及每一次配送的最佳配送量。主要結果為探究模式的理論性質，以提供一快速有效的最佳解解法。

本章所研究的模式適用於，當供應商在所處的供應鏈體系中面對單一家買方，其有較高的優勢，例如，高度專業集中的醫藥供應商，製造特定的藥品。藥廠對某區域的獨家經銷商，便具有較高的優勢。本章研究雖僅探討單一個供應商面對單一個買方之研究協調機制，但亦可以協助在同一公司體系內之上、下游不同成本中心間協調策略的制定。

第四章 單一供應商面對多買方的供應鏈協調問題

延續第三章針對單一供應商面對單一買方的協調問題之研究，其模式擴充至多買方的決策情境，並利用模式的理論性質，設計快速有效求得最佳解的演算法。本章所研究的模式適用於，當供應商在所處的供應鏈體系中面對多家買方，且其有較高的優勢，諸如，賣方具有較高的優勢的關鍵零組件供應商，高度專業集中的供應商等。

第五章 藉由共同補貨週期與價格折扣協調供應鏈存貨問題

針對兩階式的供應鏈體系中，以共同補貨週期與價格折扣之協調機制進行供應商與多個買方間的協調。由供應商提供單一商品，在面對多個買方採用單一訂價策略的情形下，運用價格折扣以吸引買方依照供應商所訂定的共同補貨週期來進行補貨，本章主要延伸 Viswanathan and Piplani (2001)的模式應用，原模式以 Stackelberg game 的方式進行上、下

游供應商與買方間彼此的協調。事實上，本研究發現此協調機制求得的解有改善的空間，可進行更佳合作的作法，並可進行兩階段式的成本節省再分配，以增進彼此的利益共享。主要貢獻在於理論性質的分析及演算法的設計，並對可進行節省再分配的條件做理論性的推導。然而該模式雖已考量雙方均能受益，但在進行協調時，尚未考慮有限產能的前提假設 而合作式整合策略中 franchise fee 的運用較適用於供應商除了供給商品給經銷商外，還提供品牌價值，以及相關的資訊以利經銷商營運。

第六章 單一供應商與多買方間互利協調模式之研究

因目前文獻中尚未有考慮有限產能的前提假設，與確保雙方均能受益的單一供應商與多家買方(或經銷商)協調模式。故本章研究提供一互惠的雙贏的存貨補貨策略，運用第四章所提的整合式存貨模式與第五章所探討的價格折扣機制，以進行互惠式協調機制的研究。本章假定供應商對買方的補貨週期與供應商的生產整備週期之間呈「整數-分數」倍的關係。在經銷商需求率、供應商生產率，及相關之成本資料(如，生產整備成本、存貨持有成本、訂購成本，)均為已知且確定的情況下。在同一生產批量中可允許多次配送，且每次配送數量均等之條件下供應商對各個買方提供價格折扣，運用此「價格折扣機制」，確保買方因配合供應商的生產整備週期所引起的成本上升得以彌補，並且能額外地，給予買方某一比率的利益當作誘因，以茲分享供應商整合生產整備週期所獲得的成本節省。於此情況下，求供應商平均總成本之最小值，並同時能獲得多贏的局面，且利用模式的理論基礎設計有效的求解演算法。

本研究之探討有助於市場需求穩定性高，生產整備成本較高，供應商同時會有多家經銷商等特性的強勢產品。尤其是民生日常必需用品之相關產業，因這類產業已經日趨成熟，市場需求量趨於穩定。加上這類產業需普及至每一個消費者，所以供應商需透過經銷的體系銷售產品。

因此，供應商與經銷商需建立長期互惠的合作關係。例如：瑞輝藥廠與美國各知名連鎖藥局體系之關係，或者是寶僑家品(Procter and Gamble, P&G)公司與各個經銷賣場或專櫃之間的合作關係。

第七章 結論與未來研究方向

針對本研究所探討的四個存貨模式之研究成果加以整理，及對模式中在未來可以延伸的研究方向提出建議。

第二章 文獻探討

有關存貨管理議題的研究，一直是實務界及學術界關注與研究的重點。近年來隨著供應鏈管理領域的興起，為提升供應鏈績效與促進供應鏈成員的協同合作，所從事有關供應鏈體系的存貨協調研究，已經成為研究供應鏈管理的一個主要重心之一。且隨著經濟型態的變動與全球化的趨勢，競爭不僅是公司對公司的競爭而已，而是一種供應鏈對供應鏈的競爭。所以供應鏈上、下游之間的關係，與彼此的協調合作便顯得相當重要。

本章首先一般常見的供應鏈管理的定義做整理，再藉由文獻探討，分析供應鏈管理中不同成員之間三種不同的存貨協調模式與協調機制的運用。並分別以買方觀點、供應商觀點及買方-供應商共同考量觀點等三種不同的角度，來說明價格折扣協調機制的相關研究。本章架構分為四節進行討論。第一節，先釐清本研究係屬於作業性層級的協調模式 (operational model)，而非策略性層級的模式 (strategic model)。有關作業性的協調模式與策略性模式之區別，可參見 Thomas and Griffin (1996)，一般作業性模式分成三個環節來討論。在此除了說明此三種分類外，亦說明其他供應鏈協調機制的設計與作法，再導入本研究的協調機制設計概念。第二節，主要針對價格折扣來探討。Li and Huang (1995)指出：大體可從三種不同的角度來說明價格折扣相關研究。此三種不同的角度為：買方觀點、供應商觀點及買方-供應商共同考量的觀點。第三節主要針對主要文獻之缺失及可改進之處作進一步的說明。最後，再歸納出本研究主題收斂及其研究定位。

2.1 供應鏈協調議題之相關文獻

近二十年來，不斷有學者對供應鏈提出定義與闡述。本論文研究乃

在供應鏈體系下，針對供應鏈協調機制作研究。因此，首先將一般常見的供應鏈管理的定義做整理，以作為本研究的出發點。茲將供應鏈管理的定義與提出者加以整理，請參考表 2.1。

供應鏈體系由上游供應商與數個彼此相互獨立的下游經銷商(或買方)所建立而成的，以往買賣雙方各自尋求個別的最佳配送(或生產)與補貨決策。然而，隨著外在競爭壓力的驟增與資訊科技的進步，供應鏈的成員已了解可以透過某種協調機制，以求上、下游的協同合作並創互惠的局面。

在探討供應鏈協調機制之前，先就幾個相關的名詞作一澄清。有關協調(coordination)，合作(cooperation)，協同(collaboration)等名詞已在不同的研究領域，受到廣泛的使用。為了確認「協調」，「合作」與「協同」在供應鏈的意義，在此將其差異作一說明。

依據韋氏字典的解釋，「協調」是指使兩者關係互動和諧的行動或兩者關係互動和諧的狀態。(Coordination is the act or state of combining in harmonious relation or interaction.)。「合作」則指為了達到共同目的或利益所進行的行為(Cooperation is an act or instance of working or acting together for a common purpose or benefit.)。「協同」原有通敵的意思，但現指不同的個體貢獻其技術與資源，在一種互信、互重、彈性的氣氛下企圖達成共同的目的。(Collaboration is the coming together of parties with diverse skills and backgrounds, contributing those skills and resources in an atmosphere of trust, respect and flexibility, in order to achieve shared goals and objectives.)。然而，本研究參考研究文獻(Viswanathan and Piplani, 2001)對於“coordination”與“cooperation”的解釋，因其具有較寬廣的意涵。其中指出“..., firms realize that inventories across the entire supply chain can be efficiently managed through greater *cooperation* and better *coordination*.”。

通常供應商或零售商各自尋求最佳化，當只考慮自身的最佳化時，供應商所認定的最佳決策中的價格或批量，對於零售商而言，可能是無法接受的。因此，透過本研究設計供應鏈之協調機制，將有機會達到雙方互惠的局面，並促進長期合作的夥伴關係，此乃強調「協調」的意義。所以本論文第三、四、六章之模式較強調「協調」；而第五章模式則強調分析可達成成本節省的再分配的目的地，因此較強調「合作」，故以「合作式整合策略」稱之。

協調的效益逐漸受到重視而傳統的協調作法機制包括:垂直與水平整合、建立供應鏈夥伴關係、簽定交易合約與利潤分享等機制。有關上述機制的討論可參考 Jeuland and Shugan (1983), Johnston and Lawrence (1988), Tirole (1988)與 Buzzel and Ortmeyer (1995)等學者的論述。而為了維繫長久的夥伴關係，在上、下游協調中建立利潤分享或是成本節省的共享是一項很有效的策略。

表 2.1 一般常見的供應鏈管理的定義與提出者

提出者	供應鏈管理的定義
Jones and Riley, 1985	The planning and control of total materials flow from suppliers through manufacturing and distribution chain to the end-users.
Stevens, 1989	The connected series of activities which is concerned with planning, coordinating and controlling material, parts and finished goods from suppliers to the end customer
Scott and Westbrook, 1991	The chain linking each element of the production and supply process from raw materials through to the end consumer. Typically such a chain will cross several organizational boundaries.
Ellram, 1991	A network of firms interacting to deliver a product or service to the end customer linking flows from raw material supply to final delivery.
Towill et al., 1992	A system whose constituent parts include suppliers of materials, production facilities, distribution services and customers, all linked together via the feed forward flow of materials and the feedback flow of information.

表 2.1 一般常見的供應鏈管理的定義與提出者(續)

提出者	供應鏈管理的定義
Christopher, 1992	The network of organizations that are involved, through upstream and downstream linkages, in the different processes and activities that produce value in the form of products and services in the hands of the ultimate consumer.
Davis, 1993	A network of processing cells with the following characteristics: supply, transformation and demand.
Lee and Billington, 1995	A network of facilities that procure raw materials, transform them into intermediate goods and then final products, and deliver the products to customers through a distribution system. It spans procurement, manufacturing and distribution.
Thomas and Griffin, 1996	Material and information flows both in and between facilities, such as vendors, manufacturing and assembly plants and distribution centers, ... there are three traditional stages in the SC: procurement, production and distribution.
Cooper et al., 1997	The integration of business processes from end-user through original suppliers that provides products, services and information that add value for customers.
Christopher, 1998	The network of connected and interdependent organizations mutually and cooperatively working together to control, manage, and improve the flow of materials and information from suppliers to end users.
Beers et al., 1998	A network of connected organizations aimed at the fulfillment of consumer needs ... in conjunction with the fulfillment of needs of other stakeholders of such an entity.
Trienekens, 1999	A network of processes with precedence relationships that are linked by the flow of products, information and/or money.
Handfield and Nichols, 1999	It encompasses all activities associated with the flow and transformation of goods from the raw materials stage, through to the end user, as well as the associated information flow. Materials and information flow up and down the SC.

當今在供應鏈管理中，整合性的存貨管理模式逐漸受到重視。愈來愈多學者從事整合存貨管理之研究、例如 Banerjee (1986), Goyal (1988,1995) Lu (1995), Viswanathan (2001), Hill (1997,1999), Chiou and Yao (2001)等。因為從整體的角度著眼，並藉由建立雙方合作協調的機

制，可使上、下游廠商受益。

供應鏈的協調研究可分為作業性 (operational) 的協調模式與策略性規劃 (strategic planning) 模式。在作業性的協調模式方面著重在：(1) 買方-供應商間協調，(2) 生產-配銷間協調，以及(3) 存貨-配銷間協調等相關研究，參見表 2.2；在策略性規劃上，則考慮工廠配銷中心的開設與撤廠，還有廠址的選擇，特定產品在供應鏈中的評量等議題。

接下來，針對與本研究較為相關的作業性協調模式進行探討，在作業性的協調模式方面有：(1) 買方-供應商間協調，(2) 生產-配銷間協調，以及(3) 存貨-配銷間協調等相關研究，詳述如下：

表 2.2 作業性供應鏈協調模式之相關研究

買方-供應商間協調	生產 配銷協調	存貨 配銷協調
Monahan(1984)	Williams(1981)	Clark and Scarf(1960)
Lee and Rosenblatt (1986)	Haq,Vrat and Kanda (1991)	Muckstadt and Thomas(1980)
Banerjee(1986)	Hahm and Yano(1992)	Erkip,Hausman and
Benjamin(1990)	Pyke and Cohen	Nahmias (1990)
Goyal(1988)	(1993,1994)	Svoronos and
Anupindi and	Chien (1993)	Tsubakitani (1991)
Akella(1993)	Chandra and Fisher(1994)	Ernst and Pyke (1993)
Kohlia and Park(1994)	Muckstadt and Roundy	Van Eijs(1994)
Lau and Lau(1994)	(1993)	
Lu (1995)		
Hill(1997)		
Viswanathan (1998)		
Goyal and Nebebee		
(2000)		

2.1.1 買方-供應商間協調

以往的存貨模式因較著重於替買方決定最佳的訂購量而忽略了兩個重點：其一，改善物料搬運設備的投資及資料交換處理等 IT 技術將可改善供應鏈的整體表現；其二，忽略了整合的觀念應朝買賣雙方的角度來求最佳化。然而改善投資係屬策略性決策問題，在此不加探討。當然不可諱言的，投資後之結果會連帶影響作業性模式的參數，其相關研究者有 Monahan (1984)推導出最佳訂購量為 $K*Q^*$ ；Lee and Rosenblatt (1986)可同時決定 k 與 K 為供應商訂購量是買方訂購量的整數倍；Banerjee (1986)強調有限生產速率下，推導出聯合的最佳生產或訂購批量；Goyal (1988)放寬 Banerjee (1986)的批對批(Lot-for-Lot)的生產方式之限制；Anupindi and Akella (1993)中定出三個模式並考慮準時到貨的機率。

Kohli and Park (1994)所提的聯合模式旨在降低單供應商與同質性多買方間的交易成本；Lau and Lau (1994)處理一個買方面對兩個供應商，並以 (Q,R) 連續檢閱方式允許補貨，但前置期間具隨機性、需求為確定下，以決定最佳訂購量、再訂購點、以及從第二個供應商補貨的最佳比例。

2.1.2 生產-配銷協調

很少研究同時考量生產與配銷的整合問題。其原因為：(1)工廠外部車隊路徑與工廠內的機器排程均為不易解決的問題；(2)實務上常將工廠內外，以某一存貨緩衝區將它們兩者分開；(3)有著不同部門需對這兩項規劃工作負責任。Williams(1981)以動態規劃的方法求生產網路與配銷系統的生產與配銷成本最小化。

Benjamin (1990)主要提出對多模式選擇的運輸成本，然其線性運輸成本在應用上受到相當限制。其餘有關生產-配銷方面的研究有 Haq et al. (1991)、Pyke and Cohen (1993,1994)運用馬可夫鏈建構三階模式、Chien (1993)、以及 Chandra and Fisher (1994), Muckstadt and Roundy (1993)等。

2.1.3 存貨-配銷間協調

最早起源於多階存貨系統(multi-echelon inventory systems)。早期研究諸如 Clark and Scarf (1960)提出系列式多階存貨架構，Silver and Peterson (1985)提出二階存貨系統。Muckstadt and Thomas (1980)研究低需求量的多階系統以運用 Lagrangian Relaxation 將問題分解成較小且易解的問題。Erkip et al (1990) 決定最佳訂購策略將產品分配至需求相關的倉儲中心。

Svoronos and Zipkin (1991)假定最低階之需求服從卜瓦松分配，轉移時間為隨機的情況下，以求最佳化並決定基本庫存水平。Rogers and Tsubakitani(1991)考量投資的限制以求零件最佳庫存水準；Ernst and Pyke (1993)研究一個倉儲與經銷商間的二階存貨問題，且其需求具隨機性。Muckstadt and Roundy (1993)提出有效解法以解多階生產或配銷網路，而各階段間的配銷量具有巢狀二冪(nested powers-of-two)的運作模式。

Van Eijs (1994)考量如何降低運輸成本，對一個買方購買 N 種不同零件之情形，並引用協調式 (R,S) 週期檢閱系統，在每個週期內，一方面計算運輸成本的節省；一方面需注意存貨成本的上升，經數據驗證採用此法約可獲致 20% 的節省。

2.2 訂價機制-有關數量折扣之研究文獻

當今在全球運籌的環境中，雖然採購政策的制定上更具多樣化，諸如要求較佳的供貨品質、供應商的彈性與快速反應等議題越來越受到重視。但產品價格的優惠或折扣對買方而言，仍具有相當的吸引力。因此，採購成本的實質節省一直是物料採購人員的主要考量因素之一。所以建構價格折扣(quantity discounts)的批量採購模式，有助於採購決策的選定。此外，透過價格上的折扣亦能視為通路協調(channel coordination)的

一種有效工具，以尋求買賣雙方的互利雙贏。

整合模式的興起與演進：以往買賣雙方獨自尋求經濟訂購量，但往往雙方的最佳批量並不一致，以致於無法達到互利雙贏，近二十年來愈來愈多的學者從事整合買賣雙方批量與數量折扣的研究。若以買方需求時程長短來區分，主要可分為兩大類：(1)非時間階段(non-time-phased demand)與(2)時間階段(time-phased demand)每類再依折扣方式細分為全量折扣(all-units discounts)與增量折扣(incremental discounts)其分類請參考表 2.3 至表 2.6，以下特別針對與本計劃相關非時間階段全量折扣方面之文獻進行探討。

2.2.1 買方之觀點

此類研究乃建立在傳統 EOQ 模式的基本假設上與供應商預先給定一組全量折扣的價格及其對應的訂購數量界限。買方可在各數量折扣界限中挑選一個最佳訂購量，即在此訂購量下可得到買方的最低成本。基本模式的引伸與演進軌跡，可從幾個方向來看：(1)以買方最低成本為目標函數；(2) 分攤固定成本的想法(T-S model)；(3) ROI 的角度(Forgarty,1983)；(4) 買方需求會改變(Abad, 1988a,b)；(5) 允許缺貨；(6) 暫時性的價格折扣；(7) 現金流量現值法；(8) 買方資源受限制；及(9) 新的解法 Methodology 等等詳述如下。

表 2.3 非時間階段/全量折扣

買方之觀點	供應商之觀點	買方-供應商之觀點
Hadley and Whitin(1963) Tersine and Price(1981) Kuzdrall and Britney (1982) Rubin, Dilts and Barron (1983) Fogarty and Hoffman (1983) Aras(1985) Krupp(1985) Aucamp and Kuzdrall (1986) Abad (1988) Patterson(1989) Burwell, Daveand Fitzpatrick (1991) Bento(1991) Rubin and Benton (1993) Hall (1992) Rubin and Benton (1993)	Monahan(1984) Lee and Rosenblatt (1986) Goyal (1987) Drezner and Wesolowsky (1989) Weng and Wong (1993) Weng (1995) Chen, Federgruen and Zheng (2001) Muson and Rosblatt (2001) Viswanathan and Piplani (2001)	Crowther(1964) Monahan(1984) Rosenblatt and Lee(1985) Lee and Rosenblatt (1986) Banerjee (1986) Chakravarty and Martin (1988) Joglekar(1988) Chakravarty and Martin (1989) Kim and Hwang(1989) Li and Huang (1995) Klastorin, Moinzadeh, and Son (2002)

表 2.4 非時間階段/增量折扣

買方之觀點	供應商之觀點	買方-供應商之觀點
Hadley and Whitin(1963) Tersine and Toelle(1985) Abad(1988b) Guder,Zydiak and Chaudhry (1994)	Kim and Hwang(1988)	Dolan(1978) Lal and Staelin(1984) Dada and Srikanth(1987) Weng (1995)

表 2.5 時間階段/全量折扣

買方之觀點	供應商之觀點	買方-供應商之觀點
Mather(1970) Callarman and Whybark Majewicz and Swanson (1978) Benton(1980) Callarman and Whybark (1981) Benton (1983) Benton and Whybark (1983) Benton (1985)	Chung Hum, and Kirca (1996) Federgruen and Heching (1999) Chan, Simchi-Levi, and Swann (2000)	Zhao and Wang (2002)

表 2.6 時間階段/增量折扣

買方之觀點	供應商之觀點	買方-供應商之觀點
Tersine and Toelle (1985) Federgruen and Lee (1990)	Open Area	Open Area

(1) 以買方最低成本為目標函數

Hadley and Whitin (1963)提出一有效的解法，其主要作法乃檢查有效可接受的最大經濟訂購量(valid EOQ)以及所有大於 EOQ 的價格斷點(price breaks)，進而在其中選擇最低成本的訂購量。Rubin, Dilts and Barron(1983)所提尋找最佳 EOQ 解法與 Hadley and Whitin (1963)解法之概念相似。

(2) 分攤固定成本

在 1982, Kuzdrall and Britney 提出 total setup lot sizing model (T-S Lot size Model) 其概念為：供應商之價格至少必須高於分攤的固定成本與變動成本之和；且源自買方價格折扣上的節省與訂購作業成本上的節省，也必須大於因多採購而造成的存貨持有成本上升。此關係式提供一個判別指標，其有助於判斷兩相鄰的價格斷點，且可較迅速找到最佳解的數量折扣範圍。

Rubin, Dilts and Barron (1983) 對於 T-S Lot size Model 提出四項批評：

- (i) T-S Model 要求買方需取得供應商的固定成本與變動成本資料；
- (ii) 即使供應商的成本結構已知，此模式也未必能得到最佳解；
- (iii) 對存貨生產方式(Make-to-stock)而言，生產整備成本取決於生產批量而非買方之訂購批量；
- (iv) 該模式假設完全彌補固定成本，僅發生於數量折扣的上界。

而 Britney, Kuzdrall and Fartuch (1983b) 之研究雖然針對第四項缺點加以修正其模式，但並未對其他缺點進行修正。

(3) 投資報酬率

Forgarty and Hoffman (1983) 運用投資報酬率(Return On Investment, ROI) 為衡量標準，判定因採用數量折扣之訂購量所產生的額外存貨(excess inventory) 之投資報酬率，是否高於公司內部所預設的投資報酬率(ROI)。Krupp (1985) 對 EOQ 與所有的價格折扣斷點均考量其投資報酬率。故在 EOQ 點時的 ROI 大於內部的報酬率，則訂購量提升至下一個數量折扣斷點，依此調整步驟可求最大的成本節省，然而其主要應用上的限制為該模式所稱的資金投入為全部而非增量的資金投入，是故在資料取得上較不易。Patterson(1989) 修正 Krupp 模式改以附加增量的資金為衡量的基礎。以上 T-S Model 及從 ROI 的角度來處理數量折扣的問題並

未獲得後續研究者的持續投入。

(4)買方需求變動下

Abad (1988)提供一套求解步驟以求得最佳售價與最佳訂購量，並對傳統 EOQ 的假設稍作調整，即假設買方為一零售商而下游的需求量會視售價而變動，此需求函數為一價格彈性函數或一線性函數且相依於價格。雖然 Abad(1988)的求解步驟與 Hadley and Whitin (1963)非常相似，但該模式可在需求為價格的函數下同時替買方(或經銷商)決定最佳低價格與最佳訂購數量。

(5) 允許缺貨與暫時性的價格折扣

Burwell et al.(1991)對 Abad (1988a)的模式加以修正，允許缺貨的情況下，決定最佳零售訂購量、最佳售價與最佳再訂購點。其所得結果相較於 Abad 模式更可以提昇其在買方的利潤。一次訂購 Tersine and Price(1981)提出一模式以解決暫時性的價格折扣，此可視為一種特別優惠價格的訂單。Aull-Hyde (1992)研究指出：「一次折扣的問題是買方從供應商中所提供的折扣中選擇其中某一個時點的訂購量」。

(6) 現金流量

在暫時性價格折扣之後，供應商將調高價格之情況下，Aucamp and Kuzdrall (1986)建構一新模式以決定現金流量之現值(minimizing the present value of the cash flow)的最小化的訂購量與 EOQ 對應之現金流量現值相比較。選擇現金流量最低值的訂購量。後續在 1989 Aucamp and Kuzdrall 又提出新的解法並輔以新的考量因素，包括「維護成本」與「連續現金流量」，而連續現金流量包括其物料搬運、帳目維護、保險、存貨過時與稅的成本等等。Hall (1992)針對價格折扣是否顯著，以及折扣對模式的影? 曾加以探討。他指出價格折扣很大時，傳統 EOQ 模式會有高估訂購量之情形。

(7) 資源受限制

傳統數量折扣問題假設買方資源是無限的，而 Pirkul and Aras (1985) 便提出以 Lagrangian Relaxation 為基礎的方法來研究資源受限制下，多項產品採購的情況。當問題大小(problem size)變大時，求解時間會迅速上升。因此，研究將原問題分解成兩個次問題，以決定得最佳的 Lagrangian 乘數、最佳訂購量及價格。又當買方面對多個供應商分別提供不同的數量折扣，且必須考量買方的資源限制下，諸如，空間限制下以尋求最佳的採購方案。Benton (1992)針對上述空間限制之問題，有效運用 Lagrangian relaxation 的發式解法求解，其研究提供新發現有助於實務上的應用。

Rubin and Benton (1993)擴充 Benton (1992)的模式，對產品分枝限制條件加以放。因而產生一個可分解之對偶問題。研究中並提供數據以驗證其所提之集合式搜尋(collectively search)演算法。

(8) 數量價格折扣表

一致性的價格折扣(Z 或 d)一般在包含多個買方的供應商的供應鏈體系中，供應商針對同一種產品會提供一致的價格折扣。而 Wang and Wu (2000)則認為在不違反公平交易法的原則下，例如在美國為 Robinson-Patman 法案(Stein and El-Ansary,1992)，對同個買方而言，採購較大的訂購量時給予較大的折扣空間。

因此 Wang and Wu (2000)，Dolan (1987)等研究則藉由數量-價格折扣表(Quantity Discount Schedule)設計，以增進供應商的利潤。

(9) 買方的需求率固定

其中假設買方的需求率為固定且不受供應商的價格折扣影響，此項假設適用於多項產品與不同的產業(Wang and Wu, 2000；Lai and Staelin, 1984)。

2.2.2 供應商觀點

早期有關價格折扣的研究均偏重於從買方觀點來考量價格折扣的問題，真正從供應商的角度考量價格折扣議題，乃是由 Monahan (1984)開始。該研究模式在單一供應商與單一買方的情境下，由供應商提供數量(價格)折扣給其單一買方，亦即由供應商觀點來為供應商制定價格折扣表(quantity discount schedule)，以進行平均成本最小化的研究。Monahan (1984)研究發現：所推導出新的買方經濟訂購量為買賣雙方整備成本比值的函數。自此以後，有關從供應商的觀點，或者從供應商整合買方的觀點來處理數量折扣的存貨模式與研究，便不斷地被提出。

供應商的觀點的研究，可分為增加供應商利潤(profit)的研究與降低供應商成本(cost)的研究。有關增加供應商利潤的研究有 Joglekar (1988)，Lee and Rosenblatt (1986)，Goyal (1987)等論文，但此階段之研究均只侷限於一個買方。後續研究多個買方的研究有：Drezner and Wesolowsky(1989)研究焦點放在制定最佳的全量折扣價格折扣表(all-unit quantity discount schedule)；Weng and Wong (1993) 則探討在需求受價格影響需求與不受價格影響需求下之全量折扣模式；Weng (1995) 則同時探討比較全量折扣與增量折扣的效益，並求增加供應商利潤與買方與供應商的聯合利潤。

在降低供應商成本的研究方面，Muson and Rosblatt (2001) 運用價格折扣之機制來整合供應商與其更上一層供應商與下游買方以降低供應商自身的成本。Viswanathan and Piplani (2001)提出以價格折扣機制與共同補貨週期策略，來吸引買方配合供應商所預先制定的共同補貨週期。本研究第五章對該模式會有進一步的探討。

此外、近年來從事由供應商的觀點探討單一個供應商面對單一個買方之研究仍舊受到重視。主要相關研究有:Goyal(1988)與 Lu (1995)。此兩篇論文運用等量配送的方式，在某一次的生產批次中進行多次等量式

的配送。後續，單一個供應商面對單一個買方之研究持續有所進展。Goyal (1995) 每一次的補貨配送量，與前一次的配送量呈一固定比率。此比率為供應商生產率與買方需求率的比值。Hill (1997) 進一步擴充 Goyal (1995)的補貨配送策略，將其修改為一比率。此比值介於 $[1, P/D]$ 之間。同時，Viswanathan (1998)透過不同的資料參數設計，如供應商與買方整備成本比，供應商與買方之存貨持有成本比，及供應商生產率與買方需求率的比值。加以探索以比較等量配送(Identical Delivery Quantity, IDQ)與等比率式(Deliver What Produced, DWP)的配送何種策略較佳。然而，其研究發現並無法百分百的確信何種策略較佳。Goyal and Nebebee (2000) 提出為了能快速送出第一批，採用除第一批外，其餘各批之批量均相等的策略。Goyal (2000)針對 Hill (1997)的求解方法再次進行修改。本研究第三章對單一個供應商面對單一個買方之解法，從最佳解的結構分析，且有進一步的探討。

就目前所收集的文獻發掘：從供應商的觀點探討單一個供應商面對多家買方之研究，常限於無限產能之假設，並無真正考慮有限產能且兼顧買賣雙方互惠協調機制的研究。因此，本論文第六章會有進一步的探討。

2.2.3 買方-供應商之觀點

以往買賣雙方獨自尋求經濟訂購量，但往往雙方的最佳批量並不一致，以致於無法達到互利雙贏，愈來愈多的學者從事整合買賣雙方批量與數量折扣的研究。傳統的數量折扣模式大多假設供應商預先提供一套折扣價格。而買方再在從所提的折扣價格中選擇對買方最有利的折扣價格與訂購量，而供應商的利潤最大化或成本最小化均未被列入考量因素。

(1) 聯合經濟批量問題：

Crowther (1964)首先提出同時考量買方與供應商雙方成本節省的模式，即所謂的聯合經濟批量問題(Joint Economic Lot Sizing Problem,

JELSP)。研究指出數量折扣可為雙方帶來成本節省。Monahan (1984)證明供應商可藉由勸誘買方增加訂購量而受益，且明確詳實地說明以數量折扣來抵銷持有成本的上升。一般而言，買方在數量折扣上所取得的成本節省必需要大於或至少等於持有成本的增加。Manahan 模式則先以買方的角度看待，並算得折扣價格與存貨成本上升的平衡點，再平衡之價格折扣代入供應商的淨利函數(net accounting profit function)。而淨利函數包括整備成本的節省與因折扣所造成毛利的損失，兩項對淨利函數求極大化便可求得 $K^* Q^*$ 為買方最佳訂購量，且 $K^* = \sqrt{\frac{S_2}{S_1} + 1}$ 其中 S_2 為供應商製造或訂單處理成本； S_1 為買方訂購準備成本。

觀察上式 $K^* = \sqrt{\frac{S_2}{S_1} + 1}$ 得知 S_1, S_2 不為零時 K^* 必大於 1；且 S_2 等於 0 時供應商無法引誘買方增進其訂購量，反之若 S_2 遠大於 S_1 則供應商自然能吸引買方接受其數量折扣。令人意外的是 K^* 與供應商所提供的數量折扣表(quantity discount schedule)無關，端視 S_1 與 S_2 而定。顯然，Monahan (1984)用數量折扣模式以決定批量問題的研究開啟新的研究方向。而最受其他學者詬病的兩點假設為

- (i) 供應商的生產頻率與買方訂購頻率相同。
(亦即供應商採用 Lot-for-Lot-policy)
- (ii) 買方訂購數量的改變對供應商的存貨持有成本並無影響。

Rosenblatt and Lee (1985)針對上述假設加以放寬，且證明供應商的批量應為買方訂購批量的整數。若買方訂購量等於 KQ^* 時，供應商本身的存貨水準變化應為 $(K-1)KQ^*, (K-2)KQ^*, \dots, KQ^*$ 直到 0。因而將供應商的存貨持有成本併入供應商的淨利函數。Rosenblatt and Lee (1985)並提出一演算法以求得最佳訂購量，與當折扣為連續變數時之最佳折扣價格。

(2) 價格折扣限制式

Lee and Rosenblatt (1986)不允許價格折扣大於原訂價格，亦即賠本的交易行為。因而多加一條限制式以確保不做虧本生意。如此一來便可更接近實際情況。Lee and Rosenblatt(1986)亦對模式提出一套解法，以求得 k ， K^* 。此時 K^* 已不只是單純地視 S_1 與 S_2 而定，而且還是存貨持有成本的函數。該研究中亦證明：在買賣雙方的整備成本與持有成本相等時批對批的批貨方式(Lot-for-Lot policy)才可能是最佳解。

(3) 折扣可大於其採購價格

Goyal (1987)反對 Lee and Rosenblatt (1986)對數量折扣加以限制，因供應商可能會因經濟規模的考量，而供應商所提供的折扣可大於其採購價格，並且在解法上提出比 Lee and Rosenblatt (1986)更加簡易的方法以求 k 與 K^* 值。

在 Rosenblatt and Lee (1985) 與 Lee and Rosenblatt (1986)兩篇論文中雖未明言，但卻假設供應商所銷售的商品採購自它的上游供應商，而它只是扮演轉售的角色。因此在 Lot-for-Lot 的供貨方式下，供應商的存貨持有成本是可以忽略不計的。若供應商本身是一個製造者，則它必須儲存製成品直到整批貨完成生產才能運往買方。

(4) 考慮供應商(製造者)的存貨持有成本

Banerjee (1986)更提出當供應商是一個製造者，且假設整批貨完成才能出貨的情況下，面對單一買方數量折扣模式且假定供應商的生產速率大於買方的需求率，其目標函數則參考 Manahan (1984)的供應商淨利潤函數。比較 Manahan 推導結果 Banerjee 認為 Manahan 所得的 K^* 有高估的傾向，但若供應商的生產速率趨近於無限大時則兩者結果相同。而且 Banerjee 認為 K^* 未必要大於 1。因為在他所提的模式中是允許買方訂購量，比原先 EOQ 的訂購量(Q^*)還來得小，然而此情況並不多見。該研究同時檢視採用最佳聯合批量時，對買賣雙方的影響並推導出價格折扣的上下界，當折扣訂在下界時聯合批量的成本節省利益將全歸供應商，而

買方成本維持不變；反之，當折扣訂在上界時聯合批量所帶來的成本節省利益全歸買方，而供應商則維持不變。因此，Banerjee 建議將整合聯合批量所帶來的效益平分給買賣雙方。此外，Joglekar (1988) 與 Banerjee (1986)均支持對 Manahan 的模式稍加修訂，並多考慮供應商的存貨持有成本。

Kim and Hwang(1989)也進行相似的研究，主要探討價格與訂購量改變對買方成本與供應商利潤的影響並分成三個方式進行研究：

- (i) 在不增加買方成本下供應商欲求利潤極大化；
- (ii) 供應商利潤不變下買方追求成本的最小化；
- (iii) 買賣雙方尋求聯合成本的最小化。

研究發現：只要數量折扣能為雙方帶來效益，必定可以吸引買方改變其訂購量，然而 Kim and Hwang 的研究並未將供應商的存貨持有成本考慮進來。

Jogleker (1988)亦指出 Manahan 模式中的不合理性。他認為若 S_2 不大且 S_2 與買方訂購準備成本 S_1 相等時，對整體的供應商(生產整備)成本利益影響不大。反觀，若 S_2 很大時，與其採用數量折扣倒不如考量供應商的生產批量最佳化或者可同時兩種策略一併考慮。Drenzer and Wesolowsky (1989)在單一供應商與多買方的情況下，將研究焦點放在制定最佳斷點的數量折扣(optimal price break quantity)與相對應的折扣價格(optimal discount price) 透過搜尋所花時間會隨著買方個數的增加而迅速增加。

Chakravarty and Martin(1988)提供一個週期性檢閱的數量折扣模式，該模式假設買賣雙方有著共同的生產與訂購週期(T)。因此，生產完畢才直接運送至買方，並無存貨的累積。該研究發現價格下降對供應商不利，是故買賣雙方需制定互相受益的規範其目標函數即在最佳訂購週期(T)

與折扣價格而使聯合成本最小化。後續，Chakravarty and Martin (1989) 更將上述模式擴充至需求遞減的情形。

2.3 重要文獻評論

本研究主要針對 Lu (1995) 所提的整合型存貨模式加以擴充延伸。該研究主要的貢獻在於提出具產能限制的條件下，單一供應商為了達到整合多個買方的訂單，以「整數-分數」之生產配送策略(integer-ratio policy) 及考量買方的採購預算上限當作協調機制。以求供應商的平均生產整備成本與平均存貨成本之和的最小值，並對供應商的平均存貨有詳細的推導。但其運用之求解方法並不能保證求解品質，且採用買方的採購預算上限作為協調機制，勢必造成買方的採購成本的上升。就長期合作的角度來看，這並非一種互惠的供應鏈夥伴關係。

而 Viswanathan and Piplani (2001) 以 EOQ 的存貨模式加以擴充，該研究主要的貢獻在於提出簡易可行的協調機制，其上游供應商運用價格折扣以吸引買方依照供應商所訂定的共同補貨週期(Common Replenishment Epochs, CRE)來進行補貨。而共同補貨週期乃指上游供應商或製造商為了整合數家買方之補貨訂單，且希望獲取訂單處理與配送運輸的整合效益，所預先訂定之共同補貨週期。例如每週、每月、每季... 等等。不足之處在於並未考量供應商之有限產能的生產環境。本研究發掘此兩模式中應可加以改良，以達到多方均能受益的多贏局面。

在供應鏈管理之整合性的存貨管理模式之研究中，較具代表性，且常被引用的論文有 Monahan (1984), Banerjee (1986), Lee and Rosenblatt (1986), Goyal (1988,1995) Lu (1995), Viswanathan (2001), Hill (1997,1999) 等。

而在訂價機制方面，早在 Crowther (1964) 與 Dolan (1987)兩位學者就針對相關數量折扣的研究做一調查，而 Benton and Park (1996)亦對數

量折扣相關的研究做進一步的分類與探討。Weng and Wong(1993)提出需求為價格的函數並運用數量折扣做為協調機制的模式。Weng (1995)更提出數量折扣取決於年銷售額之訂購量與訂購頻率與需求量为銷售價格的函數。

然而，運用數量折扣及預算限制機制，整合協調供應鏈以創造供應商與多個買方均能獲益互惠的多贏協調策略，並未被提出或是研究過。

2.4 研究主題確立

本章說明了在供應鏈體系中作業性的協調模式，與促成供應鏈上下游企業的協調機制。吾人均明白進行上、下游的存貨協調會有很大的成本節省空間，所以設計可以達到雙方互惠的協調機制，以維繫長期的合作關係便顯得非常重要。

在供應鏈的領域中，供應商與買方兩者之間的批量訂定(或者是交貨時程)，以及採購價格決定等研究主題吸引不少學者的關注。近年來已有不少學者從事這方面的研究 (Goyal and Gupta, 1989 ; Muson and Rosenblatt, 1988 ; Tsay et al., 1999)，但並未見有研究能明確地描述在有限產能限制下，決策者可以運用數量折扣及預算限制機制，整合協調供應鏈以創造供應商與多個買方均能獲益互惠的多贏協調策略。

