

國立臺灣大學工學院工業工程學研究所



碩士論文

Graduate Institute of Industrial Engineering

College of Engineering

National Taiwan University

Master Thesis

基於服務邏輯下的供應契約價值分析

Value analysis of supply contracts based on
the service dominant logic

黃愷宥

Kai-You Huang

指導教授：周雍強 博士

Advisor: Yon-Chun Chou, Ph.D.

中華民國 108 年 7 月

July, 2019

誌謝



時光飛逝，轉眼間，兩年的研究生活也將接近尾聲了，在行囊滿是收穫以及祝福之際，即將畢業了。驀然回首，內心感受五味雜陳，此時此刻的心情更是充滿著無限的感恩。

本論文能夠順利完成，心中最感謝的就是我的指導老師-周雍強教授，兩年來的悉心指導，每當遇到困難或瓶頸時，老師總是提供我寶貴的建議並包容學生的錯誤，另外，老師在專業上的之事對研究嚴謹的態度，深刻著影響著我，這段日子，真的很感謝老師的指導及教授。

再者，口試期間承蒙口試委員 洪一薰教授、藍俊宏助理教授的細心指正，提供諸多寶貴意見，使本論文更臻完備，在此致尚深深的謝意。

接下來，要感謝實驗室的同學與學弟學妹，感謝千慈、Cindy、Eason、Anson、James 在這段時間的幫忙，也要謝謝工工所的同學語欣、舒婷、羿軒、家君、佳陽等人在課業上的幫助；另外也要感謝所辦 Sophia、Freddy 在碩士期間於行政事務上的熱心協助。

最後要感謝的還是最敬愛的家人，感謝你們這段時間在我背後的支持與鼓勵，才能讓我無後顧之憂地朝目標挑戰，還要感謝賴賴的支持與關心包容我的壞脾氣，並謹以此向所有關心我的人致上最深的謝意，最後碩士畢業，不代表結束，而是另一個嶄新的開始。

中文摘要



本研究旨在運用 service-dominated logic 以拋棄當前供應契約協同方法來開發一種更全面的方法來評估供應契約給予零售商的價值，重點關注三種流行的契約類型：wholesale pricing、buy-back 及 revenue-sharing，並分別以靜態模型與動態模擬進行雙佔市場中的價值分析。

在 service-dominated logic 下，價值的提取並非僅在垂直結構內提取，零售商、供應商、競爭對手及最終顧客形成了一價值網絡，價值的衡量應當擴及整個價值網絡，因此每個合同的靈活性是重要標準，而協同空間的大小反應了合同的靈活性，零售商應選擇有較大協同空間的契約類型，如此一來零售商有更多的靈活性去面對雙佔的競爭市場且可有更多機會去創造價值。

服務常被預期可有效提高零售商在競爭市場的競爭能力並可降低需求的不確定性，新服務可能影響需求偏移、需求偏移，抑或兩者兼之，當新服務投入後需求發生變化，零售商需在時間與資訊價值間權衡，並盡快做出適應性決策，而新服務的價值即藉由兩個動態適應性決策來證實，分別是一次補退貨決策及服務強度的調整。先前研究顯示，服務已被評估為有效可提高零售業者能力的一種策略，因此契約的協同已不再是契約設計的重點，相反的，契約的彈性及靈活性才是契約的價值。

當 retailer 進行一系列的賦能策略，無論協同與否供應鏈的效率都會提升，因此協同不應成為契約設計的硬性條件，契約設計應當考慮到訂購時的彈性與對整個價值網絡產生的價值。

關鍵字：Supply contract、Service-dominated logic、New service、Bayesian learning、Value network

ABSTRACT



Supply contracts are a primary mechanism for supply chain integration. Past studies have focused on achieving decision coordination. Comparing contract types in order to shed light on contract select is still an open research issue. In this paper, the principle of service-dominant logic is applied to evaluate and compare three major supply contracts.

We regard a supply contract as a service that is offered by the supplier and utilized by firm 2 to enhance her capability. Following S-D logic, the value of a service is determined not by its provider but by its customer in her use of the service. Thus, the value of a supply contract does not reside in the internals of the vertical structure. On the contrary, the value should be evaluated on how the contract improves the competitiveness of firm 2 in the duopoly. Our model of value evaluation comprises two key components: (1) evaluating coordinative space and (2) utilizing the operant resource and creating strategic benefits.

Retailers, suppliers, competitors and end customers form a value network. The measurement of value should be extended to the entire value network, so the flexibility of contract is an important criterion, and the size of the coordinative space reflects the flexibility of the contract. Retailers should choose the type of contract with greater space, so that retailers have more flexibility to face the competitive market, and there are more opportunities to create value.

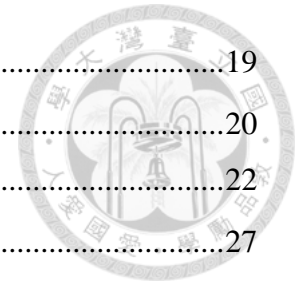
We consider multiple candidates of new services. A new service might affect either θ or the demand uncertainty, or both. The value of new services is demonstrated with two dynamic actions: one final replenishment and adjusting the level of service intensity. Previous studies have shown that services have been evaluated as effective strategies to increase the ability of retailers, so coordination is no longer the focus of contract design. Conversely, the flexibility of contracts is the value of contracts.

With the empowerment, the performance of supply chain will be improved, whether coordination or not. Coordination should not be the hard requirement for contract design.

CONTENTS



| | |
|--|-----------|
| 口試委員會審定書 | # |
| 誌謝 | i |
| 中文摘要 | ii |
| ABSTRACT | iii |
| CONTENTS | iv |
| LIST OF FIGURES | vii |
| LIST OF TABLES | viii |
| Chapter 1 Introduction..... | 1 |
| 1.1 研究背景 | 1 |
| 1.2 問題描述 | 2 |
| 1.3 研究目標 | 5 |
| 1.4 研究限制 | 5 |
| Chapter 2 Literature review..... | 6 |
| 2.1 價格敏感之不確定需求函數 | 6 |
| 2.2 供應契約 | 7 |
| 2.2.1 Newsvendor model..... | 7 |
| 2.2.2 Wholesale pricing contract..... | 8 |
| 2.2.3 Buy-back contract | 9 |
| 2.2.4 Revenue sharing contract | 9 |
| 2.3 Service-dominated logic | 9 |
| Chapter 3 Deficiency of static models in value analysis | 12 |
| 3.1 雙佔市場的均衡態 | 12 |
| 3.2 Newsvendor 模型假設 | 13 |
| 3.3 Coordinative space..... | 13 |
| 3.3.1 Coordination condition..... | 13 |
| 3.3.2 Coordinative space | 14 |
| 3.4 契約設定 | 16 |
| 3.5 比較靜態模型 | 18 |
| 3.5.1 保持銷售價格不變..... | 19 |



| | | |
|-------------------|---|-----------|
| 3.5.2 | 價格競爭 | 19 |
| 3.5.3 | Subtle pricing | 20 |
| 3.5.4 | 改善產品定位 | 22 |
| 3.5.5 | 小結 | 27 |
| Chapter 4 | Valuation of sensing and responding capability | 28 |
| 4.1 | 服務的作用 | 28 |
| 4.2 | 服務的價值 | 31 |
| 4.3 | δ 及 γ 的估計 | 32 |
| 4.4 | 採取服務後之決策 | 34 |
| 4.4.1 | 服務強度決策 | 35 |
| 4.4.2 | 補退貨決策 | 35 |
| Chapter 5 | Value of enabling new services | 38 |
| 5.1 | 數例設定 | 38 |
| 5.2 | 需求變異之決策分析 | 38 |
| 5.2.1 | Scenario 1: $\gamma=0.8$ | 39 |
| 5.2.2 | Scenario 2: $\gamma=1.2$ | 42 |
| 5.2.3 | 小結 | 46 |
| 5.3 | 需求偏移之決策分析 | 47 |
| 5.4 | 需求偏移及變異之決策分析 | 48 |
| 5.4.1 | Class 1 服務: $\delta=0.02, \gamma=1.2$ | 49 |
| 5.4.2 | Class 2 服務: $\delta=-0.02, \gamma=1.2$ | 49 |
| 5.4.3 | Class 3 服務: $\delta=-0.02, \gamma=0.8$ | 50 |
| 5.4.4 | Class 4 服務: $\delta=0.02, \gamma=0.8$ | 51 |
| 5.4.5 | 小結 | 52 |
| 5.5 | 契約討論 | 53 |
| Chapter 6 | Conclusion | 56 |
| Reference | | 57 |
| Appendix A | | 59 |
| Appendix B | | 60 |
| Appendix C | | 61 |



LIST OF FIGURES



| | | |
|----------|---|----|
| Fig. 1-1 | 競爭市場類型 | 3 |
| Fig. 1-2 | 雙佔市場的 Newsvendor 概念模型 | 4 |
| Fig. 2-1 | Newsvendor 模型 | 8 |
| Fig. 3-1 | buy-back 及 revenue sharing 的 coordinative space 圖 | 16 |
| Fig. 3-2 | 價格競爭下 consumer surplus 的變化 | 20 |
| Fig. 3-3 | 投入單位成本 K 後供應鏈成員之利潤變化 | 22 |
| Fig. 3-4 | 不同衣服品牌的產品定位圖 | 23 |
| Fig. 3-5 | 產品定位與需求數量及收益關係圖 | 25 |
| Fig. 3-6 | 改善產品定位後供應鏈成員之利潤變化 | 27 |
| Fig. 4-1 | 不同零售商提供服務後 θ 的變化 | 29 |
| Fig. 4-2 | 服務類型 | 31 |
| Fig. 4-3 | 投資決策圖 | 35 |
| Fig. 4-4 | 補退貨決策示意圖 | 37 |
| Fig. 5-1 | $\gamma=0.8$ 的 BL 學習過程圖 | 39 |
| Fig. 5-2 | $\gamma=0.8$ 情境下平均 σ_t^2 的變化圖 | 40 |
| Fig. 5-3 | $\gamma=1.2$ 的 BL 學習過程圖 | 43 |
| Fig. 5-4 | $\gamma=1.2$ 情境下平均 σ_t^2 的變化圖 | 44 |
| Fig. 5-5 | $\delta=0.12$ 情境下不同服務強度之利潤圖 | 48 |
| Fig. 5-6 | 不同決策方式對供應鏈利潤的影響 | 53 |

LIST OF TABLES



| | | |
|------------|---|----|
| Table 1-1 | 以飯店為例的競爭類型 | 3 |
| Table 2-1 | G-D logic 與 S-D logic 的六項屬性差異 | 10 |
| Table 3-1 | 協同契約分潤表 | 17 |
| Table 3-2 | 契約參數設定 | 18 |
| Table 3-3 | 投入單位成本後訂購量之差異 | 21 |
| Table 5-1 | $\gamma=0.8$ 情境下預測模型的建立 | 41 |
| Table 5-2 | $\gamma=0.8$ 情境及期末存貨下不同補退貨決策時間點的差異 | 42 |
| Table 5-3 | $\gamma=0.8$ 情境及需求短缺下不同補退貨決策時間點的差異 | 42 |
| Table 5-4 | $\gamma=1.2$ 情境下預測模型的建立 | 44 |
| Table 5-5 | $\gamma=1.2$ 情境下單次模擬的預測結果 | 45 |
| Table 5-6 | $\gamma=1.2$ 情境及期末存貨下不同補退貨決策時間點的差異 | 45 |
| Table 5-7 | $\gamma=1.2$ 情境及需求短缺下不同補退貨決策時間點的差異 | 46 |
| Table 5-8 | $\delta=0.12$ 、 $K^*=0.9$ 情境下之補退貨決策時間點差異表 | 47 |
| Table 5-9 | class 1 服務的模擬資料 | 49 |
| Table 5-10 | class 1 服務下 policy 0、1、2、3 的影響 | 49 |
| Table 5-11 | class 2 服務的模擬資料 | 50 |
| Table 5-12 | class 2 服務下 policy 0、1、2、3 的影響 | 50 |
| Table 5-13 | class 3 服務的模擬資料 | 51 |
| Table 5-14 | class 3 服務下 policy 0、1、2、3 的影響 | 51 |
| Table 5-15 | class 4 服務的模擬資料 | 52 |
| Table 5-16 | class 4 服務下 policy 0、1、2、3 的影響 | 52 |
| Table 5-17 | class 1 服務下不同 policy 之分潤差異 | 54 |
| Table 5-18 | class 2 服務下不同 policy 之分潤差異 | 54 |
| Table 5-19 | class 3 服務下不同 policy 之分潤差異 | 54 |
| Table 5-20 | class 4 服務下不同 policy 之分潤差異 | 55 |

Chapter 1 Introduction



1.1 研究背景

現代企業的分工化愈發明顯，因此當不同企業間在追求各自企業個體利益最佳化時，此時的訂購策略往往並非整體供應鏈的最佳策略，為此供應鏈採用了契約來達成不同企業間的協同。契約不僅可提升供應鏈系統層面的表現，有助於企業間共同承擔供應鏈中的風險，更可促進雙方長久夥伴關係。契約類別眾多，差異在於偏重點不同，有些以退貨作為偏重，另外則偏重於利潤分配，因此契約雙方應就需求進行討論；以 Burberry 為例，Burberry 為保護其市場上的價格，選擇以回收未售出之商品作為保護價格手段。

隨著電子商務的成熟，消費者在購買商品時使用電子商務的可能性逐漸提高，年輕一代使用網路購買商品的比例更甚於實體購物，網路購物的趨勢實不容小覷；以往在設計 revenue sharing 契約時，常會因供應商無法有效控管訂單狀態而有實施的困難，網路購物可確切的統計每一筆訂單的消費情況，使銷售情況透明化，有效解決零售商因謊報銷售結果而使供應商不願實施的狀況。

過去的文獻大多聚焦於協同契約，其目的為藉由協同契約使零售商的最佳訂購策略與整體供應鏈的策略相同，因此是基於供應商角度進行設計而非零售商，且多數文獻僅限於協同契約的數學式推導，仍無法引導供應鏈雙方更進一步對契約進行設計。然而，諸多契約具有兩個契約參數，因此同類型契約欲達成協同可有很多可能性，所以實務上零售商與供應商雙方間如何就供應鏈所獲得的利潤進行分潤實為一大難題，所以契約設計仍具有很大挑戰。

當然隨著消費型態的轉變，在契約設計時，供應商並非唯一具有話語權的立場，品牌的重要性使得零售商逐漸在契約設計開始具有強勢領導的能力，如美國蘋果在供應鏈協商中的強勢即是一個例子，美國蘋果對其供應商所制定的不平等契約時有所聞，如蘋果在與 JDI、宸鴻及玉晶光契約設計時所訂定的契約，因此可看出供應契約設計的主導權已有開始轉向零售商的趨勢。

在電子商務尚未發展的 20 年前，全國電子是當時家電業的龍頭，僅有小型家電經銷商與其競爭。但隨著其他同類型家電業（如：燦坤）、量販店（如：家樂福）的興起，全國電子逐漸失去其在家電業的地位，部分分店逐漸因品質或價格無競

爭力下而紛紛結束營業，隨後又因電子商務開始蓬勃發展，實體家電業因所需空間較大須負擔高昂的租金，因此逐漸不具有任何優勢。此時，全國電子為挽救其低迷市場，開始展開一連串的額外服務（揪感心服務），如小家電終身保固、無塵安裝等貼心服務，以溫馨感來打動及吸引顧客其效果相當顯著，全國電子的案例可看出消費者在購物過程中的轉變，消費者在購買產品時考慮的不僅是價格因素，便利性、品牌的認同感或其餘附加服務都是消費者的考量之一。

Padmanabhan and Png (1997)驗證了當供應商與零售商之間採用 buy-back 契約時，契約的採用可增加零售商在市場的競爭程度，但卻會削減零售商的獲利率，這就是只考慮契約協同時可能發生的狀況，因此過去在設計如何強化零售商在市場上的競爭力而又不降低其獲利率之契約尚未有明確的答案。另一方面企業常將很大比例的營銷預算用於促銷上，Chaudhuri et al. (2018)調查消費者對現金回扣及融資激勵在汽車行業價值的影響，Chaudhuri 發現現金回扣在大眾市場中更為有效，而融資利率則為奢侈品市場帶來了顯著的新產品銷售量。

現行社會在販賣產品時，消費者所購買的不僅僅是產品本身，產品配搭的服務亦是消費者購買時的考量之一，因此若將顧客的消費行為視為一種服務流程而不僅是一有形商品，顧客將成為價值的共創者，此一服務的價值不僅由產品本身決定更由消費者與零售商或生產者之間的互動過程中共同創造價值；因此若將零售商向供應商購買商品之所簽訂的契約過程視為一服務，也就是以服務主導邏輯 service-dominated logic 來思考契約，契約對零售商的價值並非只是以一定價格購買而是可賦予零售商更多能力來應對激烈的市場。

本論文的目的在於以零售商的角度考慮在競爭市場下，零售商該如何設計或選擇適合的合約並進一步討論契約如何能賦予零售商更多價值。

1.2 問題描述

當零售商因採取一些附加服務時，可能會吸引更多潛在顧客，進而擴張既有市場，亦有可能搶奪其他同業的市場，以民宿業者為例，若飯店業者提供機場接送、停車場、早餐打包或免費寄存行李等服務時，可能會搶奪飯店的潛在顧客，抑或是可結合在地遊憩設施、地方特色推出優惠服務，例如觀光護照、北北基好玩卡等，吸引更多遊客前來，進而擴張市場。

若將現有市場競爭依照產品類型及零售通道的數目進行分割，可將其分類成三類，如 Fig. 1-1 所示，若以飯店民宿業為例，顧客在訂房時將面臨許多選擇，要入住於飯店或民宿？選擇大床房、雙床房還是海景房？在飯店官方網站還是比價平台如 trivago 訂房？旅客的每一個選擇都可能價格上的差異，因此無論差異發生於不同型態的住宿方式、不同類型的房間或不同平台的訂房方式都代表著一種市場競爭，將差異與競爭類型整理如 Table 1-1。

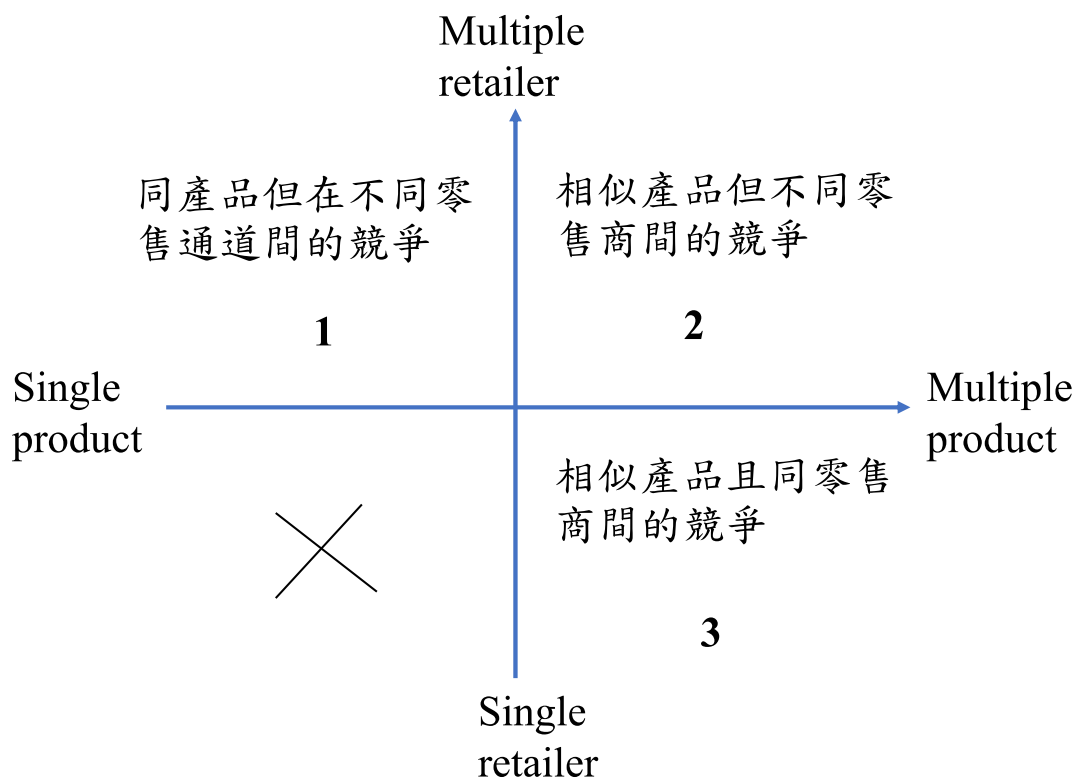


Fig. 1-1 競爭市場類型

Table 1-1 以飯店為例的競爭類型

| 類型 | Product | Retailer | Instance |
|----|---------|----------|--------------------|
| 1 | 單一 | 多通路或企業 | 飯店在官網及綜合平台間的競爭 |
| 2 | 具一定替代性 | 多通路或企業 | 民宿業者及飯店間的競爭 |
| 3 | 具一定替代性 | 單一通路或企業 | 民宿業者及飯店間在同一訂房平台的競爭 |

本研究聚焦於第三類競爭也就是多零售商間具替代性產品的競爭，並以雙佔市場來進行分析，由 retailer 1、retailer 2 及其供應商與 retailer 1 的第二供應商組成



一完整之價值鏈；retailer 2 與其供應商構成一垂直結構，下游為一可替代性產品的雙頭壟斷市場；本論文僅聚焦於 retailer 2 及其供應商，因此 retailer 1 的第二供應商在本論文的分析影響較小可忽視。

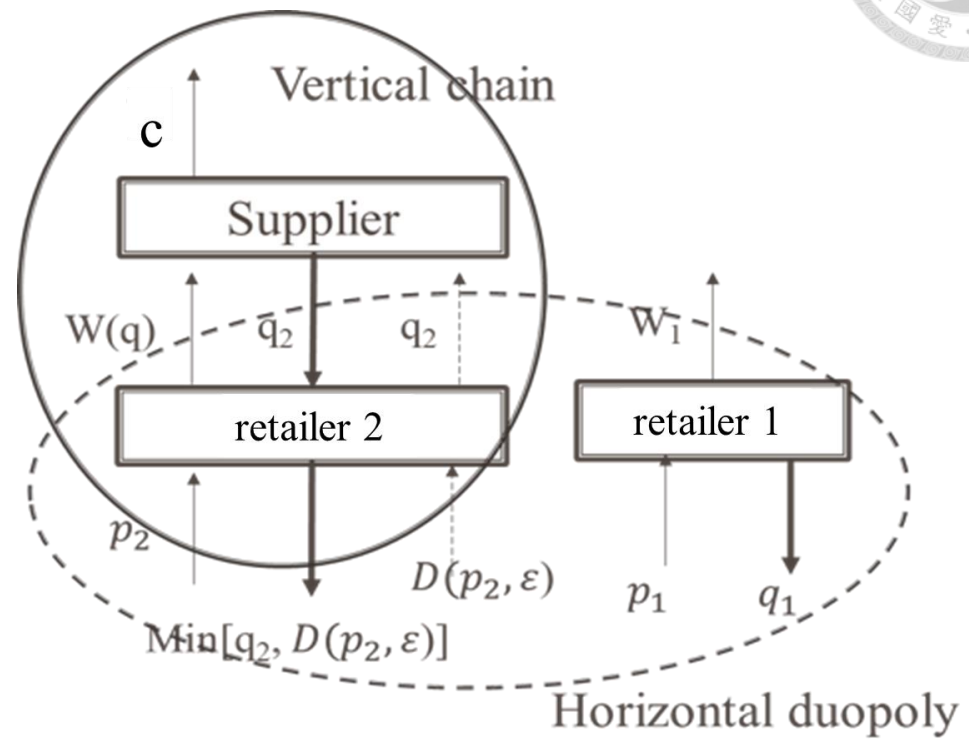


Fig. 1-2 雙佔市場的 Newsvendor 概念模型

本研究假定現競爭雙方處於一長期的平衡狀態，且 retailer 2 為在市場上較為弱勢的零售商，retailer 2 由於面對需求的不確定性導致在與上游供應商簽訂長期契約時考量到過多存貨的風險而以低服務水準來進行供貨，此時 retailer 2 欲提高其在市場上的競爭力，考量改變與供應商之間的長期契約並進行一系列的策略以獲得更高利潤或改善其在市場上定位，且假設 retailer 1 並不進行任何的反應決策。

若將契約視為由供應商提供並可提高 retailer 2 於市場上競爭能力的一項服務，根據 service-dominated logic，服務的價值不由供應商所決定，而由使用者也就是 retailer 2 在使用時確定的，因此契約的價值不在於垂直結構內部，而必須藉由 retailer 2 在雙佔市場中競爭力提升的多寡來體現，當 retailer 2 競爭力上升時可能上游供應商、零售商及顧客都會因此受益此即為價值所在，因此當契約可提供 retailer 2 進行一些活動使其競爭力上升並進行評估即為研究的最大目的。



1.3 研究目標

本論文的最終目的是替代當前的供應鏈協調方法，應用 S-D 邏輯開發一種更全面的方法來評估供應契約賦予零售商的價值，使其能與供應商一同共創價值的方法，並討論實務上供應商如何藉由大數據分析幫助零售商下正確的決策，由於契約種類繁多，於本研究中僅考慮 wholesale pricing(WP)、buyback(BB)及 revenue sharing(RS)三種契約類型，並分別以靜態模型與動態模擬進行分析。

本研究將分為兩大部分：

- 1) 比較靜態模型：提出零售商如何於契約中獲得 surplus 的方法及效果；
- 2) 動態模型：當零售商藉由契約的幫助採取 local service 後，對零售商與供應商的影響，並以 Bayesian learning 來進行模擬市場銷售狀況，動態模型利用大數據分析來強化 local service 實施的效果。

1.4 研究限制

由於本研究聚焦於弱勢的 retailer 2 如何以 service-dominated logic 觀點去設計契約，並達到與供應方雙贏的狀態，因此本論文著重上述市場競爭中的第三類市場競爭，現實中市場的競爭可能牽涉多個零售商及供應商，其供應鏈應實極為複雜，為進行研究簡化了市場競爭情況，將市場限縮為一可替代性產品的雙佔市場，並僅進行兩階段供應鏈的探討。

本研究進一步假設雙佔市場中僅有一方面臨不確定性需求的風險及長期的合約關係，並假定另一方則與其相反只考慮確定性需求及批發付款，以求簡化競爭中的各項可能因素；在現實環境中所有競爭方均會面對需求的不確定性且與其供應方均會進行長期契約的簽訂，且競爭雙方會就市場銷售狀況進行一系列的賽局以決定如何應對對方的決策，因此若欲將本研究並無法模擬實際消費環境狀況，僅就簡化之市場進行概念性研究，所下之結論若應用於實務上可能不一定適用或有待調整。

Chapter 2 Literature review



2.1 價格敏感之不確定需求函數

已有相當多文獻探討關於競爭市場下僅考慮價格所造成需求變動的需求函數如(2.1) (Huang, Leng et al., 2013)，以 i 分別表示產品一及產品二， p 為價格， q 表示市場需求， a_1/a_2 分別代表產品一/二的初期需求， β 與 γ 則代表著價格影響的程度，顧客需求對零售商定價影響程度大於競爭對手因此 $\beta_i > \gamma_i$ ，值得注意的是在這個需求函數中要求價格與需求需在同一個數量級，當價格與需求數量級不同時會造成一致性問題。

$$\begin{aligned}q_1(p) &= a_1 - \beta_1 p_1 + \gamma_1 p_2 \\q_2(p) &= a_2 - \beta_2 p_2 + \gamma_2 p_1 \\1 > \beta_i > \gamma_i > 0 \\a_1, a_2 > 0\end{aligned}\tag{2.1}$$