此外，從供應體系的組成架構、有無產能限制與是否可得到彼此互惠的情形等三個角度來確立研究主題的定位。吾人發掘：一般文獻中有以單一供應商與一家經銷商(或買方)，在考量產能限制條件下進行協調，但無法保障雙方均能受益。其常被引用之研究有：Lu (1995), Goyal (1995), Hill (1997) Viswanathan (1998), Goyal and Nebebee (2000)與 Goyal (2000)。而以單一供應商與多家買方(或經銷商)，考量雙方均能受益，但未考慮有限產能之限制條件所進行協調的研究有：Viswanathan & Piplani

(2001)。另一方面，單一倉儲與多家零售商的協調問題(One-Warehouse Multi-retailers Problem, OWMR)並未考慮有限產能之限制條件，且亦無法保障雙方均能受益。因此，本研究處理單一供應商與多家買方(或經銷商)協調問題，且考慮有限產能之限制條件，並可改進以往應鏈體系中獨厚供應商的情形，以期能確保雙方均能受益。

從實務的角度觀之，為了維繫長久的夥伴關係，在上、下游協調中建立利潤分享，或成本節省的共享是一項很有效的策略。所以，本研究旨在運用數量折扣及預算限制機制，提出可以協助供應商的決策制定者達成雙方互惠的情境。

第三章 單一供應商面對單一買方的協調問題

在研究單一個供應商面對多個買方之間的協調問題之前，本章先研究範圍設定為單一個供應商面對單一個買方，作為研究的起始點，而且在第六章欲比較互惠模式之效益時，亦以單一供應商與單一買方的協調結果作為評估互惠模式績效的基礎。

3.1 前言

3.1.1 模式決策情境

本章問題決策情境源自於某單一供應商，需將其所生產的某一種產品配送至某單一的買方。假設買方需求率、供應商生產率，及相關之成本資料均為已知且確定的情況下，考量買方之採購成本的預算上限，允許在同一生產批量中多次配送；且每次配送數量均等之條件下，欲決定供應商的最佳生產整備週期，以及在此最佳生產整備週期下，需對買方進行幾次的配送。

所謂的買方之採購成本的預算上限，即買方因配合供應商的最佳生產整備週期，會導致其成本比原先以 EOQ 進行採購的成本要來得高。因此買方有必要預先設定一個可容許採購成本上升之上限。此上限的定法以 EOQ 批量採購之平均存貨成本的某一比率為依據。例如假定買方可容許採購成本上升之上限為 EOQ 採購成本的 1.1 倍，換言之，可允許依此協調整合後，買方之平均存貨成本至多會上升 10%。

在同一生產批量中供應商對買方作多次均量的配送，則表示供應商的生產整備週期為買方的補貨週期的整數倍。此種協調方式 Roundy(1986) 稱之為穩定巢狀分配策略 (stationary nested policy)。亦相當於本研究所指的「分數策略」(ratio policy)，從供應商的角度觀之，即買方的補貨週期為供應商的生產整備週期分數倍。換言之，在一次的生產整備中，進

行了 $1/k$ 次的出貨配送($k \in \{1, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots\}$) 而且每次配送之數量均等。在其他文獻中稱之為巢式配送(nested policy), 請參考 Lu and Posner (1994), Hanhn and Yano (1995) 等說明。

3.1.2 模式情境相關之研究

相關的研究最早源自於 Goyal (1977) 所提出的單一個供應商與單一個客戶間的整合存貨問題模式, 其中假設此一供應商具有無限產能。Banerjee (1986) 以整合觀點, 並運用批對批補貨策略(lot-for-lot)的經濟批量模式(joint economic lot size model, JELS), Goyal (1988)與 Lu (1995) 兩篇論文則運用等量配送的方式, 在某一次的生產批次中進行多次等量式的配送。

之後, 單一個供應商面對單一個買方之研究仍持續有所進展。Goyal (1995) 每一次的補貨配送量, 與前一次的配送量呈一固定比率。此比率为供應商生產率與買方需求率的比值。 Hill (1997) 進一步擴充 Goyal (1995)的補貨配送策略, 將其修改為某一比值。此比值介於 $[1, P/D]$ 之間。同時, Viswanathan (1998)透過不同的資料參數設計, 如供應商與買方整備成本比值, 供應商與買方之存貨持有成本比值, 及供應商生產率與買方需求率的比值。加以探索比較等量配送(Identical Delivery Quantity, IDQ)與等比率式(Deliver What Produced, DWP)的配送方式, 企圖歸納何種策略較佳。然而, 其研究發現並無法百分百的確信何種策略較佳。Goyal and Nebebee (2000) 為了能快速送出第一批, 採用除第一批外, 其餘各批之批量均相等的策略。Goyal (2000)針對 Hill (1997)的解法再次修改。

而本研究則企圖針對 Lu (1995) 所提之模式解法進一步修改。在此供應鏈系統中, 考量已知買方預算上限之限制下, 擬定單一個供應商面對單一買方的最佳補貨策略, 即求供應商之平均總成本極小化, 並可改善其求解品質。

3.1.3 本研究的重要性、意義與貢獻

在供應鏈體系中，因供應商的經濟生產批量的週期，未必能與買方的經濟訂購批量的週期相互吻合，於是便產生補貨協調的問題。而在研究於探討單一個供應商面對多個買方之間的協調問題之前，本章研究範圍設定為單一個供應商面對單一個買方的協調。本章之研究，可視為剖析單一個供應商面對多個買方之間的協調問題的基礎，亦可以協助在同一公司體系內之上、下游不同部門間協調策略的制定。在研究單一個供應商面對多個買方之間的協調問題之前，以研究單一個供應商面對單一個買方之協調問題，作為研究的起始點，而且在第六章欲比較互惠模式之效益時，亦可以此模式的研究結果作為評估互惠模式績效的基礎。

本章研究雖僅探討單一個供應商面對單一個買方之研究協調機制，但亦可以協助在同一公司體系內之上、下游不同部門間協調策略的制定，加上考量買方或下游單位的採購預算上限，更使得模式不僅是在求平均成本的最小化。本章所研究的模式適用於，當供應商在所處的供應鏈體系中面對多家買方，且其有較高的優勢，諸如，賣方具有較高的優勢的關鍵零組件供應商，高度專業集中的供應商等。

本章運用最佳解結構分析的方法與分析模式特有的理論性質，以求得最佳解，並以範例說明文獻之解法並未求得最佳解。

3.2 模式建構

3.2.1 模式假設

本章研究模式假定某供應商，需將其所生產的某一種產品配送至某單一的買方。買方需求率、供應商生產率，及相關之成本資料均為已知且確定的情況下，考量買方之採購成本的預算上限，欲決定供應商的最佳生產整備週期，以及在此最佳生產整備週期下，需對買方進行配送的

次數。本小節針對模式的基本假設做說明，以建立模式之建立。

1. 規劃期間是無限長。
2. 買方需求率與供應商生產率均為已知且固定常數。
3. 不允許缺貨。
4. 在某一生產批量週期中，供應商可對買方進行多次配送，且每次配送數量均等。
5. 沒有儲存空間的限制。
6. 買方有採購成本預算上限之限制。
7. 供應商每批整備成本、單位持有成本、買方每批採購準備成本、單位成本及其持有成本為已知固定常數。
8. 補貨前置時間為已知常數。
9. 供應商對每一買方所訂購產品之生產率大於其需求率。
10. 持有成本與產品之單位成本成正比。

3.2.2 模式符號

本章模式所使用的符號所代表之意義如下：

- S : 供應商每一生產批量週期所需的整備成本。
- A : 買方每次採購產品供應商所需的處理成本。
- D : 買方所採購產品的需求率。
- \hat{c} : 買方所採購產品之單位成本。
- c : 供應商生產產品之單位成本。
- \hat{r} : 買方產品之單位持有成本率。
- r : 賣方產品之單位持有成本率。

P : 供應商對產品之生產率。

b : 買方 i 之採購成本上限與經濟訂購量採購成本之比。

AC : 供應商平均每年總成本。

決策變數

T : 供應商之生產批量週期。

k : 在某一生產週期中，供應商對買方之配送次數。

3.2.3 模式建構

依據上述情境描述，假設與符號說明，此單一供應商面對單一個買方的整合式存貨數學模式可表示如下：

$$\text{Min } AC(T, k) = S/T + \frac{1}{2}rCDT[1 + (2D/P - 1)k - D/P] \quad (3.1a)$$

$$\text{s.t. } T \geq 0, \quad (3.1b)$$

$$\frac{1}{2}(T^0/kT + kT/T^0) \leq b \quad (3.1c)$$

$$k \in \{1, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots\} \quad (3.1d)$$

在式(3.1a)中之 S/T 為平均整備成本，而式(3.1a)中的後一項為供應商平均存貨成本(Lu, 1995)。其為在給定一個 k 值時，所推導出的平均存貨，亦即在不同的 k 值時，在圖 3.1 所涵蓋的面積。式(3.1c)中 T^0 ($=\sqrt{2A/(\hat{r}\hat{C}D)}$)，乃指買方在不考量相互協調時，獨立運作時的經濟訂購週期(EOQ)。式(3.1c)的意義為：當買方依照新協調之產品採購週期(kT)，進行採購時所對應的供應商平均每年總成本，與原來採用不考量協調，獨立運作時的經濟訂購週期(T^0)所對應的供應商平均每年總成本，兩者

間的比值，其值必定大於 1。但依考慮買方採購成本預算的上限的設定為 b 值。依式(3.1c)加以推導可得 T 的範圍為：

$$\frac{g}{k} \leq T \leq \frac{q}{k} \quad (3.2a)$$

其中

$$q = T^o (b + \sqrt{b^2 - 1}) \quad (3.2b)$$

$$g = T^o (b - \sqrt{b^2 - 1}) \quad (3.2c)$$

式(3.1d)表示：在生產速率大於買方需求率時，在一次的生產整備中，可允許多次出貨。換言之，買方依照新協調之產品採購週期(kT)，且 $k \leq 1$ 。則在分數配送方式或稱巢式配送(nested policy)模式下 $k \in \{1, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots\}$ ，供應商安排對買方的出貨配送。以下圖例說明供應商存貨水準會隨著配送次數而變化，例如，在一次的生產整備中，有 6 次的出貨配送 (即 $k_i = \frac{1}{6}$) 時，其存貨水準變化如圖 3.1 所示。

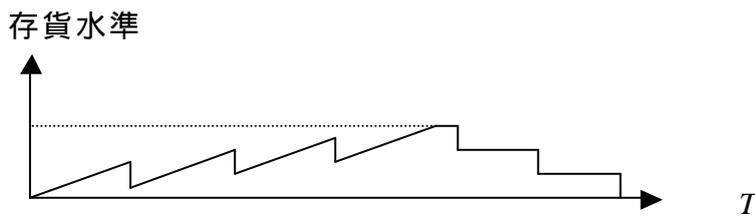


圖 3.1 當 $k_i \in \{\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots\}$ 時，存貨水準與 T 之關係。

本研究協調存貨數學模式之目標函數為求供應商之平均總成本的最小化。其中包含兩個決策變數為：生產批量之週期(T)與對買方的出貨配送次數(k)。

在這兩個決策變數中，在給定一個 k 值時，目標函數 $AC(T, k)$ 對 T 變數而言，會呈一片段凸曲線。令一階導數為零時，可得 T 的區域最佳值為：

$$\hat{T}(k) = \sqrt{S/0.5rCD[(2D/P-1)k + (1-D/P)]} \quad (3.3)$$

如果假定 $u_1 = \frac{1}{2}rCD(2D/P-1)$ 且 $u_2 = \frac{1}{2}rCD(1-D/P)$ 。則上式 (3.3) 可簡化為

$$\hat{T}(k) = \sqrt{S/u_1k + u_2} \quad (3.4)$$

但 T 變數之值的可行範圍受到上述預算上限機制(3.1c)的限制。因此，在給定一個 k 值時，需同時考量 $[\frac{g}{k}, \frac{q}{k}]$ 與 $\hat{T}(k) = \sqrt{S/u_1k + u_2}$ 。所以， T 的最佳值必為 $\sqrt{S/u_1k + u_2}$ ， $\frac{g}{k}$ ，或 $\frac{q}{k}$ ，三者之一。

與這三個時間值所對應之目標函數值，可表示為 $AC(k)$ ，如下式(3.5)。

$$AC(k) = \begin{cases} Sk + u_2g/k + u_1g \\ 2\sqrt{S/u_1k + u_2} \\ Sk + u_2q/k + u_1q \end{cases} \quad \text{當} \quad \begin{cases} T(k) = g/k \\ T(k) = \sqrt{S/(u_1k + u_2)} \\ T(k) = q/k \end{cases} \quad (3.5)$$

接著，本研究運用小步搜尋法繪出整合型存貨模式之最佳解曲線結構，進而觀察其特性，並藉由所得的性質，以設計一套有效的演算法以求出全域最佳解。

3.3 理論性質最佳解結構分析

在本小節，我們討論如何以小步搜尋法(small-step search procedure)描繪出等量配送模式之最佳解曲線 $AC(T, k)$ ，並進行最佳解結構分析。

3.3.1 小步搜尋法

首先介紹何謂「小步搜尋法」，其乃取微小變化量(如 $\Delta T = 0.0001$)，宛如在 T 變數的座標軸上掃描，如此必能掌握最佳解曲線之特性，觀察曲線特性以設計求解方法，並可確保找到其最佳解。接下來說明如何繪得單一買方最佳解曲線，並據此尋求全域最佳解。用小步搜尋法描繪出此模式之最佳解曲線的步驟如下：

步驟一、用(3.2b)與(3.2c)，計算 q 與 g 。

步驟二、選適當大小之變化量 (ΔT) 逐步增加 T 值，在給定某一特定

k 值時，便可同時決定 k 對應的 T 值之可能範圍 $[\frac{g}{k}, \frac{q}{k}]$ 。設

定 k 值依序為 $k_i \in \{\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots, \frac{1}{m}\}$ ，依 k 與其所對應 T 值，以

(3.2a)描繪目標函數值 $AC(T, k)$ 。

步驟三、在某特定 T 值時，可能有兩個以上的 k 值可包含此一 T 值。

在此情況下，以具有最小 $AC(T, k)$ 值的 k 與 T 值組合，作為該 T 值所對應的最佳解。

步驟四、依照步驟二與步驟三，便可描繪出 m 段最佳解之曲線，針對

這條 m 片段凸曲線個別求區域最佳解，再從中選出 $AC(T, k)$ 最小者，即可找出全域最佳解曲線。

Proposition 3.1 目標函數值 $AC(T, k)$ 為一片段凸曲線

證明 在這兩個決策變數中，在給定一個 k 值時， T 變數之值的可行範圍

受到預算上限機制(3.1c)的限制， T 值範圍介於 $[\frac{g}{k}, \frac{q}{k}]$ 區間之內。目標函數

$AC(T, k)$ 對 T 變數而言，會呈一條片段凸曲線。若 $k \in \{\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots, \frac{1}{m}\}$ 時，則

$AC(T, k)$ 會由 m 條片段凸曲線組合而成。

3.3.2 單買方最佳解曲線

針對這 m 條片段凸曲線求區域最佳解，經由觀察目標函數可得 D 與 P 的關係，可分成三個情況 (Case 1: $2D > P$; Case 2: $2D = P$; 與 Case 3: $2D < P$) 分述如下：

Case 1 當 $2D > P$ 時的最佳解

當買方需求量的兩倍 ($2D$) 大於供應商對該產品之生產率 (P) 時，所求得最佳解 $AC(T, k)$ 與 T 的關係圖為一片段凸曲線 (piece-wise convex curve)，請參見圖 3.2。在某一特定 T 值時，當 k 值越小時，則 $AC(T, k)$ 曲線會越低。即存貨的配送的次數越多，其相對之目標函數值 $AC(T, k)$ 會越低。例如，在圖 3.2 中，在 $T=1.0$ 值下， $k = \frac{1}{l} = \frac{1}{5}$ 時的目標函數 $AC(T, k)$ 值，必大於 $k' = \frac{1}{l+1} = \frac{1}{6}$ 時的目標函數 $AC(T, k')$ 值。

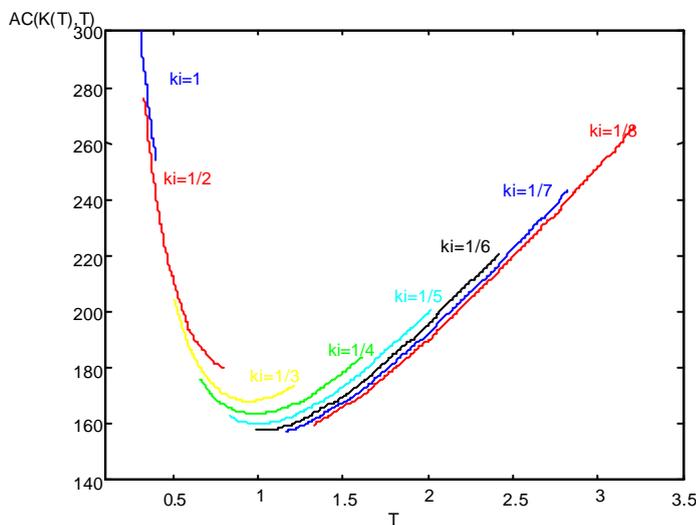


圖 3.2 當 $2D > P$ 時，最佳解 $AC(T)$ 曲線

雖然，吾人可由 $k \in \{\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots, \frac{1}{m}\}$ ，以小步搜尋法逐步搜尋比較各個 T 值對應之目標函數 $AC(k)$ 值。然而，由圖形可以推知，在所有 $k \in \{\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots, \frac{1}{m}\}$ 中，求出所有對應於 T 值範圍下界 $\frac{g}{k}$ 的值，可能對應最佳的目標函數 $AC(k)$ 值。

由觀察得知，當 T 值為 $\frac{g}{k}$ 時，其目標函數值變成 $Sk + u_2 g/k + u_1 g$ 。當寬鬆 $k \in \{\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots, \frac{1}{m}\}$ 的限制時，令 $k \in R$ ，則很明顯地可以看出 $Sk + u_2 g/k + u_1 g$ 為 k 的凸函數(convex function)。因此，吾人並不需要逐步搜尋才能求得最佳解。運用 Wideman et al. (1997) 所提的公式，可得

$$\hat{k} = 1 / \left[-1/2 + 1/2 \sqrt{1 + \frac{4S}{u_2 g^2}} \right] \quad (3.6)$$

下述性質可協助判斷最佳 T 值可能的位置。

Proposition 3.2 當 $2D > P$ 時，其全域最佳解曲線必定坐落於某一片段凸曲線的區域最佳解中，其可能在

(1) \hat{k} 所對應片段曲線的 T 值之可能範圍 $[\frac{g}{\hat{k}}, \frac{q}{\hat{k}}]$ 內的

$$\hat{T}(\hat{k}) = \sqrt{S/u_1 \hat{k} + u_2} \text{ 值；}$$

(2) \hat{k}' 所對應片段曲線的 T 值之可能範圍 $[\frac{g}{\hat{k}'}, \frac{q}{\hat{k}'}]$ 內的

$$\hat{T}(\hat{k}') = \sqrt{S/u_1 \hat{k}' + u_2} \text{ 值，其中 } \hat{k}' = 1/(1/\hat{k} - 1) \text{；}$$

(3) 或是， \hat{k} 所對應片段曲線的 T 值之可能範圍的下界值，即為 $\frac{g}{\hat{k}}$ 處。

證明: 因為當 $2D > P$ 時, 且給定某一特定 T 值時, 當 k 值越小時, 則 $AC(T, k)$ 曲線會越低。即存貨的配送的次數越高, 其相對之最佳解 $AC(T, k)$ 會越低。全域最佳解可能會發生在較小的 k 值上, 但因 T 值受到預算上限機制的影響。因此, 當給定一個 k 值時, 需同時考量 $\frac{g}{k} \leq T \leq \frac{q}{k}$ 與 $\hat{T}(k) = \sqrt{S/u_1 k + u_2}$ 時, 因為 $\hat{T}(k)$ 未必在可行的範圍之內。所以 T 的最佳值必為 $\sqrt{S/u_1 k + u_2}$ 或 $\frac{g}{k}$, 二者之一。

又因, 上一個相鄰的片段凸曲線的最低點有可能較目前之最低處還要低。所以, 需再考量上一個相鄰片段曲線的 T 值可能範圍 $[\frac{g}{1/(1/\hat{k}-1)}, \frac{q}{1/(1/\hat{k}-1)}]$ 內的最低處, 亦即 $\hat{T}(\hat{k}') = \sqrt{S/u_1 \hat{k}' + u_2}$, 其中 $\hat{k}' = 1/(1/\hat{k} - 1)$, 亦有可能為全域最佳解。

由上述性質, 則可推得

- (1) 該片段曲線的 T 值可能範圍 $[\frac{g}{\hat{k}}, \frac{q}{\hat{k}}]$ 內的最佳值為 $\sqrt{S/u_1 \hat{k} + u_2}$, 其對應最佳目標函數值為 $2\sqrt{S(u_1 \hat{k} + u_2)}$ 。
- (2) 該片段曲線的 T 值之可能範圍的下界值, 及 T 值為 $\frac{g}{\hat{k}}$ 處。目標函數值等於 $S\hat{k} + u_2 g / \hat{k} + u_1 g$ 。
- (3) 上一個相鄰的片段凸曲線的最低點的 T 值可能範圍 $[\frac{g}{1/(1/\hat{k}-1)}, \frac{q}{1/(1/\hat{k}-1)}]$ 內的最小值等於 $\sqrt{S/u_1 \hat{k}' + u_2}$ 其中 $\hat{k}' = 1/(1/\hat{k} - 1)$ 。

Case 2 當 $2D = P$ 時的最佳解

當買方需求量的兩倍 ($2D$) 等於供應商對產品之生產率 (P) 時, 所求得最佳解 $AC(T, k)$ 與 T 的關係圖為呈一凸曲線 (convex curve), 請參見圖

3.3 所以 k 值與 $AC(T, k)$ 最佳解曲線無關。即最佳存貨的週期(T)在凸曲線的最低點，所對應的配送的次數可能有兩個以上不同的 k 值。

由圖其存貨的配送週期的值與 k 值得大小無關，所得之週期值為

$$T^* = \sqrt{2S/rCD(1-D/P)} \quad (3.7)$$

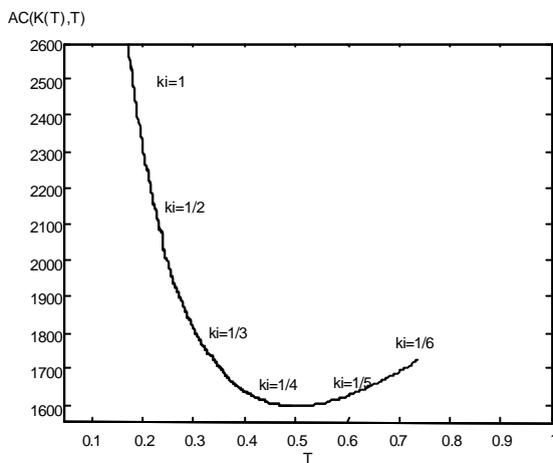


圖 3.3 當 $2D=P$ 時，最佳解 $AC(T)$ 曲線

Case 3 當 $2D < P$ 時的最佳解

當買方需求量的兩倍($2D$)小於供應商對產品之生產率(P)時，所求得最佳解 $AC(T, k)$ 與 T 的關係圖亦為一段凸曲線 (piece-wise convex curve)，請參見圖 3.4。在某一特定 T 值時，當 k 值越小時，則 $AC(T, k)$ 曲線會越高。即存貨的配送的次數越多其相對之目標函數值 $AC(T, k)$ 會越高。

例如，在一特定 $T=0.6$ 下， $k = \frac{1}{l} = \frac{1}{4}$ 時的目標函數 $AC(T, k)$ 值小於

$k' = \frac{1}{l+1} = \frac{1}{5}$ 時的目標函數 $AC(T, k')$ 值。

雖然吾人可由 $k_i \in \{\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots, \frac{1}{n}\}$ 逐步搜尋比較各 T 值對應之目標函數值($AC(k)$)。但仔細觀 T 值為 $\frac{q}{k}$ 時，其目標函數等於 $Sk/u_2q/k + u_1q$ 其為 k 的凸函數(convex function)。其理由同上 Case 1 所述。由觀察得知，當 T 值為 $\frac{q}{k}$ 時，其目標函數值變成 $Sk/u_2q/k + u_1q$ 。當寬鬆 $k \in \{\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots, \frac{1}{m}\}$ 的限制時，令 $k \in R$ ，則很明顯地可以看出 $Sk/u_2q/k + u_1q$ 為 k 的凸函數(convex function)。

因此，吾人並不需要逐步搜尋才能求得最佳解。運用 Wideman et al. (1997) 所提的公式，

參照 Case 1 ($2D > P$)之作法可得：

$$\hat{k} = 1 / \left[-1/2 + 1/2 \sqrt{1 + \frac{4S}{u_2q^2}} \right] \quad (3.8)$$

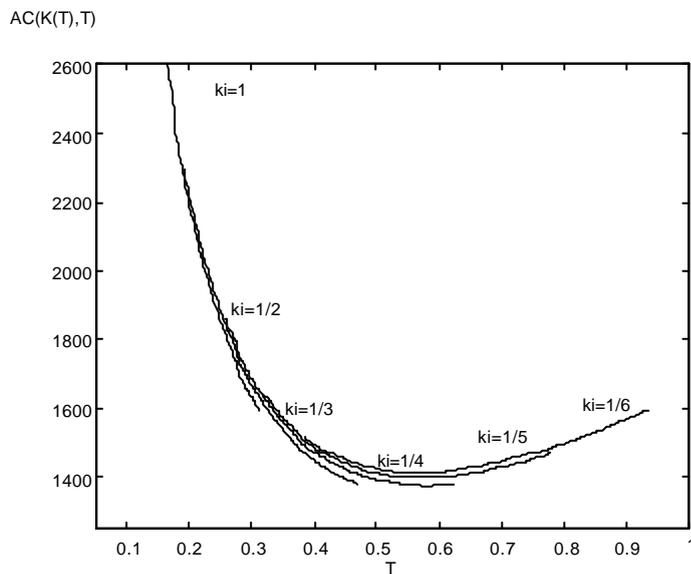


圖 3.4 當 $2D < P$ 時，最佳解 $AC(T)$ 曲線

Proposition 3.3

當 $2D < P$ 時，其全域最佳解曲線必定坐落於某一片段凸曲線的區域最佳解中，其可能在

(1) \hat{k} 所對應片段曲線的 T 值之可能範圍 $[\frac{g}{\hat{k}}, \frac{q}{\hat{k}}]$ 內的

$$\hat{T}(\hat{k}) = \sqrt{S/u_1\hat{k} + u_2} \text{ 值；}$$

(2) \hat{k}' 所對應片段曲線的 T 值之可能範圍 $[\frac{g}{\hat{k}'}, \frac{q}{\hat{k}'}]$ 內的

$$\hat{T}(\hat{k}') = \sqrt{S/u_1\hat{k}' + u_2} \text{ 值，其中 } \hat{k}' = 1/(1/\hat{k} + 1) \text{；}$$

(3) 或是， \hat{k} 所對應片段曲線的 T 值之可能範圍的右側端點處，即為 $\frac{q}{\hat{k}}$ 處。

證明: 因為 當 $2D < P$ 時, 且於某一特定 T 值時, 當 k 值越小時, 則 $AC(T, k)$ 曲線會越高。即存貨的配送的次數越高, 其相對之最佳解 $AC(T, k)$ 會越高。全域最佳解會發生在較大的 k 值上, 但 T 值受到預算上限機制的限制。因此在給定一個 k 值時, 需同時考量 $\frac{g}{k} \leq T \leq \frac{q}{k}$ 與 $\hat{T}(k) = \sqrt{S/u_1k + u_2}$ 時, 因為 $\hat{T}(k)$ 未必在可行的範圍之內。所以 T 的最佳值必為 $\sqrt{S/u_1k + u_2}$ 或 $\frac{q}{k}$, 二者之一。又因, 下一個相鄰的片段凸曲線的最低點, 有可能較目前之最低處還要低。所以, 需再考量下一個相鄰片段曲線的 T 值可能範圍 $[\frac{g}{1/(1/k+1)}, \frac{q}{1/(1/k+1)}]$ 內的最低處, 亦即 $\hat{T}(\hat{k}') = \sqrt{S/u_1\hat{k}' + u_2}$, 其中 $\hat{k}' = 1/(1/\hat{k} + 1)$, 亦有可能為全域最佳解。

由上述性質, 則可推得:

- (1) 該片段曲線的 T 值可能範圍 $[\frac{g}{k}, \frac{q}{k}]$ 內的最佳值為 $\sqrt{S/u_1\hat{k}+u_2}$, 其對應最佳目標函數值為 $2\sqrt{S(u_1\hat{k}+u_2)}$ 。
- (2) 該片片段曲線的 T 值之可能範圍的上界值(右側端點處) , 及 T 值為 $\frac{q}{k}$ 處。目標函數值等於 $S\hat{k} + u_2g/\hat{k} + u_1g$
- (3) 下一個相鄰的片段凸曲線的最低點的 T 值可能範圍 $[\frac{g}{1/(1/\hat{k}+1)}, \frac{q}{1/(1/\hat{k}+1)}]$ 內的最小值等於 $\sqrt{S/u_1\hat{k}'+u_2}$, 其中 $\hat{k}'=1/(1/\hat{k}+1)$ 。

3.4 範例說明

本節以文獻之範例說明本研究所提之解法。

範例 3.1

本節以 Lu (1995) 之 Example 1 為例說明。使用問題參數為 $A=25$, $\hat{c}=25$, $D=2000$, $c=20$, $P=3200$, $S=400$, $b=1.1$ 及單供應商與單買方持有成本率為 0.2。

解答：

因為 $2D>P$, 故採用 Case 1 解法。

(1) $T^0 = \sqrt{2A/(\hat{c}CD)} = 0.0707$; $q = 0.0454$; $g = 0.1102$ 。

(2) 依照公式 $\hat{k} = 1/\left[-1/2 + 1/2\sqrt{1 + \frac{4S}{u_2g^2}}\right]$ 及式(3.6) 求出 $\hat{k} = \frac{1}{11}$ 。

(3) T 值可能範圍 $[\frac{g}{k}, \frac{q}{k}]$ 內的 $AC(T, k)$ 最小值 $2\sqrt{S(u_1\hat{k}+u_2)} = 1595.4$;
 $\hat{T}(\hat{k}) = \sqrt{S/u_1\hat{k}+u_2} = 0.5014$ 。

(4) T 值為 $\frac{q}{k}$ 處之 $AC(T,k)$ 值 $S\hat{k} + u_2q / \hat{k} + u_1q = 1595.5$; $\hat{T}(\hat{k}') = \sqrt{S/u_1\hat{k}'+u_2}$
 $= 0.5$; $\hat{k}' = \frac{1}{10}$ 。

(5) 上一條片段曲線 $AC(T,k)$ 最小值 $2\sqrt{S(u_1\hat{k}'+u_2)} = 1600$ 。

比較(3),(4),(5) 所得的值 , 其最小值為最佳解為 1595.4。

如此可得最佳解為 : 供應商平均年成本 $AC = 1595.4$, 供應商的整備週期 $T = 0.5014$, $k = \frac{1}{11}$, 零售商配送的週期 $kT = 0.0456$, 零售商平均年成本 $= 776.35$, 供應鏈系統平均年總成本 $= 2371.75$ 。

範例 3.2

令 $A = 25$, $\hat{c} = 25$, $D = 1000$, $c = 20$, $P = 3200$, $S = 400$, $b = 1.1$ 及單供應商與單買方持有成本率均為 0.2。

解答 :

因為 $2D < P$, 故採用 Case 3 解法。

(1) $T^0 = \sqrt{2A/(\hat{c}D)} = 0.1$; $q = 0.1558$; $g = 0.0642$ 。

(2) 依照公式 $\hat{k} = 1 / \left[-1/2 + 1/2 \sqrt{1 + \frac{4S}{u_2q^2}} \right]$ (3.8) 求出 $\hat{k} = \frac{1}{3}$ 。

(3) T 值可能範圍 $[\frac{g}{k}, \frac{q}{k}]$ 內的 $AC(T,k)$ 最小值 $2\sqrt{S(u_1\hat{k} + u_2)}$ (因 $\hat{T}(\hat{k}) = \sqrt{S/u_1\hat{k} + u_2} = 0.5963$ 不在 $[0.1925, 0.4675]$)。

(4) T 值為 $\frac{q}{k}$ 處之 $AC(T,k)$ 值 $S\hat{k} + u_2q / \hat{k} + u_1q = 1381$

(5) 下一條片段曲線 $AC(T,k)$ 最小值 $2\sqrt{S(u_1\hat{k}'+u_2)} = 1378.4$,
 $\hat{T}(\hat{k}') = \sqrt{S/u_1\hat{k}'+u_2} = 0.5804$; $\hat{k}' = \frac{1}{4}$ 。

比較(3),(4),(5) 所得的值，其最小值為最佳解為 1378.4。

如此可得最佳解為：供應商平均年成本 $AC = 1378.41$ ，供應商的整備週期 $T=0.5804$ ， $k=\frac{1}{4}$ ，零售商配送的週期 $kT=0.1451$ ，零售商平均年成本 = 535.04，供應鏈系統平均年總成本 = 1913.45。

範例 3.3

本節以 Lu (1995) 之 Example 2 第五個買方之問題參數為例: $A = 15$, $\hat{c}=30$, $D=150$, $c = 20$, $P=300$, $S=450$, $b = 1.1$ 及單供應商與單買方持有成本率均為 0.2。

解答：

因為 $2D=P$ ，故採用 Case 2 解法。由式(3.7) $T^* = \sqrt{2S/rCD(1-D/P)}$ 如此可得最佳解為：供應商平均年成本 $AC = 519.615$ ，供應商的整備週期 $T=1.7325$ ， $k=\frac{1}{9}$ ，零售商配送的週期 $kT=0.1925$ ，零售商平均年成本 = 164.54，供應鏈系統平均年總成本 = 684.155。

優於 Lu(1995)所得的解：供應商平均年成本 $AC = 519.62$ ，供應商的整備週期 $T=1.7318$ $k=\frac{1}{14}$ ，零售商配送的週期 $kT=0.1237$ ，零售商平均年成本 = 176.93，供應鏈系統平均年總成本 = 696.55。

3.5 討論與結語

本研究探討單一供應商面對單一買方於預算限制下之運籌補貨的供應鏈體系，實乃藉由買方採購成本預算上限方式達到整合協調的目的，在應用上頗具實務價值。透過最佳解曲線的建構及運用小步搜尋法並可確保求得最佳解。這是 Lu (1995)所欠缺不足之處。而 Lu (1995)所提供之啟發式解法，對其解之品質並無鑑定能力，且本章研究提出的解法所求

得的解優於文獻所求得之解。

本研究透過最佳解曲線斷點的分析可提供有效解法的思考方向，經由本研究可肯定最佳解結構分析方法對於解混合整數規劃模式 (Mixed-Integer Programming Model) 的價值。

未來研究方向：在 Lu 所提整合型存貨模式中，依據「等量配送策略」 (Identical Delivery Quantity, IDQ) 的前提下，求供應商之平均總成本極小化。而在需求已知的假設前提下，等量配送策略並不是總平均成本最低之補貨策略。Goyal (1995) 與 Hill (1997) 所提模式，乃假定在同一批生產過程中，每一批配送數量與上一批配送數量之比為一定之倍數，此倍數介於 1 與 D/P 之間，亦未保證獲得最佳解。依文獻上所提之補貨策略均無法保證獲得最佳解，未來可建構更佳的補貨機制，以其獲致總平均成本較低之策略。

第四章 單一供應商面對多買方的供應鏈協調問題

4.1 前言

4.1.1 模式決策情境

本章問題決策情境，乃針對第三章所探討的單一供應商面對單一買方的協調問題加以延伸。供應商將其所生產的產品配送至某多家分散獨立的買方。假設各個買方所採購的產品不同。當兩個或兩個以上的經銷商購買同一種產品時，事實上會因各個經銷商處理訂購所發生的訂購成本不同，因此，亦可將其視為相互不同的產品。

各家買方需求率、供應商生產率，及相關之成本資料均為已知且確定的情況下，考量各家買方之採購成本的預算上限，允許在同一生產批量中供應商對各個買方作多次配送；且每次配送數量均等之條件下，欲決定供應商的最佳生產整備週期，以及買方的補貨週期。在本章與第三章相同，亦運用買方的採購成本預算上限，作為協調的限制條件。

在配送頻率方面，則採用買方的補貨週期與供應商的生產整備週期，兩者之間呈「整數-分數」倍的關係，以進行協調。首先說明「分數」倍的關係：即在同一生產批量中供應商可能對某一部分的買方作多次均量的配送，則表示供應商的生產整備週期為買方的補貨週期的整數倍。此種協調方式 Roundy (1986) 稱之為穩定巢狀分配策略(stationary nested policy)。亦相當於本研究所指的「分數策略」(ratio policy)，從供應商的角度觀之，即買方的補貨週期為供應商的生產整備週期分數倍。換言之，在一次的生產整備中，進行了 $1/k$ 次的出貨配送($k \in \{1, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots\}$) 而且每次配送之數量均等。在其他文獻中稱之為巢式配送(nested policy)，請參考 Lu and Posner (1994)，Hanh and Yano (1995) 等說明。

另外，至於「整數」倍的關係為：在此協調整合中，某些買方的補貨週期可能會比供應商的生產整備週期長。而在這些買方的補貨週期

內，供應商針對這些的買方僅作一次對應的生產整備與配送，而且買方的補貨週期為供應商的生產整備週期整數倍，此種協調策略稱為整數分配策略(integer policy)。供應商在每次的生產整備週期都會進行整合式的主要生產整備(major setup)，但針對服從整數-分配策略的買方在每一次的補貨週期中，供應商僅作一次的個別性的次要生產整備(minor setup)與配送。

本章模式考量一個含有單一供應商及多個買方的供應鏈體系。在此供應鏈體系中，通常因供應商的經濟生產批量的週期，未必能與買方的經濟訂購批量的週期相互吻合，故其中常存在許多補貨協調的問題。一般而言，買賣雙方會彼此妥協而接受一個次佳解的決策。為了達到買賣雙方彼此整合的效果，供應商的決策者需決定生產的批量大小，在一次的生產批中要分成多少次的配送，及每一次配送的最佳配送量。在此情境中，供應商有較高的優勢，在不違反買方成本上限時，可要求下游多家買方改變其訂購週期，如此供應商會因整合各個買方的訂購週期與自身的生產整備週期，而收到最佳的成本節省。

本章所研究的模式特別適用於，當供應商在所處的供應鏈體系中面對多家買方，其有較高的優勢。而 Pitts and Lei (2000)指出以下三種情形：

- (1) 供應商所供應的產品對買方非常重要，例如，產業的關鍵零組件供應商，如電腦產業中特殊晶片的製造商，在對下游的買方而言，便具有較高的優勢。
- (2) 買方對產品要負擔較高的轉移成本，特別是重型，精密機械的重要元件供應商。因精密度與裕度的要求高，替代性產品不易取得，因此，供應商便可以具有較高的優勢。
- (3) 高度專業集中的供應商，在醫藥業，僅有少數的藥廠製造特定的藥品。藥廠對多家經銷商或醫院，便具有較高的優勢。