但以 Huang, Leng (2013)的需求函數進行研究時，變數太多會造成研究上的困難，因此參考標準化後的需求函數模型 (Sayman, Hoch et al., 2002)，改以 θ 來表示交叉價格彈性，如(2.2)，這個需求架構標準化了 Raju et al. (1995)所提出的需求模型，而此架構也說明當兩供應商價格皆為零時，總需求會等於一，存有上界，除此之外，也假設邊際成本為零。但此需求函數仍有些缺陷，由於標準化會造成數值分析時發生困難，因此取消標準化程序並結合兩者來做為本論文分析時的基礎。

$$\begin{aligned}q_1(p) &= \frac{1}{a_1 + a_2} [a_1 - p_1 + \theta(p_2 - p_1)] \\q_2(p) &= \frac{1}{a_1 + a_2} [a_2 - p_2 + \theta(p_1 - p_2)] \\0 \leq \theta \leq 1 \\0 < a_1, a_2 < 1\end{aligned}\tag{2.2}$$

如何將不確定項帶入需求模型中亦有很多種方法，本論文將採用最普遍的 additive model，並假設不確定項服從平均為 0 之常態分佈，因此最終需求函數如(2.3)所述：



$$\begin{aligned}q_1(p) &= a_1 - p_1 + \theta(p_2 - p_1) \\q_2(p) &= a_2 - p_2 + \theta(p_1 - p_2) \\D &= q_2 + \varepsilon, \varepsilon \sim N(0, \sigma^2) \\0 &\leq \theta \leq 1 \\0 &< a_1, a_2\end{aligned}\tag{2.3}$$

2.2 供應契約

在訂購商品時，當零售商僅考慮其自身利潤時，則其訂購量往往低於供應鏈之最佳訂購量，從而造成供應鏈的低效率，因此在供應鏈管理中，契約常用於通過指定轉移交付方式來協同供應鏈合作夥伴的行為，而協同契約的定義為供應鏈中所有合作夥伴利益一致且夥伴之最佳行動組合為一 Nash equilibrium。現行契約種類繁多，而文獻研究聚焦於三個主題：契約是否可達到供應鏈協同、是否允許供應鏈合作夥伴間任意分配總利潤以及法律現值及契約管理成本等實施問題。

合約之種類眾多，目前尚無一通用之分類標準 (Tsay et al., 1999)，但 wholesale pricing、buy-back、revenue sharing、quantity flexibility、sales rebate 及 quantity discount 等契約為較普遍採用之類型，Pasternack(1985)首先提出 buy-back 可在固定零售價的 newsvendor 模型下達成協同，在這之後，許多契約類型的協調效應和契約類型之間的等價性都已得到了很好的分析(Cachon,2003)，例如，在固定零售價的 newsvendor 模型下 buy-back 及 revenue sharing 均可實現供應鏈協同，並可藉由適當的設定參數使兩種類型等效的(Cachon & Lariviere, 2005)，但在非固定零售價的 newsvendor 模型僅 revenue sharing 可達成協同，buy-back、quantity flexibility 及 sales rebate 則無法(Cachon & Lariviere, 2005)。

雖然 newsvendor 及協同理論已被廣泛的研究，但普遍來說零售商在面臨訂購量的抉擇時仍未能達到最佳訂購量，零售商依舊考量自己的風險大過於整體供應鏈的效率，Fisher & Raman (1996)與 Crobett & Fransoo (2007)證明了管理者的庫存決策系統偏離了最佳訂購數量，因此供應鏈效率極大化仍然只是理想中的概念。

2.2.1 Newsvendor model

由於多期分析的模型過於複雜，因此多數文獻均基於單期交易之假設以簡化問題，Newsvendor model 逐漸的變成研究供應鏈合約之基礎，newsvendor 模型考

慮了供應鏈的兩個連續節點並假定節點雙方都是風險中立者進行物流、資金流及資訊流的描繪，如 Fig. 2-1，若以 y 及 $f(y)$ 分別表示需求變數及分配，則 Newsvendor model 的期望銷售量 $S(Q)$ 、期望存貨函數 $I(Q)$ 及期望銷售損失 $L(Q)$ 如(2.4)所述。

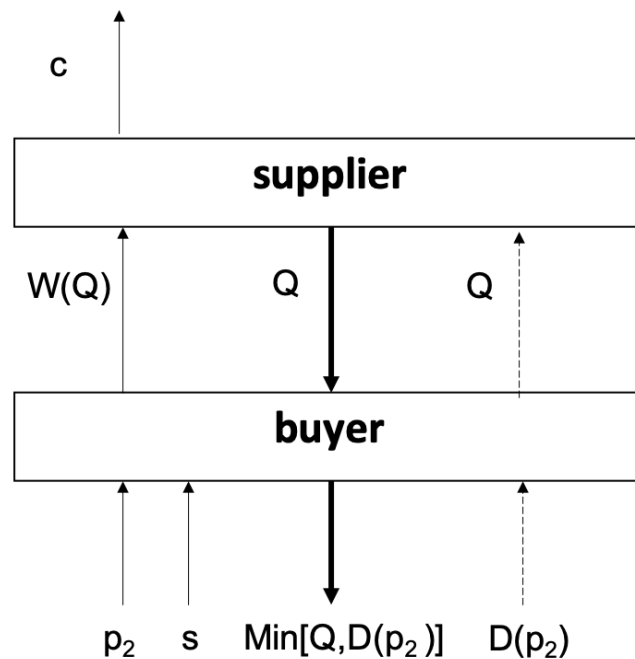


Fig. 2-1 Newsvendor 模型

$$\begin{aligned}
 S(Q) &= \min(Q, D) = Q(1 - F(Q)) + \int_0^Q yf(y)dy = Q - \int_0^Q F(y)dy \\
 I(Q) &= Q - D = Q - S(Q) \\
 L(Q) &= D - Q = E[D] - S(Q)
 \end{aligned}
 \tag{2.4}$$

2.2.2 Wholesale pricing contract

Wholesale pricing 是所有契約類型中最簡單的一種，供應商將向零售所對每個購買商品收取 w^w 的零售價，由零售商承擔所有需求不確定的風險，因此最大化供應商利潤的批發價會導致零售商訂購數量低於最佳訂購量(Spengler, 1950)。而 Lariviere and Porteus (2001) 研究表明 wholesale pricing 是不可能達成協同的，只有當供應商所獲得的利潤並不大於 0 時才能達成協同，雖然 wholesale pricing 無法達到協同但仍然為一個普遍被採用的契約，因其契約條款較為簡單因可降低雙方行政費用。



2.2.3 Buy-back contract

Buy-back 適用於有限生命週期之產品如藥品雜誌等，是供應商藉由對於未售出商品之保護與零售商分擔風險，當供應商欲保護其品牌形象以維持其市場價格或供應商面對諸多零售商時需在不同零售商間轉移商品時，供應商有較大的動機採用 buy-back，實務上 buy-back 可以兩種方式進行，對於未售出之商品可採取由供應商進行處理或由零售商負責(Höhn 2010)；buy-back 的轉移交付是以供應商以 w^b 的價格銷售商品，對於未售出之商品則以 b 來補償零售商的損失，支付函數數學式表達如(2.5)。

$$T_b(Q, w^b, b) = w^b Q - bI(Q) \quad (2.5)$$

2.2.4 Revenue sharing contract

供應商藉由以低於成本價販賣商品來換取零售商利潤的部分回饋，因此廣泛地使用在影視出租業，對於零售業者具有銷售量無法追蹤的負面效應，因此具有高昂的行政成本，但在電商環境下 revenue sharing 已克服此問題；revenue sharing 的轉移交付是供應商以 w^r 的價格銷售商品並獲得 $(1-\phi)$ 比例的零售商收益，並假設零售商所獲得的所有收益包含商品殘值，支付函數表達如(2.6)。

$$T_r(Q, w^r, \phi) = w^r Q + (1-\phi)pS(Q) + (1-\phi)sS(Q) \quad (2.6)$$

2.3 Service-dominated logic

與 goods-dominated (G-D) logic 相比，service-dominated (S-D) logic 是一個後設理論框架，因其統一了許多與服務、價值和價值網絡相關但令人費解的概念(Vargo & Lusch, 2014)，S-D logic 是從關注對象性資源 operand resources (如自然資源) 轉向關注無形且動態的操作性資源 operant resources (如人類技能和知識為創造效用或價值的無形資產)，Table 2-1 羅列了 Vargo & Lusch(2004)的新行銷主導邏輯研究中以 operand resources 與 operant resources 的觀念釐清 G-D logic 與 S-D logic 的六項屬性差異。

Table 2-1 G-D logic 與 S-D logic 的六項屬性差異

| | G-D logic | S-D logic |
|----------|--------------------------------|------------------------------------|
| 交易目的 | 為換取 operand resource 商品本身 | 為了獲得 operand resource 的利益 |
| 商品角色 | 為 operand resource 或最終產品 | 商品為 operand resource 的載體 |
| 顧客角色 | 顧客為商品的收受者 | 顧客為服務的共同生產者，與生產者共同創造服務價值 |
| 價值決定 | 價值由生產者決定，定義為定價 | 價值是由顧客基於使用價值決定 |
| 商家與消費者互動 | 顧客成為商家促動創造交易的 operand resource | 顧客是主動參與有關交易及共同生產的 operand resource |
| 經濟成長的來源 | 財富來自於有形資源及產品 | 財富來自於專業知識與技術之應用及交易 |

S-D logic 可以以 11 個基本前提(FPs)來總結其思想概念，其中 7 個與本研究有相關，7 個 FPs 將以討論的相關性順序條列於下述：

- 1) FP5：所有經濟體都是服務經濟體；
- 2) FP3：商品是服務提供的分配機制；
- 3) FP9：所有經濟和社會參與者都是資源整合者；
- 4) FP10：價值是意識形態的、經驗的、情境導向的、獨具意義的；
- 5) FP7：企業無法提供價值，但只能提供價值主張；
- 6) FP4：來源知識、技巧等操作性資源能力才是競爭基礎；
- 7) FP11：價值共創是經由行動者產生的機構和制度安排進行協調

由於 S-D 邏輯規定所有經濟體都是服務經濟體，而商品僅僅是服務提供的分配機制而已(FP5 和 FP3)，因此基於這些 FPs，首先供應契約應當合理地被視為服務來提供，第二供應契約應管理供應方和買方之間的互動，第三供應契約中的每個參與者都將契約視為其自身核心業務的資源，對於買方而言契約是其供應資源，同時亦是供應商的市場資源(FP9)，此外服務的價值應由其用戶也就是買方(FP10)確定，而不是由其供應商 (FP7) 確定，另擁有操作性資源的用戶可以此獲得戰略利益 (FP4)；基於這些 FPs，可以注意到分析供應合同的傳統方法側重於一方（主要是供應商）的觀點，並不符合價值創造和價值決定的基本思想。

在大部分的供應契約研究文獻中，供應契約僅是供應商用來影響買方行為的一

種方式，這種傳統觀點忽視了買方可從契約獲得的價值，因此低估了供應契約的價值，導致價值評估偏差。



Chapter 3 Deficiency of static models in value analysis



3.1 雙佔市場的均衡態

根據(2.3)，假設雙方的成本是一定值不隨訂購量的多寡而改變，因在需求函數中成本並非一重要項， $p_i - c_i$ 可直接以毛利 p_i 表示，因此利潤函數可直接表示如(3.1)，而不失其適用性。

$$\begin{aligned}\pi_1 &= (p_1 - c_1)q_1 = p_1q_1 \\ \pi_2 &= (p_2 - c_2)q_2 = p_2q_2\end{aligned}\tag{3.1}$$

在雙頭壟斷的水平結構中，retailer 1 及 retailer 2 的毛利是 pure strategy 的 Nash equilibrium，利用 first order condition 可求得 retailer 1 及 retailer 2 的 best response，因此進一步可求得最佳定價策略，後續分析即以(3.2)為基礎；在實務上 p_1 所代表的即為市場上其他競爭者的價格，為一外生影響因素。

$$\begin{aligned}\frac{\partial \pi_1}{\partial p_1} &= (a_1 - (1 + \theta)p_1 + \theta p_2) - (1 + \theta)p_1 \\ \frac{\partial \pi_2}{\partial p_2} &= (a_2 - (1 + \theta)p_2 + \theta p_1) - (1 + \theta)p_2\end{aligned}$$

$$\text{FOC} \begin{cases} (a_1 - (1 + \theta)p_1 + \theta p_2) - (1 + \theta)p_1 = 0 \\ (a_2 - (1 + \theta)p_2 + \theta p_1) - (1 + \theta)p_2 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} p_1 = \frac{2a_1(1 + \theta) + a_2\theta}{4(1 + \theta)^2 - \theta^2} \\ p_2 = \frac{a_1\theta + 2a_2(1 + \theta)}{4(1 + \theta)^2 - \theta^2} \end{cases}\tag{3.2}$$

$$\begin{cases} q_1 = \frac{2a_1(1 + \theta)^2 + a_2\theta(1 + \theta)}{4(1 + \theta)^2 - \theta^2} \\ q_2 = \frac{a_1\theta(1 + \theta) + 2a_2(1 + \theta)^2}{4(1 + \theta)^2 - \theta^2} \end{cases}$$



3.2 Newsvendor 模型假設

本論文皆以下述之模型假設進行價值分析；供應商製造成本為每單位商品 c ，並向 retailer 2 收取每單位商品 w_2 的批發價，而 retailer 2 將商品以 p_2 的零售價格販賣且假定無任何管銷成本，並處理未售出商品以獲得 s 的殘值；對於未滿足之需求 retailer 2 需付出 goodwill penalty 的成本 g ；另外 news-vendor model 的參數整體關係為 $p_2 > w_2 > c > s$ 。Retailer 2、供應商與整體供應鏈的利潤表示如(3.3)，並以 T 表示轉移支付， T 會因採用的契約類型而有所不同。

$$\begin{aligned} \pi_2(Q) &= p_2 S(Q) + sI(Q) - gL(Q) - T \\ &= (p_2 - s + g)S(Q) - sQ - gq_2 - T \\ \pi_s(Q) &= T - cQ \\ \Pi &= \pi_2(Q) + \pi_s(Q) = (p_2 - s + g)S(Q) - (c - s)Q - gq_2 \end{aligned} \tag{3.3}$$

3.3 Coordinative space

3.3.1 Coordination condition

供應鏈整體最佳訂購量(Q^c)為當整體供應鏈利潤($\Pi(Q)$)極大化時之決策，利用 first order condition 與 Leibniz integral rule 可輕易的求得缺貨風險(3.4)，當需求分佈已知時即可依此反推得 Q^c 。

$$\begin{aligned} Q^c &= \arg \max_Q \Pi(Q) \\ \Pi(Q) &= (p_2 - s + g)S(Q) - (c - s)Q - gq_2 \\ \frac{\partial S(Q)}{\partial Q} &= 1 - F(Q) \\ \frac{\partial \Pi(Q)}{\partial Q} &= (p_2 - s + g)(1 - F(Q)) - (c - s) \\ \frac{\partial^2 \Pi(Q)}{\partial Q^2} &= -(p_2 - s + g)f(Q) \\ \text{FOC } 1 - F(Q^c) &= \frac{c - s}{p_2 - s + g} \end{aligned} \tag{3.4}$$

依上述方式推得 wholesale pricing、buy-back 及 revenue-sharing 的缺貨風險 (Appendix A)，因此契約的協同條件如(3.5)(3.6)(3.7)，可看出對於 wholesale pricing 協同只可能發生在當批發價與成本相同時方能達成，因此 wholesale pricing 是無法

達成協同的，但對於 buy-back 及 revenue sharing 協同卻可有多種可能，在 service-dominated logic 下，零售商應選擇有較大協同空間的契約類型，如此一來零售商有更多的靈活性去面對雙佔的競爭市場且可有更多機會去創造價值；本論文將協同的可能性範圍稱成 coordinative space，以 coordinative space 的大小來做為契約雙方在選擇契約種類時的準則。

$$\frac{c-s}{p_2-s+g} = \frac{w_2^w-s}{p_2-s+g} \quad (3.5)$$

$$\frac{c-s}{p_2-s+g} = \frac{w_2^b-s-\tilde{b}}{p_2-s-\tilde{b}+g} \quad (3.6)$$

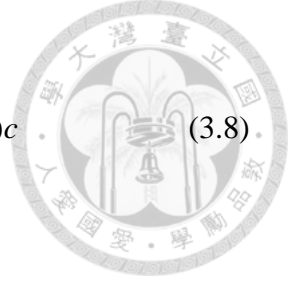
$$\begin{aligned} \frac{c-s}{p_2-s+g} &= \frac{w_2^r-\phi s}{\phi p_2-\phi s+g} \\ &= \frac{\frac{w_2^r}{\phi}-s}{p_2-s+\frac{g}{\phi}} \end{aligned} \quad (3.7)$$

在許多情況下有多類契約可達成協同且亦具有任意劃分利潤的靈活性，正如 Cachon (2003)所指出的，在比較合同時需做大量的研究工作，且合同選擇必須基於尚未充分研究的衡量標準，Bai,Chen,與 Xu (2017) 建議契約應在能確保合作夥伴的參與激勵的靈活空間中選擇合同利潤分配比例。

3.3.2 Coordinative space

因 wholesale pricing 無協同的可能性，其 coordinative space 為空集合，因此不予以討論，由於 newsvendor 模型假設為固定零售價，因此對於 buy-back 及 revenue-sharing 兩種契約而言均可達成協同。

對於協同 buy-back 而言，從(3.6)可看出殘值與補償的總合等同於殘值在整體供應鏈的角色，因此隨著 \tilde{b} 的變化 w_2^b 會隨之增減， \tilde{b} 與 w_2^b 間的線性關係式如 (3.8)，本論文將此線性關係稱為 line of coordination (LC)，藉由(3.8)可看出供應商對批發價 w_2^b 的訂價方式是以成本再加上期望補償來進行的，實務上對於供應商補償零售商的期末存貨成本是在協助零售商分擔風險，因此供應商會傾向將批發價提高以降低其總體風險。



$$\begin{aligned}
 (p_2 - s + g)(w_2^b - s - \tilde{b}) &= (p_2 - s - \tilde{b} + g)(c - s) \\
 (p_2 - s + g)w_2^b &= (p_2 - 2s - c + g)\tilde{b} + (p_2 - s - \tilde{b} + g)c \\
 w_2^b &= c + \underbrace{\left(1 - \frac{c - s}{p_2 - s + g}\right)}_{\text{協同契約的存貨風險}} \tilde{b}
 \end{aligned} \tag{3.8}$$

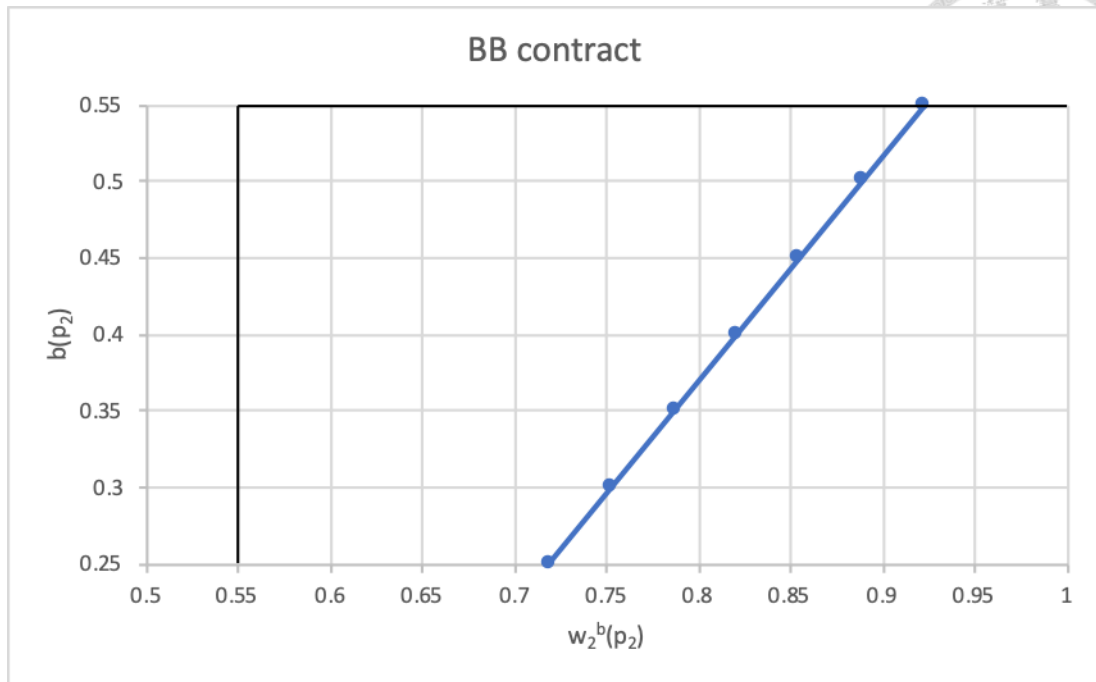
相同的，協同 revenue sharing 的， w_2^r 及 ϕ 兩參數間的關係式如(3.9)，在 revenue sharing 供應商對批發價 w_2^r 的定價方式則是先向零售商收取零售商分潤比例的成本再加上供應商分潤比例的期望 good-will penalty，由於供應商可獲得部分零售商的獲益，因此將降低供應商風險程度，供應商較願意以低批發價格來換取零售商獲益的分成。

$$\begin{aligned}
 (p_2 - s + g)(w_2^r - \phi s) &= (c - s)(\phi p_2 - \phi s + g) \\
 (p_2 - s + g)w_2^r &= \phi c(p_2 - s + g) + (1 - \phi)(c - s) \\
 w_2^r &= \phi c + \underbrace{\frac{c - s}{p_2 - s + g}}_{\text{協同契約缺貨風險}} (1 - \phi)g
 \end{aligned} \tag{3.9}$$

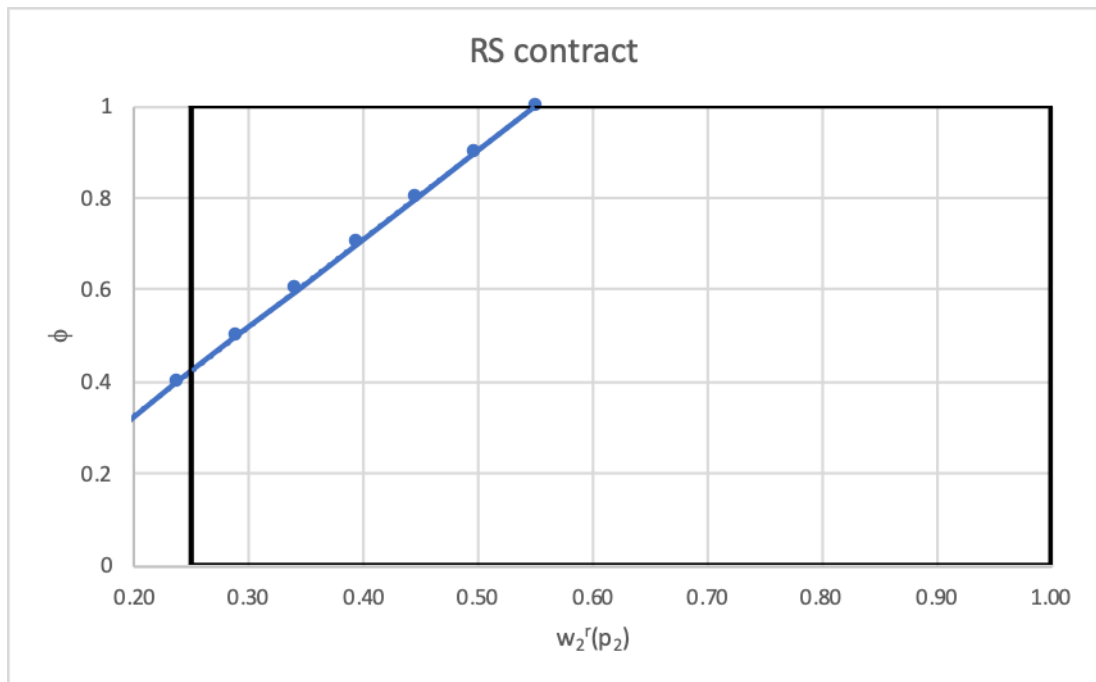
Coordinative space 為 LC 與參數的 boundary condition 所構成的二維空間，boundary condition 為一般 newsvendor 模型下的參數關係限制，因此 BB 與 RS 分別為 buy-back 及 revenue sharing 的 coordinative space 如(3.10)。

$$\begin{aligned}
 BB &= \{w_2^b \mid (w_2^b, \tilde{b}) \in LC, c < w_2^b < p_2, s < \tilde{b} < c\} \\
 RS &= \{w_2^r \mid (w_2^r, \phi) \in LC, s < w_2^r < p_2, 0 < \phi < 1\}
 \end{aligned} \tag{3.10}$$

Fig. 3-1 為以數例繪製 buy-back 及 revenue sharing 的 coordinative space，以藍色的線條表示 LC 的的斜率，並以黑線來框出 boundary condition 的範圍，使 LC 被限制在 boundary condition 內，在此數例下，可看出 BB 為 $0.2032 w_2^b$ ，而 RS 為 $0.3 w_2^r$ 。



(a) buy-back 的 coordinative space

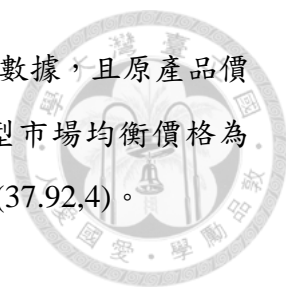


(b) revenue sharing 的 coordinative space

Fig. 3-1 buy-back 及 revenue sharing 的 coordinative space 圖

3.4 契約設定

由於契約在不同數例時表現不同，根據數學式無法有效看出契約的價值，因此第三章在建立模型時將搭配數值分析進行，而數值設定如下：



1) 產品一及產品二的名目需求 a_1/a_2 分別設定為 100/60 來產生數據，且原產品價格彈性 θ_0 為 0.4，由於市場處於均衡態因此根據 CS 模型市場均衡價格為 39.58/27.08，另需求不確定性為 $\sigma=2$ ，因此週需求分佈為 $N(37.92,4)$ 。

$$p_1 = \frac{2a_1(1+\theta) + a_2\theta}{4(1+\theta)^2 - \theta^2} = 39.58$$

$$p_2 = \frac{a_1\theta + 2a_2(1+\theta)}{4(1+\theta)^2 - \theta^2} = 27.08$$

$$q_2(\theta_0) = 60 - 27.08 + 0.4(39.58 - 27.08) = 39.72$$

2) News-vendor 模型參數為

- A. 批發價 $w = 0.7p_2$
- B. 供應商製造成本 $c = 0.55p_2$
- C. 期末商品殘值 $s = 0.25p_2$
- D. 零售商短缺商譽成本 $g = 0.09p_2$

當供應鏈雙方就 wholesale pricing、buy-back 及 revenue-sharing 三種契約選擇時，首先根據 coordinative space，retailer 2 應當選擇具有較大 coordinative space 的 revenue-sharing 契約 ($RS=0.3 w_2^r$ BB=0.2032 w_2^b)，如 Fig. 3-1 所示。

另外，就契約分潤而言，三種契約協同參數與分配利潤如 Table 3-1，在分潤討論時，應當以 wholesale pricing 作為分潤的基準，因 wholesale pricing 是一較無與零售商分擔風險概念的契約，但當選擇 buy-back 時 retailer 2 是最為弱勢的，即使在存貨補償 $\tilde{b}=0.25$ 時，零售商的利潤已低於選擇 wholesale pricing 時的利潤，相反的，對於 retailer 2 或供應商而言 revenue sharing 則具有較大之討論空間；為提供後續比較靜態模型之利潤基本線，以 wholesale pricing 為基準，對於 buy-back 及 revenue-sharing 選擇最為相近之分潤參數作為後續討論基礎，如 Table 3-2Table 3-2。

Table 3-1 協同契約分潤表
(a) wholesale pricing 分潤表

| $w_2^w(p_2)$ | Π | π_2 | π_s |
|--------------|----------|----------|----------|
| 0.7 | 414.6938 | 257.6828 | 157.0111 |

(b) 協同下 Buy-back 分潤表

| $w_2^b(p_2)$ | \tilde{b} | Π | π_2 | π_s |
|--------------|-------------|----------|-----------|-----------|
| 0.7194 | 0.25 | 414.6938 | 276.1028 | 169.03132 |
| 0.7532 | 0.3 | | 242.29653 | 202.83758 |
| 0.7871 | 0.35 | | 208.49027 | 236.64385 |
| 0.8210 | 0.4 | | 174.68401 | 270.45011 |
| 0.8887 | 0.5 | | 140.87774 | 304.25637 |