4.1.2 本模式相關之研究

就單一個供應商與多家買方間的整合存貨問題的研究軌跡來看，初期研究學者有 Goyal (1977) 所提出的單一個供應商與單一個買方間的整合存貨問題模式，其中假設此一供應商具有無限產能。Banerjee (1986) 以整合觀點，並運用批對批補貨策略 (lot-for-lot) 的經濟批量模式 (joint economic lot size model, JELS)。接著，便開啟了研究整合存貨模式的領域。第三章說明單一個供應商與一家買方(一對一)的相關之研究。其研究有 Lu (1995), Goyal (1995,2000), Hill(1997), Viswanathan (1998), 以及 Goyal and Nebebee (2000) 等等。

Hahm and Yano(1992) 考慮單一產品之生產準備時間等整合問題。Hahm and Yano(1995a,1995b)兩篇研究則分別探討運用批對批 (lot-for-lot) 與巢狀(stationary nested)配送策略之整合問題。Hall (1996) 運用批對批 (lot-for-lot) 配送策略探討多個供應商與多家買方間的整合存貨問題。

4.1.3 本研究的重要性、意義與貢獻

本研究針對 Lu (1995) 所提之模式，在考慮買方採購成本預算的上限下，對此供應鏈體系之整合型存貨模式進行分析。運用小步搜尋法繪出其最佳解曲線結構，以圖形顯示該整合型存貨模式之最佳解曲線，發掘其理論性質與最佳解曲線具有片段凸性的性質。據此片段凸性的性質，可協助於尋求該模式的全域最佳解。

4.2 模式建構

4.2.1 模式假設與符號定義

本章研究模式假定某供應商，需將其所生產的某一種產品配送至多家買方。買方需求率、供應商生產率，及相關之成本資料均為已知且確定的情況下，考量各個買方之採購成本的預算上限，欲決定供應商的最

佳生產整備週期，以及在此最佳生產整備週期下，需對買方進行配送的次數。本小節針對模式的基本假設做說明，以建立模式之建立。

1. 規劃期間是無限長。
2. 買方需求率與供應商生產率均為已知且固定常數。
3. 不允許缺貨。
4. 在某一生產批量週期中，供應商可以對買方進行多次配送，且每次配送數量均等。
5. 沒有儲存空間的限制。
6. 買方有採購成本預算上限之限制。
7. 供應商每批整備成本、單位持有成本、買方每批採購準備成本、及其單位成本持有成本為已知固定常數。
8. 補貨前置時間為已知常數。
9. 供應商對每一買方所訂購產品之生產率大於其需求率。
10. 持有成本與產品之單位成本成正比。
11. 供應商在每次的生產整備週期都會進行整合式的主要生產整備。
12. 買方 i 在每一次的補貨週期中，供應商僅作一次的個別性的次要生產整備與配送。

本章模式所使用的符號所代表之意義如下：

- S : 供應商每一生產批量週期所需的主要整備成本。
- A_i : 買方 i 每次採購產品供應商所需的準備成本。
- D_i : 買方 i 所採購產品的需求率。
- \hat{c}_i : 買方 i 所採購產品之單位成本。

- c_i : 供應商生產產品 i 之單位成本。
- \hat{r}_i : 買方產品 i 之單位持有成本率。
- r_i : 賣方產品 i 之單位持有成本率。
- P_i : 供應商對產品 i 之生產率。
- b_i : 買方 i 之採購成本上限與經濟訂購量採購成本之比。
- T : 供應商之生產批量週期。
- AC : 供應商平均每年總成本。

決策變數

- T : 供應商之生產批量週期。
- k_i : 買方 i 訂購週期為供應商生產批量週期的倍數。

本模式在協助供應商的決策者決定：最佳的生產批量週期，每一個買方 i 的訂購週期。

其攸關成本之推導，限制條件的涵意與整合模式的建立說明如下：

4.2.2 平均年存貨成本

Case 1 : 當 $k_i \in \{2,3,\dots\}$ 時

當 $k_i \in \{2,3,\dots\}$ 時，供應商對買方 i 所訂購產品保有之存貨水準與 T 之關係，請參考圖 4.1。如圖所示，供應商對買方 i 的第一次出貨配送發生於時間 $t_3 (= k_i T)$ 上，從時間 0 至時間 t_3 ，供應商只會做一次的生產整備。在 $k_i T$ 的期間內生產量為 $q (= k_i D_i T)$ 時，故所需的生產時間為 $k_i D_i T / P_i$ 。因生產速率大於需求速率，供應商一般做法，會儘可能將生產延至非必要的時刻，才開始生產，以免堆積存貨徒增存貨成本。而供應商的開始生產時間為 $t_1 (= m_i T)$ ，其中 m_i 屬於整數，且 m_i 必符合下列條件。由圖 4.1

可推知所需的生產時間($k_i D_i T / P_i$)與 m_i , k_i 的關係可以下列不等式表示之。

$$(k_i - m_i)T \geq k_i D_i T / P_i > (k_i - m_i - 1)T \quad (4.1)$$

可將上述不等式改寫為

$$m_i = \left\lfloor k_i \left(1 - \frac{D_i}{P_i}\right) \right\rfloor, \quad (4.2)$$

$\lfloor x \rfloor$ 表示不大於 x 的整數。

如此可計算供應商對買方 i , 在某一特定的 $k_i T$ 的期間內之平均存貨水準表示如下:

$$\frac{1}{2} T D_i k_i \left(2 - \frac{D_i}{P_i} - \frac{2 m_i}{k_i}\right) \quad (4.3)$$

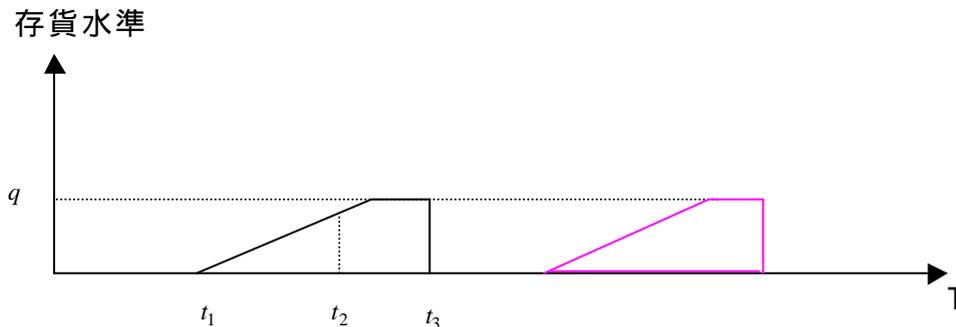


圖 4.1 當 $k_i \in \{2, 3, \dots\}$ 時，供應商對買方 i 之存貨水準與 T 之關係。

Case 2 : 當 $k_i \in \{\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots\}$ 時

當 $k_i \in \{\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots\}$ 時，供應商對買方 i 所訂購產品保有之存貨水準與 T 之關係，請參考圖 4.2。供應商對買方的第一次出貨配送在時間 $t_1 (= k_i T)$ ，供應商在此時間內之生產量為 $q_2 (= k_i P_i T)$ ，而每次的出貨量為 $k_i D_i T$ 。因此，第一次出貨後將會結存 $q_3 (= k_i P_i T - k_i D_i T)$ 。在整個生產週期

(T)中，供應商實際生產時間為 $t_3 (=D_i T / P_i)$ ，在 t_3 之後，必存在一時間點 $t_4 (= \tilde{m}_i k_i T)$ ，滿足下述不等式。

$$\tilde{m}_i k_i T \geq D_i T / P_i \geq (\tilde{m}_i - 1) k_i T \quad (4.4)$$

$$\text{其中 } \tilde{m}_i = \lceil D_i / k_i P_i \rceil$$

為了求買方 i 所採購產品之平均存貨水準，可將圖 4.2 區分為三個區間：令第一區(\tilde{I}_i^1)表示生產整備起點至時間 $t_2 (= (\tilde{m}_i - 1) k_i T)$ 區間內的存貨；第二區(\tilde{I}_i^2)表示時間 t_2 至時間 t_4 區間內的存貨；第三區(\tilde{I}_i^3)表示時間 t_4 至時間 T 區間內的存貨。各區間面積可表示如下：

$$\tilde{I}_i^1 = 1/2(P_i - D_i)(\tilde{m}_i - 2)(\tilde{m}_i - 1)k_i^2 T^2 + 1/2(\tilde{m}_i - 1)k_i^2 P_i T^2 \quad (4.5a)$$

$$\tilde{I}_i^2 = (P_i - D_i)(\tilde{m}_i - 1)k_i^2 T^2 + 1/2[(1 - \tilde{m}_i^2)k_i^2 P_i + 2\tilde{m}_i k_i D_i - D_i^2 / P_i] T^2 \quad (4.5b)$$

$$\tilde{I}_i^3 = 1/2(1 - \tilde{m}_i k_i)(1 - \tilde{m}_i k_i + k_i) D_i T^2 \quad (4.5c)$$

由(4.5a)，(4.5b)與(4.5c)可推得買方 i 所採購產品 i 之平均存貨水準為

$$\frac{1}{2} D_i T \left(1 + k_i - \frac{D_i}{P_i} \right) \quad (4.6)$$

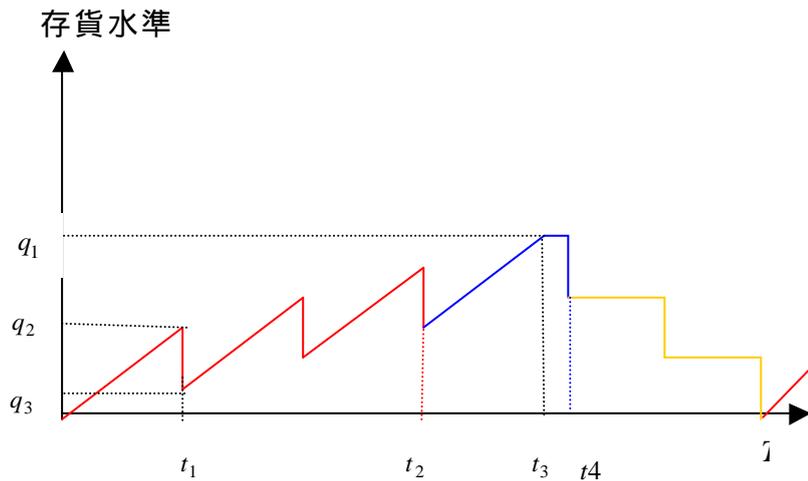


圖 4.2 當 $k_i \in \{\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots\}$ 時，供應商對買方 i 之存貨水準與 T 之關係。

綜合(4.3)與(4.6)兩式，可得平均存貨持有成本

$$\frac{rT}{2} \sum_{i=1}^n \max\{1, k_i\} c_i D_i \left(1 + \min\{1, k_i\} - \frac{D_i}{P_i} - \frac{2m_i}{k_i}\right) \quad (4.7)$$

4.2.3 準備成本

在供應商的生產週期(T)內，供應商所投入的平均生產整備成本加上為了 n 個買方所投入的平均採購準備成本。其公式如下：

$$\frac{1}{T} \left(S + \sum_{i=1}^n \frac{s_i}{\max\{1, k_i\}} \right) \quad (4.8)$$

在此特別注意，當 $k_i \in \{\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots\}$ 時，供應商對買方 i 之個別生產整備成本為 $\frac{s_i}{T}$ ，此項與一般遵照「整數-分數配送策略」的單一倉儲多個經銷商的平均採購整備成本($\frac{s_i}{k_i T}$)有所不同。因為縱使分批出貨，然其對買方 i 之個別生產整備成本在生產週期中僅僅發生一次的生產整備。而在單一倉儲多個經銷商問題中個別採購整備成本(s_i)，則發生於每一個採購週期($k_i T$)。

4.2.4 限制條件

本模式採用「整數-分數配送策略」，即買方 i 採購週期為供應商生產週期(T)的 k_i 倍， $k_i \in \{1, 2, 3, K\} \cup \{\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots\}$ 。當 $k_i \in \{\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots\}$ 時，在生產週期(T)內，供應商只做生產一次產品 i 的生產整備；當 $k_i \in \{1, 2, 3, \dots\}$ 時，供應商在採購週期($k_i T$) 時間內，也是只做生產一次產品 i 的生產整備。

在考量買方 i 之採購成本預算上限的情形下，產品 i 之採購週期($k_i T$) 需滿足：

$$\frac{1}{2} \left(\frac{T_i^0}{(k_i T)} + \frac{(k_i T)}{T_i^0} \right) \leq \mathbf{b}_i \quad (4.9)$$

上式即表示：買方 i 之採購週期($k_i T$)所引發之成本與其採用經濟訂購週期(T_i^0)之成本的比值不得大於其預算上限。上式加以推導可得 T 的範圍為：

$$\frac{\mathbf{g}_i}{k_i} \leq T \leq \frac{\mathbf{q}_i}{k_i} \quad (4.10a)$$

其中

$$\mathbf{q}_i = T_i^0 (\mathbf{b}_i + \sqrt{\mathbf{b}_i^2 - 1}), i=1, 2, \dots, n. \quad (4.10b)$$

$$\mathbf{g}_i = T_i^0 (\mathbf{b}_i - \sqrt{\mathbf{b}_i^2 - 1}), i=1, 2, \dots, n. \quad (4.10c)$$

4.2.5 整合型存貨模式

由上述推導可得整合型存貨模式如下：

$$\begin{aligned} \text{Min } AC(T, k_1, k_2, \dots, k_n) &= \frac{1}{T} \left(S + \sum_{i=1}^n \frac{s_i}{\max\{1, k_i\}} \right) \\ &+ \frac{rT}{2} \sum_{i=1}^n \max\{1, k_i\} c_i D_i \left(1 + \min\{1, k_i\} - \frac{D_i}{P_i} - \frac{2m_i}{k_i} \right) \end{aligned} \quad (4.11a)$$

$$\text{s.t. } T \geq 0 \quad (4.11b)$$

$$\frac{1}{2} \left(\frac{T_i^0}{(k_i T)} + \frac{(k_i T)}{T_i^0} \right) \leq \mathbf{b}_i, \quad (4.11c)$$

$$k_i \in \{1, 2, 3, \dots\} \cup \left\{ \frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots \right\}, \quad (4.11d)$$

$$m_i = \left\lfloor k_i \left(1 - \frac{D_i}{P_i} \right) \right\rfloor, i=1, 2, \dots, n. \quad (4.11e)$$

$$T_i^0 = \sqrt{\frac{2A_i}{\hat{r}\hat{c}_i D_i}}, i=1, 2, \dots, n. \quad (4.11f)$$

4.3 模式性質與最佳解結構分析

在本節，我們討論如何以小步搜尋法(small-step search procedure)描繪出最佳解曲線 $AC(T, k_i)$ ，並進行最佳解結構分析。

4.3.1 小步搜尋法

所謂小步搜尋法，乃取微小變化量(如 $\Delta T = 0.0001$)，宛如在 T 的座標軸上掃描，如此必能掌握最佳解曲線之特性，確保找到其最佳解。接下來說明如何繪得單買方最佳解曲線與多買方最佳解曲線，並據此尋求全域最佳解。細列搜尋步驟如下：

步驟一、以(4.10b)與(4.10c)計算 q_i 與 g_i 。

步驟二、以 g_i 當作 T 的起始點，選適當大小之變化量 (ΔT) 逐步增加 T 值，在每一個 T 值求與其對應之 $k_i \in \{\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots\}$ 及其最佳 $AC(T, k_i)$ 解。

步驟三、以 q_i 當作 T 的起始點，選適當大小之變化量 (ΔT) 逐步遞減 T 值，在每一個 T 值求與其對應之 $k_i \in \{1, 2, 3, \dots\}$ 及其最佳 $AC(T, k_i)$ 解。

步驟四、當有 n 個買方時，重複步驟二與步驟三，可描繪出 n 條最佳解之曲線，針對這 n 條片段凸曲線予以加總，即可找出多買方之最佳解曲線。

4.3.2 單買方最佳解曲線

在此，吾人以下例說明如何描繪出單買方最佳解曲線。依下列參數求其最佳解曲線： $A=20$ ， $\hat{c}=25$ ， $D=200$ ， $c=20$ ， $P=320$ ， $s=100$ ， $b=1.1$ 。為了易於分析，本小節將 k_i 分成兩個情況(Case 1 與 Case 2)進行討論。

藉由最佳解曲線的輔助，本研究進一步說明在某特定 T 時， k_i 的可行範圍為何？最佳 k_i 又是如何決定。

Case 1. 當 $k_i \in \{\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots\}$ 時

由(4.10a)可知 T 的下限為 g_o 。針對不同 k_i ，其 T 的可行範圍為 $[\frac{g_i}{k_i}, \frac{q_i}{k_i}]$ 。

在某特定 T 時，可求出其最佳 AC 值與對應之 k_i 。依上述步驟一，可得 $q_i = 0.3117$ 與 $g_i = 0.1283$ ；依照步驟二，可求得起使點最佳解 $AC(T = 0.1283, k = 1) = 849.99$ 。依照相同方式逐步增加 T 值。又例如，當 $T = 0.3$ 時， k_i 可為 1 或 $\frac{1}{2}$ ，對應之最佳 k_i 為 $\frac{1}{2}$ ，因為 $AC(T, k = \frac{1}{2}) < AC(T, k = 1)$ 。據此以求得最佳解 $AC(T, k_i)$ 與 T 的關係圖為一片段凸曲線 (piece-wise convex curve)，請參見圖 4.3。由圖形觀察可推得，多買方的問題事實上，可以由 n 個單一買方的問題加總而成的組合。若考慮

$k_i \in \{\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots\}$ 時，對第 i 個買方的問題可表示為：

$$(VB_{R,i}) \quad \text{Min} \quad AC_{R,i}(k_i, T) = \frac{s_i}{T} + \frac{rT}{2} c_i D_i (1 + k_i - \frac{D_i}{P_i}) \quad (4.12a)$$

$$S.t. \quad k_i(T) \in \left\{ \frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, K \right\} \cap \left[\frac{1}{\lceil T/g_i \rceil}, \frac{1}{\lfloor T/q_i \rfloor} \right] \quad (4.12b)$$

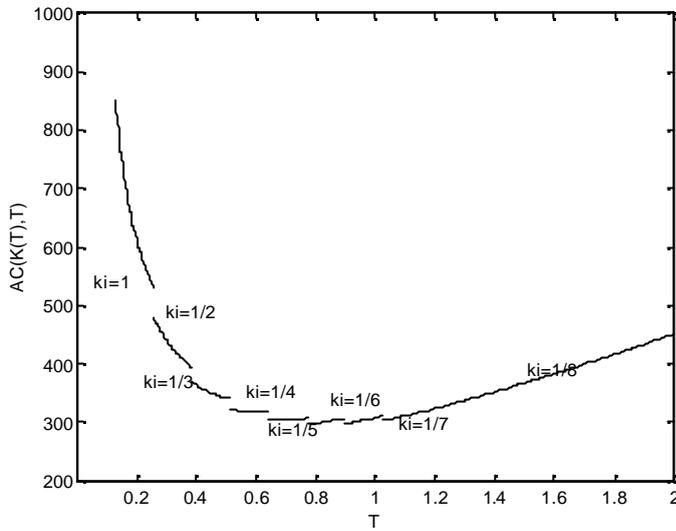


圖 4.3 當 $k_i \in \{\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots\}$ 時，最佳解 $AC(T)$ 曲線。

將限制式(4.9) $\frac{1}{2} \left(\frac{T_i^0}{(k_i T)} + \frac{(k_i T)}{T_i^0} \right) \leq b_i$ 加以改寫,即可推知:當在某特定 T 時, k_i 的可行範圍為 $\left[\frac{1}{\lfloor T/g_i \rfloor}, \frac{1}{\lfloor T/q_i \rfloor} \right]$ 。在 k_i 的可行範圍中選擇 k_i 以得最小 $AC_{R,i}(k_i, T)$ 值, 而表示為 $\underline{AC}_{R,i}(T)$ 。

Case 2. 當 $k_i \in \{1, 2, 3, \dots\}$ 時

同理, 由(4.10a)可知 T 的上限為 q_i 。針對不同 k_i , 其 T 的範圍為 $[\frac{g_i}{k_i}, \frac{q_i}{k_i}]$ 。在某特定 T 時, 可求出其最佳 AC 值與對應之 k_i 。依照步驟三可求得起始點最佳解為 $AC(T = 0.3117, k = 1) = 492.26$ 。依照相同方式逐步遞減 T 值。又例如, 當 $T=0.15$ 時, k_i 可行範圍為 $[1, 2]$ 。而其對應之最佳 k_i 為 2, 因為 $AC(T, k = 2) < AC(T, k = 1)$ 。據此, 便可得到最佳 AC 解與 T 的關係圖為一片段凸曲線(piece-wise convex curve), 請參見圖 4.4。

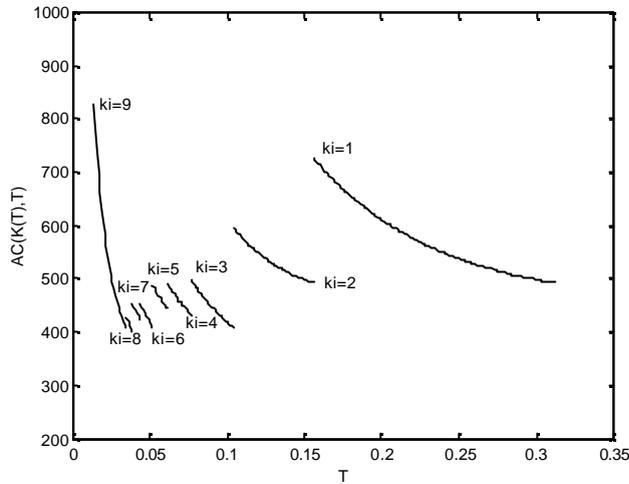


圖 4.4 當 $k_i \in \{1, 2, 3, \dots\}$ 時，最佳解 $AC(T)$ 曲線

若考慮 $k_i \in \{1, 2, 3, \dots\}$ 時，對第 i 個買方的問題可表示為：

$$(\mathbf{VB}_{L,i}) \quad \text{Min} \quad AC_{L,i}(k_i, T) = \frac{S_i}{k_i T} + \frac{rk_i T}{2} c_i D_i \left(2 - \frac{D_i}{P_i} - \frac{2m_i}{k_i} \right) \quad (4.13a)$$

$$S.t. \quad k_i(T) \in \{1, 2, 3, K\} \cap \left[\left\lceil \frac{g_i}{T} \right\rceil, \left\lfloor \frac{q_i}{T} \right\rfloor \right] \quad (4.13b)$$

將限制式(4.9) $\frac{1}{2} \left(\frac{T_i^0}{(k_i T)} + \frac{(k_i T)}{T_i^0} \right) \leq b_i$ 加以改寫, 即可推知, 當在某特定 T 時, k_i 的範圍為 $\left[\left\lceil \frac{g_i}{T} \right\rceil, \left\lfloor \frac{q_i}{T} \right\rfloor \right]$ 。在 k_i 的可行範圍中選擇 k_i 以使最小 $AC_{L,i}(k_i, T)$ 值, 而表示為 $\underline{AC}_{L,i}(T)$ 。

以下藉由輔助定理 Lemma 4.1 與 Lemma 4.2 來證明目標函數 $AC(T, k_1, k_2, \dots, k_n)$ 相對於 T 為一凸函數。

Lemma 4.1 函數 $\underline{AC}_{R,i}(T)$ 與 $\underline{AC}_{L,i}(T)$ 相對 T 實均為一凸函數。

證明：

由(4.12a)與(4.13a)兩式，吾人可明顯地看出 $\underline{AC}_{R,i}(T)$ 與 $\underline{AC}_{L,i}(T)$ 相對 T 實

均為一凸函數。縱使，將上對 k_i 值的限制條件後仍為凸函數。

如此，在給定某一特定 T 時，令其對應的最佳 k_i 值為 $k_i(T)$ ，在確定 T 與 $k_i(T)$ 的條件下，便可確定其最佳目標函數值。並令其對應的最佳目標函數值為 $AC_i(T)$ 。

接下來說明函數 $AC_i(T)$ 相對 T 為一凸函數。

Lemma 4.2 函數 $AC_i(T)$ 相對 T 為一凸函數。

證明：

吾人可明顯地得知 $AC_i(T) = \min\{ \underline{AC}_{R,i}(T), \underline{AC}_{L,i}(T) \}$ 。事實上，吾人可清楚看出 $\underline{AC}_{R,i}(T)$ 與 $\underline{AC}_{L,i}(T)$ 並不相互重疊，因此， $AC_i(T) = \underline{AC}_{R,i}(T)$ 當 $k_i(T) \in \left\{ \frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, K \right\}$ 且 $AC_i(T) = \underline{AC}_{L,i}(T)$ 當 $k_i(T) \in \{2, 3, K\}$ 。由 Lemma 4.1 便可推得確知函數 $AC_i(T)$ 相對 T 為一凸函數。

利用上述步驟一至步驟三即可描繪出單買方之最佳解曲線，接著吾人運用步驟四繪出多買方最佳解曲線。而令 $AC(T)$ 表示目標函數相對 T 最佳目標函數值。

Proposition 4.1 $AC(T)$ 相對 T 為一凸函數。

證明：

因 $AC(T) = \frac{S}{T} + \sum_{i=1}^n AC_i(T)$ ，所以其證明可由下述兩項事實推論而得證。1.

由 Lemma 4.2 得知 $\sum_{i=1}^n AC_i(T)$ 本身是由 n 條一凸函數的加總。

因此 $\sum_{i=1}^n AC_i(T)$ 顯然亦是一條凸函數。

2. 當片段凸函數 $\sum_{i=1}^n AC_i(T) \frac{S}{T}$ 再加上另外一條凸函數 $\frac{S}{T}$ 之後其所得的目標函數值仍舊是一條片段凸函數。

4.3.3 多買方最佳解曲線

由於目標函數可視為 n 條片段凸曲線的加總再加 $\frac{S}{T}$ ，因片段凸曲線之片段斷點有繼承性，且 $\frac{S}{T}$ 亦為一凸曲線。故目標函數對於 T 之關係曲線仍為一片段凸曲線(piece-wise convex curve)。

吾人運用步驟四所繪出多買方最佳解曲線，以五個買方為例。其 $AC(T)$ 相對 T 最佳目標函數值以圖 4.5 表示之。

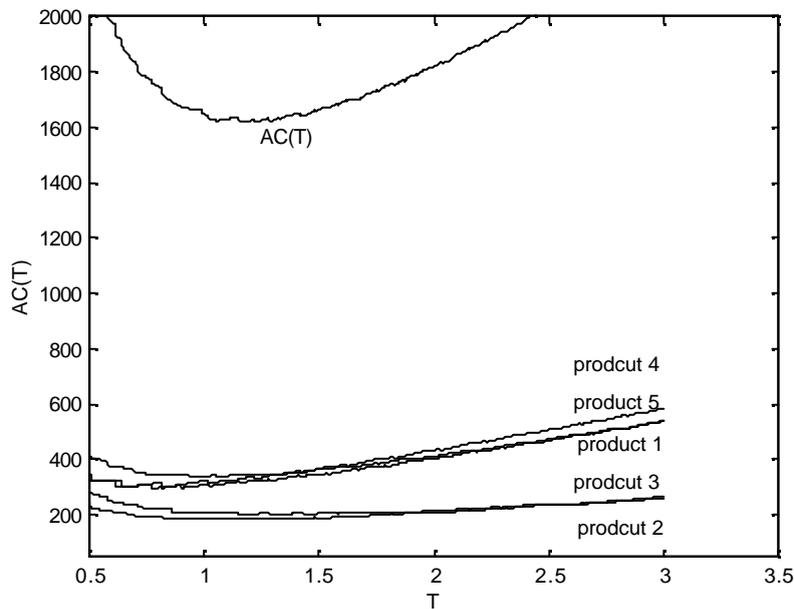


圖 4.5 $AC(T)$ 相對 T 最佳目標函數值

藉由觀察目標函數 $AC(T) (= \frac{S}{T} + \sum_{i=1}^n AC_i(T))$ 可推論在整備成本增加時, 且 T 值減少時, $\frac{S}{T}$ 將會使 $AC(T)$ 的左半側急劇的上升。此項觀察在管理上有相當的意義, 因在整備成本偏高的多項產品整合製程上, 在出貨配送上則傾向於在一次的生產準備中, 進行多次的出貨。

4.3.4 決定最佳解曲線斷點位置

在本小節中, 吾人討論如何決定 $AC(T)$ 的最佳解曲線斷點位置。首先, 運用抽絲剝繭的方法, 先針對單一個買方之目標函數值 $AC_i(T)$ 來觀察其斷點位置。

Proposition 4.2 (Lu, 1995)

當 $b_i \geq 3/2\sqrt{2} = 106.07\%$ 時, 對於任何一個 T 值, 且當 $k_i \in \{1, 2, 3, \dots\} \cup \{\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots\}$ 至少有一個整數或分數滿足不等式 $\frac{g_i}{T} \leq k_i < \frac{q_i}{T}$ 。

證明

當 $b_i = 1$ 時, 亦即表示買方堅持其 EOQ 的訂購量與週期, 是故兩方之間的協調空間受限。供應商只好在此限制下儘可能求其平均成本的最小化。

當 $b_i \geq 3/2\sqrt{2}$ 時, 亦可表為 $b_i^2 \geq 9/8$, 經轉化可表為 $2\sqrt{b_i^2 - 1} \geq b_i - \sqrt{b_i^2 - 1}$ 。

Case 1: 若至少有一個整數滿足不等式(4.9)時, 則 $\frac{g_i}{T}$ 必大於 1, 且 $\frac{q_i}{T} - \frac{g_i}{T}$ 也必大於 1。

$$\frac{q_i}{T} - \frac{g_i}{T} = \frac{2T_i^0 \sqrt{b_i^2 - 1}}{T} \geq \frac{T_i^0}{T} (b_i - \sqrt{b_i^2 - 1}) = \frac{g_i}{T} > 1$$

因此, 可確定至少有一個整數滿足不等式(4.9)。

Case 2：若至少有一個分數滿足不等式(4.9)時，則 $\frac{q_i}{T}$ 必小於 1,且 $\frac{T}{g_i} - \frac{T}{q_i}$ 也必大於 1。

$$\frac{T}{g_i} - \frac{T}{q_i} = \frac{2T\sqrt{b_i^2 - 1}}{T_i^0} \geq \frac{T}{T_i^0} (b_i - \sqrt{b_i^2 - 1}) = \frac{T}{T_i^0} (b_i - \sqrt{b_i^2 - 1}) \times \frac{(b_i + \sqrt{b_i^2 - 1})}{(b_i + \sqrt{b_i^2 - 1})} = \frac{T}{q_i} > 1$$

因此，可確定至少有一個分數滿足不等式(4.9)。

Lemma 4.3. 當 $k_i = \frac{1}{m}$ ，而 $m \geq 1$ 且 m 為整數時，其所對應的可行解範圍必然與 $k_i' = \frac{1}{m+1}$ 所對應的可行解範圍重疊。

證明：

利用反證法，假設 $k_i = \frac{1}{m}$ 其所對應的可行解範圍與 $k_i' = \frac{1}{m+1}$ 所對應的可行解範圍並不重疊，其中 $m \geq 1$ 且 m 為整數。藉由不等式(4.xx)顯示在給定 k_i 值後，則可推得 T 值的可行解範圍為 $[mg_i, mq_i]$ ，而在 $k_i' = \frac{1}{m+1}$ 時，亦可推得其 T 值的可行解範圍為 $[(m+1)g_i, (m+1)q_i]$ 。在可行解範圍不重疊的假設下，乃表示下式成立：

$$mq_i < (m+1)g_i \quad (4.14)$$

若將 $g_i = T_i^0 (b_i - \sqrt{b_i^2 - 1})$ 與 $q_i = T_i^0 (b_i + \sqrt{b_i^2 - 1})$ 代入上述不等式(4.14)。則可整理而得

$$1 \leq m < \frac{b_i - \sqrt{b_i^2 - 1}}{2\sqrt{b_i^2 - 1}} \quad (4.15)$$

而上述不等式(4.15)則相當於 $b_i < \frac{3}{2\sqrt{2}}$ 需成立。

然而，此結果與前述定理 (4.2) 所表示的：對於任何一個 T 值，且

當 $k_i \in \{1, 2, 3, \dots\} \cup \{\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots\}$ 時，至少有一個整數或分數滿足不等式 $\frac{g_i}{T} \leq k_i < \frac{q_i}{T}$ 。所推得的結果 $b_i \geq \frac{3}{2\sqrt{2}}$ 相衝突。因此，可知滿足可行解範圍不重疊的假設之 k_i 值並不存在，故得證。

Proposition 4.3 當 $k_i \in \{\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots\}$ ，函數 $\underline{AC}_{R,i}(T)$ 相對 T 的曲線斷點位置將座落於 $\frac{g_i}{k_i}$ 。

證明：

假設 $k_i' = \frac{1}{m}$ ，其中 m 為一正整數。令 t 是相對於 k_i' 之 T 的可行解範圍內的最小值，亦即 $t = \frac{g_i}{k_i'} = mg_i$ 。另外假設 $k_i = \frac{1}{(m+x)}$ 是在 $T=t$ 時的另一個可行的 k_i 值，且 $x > 0$ 並且 x 為整數。再藉由不等式 (4.10a)，可推得 k_i

的可行範圍應該為

$$(m+x)g_i = \frac{g_i}{\frac{1}{m+x}} = \frac{g_i}{k_i} \leq T \leq \frac{q_i}{k_i} = \frac{q_i}{\frac{1}{m+x}} = (m+x)q_i \quad (4.16)$$

在 $T=t$ 時，上述不等式並無任一個 $k_i = \frac{1}{(m+x)}$ 能滿足 $x > 0$ 並且 x 為正整數。

接著，吾人證明 $\frac{g_i}{k}$ 會是函數 $\underline{AC}_{R,i}(T)$ 的斷點。因為，在 $T=t$ 時 k_i' 與其他的 k_i 值 ($k_i = \frac{1}{(m-y)}$) 相比較會有 $\underline{AC}_{R,i}(T)$ 最小的目標值，其中 $y > 0$ 並且 y 為整數。

因為

$$\frac{s_i}{t} + \frac{rt}{2} c_i D_i \left(1 + \frac{1}{m-y} - \frac{D_i}{P_i}\right) > \frac{s_i}{t} + \frac{rt}{2} c_i D_i \left(1 + \frac{1}{m} - \frac{D_i}{P_i}\right). \quad (4.17)$$

而上述不等式(4.17)可確立 $AC_{R,i}(t, k_i) > AC_{R,i}(t, k_i')$ ，而在 $T=t$ 時 k_i' 由 $k_i = \frac{1}{m-1}$ 變成 $k_i' = \frac{1}{m}$ 。所以 T 的曲線斷點位置將座落於 $\frac{g_i}{k_i}$ 。故得證。

當 $k_i \in \{1, 2, 3, \dots\}$ 時此問題即成為合併補貨問題(Joint Replenishment Problem) 的型式，且受限於 T 的可行範圍，此問題亦為 NP-hard 且明確的斷點位置並不易得。對於在特定 T 時， $AC(T, k_i(T))$ 之最小值，與其對應之 $k_i(T)$ 可由下式求得：

$$k_i(T) = \arg \min \{AC(T, k_i) | k_i \in k_i(T)\} \quad (4.18)$$

其中 $k_i(T) \in \left(\left\lfloor \frac{g_i}{T} \right\rfloor, \left\lceil \frac{q_i}{T} \right\rceil \right)$ 且 $k_i(T)$ 為整數。

上述定理主要是探討當 k_i 值給定之後，求其對應目標函數之 T 的可行範圍與斷點。反之，吾人可藉由下列推理求得，在給定 T 值之後，以求其對應之最佳 k_i 值。

Corollary 4.1

當 $k_i \in \{1, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots\}$ ，且給定任何一個 T 值之後，且 $T > g_i$ 其對應於 $AC_{R,i}(T)$ 函數之最佳 k_i 值為 $k_i(T)$ ，則 $k_i(T) = 1/\lfloor T/g_i \rfloor$ 。

證明：

本推理之證明可由 Proposition 4.3 所得之性質明顯地推得。有了以上有關斷點的推理，便可輕易的決定 T 值在何時將會從 $\frac{g_i}{m}$ 變成 $\frac{g_i}{m+1}$ 時，並能確保 $AC_i(T)$ 的最佳解。在獲得針對單一買方的最佳解後，接下來的定理將推演至多買方的問題 $AC(T)$ 上。

Proposition 4.4. 在函數 $AC(T)$ 上的斷點，乃繼承於函數 $AC_{R,i}(T)$ 的斷點。

證明：本定理之證明乃依據 $AC(T)$ 本身是可分解函數， $\underline{AC}_{R,i}(T)$ 包含於 $AC(T)$ 之中。再藉由 Proposition 4.3 所得之性質，則可明顯地得證。

Corollary 4.2

當 b_1 與 b_2 為函數 $AC(T)$ 上兩個相鄰的斷點，且 $b_1 < b_2$ 。則在 (b_1, b_2) 凸區間內的對應於多買方之最佳 k_i 值，將維持不變。

證明：本推理之證明可由 Corollary 4.1 與 Proposition 4.4 所得之性質明顯地推得。

令 $K(b_i)$ 代表在 b_i 與時，其所對應於函數 $AC(T)$ 的一組最佳 k_i 值，當 T 值由 b_1 變成 b_2 的斷點時，這組最佳 k_i 值至少有一個值會改變，以求得最佳 $AC(T)$ 值。由 Corollary 4.2 與 Proposition 4.4 所得之性質作為設計演算法的基礎。然而，對於 $\underline{AC}_{L,i}(T)$ ，吾人並無法獲致如同 $\underline{AC}_{R,i}(T)$ 一般精細漂亮的性質來確定斷點的位置。而 $\underline{AC}_{L,i}(T)$ 本身即是一個相當複雜的問題，縱使問題寬鬆 (relaxation) 亦無法有效取得解答，僅能運用啟發式的解法。以下運用一個簡例說明受到 m_i ($= \left\lfloor k_i \left(1 - \frac{D_i}{P_i}\right) \right\rfloor$) 的影響，且其並無明顯的 m_i 與 k_i 變化關聯。

當 $D=100$ 且 $P=300$ ，當 k_i 由 $k_i=1$ 漸增變化至 $k_i=10$ 時，其對應 m_i 值的變化，如下表所示。

表 4.1. m_i 與 k_i 變化關係

k_i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
m_i	0	1	2	2	3	4	4	5	6	6

因此， $\underline{AC}_{L,i}(T)$ 中 m_i 與 k_i 並無明顯變化關聯，吾人並無法獲致明確的表示式來確定斷點的位置。

4.4 演算法

理論上，藉由最佳解曲線與小步搜尋法求解，取微小變化量(令 $\Delta T=0.0001$)，在 T 的坐標軸上進行小步搜尋，在適當的 T 的範圍中，作微量的變動。過程中其對應之 k_i 值亦將隨之變動，宛如在 T 的坐標軸上掃瞄。如此一來，吾人可以找到問題的解。但如此做法相當耗時，而且並不是有效的解法，在管理應用上較無意義。為了能有效地求出解答，吾人運用前述所得的有關問題最佳解結構的理論性質。特別是，在片段凸函數上的斷點位置的性質，加以設計演算法。