(c) 協同下 revenue-sharing 分潤表

| $w_2^r(p_2)$ | ϕ | Π | π_2 | π_s |
|--------------|--------|----------|----------|----------|
| 0.2500 | 0.4241 | 414.6938 | 170.6230 | 274.5111 |
| 0.2895 | 0.5 | | 206.7818 | 238.3524 |
| 0.3416 | 0.6 | | 254.4522 | 190.6819 |
| 0.3937 | 0.7 | | 302.1227 | 143.0114 |
| 0.4458 | 0.8 | | 349.7932 | 95.3409 |
| 0.4979 | 0.9 | | 397.4636 | 47.6705 |
| 0.5500 | 1 | | 445.1341 | 0.0000 |

Table 3-2 契約參數設定

| Contract type | w_2 | \tilde{b} | ϕ |
|-------------------|--------|-------------|--------|
| Wholesale pricing | 0.7 | | |
| Buy-back | 0.7194 | 0.25 | |
| Revenue sharing | 0.3783 | | 0.6705 |

3.5 比較靜態模型

當 retailer 2 欲打破現今的均衡狀態而達到另一收益較高的均衡態時，retailer 2 應當與供應商進行交涉以謀得更好的契約條件，當供應商支持時，retailer 2 將可針對定價或產品定位 θ 進行調整，以下為四種 retailer 2 預期可行的行為：

- 1) 保持銷售價格不變從而提高整體利潤；
- 2) 降低銷售價格以進行價格競爭；
- 3) subtle pricing；
- 4) 改善產品定位以緩和競爭。



3.5.1 保持銷售價格不變

由於 retailer 2 其定價維持不變，因此 retailer 2 可賺取較原採購價格為多的利潤，可補償因協同契約的風險而無法利潤最大化的損失，但卻無法對整體供應鏈創造價值，因此供應商無法從中獲利而使供應商沒有意願提供更好的契約條款，交涉無法成立。

3.5.2 價格競爭

薄利多銷是一種常見的商業模式，零售商因此很容易陷入誤區，誤以為降低價格可使銷售量增加從而增加總體利潤，然而此方式會加劇雙佔市場的競爭程度，在初期隨著 retailer 2 的降價販售，顧客對 retailer 2 產品的需求量雖會隨著提升，短時間能使總體利潤提升，一旦 retailer 1 進行相同的策略時，高價產品價格降低會使顧客更有感，反而搶奪走更多 retailer 2 潛在顧客，因此長久一來不僅 retailer 2 總體利潤會下降，retailer 1 的利潤也會受到負面影響，而對於顧客而言 consumer surplus 亦會下降， Fig. 3-2 顯示了 consumer surplus 會隨著價格降低而降低。價格競爭的方式有很多種，最直接的方法是降低標價，但是公然競爭往往會同時損害競爭雙方的利益，因此公然競爭是最差的方法，另外尚有其他方法，例如獎勵積分與會員積分。

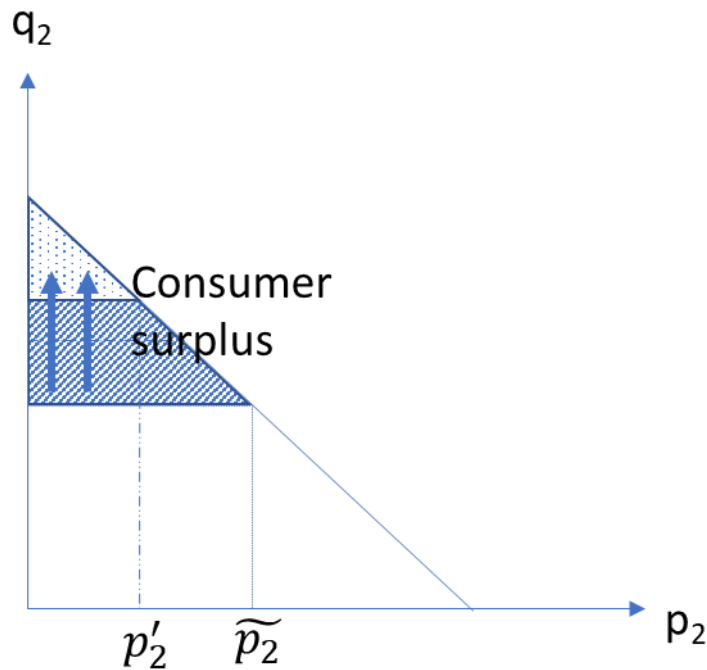


Fig. 3-2 價格競爭下 consumer surplus 的變化

3.5.3 Subtle pricing

由於公然競爭的負效益，因此 retailer 2 可用 subtle pricing 來增加需求，目前常用的 subtle pricing 方法有很多種，如紅利點數、消費集點、會員卡及換季禮等等，subtle pricing 常被預期可有效增加名目需求量(Yang, Munson et al. 2015)，Ehsan (2013)研究亦表示提供免費物品可使零售商有效訂單數量接近最佳訂購量，因此假設名目需求量的增加與所投入的成本 K 成正比，且 subtle pricing 是以附加的方式來影響名目需求量，另以 α 作為成本與名目需求間的轉換參數，公式如(3.11)所示。

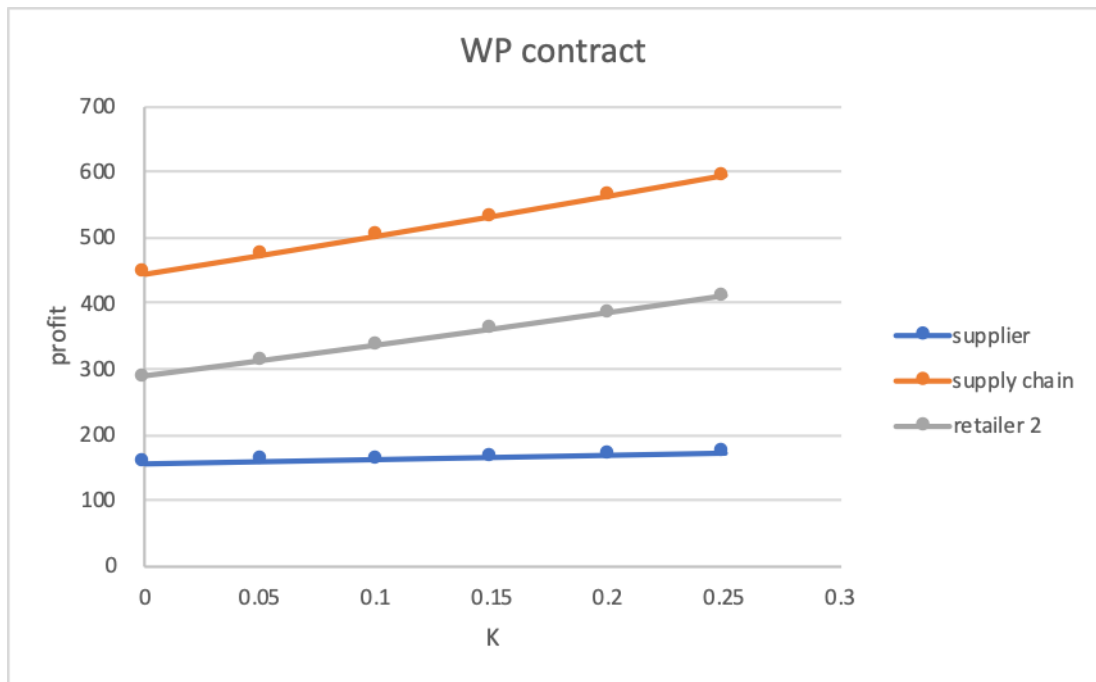
$$\begin{aligned} a_2' &= (1 + \alpha K)a_2 \\ \alpha &> 0 \end{aligned} \quad (3.11)$$

假設 $\alpha=0.5$ ，則名目需求、訂購量及期望銷售變化如 Table 3-3 所示，隨著 K 的提升名目需求、平均需求、訂購量及期望銷售均會隨之提升。

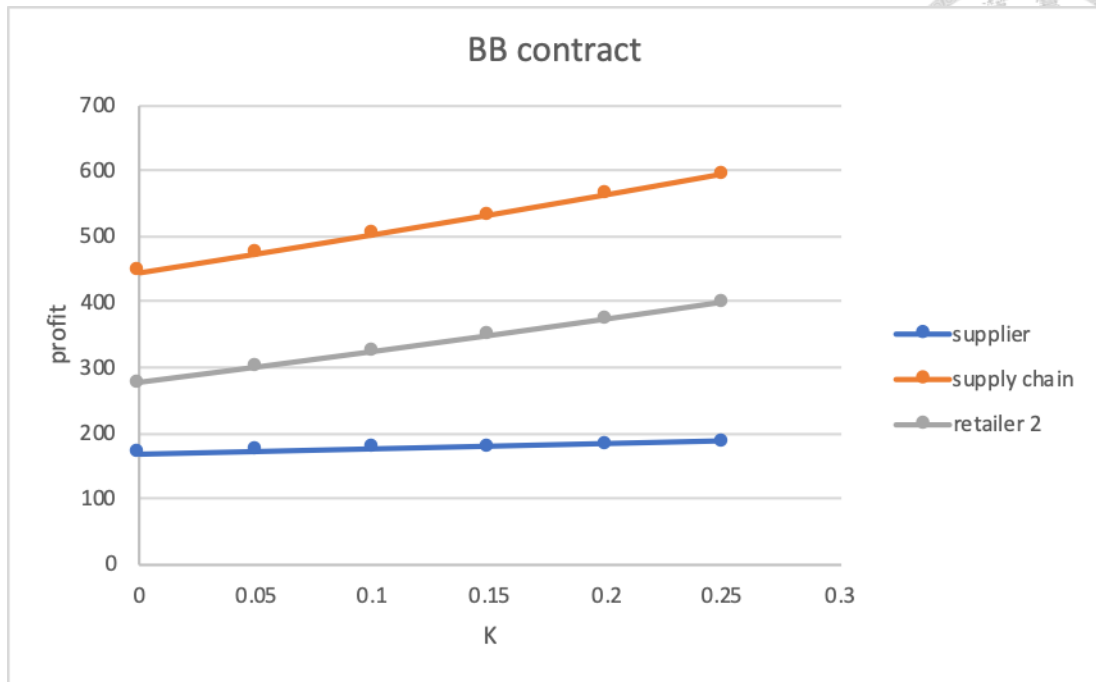
Table 3-3 投入單位成本後訂購量之差異

| K | a_2 | q_2 | Q | S(Q) |
|------|-------|---------|---------|---------|
| 0 | 60 | 37.9167 | 38.6489 | 37.4320 |
| 0.05 | 61.5 | 38.6823 | 39.4145 | 38.1976 |
| 0.1 | 63 | 39.4479 | 40.1801 | 38.9633 |
| 0.15 | 64.5 | 40.2135 | 40.9458 | 39.7289 |
| 0.2 | 66 | 40.9792 | 41.7114 | 40.4945 |
| 0.25 | 67.5 | 41.7448 | 42.4770 | 41.2601 |

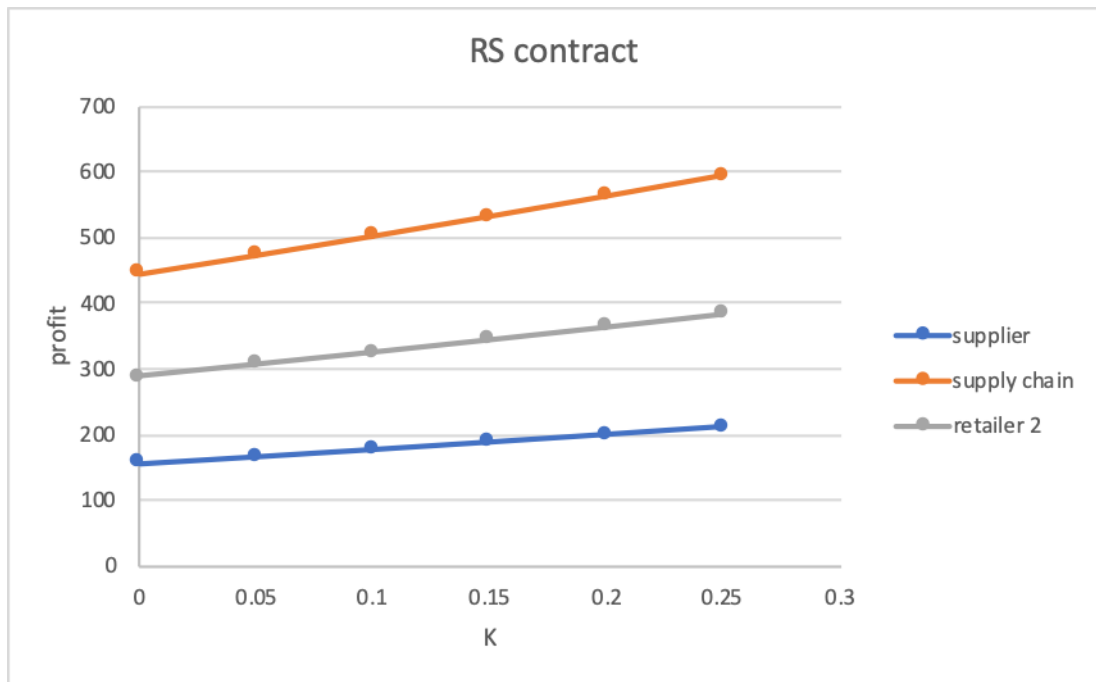
Fig. 3-3 所示，可看出無論採何種契約在進行 subtle pricing 後可有效提高 retailer 2 利潤，且名目需求的增加促使訂購量提升而使供應商亦可從中獲得利益，整體供應鏈效率因而提高；但對供應商而言因其可對 retailer 2 的收益進行分潤，因此當 retailer 2 進行 subtle pricing 時，相較於 WP 及 BB 而言其收益會大幅增加，RS 契約會使得供應鏈整體利益一致。