4.4.1 針對子問題求解的動機

首先，將問題分解成子問題(P)，其中 $k_i \in \{1/1, 1/2, 1/3, \dots\}$ 。在本小節中，說明解子問題的動機與理由。並提出一有效率的演算法。

在 4.3.4 小節中吾人曾指出：因 m_i 變化並無規律性的緣故，所以無法獲得明確的性質來確定 $AC_{L,i}(T)$ 斷點的位置。因此，無法用運在片段凸函數上的斷點位置的性質來設計求解演算法。

在 4.3.4 小節推導問題之理論性質之前，依據小步搜尋法來驗證吾人在解題方面的直覺。吾人根據隨機產生的問題求解的結果發現：在整合存貨的情境下，所有的最佳解均屬於 $k_i \in \{1/1, 1/2, 1/3, \dots\}$ 的情況。如此發現提供吾人一個解題的構想，即是對子問題(P)求解亦能求得原問題的最佳解。

子問題(P)可表示為：

$$(P) \text{ Min } AC(T, k_1, k_2, \dots, k_n) = \frac{1}{T} (S + \sum_{i=1}^n s_i) + \frac{rT}{2} \sum_{i=1}^n c_i D_i (1 + k_i - \frac{D_i}{P_i}) \quad (4.19)$$

$$S.t. \quad (4.11b), (4.11c), (4.11e), (4.11f) \text{ 且 } k_i \in \{1/1, 1/2, 1/3, \dots\}, \forall i.$$

子問題 (P) 與原問題 (VB) 的不同，僅在於將限制式 (4.11d) 改由 $k_i \in \{1/1, 1/2, 1/3, \dots\}$ 取代。

接著說明支持本想法的理由。第一，在目標函數中的第一項 $\frac{S}{T}$ ，在 T 值變小時，會使得 $AC(T)$ 快速上升。由圖 4.3 與圖 4.5，可得在 $k_i \in \{1/1, 1/2, 1/3, \dots\}$ 時，斷點的位置必座落於 $T \geq g_i$ 的範圍。相對的當 $k_i \in \{1, 2, 3, \dots\}$ 時，斷點的位置必座落於 $T < g_i$ 的範圍。很清楚地看出當 T 值變小時，目標函數中的 $\frac{S}{T}$ 項，促使目標函數增加。因此，目標函數的最佳解結構傾向 $k_i \in \{1/1, 1/2, 1/3, \dots\}$ 的情況。況且本模式之出發點也指出供應商在此供應鏈關係中，係屬於較具有協商優勢的一方，且整備成本相對較高，才更加凸顯整合的效益。亦即在某一生產整備之中對某一買方的配送次數會大於一次。此乃表示 $k_i \in \{1/1, 1/2, 1/3, \dots\}$ 的情況。

相關的研究如，Goyal (1995), Hill (1997), Viswanathan (1998), Goyal (2000) and Goyal and Nebebe (2000) 等均是對 $k_i \in \{1/1, 1/2, 1/3, \dots\}$ 的情況進行研究。其餘詳見第三章文獻探討。在由數據驗證中，吾人發現隨機產生的數據，所得的目標函數的最佳解結構均屬於 $k_i \in \{1/1, 1/2, 1/3, \dots\}$ 的情況。接著說明啟發式演算法的設計。

4.4.2 啟發式演算法的設計

為了求解子問題 (P)，吾人需推導出求解的上下界，並以 $AC_{R,i}(T)$ 斷點的位置性質為搜尋演算法的骨幹。

4.4.2.1 搜尋範圍的上下界

為了推導搜尋範圍的上下界，首先子問題 (P) 加以寬鬆，在此吾人先針對各個買方的 EPQ 公式當作其寬鬆問題，再予以加總，並以 P_R 表示之。寬鬆問題 P_R 數學模式如下：

$$(P_R) \quad \text{Min} \quad \frac{1}{T} \left(S + \sum_{i=1}^n s_i \right) + \frac{rT}{2} \sum_{i=1}^n c_i D_i \left(1 - \frac{D_i}{P_i} \right) \quad (4.20)$$

在此須注意，寬鬆問題 P_R 已經限制條件 (4.11b), (4.11c), (4.11e), (4.11f) 省略，亦不再限定 $k_i \in \{1/1, 1/2, 1/3, \dots\}$ 。顯然地，對於任何 T 值而言，子問題(P)的寬鬆問題 P_R 所求得的最佳解，不會大於原來子問題(P)所求得的最佳解。

令 T_p^* 代表原來子問題(P)最佳解時所對應的 T 值，而令 T_R^* 代表寬鬆問題 P_R 最佳解時所對應的 T 值。 T_R^* 封閉解表示如下：

$$T_R^* = \sqrt{2 \left(S + \sum_{i=1}^n s_i \right) / \sum_{i=1}^n r c_i D_i \left(1 - D_i / P_i \right)} \quad (4.21)$$

令 $AC(T_R^*)$ 代表原來子問題(P)在給定 $T = T_R^*$ 時之目標函數值。以下證明 T_p^* 搜尋範圍的上下界，可由寬鬆問題(P_R)的目標函數等於 $AC(T_R^*)$ 時的 T 值來決定。其推導過程詳見下述定理。

Proposition 4.5

令 T^L 代表當寬鬆問題(P_R)的目標函數值等於 $AC(T_R^*)$ 時的最小 T 值，且 T^U 代表當寬鬆問題(P_R)的目標函數值等於 $AC(T_R^*)$ 時的最大 T 值，則 $T^L \leq T_p^* \leq T^U$ 必然成立。

證明：

因為寬鬆問題(P_R)具有嚴格凸性(strictly convex)，所以 $T^L \leq T_p^* \leq T^U$ 必然成立。因此 $T < T^L$ 的情形下，寬鬆問題(P_R)的目標函數值必然大於 $AC(T_R^*)$ 。如此可推得 T^L 是 T_p^* 下界。同理可證， T^U 代表 T_p^* 上界。

圖 4.6 可說明如何求得 T_p^* 上、下界 T^L 與 T^U 。而 T^L 與 T^U 可藉由二分法(bisection)取得。綜合以上的性質及最佳解結構圖。便可以在 $[T^L, T^U]$

T^U]區間內搜尋其原來子問題(P) 最佳解。

4.4.2.2 搜尋演算法中的斷點

前述有關於問題(P)的最佳解結構圖，已經由 $AC_{R,i}(T)$ 函數斷點的理論結果加以詳細說明。如此一來，吾人便可依據 $AC_{R,i}(T)$ 函數斷點，推演出一種求解問題(P)的有效演算法。

根據 Proposition 4.5，吾人可搜尋的範圍限定在區間 $[T^L, T^U]$ 之內。而根據 Proposition 4.3，吾人可針對每一個買方，確定在區間 $[T^L, T^U]$ 之內的斷點之坐落位置。此外，Proposition 4.1 與 Proposition 4.2 則指出問題(P)是屬於片段凸型函數。而推理 Corollary 4.2 則說明在兩相鄰的斷點之間，其所對應的一組 k_i 值維持不變，基於這些理論性質

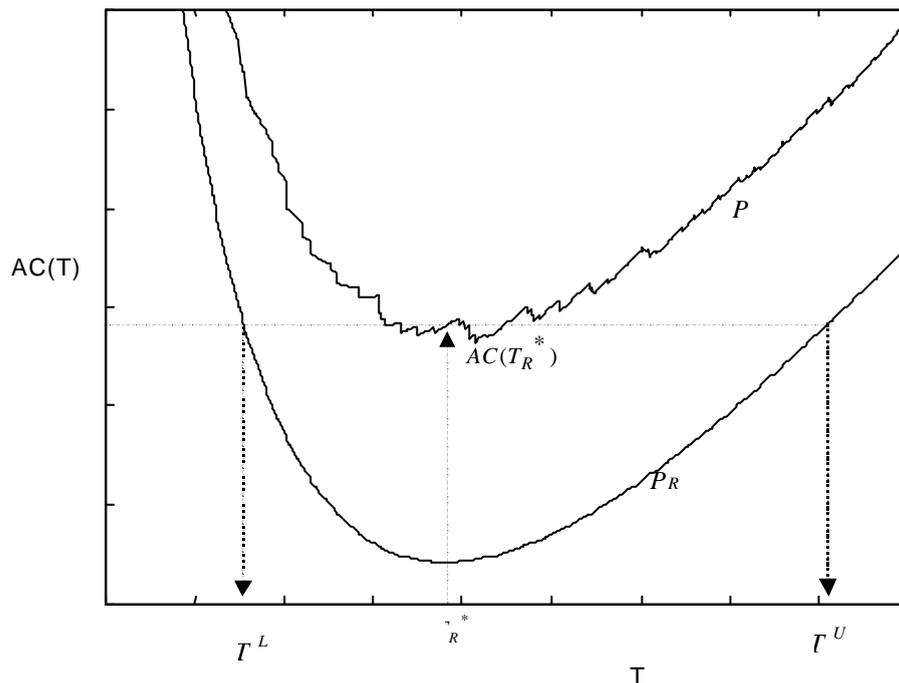


圖 4.6 如何求得 T_p^* 的上下界 (T^L 與 T^U)

引導吾人的解題構想：只要可以找到每一片段區間的區域最佳解，便可以找到問題(P)的最佳解。以下定理說明如何找到每一片段凸型區間 $(b_1, b_2]$ 內的區域最佳解。

4.4.2.3 區域最佳解

Proposition 4.6

當 b_1 與 b_2 為函數 $AC(T)$ 上兩個相鄰的斷點，且 $b_1 < b_2$ 。令 $K(b_1)$ 與 $K(b_2)$ 為兩個相鄰的斷點所對應的最佳 k_i 值。則在 $(b_1, b_2]$ 凸區間內的區域最佳解必定落於

$$\begin{cases} I, & \text{if } AC(K(b_1), I) \leq AC(K(b_2), b_2). \\ b_2, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (4.22)$$

其中 $I = \sqrt{\frac{2(S + \sum_{i=1}^n s_i)}{\sum_{i=1}^n rc_i D_i (1 + k_i - D_i/P_i)}}}$ 且 $k_i \in K(b_1), \forall i$.

證明：

因為 $(b_1, b_2]$ 是凸區間，很顯然地，在凸區間內的區域最佳解必定落在兩個端點當中的一個，或是在此 U 型曲線中的最低點。

由定理 4.6 中的不等式可知，曲線中的最低點不會落在 b_1 上，因為 $AC(T)$ 在 b_2 時，以其對應新的 $K(b_2)$ ，會獲得更低的較佳值。因此，很顯然 b_2 是個可能最低點端點。

另外，為了尋找最佳解必須檢驗在 $(b_1, b_2]$ 凸區間內可能的最低點。假若 $AC(K(b_1), I) \leq AC(K(b_2), b_2)$ ，則在 I 會有最佳值。反之，若 $AC(K(b_1), I) > AC(K(b_2), b_2)$ ，則在 b_2 會有最佳值。

4.4.2.4 演算法

本小節 將所提的搜尋演算法整理如下：

1. 計算 T_R^* 值，進而推算出搜尋範圍 $[T^L, T^U]$ 。

2. 對所有的買方($i=1, \dots, n$)求取搜尋範圍 $[T^L, T^U]$ 之內的斷點，並以遞增的方式加以排序。
3. 從最小的斷點為始點，逐一地往前搜尋。決定在最大的斷點以前的所有凸型區間內的 $AC(T)$ 區域最佳解。
4. 在步驟 3 中所取得的值中，選取其中的最小值，則其便為最佳解。

4.5 數據驗證

本小節進一步驗證所提演算法的效果。為避免實驗數據所引起的誤差，以下列五種組合，透過隨機產生的方式產生所需的參數。五種參數組合的數值範圍詳見：表 4.2。針對每一種組合分別產生四種不同大小的整合供應鏈問題，即 5, 10, 20, 與 30 買方。因此，總共提出 20 組實驗數據。並分別以 Lu 的解法與本研究所提出的解法進行比較，在 Pentium III-600 CPU 的個人電腦上以 Matlab 撰寫程式。運用兩種方法的求解效率均相當不錯，這 20 組實驗數據均能在 1 秒之內找到答案。

表 4.2 五種參數組合的數值範圍

	S	A_i	\hat{c}_i	D_i	c_i	P_i	s_i
(1)	300	[15,30]	[15,30]	[100,200]	[10,20]	[250,320]	[80,150]
(2)	500	[50,60]	[50,100]	[250,500]	[100,150]	[400,800]	[100,200]
(3)	1000	[100,120]	[100,150]	[500,1000]	[150,200]	[600,1200]	[150,300]
(4)	1500	[150,180]	[150,200]	[750,1500]	[200,250]	[800,1600]	[200,400]
(5)	3000	[200,240]	[200,400]	[1000,2000]	[250,300]	[1200,2400]	[500,1000]

在表 4.3 中,針對 Lu 的解法與本研究所提出的解法進行求解品質的比較,本研究所提出的解法所求得的解均優於 Lu 的解法。在這 20 組實驗數據中,其求解品質的差異在 2.36% 到 10.23%之間。

另一方面,本研究亦運用小步搜尋法($\Delta T=10^{-4}$)以取得原問題的最佳解,再與本研究方法加以比對佐證。發現本研究所提出的解法所求得的解確實是最佳解。由此實驗數據的驗證足以證明本研究所提出的解法的確是求解整合供應鏈模式的有效方法。

4.6 討論與結語

在本章的研究中,吾人以最佳解結構的想法,設計新的演算法以解整合單一供應商與多買方之間的整合問題,即問題 (VB)。其問題乃以買方的預算上限為一種協商機制,以求取供應商的年成本最低值。

再本研究中以對其最佳解結構進行探究,且以證實其最佳成本曲線相對於 T 值,乃屬於一種片段凸型曲線。特別是最佳解曲線之斷點性質的推導,為演算法的設計提供了一個非常有啟發的構想與基礎。而且本研究已證實藉由子問題的求解可以獲得整合供應鏈問題的最佳解。

而在數據驗證,本研究所提之演算法所求得的解均優於 Lu 的解法。並且由小步搜尋法驗證,發現本研究所提出的解法所求得的解確實是最佳解。由此實驗數據的驗證足以證明本研究所提出的解法的確是求解整合供應鏈模式的有效方法。

表 4.3 本研究所提解法與 Lu 的解法求解品質比較

供應鏈系統中的買方數	Lu's (L)	本研究所提解法 (YC)	$\frac{(L - YC)}{YC} \cdot 100\%$
n = 5			
(1)	1660.35	1617.8	2.66
(2)	4709	4537.3	3.80
(3)	8582.6	8041.7	6.73
(4)	17636	16484	6.98
(5)	37425	36088	3.70
n = 10			
(1)	4467.6	4315.5	3.51
(2)	8567.8	8232.5	4.06
(3)	16790	15259	10.03
(4)	32844	29795	10.23
(5)	62864	59845	5.04
n = 20			
(1)	6489.7	6292.9	3.13
(2)	15541	14722	5.56
(3)	32038	29918	7.09
(4)	63782	58633	8.78
(5)	136910	130340	5.04
n = 30			
(1)	7765.9	7586.6	2.36
(2)	22739	21523	5.65
(3)	48605	44769	8.60
(4)	90744	83398	8.81
(5)	199120	189360	5.53

第五章 藉由共同補貨週期以協調供應鏈存貨

5.1 前言

5.1.1 模式決策情境

本章針對兩階式的供應鏈體系中，供應商運用共同補貨週期(Common Replenishment Epochs, CRE)及價格折扣(price discount)之協調機制進行單一供應商與多家經銷商(或買方)間的協調。供應商並不儲存存貨，無需負擔存貨持有成本，其扮演多家經銷商之訂單整合(retailers' orders consolidation)的角色，再向其上游產品製造商進行採購。供應商並不直接進行產品之生產製造。

所謂「共同補貨週期」，乃指上游供應商或製造商為了整合多家買方之補貨訂單，以取得訂單處理與配送運輸的整合效益，所預先訂定之共同補貨週期。例如，每週、每雙週、每月、每季,....,等等。

供應商提供單一商品，在面對多個經銷商採用單一訂價策略的情形下，運用價格折扣以吸引經銷商依照供應商所預先訂定的共同補貨週期來進行補貨。本研究運用此共同補貨週期與價格折扣之協調機制，以尋求供應商最低的平均總成本。

本章所提的合作式整合策略決策情境與 Viswanathan and Piplani (2001)所使用的 Stackelberg 賽局策略之數學模式相同，但其管理意涵不同。首先，假定經銷商需付給供應商每年固定一筆 franchise fee 費用。茲將其差異說明如下：

Stackelberg 賽局策略之運作方式:

- (1) 賽局領導的一方(指供應商)預先訂定一組共同補貨週期。
- (2) 賽局中的跟隨者(即經銷商)可依供應商所訂之共同補貨週期來決定各自的補貨週期。

- (3) 供應商提供買方價格折扣，除了彌補各經銷商因依照供應商指定的共同補貨週期進行補貨所引起的成本？加外，並還需額外提供一部份成本節省(EOQ 成本之某一比例)作為誘因。
- (4) 價格折扣值須滿足所有買方，因此，此價格折扣值需大於或等於所有買方的價格折扣值，即所有價格折扣值中取最大值。

本研究所提合作式整合策略之運作方式：

- (1) 賽局領導的一方(指供應商) 預先訂定一組共同補貨週期。
- (2) 供應商可替經銷商制定補貨週期。
- (3) 供應商提供買方價格折扣，除了彌補各經銷商因依照供應商指定的共同補貨週期進行補貨所引起的成本？加外，並還需額外提供一部份成本節省(EOQ 成本之某一比例)作為誘因。
- (4) 價格折扣值須滿足所有買方，因此，此價格折扣值需大於或等於所有買方的價格折扣值，即所有價格折扣值中取最大值。
- (5) 供應商要求經銷商以更積極的合作方式進行配合，則供應銷商會有進一步節省成本的空間，可以進一步回饋經銷商的作法，例如：調降 franchise fee 費用。至於調降幅度可由供應商掌控。

在合作式整合策略中，第(1),(3)及(4) 項的運作方式，實與 Stackelberg 賽局策略相同；應注意的是第(2)及(5) 項運作方式可能造成的差異與協調的效應。

為了闡述合作式整合策略與 Stackelberg 賽局策略的不同，以下例說明之。例如：假定經銷商需付給供應商每年固定一筆 franchise fee 費用為 \$5。假設某一經銷商 EOQ 平均成本為 \$100，若採 Stackelberg 賽局供應商平均成本可節省 \$20，經銷商因配合供應商指定的共同補貨週期，則平均成本增為 \$110。除了彌補各經銷商因依照供應商指定的共同補貨週期進行補貨所引起的成本？加(即 $\$110 - \$100 = \$10$)外，供應商額外提供一部

份成本節省(EOQ 成本之某一比例，例如：5%) 給經銷商作為回饋，則供應商真正節省 $\$20 - (\$110 - \$100) - \$100 * 5\% = \$5$ 。而經銷商平均成本為 $\$110 - (\$110 - \$100) - \$100 * 5\% = \$95$ 。此時，供應商節省\$5，而經銷商與原先之 EOQ 成本相比較亦節省\$5。

若採用本研究所建議，以更積極的合作方式進行協調，供應商平均成本可節省\$30，經銷商因配合供應商指定的共同補貨週期及採用供應商建議的補貨週期，則平均成本增為\$113。比照 Stackelberg 賽局策略，供應商額外提供一部份成本節省(EOQ 成本之某一比例，例如：5%)，則供應商節省 $\$30 - (\$113 - \$100) - \$100 * 5\% = \$12$ 。而經銷商的平均成本為 $\$113 - (\$113 - \$100) - \$100 * 5\% = \$95$ 。此時，供應商節省\$12，而經銷商與原先之 EOQ 成本相比較節省\$5。(相較於 Stackelberg 賽局策略，在運用合作式整合策略時供應商可多 $12 - 5 = \$7$ 的節省。) 為了說服經銷商採用供應商建議的補貨週期，供應商對經銷商可採調降 franchise fee 費用\$2 作為配合的誘因(故此時經銷商只需付\$3的 franchise fee)。最後，在運用合作式整合策略下，供應商節省為 $\$12 - \$2 = \$10$ ，而經銷商與原先之 EOQ 成本相比較亦節省成為\$7；相較於 Stackelberg 賽局策略，供應商與經銷商都可獲得更多的成本節省。

5.1.2 模式情境相關之研究

供應鏈體系由上游供應商與多家彼此相互獨立的下游經銷商(或買方)所建立而成的，以往買賣雙方各自尋求個別的最佳配送與補貨決策。然而，隨著外在競爭壓力的驟增與資訊科技的進步，供應鏈的成員已了解可以透過某種協調機制(coordination mechanism)，以求上下游的協同合作並創互惠的局面。傳統的協調機制包含：垂直與水平整合、建立供應鏈夥伴關係、簽定交易合約、與利潤分享等機制。有關上述機制的討論可參考 Johnston and Lawrence (1988), Tirole (1988)與 Buzzel and Ortmeyer (1995), Jeulad and Shugan (1999)等學者的論述。

在 Stackelberg 賽局方面,此存貨策略的應用最初研究由 Eliashberg and Steinberg (1987) 提出,但該研究模式尚未探討 通路協調的議題。Parlar and Wang(1994) 提出供應商針對同質性(homogeneous)下游買方以數量折扣方式進行協調。後續, Wang and Wu (2000) 將其模式延伸為異質性(heterogeneous)買方。Mishra (2004) 最近提出針對多家買方實施選擇性折扣機制。足見運用 Stackelberg 賽局價格機制進行通路協商受到研究者的重視,但是 Zhao and Wang (2002)指出: Stackelberg 賽局一般而言,並無法取得通路的最佳化,其效益與集中式決策相差約 21.1%。因此,本章以更加合作的方式促成通路的協商並使通路成員均能受益。

另一方面,數量折扣在供應鏈的協調中一直扮演很重要的角色,早在 Crowther (1964)與 Dolan (1987)兩位學者就針對相關數量折扣的研究做一調查,而 Benton and Park(1996)亦對數量折扣相關的研究做進一步的分類與探討 Weng and Wong (1993)提出需求為價格的函數並運用數量折扣與加盟費做為協調機制的一般化模式。Weng (1995)更提出數量折扣取決於年銷售額之訂購量與訂購頻率及需求為銷售價格的函數。Chen et al.,(2001) 更提出了三階的數量折扣模式,在不損及上下游的利益下尋求中間成員及整個系統的最佳化。相較其他模式,本研究與 Viswanathan and Piplani (2001)所提出模式,實為一種相當容易推行之協調機制,其決策變數為:價格折扣、供應商之最佳共同補貨週期,與買方補貨週期,其為共同補貨週期乘上一個正整數的乘數。

此外,在當今在供應鏈管理中,強調整合性的存貨管理模式逐漸受到重視。愈來愈多學者從事整合存貨管理之研究,例如: Banerjee (1986), Goyal (1995, 2000) Lu (1995), Hill (1997), Viswanathan (1998), Chiou and Yao (2001), Kim and Ha (2003) 等。由上述文獻中,其模式大多以供應商的角度進行供應鏈之整合,並未主動將經銷商之利益納入考量,以創造雙方互惠的關係。

5.1.3 本研究的重要性、意義與貢獻

從整個供應鏈體的角度著眼，並藉由建立雙方合作協調的機制，將可使上下游廠商受益。除上述協調機制之外，在實務上，上游供應商提供價格折扣用以吸引下游買方配合其生產整備週期，是一種常被運用的協調機制。

本章所提的合作式整合策略決策情境與 Viswanathan and Piplani (V&P)相較，在不損及買方利益的前提下，會對供應商有更大的成本節省空間。且進一步可運用調降 franchise fee 費用的做法，吸引買方配合，建立一新的合作式整合策略，以加強供應商與買方彼此互惠的關係。

本論文中的研究方法有別於傳統最佳化的理論與解法，藉由從價格折扣變化的角度，審度目標函數值的變化，並繪出目標函數的最佳解結構曲[?]。此曲[?]具有片段線性(piece-wise linear curve)的性質，據此有助於吾人尋求最佳解。雖然本研究沿用 Viswanathan and Piplani(2001) 所提的模式，但本研究賦予新的決策情境，運用新的研究方法，探索模式的理論性質，並提出一個有效的求得最佳解的演算法。

5.2. 存貨協調模式

5.2.1 模式假設與符號定義

本章研究模式的基本假設如下：

1. 規劃期間是無限長。
2. 買方需求率已知且固定常數。
3. 不允許缺貨。
4. 沒有儲存空間的限制。
5. 供應商處理每批成本、單位持有成本、買方每批採購準備成本、及

其單位成本持有成本為已知固定常數。

6. 補貨前置時間為已知常數。
7. 持有成本與產品之單位成本成正比。

本章模式所使用的符號所代表之意義如下：

- T_0 : 共同補貨週期。
- D_i : 買方 i 年需求率。
- K_i : 買方 i 每次採購所花費採購準備成本。
- h_i : 買方 i 單位存貨持有成本。
- $n_i T_0$: 買方 i 的採購週期。
- A_s : 供應商處理整批訂單之處理成本。
- A_i : 供應商處理買方 i 訂單之處理成本。
- Z_i : 供應商對買方 i 提供價格折扣。
- AC : 供應商平均每年總成本。
- $\underline{AC}(Z|T_0)$: 代表在給定 T_0 值時的最佳的目標函數值。

5.2.2 V&P 的 Stackelberg 賽局策略模式回顧

本章所提的合作式整合策略決策情境與 Viswanathan and Piplani (2001)所使用的 Stackelberg 賽局策略之數學模式相同，但其管理意涵不同。在分析與說明本研究所提的合作式整合策略決策情境之前，先介紹 Viswanathan and Piplani (2001)所提之共同補貨週期模式。

在此模式中單一供應商提供某一種產品給 m 個買方，供應商與買方彼此約定下單週期為每日、每週、雙週、每月、每雙月、每季等共同補

貨週期(T_0)。供應商採用此協調策略的目的在於結合訂單以利於訂單處理及節省配銷成本，而為了吸引各買方採用此策略，供應商則提供價格折扣以當作誘因彌補買方因配合供應商所引發的成本上升並提供相當於EOQ的成本之某一比例的節省。

在此採用的符號大多沿用 Viswanathan and Piplani (2001)模式所使用的符號，而基本假設與EOQ的假設相同。對每一個買方*i*而言，其年需求率為 D_i ；每次採購所花費採購準備成本為 K_i ；單位存貨持有成本為 h_i ；買方*i*的採購週期為 $n_i T_0$ ， n_i 為一正整數； n_i^* 表其最佳值；各買方期望從供應商之共同補貨政策中獲取的利益為原EOQ成本的 S 倍。對供應商而言，處理整批訂單之整備成本為 A_s ，處理買方*i*訂單之之整備成本為 A_i ，對買方*i*提供價格折扣 Z_i (%)且對所有買方一視同仁採取一樣的折扣 Z ，此 Z 值須滿足所有買方，即所提供的折扣 Z 需大於或等於所有買方的 Z_i ，即所有 Z_i 中取最大值當作 Z 。以上所定義的變數均為已知且確定性。

Viswanathan and Piplani (2001)的目的係以供應商的角度考量彌補各買方的成本上升與滿足其成本節省誘因的要求下，決定CRE、價格折扣、及各買方的補貨週期等決策變數，以尋求供應商最低的平均總成本。在此模式陳述於下：

$Min(P)$

$$AC(T_0, Z, n_i) = A_s / T_0 + \sum_{i=1}^m (D_i Z + (A_i / n_i T_0)) \quad (5.1)$$

s.t.

$$D_i Z \geq (K_i / n_i T_0) + H_i n_i T_0 - (1 - S) 2\sqrt{K_i H_i}, \quad i=1, \dots, m, \quad (5.2)$$

$$T_0 \in X \quad (5.3)$$

$$n_i \geq 1 \quad \text{and integer, } i=1, \dots, m, \quad (5.4)$$

$$H_i = \frac{1}{2} D_i h_i, \quad i=1, \dots, m, \quad (5.5)$$

$$X \in \{1/365, 1/52, 1/26, 1/12, 2/12, 1/4\} \quad (5.6)$$

目標函數值以 $AC(T_0, Z, n_i)$ 表示之，其決策變數為 T_0, n_i 與 Z 。其意義為在單位時間內平均整體整備成本與處理個別買方訂單之整備成本再加上價格折扣所付出之成本；限制式(5.2)表示供應商所提供的價格折扣 Z 須滿足所有買方，即彌補各買方的成本上升與滿足其成本節省；限制式(5.4)表示：買方補貨週期為共同補貨週期乘上一整數乘數(n_i)；EOQ 的平均存貨持有成本以限制式(5.5)表之；限制式(5.6)表示：供應商與買方彼此約定下單週期為每日、每週、雙週、每月、每雙月、每季等共同補貨週期(T_0)。假若對不同買方採用不同的折扣，其價格折扣之限制式(5.2)，則變成滿足下列等式：

$$D_i Z_i = (K_i / n_i T_0) + H_i n_i T_0 - (1-S) 2\sqrt{K_i H_i} \quad (5.7)$$

在此情況下，本問題成為 *JRP* 問題的一個特例，而有關於此模式的建構細節請參見 Viswanathan and Piplani (2001)。本研究賦予新的合作式整合策略意涵：假定經銷商需付給總經銷商每年固定一筆 franchise fee 費用。供應商邀請各經銷商以更積極的合作方式(cooperative strategy)進行補貨。供應商可替經銷商制定補貨週期 $n_i^* T_0$ 。供應商提供買方價格折扣(Z)彌補各經銷商因依照共同補貨週期進行補貨所引起的成本？加外，並還需額外提供一部份成本節省(EOQ 成本之某一比例)作為誘因。

在此將 Viswanathan and Piplani (2001)所提演算法整理如下，以利進行後續數據驗證與不同情境的比較。

- (i) 針對每一個 $T_0 = x_j (\in X)$ ，利用下述不等式(5.8)，分別決定買方 i 的最佳補貨週期 n_i^* 。

$$n_i^*(n_i^* - 1) \leq K_i / (H_i T_0^2) \leq n_i^*(n_i^* + 1). \quad (5.8)$$

然後，接著運用下列不等式(5.9)，分別就對各個買方 i 決定可以滿足價格折扣最低要求的 Z_i 值，再從當中選取最大的 Z_i 作為對所有買方採取一致的對待的 Z^* 值。

$$Z_i \geq \frac{1}{D_i} [(K_i / n_i^* T_0) + H_i n_i^* T_0 - (1 - S) 2\sqrt{K_i H_i}]. \quad (5.9)$$

$$\text{令 } Z^* = \max \{Z_i\}, i = 1, \dots, m. \quad (5.10)$$

將 $\{n_i^*\}$ 與 Z^* 代入目標函數(5.1)，便可求得目標函數值。

(ii) 就所有 $T_0 \in X$ ，重複步驟(i)的做法求的目標函數值，從中選取最佳解。

Viswanathan and Piplani 所設計演算法的求解邏輯為先決定各個買方 i 個別的最佳 n_i^* 值，接著，因據前一步驟所得的 $\{n_i^*\}$ 值，以求取 Z^* 值。最後依據 $\{n_i^*\}$ 與 Z^* ，及 T_0 值，便可算出最佳的目標函數值。此種求解邏輯的解題盲點為 $\{n_i^*\}$ 與 Z^* 式依序求得，並非同時(*simultaneously*)決定的。

5.2.3 合作式整合策略

吾人發現 Viswanathan and Piplani (2001) 依 Stackelberg 賽局策略運作方式，其解法為：首先選定 6 個不同共同補貨週期(T_0)，依據所選定的 T_0 先決定各買方所對應 CRE 週期乘數與最佳價格折扣。供應商提供為了能滿足所有買方的價格折扣，所以在所有買方折扣價格中取最大值，並依據最大價格折扣與先前所求得各買方週期乘數及所給定的 CRE 來計算平均總成本，最後比較各 T_0 所得的解，進而再取其中最小值。吾人發現在選用最大價格折扣時，每一買方所對應的 CRE 週期乘數應可大於或等於原先 Viswanathan and Piplani (2001) 之各別考量單一買方之 CRE 週期乘數。如此供應商可以得到較小的平均總成本值。

本合作式整合策略決策情境與 Viswanathan and Piplani (2001) 所使用

的 Stackelberg 賽局策略之數學模式相同。相較於 Stackelberg 賽局策略，合作式整合策略以吸引買方以更積極的合作方式進行配合，則供應商會有進一步節省成本的空間，且亦可以有進一步回饋買方的作法，例如，調降 franchise fee 費用。至於調降幅度，可由供應商掌控。其運作方式如前所述，主要精神在於買方願意配合供應商，接受供應商所提的決策安排，即同時(simultaneously)決定供應商補貨週期、價格折扣、及各買方的補貨週期等決策變數，以尋求供應商最低的平均總成本。

5.3 模式理論性質與最佳解演算法

本節主要說明如何提出針對合作式整合策略模式的演算法，主要分成四個步驟：(1)探索最佳解結構；(2) 搜尋的上下界；(3) 搜尋範圍之間的搜尋點；(4) 提出新之演算法。

5.3.1 探索最佳解結構

本節先介紹小步搜尋法，及運用此法來探索最佳解結構。接著針對單一供應商面對單一買方而繪製最佳解曲線，進而繪出 m 個買方時之最佳解結構曲線，並藉由此曲線特性而提出新的解法。

在此，吾人探索在給定 T_0 值時，將原問題轉換成相對於價格折扣 Z 值的單一變數函數。在此給定 T_0 值時，當 $Z=z'$ 時，吾人可以解得最佳的對應於買方的配銷週期， $\{n_i^*(z')\}$ ，並記錄最佳的目標函數值。

以 $\underline{AC}(Z|T_0)$ 代表在給定 T_0 值時的最佳的目標函數值。顯然 $\underline{AC}(Z|T_0)$ 是 Z 值的函數。事實上 $\underline{AC}(Z|T_0) = AC(Z, \{n_i^*(Z)\}|T_0)$ 之 $AC(Z, \{n_i^*(Z)\}|T_0)$ 是藉由求解下式 $\min_{\{n_i\}} AC(T_0, Z = z', \{n_i\})$ 而得的。運用下述數據便可繪出 $\underline{AC}(Z|T_0)$ 的曲線

吾人以小步搜尋法，取微小變化量(如 $\Delta Z = 0.00001$)，宛如在 Z 的坐標軸上掃描，如此必能掌握最佳解曲線之特性，確保找到其最佳解。接下

來將進一步說明單買方最佳解曲線與多買方最佳解曲線，據此尋求最佳解。小步搜尋法繪圖方法為在給定 T_0 與 Z 時，依限制式(5.2)，對所有買方取最佳之 n_i^* ，進而計算 $AC(Z|T_0)$ 。當 Z 值變動時，對應之 n_i^* 亦隨之改變。

5.3.1.1 單一買方最佳解曲線

在此吾人以下例說明如何描繪出單買方最佳解曲線。依下列參數求其最佳解曲線：年需求率為 $D_i=1,000,000$ ；每次採購所花費採購準備成本為 $K_i=100$ ；單位存貨持有成本為 $h_i=10\%$ ；買方期望從供應商之共同補貨之政策中獲取的利益為原 EOQ 的成本的 $S=0.1$ 倍。對供應商而言，處理整批訂單之整備成本為 $A_s=500$ ，處理買方 i 訂單之整備成本為 $A_i=200$ ，當 $T_0 = 1/26$ ，其最佳解曲？圖如下：

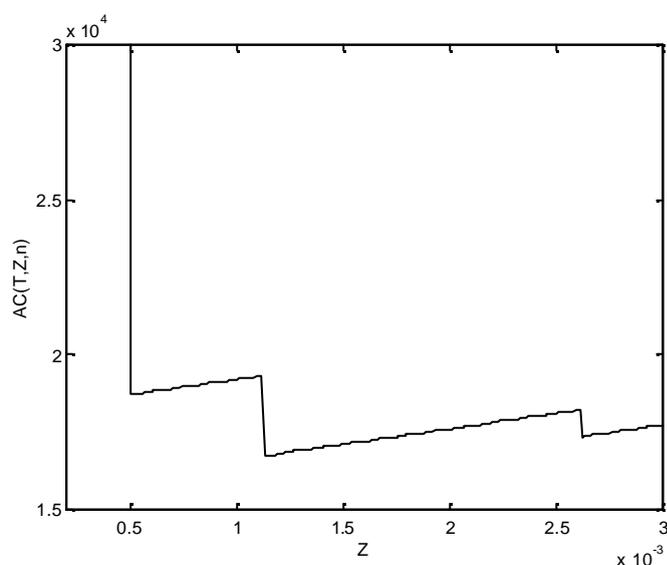


圖 5.1、單一買方時供應商平均總成本(AC)與價格折扣(Z)關係圖。

5.3.1.2 多買方最佳解曲線

供應商面對 10 個買方之範例，請參考該文獻所提的數據。依照單一買方之繪圖程序，再針對 m 條曲線予以加總可得最佳解曲？結構如圖

5.2. 由圖觀察可知多買方片段線性曲? 之斷點繼承自單一買方的斷點。

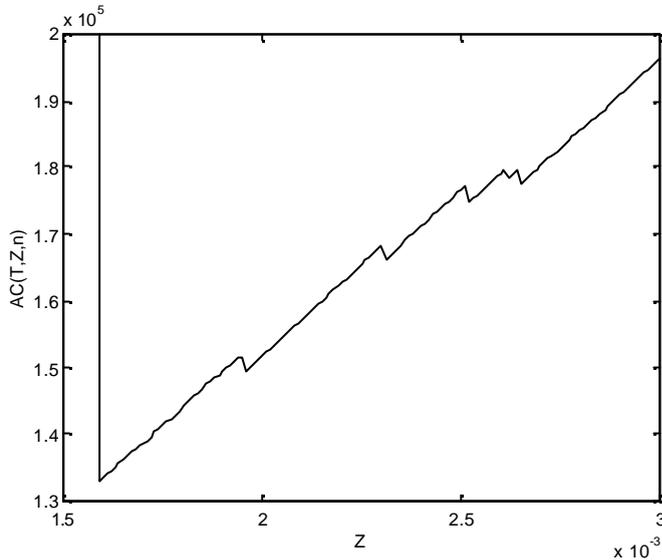


圖 5.2、多買方時供應商平均總成本 $\underline{AC}(Z|T_0)$ 與價格折扣(Z)關係圖。

由圖 5.1 顯示出 $\underline{AC}(Z|T_0)$ 函數具有一個特別的性質，其乃是 $AC^*(Z)$ 函數相對於 Z 值而言函數圖形呈一階段線形(*piece-wise linear*)函數。藉由下述輔理來證實此項觀察。

Lemma 5.1 問題(P_i)的目標函數 g_i^c 是原問題(P)對買方 i 的子問題，其最佳目標函數 Z 值為一階段線型函數。

吾人可原問題分解改寫如下：

問題 (P_i)

$$\min_{\{n_i\}} g_i^c(Z|T_0) = D_i Z + (A_i / n_i T_0) \quad (5.11)$$

Subject to

$$D_i Z \geq (K_i / n_i T_0) + H_i n_i T_0 - (1-S) 2\sqrt{K_i H_i} \quad (5.12)$$

$$\text{其中 } n_i \geq 1 : i \text{ 整數} \quad (5.13)$$

證明：對於問題(P_i) 在每一個特定 n_i 值上，必存在一組對應的 Z 值可行解範圍。其範圍乃在 Z 軸上的某一區間上。且此區間可由限制式(5.12)決定之。

另一方面，對於問題(P_i) 在每一組 $Z=z'$ 之最佳乘數 n_i^* 亦可表示成 $n_i^*(z'|T_0)$ 。在此很顯然地，其最佳乘數為滿足限制式(5.12)的最大整數。由於對應的 $n_i^*(z'|T_0)$ 改變之故，因此在 Z 軸上將會形成可行解區間。此外，當 n_i 維持不變時，目標函數的第一項 $D_i Z$ ，會因 Z 值增加而增加，但 $(A_i/n_i T_0)$ 會因 T_0 與 n_i 都不變而維持不變。所以，吾人可以得證問題(P_i)的目標函數相對於 Z 值屬於一片段線型函數。†

Proposition 5.1 問題(P)的最佳目標函數，相對於 Z 值為屬於一片段線型函數。

證明：吾人可將原問題改寫如下：

$$\text{Minimize } g_0^c(Z|T_0) = A_s / T_0 + \sum_{i=1}^m g_i^c(Z|T_0) \quad (5.14)$$

$$\text{S.t. } (5.3) - (5.6)。$$

很顯然地，問題(P)可以分割成 m 個可分解的獨立的子問題(P_i)， $\underline{AC}(Z|T_0)$ 是由 m 條線型片段函數的總和，所以 $\underline{AC}(Z|T_0)$ 也是一條線型凸函數。†

吾人欲獲得問題的最佳解，以列舉式的做法在 Z 值合理的範圍，藉由小步搜尋方法，以非常小的步距 $\Delta Z \rightarrow 0$ ，進行搜尋。但此種方法不但沒有效率，也不正確，而且步距的大小將影響它的結果，所以此種搜尋演算法非常耗時，尤其當搜尋範圍很廣的時候。為了提出一個有效解法，吾人運用最佳結構的理論性質，特別是在片段線型的曲線中找出 $g_0^c(Z|T_0)$ 斷點的位置。

5.3.2 搜尋範圍的上下界

接下來，吾人以推導搜尋範圍 Z 的上下界，尋找合理的搜尋範圍，是一項非常重要的議題，很顯然地，搜尋的範圍一定要確保包括問題的最佳解。

下界推導

首先，先推導搜尋範圍的下界，吾人可以發現，在圖 5.2 中，存在有一個下界值 (Z^{lb})，其代表 Z 值的下界。下一個定理，說明如何決定下界的位置。

Proposition 5.2

對任何一個給定的 T_0 值，其 Z 值的下界可以表示為 Z^{lb}

$$Z^{lb} = \text{Max}\{Z_i'\} \quad (5.15)$$

$$\text{當 } Z_i' = \frac{((K_i/n_i^s T_0) + H_i n_i^s T_0) - (1-S)2\sqrt{K_i H_i}}{D_i} \quad (5.16)$$

$$\text{且 } n_i^s = \left[-\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{1 + \frac{4K_i}{H_i T_0^2}} \right] \quad i=1, 2, \dots, m. \quad (5.17)$$

證明：藉由式(5.3)，對每一個買方 i ，其最小的 Z_i 可行解以 Z_i' 代表而 $Z_i' =$

$$\frac{\text{Min}((K_i/n_i T_0) + H_i n_i T_0) - (1-S)2\sqrt{K_i H_i}}{D_i}, \quad i=1, 2, \dots, m.$$

運用由 Wildeman, Frenk and Dekker (1995) 的研究結果所提供的公式，如此，便可得到

$$\text{Min}((K_i/n_i T_0) + H_i n_i T_0) = (K_i/n_i^s T_0) + H_i n_i^s T_0 \quad (5.18)$$

$$\text{其中 } n_i^s = \left[-\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{1 + \frac{4K_i}{H_i T_0^2}} \right], \quad i = 1, 2, \dots, m.$$

因此，能滿足所有的買方最小的 Z 值，則必定等於 $Z^{lb} = \text{Max}\{Z_i^*\}$ 。†

吾人發現所提的演算法可以由 Z 的最小值開始搜尋，因此，Proposition 5.1 提供吾人一個演算法的搜尋起點。從另一個角度來看，我們可以解釋 Z^{lb} 是一個最小的折扣價格，此價格供應商可以充份地滿足買方成本的增加，並引導他們進行供應鏈持續合作。

上界推導

下述定理提供吾人一項可以由 T_0 和 Z 以求取最佳 $\{n_i^*\}$ 值。

Proposition 5.3 給定任何一個 T_0 和 Z ，則最佳的 $n_i^*(Z)$ 值， $(i = 1, \dots, m)$ 可以藉由下列式子取得

$$n_i^*(Z) = \left\lfloor \frac{P_i + \sqrt{P_i^2 - 4Q_i R_i}}{2R_i} \right\rfloor \quad (5.19)$$

當 $P_i = D_i Z + (1-S)2\sqrt{K_i H_i}$ ， $Q_i = (K_i / T_0)$ 且 $R_i = H_i T_0$ 。

證明：問題 $AC(T_0, Z, \{n_i\}) = A_s / T_0 + \sum_{i=1}^m (D_i Z + (A_i / n_i T_0))$ 可以分解成 m 個可分解的子問題 (P_i) ，和一個常數，當 T_0 和 Z 都已經給定時。則當買方的 n_i 增加時，子問題的目標函數值將減少。因此限制式(5.12)可以得到最佳 n_i 的範圍，表示為

$$\left[\left\lfloor \frac{P_i - \sqrt{P_i^2 - 4Q_i R_i}}{2R_i} \right\rfloor, \left\lfloor \frac{P_i + \sqrt{P_i^2 - 4Q_i R_i}}{2R_i} \right\rfloor \right]。 \text{很顯然地，最小的最佳值必發生於 } n_i^*(Z) = \left\lfloor \frac{P_i + \sqrt{P_i^2 - 4Q_i R_i}}{2R_i} \right\rfloor。 \dagger$$

從另外一個角度來看，吾人可以引用原問題的寬鬆型式，以 (R) 表示之。為了取得問題的搜尋上界，第一個步驟在原問題中，將 $n_i^*(Z)$ 代入目

標函數 (5.19)中，如此可得

$$\text{Minimize}_Z \quad g_0^c(Z|T_0) = A_s/T_0 + \sum_{i=1}^m \left(D_i Z + A_i / \left[\left[\frac{P_i + \sqrt{P_i^2 - 4Q_i R_i}}{2R_i} \right] T_0 \right] \right) \quad (5.20)$$

其中， $n_i^*(Z)$ 以連續的寬鬆值 $\left(\frac{P_i + \sqrt{P_i^2 - 4Q_i R_i}}{2R_i} \right)$ 來代入原問題的最佳目標值。如此可得原問題的寬鬆型式

Problem (R)

$$\text{Minimize} \quad g_0^R(Z|T_0) = A_s/T_0 + \sum_{i=1}^m \left(D_i Z + A_i / \left[\left(\frac{P_i + \sqrt{P_i^2 - 4Q_i R_i}}{2R_i} \right) T_0 \right] \right) \quad (5.21)$$

其中 $P_i = D_i Z + (1-S)2\sqrt{K_i H_i}$ ， $Q_i = (K_i/T_0)$ 且 $R_i = H_i T_0$ 。

因此，當 $g_0^c(Z|T_0) \geq g_0^R(Z|T_0)$ ，則對所有的 Z 值，原問題(P)的目標函數值會被限制在與寬鬆問題(R)之內。下列的輔理可以用來進一步證明另外一個定理。

Lemma 5.2 相對於 Z 值，寬鬆問題(R)是一凸型函數。

證明：其證明可以由對寬鬆問題(R)，對所有 $Z > 0$ 的二階導數均大於等於零 $d^2 g_0^R/dZ^2 > 0$ 。†

假設在沒有執行共同補貨週期之前，供應商可以向他的上游供應商以批對批的策略進行補貨。對每一個買方 i 而言，最佳補貨週期乃根據 EOQ 的形式 ($T_i^U = \sqrt{2K_i/(h_i d_i)}$) 進行補貨。此種情境下，供應商並不保留任何存貨，所以沒有存貨成本。在沒有執行共同補貨週期之前，供應商的平均存貨為

$$g_0^U = \sum_{i=1}^m (A_s + A_i) / T_i^U \quad (5.22)$$

非常明顯可以看出 g_0^U 提供原問題(P)目標函數值的上限(ceiling)。若當進行 CRE 協調後之結果，反而大於此一上限時，則實在沒有執行 CRE 的必要。如此可定義 Z 值的上限值為

$$Z^{ub} = \max\{\arg[g_0^R(Z|T_0) = g_0^U]\} \quad (5.23)$$

以下說明為何 Z^{ub} ，可提供最佳 Z 值的搜尋範圍的上界。因為在給定一個 T_0 值時，任何一個大於 Z^{ub} 值的 Z 值將會大於 g_0^U 未進行 CRE 協調之前的目標函數值。其理由為：藉由 Lemma 5.2 可以得知 $g_0^R(Z|T_0)$ 函數為凸型函數。因等式 (5.22) 提供一個原問題(P)最佳目標函數值的上限，若在進行 CRE 協調後之結果，反而大於此一上限 g_0^U ，則實在沒有執行 CRE 的必要。

由目標函數 (5.21)，發現 g_0^U 並不是 Z 值的函數。假設 $Z^{ub} = \max\{\arg[g_0^R(Z|T_0) = g_0^U]\}$ ，對於所有 $Z > Z^{ub}$ ， $g_0^R(Z|T_0) > g_0^U$ 必然成立。且因為 $g_0^R(Z|T_0)$ 為 $g_0^c(Z|T_0)$ 的連續寬鬆函數，即對於任何 $Z > 0$ 值，且給定 T_0 下， $g_0^c(Z|T_0) \geq g_0^R(Z|T_0)$ 必然成立。總之，因為對於所有 $Z > 0$ 時， $g_0^c(Z) \geq g_0^R(Z)$ 且當 $Z > Z^{ub}$ 時， $g_0^c(Z) \geq g_0^R(Z) > g_0^U$ 也必然成立。

吾人可運用直線搜尋法(line search algorithm, 例如 bisection search, or quadratic fit search, 請參考 Bazarra, Sherali and Shetty (1993)), 計算出 Z^{ub} 值。

接著說明，如何有效在每一個斷點上求出其對應的 $\{n_i^*\}$ 。

5.3.3 Z 值的斷點與其對應的最佳 $\{n_i^*\}$

對於問題 P_i 吾人定義在 $Z=d_i(k)$ 時，其對應的最佳 n_i^* 值，將從 $n_i^s + k$ 轉變成 $n_i^s + (k+1)$ ，而 n_i^s 可由(5.17)式取得。下列公式指出 問題 P_i 的 Z 值斷點位置

$$d_i(k) = \frac{((K_i / \hat{n}_i T_0) + H_i \hat{n}_i T_0) - (1-S)2\sqrt{K_i H_i}}{D_i} \quad (5.24)$$

其中 $\hat{n}_i = n_i^s + k$ 且 k : 整數, $k \geq 0$.

因此 Z 值的下界(Z^{lb})，也就是起始點，便可表示成 $Z^{lb} = \max_i \{d_i(0)\}$ 。

下述推理 Corollary 5.1 乃直接由 Proposition 5.1 而來，其為本研究之搜尋演算法奠定基礎。

Corollary 5.1 當給定一個 T_0 值時，在問題 $AC(Z|T_0)$ 上的所有斷點將繼承於個別問題(P_i)的斷點。

換言之，假若某一斷點 $d_i(k)$ 出現在問題(P_i)上，則此斷點也必出現在 $AC(Z|T_0)$ 上。

此外，下述推理將供一種更加簡單的方法，當在給定 Z 值的情形下，以取得 最佳 $\{n_i^*\}$ 。此處之 Z 值，比搜尋下界(Z^{lb})大。搜尋下界(Z^{lb})與斷點之關聯性可表示為 $Z^{lb} = \max_i \{d_i(0)\}$ 。 †

Corollary 5.2 當給定任何一個 Z 值時，對於每一個買方 i 可以下式取得最佳 n_i^* 值

$$n_i^* = \begin{cases} n_i^s, & \text{if } Z \in [d_i(0), d_i(1)]. \\ n_i^s + k, & \text{if } Z \in [d_i(k), d_i(k+1)]. \end{cases} \quad (5.25)$$

證明： 本推理可由 Proposition 5.2 與 Corollary 5.1 直接可以得證。 †

Corollary 5.1 與 Corollary 5.2 指出，以遞增的方式形成一個斷點的排序。

即以 $\{d_i(k): i = 0, \Lambda, m\}$ 表示。據此當作搜尋的骨幹架構。如此便可明確指出在 Z 軸的下界 Z^{lb} 與上界 Z^{ub} 之間的斷點上何時需變更 n_i^* 值。

5.3.4 演算法

基於上述的理論性質，吾人可以設計本問題的演算法。在此重申：搜尋的方式為從 Z 值下界 Z^{lb} 逐步往較大的 Z 值斷點搜尋，直到搜尋上界 Z^{ub} 為止。在搜尋的過程中，吾人運用一系列的斷點以獲得目標函數值，再從其中選擇最小值以取得最佳解。

在給定一個 T_0 值時，其最佳的目標值函數值以下式表示之。 $AC^* = AC(T_0, Z^*, n^*)$ 此時最佳的價格折扣值 Z 為 Z^* 其對應的週期乘數為 $n^* = \{n_i^*(Z^*)\}$ 。此外，定義 Z^c 為在搜尋的過程中，現今(current)所使用的斷點值。以下逐步地敘述本演算法的搜尋過程。

由上述性質吾人提出求解步驟如下：

A) 對每一個 $T_0 \in X$

步驟一：由式(5.14) – (5.16)找出 Z 值之起始點 Z^{lb} 。

步驟二：由式(5.21)計算 g_0^U ，並用直線搜尋法以計算 Z 值，得上界 Z^{ub} 。

步驟三：對每一個買方 i ，在其搜尋範圍之內 $\{d_i(k)\} \in [Z^{lb}, Z^{ub}]$ 計算斷點。

以遞增的方式重新排列所得的斷點，並紀錄每一個段點所對應的週期乘數 n_i^* 。

步驟四：在 Z 等於 Z^{lb} 時，推理 Corollary 5.2 以取得 $\{n_i^*(Z^{lb})\}$ ，即一組最佳的週期乘數 $\{n_i^*\}$ ，令 $Z^* = Z^{lb}$ ， $n^* = \{n_i^*(Z^{lb})\}$ ， $AC^* = AC(T_0, Z^{lb}, \{n_i^*(Z^{lb})\})$ ，且 $Z^c = Z^{lb}$ 。

步驟五：當排序後的所有斷點均被檢查後，本演算法即可終止。否則便往下一個斷點 Z^c 繼續搜尋。並更新對應的解

$$Z^c = \min \{d_i(k) : d_i(k) > Z^c\}。$$

- (1) 更新對應的解 $\{n_i^*(Z^c)\}$ 。
- (2) 更新對應的 $AC(T_0, Z^c, \{n_i^*(Z^c)\})$ ，即在 Z^c 的最佳解。
- (3) 若 $AC(T_0, Z^c, \{n_i^*(Z^c)\}) < AC^*$ ，則令 $Z^* = Z^c$ ， $n^* = \{n_i^*(Z^c)\}$ ，且 $AC^* = AC(T_0, Z^c, \{n_i^*(Z^c)\})$ 。
- (4) 重複步驟五。

B) 針對所有的 CRE $T_0 \in X$ ，選擇最小的目標函數值。

5.4 可進行節省再分配的條件

本章所提的合作式整合策略決策情境與 Viswanathan and Piplani (V&P)相較，在不損買方利益的前提下，會對供應商有更大的成本節省空間且可進行節省再分配。例如，進一步調降 franchise fee 費用的做法，吸引買方配合，至於調降幅度可由供應商掌控。因此透過本研究所提之合作式整合策略更可加強供應商與買方彼此互惠的關係。在此分析由 Stackelberg 賽局策略的結果改採合作式整合策略的條件，與在未施行任何協調之前，協助管理者判斷是否可以採用合作式整合策略會產生較大的節省，吾人可得下述定理。

Proposition 5.4 買方 i 由 Stackelberg 賽局策略改採合作式整合策略較為有利的必要條件。

$$\sqrt{\frac{A_i + K_i}{2H_i}} \geq T_0。$$

首先推導可以進行節省再分配的條件：已知供應商成本函數為 $g_0^c = AC(T_0, Z, \{n_i\}) = A_s / T_0 + \sum_{i=1}^m (D_i Z + (A_i / n_i T_0))$ 。買方成本函數為 $g_i^c = (K_i / n_i T_0) + H_i n_i T_0$ 令採用 Stackelberg 賽局策略的結果為 $AC(\hat{T}_0, \hat{Z}, \{\hat{n}_i\})$ 則可

得：

$$g_0^c = AC(\hat{T}_0, \hat{Z}, \{\hat{n}_i\}) = A_s / \hat{T}_0 + \sum_{i=1}^m (D_i \hat{Z} + (A_i / \hat{n}_i \hat{T}_0)) \quad (5.26)$$

$$\text{其中, } g_i^c = (K_i / \hat{n}_i \hat{T}_0) + H_i \hat{n}_i \hat{T}_0, i=1, \dots, m,$$

若令採用合作式整合策略決策情境的結果為 $AC(T_0^*, Z^*, \{n_i^*\})$

$$\text{則 } g_0^c = AC(T_0^*, Z^*, \{n_i^*\}) = A_s / T_0^* + \sum_{i=1}^m (D_i Z^* + (A_i / n_i^* T_0^*)) \quad (5.27)$$

$$\text{其中, } g_i^c = (K_i / n_i^* T_0^*) + H_i n_i^* T_0^*, i=1, \dots, m,$$

若由 Stackelberg 賽局策略改採合作式整合策略買方成本增加

$$(K_i / n_i^* T_0^*) + H_i n_i^* T_0^* - (K_i / \hat{n}_i \hat{T}_0) - H_i \hat{n}_i \hat{T}_0 \quad (5.28)$$

供應商成本節省

$$A_s / \hat{T}_0 + D_i \hat{Z} + (A_i / \hat{n}_i \hat{T}_0) - A_s / T_0^* - D_i Z^* - (A_i / n_i^* T_0^*) \quad (5.29)$$

因此，在供應商成本節省大於買方成本增加情況下，則以合作式整合策略會對供應商、買方與整個系統均為有利。以下導出 n_i^* 的可能範圍

在 T_0^*, Z^* 與 \hat{T}_0, \hat{Z} 相等時 可導出 n_i^* 的可能範圍。依據上述條件可得：

$$\frac{A_i + K_i}{T_0} \left(\frac{1}{\hat{n}_i} - \frac{1}{n_i^*} \right) > H_i T_0 (n_i^* - \hat{n}_i)$$

$$\text{令 } W_i = \frac{A_i + K_i}{H_i T_0^2},$$

$$\text{則 } W_i \left(\frac{1}{\hat{n}_i} - \frac{1}{n_i^*} \right) > (n_i^* - \hat{n}_i)。$$

$$\text{再加以整理可得 } n_i^* + \frac{W_i}{n_i^*} - \left(\hat{n}_i + \frac{W_i}{\hat{n}_i} \right) < 0。$$

又因其中 \hat{n}_i 需滿足下列不等式：

$$\hat{n}_i(\hat{n}_i - 1) < \frac{K_i}{H_i T_0^2} < \hat{n}_i(\hat{n}_i + 1)$$

$$\text{則可得 } \hat{n}_i = \left\lfloor \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4K_i}{H_i T_0^2}}\right) / 2 \right\rfloor。$$

$$\text{令 } U_i = \hat{n}_i + \frac{W_i}{\hat{n}_i}$$

$$\text{則 } n_i^* \in \left[\frac{U_i - \sqrt{U_i^2 - 4W_i}}{2}, \frac{U_i + \sqrt{U_i^2 - 4W_i}}{2} \right] \quad (5.30)$$

而式(5.30)上界必須滿足下式(5.31)，才表示有機會進行的進一步的節省在分配，即以 Franchise fee 調降的形式回饋經銷商的合作。

$$\frac{U_i + \sqrt{U_i^2 - 4W_i}}{2} \geq \hat{n}_i + 1 \quad (5.31)$$

$$\text{其中 } U_i = \hat{n}_i + \frac{W_i}{\hat{n}_i} \quad \text{且 } W_i = \frac{A_i + K_i}{H_i T_0^2}。$$

$$\text{將式 (5.31)改寫成 } \sqrt{U_i^2 - 4W_i} \geq 2(\hat{n}_i + 1) - U_i$$

$$\text{則可得 } U_i^2 - 4W_i \geq (2(\hat{n}_i + 1) - U_i)^2$$

$$\text{即為 } U_i^2 - 4W_i \geq (2(\hat{n}_i + 1) - U_i)^2 = U_i^2 - 4(\hat{n}_i + 1)U_i + 4(\hat{n}_i + 1)^2 \quad (5.32)$$

再將上是加以整理得

$$(\hat{n}_i + 1)^2 - (\hat{n}_i + 1)U_i + W_i \leq 0. \quad (5.33)$$

以 $U_i = \hat{n}_i + \frac{W_i}{\hat{n}_i}$ 代入式(5.33) 則為

$$(\hat{n}_i + 1)^2 - (\hat{n}_i + 1) \left(\hat{n}_i + \frac{W_i}{\hat{n}_i} \right) + W_i \leq 0. \quad (5.34)$$

化簡後為

$$\hat{n}_i^2 + 2\hat{n}_i + 1 - \hat{n}_i^2 - \hat{n}_i - W_i - \frac{W_i}{\hat{n}_i} + W_i \leq 0 \quad (5.35)$$

消去式(5.35)中之相同的項，則得

$$\hat{n}_i + 1 - \frac{W_i}{\hat{n}_i} \leq 0 \quad (5.36)$$

因為 $\hat{n}_i > 0$ ，

所以 $\hat{n}_i^2 + \hat{n}_i - W_i \leq 0$

$$\text{故 } \hat{n}_i \in \left[0, \frac{-1 + \sqrt{1 + 4W_i}}{2} \right]。 \quad (5.37)$$

因 $\hat{n}_i > 0$ ，且式(5.37)之上限必大於 1，

$$\text{則 } \frac{-1 + \sqrt{1 + 4W_i}}{2} \geq 1， \quad (5.38)$$

即 $\sqrt{1 + 4W_i} \geq 3$ ， $1 + 4W_i \geq 9$ 或 $W_i \geq 2$ 亦即 $\frac{A_i + K_i}{H_i T_0^2} \geq 2$ 。

由(5.38)可得

$$\sqrt{\frac{A_i + K_i}{2H_i}} \geq T_0 \quad (5.39)$$

故得證。！

接下來以範例 5.1 說明之。

範例 5.1

以 5.5.1 小節之範例驗證：式(5.39)為從 Stackelberg 賽局策略改採用合作式整合策略的必要條件。

(1) Stackelberg 賽局所求得的解為： $\{n_i^*\} = [1, 3, 1, 4, 1, 2, 1, 3, 1, 1]$;
 $Z^* = 0.001587$; $g_0^c(Z) = \$188,905$; $T_0 = 1/26 = 0.385$ 。

(2) 合作式整合策略所求得之解為： $\{n_i^*\} = [2, 3, 1, 4, 1, 3, 1, 3, 1, 2]$ ；
 $z^* = 0.001587$ ； $g_0^c(z) = \$173,738$ ； $T_0 = 1/26$ 。

(3) 由式(37)可得 $\sqrt{\frac{A_i + K_i}{2H_i}} = [0.0775 \quad 0.0866 \quad 0.0447 \quad 0.1173 \quad 0.0346$
 $0.0645 \quad 0.0293 \quad 0.0829 \quad 0.0258 \quad 0.0387]$ 。

(4) 由 $\sqrt{\frac{A_i + K_i}{2H_i}}$ 值推論：第五、七，與第九個買方，在此 T_0 與 z^* 下絕無機會使合作式整合策略的結果比 Stackelberg 賽局的結果較佳。

(5) 在此 T_0 與 z^* 下，各買方之中 n_i 會發生改變，而使得雙方均受益的有第一、六，與第十個買方，其 $\sqrt{\frac{A_i + K_i}{2H_i}}$ 值均滿足(5.39)式的條件。

(6) 若現在已經採用 Stackelberg 賽局，則用式(5.30)判斷能否藉由合作形式的合作式整合策略更能增進彼此的效益。

此外， $\frac{U_i + \sqrt{U_i^2 - 4W_i}}{2} = [8.1120 \quad 3.3800 \quad 1.7040 \quad 4.6475 \quad 1.6224 \quad 3.1167$
 $1.1589 \quad 3.0983 \quad 1.0000 \quad 2.0280]$ 。故可確定第一、六，與第十個買方成本節省之空間。可得以下推論：

(i) 當未採用 Stackelberg 賽局之前(即 \hat{n}_i 未知)，由 $\sqrt{\frac{A_i + K_i}{2H_i}}$ 值推論：

第五、七，與第九個買方，在此 T_0 與 z^* 下合作式整合策略的結果並無機會比 Stackelberg 賽局的結果較佳。

(ii) 在已採用 Stackelberg 賽局時(即 \hat{n}_i 已知) 由式(5.30)判斷：第一、六，與第十個買方有成本節省之空間。

然而，其實從另一個角度來看，買方在保證利益不受損下，亦應配合供應商以促進整體的利益。

5.5 數據驗證

5.5.1 範例說明演算法

範例 5.2

在本小節舉一範例說明演算法之求解步驟。假設在供應鏈體系中供應商面對 10 個買方，即 $m=10$ 。其參數需求率(D_i)，買方 i 訂單處理成本(K_i)請參考表 5.1。供應商訂單處理成本， $A_s=\$200$ ， $A_i=\$500$ 。存貨持有成本比為($h=0.1$)。在此僅以 $T_0=1/26$ 來做說明。首先，算得 $Z^{lb}=0.001587$ 。其次，計算未進行協調之前的成本 ($g_0^U=\$208,047$) 並運用直線搜尋法以取得 Z^{ub} 值 ($Z^{ub}=0.00295$)。接著，計算 $[Z^{lb}, Z^{ub}]$ 之間的斷點，結果得到 12 個斷點。將這 12 的斷點以遞增的方式排序，並紀錄其對應的 n_i^* 。由 Corollary 5.1，吾人可以求得對應的 n_i^* 為 $\{n_i^*(Z^{lb})\}$ 即 [2, 3, 1, 4, 1, 3, 1, 3, 1, 2]。則令其 $Z^* = Z^{lb}$ ， $n^* = \{n_i^*(Z^{lb})\}$ ， $AC^* = AC(T_0, Z^{lb}, \{n_i^*(Z^{lb})\}) = \$173,738$ 。然後，繼續逐步搜尋這 12 斷點。將其過程結果整理請參考表 5.2。其餘不同的 T_0 值的求解結果整理見 表 5.3。

接下來，比較本演算法與 Viseanathan and Piplani 演算法求解品質的差異。Viseanathan and Piplani 的解為 \hat{Z} ， $\hat{Z}=0.001587$ 與相對應的週期乘數 $\{\hat{n}_i\}$ 為 [1, 3, 1, 4, 1, 2, 1, 3, 1, 1]。其最佳解為 $g_0^c(\hat{Z}) = \$188,905$ 於 $T_0=1/26$ (即使用的 CRE 為 2 星期)。而本研究的演算法結果為 $Z^*=0.001587$ ，週期乘數 $\{n_i^*\}$ 為 [2, 3, 1, 4, 1, 3, 1, 3, 1, 2]。其最佳解為 $\$173,738$ ，而兩者之間的差異有 8.73%。

表 5.1. 範例 10 個買方的參數

買方	Ordering cost K_i	Annual demand D_i (\$)
1	100	1,000,000
2	1000	2,000,000
3	100	3,000,000
4	5000	4,000,000
5	100	5,000,000
6	2000	6,000,000
7	100	7,000,000
8	5000	8,000,000
9	100	9,000,000
10	1000	10,000,000

表 5.2. 最佳解之搜尋過程

斷點	n_1^*	n_2^*	n_3^*	n_4^*	n_5^*	n_6^*	n_7^*	n_8^*	n_9^*	n_{10}^*	g_0^c
0.001587 = Z^{lb}	2	3	1	4	1	3	1	3	1	2	173,738
0.001693	2	3	1	4	1	3	1	↓4	1	2	179,537
0.001885	2	3	1	↓5	1	3	1	4	1	2	188,399
0.001942	2	↓4	1	5	1	3	1	4	1	2	191,544
0.001956	2	4	↓2	5	1	3	1	4	1	2	184,697
0.002306	2	4	2	5	↓2	3	1	4	1	2	197,472
0.0025105	2	4	2	5	2	↓4	1	4	1	2	207,628
0.0025106	2	4	2	5	2	4	↓2	4	1	3	201,132
0.002611	2	4	2	5	2	4	2	4	1	↓3	202,320
0.002649	2	4	2	5	2	4	2	4	↓2	3	197,909

表 5.3 其他不同的 T_0 值的求解結果

T_0	n_i^*					Z^*	g_0^c
1/365	32	51	24	57	22	0.001581	220,224.95
	45	20	54	19	32		
1/52	4	7	3	8	3	0.001592	178,033.44
	6	2	7	2	4		
1/26	2	3	1	4	1	0.001587	173,738.20
	3	1	3	1	2		
1/12	1	2	1	2	1	0.002951	216,109.76
	1	1	2	1	1		
1/6	1	1	1	2	1	0.007055	417,909.76
	1	1	1	1	1		
1/4	1	1	1	1	1	0.0112	63,6954.21
	1	1	1	1	1		

5.5.2 範例說明節省再分配

藉由廣泛的數據實驗，Viswanathan and Piplani(2001) 發現供應商的主要整備成本的水準，會影響供應商與系統效益。透過 Stackelberg 賽局策略協調產生的效益，當主要整備成本的水準超過一定水準時，其效益甚至高達 60%。為了使買方以更積極的合作方式進行配合，只要買方願意接受，則供應商會有更多節省成本的空間，且會進一步回饋買方。其作法為調降 franchise fee 費用，至於調降幅度可由供應商掌控。

接著，說明供應商成本節省再分配的方式。以表 5.1 數據，再令 $A_s = \$5000$ 及 $A_r = \$5000$ 存貨持有率為 0.1。而合作式整合策略、Stackelberg 賽局策略與未實施任何協調措施前的結果整理成表 5.4。當由 Stackelberg 賽局策略改採合作式整合策略時，整個系統會有 \$141,940 的節省。但是，此時買方成本卻增加 \$9726。為了維持買方在 Stackelberg 賽局策略時的成本，則供應商需補償買方因積極配合而形成的損失。因此系統的節省減為 \$132,214(=141940-9726)。如此供應商可進一步將此成本節省與買方分享。

表 5.4. 合作式整合策略與 Stackelberg 賽局策略之效益

	未協調前	Stackelberg(S)	節省	Cooperative(C)	節省	(C-S) Diff.
買方成本	313,866	241,057	23.19 (%)	250,783	20.09 (%)	9,726
供應商成本	2,972,103	1,181,454	60.24 (%)	1,029,788	65.35 (%)	-151,666
系統成本	3,285,969	1,422,511	56.70 (%)	1,280,571	61.02 (%)	-141,940

5.5.3 兩種策略績效比較

本章所提的合作式整合策略決策情境與 Viswanathan and Piplani (2001)所使用的 Stackelberg 賽局策略之數學模式相同，但其管理意涵不同。本章研究對同一模式賦予新的決策情境，並用不同研究方法重新求解 Viswanathan and Piplani (2001)所提的模式。藉由探索最佳解結構以求解事先明定 CRE 以協調供應鏈存貨的模式，以求得全域最佳解。

在本小節運用 Viswanathan and Piplani (2001)所使用的 48 組數據進行兩種策略的比較。第 17 至 32 組以兩種策略所得效益相等。其餘 32 組整理如表 5.5。其平均差異為 2.67%。32 組中有 19 組差異超過 5%。而本研究之演算法計算時間亦相當短，以 Pentium IV 1.6GHz PC 所花 CPU 時間均在 0.08 sec. 以內。

5.6 討論與結語

就模式本身而言，實為一 *minmax* 問題。因供應商所提供之價格折扣必須滿足(大於)各買方的需求，又須尋求能滿足各買方需求時，供應商平均總成本之最小值。本研究之方法乃跳脫傳統 *minmax* 的解法，藉由從價格折扣變化的角度，加以審度目標函數值的變化，進而探索並繪出

目標函數的最佳解結構曲線 此曲? 具有片段線性 (piece-wise linear curve) 的性質，據此有助於求得最佳解。

本章所提的合作式整合策略決策情境與 Viswanathan and Piplani (2001)的 Stackelberg 賽局策略相較，在不損及買方利益的前提下，對供應商可提供較多成本節省的空間。且藉由進一步可以調降 franchise fee 費用的做法，吸引買方配合，至於調降幅度可由供應商掌控。因此透過本研究所提之合作式整合策略，將有機會促成供應商與買方彼此互惠的關係。

表 5.5 合作式整合策略與 Stackelberg 賽局策略之比較

Data Set	Stackelberg	Cooperative	Dev.(%)	Data Set	Stackelberg	Cooperative	Dev.(%)
1	106,725	101,557	5.09	33	190963	181429	5.25
2	125855	115826	8.66	34	229,269	210203	9.07
3	183705	168538	9.00	35	315888	297822	6.07
4	276780	260167	6.39	36	426388	409548	4.11
5	109172	106138	2.86	37	196163	186629	5.11
6	128455	121026	6.14	38	234469	215402	8.85
7	186305	171138	8.86	39	318488	303022	5.10
8	277909	261368	6.33	40	428988	411655	4.21
9	111772	108738	2.79	41	201363	191829	4.97
10	131055	124988	4.85	42	239669	220603	8.64
11	188905	173738	8.73	43	321088	312421	2.77
12	279110	262568	6.30	44	431588	414255	4.18
13	119572	116538	2.60	45	216963	207429	4.60
14	138,855	132,788	4.57	46	255269	236203	8.07
15	196705	181538	8.35	47	328888	320221	2.71
16	282709	266,167	6.21	48	439388	422055	4.11

第六章 單一供應商與多經銷商間互惠協調模式之研究

6.1 前言

6.1.1 模式決策情境

本章研究模式的決策情境為：在單一供應商面對多家經銷商(或買方)生產不同之產品。若兩個或兩個以上的經銷商購買同一種產品時，事實上會因各個經銷商處理訂購所發生的訂購成本不同，可將其視為決策參數相互不同的產品。假設這群經銷商所訂購產品的生產製程相似，且供應商在某一生產整備週期之中，僅做一次的主要生產整備(major setup)，而分別對各個經銷商所訂購的產品再做個別的次要生產整備(minor setup)。例如：依據品牌及指定的容器規格進行包裝。假設經銷商的補貨週期與供應商的生產整備週期，兩者之間呈「整數-分數」倍的關係(Chen,2002)。所謂生產整備週期為連續兩次生產準備之間的時間，而「整數-分數」策略為：以供應商的生產準備週期為基準，供應商對買方的配送週期為供應商的生產準備週期乘上一個整數或分數。此外，並考量各個經銷商之平均總成本的預算上限與價格折扣，以進行協調。

所謂經銷商之採購成本的預算上限為：經銷商允許容忍平均總成本上升之預算上限。例如：經銷商以原來 EOQ 批量採購之平均總成本的 1.1 倍，亦即，經銷商在整合後其平均總成本最多上升 10%。

本研究考量買方允許的平均總成本增加上限，作為協調的限制條件，並在買方應允配合供應商的生產週期時，運用價格折扣策略補貼買方因配合供應商所引發的成本上升，而且除確保買方上升的成本得以彌補外，並且外加某一定比率的優惠作為配合供應商的誘因。故運用本研究的協調機制，可確保買方不會因配合供應商而蒙受成本增加，故能達成互惠受益的多贏局面。於此情況下，欲求供應商平均年總成本之最小值。

本研究問題主要結合第四章所提的整合式存貨模式與第五章所探討的價格折扣機制，以進行互惠式協調機制的研究。其決策情境基本假設為：在經銷商的需求率、供應商的生產率，及相關之成本資料(生產整備成本、存貨持有成本與訂購成本)均為已知且確定的情況，在同一生產批量中，可允許多次配送，而且每次配送數量均等之條件下，欲決定供應商的最佳生產整備週期，以及在此生產整備週期下，求各個經銷商的補貨週期，及供應商對各個經銷商所提供的產品價格折扣。

在實務上，本研究之探討有助於市場需求穩定性高，生產整備成本較高，供應商同時會有多家經銷商等特性的產品。尤其是民生日常必需品之相關產業，因這類產業已經日趨成熟，市場需求量趨於穩定。加上這類產業需普及至每一個消費者，所以供應商需透過經銷的體系銷售產品。因此，供應商與經銷商需建立長期互惠的合作關係。例如：瑞輝藥廠與美國各知名連鎖藥局體系（如：Walgreen, CVS 及 Kroger 等）之關係，或者是寶僑家品(Procter and Gamble, P&G)公司與各個經銷賣場（如：Walmart, Target 及 K-mart 等）之間的合作關係。此外，家電產業，亦有市場需求量趨於穩定與經銷通路的制度，亦可以適用本模式所描述之決策情境。

實務應用的案例概述如下：寶僑家品的經銷商（如：台灣的家樂福或是大潤發）以平均總成本最多上升 10% 作為允許的平均總成本增加上限，作為協調的限制條件。家樂福(或是大潤發)應允配合寶僑家品的生產週期時，而寶僑家品運用價格折扣策略補貼家樂福(或是大潤發)因配合寶僑家品所引發的成本上升，而且除確保家樂福(或是大潤發)上升的成本得以彌補外，並且外加某一定比率(5%)的優惠作為配合寶僑家品的誘因。故運用本研究的協調機制，可確保家樂福(或是大潤發)不會因配合寶僑家品而蒙受成本增加，故能達成互惠受益的多贏局面。於此情況下，欲求寶僑家品平均年總成本之最小值。

6.1.2 模式情境相關之研究

在研究文獻中與本章所提之供應鏈整合模式較為接近的研究為 Lu (1995)與 Viswanathan & Piplani (2001)。Lu (1995)的主要貢獻在於提出考慮有限產能之存貨整合模式，此在供應鏈體系中形成獨厚供應商，但卻造成買方某個程度的成本上升，而形成犧牲買方的局面。

Viswanathan & Piplani (2001)則有別於傳統做法，提供一種容易執行的價格折扣機制，無須事先制定固定式的數量折扣表(price schedule)，但是在其模式中無產能限制之考量。而本章所提之供應鏈整合模式主要在於整合考量買方預算限制與制訂激勵買方的價格折扣協商機制，以形成互惠的決策。此有助於長期合作之夥伴關係的建立。而相關重要文獻與本研究之決策情境主要不同點，請參考表 6.1。此外，本章所提之模式與一般單一倉儲與多家零售商的協調問題(One-Warehouse Multi-retailers Problem, OWMR)相近，但是在 OWMR 模式中，因為僅關心倉儲系統的配銷，故依然沒有考量產能限制。本研究延伸 OWMR 模式，考量生產整備週期與配送補貨週期的整合，並在模式中增列主生產整備成本與個別之次要生產整備成本等項目。