(a) Wholesale pricing 契約



(b) Buy-back 契約



(c) Revenue sharing 契約

Fig. 3-3 投入單位成本 K 後供應鏈成員之利潤變化

3.5.4 改善產品定位

市場競爭的強烈取決於兩產品間產品定位是否相似，Fig. 3-4 為不同衣服品牌的產品定位圖，對於顧客而言，功能性的衣服與流行性的衣服其用途是不同的，



兩種類型商品並不產生競爭，因此在同一個象限內的產品會互相競爭，不同象限內的產品則幾乎不競爭，當商品的定位愈靠近時競爭的更加劇烈，因顧客對於價格差異的敏感性更為強烈。

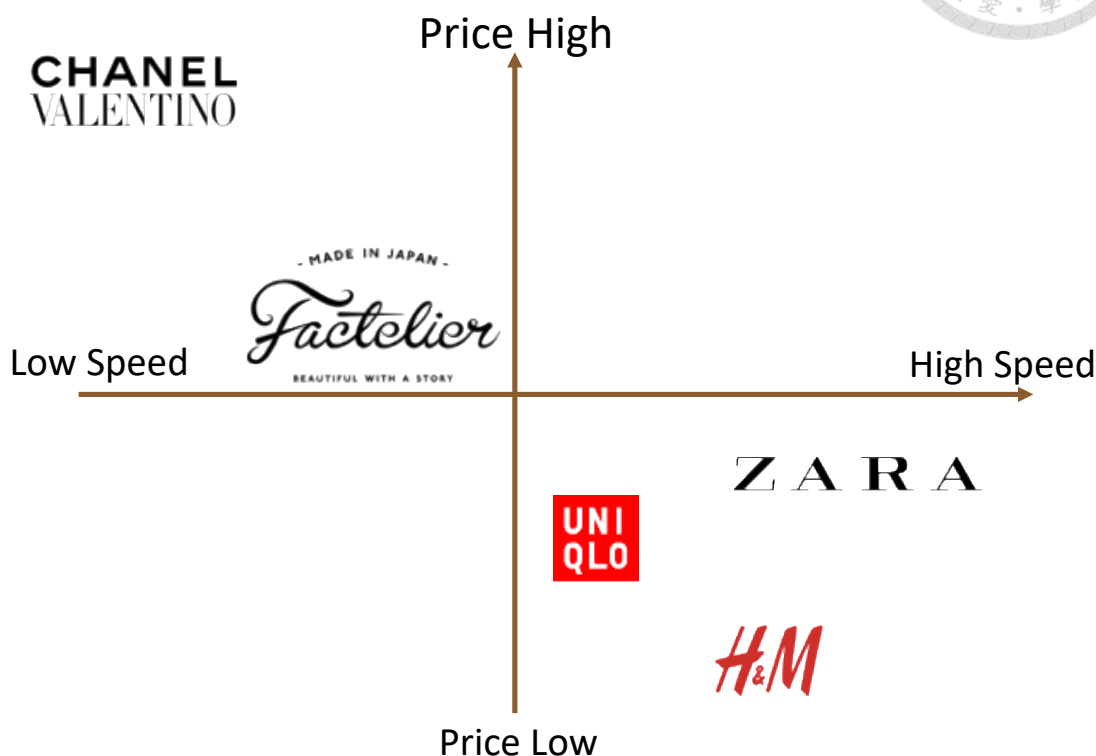


Fig. 3-4 不同衣服品牌的產品定位圖

當 retailer 2 藉由銷售手段使產品定位改售後，改善產品定位是較具有戰略性的策略，其影響是較為長期的，產品定位的不同會使得價格彈性發生變化， θ 為價格彈性的替代指標，因此產品定位接近表示競爭激烈，顧客對價差會更加敏感， θ 會上升均衡價格從而下降，當 retailer 2 欲藉由改善產品定位來達到更高利潤之均衡態時，此時定價與需求都將改變，當 retailer 1 名目需求大於 retailer 2 且兩者差異不大時，從(3.12)與(3.13)即可判斷出 $\frac{\partial p_2}{\partial \theta} < 0$ 且 $\frac{\partial^2 p_2}{\partial \theta^2} < 0$ ，因此(3.14)的 π_2 二次偏微小於 0， π_2 為一 concave 函數，retailer 2 將存在最佳定位(Appendix B)。

$$\frac{\partial \pi_2}{\partial p_2} = \frac{\partial(1+\theta)p_2^2}{\partial \theta} = p_2^2 + 2(1+\theta)p_2 \frac{\partial p_2}{\partial \theta}$$

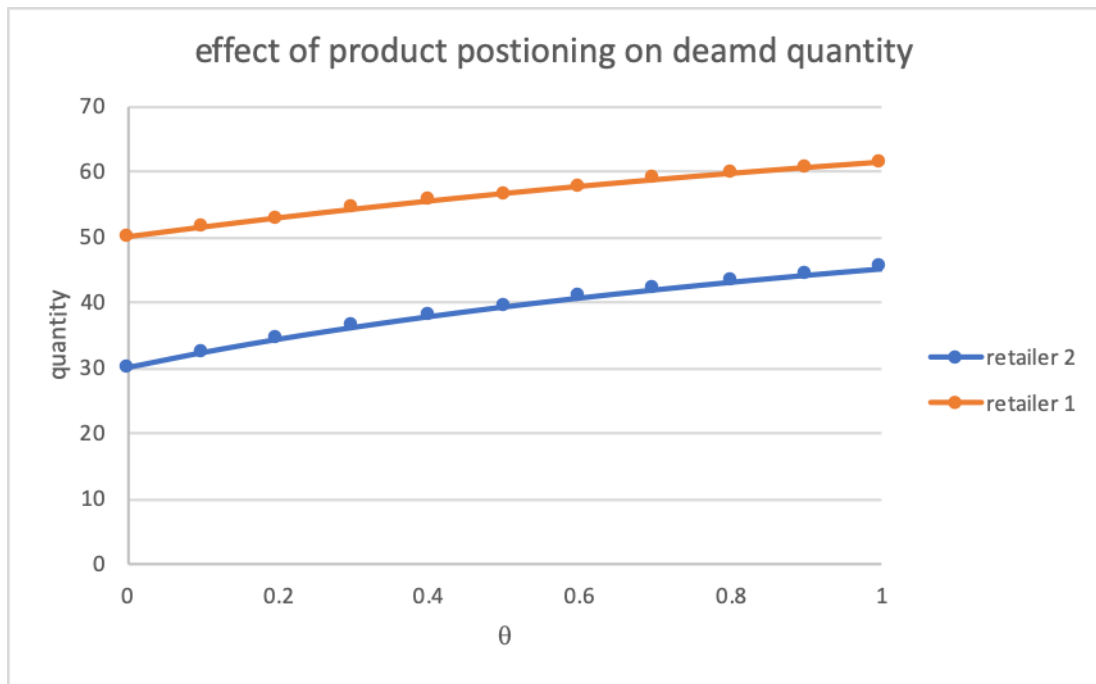
$$\frac{\partial p_2}{\partial \theta} = \frac{(-3\theta^2 + 4)a_1 - (6\theta^2 + 12\theta + 8)a_2}{[4(1+\theta)^2 - \theta^2]^2} \quad (3.12)$$

$$\frac{\partial^2 p_2}{\partial \theta} = \frac{(-24\theta^2 - 48\theta - 32)a_1 + (-12\theta^2 - 96\theta + 16)a_2}{[4(1+\theta)^2 - \theta^2]^4} \quad (3.13)$$

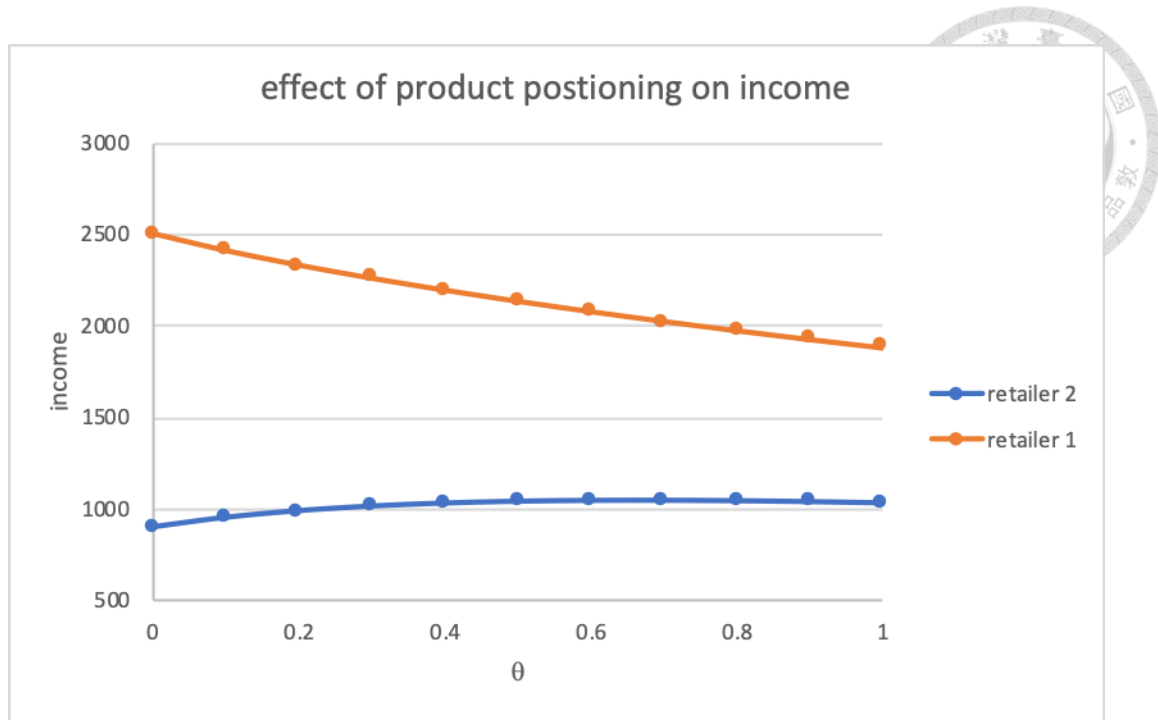
$$\frac{\partial^2 \pi_2}{\partial \theta^2} = 4p_2 \frac{\partial p_2}{\partial \theta} + 2(1+\theta) \left(\frac{\partial p_2}{\partial \theta}\right)^2 + 2(1+\theta)p_2 \frac{\partial^2 p_2}{\partial \theta^2} \quad (3.14)$$



Fig. 3-5 為產品定位與需求數量及平均收益關係圖，由於 retailer 2 為低價產品之零售商，retailer 2 相較於 retailer 1 具有低價優勢，因此當 θ 降低時競爭減緩，雖均衡價格會隨之提升，retailer 2 無法藉由價差搶奪 retailer 1 的市場進而擴增需求，但當 θ 過高時，此時競爭激烈均衡價格下降，即使需求因低價而增加，其效益仍為負面的，因此 retailer 2 存在最佳定位，但 retailer 1 因其不具有價格優勢，對於 retailer 2 的競爭 retailer 1 並不具反擊的能力，因此並不存在最佳定位。