在供應鏈系統中，批量的大小與配送的頻率已成為上下游存貨協調常用的執行機制(Chen, 2002)。配送頻率一般以「二冪乘數」(power of two)，「整數乘數」(general integer)，「巢狀策略」(nested policy)，以及「整數-分數」(integer-ratio policy)乘數等策略。所謂的「二冪乘數」為以供應商的生產準備週期為基準，供應商對買方的配送週期為供應商的生產準備週期 \times 上一個二冪乘數($2^q, q$ 為整數)；而「整數乘數」為以供應商的生產準備週期為基準，供應商對買方的配送週期為供應商的生產準備週期乘上一個正整數的乘數(multiplier)；「巢狀策略」為以供應商的生產準備週

表 6.1 相關重要文獻與本研究之不同處

Viswanathan and Piplani (2001)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 無產能限制之考量 2. 採用固定的生產整備週期(CRE) (日、週、月、...) 3. 買方並無預算限制之考量 4. 採用 Stackelberg game 賽局策略，缺少合作性 5. 效益不如合作協調之模式 6. 供應商無須持有存貨
Lu (1995)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 供應商主控成本節省 2. 買方平均成本必然上升 3. 無價格折扣機制以激勵買方進行合作協調 4. 演算法效率不佳
本研究所提之互惠模式	<ol style="list-style-type: none"> 1. 創造互惠多贏決策情境 2. 發掘模式的理論性質 3. 依據理論性質設計有效之演算法 4. 數據實驗以發掘管理意涵 5. 量化分析協調之效益

期為基準，供應商對買方的配送週期為供應商的生產準備週期乘上一個分數乘數，亦相當於本研究所指的「分數策略」(ratio policy)。而「整數-分數」為以供應商的生產準備週期為基準，供應商對買方的配送週期為供應商的生產準備週期乘上一個整數或分數。「整數-分數」策略包含的範圍較廣，因其他配送機制均可視為「整數-分數」策略的特例。因此，本研究採用「整數-分數」策略做為配送的協調機制。有關「整數-分數」策略之研究可參考 Roundy(1986) 與 Lu and Posner (1994)。

除上述較相關的供應鏈的協調機制研究外，其他有關於整合存貨與

訂價策略之研究，主要可分為行銷與作業的觀點。進一步說明如下：

(1) 供應鏈協調之行銷觀點的研究：行銷相關的文獻專注於價格的決策，並未涉及生產與存貨的考量。早期最具代表性的論文為 Jeuland and Shugan (1983)。其中考量單一供應商將單一產品經由一家經銷商售的配銷通路。該論文提出供應商運用數量價格折扣表，以吸引經銷商來選擇最佳的通路零售價。其中並未考量任何庫存補貨、整備成本及存貨持有成本。Ingene and Parry (1995)將其延伸至多家零售商。Moorthy (1987)指出通路協調可藉由一種簡單的兩段價格表(two-part tariff)來達成，其主要觀念為價格制定，價格結構分成固定與變動的兩部分。

(2) 供應鏈協調之作業觀點的研究：與行銷相關文獻正好相反，則偏重於協調生產與存貨的決策，且一般均假設價格與需求為已知的參數。最受廣泛研究的為 EOQ 模式(亦即，凹形成本函數)，且供應商與經銷商均需負擔生產/訂購成本與線性存貨持有成本。Monahan (1984)限制供應商與經銷商使用一致的訂購週期(common order interval)，以制定集中式決策。Lee and Rosenblatt (1986)放寬此種限制，加以探討生產數量與買方訂購數量的關係，以求增加供應商利潤。Lal and Staelin(1984)處理多家非相同的經銷商，以大量式訂單非經常性補貨來決策集中式方案，且該研究亦採用數量折扣來探討協調機制。用訂價來進行通路協調之研究尚有 Boyaci and Gallego (2002)考量價格與批量決策，並特別注意轉撥過程中的所有權歸屬及價格的影響。Boyaci and Gallego 亦指出為求通路最大利潤，可能會形成委賣(consignment selling)的情境。在無需負擔加盟金下，此原則亦可以分配通路協調所獲致的利潤。

有別於前述運用行銷與作業的觀點來處理供應體系的整合與協調問題，以下從供應體系的(1)組成成員；(2)產能限制；與(3)是否可得到彼此互惠的情形，以此三個角度來確立本研究主題的定位。

- (1) 組成成員：分為單一供應商與一家經銷商(一對一)之協調與單一供應商與多家經銷商(一對多)之協調問題。
- (2) 產能限制：分為有限產能與無產能限制。
- (3) 彼此互惠：分為獨厚某一方與彼此互惠之協調。

現有的文獻分類如下：以單一供應商與一家經銷商(或買方)，在考量產能限制條件下進行協調，但無法保障雙方均能受益。其常被引用之研究有：Lu (1995), Goyal (1995), Hill (1997) Viswanathan (1998), Goyal and Nebebee (2000)與 Goyal (2000)。而以單一供應商與多家買方(或經銷商)，考量雙方均能受益，但未考慮有限產能之限制條件所進行協調的研究有：Viswanathan & Piplani(2001)。另一方面，單一倉儲與多家零售商的協調問題(One-Warehouse Multi-retailers Problem, OWMR) 並未考慮有限產能之限制條件，且亦無法保障雙方均能受益。因此，本研究可以改進以往應鏈體系中獨厚供應商的情形，並考慮有限產能之限制條件，以期能確保雙方均能受益。

6.1.3 本研究的重要性、意義與貢獻

雖然供應鏈體系有很多不同的績效指標，但成本的節省仍受到相當的重視。Thomas and Griffin(1996)指出：在供應鏈體系中，進行上、下游的存貨協調可以有很大的成本節省空間。是故，如何設計有效的協調機制以促成供應鏈上、下游組織的協調與成本節省，為本研究的主要動機。而在供應商與經銷商之間的協調中，價格與批量的訂定一直扮演重要的角色。若供應商或經銷商各自尋求最佳化。在只考慮自身的最佳化時，供應商所期望的最佳決策價格或批量，對於經銷商而言，可能是無法接受的。所以本研究企圖在供應鏈協調機制上設計可以達到雙方互惠的協調機制，以維繫長期穩定的合作夥伴關係。綜合以上所探討之文獻，本互惠式協調機制模式有四點特色：

- (1) 本模式考量供應商之產能限制，以往模式均假設供應商具有無限產能；
- (2) 需考量買方的批量策略平均總成本（即其預算）的上限；
- (3) 本模式的價格折扣機制中無需預先設定價格斷點；
- (4) 本模式所採用協調機制可創造互惠多贏的局面，不是單獨使某一方獲利，將有助於長期夥伴聯盟關係的建立與維繫。

6.2 互惠式協調模式建構

6.2.1 模式假設

本模式假設供應商可充分掌握所需的決策參數資訊，且在買方需求率、供應商生產率，及相關之成本資料(如，生產整備成本、存貨持有成本與訂購成本)均為已知且確定的情況下。在供應商考量其生產整備與對買方補貨配送之決策，供應商為了不使各個買方超過其所預先設定的採購成本預算上限。並且在同一生產批量中，可允許多次配送；且每次配送數量均等之條件下，欲決定供應商的最佳生產整備週期，以及在此生產整備週期下，求各個買方的補貨週期，以及供應商對各個買方所提供的價格折扣。供應商對各個買方提供價格折扣，運用此「價格折扣機制」，以確保買方因配合供應商的生產整備週期所引起的成本上升得以彌補，並且能額外地，給予買方某一比率的利益當作誘因，以茲分享供應商整合生產整備週期所獲得的成本節省。於此情況下，求供應商平均年總成本之最小值。

6.2.2 符號說明

本章所使用的符號說明如下：

- n : 買方的家數
 T : 供應商生產整備週期
 A_i : 買方每次採購產品 i 發生之採購成本

- D_i : 買方對產品 i 之需求率
 P_i : 供應商對買方 i 採購產品 i 之生產速率
 S : 供應商每一生產批量週期整備成本
 s_i : 供應商對於每一個買方 i 採購產品所發生之整備成本
 k_i : 買方採購產品 i 之採購週期乘數
 T_i : 買方採購產品 i 之採購週期 ($T_i = k_i T$)
 c_i : 買方採購產品 i 之單位成本
 \hat{c}_i : 供應商生產產品 i 之單位成本
 r_i : 買方對產品 i 之持有成本比率
 \hat{r}_i : 供應商對產品 i 之持有成本比率
 R : 供應商給買方相較於買方以 EOQ 批量採購之平均存貨成本
 某一定比率(R)的利益當作誘因
 z_i : 供應商給買方 i 採購產品之價格折扣(\$)
 $m_i = \lfloor k_i(1 - D_i/P_i) \rfloor, i=1, 2, \dots, n$
 $T_i^0 = \sqrt{\frac{2A_i}{\hat{r}_i \hat{c}_i D_i}}$
 $q_i = T_i^0 (b_i + \sqrt{b_i^2 - 1}), i=1, 2, \dots, n$
 $g_i = T_i^0 (b_i - \sqrt{b_i^2 - 1}), i=1, 2, \dots, n$

6.2.3 模式建構

本模式旨在考量買方預算限制與供應商提供價格折扣機制下，求供應商平均年總成本之最小值，並可同時獲得互惠多贏的局面。

$$\text{Min } MB(T, k_1, k_2, \dots, k_n, z_i) =$$

$$\frac{1}{T} \left(S + \sum_{i=1}^n \frac{s_i}{\max\{1, k_i\}} \right) + \frac{rT}{2} \sum_{i=1}^n \max\{1, k_i\} c_i D_i \left(1 + \min\{1, k_i\} - \frac{D_i}{P_i} - \frac{2m_i}{k_i} \right) + \sum_{i=1}^n D_i z_i \quad (6.1a)$$

$$s.t. \quad T \geq 0 \quad (6.1b)$$

$$\frac{1}{2} \left[\frac{T_i^0}{(k_i T)^+} + \frac{(k_i T)}{T_i^0} \right] \leq b_i, \quad i=1, 2, \dots, n. \quad (6.1c)$$

$$k_i \in \{1, 2, 3, \dots\} \cup \{1/1, 1/2, 1/3, \dots\}, \quad i=1, 2, \dots, n. \quad (6.1d)$$

$$m_i = \lfloor k_i (1 - D_i/P_i) \rfloor, \quad i=1, 2, \dots, n. \quad (6.1e)$$

$$T_i^0 = \sqrt{\frac{2A_i}{\hat{r}_i \hat{c}_i D_i}}, \quad i=1, 2, \dots, n. \quad (6.1f)$$

$$D_i z_i \geq (A_i / k_i T) + \frac{1}{2} \hat{r}_i \hat{c}_i D_i k_i T - (1-R) 2 \sqrt{A_i \frac{1}{2} \hat{r}_i \hat{c}_i D_i} \quad (6.1g)$$

目標函數考慮因素包括：供應商平均整備成本($\frac{S}{T}$)，供應商對買方 i 之個別平均生產整備成本為($\frac{S_i}{T \max\{1, k_i\}}$)，買方 i 所採購產品之平均存貨成本。限制式(6.1c)考量買方 i 之採購成本預算上限的情形下，其產品 i 之採購週期為($k_i T$)。限制式(6.1d) 表示買方採購週期依照「整數-分數」策略。由限制式(6.1e) 表示當在 $k_i \in \{2, 3, \dots\}$ 時，供應商對於買方 i 採購產品之最遲開始生產時間($m_i T$)。限制式 (6.1f) 表示買方的 EOQ 批量採購週期。限制式(6.1g) 確保買方因配合供應商的生產整備週期所引起的成本上升得以彌補，並且能額外地，供應商給予買方相較於買方以 EOQ 批量採購之平均存貨成本，某一定比率(R)的利益當作誘因。

6.3 模式理論性質分析

本節針對模式理論性質做深入的探討，並運用其理論性質以求得最佳解。本節分成六個小節，逐步對問題理論性質加以剖析。

6.3.1 最佳解曲線結構分析

6.3.1.1 $k_i \in \{1, 1/2, 1/3, \dots\}$ 時之片段凸性曲線性質

若考慮 $k_i \in \{1, 1/2, 1/3, \dots\}$ 時，供應商面對第 i 個買方進行協調的問題可

表示為：

$$(\mathbf{MB}_{R,i}) \quad \text{Min } MB_{R,i}(k_i, T, Z_i) = \frac{s_i}{T} + \frac{rT}{2} c_i D_i (1 + k_i - \frac{D_i}{P_i}) + D_i z_i \quad (6.2a)$$

$$S.t. \quad D_i z_i \geq (A_i / k_i T) + \frac{1}{2} \hat{r}_i \hat{c}_i D_i k_i T - (1 - R) 2 \sqrt{A_i \frac{1}{2} \hat{r}_i \hat{c}_i D_i} \quad (6.2b)$$

$$k_i(T) \in \left\{ \frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, K \right\} \cap \left[\left\lfloor \frac{T}{g_i} \right\rfloor, \left\lfloor \frac{T}{q_i} \right\rfloor \right]. \quad (6.2c)$$

買方 i 採用新協調的採購週期時，其對應的新的平均成本為 $A_i / k_i T + \frac{1}{2} \hat{r}_i \hat{c}_i D_i k_i T$ ，而原來的 EOQ 平均成本為 $\sqrt{2A_i \hat{r}_i \hat{c}_i D_i}$ 。故因採用此協調策略後，買方 i 成本上升 $(A_i / k_i T) + \frac{1}{2} \hat{r}_i \hat{c}_i D_i k_i T - \sqrt{2A_i \hat{r}_i \hat{c}_i D_i}$ 。限制式(6.2b) 即表示供應商除補償買方因配合此協調策略所引發的成本上升，並以買方 i 的 EOQ 平均成本 R 倍為補償作為誘因，需付出的成本代價。對限制式(6.1c)，*i.e.*, $\frac{1}{2} \left[\frac{T_i^0}{(k_i T)} + \frac{(k_i T)}{T_i^0} \right] \leq b_i$ 加以改寫，即可推知：在某特定 T 且 $k_i \in \left\{ \frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots \right\}$ 時， k_i 的可行範圍為 $\left[\left\lfloor \frac{T}{g_i} \right\rfloor, \left\lfloor \frac{T}{q_i} \right\rfloor \right]$ 。在 k_i 的可行範圍中選擇 k_i ，以求得最小 $MB_{R,i}(k_i, T, z_i)$ 值，以 $\underline{MB}_{R,i}(T, z_i)$ 表示之。由限制式(6.2b) 可知， z_i 的決定取決於 k_i 與 T ，故 $\underline{MB}_{R,i}(T, z_i)$ 可表示成 $\underline{MB}_{R,i}(T)$ 。

換言之，為確保買方因配合供應商的生產整備週期所引起的成本上升得以彌補，並且能額外地，給予買方某一比率的利益當作誘因。此種做法會使供應商的成本付出增加。而供應商的成本因價格折扣而增加付出，其多出的部分為 $(A_i / k_i T) + \frac{1}{2} r \hat{c}_i D_i k_i T - (1 - R) 2 \sqrt{A_i \frac{1}{2} r \hat{c}_i D_i}$ 。綜合供應商對買方 i 定購產品之存貨持有成本，生產整備成本，與供應商需補償買方所付出的成本代價，將此三項成本加總相對於生產整備週期(T)之關係，請參考圖 6.1。

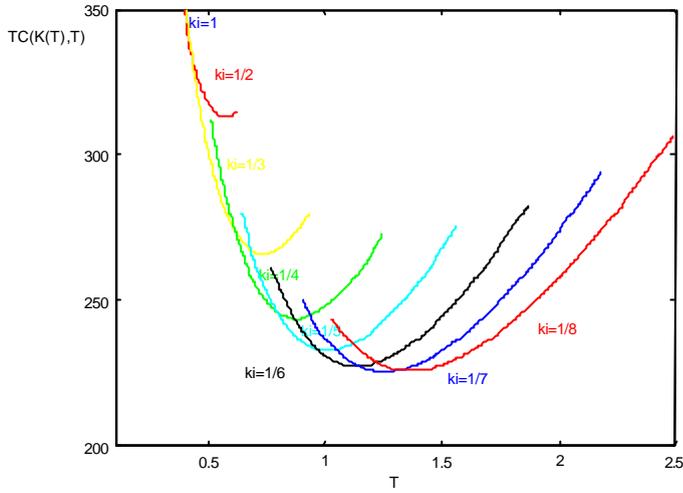


圖 6.1 當 $k_i \in \{\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots\}$ 時，供應商平均總成本與生產整備週期之關係

6.3.1.2 $k_i \in \{1, 2, 3, \dots\}$ 時之片段凸性曲線性質

當 $k_i \in \{1, 2, 3, K\}$ 情況下，供應商面對第 i 個買方進行協調的問題可表示為：

$$(MB_{L,i}) \quad MB_{L,i}(k_i, T, Z_i) = \frac{s_i}{k_i T} + \frac{rT}{2} k_i c_i D_i \left(2 - \frac{D_i}{P_i} - \frac{2m_i}{k_i} \right) + D_i z_i \quad (6.3a)$$

$$S.t. \quad k_i(T) \in \{1, 2, 3, K\} \cap \left[\left\lfloor \frac{g_i}{T} \right\rfloor, \left\lfloor \frac{q_i}{T} \right\rfloor \right] \quad (6.3b) \text{ 與}$$

(6.2b)

其推理過程比照 6.3.1.1 的方式，限制式(6.2b)表示：為確保買方因配合供應商的生產整備週期所引起的成本上升可以得到補償，並且能額外地，供應商以買方 i 的 EOQ 平均成本 R 倍當作誘因。

在 $k_i \in \{1, 2, 3, K\}$ 時，限制式(6.1c), i.e., $\frac{1}{2} \left[\frac{T_i^0}{(k_i T)} + \frac{(k_i T)}{T_i^0} \right] \leq b_i$ 加以改寫可推得限制式(6.3b)。亦即當在某特定 T 且 $k_i \in \{1, 2, 3, K\}$ 時， k_i 的可行範圍為 $\left[\left\lfloor \frac{g_i}{T} \right\rfloor, \left\lfloor \frac{q_i}{T} \right\rfloor \right]$ 。在 k_i 的可行範圍中選擇 k_i ，以求得最小 $MB_{L,i}(k_i, T, Z_i)$ 值，

以 $\underline{MB}_{L,i}(T, Z_i)$ 表示之。同理， z_i 的決定取決於 k_i 與 T ，故 $\underline{MB}_{L,i}(T, Z_i)$ 可表示成 $\underline{MB}_{L,i}(T)$ 。因此，供應商對買方 i 所採購產品之存貨持有成本，加上對買方 i 之整備成本與供應商需補償買方所付出的成本代價，將此三項成本加總相對於生產整備週期之關係，請參考圖 6.2。

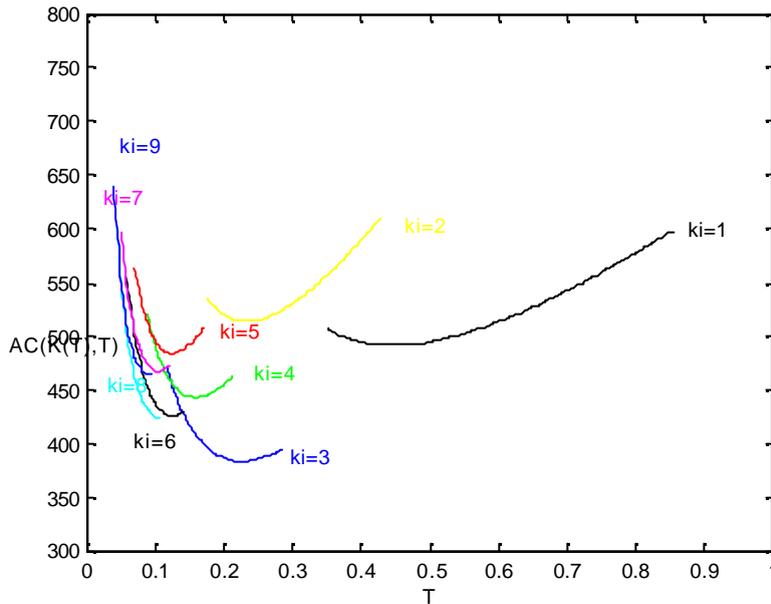


圖 6.2 當 $k_i \in \{1, 2, 3, K\}$ 時，供應商平均總成本與生產整備週期之關係

由圖形觀察所得可以得到下述輔助定理。

Lemma 6.1 函數 $\underline{MB}_{R,i}(T)$ 與函數 $\underline{MB}_{L,i}(T)$, $i=1, 2, \dots, n$ 相對 T 均為一凸函數。

證明：參考 Lemma 4.1，從問題結構，可明顯地看出 $\underline{MB}_{R,i}(T)$ 與 $\underline{MB}_{L,i}(T)$ 相對於 T 實均為一凸函數。

Lemma 6.2 函數 $MB_i(T)$ 相對於 T 為一凸函數。

證明：吾人可得知 $MB_i(T) = \min\{\underline{MB}_{R,i}(T), \underline{MB}_{L,i}(T)\}$ 。事實上，可清楚看出 $\underline{MB}_{R,i}(T)$ 與 $\underline{MB}_{L,i}(T)$ 並不相互重疊，因此，當 $k_i(T) \in \left\{\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, K\right\}$ 時，

$AC_i(T) = \underline{MB}_{R,i}(T)$; 且當 $k_i(T) \in \{2, 3, K\}$ 時, $MB_i(T) = \underline{MB}_{L,i}(T)$ 。由此可推知函數 $MB_i(T)$ 相對 T 為一凸函數。

6.3.1.3 多買方之最佳解曲線曲線性質

將上述之單一個供應商面對單一個買方之最佳解結構分析加以擴充至多家買方, 則可得到下述理論性質。

Proposition 6.1 $MB(T)$ 相對於 T 為一凸函數

$$MB(T) = \frac{s}{T} + \sum_{i=1}^n MB_i(T) \quad (6.4)$$

證明：可由下列兩點陳述歸納得證：

(1) 由 Lemma 6.1 得知 $\sum_{i=1}^n MB_i(T)$ 本身是由 n 條一凸函數的加總, 因

此 $\sum_{i=1}^n MB_i(T)$ 顯然亦是一條凸函數。

(2) $MB(T)$ 為凸函數 $\sum_{i=1}^n MB_i(T)$ 再加上另外一條凸函數 $\frac{s}{T}$ 之後其所得的目標函數值依舊是一條凸函數。

藉由觀察目標函數 $MB(T) (= \frac{s}{T} + \sum_{i=1}^n MB_i(T))$ 可推論當整備成本增加時, 且 T 值減少時, $\frac{s}{T}$ 會使 $MB(T)$ 的左半側急劇的上升。此項觀察在管理上有相當的意義, 因在整備成本偏高的多項產品整合製程上, 在出貨配送上則傾向於在一次的生產準備之中, 進行多次的出貨。

6.3.2 最佳解曲線斷點

在本小節中, 吾人將討論如何決定 $MB(T)$ 的最佳解曲線斷點位置。首先針對單一個買方之目標函數值 $MB_i(T)$ 來觀察其斷點位置, 以做為搜尋演算法搜尋的骨幹。

情況一： $k_i \in \{1/1, 1/2, 1/3, \dots\}$

當 $k_i \in \{1/1, 1/2, 1/3, \dots\}$ ，函數 $\underline{MB}_{R,i}(T)$ 相對 T 的曲線斷點位置，將坐落於 $\frac{g_i}{k_i}$ 與 $\frac{q_i}{k_i}$ 。由限制式(6.1c)可得知 T 的範圍為： $\frac{g_i}{k_i} \leq T \leq \frac{q_i}{k_i}$ 。因此，在不同的 k_i 值時，片段凸型曲線的兩個端點便成為 $\underline{MB}_{R,i}(T)$ 曲線的可能斷點，因此端點 $\frac{g_i}{k_i}$ 與 $\frac{q_i}{k_i}$ ，可能為曲線斷點。

情況二： $k_i \in \{1, 2, 3, K\}$

當 $k_i \in \{1, 2, 3, \dots\}$ 時，與上述情況一相同，函數 $\underline{MB}_{L,i}(T)$ 相對 T 的曲線的可能斷點位置坐落於 $\frac{g_i}{k_i}$ 與 $\frac{q_i}{k_i}$ 。

Proposition 6.2 在函數 $MB(T)$ 上的斷點，乃繼承自函數 $MB_i(T)$ 的斷點。

證明：本定理之證明乃依據 $MB(T)$ 本身是可分部函數 (separable function)， $\underline{MB}_{R,i}(T)$ 與 $\underline{MB}_{L,i}(T)$ 包含於 $MB(T)$ 之中。再藉由 Proposition 6.1 所得之性質，則可得證。

6.3.3 兩斷點間最佳解曲線相交時之曲線交接點位置

以下分別說明 $k_i \in \{1, 1/2, 1/3, \dots\}$ 與 $k_i \in \{1, 2, 3, \dots\}$ 的最佳解曲線交接點位置如何決定。

6.3.3.1 $k_i \in \{1, 1/2, 1/3, \dots\}$ 時之曲線交接點位置

Lemma 6.3 當 $k_i \in \{1, 1/2, 1/3, \dots\}$ 時，對於買方 i 相鄰兩個 k_i 值 $k_i = 1/x$ 與 $k_i' = 1/(x+1)$ ，其所對應最佳解曲線交接點坐落於

$$T_i(k_i) = \sqrt{\frac{2A_i(x) \times (x+1)}{(r_i c_i + \hat{r}_i \hat{c}_i) D_i}} \quad (6.5)$$

證明：在最佳解曲線相交時，其 $k_i = 1/x$ 所對應的目標函數值必等於 $k_i' = 1/(x+1)$ 所對應的目標函數值。

因為 $\underline{MB}_{R,i}(k_i) = \frac{s_i}{T} + \frac{rT}{2} c_i D_i (1 + k_i - \frac{D_i}{P_i}) + D_i z_i$ ，且在 T 值時， $D_i z_i$ 的最小值等

於 $(A_i / k_i T) + \frac{1}{2} \hat{r}_i \hat{c}_i D_i k_i T - (1-R) 2 \sqrt{A_i \frac{1}{2} \hat{r}_i \hat{c}_i D_i}$ ，

故 $\underline{MB}_{R,i}(k_i) = \frac{s_i}{T} + \frac{rT}{2} c_i D_i (1 + k_i - \frac{D_i}{P_i}) + (A_i / k_i T) + \frac{1}{2} \hat{r}_i \hat{c}_i D_i k_i T - (1-R) 2 \sqrt{A_i \frac{1}{2} \hat{r}_i \hat{c}_i D_i}$

而 $(1-R) 2 \sqrt{A_i \frac{1}{2} \hat{r}_i \hat{c}_i D_i}$ 為一固定常數，且 $\frac{s_i}{T}$ 不影響等式，所以求最佳解曲線相交點時，可忽略之。

因此，當 $\underline{MB}_{R,i}(k_i) = \underline{MB}_{R,i}(k_i')$ 時，可表示成：

$$\frac{rT}{2} c_i D_i (1 + \frac{1}{x} - \frac{D_i}{P_i}) + (A_i x / T) + \frac{\hat{r}_i \hat{c}_i D_i T}{2x} =$$

$$\frac{rT}{2} c_i D_i (1 + \frac{1}{(x+1)} - \frac{D_i}{P_i}) + (A_i (x+1) / T) + \frac{\hat{r}_i \hat{c}_i D_i T}{2(x+1)}$$

移項可得使等式成立的 T 值為 $T_i(k_i) = \sqrt{\frac{2A_i(x) \times (x+1)}{(r_i c_i + \hat{r}_i \hat{c}_i) D_i}}$ ，即 $T_i(k_i)$ 時，所對應的目標函數值相等。

但須注意，若式(6.5)所求得的 $T_i(k_i)$ 值不在 $(x+1)g_i$ 與 xq_i 之間，則此交接點並不是一個有效點。

6.3.3.2 $k_i \in \{1, 2, 3, \dots\}$ 時之曲線交接點位置

在 $k_i \in \{1, 2, 3, K\}$ 時，目標函數雖為一片段凸型函數，但其圖形不如在 $k_i \in \{\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots\}$ 時具有規律性。於是要找出交接點需縮小範圍，將焦點放在檢查相鄰兩個斷點之間的交接點。對於買方 i ，在 T 軸上相鄰兩個斷點

間，從斷點 b_2 至斷點 b_1 ($b_2 > b_1$)之間的最佳 $k_i^*(T)$ 值變化軌跡，會受 m_i 值與 $\frac{D_i}{P_i}$ 值的影響，其未必是從 $k_i^*(b_2)$ 變成 $k_i^*(b_2)+1$ 。

在此將探討兩個相鄰斷點 (b_1, b_2) 區間的最佳 $k_i^*(T)$ 值變化軌跡。在探討兩個斷點之間的交接點時需回答下列三個問題：

問題一：變化軌跡為何？交接點如何形成？如何表示？

問題二：至多會有幾個交接點？

問題三：確定交接點的位置，判斷是否可行？

判定變化軌跡與交接點如何形成

令斷點 b_2 其成本曲線對應的最佳 k_i 值為 $k_i^*(b_2)=p$ ；斷點 b_1 其成本曲線對應的最佳 k_i 值為 $k_i^*(b_1)=p+x$ ，則交接點由 $k_i = u$ 與 $k_i' = v$ 對應的成本曲線交接形成。以 (u, v) 組合可表示所有的交接點 $T_i(u, v)$ 是如何形成的。

其中 $u=p, p+1, \dots, p+(x-1)$

$v= u +1, u +2, \dots, p+x$

則至多(in the worst case)會共有交接點數為 C_2^{x+1} 。以下述範例說明交接點如何形成。

範例 6.1

參考圖 6.3 所示，令斷點 b_2 其成本曲線對應的最佳 k_i 值為 $k_i^*(b_2)=p=3$ ；斷點 b_1 其成本曲線對應的最佳 k_i 值為 $k_i^*(b_1)= p+x =3+3=6$ ； $u= p, p+1, \dots, p+(x-1)=3,4,5$ ； $v= u +1, u +2, \dots, p+x =4,5,6$ 。則 $T_i(u, v)$ 之組合為

$(u, v)= (3,4), (3,5), (3,6)$

$(4,5), (4,6)$

$(5,6)$

$C_2^{x+1} = C_2^{3+1} = 6$ 種組合。

在此可運用逐次刪除法減少組合的檢查次數。承上例，如(3,4)未相交時，則無需再檢查(4,5)與(4,6)。如(3,5)未相交時，則無需再檢查(5,6)。則最少檢查次數，只要檢查(3,4), (3,5), (3,6)等 3 組即可。

確定交接點的位置並判斷其可行性

對於買方 i 令 $T_i(u, v)$ 為 $k_i = u$ 與 $k_i' = v$ 在成本曲線上的交點。

若 $T_i(u, v) \in [\max\{\frac{g_i}{u}, \frac{g_i}{v}\}, \min\{\frac{q_i}{u}, \frac{q_i}{v}\}]$ ，則 $T_i(u, v)$ 為一有效的交點。

若 $T_i(u, v) \notin [\max\{\frac{g_i}{u}, \frac{g_i}{v}\}, \min\{\frac{q_i}{u}, \frac{q_i}{v}\}]$ ，則 $T_i(u, v)$ 不會落在 (b_1, b_2) 之間，故摒棄此交接點。

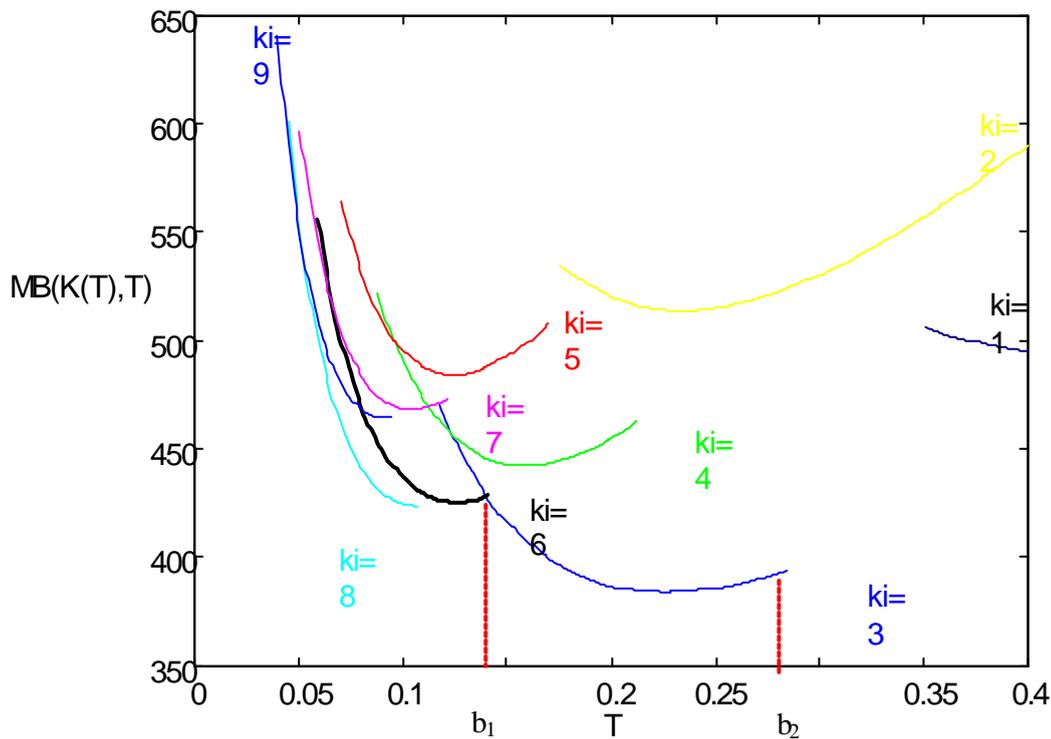


圖 6.3 兩個相鄰斷點 (b_1, b_2) 區間的最佳 $k_i^*(T)$ 值變化軌跡

交接點的位置可利用 $k_i = u$ 與 $k'_i = v$ 對應成本相等的條件求得，代入式

$$(6.3a), \text{ i.e., } \frac{s_i}{k_i T} + \frac{rT}{2} k_i c_i D_i \left(2 - \frac{D_i}{P_i} - \frac{2m_i}{k_i}\right) + D_i z_i, \text{ 則可得}$$

$$T_i(u, v) = \sqrt{\frac{W_i}{U_i + V_i}}$$

其中

$$W_i = \left(\frac{s_i}{u} - \frac{s_i}{v} + \frac{A_i}{u} - \frac{A_i}{v}\right)$$

$$U_i = \frac{v}{2} r c_i D_i \left(2 - \frac{D_i}{P_i} - \frac{2 \left\lfloor v \left(1 - \frac{D_i}{P_i}\right) \right\rfloor}{v}\right) - \frac{u}{2} r c_i D_i \left(2 - \frac{D_i}{P_i} - \frac{2 \left\lfloor u \left(1 - \frac{D_i}{P_i}\right) \right\rfloor}{u}\right)$$

$$V_i = \frac{v}{2} \hat{r}_i \hat{c}_i D_i - \frac{u}{2} \hat{r}_i \hat{c}_i D_i$$

綜整上述論述可表示成下述性質。

Lemma 6.4 當 $k_i \in \{1, 2, 3, \dots\}$ 時，在 T 軸上相鄰兩個斷點間，從斷點 b_2 至斷點 b_1 ($b_2 > b_1$) 之間，令 $k_i^*(b_2) = p$ ； $k_i^*(b_1) = p+x$ ，則交接點會落在在 $k_i = u$ 與 $k'_i = v$ 對應的成本曲線交接處， $\Psi = \{T_i(u, v)\}$ ，其中 $u = p, p+1, \dots, p+(x-1)$ ， $v = u+1, u+2, \dots, p+x$

$$T_i(u, v) = \sqrt{\frac{W_i}{U_i + V_i}} \quad (6.7a)$$

其中

$$W_i = \left(\frac{s_i}{u} - \frac{s_i}{v} + \frac{A_i}{u} - \frac{A_i}{v}\right) \quad (6.7b)$$

$$U_i = \frac{v}{2} r c_i D_i \left(2 - \frac{D_i}{P_i} - \frac{2 \left\lfloor v \left(1 - \frac{D_i}{P_i}\right) \right\rfloor}{v}\right) - \frac{u}{2} r c_i D_i \left(2 - \frac{D_i}{P_i} - \frac{2 \left\lfloor u \left(1 - \frac{D_i}{P_i}\right) \right\rfloor}{u}\right) \quad (6.7c)$$

$$V_i = \frac{v}{2} \hat{r}_i \hat{c}_i D_i - \frac{u}{2} \hat{r}_i \hat{c}_i D_i \quad (6.7d)$$

Proposition 6.3 在函數 $MB(T)$ 上的交接點，乃繼承於函數 $\underline{MB}_i(T)$ 的交接點。

證明：與 Proposition 6.2 同理，本定理之證明乃依據 $MB(T)$ 本身是可分解函數，即 $\underline{MB}_{R,i}(T)$ 與 $\underline{MB}_{L,i}(T)$ 包含於 $MB(T)$ 之中。再藉由 Proposition 6.1 所得之性質，則可得證。

由 Proposition 6.2，Proposition 6.3，Lemma 6.3 與 Lemma 6.4 所得的交接點與斷點性質，可以求得最佳曲線在 T 軸上的交接點與斷點。若在 $[T_1, T_2]$ 區間之內有 p 個斷點與 q 個交接點，則合併交接點與斷點後，在 $[T_1, T_2]$ 區間形成 $(p+q+1)$ 小區間，且這每一個 $(p+q+1)$ 的小區間對應於 T 值最佳解曲線仍為一片段凸曲線。

Corollary 6.1 當 b_1 與 b_2 為函數 $MB(T)$ 在 T 軸上由交接點與斷點形成的小區間中之其中的一個小區間，且 $b_1 < b_2$ 。則在 (b_1, b_2) 凸區間內的 T 值對應於多買方之最佳 k_i 值，將維持不變。

證明：本推理之證明可由 Proposition 6.2，Proposition 6.3，Lemma 6.3 與 Lemma 6.4 所得之性質明顯地推得。

依據上述最佳解曲線的性質有助於求得最佳解，以上性質提供曲線的斷點與交接點位置的求法。接下來，由特定某一 T 值時決定最佳 $k_i(T)$ 值。

6.3.4 給定某一 T 值時決定最佳 k_i 值

上述定理主要是探討當 k_i 值給定之後，求其對應目標函數之 T 的可行範圍與斷點及交接點。反之，吾人可藉由下列推理求得，當給定 T 值之後，以求其對應之最佳 k_i 值。此外，對於在給定 T 值時，其對應 $MB(T, k_i(T))$ 之最小值，與其對應之 $k_i(T)$ 可由下列推理求得：

6.3.4.1 $k_i \in \{1, 1/2, 1/3, \dots\}$ 時之最佳 k_i 值的決定

Proposition 6.4 當 $k_i \in \{1/1, 1/2, 1/3, \dots\}$ 時，且給定任何一個 T 值之後，其對應於 $MB_{R,i}(T)$ 函數之最佳 k_i 值為 $k_i(T)$ ，則

$$k_i(T) = \arg \min_{k_i(T)} MB_{R,i}(T), k_i(T) \in \left\{ \frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots, K \right\} \cap \left[\frac{1}{\lceil T/g_i \rceil}, \frac{1}{\lceil T/q_i \rceil} \right] \quad (6.8)$$