(a) 產品定位與需求數量關係圖

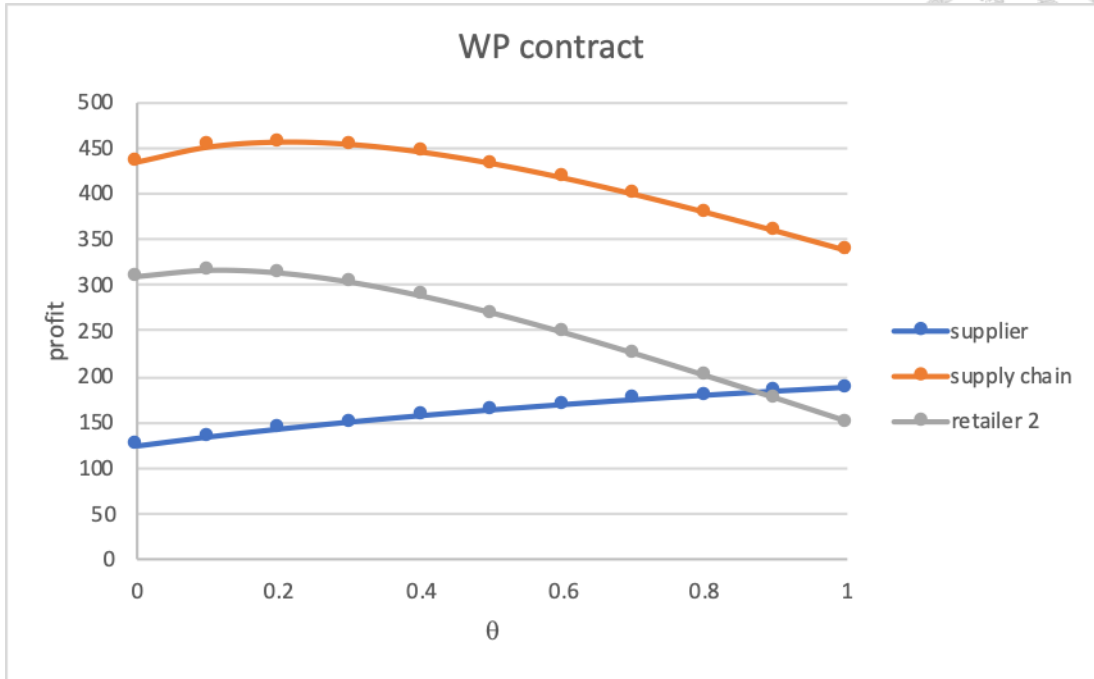


(b) 產品定位與收益關係圖

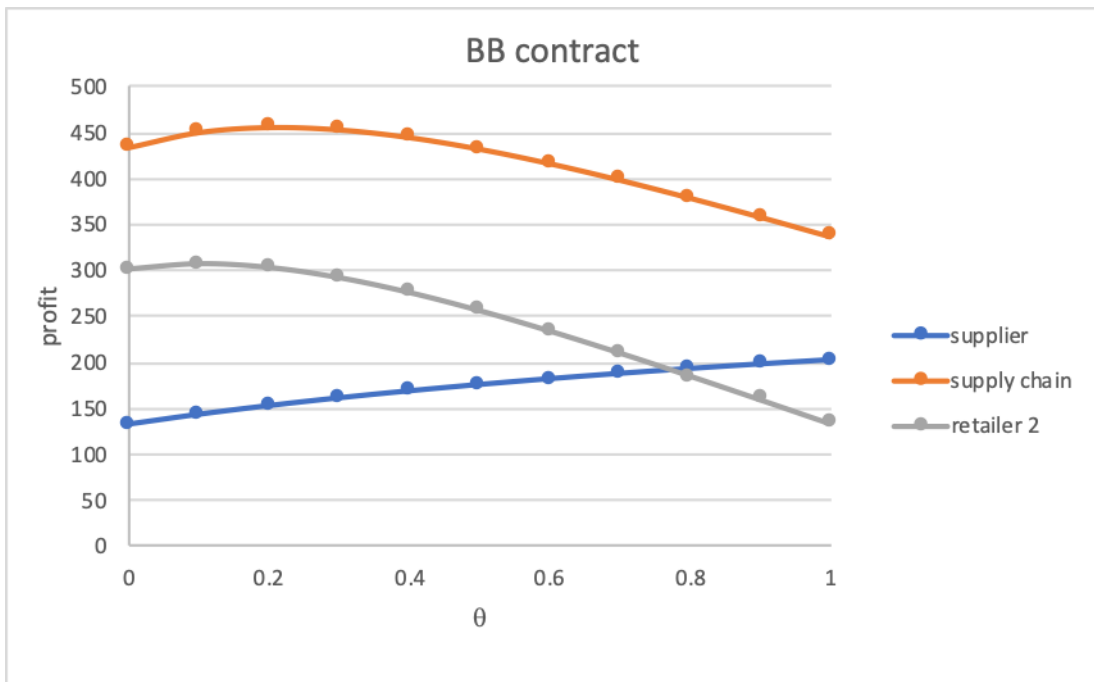
Fig. 3-5 產品定位與需求數量及收益關係圖

當 retailer 2 在競爭市場中藉由市場行為改變產品定位後，對於供應鏈成員而言其利潤變化如 Fig. 3-6，對於整體供應鏈而言，最佳定位約落在 $\theta=0.2$ 左右，但比較 Fig. 3-5 及 Fig. 3-6 則會發現最佳定位在有無考慮風險的情況下其最佳定位會不同，由於成本固定因此當市場競爭激烈使均衡價格較低，毛利率亦低，供應鏈較無能力面對需求不確定帶來的風險，造成產品定位的偏移。

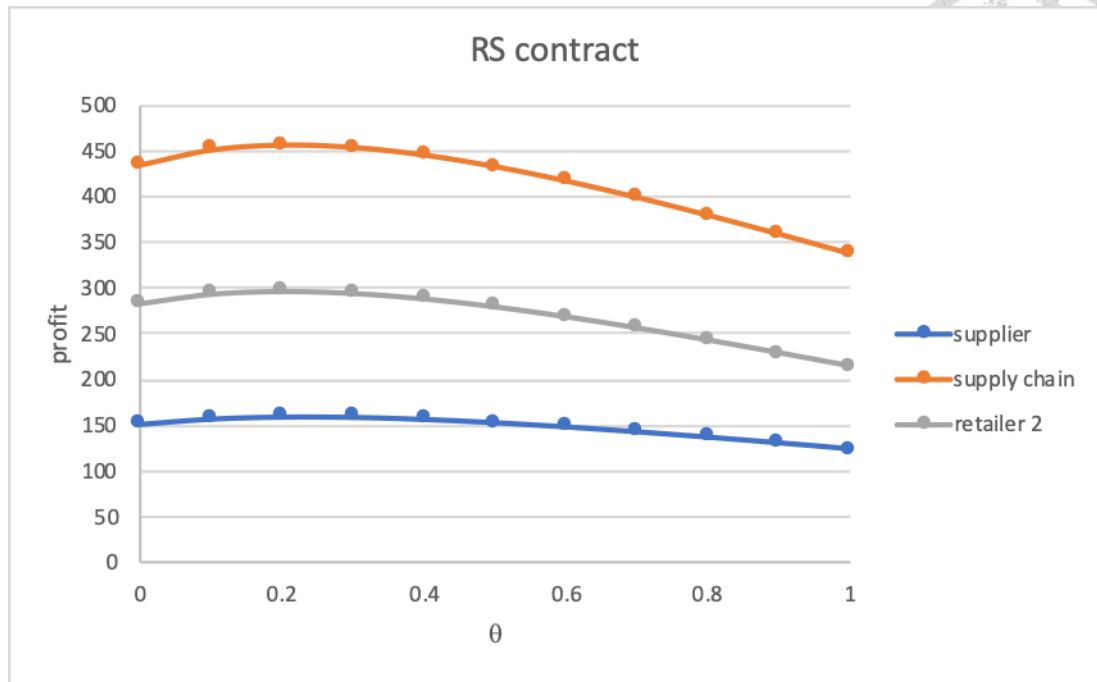
由於 wholesale pricing 並不負擔 retailer 2 在市場上採取策略帶來的風險，因此當競爭激烈使需求數量增多時，供應商的收益會隨之增加，但對於 retailer 2 而言，策略帶來的影響與成本的夾擊會使得其不堪負荷利潤遽降；buy-back 亦是同樣道理，供應商僅與 retailer 2 一同承擔存貨風險，但承擔的前提是高昂的批發價格，因此當市場競爭愈發激烈，相較 wholesale pricing 契約 retailer 2 的成本負擔將更重，buy-back 不僅無法成為 retailer 2 在市場上競爭的後盾，反而成為 retailer 2 甩也甩不掉的負擔；revenue-sharing 則完全與 wholesale pricing 及 buy-back 相反，契約使供應商成為 retailer 2 的最佳夥伴，讓供應鏈、retailer 2 及供應商三者的目標一致。



(a) Wholesale pricing 契約



(b) Buy-back 契約



(c) Revenue sharing 契約

Fig. 3-6 改善產品定位後供應鏈成員之利潤變化

3.5.5 小結

在本章討論了在比較靜態模型下如何增加供應合同價值，subtle pricing 與產品定位的改善是有助於 retailer 2 改善其在市場中所獲得的利潤，subtle pricing 是一短期的策略，藉由無形的價格競爭促進名目需求的增加，相反的產品地位的改善則是一長期策略，合適的產品定位可減緩競爭，retailer 2 可藉由整合策略使獲利提升。

若欲比較三種不同契約在比較靜態模型的表現，無論 retailer 2 採取何種競爭策略，revenue sharing 契約下的供應商與 retailer 2 利益一致，而 buy-back 只分擔存貨風險，在存貨風險不高的情形下，buy-back 的高昂批發成本會造成 retailer 2 在競爭戰場上的背後隱憂。

由於諸多契約僅在固定零售價的 newsvendor 模型中達成協同，在比較靜態模型中，定價會隨著所採用的策略而有變動因此協同已無法達成，但當採取 subtle pricing 及改善產品定位兩策略時，整體供應鏈利潤已獲得提升，因此在靜態模型中供應契約的協同已非關注重點；另服務的價值在現象上由受益人決定 (FP10)，此 FP 激勵零售商採取垂直結構外的行動，因此須以動態模型進一步分析如何提高整個價值網絡的價值。

Chapter 4 Valuation of sensing and responding capability



零售商可提供的服務方式有非常多種，依行業別的不同服務的方式也會有所不同，以飯店民宿業為例，民宿帶給顧客的感覺往往是溫馨或有家的感覺而飯店則以乾淨舒適服務好且設施多元，一般民眾在選擇住宿時最直接的考慮即是預算，飯店藉由多類服務來吸引顧客為其高價住宿費買單，例如夜床服務、延後退房或免費紀念日等服務，相反的對於民宿業者而言溫暖的感覺才是其主要特色，因此民宿主打的服務會令顧客較有在家裡的感覺，可以在民宿煮飯或是親子民宿可提供奶瓶烘乾或副食品等服務。

在化妝品產業，服務的投入更是高價品牌的殺手鐮，不同品牌化妝品價格由上萬元到幾百元都有，有時化妝品的差異與價格可能並不成正比，高價品牌如何說服顧客購買即是靠多元的服務，植村秀以提供每月修眉服務刺激顧客購買眉筆，YSL 甚至在產品上提供刻字，讓消費者在拿取其品牌唇彩時刺激話題性，進而刺激同儕的購買心，而在 YSL 未提供服務前，同價位的唇彩主要以 CHANEL 及 DIOR 為主流，但服務投入後，YSL 在同期銷售量為市佔第一，雖在此時 YSL 已無提供刻字服務了，但其品牌在消費者心裡已具有一席之地，因此一項服務不僅可短期刺激銷售量，更可能長期提高名目需求。

零售商投入服務可幫助其提高於市場的競爭力，然投入需要資金，零售商如以提高定價方式作為資金的來源可能會損失更多的顧客，因此零售商如何降低採購成本從而在不提高定價時進行服務的投資即為困難所在；若將契約視為一種服務，零售商與上游供應商若藉由契約合作使雙方密切配合，供應商之讓利可能使零售商有足夠資金進行服務，相對的零售商的服務預期能增加消費數量進而使上游供應商獲得更多訂單，契約使供應鏈雙方均能有所獲利，甚至消費者亦因零售商所提供的服務而有所助益，因此契約對於由零售商、供應商與顧客所構成的價值鏈將會有正面的效果。

4.1 服務的作用

當市場已處於一平衡狀態時，對於 retailer 2 而言當其成本因與供應商簽訂合



約而下降時，retailer 2 可利用所節省的成本作為新服務 local service 投入的資金，local service 的作用可能增加(或降低)產品的競爭力，亦有可能降低(或增加)需求不確定性，強化現有顧客對於產品的忠誠度，一項好的服務可能同時增加競爭力並降低需求不確定性。

當產品的競爭力被強化時可能擴張市場亦有可能搶奪競爭對手之潛在顧客，但由於擴張市場的複雜性較高，因此本研究在推估 retailer 2 因提供額外服務後可能造成的影響時，僅考慮市場大小係在固定的情況下。在所設定的需求函數裡 a_1+a_2 為市場總和， a_i 的改變將會直接影響市場的大小，因此在固定市場大小的假設下，服務的效果會顯現在 θ 的變化上。

$$q_1(\theta) = a_1 - p_1 + \theta(p_2 - p_1)$$

$$q_2(\theta) = a_2 - p_2 + \theta(p_1 - p_2)$$

$$D = q_2(\theta) + \varepsilon, \varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$$

在三種市場競爭中，若是由價高者提供服務則其目的均是降低價差對其產品造成的影響，強化其出眾的產品/特色/服務來吸引更多顧客購買，因此對價高者而言， θ 的期望走向為往低處走；反之若由價低者提供服務的話，價低者希望更強調兩產品間的價差使其受益，因此價低者的服務會使得 θ 提升。

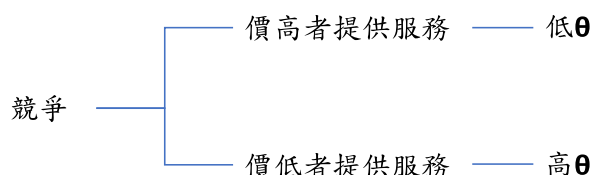


Fig. 4-1 不同零售商提供服務後 θ 的變化

不是每項服務都能有正面效應的，當 retailer 2 提供服務預期能提高競爭力時，對市場的競爭力可能上升、持平或下降，若以 δ 表示服務的效應，則具正值 δ 的服務是具正面效果的，反之則為一項不好的服務，在未提供服務前是相當難以評估市場對此服務的反響；每項服務所需單位成本不一，一項正面的服務若增加其投入的單位成本，被預期能提高服務的效果，但當資金投入達一定程度後，再投入更多資金其效果已不在顯著，但為方便進行評估本研究假設成本與效果是一線性關係，也就是說服務對 θ 影響會同時受到所投入的單位成本 K 與單位成本服務效應 δ 的影響，當 retailer 2 投入 K 成本進行顧客服務後其 θ 可能會從 θ_0 上升至 θ ，其關係式表示如(4.1)。

$$\theta = \theta_0 + \delta K \quad (4.1)$$

以民宿飯店業者為例的話，一項好的服務可能為提供廚房使用、特產品嚐或機場接送，一項無感的服務可以為夜床服務等；一民宿業者若以主打提供優質早餐為賣點的話，可能其訂房量會有提升，但提供每位房客單位成本 30 元的早餐與 40 元的早餐其號召力是不同的，單位成本較高之早餐應當會使房客有更為正面的感受。

服務除改變產品競爭力外亦可提高顧客的忠誠度使需求不確定性下降，以零售業者為例，對顧客而言生活用品的購買往往不拘泥於哪種通路，購買時以方便性作為考量，需求不確定性極大，如何吸引顧客再訪或成為日常用品消費時的第一選擇即為零售業者欲努力的方向，而生活用品的主力顧客主要為家庭主婦，因此全聯以知名品牌的鍋碗瓢盆刀具等集點活動作為吸引顧客來訪的服務，有效利用家庭主婦對於廚具類的需求與知名品牌的吸引力，使家庭主婦為集點成為忠誠顧客。

服務對需求不確定性的影響因素很多，可能與投入的成本與服務的品項都有關係，甚至品項與成本的交互作用亦會造成影響，為簡化評估，假定 retailer 2 以做好服務項目的決策，變動的是資金投入的多寡，因此需求不確定的影響因素僅剩資金投入一項，以一項好的服務為例單位成本愈高的服務應當會有較佳的作用，就如同雙人牌刀具與一般普通刀具對消費者吸引力是完全不同的，若同樣的以 K 作為單位投入成本，而成本與不確定性的轉換參數為 γ ，依此新的需求不確定性 σ'^2 則為一服從常態分佈且變異數為 σ^2 及 γ^2 的乘積，公式如(4.2)。

$$\begin{aligned} \sigma'^2 &= \gamma^2 \sigma^2 \\ \varepsilon' &\sim N(0, \sigma'^2) \end{aligned} \quad (4.2)$$

一項好的服務可同時強化競爭力並削弱需求的不確定性，日本御三家飯店之首帝國飯店就以極致服務為名，現許多日本飯店常見之服務往往源自於帝國飯店，看不見得服務往往就會使業者忽視，但帝國飯店連看不見得服務亦做到滴水不漏，最具代表性的莫過於服務人員會在送完餐點後向闔上的房門鞠躬(王一芝，2017)，帝國飯店極致服務的效果即是最佳證明。