證明：本定理之證明可直接由(6.2c), 圖 6.1 與 Proposition 6.1 所得之片段曲線性質明顯地推得。

6.3.4.2 $k_i \in \{1, 2, 3, \dots\}$ 時，給定某一 T 值之最佳 k_i 值的決定

當 $k_i \in \{1, 2, 3, K\}$ 時，則問題形式變得與 JRP 問題相當類似。生產週期 T 成為一基期。而 $k_i T$ 為各買方 i 之補貨週期。其差異為本研究模式援用預算限制式及有限產能與價格折扣機制來進行供應鏈協調。因 JRP 問題為一 NP hard 的問題，一般研究之解法大多運用啟發式的解法。本研究模式相較於 JRP 問題更加複雜，是故為了有效設計演算法以提升求解的效率並確保求解的品質，以下從問題結構上加以分析，以設計演算法。

首先，探討在 $k_i \in \{1, 2, 3, \dots\}$ 時，當給定某一 T 值時，如何決定其所對應的 k_i 最佳值。

Proposition 6.5 針對買方 i ，在給定某一 T 值，且 $k_i \in \{1, 2, 3, \dots\}$ 時，其最佳值 $k_i^*(T)$ 必介於 $[\bar{k}_i(T), \lceil \frac{q_i}{T} \rceil]$ 之間，故只需比較 \hat{j} 個可行的 k_i 值，便可決定對應的最佳 $k_i^*(T)$ 值；

其中，

$$\bar{k}_i(T) = \max \left\{ \hat{k}_i(T), \left\lceil \frac{g_i}{T} \right\rceil \right\} \quad (6.9)$$

$$\hat{k}_i(T) = \left\lceil \left(1 + \sqrt{1 + \frac{8(s_i + A_i)P_i}{T^2[r_i c_i D_i (2D_i - P_i) + \hat{r}_i \hat{c}_i D_i]} } \right) / 2 \right\rceil \quad (6.10)$$

$$\hat{j} = \left\lfloor \frac{q_i}{T} \right\rfloor - \hat{k}_i(T) + 1, \quad (6.11)$$

證明：由模式中之(6.1c)，我們可以推導出不等式 $\frac{g_i}{T} \leq k_i < \frac{q_i}{T}$ 。此不等式規範了 k_i 可行解的範圍，即 $k_i(T)$ 值可行解的範圍必介於 $\left[\left\lfloor \frac{g_i}{T} \right\rfloor, \left\lfloor \frac{q_i}{T} \right\rfloor \right]$ 之間。

此外，針對單一個買方 i 的其成本函數可以表示成

$$MB_i(k_i) = \frac{s_i + A_i}{k_i T} + \frac{rk_i T}{2} c_i D_i \left(2 - \frac{D_i}{P_i}\right) + \frac{1}{2} \hat{r}_i \hat{c}_i D_i k_i T - r T c_i D_i m_i - \sqrt{2A_i \hat{r}_i \hat{c}_i D_i} \quad (6.12)$$

因 $\sqrt{2A_i \hat{r}_i \hat{c}_i D_i}$ 為固定常數，不受 k_i 與 T 的影響，可忽略之。我們可以先將 k_i 寬鬆，其視為連續變數(以 $k_i \in \mathfrak{R}^+$ 取代 $k_i \in \{1, 2, 3, \dots\}$)。如果我們先觀察(6.12)中的前兩項之和(即 $\frac{s_i + A_i}{k_i T} + \frac{rk_i T}{2} c_i D_i \left(2 - \frac{D_i}{P_i}\right) + \frac{1}{2} \hat{r}_i \hat{c}_i D_i k_i T$)，在給定某一 T 值，對於寬鬆 k_i 為凸型(convex)函數，而其目標函數最小值的對應 k_i 值為 $\hat{k}_i(T)$ 。 $\hat{k}_i(T)$ 會滿足下列不等式

$$\hat{k}_i(T) (\hat{k}_i(T) - 1) < \frac{2(s_i + A_i)P_i}{T^2 [r_i c_i D_i (2D_i - P_i) + \hat{r}_i \hat{c}_i D_i]} < \hat{k}_i(T) (\hat{k}_i(T) + 1) \quad (6.13)$$

我們可以簡化式(6.13)得到針對給定 T 值之最佳對應 k_i 值

$$\hat{k}_i(T) = \left\lfloor \left(1 + \sqrt{1 + \frac{8(s_i + A_i)P_i}{T^2 [r_i c_i D_i (2D_i - P_i) + \hat{r}_i \hat{c}_i D_i]}}\right) / 2 \right\rfloor \quad (6.14)$$

依觀察得知：當 $k_i < \hat{k}_i(T)$ 時， $f_i(k_i)$ 的前兩項之和必然會大於 $f_i(\hat{k}_i(T))$ 的前兩項之和。而且又因為 $m_i = \left\lfloor k_i \left(1 - \frac{D_i}{P_i}\right) \right\rfloor$ ，則當 $k_i < \hat{k}_i(T)$ 時，其對應之 m_i 會較小。所以其前兩項之和會隨 k_i 遞減而變大，且減項 $(r_i T c_i D_i m_i)$ 也隨 k_i 遞減而變小，因此，當 $k_i < \hat{k}_i(T)$ 時， $f_i(k_i)$ 必會大於 $f_i(\hat{k}_i(T))$ 。所以，無須再比較比 $\hat{k}_i(T)$ 小的 k_i 值。再則，令 $\bar{k}_i(T) = \max\left\{\hat{k}_i(T), \left\lfloor \frac{g_i}{T} \right\rfloor\right\}$ ，由此可知， k_i 的最佳值

$k_i^*(T)$ 必介於 $[\bar{k}_i(T), \frac{q_i}{T}]$ 之間。

範例 6.1

假設 $n=4, S=80; r_i = \hat{r}_i = 0.2; b_i = 1.1$ 。當 $T=0.025$ 時，以下述參數資料說明如何在 $[\bar{k}_i(T), \frac{q_i}{T}]$ 之間，求出 k_i 的最佳值 $k_i^*(T)$ 。

表 6.2 求出 k_i 的最佳值 $k_i^*(T)$

	A_i	\hat{c}_i	c	D_i	P_i	s_i	$\hat{k}_i(T)$	$\left[\frac{g_i}{T}\right]$	$\bar{k}_i(T)$	$\left[\frac{q_i}{T}\right]$	$k_i^*(T)$	\hat{J}
1	120	30	20	180	800	300	27	13	27	29	29	3
2	80	30	20	200	700	150	19	10	19	22	21	4
3	150	25	20	220	750	200	21	14	21	32	32	12
4	160	30	25	230	820	120	14	13	14	30	28	17

由給定求 T 值之最佳對應 k_i 值的過程，發現下述兩項觀察：

(1) 當 T 小於 $\min\{g_i\}$ 時，則 T 所對應的 k_i 值必屬於整數，即 $k_i \in \{1, 2, 3, \dots\}$ 。

(2) 當 T 大於 $\max\{g_i\}$ 時，則 T 所對應的 k_i 值必屬於分數，即

$$k_i(T) \in \left\{ \frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, K \right\}。$$

6.3.5 兩端點間的區域最佳解

基於這些理論性質，引導吾人的解題構想：只要可以找到每一片段區間的區域最佳解，便可以找到問題(MB)的最佳解。以下定理說明如何找到每一片段型區間 $(b_1, b_2]$ 內的區域最佳解。

Proposition 6.6 當 b_1 與 b_2 為函數 $MB(T)$ 上兩個相鄰的交接點或斷點，且

$b_1 < b_2$ 。令 $K(b_1)$ 與 $K(b_2)$ 為兩個相鄰的斷點所對應的最佳 k_i 值。則在 $(b_1, b_2]$ 區間內的區域最佳解必位於

$$\begin{cases} I, & \text{if } MB(K(b_1), I) \leq MB(K(b_2), b_2). \\ b_2, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (6.15)$$

$$\text{其中 } I = \sqrt{\frac{2[S + \sum_{i=1}^n (s_i / \max\{1, k_i\} + A_i / k_i)]}{\sum_{i=1}^n r c_i D_i (1 + \min\{1, k_i\} - D_i / P_i - 2m_i / k_i) + \sum_{i=1}^n \hat{r}_i \hat{c}_i D_i k_i}}$$

且 $k_i \in K(b_1), \forall i$.

證明：因為 $(b_1, b_2]$ 是區間，很顯然地，在區間內的區域最佳解必定落在兩個端點當中的一個，或是在此 U 型曲線中的最低點。由 Proposition 6.1 中的不等式可知，曲線中的最低點不會落在 b_1 上，因為 $MB(T)$ 在 b_2 時，以其對應新的 $K(b_2)$ ，會獲得更低的較佳值。因此，很顯然 b_2 是個可能最低點端點。

另外，為了尋找最佳解必須檢驗在 $(b_1, b_2]$ 區間內可能的最低點。假若 $MB(K(b_1), I) \leq MB(K(b_2), b_2)$ ，則在 I 會有最佳值。反之，若 $MB(K(b_1), I) > MB(K(b_2), b_2)$ ，則在 b_2 會有最佳值。

6.3.6 搜尋範圍的上下界

6.3.6.1 用寬鬆問題求 T 軸之搜尋點上界

本研究運用「價格折扣機制」協調機制，以確保買方上升的成本得以彌補，且額外給予某一比率的利益當作誘因。在加上此機制後，即可確保買方不是一味地配合供應商而犧牲，如此機制則能使買方受益。在此先以某一比率的利益 $(R\sqrt{2A_i \hat{r}_i \hat{c}_i D_i})$ 當作誘因以回饋買方的配合，當作原問題的寬鬆問題。而買方上升的成本的彌補暫時不考慮。

為了推導搜尋範圍的上界，首先將子問題 (MB) 加以寬鬆，在此吾人先針對各個買方的 EPQ 公式與利益誘因之和當作其寬鬆問題，再予以加總，並以 MB_R 表示之。

寬鬆問題 MB_R 數學模式如下：

$$(MB_R) \quad \text{Min} \quad \frac{1}{T} \left(S + \sum_{i=1}^n s_i \right) + \frac{rT}{2} \sum_{i=1}^n c_i D_i \left(1 - \frac{D_i}{P_i} \right) + R \sqrt{2A_i \hat{r}_i \hat{c}_i D_i} \quad (6.16)$$

在此須注意，寬鬆問題 MB_R 已經將限制條件(6.1c),(6.1d),(6.1e), (6.1f) 省略，亦不再限定 $k_i \in \{1/1, 1/2, 1/3, \dots\}$ 。顯然地，對於任何 T 值而言， MB 的寬鬆問題 MB_R 所求得的最佳解，不會大於原來問題(MB)所求得的最佳解。

令 T_p^* 代表問題(MB)最佳解時所對應的 T 值，而令 T_R^* 代表寬鬆問題 MB_R 最佳解時所對應的 T 值。 T_R^* 封閉解表示如下：

$$T_R^* = \sqrt{2 \left[S + \sum_{i=1}^n (s_i + A_i) \right] / \sum_{i=1}^n [rc_i D_i (1 - D_i/P_i) + \hat{r}_i \hat{c}_i D_i]} \quad (6.17)$$

因 $R\sqrt{2A_i \hat{r}_i \hat{c}_i D_i}$ 為一常數，故一階導數後並不在其中。

令 $MB(T_R^*)$ 代表問題(MB)在給定 $T = T_R^*$ 時之目標函數值。以下證明 T_p^* 搜尋範圍的上界，可由寬鬆問題(MB_R)的目標函數等於 $MB(T_R^*)$ 時的 T 值來決定。其推導過程詳見下述定理。

Proposition 6.7 令 T^U 代表當寬鬆問題(MB_R)的目標函數值等於 $MB(T_R^*)$ 時的最大 T 值，則 $T_p^* \leq T^U$ 必然成立。

證明：比照第四章的 Proposition 4.5 證明可知，因為寬鬆問題(MB_R)具有嚴格凸性(strictly convex)。所以當 $T^U < T$ 時， $MB_R(T) < MB(T)$ 必然成立。因此 T^L 代表 T_p^* 上界。

6.3.6.2 用 JRP 問題求 T 軸之搜尋點下界

在此，說明當 $k_i \in \{1, 2, 3, \dots\}$ 情況下，如何推導 T 值的下界。為求當 $k_i \in \{1, 2, 3, \dots\}$ 時之 T 值的下界，則參考(Goyal (1974), van Eijs (1993), Fung

and Ma (2001), Viswanathan (2002), Yao and Lee (2002))等文獻。援用求其針對聯合補貨問題(Joint Replenishment Problem, JRP) , 關於 T 值的搜尋下界 T_L 的公式為:

$$\text{令 } T_L = \text{Max}_i \{ 2S / MB^*, \min \{ \sqrt{(s_i + A_i) / [rc_i D_i (2 - \frac{D_i}{P_i}) + \hat{r}_i \hat{c}_i D_i]} \} \} \quad (6.18)$$

其中 MB^* 表示目前求解過程中所得的最佳解之值。式(6.18)中的第一項($2S / MB^*$) , 乃引用則源自於 van Eijs (1993)所設定的搜尋下界 , 進而加以修正之搜尋下界。

另外 , 式(6.18)中的第二項($\min \{ \sqrt{(s_i + A_i) / [rc_i D_i (2 - \frac{D_i}{P_i}) + \hat{r}_i \hat{c}_i D_i]} \}$) , 則源自於 van Eijs (1993)之論文 , 因其指出 Goyal (1974)所設定的搜尋下界 ($\min \{ \sqrt{2s_i / \hat{r}_i \hat{c}_i D_i} \}$) 無法確保求得最佳解。所以修正搜尋之下界為 ($\min \{ \sqrt{s_i / \hat{r}_i \hat{c}_i D_i} \}$)。本研究之目標函數與 JRP 問題之目標函數不儘相同。然其限制式更多 , 增加了買方預算上限限制條件 , 此限制會限制 T 值的可行範圍。而有限產能會改變平均存貨水準。但在搜尋下界的設定上可以引用 van Eijs (1993)之作法。

在此 , 參考 Viswanathan (2002)的做法 , 以 T_L 當作 T 值的動態下界。而 MB^* 如同為本問題的現有最佳值上界。 $\{k_i\}$ 與 MB^* 在遞迴式的運算中會成一動態資料 , T_L 亦隨之更新 , 為了簡化運算以 $\{k_i\}=1$, 求 MB^* 之初始值。

6.4 演算法

本小節所提的搜尋演算法整理如下 :

步驟一、求解初始化

- (1.1) 以式(6.2d)與(6.2e)求 g_i , q_i 。
- (1.2) 以觀察 6.2 所得 $\max\{g_i\}$ 作為整數，分數的分界。
- (1.3) 以 Proposition 6.7 求 T 值的搜尋上界(T^U)。
- (1.4) 以(6.18)求 T 值的搜尋上界與初始下界(T^L)。
- (1.5) 以式(6.5)、(6.6)，與(6.7)求交接點與斷點。
- (1.6) 在 $\{\max\{g_i\}, T^U\}$ 區間內產生 T 值的交接點與斷點並作遞增排序。
- (1.7) 在 $\{T^L, \max\{g_i\}\}$ 區間內產生 T 值的交接點與斷點並作遞減排序。

步驟二、分數策略最佳解搜尋

- (2.1) 以 $T=\max\{g_i\}$ 為起點，當作目前最佳解。
- (2.2) 在 T 軸上向右遞增逐點搜尋、比較、更新目前分數策略最佳解。
- (2.3) 在兩個相鄰搜尋點，求區域最佳解。
- (2.4) 重複(2.2),(2.3)，當 T 值比搜尋上界大時，停止搜尋，輸出目前分數策略最佳解。

步驟三、整數策略最佳解搜尋

- (3.1) 以 $T=\max\{g_i\}$ 為起點，當作目前最佳解。
- (3.2) 在 T 軸上向左遞減逐點搜尋、比較、更新目前整數策略最佳解。
- (3.3) 在兩個相鄰搜尋點，求區域最佳解。

(3.4) 以(6.18)更新目前下界(T^L)。

(3.5) 重複(3.2)、(3.3)及(3.4)，當 T 值比搜尋上界小時，則停止搜尋，並輸出目前最佳解。

步驟四、比較步驟二與步驟三所求得目前最佳解，較小者即為本問題之最佳解。

演算法流程圖以圖 6.4 表示之。

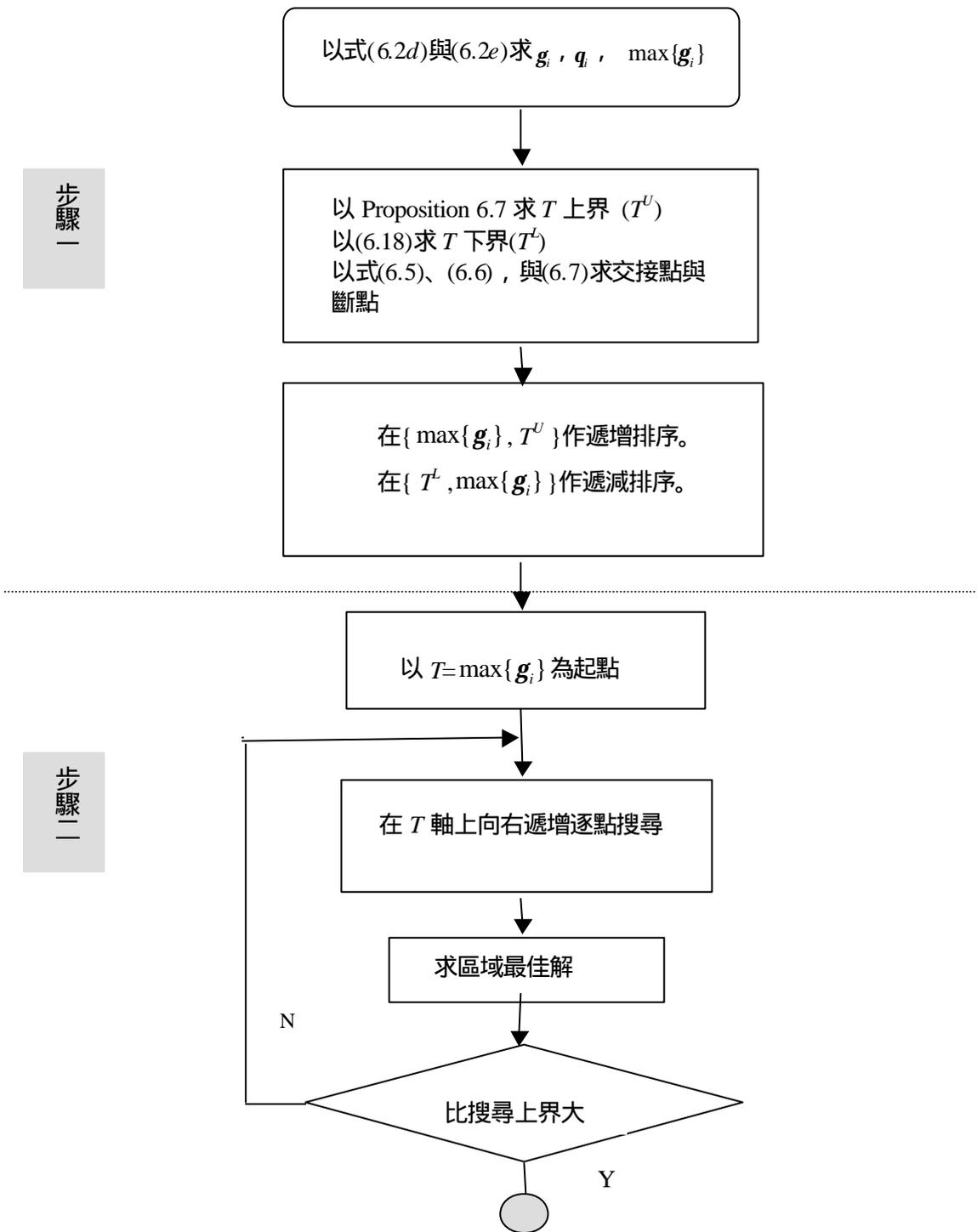


圖 6.4 互惠式模式之演算法流程圖

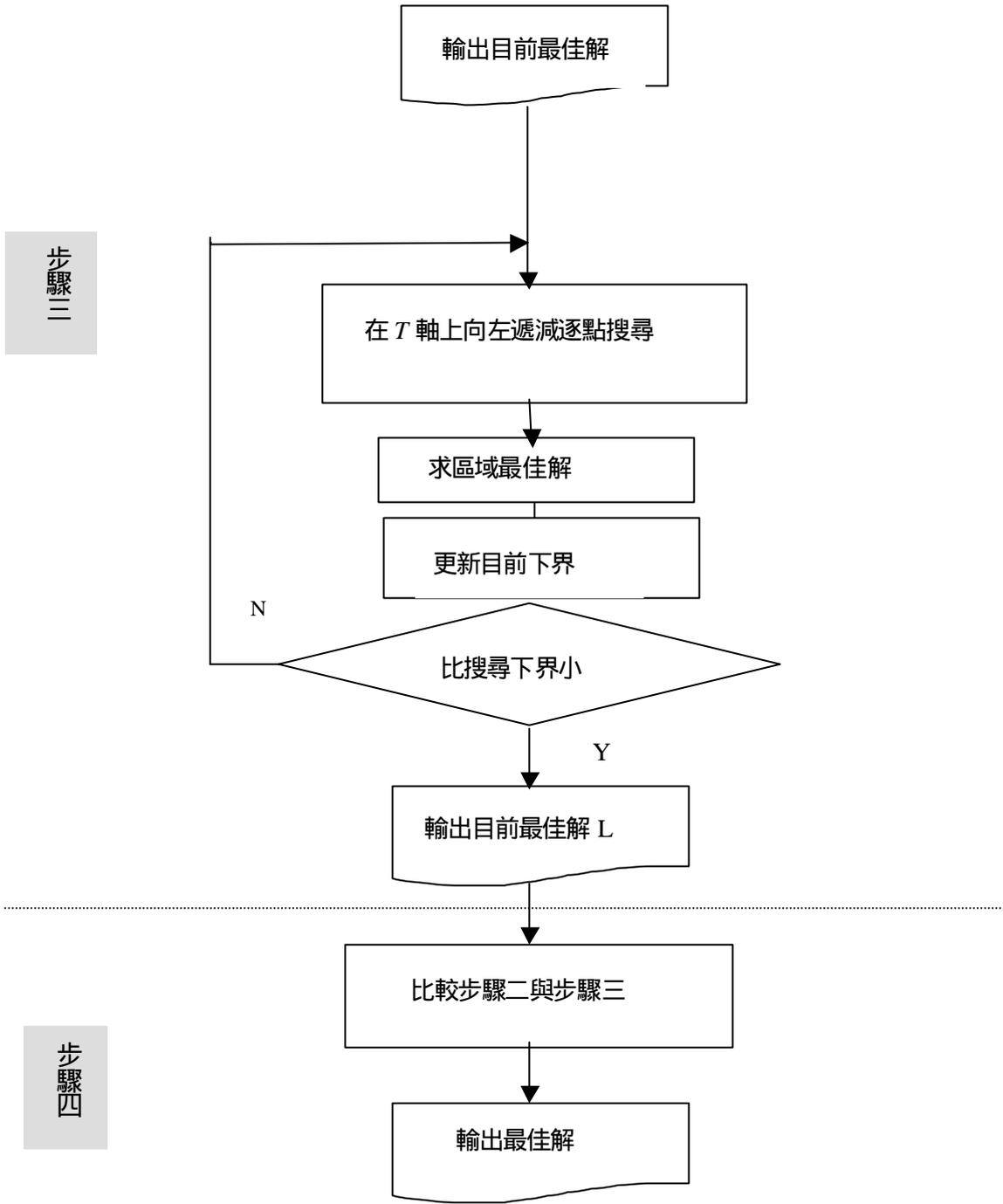


圖 6.4 互惠式模式之演算法流程圖(續)

6.5 數據驗證

供應商可藉由本論文所設計的價格折扣機制，改善以往文獻研究獨厚供應商的協調存貨模式。本節分三小節說明本論文所提協調機制的效益。首先，以一組十個買方的範例逐步說明演算法如何進行搜尋，以求得最佳解。第二小節則以 Lu (1995)所舉的範例進行不同策略的績效比較。第三小節則設計不同的參數組合，以驗證整合效益並歸納出協調機制的管理意涵。

6.5.1 演算法求解說明

範例 6.2 以下列模式參數(表 6.3)逐步說明演算法如何求得最佳解($N=10$, $S=100$, $r = 0.1$; $b_i=1.1$; $R=0.05$)。

表 6.3 範例 6.2 所用之模式參數

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A_i	155	112	11	200	191	180	13	200	137	151
c	27	11	24	25	14	18	18	20	21	15
D_i	110	228	241	177	255	104	233	172	126	227
\hat{c}_i	45	17	35	37	25	24	21	29	27	26
P_i	326	438	448	306	358	389	482	297	325	489
s_i	77	104	155	101	110	160	80	166	73	117

步驟一：求解初始化

(1.1) 利用式(6.2d)與(6.2e)求 g_i , q_i

$$g_i = [0.5079, 0.4879, 0.1036, 0.5115, 0.5121, 0.7707, 0.1384, 0.5747, 0.5759, 0.4651]。$$

$$q_i = [1.2332, 1.1846, 0.2517, 1.2419, 1.2435, 1.8714, 0.3360, 1.3954, 1.3985, 1.1293]。$$

(1.2) $T = \max\{g_i\} = 0.7707$, 求其對應解 $MB(T) = 3,373.8$ 。

(1.3) 以式(6.8) 求 $T_R^* = 0.8669$, 以 Proposition 6.6 求得 $T^U = 1.3390$ 。

(1.4) 以式(6.18)求下界, 得 $T^L = 0.2789$ 。

(1.5) 利用式(6.5)、(6.6), 與(6.7)求交接點與斷點整理如:表 6.4 與表 6.5。

表 6.4 範例 6.2 在 $\{\max\{g_i\}, T^U\}$ 區間內搜尋點

0.7707	0.8162	0.8377	0.8707	0.8848
0.8928	0.9036	0.9302	0.9357	0.9620
0.9743	0.9757	1.0066	1.0157	1.0229
1.0243	1.1293	1.1494	1.1519	1.1846
1.2332	1.2419	1.2435	1.2583	1.2839

表 6.5 範例 6.2 在 $\{T^L, \max\{g_i\}\}$ 區間內搜尋點

0.7550	0.7290	0.6992	0.6977	0.6919
0.6813	0.6720	0.6238	0.6218	0.6166
0.5923	0.5759	0.5747	0.5647	0.5563
0.5535	0.5182	0.5121	0.5115	0.5079
0.5033	0.4879	0.4679	0.4662	0.4651
0.4309	0.4151	0.4146	0.4111	0.3993
0.3948*	0.3854	0.3764	0.3743	0.3496
0.3489	0.3360	0.3109	0.3105	0.3083
0.3047	0.2961	0.2873	0.2823	0.2797
0.2791	-	-	-	-

步驟二、分數策略最佳解搜尋

(2.1) $T = \max\{g_i\} = 0.7707$ 為起點, 目前最佳解 $MB(T) = \$ 3,373.8$ 。

(2.2) 依(表 6.5a)在 T 軸上下一個搜尋點 $T = 0.8162$,
 $MB(T) = \$ 3,511.5$ 。

(2.3) 在兩個相鄰搜尋點 0.7707 與 0.8162 , $l = 0.7709$,
 $MB(T) = \$3,517.4$, 摒棄此區域最佳解。

(2.4) 重複(2.2) 與(2.3) , 當 T 值比搜尋上界($T = 1.3390$) 大時 , 停止搜尋 , 輸出目前分數策略最佳解 $MB(T) = 3,373.8$ 。

步驟三、整數策略最佳解搜尋

(3.1) $T = \max\{g_i\} = 0.7707$ 為起點 , 目前最佳解 $MB(T) = \$ 3,373.8$ 。

(3.2) 依(表 6.5b)在 T 軸上下一個搜尋點 $T = 0.7550$,

$MB(T) = \$ 3,511.5$ 。

(3.3) 在兩個相鄰搜尋點 0.7707 與 0.7550 , $l = 0.7677$,
 $MB(T) = \$ 3,377.9$, 摒棄此區域最佳解。

(3.4) 以(6.18)更新目前下界 , 仍為 $T^L = 0.2789$ 。

(3.5) 重複(3.2)、 (3.3)及(3.4) , 當 T 值比搜尋下界大時 , 則停止搜尋 , 並輸出目前最佳解。 $T = 0.3948$, $MB(T) = \$3,126.5$ 。

步驟四、比較步驟二與步驟三所求得目前最佳解 , 較小者即為本問題

之最佳解。 $T = 0.3948$, $MB(T) = \$3,126.5$ $k_i = [2, 3, 1/3, 3, 2, 3, 1/2, 3, 2, 2]$, 及 $z_i = [0.1781, 0.1938, 0.0401, 0.3819, 0.0999, 0.1444, 0.0279, 0.2320, 0.1410, 0.1011]$ 。

6.5.2 文獻範例說明互惠式協調之效益

本小節以文獻 Lu (1995) 中所使用的五個買方的範例參數說明本策略之效益 , 所使用之參數請見表 6.6。且假定在供應商與買方之存貨持有成本比率均為百分之十 ($r_i = \hat{r}_i = 10\%$)。此外 , 透過本互惠機制 , 供應商再給買方以 EOQ 進行批量採購之平均存貨成本的百分之五 ($r = 5\%$) 的補

貼作為吸引買方配合的誘因。本研究所提新的互惠協商機制所得的結果，將與 Lu 所提的整合模式所得到的解作比較。並與在未採用任何供應鏈中多個買方之整合的情況下，供應商與各個買方分別進行個別式的供應商生產與買方補貨之協調(亦即本論文第三所論述的一對一的協調機制)所得到的解作比較，三種策略的效益的比較整理請參考表 6.7 與 6.8。

表 6.6 範例參數(Lu, 1995)

	S	A_i	\hat{c}_i	D_i	c_i	P_i	s_i
(1)	300	20	25	200	20	320	100
(2)	300	20	15	200	10	300	80
(3)	300	25	25	200	15	250	100
(4)	300	30	30	100	25	300	90
(5)	300	15	30	150	20	300	150

表 6.7 三種策略下各個買方的成本比較

	EOQ		VB1		Lu		MB	
	T_i	成本 (\$)	T_i	成本 (\$)	($T_0=1.2177$) $T_i = k_i * T_0$	成本 (\$)	($T_0=1.1371$) $T_i=k_i * T_0$	成本 (\$)
1	0.2000	200.00	0.1284	219.96	1/9	215.47	1/4	189.48
2	0.2582	154.92	0.1657	170.41	1/7	167.16	1/6	147.03
3	0.2236	223.61	0.1435	245.97	1/8	240.35	1/7	212.12
4	0.3162	189.74	0.4927	208.70	1/6	208.70	1/5	183.15
5	0.1826	164.32	0.1237	176.93	1/10	177.97	1/9	154.17
		932.59		1021.97		1009.75		885.95

註：

EOQ :買方以EOQ方式進行批量採購

VB1 :買賣雙方依照一對一的協調機制

Lu :買賣雙方依照Lu所提的整合模式

MB :買賣雙方依照本研究所提新的互惠協商機制

表 6.8 三種策略的效益的比較

策略	買方成本總合	供應商成本總合	系統平均年成本總合
EOQ	932.59	2582.52	3515.11
VB1	1021.97	2156.61	3178.58
Lu	1009.70	1617.70	2627.40
MB	885.95	1733.10	2619.05

結果說明與分析：

1. 首先，買方若以 EOQ 方式進行訂購，計算其對應之買方平均年成本，則五個買方平均年成本總合=932.59，供應商的平均年成本總合=2582.52；供應鏈系統包括供應商與買方之平均年成本總合=3515.11。
2. 以一對一的協調機制方式處理的平均年成本，五個買方平均年成本總合=1021.97；供應商的平均年成本總合=2156.6；供應鏈系統包括供應商與買方之平均年成本總合=3178.58。
3. 依照 Lu 所提的整合模式並以第四章所提之演算法，可得五個買方平均年成本總合=1009.7；供應商的平均年成本總合= 1617.7；供應鏈系統包括供應商與買方之平均年成本總合=2627.4。
4. 運用本章之協商策略五個買方平均年成本總合= 885.95；供應商的平均年成本總合=1733.1；供應鏈系統包括供應商與買方之平均年成本總合=2619.05。
5. 成本節省分享之效益：以買賣雙方依照一對一的協調機制當做比較的基礎，買方平均年成本節省 15.35% $(885.95- 1021.97)/885.95=0.1535$ ；供應商平均年成本節省 24.44% $(1733.1 -2156.61) /1733.1=0.24436$ ；供應鏈系統平均年成本節省 21.36% $(2619.05-3178.58)/2619.05 =0.2136$ 。

6.5.3 不同參數水準下之互惠式協調效益

為了研究不同參數水準對互惠協調機制的效益影響，本小節將做進一步分析與探討。在此並參照文獻的數據參數實驗規劃方式(Muson and Rosenblatt, 2001; Viswanathan, 2003; Wang and Wu, 2000; Klastorin et al., 2002)，並考量本模式的目標函數，擬訂本問題主要的研究參數為：整備成本($S=100, 500, 1000, 2000, 3000$)、存貨持有成本比率($r_i=5\%, 10\%, 20\%$)，以及經銷商的家數($N=5, 10, 20, 50$)。比較採用三種不同的協調機制策略(一對一的協調、整合式模式、互惠協商機制)下，其效益的差異。其餘參數則採隨機方式選取，茲將所使用的參數設定範圍整理如表 6.9。

表 6.9 採隨機選取參數的設定範圍

參數	A_i	\hat{c}_i	D_i	c_i	P_i	s_i
設定範圍	[10,200]	$c_i \times [1,1.5]$	[100,300]	[10,30]	[200,600]	[50,200]

此數據實驗共選定 4 種經銷商家數(N); 5 種整備成本 (S); 3 種不同存貨成本持有比率(r_i)。針對這 60 種組合，運用表 6.9 設定的參數範圍，在各個區間內依照均勻分配選取。且每一個組合隨機產生 20 組數據，分別就三種不同策略進行數據實驗。其實驗整理可以得到下列表格(表 6.10~表 6.15)。

表 6.10 表示在五個買方時($N=5$)，整合模式與互惠模式相對於一對一模式之平均成本比值。再進一步，從表 6.10 中觀察在整備成本一定下($N=5, S=3000$)，再針對不同持有成本比率(r)，整合模式與互惠模式相對於一對一模式之平均成本比值，以表 6.11 表示之。圖 6.4 則針對不同的整備成本(S)，整合模式與互惠模式相對於一對一模式之平均成本比值的趨勢做一描繪。表 6.12，表 6.13，表 6.14 則分別表示在 10,20,50 個買方時，就三種不同策略，整合模式與互惠模式相對於一對一模式之平均成本比值。表 6.15 表示不同 N 值的趨勢。

表 6.10 整合模式與互惠模式相對於一對一模式之平均成本比值
(N=5)

N=5		Lu/VB1			MB/VB1		
整備成本	持有成本	買方	供應商	系統	買方	供應商	系統
S=100	r=0.05	1.05	1.09	1.07	0.94	1.21	1.07
	r=0.1	1.05	1.09	1.07	0.94	1.21	1.07
	r=0.2	1.05	1.09	1.07	0.94	1.21	1.07
S=500	r=0.05	1.03	0.72	0.83	0.91	0.78	0.82
	r=0.1	1.04	0.76	0.86	0.92	0.82	0.86
	r=0.2	1.05	0.76	0.86	0.92	0.83	0.86
S=1000	r=0.05	1.04	0.54	0.69	0.92	0.59	0.68
	r=0.1	1.02	0.63	0.76	0.91	0.68	0.75
	r=0.2	1.01	0.66	0.78	0.90	0.71	0.78
S=2000	r=0.05	1.02	0.36	0.45	0.93	0.37	0.45
	r=0.1	1.01	0.43	0.54	0.89	0.45	0.54
	r=0.2	1.03	0.51	0.62	0.89	0.54	0.62
S=3000	r=0.05	1.02	0.33	0.40	0.92	0.34	0.40
	r=0.1	1.03	0.39	0.47	0.91	0.41	0.47
	r=0.2	1.03	0.47	0.56	0.90	0.50	0.56

註:

Lu/VB1 : Lu整合模式與一對一協調機制的平均成本比值。

MB/VB1 : 互惠協商機制與一對一協調機制的平均成本比值。

表 6.11 針對不同持有成本比率(r)，整合模式與互惠模式相對於一對一模式之平均成本比值 ($N=5, S=3000$)

	(Lu/VB1)		(MB/VB1)	
	買方	供應商	買方	供應商
$r=0.05$	1.02	0.33	0.92	0.34
$r=0.1$	1.03	0.39	0.91	0.41
$r=0.15$	1.03	0.43	0.90	0.46
$r=0.2$	1.03	0.47	0.90	0.50

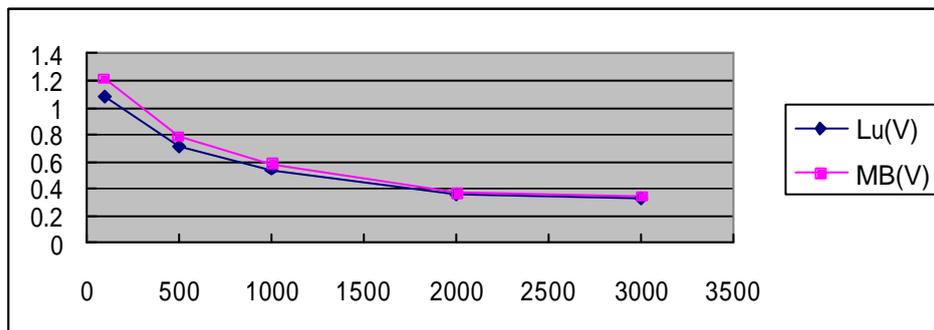


圖 6.5 針對不同整備成本(S)，整合模式與互惠模式相對於一對一模式之供應商平均成本比值 ($N=5, r=0.05$)

註：

Lu(V)：Lu整合模式與一對一協調機制的平均成本比值。

MB(V)：互惠協商機制與一對一協調機制的平均成本比值。

表 6.12 整合模式與互惠模式相對於一對一模式之平均成本比值
(N=10)

N=10		Lu/VB1			MB/VB1		
整備 成本	持有 成本	買方	供應商	系統	買方	供應商	系統
S=100	r=0.05	1.04	1.13	1.04	0.92	1.24	1.04
	r=0.1	1.02	1.05	1.04	0.92	1.15	1.04
	r=0.2	1.04	1.05	1.04	0.92	1.73	1.33
S=500	r=0.05	1.02	0.65	0.79	0.91	0.71	0.79
	r=0.1	1.03	0.69	0.82	0.91	0.76	0.82
	r=0.2	1.02	0.70	0.82	0.91	0.76	0.82
S=1000	r=0.05	1.03	0.47	0.63	0.92	0.52	0.63
	r=0.1	1.02	0.55	0.69	0.91	0.59	0.69
	r=0.2	1.01	0.57	0.71	0.90	0.62	0.71
S=2000	r=0.05	1.02	0.30	0.42	0.92	0.32	0.42
	r=0.1	1.01	0.37	0.51	0.89	0.40	0.51
	r=0.2	1.02	0.44	0.58	0.90	0.48	0.58
S=3000	r=0.05	1.02	0.24	0.34	0.92	0.26	0.34
	r=0.1	1.03	0.31	0.42	0.91	0.33	0.42
	r=0.2	1.01	0.38	0.50	0.90	0.41	0.50

表 6.13 整合模式與互惠模式相對於一對一模式之平均成本比值 (N=20)

N=20		Lu/VB1			MB/VB1		
整備成本	持有成本	買方	供應商	系統	買方	供應商	系統
S=100	r=0.05	1.03	1.08	1.05	0.92	1.15	1.03
	r=0.1	1.02	1.09	1.05	0.91	1.16	1.03
	r=0.2	1.02	1.09	1.05	0.91	1.17	1.03
S=500	r=0.05	1.02	0.61	0.77	0.92	0.67	0.77
	r=0.1	1.01	0.65	0.80	0.90	0.72	0.80
	r=0.2	1.00	0.67	0.80	0.90	0.73	0.80
S=1000	r=0.05	1.01	0.40	0.57	0.91	0.44	0.57
	r=0.1	1.01	0.47	0.64	0.90	0.52	0.64
	r=0.2	1.00	0.51	0.67	0.90	0.56	0.67
S=2000	r=0.05	1.02	2.64	0.39	0.90	2.87	3.90
	r=0.1	1.01	0.33	0.47	0.90	0.36	0.47
	r=0.2	1.00	0.38	0.52	0.89	0.41	0.52
S=3000	r=0.05	1.03	0.22	0.34	0.92	0.24	0.34
	r=0.1	1.01	0.28	0.42	0.90	0.30	0.42
	r=0.2	1.00	0.34	0.48	0.89	0.37	0.48

表 6. 14 整合模式與互惠模式相對於一對一模式之平均成本比值(N=50)

N=50		Lu/VB1			MB/VB1		
整備成本	持有成本	買方	供應商	系統	買方	供應商	系統
S=100	r=0.05	1.02	1.02	1.02	0.92	1.12	1.02
	r=0.1	1.02	1.04	1.03	0.95	1.15	1.05
	r=0.2	1.01	1.05	1.03	0.95	1.15	1.05
S=500	r=0.05	1.02	0.57	0.74	0.92	0.63	0.74
	r=0.1	1.01	0.62	0.77	0.90	0.68	0.77
	r=0.2	1.00	0.63	0.78	0.90	0.69	0.78
S=1000	r=0.05	1.02	0.37	0.55	0.92	0.41	0.54
	r=0.1	1.01	0.43	0.61	0.90	0.48	0.61
	r=0.2	1.00	0.47	0.64	0.90	0.51	0.63
S=2000	r=0.05	1.02	0.23	0.36	0.91	0.25	0.36
	r=0.1	1.00	0.29	0.44	0.90	0.32	0.44
	r=0.2	1.00	0.34	0.49	0.90	0.37	0.49
S=3000	r=0.05	1.02	0.15	0.26	0.91	0.17	0.26
	r=0.1	1.01	0.20	0.33	0.91	0.22	0.33
	r=0.2	1.00	0.25	0.39	0.89	0.27	0.39

表 6.15 表示不同 N 值的趨勢 (S=3000, r=0.05)

	Lu/VB1			MB/VB1		
	買方	供應商	系統	買方	供應商	系統
N=5	1.02	0.33	0.40	0.92	0.34	0.40
N=10	1.02	0.24	0.34	0.92	0.26	0.34
N=20	1.03	0.22	0.34	0.92	0.24	0.34
N=50	1.02	0.15	0.26	0.91	0.17	0.26

結果說明與分析：

1. 以一對一的協調方式為平均成本為基準，將整合式與互惠式的結果分別對一對一的協調方式的結果作比較，並以比率的方式呈現，若比值愈少，則表示此存貨策略的成本效益愈高。
2. 表 6.10 表示在五個買方時($N=5$)，整合模式與互惠模式相對於一對一模式之平均成本比值。
3. 表 6.11 中觀察在整備成本一定下($N=5, S=3000$)，再針對不同持有成本比率(r)，整合模式與互惠模式相對於一對一模式之平均成本比值，結果顯示持有成本比率(r)愈高，其協調效益降低。
4. 圖 6.5 則針對不同的整備成本(S)，整合模式與互惠模式相對於一對一模式之平均成本比值的趨勢做一描繪，結果顯示整備成本(S)愈高，其協調效益愈高。
5. 表 6.12，表 6.13，表 6.14 則分別表示在 $N=10,20,50$ 個買方時，就三種不同策略，整合模式與互惠模式相對於一對一模式之平均成本比值。
6. 表 6.15 表示不同 N 值的趨勢。結果發現，整合式的與互惠式模式的模式將隨著 N 、 S 增大，而其對應成本效益將會逐漸增加，但當 r 值增加時，卻不利於互惠式模式的模式。因存貨持有成本比率上升，會使存貨持有成本增加，而使得雙方均不願意付出持有的代價，而降低協調的成本效益。

6.6 討論與結語

本章研究供應商對買方的補貨週期與供應商的生產整備週期之間呈「整數-分數」倍的關係，供應商對各個買方提供價格折扣，運用此「價格折扣機制」，以確保買方因配合供應商的生產整備週期所引起的成本上

升得以彌補，並且能額外地，給予買方某一比率的利益當作誘因，以茲分享供應商整合生產整備週期所獲得的成本節省。於此情況下，求供應商平均年總成本之最小值，並同時能獲得多贏的局面。並利用前三章的理論基礎，以設計有效的求解演算法。

但在整合式所獲得的節省將由供應商取得，買方則呈某一定比率的增加。如此，造成僅由單方面得到整合的效益，另一方卻吃虧。而若採用互惠式模式，則不僅賣方可以獲利，買方亦可因配合供應商所引發的成本將可以得到補償。如此，可由本模式以量化的方式衡量本策略的效益。此乃供應商將所節省的成本與買方分享的可行具體做法。如此進行成本節省的重新分配，如此作法有助於營造一種長期合作互惠互利的夥伴關係。

第七章 結論與未來研究方向

7.1 結論

在供應鏈體系中，進行上下游的存貨協調會有很大的成本節省空間。是故，如何設計有效的協調機制以促成供應鏈上、下游組織的協調與成本節省，是一項非常重要的研究課題。

本研究考量買方允許的平均總成本增加上限，作為協調限制條件，其為在買方應允配合供應商的整備週期時，運用價格折扣策略補貼買方因配合供應商所引發的成本上升，而且除確保買方上升的成本得以彌補外，並且外加某一定比率的優惠作為配合供應商的誘因。故運用本研究的協調機制，可確保買方不會因配合供應商而蒙受成本增加，故能達成互惠受益的多贏局面。以維繫長期的合作關係。換言之，以買方之成本預算上限與供應商提供價格折扣的機制進行供應商與買方間彼此的協調，以達互惠效果。

本研究以計量的方法，推導出供應商最佳生產週期、各個買方的補貨週期，以及供應商對各個買方應提供價格折扣值，如此將可以創造互惠多贏的決策。

本研究各章的主要貢獻歸納如下：

1. 本研究針對供應鏈協調的各種數理模式分類，與價格折扣機制的相關文獻做廣泛的探討，以確定本論文的研究的主旨與架構。並設計買賣雙方有機會達到均能互惠受益的模式。
2. 在供應鏈體系中只有一個供應商(賣方)與一個經銷商(買方)時，或者在沒有採用協調機制之前，一個賣方面對多個買方時，需採用一對一的方式與各個經銷商進行協商。運用最佳解的曲線具有的特殊性質，可

求得最佳解。比文獻(Lu,1995)所求得的品質較佳。第三章分析研究一對一的協調方式，可將其結果作為第四章整合存貨模式與第六章互惠存貨模式的績效比較基礎。

3. 整合存貨模式中所使用的「整數-分數」的協調機制，其中分數的配送方式，即所謂的「巢式」配送方式。其生產起始點必由 $t=0$ 開始，其最佳解的曲線較具有規律性。本的研究結果可求得整合存貨模式之最佳解。而在「整數」的配送方式，因其受到不同的開始時間的影響，其最佳解的曲線並無明顯規律性。其曲線特性，及斷點與交接點的特性，則在最後買賣雙方有機會達到均能互惠受益的模式中作進一步的分析。
4. 在藉由共同補貨週期以協調供應鏈存貨之研究中發現：在面對多個經銷商(或買方)時，供應商邀請各經銷商以更積極的合作方式(cooperative strategy)進行補貨。供應商可替經銷商制定補貨週期。供應商提供買方價格折扣彌補各經銷商因依照共同補貨週期進行補貨所引起的成本？加外，並還需額外提供一部份成本節省(EOQ 成本之某一比例)作為誘因。與 Stackelberg 賽局策略比較，以更積極的合作方式進行配合，則供應商會有機會達成進一步節省成本的空間，且亦可以進一步回饋經銷商的作法，例如，專屬加盟體系的供應商以調降 franchise fee 費用方式吸引經銷商的配合，至於費用調降幅度可由供應商掌控。
5. 在單一供應商與多經銷商間互惠協調模式之研究中，對所提出模式的理論性質做詳細深入的研究，證明其最佳成本曲線具有片段凸性，並且推導斷點，交接點的位置、區域最佳解與搜尋的上下界等理論性質的論述，利用所推導的理論性質設計求解演算法。並以數據驗證方式說明有機會達成互惠模式的績效差異。

6. 本研究與文獻中其他研究之差異在於建立新的模式決策情境不同，提供有機會創造雙方互惠的機制，並以深入探究問題最佳解的結構，發掘問題模式的理論性質，以設計有效的演算法。

7.2 未來研究方向

本研究雖對供應鏈的整合模式與互惠模式之理論性質與求解其最佳解已經獲得初步的成果，但是，仍有許多相關的問題值得繼續深入探討與研究。茲簡述如下：

1. 當 $k_i < 1$ 時，會有分批交貨的情形，分批交貨會使決定的運交量有所變化，因此供應商需再進一步考量運輸成本的計算問題，因為本研究假設不管每次運輸量的多寡均不影響運輸成本。故可以朝考慮貨車運交量(truckload)限制，與運輸成本的方向作進一步研究。
2. 在單一供應商與多經銷商間進行分批交貨時，除上述考慮貨車運交量外，可以再進一步延伸配送途程(routing)或是生產排程(scheduling)等因素納入考量。
3. 本研究探討在供應鏈中建立互惠的協調機制，創造多贏的局面時，運用買方成本預算限制為 EOQ 成本之某一百分比的方式下，作為協調的限制條件。其實，在模式中亦可以增加考量倉儲空間的因素以作為協調機制的限制條件。
4. 本研究特別適用於需求穩定之產品，以協助買賣雙方建立長期互惠的合作夥伴關係。後續，可以將長期需求穩定的假設加以寬鬆，在有限期間內進行彼此的協調，且能夠使雙方互惠。
5. 在單一供應商與多家經銷商的架構在加以擴充，可考量多家供應商與多家經銷商之供應體系之協調。

參考文獻

1. Abad, P.L., "Determining optimal selling price and lot size when the supplier offers all-unit quantity discounts", *Decision Sciences* 19(3), 622-634 (1988a).
2. Abad, P.L., "Joint price and lot-size determination when supplier offers incremental quantity discounts", *Journal of the Operational Research Society* 39, 603-607 (1988b).
3. Aderohunmu, R., A. Mobolurin, and R. Bryson, "Joint vendor-buyer policy in JIT manufacturing", *Journal of the Operational Research Society* 46, 375-385 (1995).
4. Altiok, T., and R. Raajan, "Multi-stage, pull-type production/ inventory systems", *IIE Transactions* 27, 190-200 (1995).
5. Anupindi, R., and R. Akella, "Diversification under supply uncertainty", *Management Science* 39/8 944-963 (1993).
6. Arntzen, B.C., G.G. Brown, T.P. Harrison, and L.L. Trafton, "Global supply chain management at digital equipment corporation", *Interfaces* 25, 69-93 (1995).
7. Aucamp, D.C., and P.J. Kuzdrall, "Lot sizes for one-time-only sales", *Journal of the Operational Research Society* 37(1), 79-86 (1986).
8. Aucamp, D.C., and P.J. Kuzdrall, "Order quantities with temporary price reductions", *Journal of the Operational Society* 40/10, 937-940 (1989).
9. Aull-Hyde, R.L., "Evaluation of supplier restricted purchasing options under temporary price discounts," *IIE Transactions* 24, 184-186 (1992).
10. Beers, G., A.J.M. Beulens, and J. C. Van Dalen, "Chain science as an emerging discipline," *The Proceedings of the 3rd International conference on chain management in agribusiness and the food industry* (eds. Ziggers, G.W., J.H. Trienekens, P.J.P. Zuurbier), Wageningen Agricultural University, Netherlands, 295-308 May (1998).
11. Banerjee, A., "A joint economic lot size model for purchaser and vendor", *Decision Sciences* 16 292-311 (1986a).
12. Banerjee, A., "On a quantity discount pricing model to increase vendor profits", *Management Science* 32(11), 1513-1517 (1986b).
13. Banerjee A., and S. Banerjee, "Coordinated, order less inventory replenishment for a single supplier and multiple buyers through electronic data interchange", *International Journal of Technology Management* 12, 369-390 (1992).
14. Basar, T., and G.J. Olsder, *Dynamic Non-Cooperative Game Theory*. New York: Academic Press (1982).
15. Bazarra, M., H.D. Sherali, and C.M. Shetty, *Nonlinear Programming Theory and Algorithms*, 2nd ed. John Wiley & Sons Inc. (1993).
16. Beamon, B.M., "Supply chain design and analysis: models and methods", *International Journal of Production Economics* 55, 281-294 (1998).

17. Benjamin, J., "An analysis of mode choice for shippers in a constrained network with applications to just-in-time inventory", *Transportation Research* 24B/3229-245 (1990).
18. Benton, W.C., "A study of material planning purchase quantity discount lot sizing procedure under uncertainty", Unpublished Doctoral Dissertation, Indiana University (1980).
19. Benton, W.C., "Purchase quantity discount procedures and MRP", *Journal of Purchasing and Materials Management* Spring, 30-34 (1983).
20. Benton, W.C., "Multiple price breaks and alternative purchase lot-sizing procedures in material requirements planning systems", *International Journal of Production Research* 23/5, 1025-1047 (1985).
21. Benton, W.C., "Quantity discount decisions under conditions of multiple items, multiple suppliers and resource limitations", *International Journal of Production Research* 29(10), 1953-1961 (1992).
22. Benton, W.C. and S. Park, "A classification of literature on determining the lot size under quantity discounts", *European Journal of Operational Research* 92, 219-238 (1996).
23. Benton, W.C., and D.C. Whybark, "Material requirement Planning systems: A framework for analysis", *International Journal of Management Sciences* 14(5), 4CI9414 (1982).
24. Boyaci, T and G. Gellgo, "Coordinating pricing and inventory replenishment policies for one wholesaler and one or more geographically dispersed retailers", *International Journal of Production Economics* 77, 95-111(2002).
25. Britney, R.R., E.J. Kuzdrall, and N. Fartuch, "Note on total setup lot sizing with quantity discounts", *Decision Sciences* 14, 282-291 (1983a).
26. Britney, R.R., P.J. Kuzdrall, and N. Fartuch, "Full fixed cost recovery lot sizing with quantity discounts", *Journal of Operations Management* 3, 131-140 (1983b).
27. Burwell, T.H., D.S. Dave, K.E. Fitzpatrick, and M.R. Roy, "An inventory model with planned shortages and price dependent demand", *Decision Sciences* 22, 1187-1191 (1991).
28. Buzzel, R., and A. Ortmeyer, "Channel partnerships streamline distribution," *Sloan management Review* 85-96 (1995).
29. Bylka S., "Competitive and cooperative policies for the vendor-buyer system," *International Journal of Production Economics*, 81-82 533-544 (2003).
30. Callarman, T.E., and D.C. Whybark, "Purchase quantity discounts in an MRP environment", Discussion Paper No. 72, School of Business, Indiana University, March (1977).
31. Callaman, T.E., and D.C. Whybark, "Determining purchase quantity for MRP requirements", *Journal of Purchasing and Materials Management* 17, 25-30(1981).
32. Camm, J.D., T.E. Chonnan, F.A. Dull, J.R. Evans, D.J. Sweeney, and G.W. Wegryn,

- “Blending OR/MS, judgment, and GIS: Restructuring P&G's supply chain”, *Interfaces* 27, 128-142 (1997).
33. Chakravarty, A.K., and G. E. Martin, "Discount pricing policies for inventories subject to declining demand", *Naval Research Logistics* 36, 89-102 (1989).
 34. Chan, L.M.A, Simchi-Levi, D. and Swann, J. “Flexible pricing strategies for improving supply chain performance,” Working paper, University of Toronto, Toronto, Ontario, Canada (2000).
 35. Chandra, P. and M.L. Fisher, “Coordination of production and distribution and distribution planning”, *European Journal of Operational Research* 72,503-517 (1994).
 36. Chen, Z.L., “Integrated production and distribution operations: Taxonomy,models, and review", *International Conference on Global Supply Chain Management*, Tsinghua University, Beijing, China, August 5-7(2002).
 37. Chen, F., A. Fenderguen, and Y.S. Zheng, “Coordination mechanisms for a distribution system with one supplier and multiple Retailers”, *Management Science* 47, 693-708 (2001).
 38. Chien, T.W., “Determining profit-maximizing production/ shipping policies in a one-to-one direct shipping, stochastic environment”, *European Journal of Operational Research* 64, 83-102 (1993).
 39. Chiou C., and M. Yao, “On an integrated supply chain model with one vendor and multiple buyers", *Proceeding of the 6th Annual International Conference on Industrial Engineering – Theory, Applications and Practice*, San Francisco, CA, USA (2001).
 40. Christopher, M.G., *“Logistics and supply chain management; strategies for reducing costs and improving services”*, London: Pitman Publishing (1992).
 41. Christopher, O.B., and R.L. LaForge, "The performance of MRP purchase lot-size procedures under actual multiple purchase discount conditions", *Decision Sciences* 20, 348-358 (1989).
 42. Chung, C., D.T. Chiang, and C. Lu, “An optimal algorithm for the quantity discount problem”, *Journal of Operation Management* 7, 165-177 (1987).
 43. Clark, A. J., and H. Scarf, “Optimal policies for a multi- echelon inventory problem”, *Management Science* 6 475-490 (1960).
 44. Cohen, M.A. and H.L. Lee, “Strategic analysis of integrated production-distribution systems: Models and methods”, *Operations Research* 36, 216-228 (1988).
 45. Cohen, M.A., and S. Moon, “Impact of production seals economics, manufacturing complexity, and transportation costs on supply drain facility networks,” *Journal of Manufacturing and Operations Management* 3, 269-292 (1990).
 46. Cooper, M.C., D.M. Lambert, and J.D. Pagh, “ Supply chain management: more than a new name for logistics", *International Journal of Logistics Management*, 8(1) 1-13 (1997).

47. Crowther, J., "Rationale for quantity discounts", *Harvard Business Review* 42 (2), 121-127 (1964).
48. Dada, M. and K.N. Srikanth, "Pricing policies for quantity discounts", *Management Science* 33(10), 1247-1252 (1987).
49. Davis, T., "Effective Supply Chain Management", *Sloan Management Review*, Summer, 35-46 (1993).
50. Dolan, R.J., "A normative model of industrial buyer response to quantity discounts", in: S.C.(ed.), *Research Frontiers in Marketing: Dialogues and Directions*, American Marketing Association, Chicago IL, 121-125 (1978).
51. Dolan, R., "Quantity discounts: managerial issues and research opportunities", *Marketing Science* 6 1-23 (1987).
52. Drezner, Z., and Wesolowsky, G.O. (1989), "Multi-buyer discount pricing", *European Journal of Operational Research* 40, 38-42.
53. Eliashberg, J. and R. Steinberg, "Marketing-production decisions in an industrial channel of distribution", *Management Science* 33, 981-1000 (1987).
54. Ellram, L.M., "Supply chain management: the industrial organization perspective", *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 21(1) 13-22 (1991).
55. Erkip, N., W.H. Hausman, and S. Nahmias, "Optimal centralized ordering policies in multi-echelon inventory systems with correlated demands", *Management Science* 36/3 381-392 (1990).
56. Ernst, R., and D.F. Pyke, "Optimal base stock policies and truck capacity in a two-echelon system", *Naval Research Logistics* 40, 879-903 (1993).
57. Federgruen, A. and Heching, A., "Combined pricing and inventory control under uncertainty", *Operations Research*, 47, 454-475 (1999).
58. Federgruen, A., Y.S. Zheng, "Optimal power-of-two replenishment strategies in capacitated general production/ distribution networks", *Management Science* 39, 710-727 (1993).
59. Federgruen, A. and P. Zipkin, "Approximations of dynamic, multi-location production and inventory problems", *Management Science* 30, 69-84 (1984).
60. Federgruen, A., and C. Lee, "The dynamic lot size model with quantity discount", *Naval Research Logistics* 37, 707-713 (1990).
61. Fordyce, J.M., and F.M. Webster, "Non-constant unit cost/price with the Wagner-Whitin algorithm", *Production and Inventory Management* 26/1, 71-80 (1985).
62. Forgarty, D.W., and T.R. Hoffman, *Production and Inventory Management*, South-Western Publishing, Cincinnati, OH, 429-432 (1983).
63. Fung, R.Y.K. and X. Ma, "A new method for joint replenishment problems", *Journal of Operations Research Society* 52, 358-362 (2001).

64. Goyal, S.K., "Determination of optimum packing frequency of items jointly replenished", *Management Science* 21, 436-443 (1974).
65. Goyal, S.K., "An integrated inventory model for single supplier-single customer problem", *International Journal of Production Research* 15, 107-111 (1977).
66. Goyal, S.K., "Determination of a supplier's economic ordering policy", *Journal of the Operational Research Society* 38, 853-857 (1987).
67. Goyal, S.K., "A joint economic lot size model for purchaser and vendor: A comment", *Decision Sciences* 19, 236-241 (1988).
68. Goyal, S.K., and Y.P. Gupta, "Integrated inventory models: the buyer-vendor coordination", *European Journal of Operational Research*, 41, 261-269 (1989).
69. Goyal, S.K., "A one-vendor multi-buyer integrated inventory model: A comment," *European Journal of Operational Research* 82, 209-210 (1995).
70. Goyal, S.K., and F. Nebebee, "Deterministic of economic production-shipment policy for a single-vendor single-buyer system", *European Journal of Operational Research* 121, 175-178 (2000).
71. Guder, F., J. Zydiak, and S. Chaudhry, "Capacitated multiple item ordering with incremental quantity discounts", *Journal of the Operational Research Society* 45/10, 1197-1205 (1994).
72. Gunasekaran A., C. Patel, and E. Tirtiroglu, "Performance measures and metrics in a supply chain environment", *International Journal of Operations and Production Management* 21 1/2, 71-87 (2001).
73. Gurnani, A, and G. Haresh, "A study of quantity discount pricing models with different ordering structures: order coordination, order consolidation, and multi-tier ordering hierarchy", *International Journal of Production Economics* 72, 203-225 (2001).
74. Hadley, G., and T.M. Whitin, *Analysis of Inventory Systems*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 62-68, 323-345 (1963).
75. Hahm, J. and C.A. Yano, "The Economic Lot and Delivery Scheduling Problem: the Single Item Case", *International Journal of Production Economics*, 28 (1992), 235-252.
76. Hahm, J. and C.A. Yano, "Economic lot and delivery scheduling problem: the common cycle Case", *IIE Transactions*, 27, 113-125 (1995a).
77. Hahm, J. and C.A. Yano, "Economic lot and delivery scheduling problem: the nested schedule case", *IIE Transactions*, 27, 126-139 (1995b).
78. Hahm, J. and C.A. Yano, "Economic lot and delivery scheduling problem: powers of two policies", *Transportation Science*, 29, 222-241(1995c).
79. Hall, R.W., "Price changes and order quantities: impacts of discount rate and storage costs", *IIE Transactions* 24/2,104-110 (1992).
80. Hall, N. G., "A multi-item EOQ model with inventory cycle balancing", *Naval*

Research Logistics 35, 319 – 325 (1988).

81. Hall, R.W., “On the integration of production and distribution: economic order and production quantity Implications”, *Transportation Research*, 30B, 387-403(1996).
82. Handfield, R.B., and E.L. Nichols, Jr., *Introduction to Supply Chain Management*, Prentice-Hall, New Jersey 07458, U.S.A. (1999).
83. Haq, A., P. Vrat, and A. Kanda, “An integrated production- inventory-distribution model for manufacture of urea: A case”, *International Journal of Production Economics* 39, 39-49 (1991).
84. Hill, R.M., “The single-vendor, single-buyer integrated production-inventory model with a general policy”, *European Journal of Operational Research* 97, 493-499 (1997).
85. Hill, R.M., “The optimal production and shipment policy for the single-vendor, single-buyer integrated production-inventory system”, *Internal Journal of Production Research* 37, 2463-2475 (1999).
86. Hiller, R.M. GJ. Lieberman, *Introduction to Operations Research* 6th ed., McGraw-Hill Inc., New York, 1995.
87. Ingene, C. and M. Parry, “Coordination and manufacturer profit maximization: The multiple retailer channel,” *Journal of Retailing* 71, 129-151 (1995)
88. Ishii K., K.Takahasji, and R. Muramatsu, “Integrated production, inventory and distribution system”, *International Journal of Production Research* 26(3), 473-482 (1988).
89. Jeuland, A., and S. Shugan, “Managing channel profits”, *Marketing Science* 2, 239-272 (1983a).
90. Jeuland, A.P., and S.M. Shugan, "Coordination in marketing channels", in: D. Gaustschi (ed.), *Productivity and Efficiency in Distribution Systems*, Elsevier, New York, Ch. 2 (1983b).
91. Joglekar, P.N. "Comments on a quantity discount pricing model to increase vendor profits", *Management Science* 34(11), 1391-1400(1988).
92. Johnston, R., and P. Lawrence, “Beyond vertical integration- the rise of the value adding partnership”, *Harvard Business Review* 66, (July-August) 94-101 (1988).
93. Jones, T.C., and D.W. Riley, “Using inventory for competitive advantage through Supply Chain Management,” *International Journal of Physical Distribution and Materials Management* 15(5), 16-26 (1985).
94. Kim S., and D. Ha, “A JIT lot-sizing model for supply chain management: Enhancing buyer-supplier linkage”, *International Journal of production Economics*, 86 1-10 (2003).
95. Kim, K.H., and H. Hwang, “An incremental discount pricing schedule with multiple customers and single price break”, *European Journal of Operational Research* 35, 71-79 (1988)

96. Kim, K.H., and H. Hwang, "Simultaneous improvement of supplier's profit and buyer's cost by utilizing quantity discount", *Journal of the Operational Research Society* 40(3), 55-265 (1989).
97. Klastorin T.D. K. Moinzadeh, and J. Son, "Coordinating orders in supply chains through price discounts", *IIE Transactions* 34, 679-689 (2002).
98. Kohli, R., and H. Park, "Coordinating buyer-seller transactions across multiple products", *Management Science* 40(9), 45-50 (1994).
99. Krupp, J.A., "ROI analysis for price breaks", *Journal of Purchasing and Materials Management* Spring, 23-25 (1985).
100. Kuzdrall, P.J., and R.R. Britney, "Total setup lot sizing with quantity discounts", *Decision Sciences* 13, 101-112 (1982).
101. LaForge, R.L., "MRP lot sizing with multiple purchase discounts", *Computer and Operations Research* 12(6), 579-587 (1985).
102. LaForge, R.L., and I.W. Patterson, "Adjusting the part-period algorithm for purchase quantity discounts", *Production and Inventory Management* 26(1). 138-151 (1985).
103. Lal, R., and R. Staelin, "An approach for developing an optimal discount pricing policy", *Management Science* 30, 1524-1539 (1984).
104. Lau, H.S., and A.H.-L. Lau, "Coordinating two suppliers with offsetting lead time and price performance", *Journal of Operations Management* 11, 327-337(1994).
105. Lee, H.L. and C. Billington, "The evolution of supply chain management models and practice at Hewlett-Packard", *Interfaces* 25, 5 42-63(1995).
106. Lee, F.J. and M.J. Yao, "A global optimum search algorithm for the joint replenishment problem under power of two policy", *Computer and Operations Research* 30, 1319-1333 (2003).
107. Lee, H.L., and C. Billington, "Material management in decentralized supply chains", *Operations Research* 41, 835-847 (1995).
108. Lee, H.L., C. Billington, and B. Carter, "Hewlett-Packard gains control of inventory and service through design for localization", *Interfaces* 23, 1-11 (1993).
109. Lee, H.L. and E. Feitzinger, "Product configuration and postponement for supply chain efficiency", *Fourth Industrial Engineering Research Conference Proceedings*, Institute of Industrial Engineers, 43-48 (1995).
110. Lee, H.L., V. Padmanabhan, and S. Whang, "Information distortion in a supply chain: The bullwhip effect", *Management Science* 43, 546-558(1997).
111. Lee, H.L., and M.J. Rosenblatt, "A generalized quantity discount pricing model to increase supplier profits", *Management Science* 32, 1177-1185(1986).
112. Li, S.X. and Z. Huang, "Managing buyer-seller system cooperation with quantity discount considerations", *Computers and Operations Research* 22(9), 947-958, (1995).

113. Liu, Y.S., "Management index system & synthetic measurement model of supply chain performance", *International Conference on Global Supply Chain Management*, Tsinghua University, Beijing, China, August 5-7 (2002).
114. Lu, L., "A one-vendor multi-buyer integrated inventory model", *European Journal of Operational Research*, 81, 312-323 (1995).
115. Lu, L. and M.E. Posner, "Approximation procedures for the one-warehouse multi-retailer system", *management science* 40(10), 1305-1316 (1994).
116. Lummus R.R., R. J. Vokurka, and K.L. Alber, "Strategic supply chain planning", *Production and Inventory Management Journal* 3, 49-58 (1998).
117. Magnan, G., "Supply chain management-achieving integration", *APICS* February, 67-68 (1999)
118. Majewicz, D., and L.A. Swanson, "Inventory ordering and quantity discounts with time-varying demand: A programming application", *Production and Inventory Management* 19(1), 91-102 (1978).
119. Mather, H., "Purchasing discount decisions under erratic usage conditions using part-period balancing", *Production and Inventory Management* 11(3), 50-55 (1970).
120. Mishra A., "Production, manufacturing and logistics selective discount for supplier-buyer coordination using common replenishment epochs", *European Journal of Operational Research*, 153751-756 (2004).
121. Monahan, J.P., "A quantity discount pricing model to increase vendor's profits", *Management Science* 30, 720-726 (1984).
122. Moorthy, K., "Managing channel profits: Comments", *Marketing Science* 6, 375-379 (1987).
123. Musckstadt, J. A. and L.J. Thomas, "Are multi-echelon inventory methods worth implementing in systems with low-demand-rate items?", *Management Science* 26(5) 483-494 (1980).
124. Muckstadt, J.A., and R.O. Roundy, *Logistics of Production and Inventory*, (Handbooks in Operations Research and Management 4), North-Holland, Amsterdam (1993).
125. Muson, C. and M. Rosenblatt, "Coordinating a three-level supply chain with quantity discounts", *IIE Transactions* 33, 371-384 (2001).
126. Newhart, D.D., K.L. Stott, and F.J. Vasko, "Consolidating product sizes to minimize inventory levels for a multi-stage production and distribution systems", *Journal of the Operational Research Society* 44, 637-644(1993).
127. Palar, M. and Q. Wang, "Discounting decisions in a supplier-buyer relationship with a linear buyer's demand", *IIE Transactions* 26, 34-41(1994).
128. Patterson, M.C., "Evaluation on quantity discounts considering rate of return", *Production and Inventory Management Journal* 2nd Quarter, 68-71(1989).
129. Pitts, R.A. and Lei, D, *Strategic Management* 2nd ed., South-Western College

Publishing. (2000).

130. Pirkul, H., and O.A. Aras, "Capacitated multiple item ordering problem with quantity discounts", *IIE Transactions* 17, 206-211(1985).
131. PRTM, Soor model [EB/OL], <http://www.supply-chain.org/html>, Soor-overview, 2000-05015.
132. Pyke and R. Ernst, "Dealer inventory management systems", *IIE Transactions* 25, 36-49 (1993).
133. Pyke, D.F., and M.A. Cohen, "Multi-product integrated production-distribution systems", *European Journal of Operational Research* 74 18-49 (1994).
134. Rosenblatt, M.J., and H.L. Lee, "Improving profitability with quantity discounts under fixed demand", *IIE Transactions* 17(4) 388-395 (1985).
135. Rogers,D.F., and S. Tsubakitani, "Newsboy-style results for mutli-echelon inventory problems: backorders optimization with intermediate delays", *Journal of the Operational Research Society* 42(1) 57-68 (1991).
136. Roundy, R.A., "98%-Effective Integer-ratio Lot-Sizing for One-Warehouse Multi-Retailer Systems", *Management Science* 31(11), 1416-1430 (1985)
137. Roundy, R.A., "98%-effective lot-sizing rule for a multi-product, multi-stage production/inventory system", *Mathematics of Operations Research* 11, 699-727 (1986).
138. Rubin, P.A., and W.C. Benton, "Jointly constrained order quantities with all units discounts", *Naval Research Logistics* 40, 255-278 (1993).
139. Rubin, P.A., D. M. Dilts, and B. A. Barron, "Economic order quantities with quantity discounts: Grandma does it best", *Decision Sciences* 14, 270-281 (1983).
140. Schmchi-Levi, D., P. Kaminsky, and E. Simchi-Levi, *Designing and Managing the Supply Chain*, McGraw-Hill, U.S.A (2000).
141. Scott, S., and R. Westbrook, "New strategic tools for supply chain management", *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 21(1) 23-33 (1991).
142. Silver, E.A. and R. Peterson, *Decision Systems for Inventory Management and Production Planning*, John Wiley & Sons, 1995.
143. Silver, E.A., D.F. Pyke and R. Peterson, *Inventory Management and Production Planning and Scheduling* 3^d ed., John Wiley & Sons, (1998).
144. Stern,L.W., A.I. El-Ansary, and A.T. Coughlan, *Marketing Channel Policies and Potential Legal Constraints*, Prentice Hall England Cliffs, NJ.R.E. (1996).
145. Stevensons, W., *Operation Management* 7th ed., McGraw-Hill Inc. New York. (2002).
146. Svoronos, A. and P. Zipkin, "Evaluation of One-for-One Replenishment Policies for Multi-echelon Inventory Systems", *Management Science* 37, 68-83 (1991).

147. Tersine, R.J., and R.L. Price, "Temporary price discounts and EOQ", *Journal of Purchasing and Materials Management Winter*, 23-27 (1981).
148. Tersine, R.J., and R.A. Toelle, "Lot size determination with quantity discounts", *Production and Inventory Management* 27(3), 1-22 (1985).
149. Tirole, J., *The Theory of industrial organization*, The MIT Press, Cambridge, MA (1988).
150. Thomas, D.J. and P.M. Griffin, 'Coordinated supply chain management", *European Journal of Operational Research* 94, 1-15 (1996).
151. Towill, D.R., "Supply Chain Dynamics", *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 4, 197-208 (1991).
152. Towill, D.R., M.M. Naim, and J. Wikner, "Industrial dynamics simulation models in the design of supply chains", *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management* 22(5), 3-13 (1992).
153. Trienekens, J.H., *Management of processes in chains: A research framework*, Dissertation, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands (1999)
154. Tsay, A. "Quantity-flexibility contract and supplier-customer incentives", *Management Science* 45, 1339-1358 (1999)
155. Tzafestas, S. and G. Kapsiotis, "Coordinated control of manufacturing/ supply chains using multi-level techniques", *Computer Integrated Manufacturing Systems* 7, 206-212 (1994).
156. Van Eijs, M.J.G. , "A note on the joint replenishment problem under constant demand", *Journal of Operations Research Society* 44(2), 185-19 (1993).
157. Van Eijs, M.J.G. , "Multi-item inventory systems with joint ordering and transportation decisions", *International Journal of Production Economics* 35, 285-292 (1994).
158. Viswanathan, S. and R. Piplani, "Coordinating supply chain inventories through common replenishment epochs", *European Journal of Operational Research* 129, 277-286 (2001).
159. Viswanathan, S., "Optimal strategy for the integrated vendor-buyer inventory model", *European Journal of Operational Research* 105, 38-42 (1998).
160. Viswanathan, S., "On optimal algorithms for the joint replenishment problem", *Journal of Operational Research Society* 53, 1286-1290 (2002).
161. Voudouris, V.T., "Mathematical programming techniques to de-bottleneck the supply chain of fine chemical industries", *Computers and Chemical Engineering* 20, S1269-S1274 (1996).
162. Wang, Q. and Z. Wu, "Improving a supplier's quantity discount gain from many different buyers", *IIE Transactions* 32, 1071-1079(2000).
163. Weng, Z.K., and R.T. Wong, "General models for the supplier's all-unit quantity discount policy", *Naval Research Logistics* 40, 971-991 (1993).

164. Weng, Z., "Channel coordination and quantity discounts", *Management Science* 41, 1509–1522 (1995).
165. Wideman, R.E. J.B.G. Frenk, and R. Dekker, "An efficient optimal solution method for joint replenishment problem", *European Journal of Operational Research* 99, 433-444 (1997).
166. Wikner, J., D.R. Towill, and M. Naim, "Smoothing supply chain dynamics", *International Journal of Production Economics* 22, 231-248 (1991).
167. Williams, J.F., "A hybrid algorithm for simultaneous scheduling of production and distribution in multi-echelon structures", *Management Science* 29, 77-92 (1981).
168. Williams, J.F., "Heuristic techniques for simultaneous scheduling of production and distribution in multi-echelon structures: Theory and empirical comparisons", *Management Science* 27, 336-352 (1983).
169. Yao M., and C. Chiou, "On a replenishment coordination model in an integrated supply chain with one vendor and multiple buyers", *European Journal of Operational Research*, 2004 (To appear).
170. Zhao, W. and Y. Wang "Coordination of joint pricing-production decisions in a supply chain", *IIE Transactions* 34, 701–715 (2002).

簡 歷

姓 名：邱 創 鈞
出生地：台灣 彰化縣
出生日期：1964 年 5 月 20 日

學歷：

東海大學	工業工程與經營資訊研究所 博士班
德州農工大學	工業工程研究所 碩士
東海大學	工業工程學系 學士

現職：

南開技術學院 工業工程與管理系 講師

經歷：

台中健康管理學院 資訊管理系 兼任講師
勤益工專 企管科 兼任講師
櫻花集團 總經理室 專員
豐泰集團 總經理室/生產技術課經理

連絡方式：

404 台中市進化路 363 巷 21 弄 2 之 1 號
(Mobile) 0958-010208 (Email) cjchiou@nkc.edu.tw
g