4.2 服務的價值

綜上所述，新服務可能會影響價格彈性 θ 或需求不確定性，或兩者兼而有之，服務的效果可能有幾種可能性：

- 1) 僅 θ 受影響；
- 2) 僅需求不確定性受影響；
- 3) 兩者兼受影響，對 retailer 2 而言，當 θ 上升時服務會帶來新的客源，新的客源亦會有需求不確定性，因此需求不確定性會增加，相反的 θ 下降時，客源的流失會使需求不確定性減少；然而若服務投入的不恰當，亦有可能同時流失潛在顧客及喪失競爭力，另一方面方向正確的服務亦會使兩者皆有正面效應。

由於第三種可能性已囊括了第一及第二種，因此接下來僅考慮第三種的服務效果，當 retailer 2 投入資金進行一項新服務時，需求會從 $D \sim N(q_2(\theta), \sigma^2)$ 改變至 $D' \sim N(q_2'(\theta), \sigma'^2)$ ，若將需求的變化以四個象限來表示的話，則原點為原始狀態，一項服務對需求的影響可能落在任一象限，理所當然的 class 2 是一項最差的服务，會同時使需求不確定性增加且使產品更不具競爭力，而 class 3 則是最為理想的服務方向，可強化價差吸引中間客戶亦可進行精準行銷牢牢掌握現有的客群，但對於 class 1 及 class 2 則較難以直面的確認此服務會有正面抑或是負面的效果，總體效應與 θ 與 σ'^2 之間的抗衡有關。

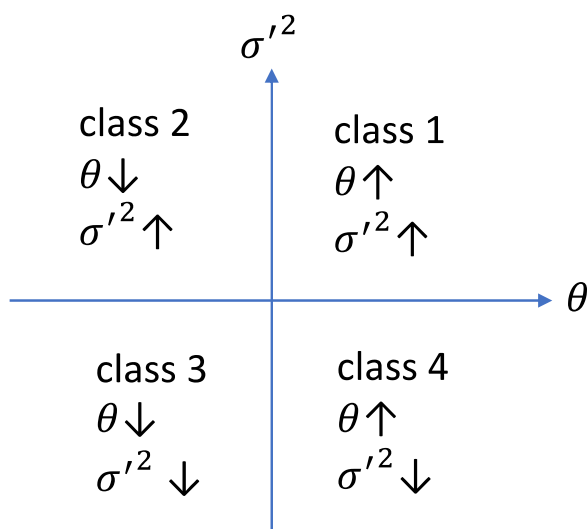



Fig. 4-2 服務類型

當 retailer 2 以歷史資料得到 δ 及 γ 的估計值時，可藉由效益分析來決策資金投入的多寡，以下分述四種服務類型的決策方向：

- 
- 1) Class 1：當資金投入的力道不大時， θ 的效應較不明顯，此時 σ^2 會主導需求變化的方向，因此資金的投入會有一臨界值，直至超過臨界值方會有正面效益；
 - 2) Class 2：立刻停止對 class 2 類型服務的投入，此類型服務無法帶給 retailer 2 任何的效益；
 - 3) Class 3：似 class 1 服務類型， θ 與 σ^2 的效應會互相抵消，需權衡新客源與需求不確定性之間的效應大小，以決策資金投入的力道；
 - 4) Class 4：增大對 class 4 類型服務的資金投入直至達到利潤高點。

當服務提高了產品的替代性 θ 時，retailer 2 可能從 retailer 1 市場中搶奪其潛在顧客，但當 retailer 2 的平均需求量提高時，若 retailer 2 不提高其訂貨量則服務水準會降低，服務的效果較難完整呈現；另一方面若服務使需求不確定性下降時，則 retailer 2 所需承受的存貨風險因而下降，因此在相同的服務水準下，若 retailer 2 仍維持相同的訂購量則會損失許多訂單，倘若 retailer 2 有補貨的機會時，retailer 2 亦會傾向於進行補貨，但由於一投入資金進行服務時 retailer 2 很難估計服務的效果，若一開始即提高訂購量則所面臨的風險較高，因此 retailer 2 以少量進行補貨意願會較高。當上游同意 retailer 2 進行補貨時，亦會有外溢效果影響供應商，供應商收益會因補貨而增加。

假設服務的投入是在已向上游供應商進行訂貨後所做的決定，因此 retailer 2 並無歷史資料可幫助其進行需求變化的估計，retailer 2 為快速的反應需求的變化，須立刻藉由銷售數據的反饋來獲得其所需資訊。

4.3 δ 及 γ 的估計

由於 δ 及 γ 未知，因此 retailer 2 無法估計其投入資金效果，retailer 2 對於是否採取服務或要投入多少的資金等決策均是毫無頭緒的，當 retailer 2 採取服務時，retailer 2 僅可藉由銷售量的變化來反推其服務的效果，但由於兩產品間的價格彈性 θ 及需求不確定性 ε_1 預期會因 retailer 2 投入的服務而有所改變，因此產品的需求分佈會隨之發生變化，且實際的銷售量會同時受到需求不確定性及 θ 的變化影響，導致 retailer 2 更難下決策且難以掌握市場狀況，retailer 2 可藉由對銷售數據的分析來進行 δ 及 γ 的估計並可幫助 retailer 2 更掌握市場的需求變化。

目前實務上有諸多方法可進行數據分析，而本論文利用 Bayesian learning 來進

行數據的分析，Bayesian learning 是利用貝氏定理結合新的訊息或資料及參數的先驗分佈得到參數更新後的後驗分佈，而每個後驗機率都可作為下一次 Bayesian learning 的先驗機率使用，因此 Bayesian learning 可不斷根據證據或訊息迭代使用。Bayesian learning 的推論步驟為當欲推估參數 θ 時，在觀察數據前可先假說一個分佈 $P(\theta)$ ，當觀察到數據 X 時，計算假說與證據的一致程度 $P(X|\theta)$ ，根據下列公式可計算後驗機率 $P(\theta|X)$ 如(4.3)(Bernardo & Smith, 2009 ; Jihan, 2019)。

$$P(\theta|X) = \frac{P(X|\theta)P(\theta)}{P(X)} \quad (4.3)$$

$$P(X) = \sum_{\theta \in \Theta} P(X|\theta)P(\theta)$$

當 retailer 2 首次投入 K 資金進行某些服務時，由於無舊往經驗 retailer 2 對於資金 K 與服務效果 θ 、需求不確定之間的轉換參數 δ 及 γ 是未知的，實務上 retailer 2 可利用每週銷售數據 X_i 進行分析同時估計 δ 及 γ ，然而欲利用 Bayesian learning 同時估計 δ 及 γ 於數學上較為複雜，且因本研究重心並非在如何利用 Bayesian learning 同時進行估計，為簡化估計過程，假設 retailer 2 有能力依舊有經驗得到 δ 的估計值，只需追蹤 σ^2 的變化，因此以每週銷售數據 X_i 進行 Bayesian learning 求得 σ^2 ，步驟如下：

- 1) 利用已知的 δ 得到此服務的 θ
- 2) 新的需求分佈估計為 $D' \sim N(q_2'(\theta), \sigma'^2)$
- 3) 利用 Bayesian learning 進行 σ'^2 的估計
- 4) 利用新的資訊持續更新對 σ'^2 的推估

每週銷售數據的 likelihood $X_i|\sigma^2$ 即為需求分佈的分配，因此為常態分配，在進行 Bayesian learning 時，由於服務可能造成使需求不確定減小或放大，過往文獻證實 Bayesian learning 變異數的分配服從 Inverse Gamma distribution(Lo, 1995 ; Jordan, 2010)，且一般都假設 σ^2 的先驗分配 $f(\sigma^2)$ 為 $\alpha=2$ 的 Inverse Gamma distribution，本論文以文獻為基礎並假設 σ^2 的期望值與 σ^2 相等來設定 σ^2 的先驗分配。經過 Bayesian learning 後，在每一時期 σ^2 的後驗分佈都正比於一 Inverse Gamma distribution， t 時期時 σ^2 表示式如(4.4)所示，另推導過程如 Appendix C。

$$\sigma_i'^2 | X_i \propto \text{InverseGamma}(\alpha_i = \frac{t}{2} + 2, \beta_i = \frac{\sum_{i=1}^t [X_i - q_2'(\theta)]^2 + 2\sigma^2}{2}) \quad (4.4)$$

以 Inverse Gamma distribution 作為 σ'^2 的先驗分佈假設則可得到在每一時期 σ'^2 其後驗分佈都正比於 Inverse Gamma distribution 之結果，雖難以判斷後驗分佈究竟與真實分布之間的差異大小，但仍能以 σ'^2 後驗分佈的期望值作為 σ'^2 猜測值的推論，期望值公式如(4.5)；猜測值與每週的銷售資料與先驗期望值 σ^2 有關，若將 $[X_i - q_2'(\theta)]^2$ 視為事實變異，也就是每週銷售資料與所推估的平均值之間的差異，則每個時期的事實變異所佔的權重於每一時期均為先驗期望值 σ^2 權重的一半，且最後的期望值為所有事實變異與先驗估計的平均。

$$E(\sigma_i'^2 | X_i) = \frac{\sum_{i=1}^t [X_i - q_2'(\theta)]^2 + 2\sigma^2}{t+2} \quad (4.5)$$

隨著資料的增多，藉由 Bayesian learning，每次迭代的結果會愈來愈趨近真實的 σ'^2 值，且對於估計的不確定性會逐漸下降，因此零售商對於市場的掌握力會愈來愈高，而對 γ 而言，可藉由對 σ'^2 進行反推而得，每項服務的成本不一，因此即使當高成本與低成本的服務效果相同時，零售商亦可以 δ 及 γ 為一評估準則。

相較於 Bayesian learning，指數加權移動平均 (EWMA) 管制圖常可用於檢測與目標距離較小的偏移，常被用於半導體業，且 EWMA 的平穩性，會使得當較小值或較大值進入計算時不會有嚴重影響，但由於市場銷售的需求不確定性變異較大，EWMA 不考慮先驗分布的假設，因此在用於市場銷售時，亦須足夠多資訊的累積方能得到一準確的估計值，當欲進行長時間變化的追蹤時，EWMA 即是依相當好用的統計手法，但欲短時間下重要決策時，EWMA 便略有所不足。

4.4 採取服務後之決策

顧客心理無法預期，有時零售商對於一產品或服務的認知常常是一廂情願而已，消費者可能並不買單，因此當投入一服務後需在了解顧客對此服務或產品之喜好後立即進行一些適應性之決策來調整服務或產品所帶來的變化；因此當 retailer 2 得到 θ 及 σ'^2 的估計值後，即可對市場狀況有更高的掌握，對於服務的投入 retailer 2 可進行的適應性決策包含服務強度的決策及補退貨之決策。



4.4.1 服務強度決策

當 Retailer 2 可依據 Bayesian 推斷所得之 σ'^2 估計值判斷所採之服務屬於服務四象限的哪一象限，並依此決策是否須加大服務強度抑或停止服務等，由於實務上資金的投入與服務的效果應呈一指數增長趨勢，因此對於 class 4 的服務可計算所能負荷之最大成本與增長趨勢來作為其最佳服務強度，相反的對於 class 2 之服務則應立即停止服務投入，而對於 class 1 與 class 3 由於需考量 σ'^2 與 θ 之間的交互作用進行效益分析方能決定其最佳投入。

但由於此部分分析較為複雜，因此本論文假定 retailer 2 之反應為：

- 1) 若服務被判斷為 class 2 服務，則 retailer 2 將取消對顧客進行服務；
- 2) 相反的若被判定為 class 4 服務，則加大投入資金的力道至兩倍 K；
- 3) 另外對於 class 1 及 class 3 則維持原資金投入狀態。

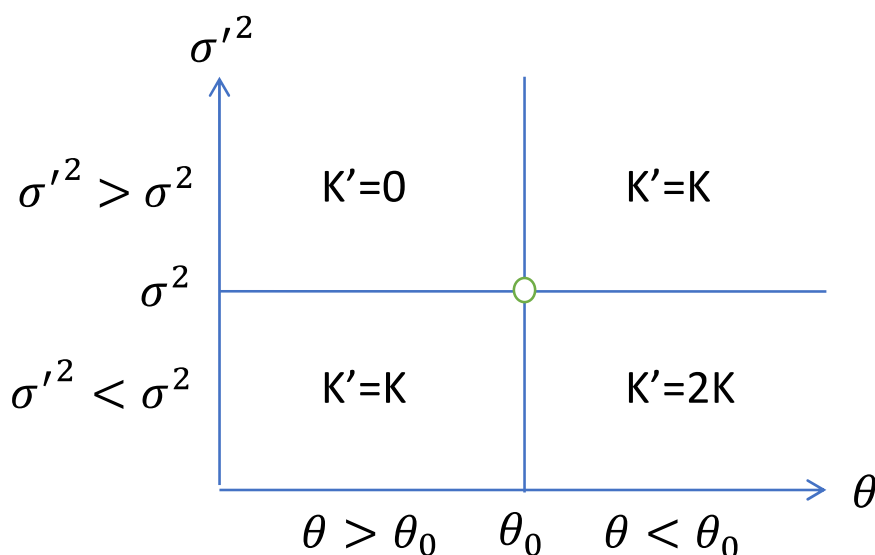


Fig. 4-3 投資決策圖

4.4.2 補退貨決策

若當 retailer 2 向供應商進行訂購後，即採取新服務提升以增加顧客的吸引力，隨著服務的投入，需求分佈會隨之改變，訂購量 Q 之數量已不再符合需求，可能會造成過多存貨或銷售短缺，因此若上游供應商允許 retailer 2 進行一次補退貨時，此時 retailer 2 將面對一系列難題，要補貨還是退貨？要補/退多少數量才足夠而不會增加存貨/缺貨風險？要在何時補貨/退貨才最符合經濟效益？特別是有保存期限或有銷售季節的產品，零售商應特別注意補貨/退貨的時機與數量，以快時尚產

品為例，過早補貨會增加倉儲成本，但過晚補貨可能會錯失一部分的需求，亦有可能時尚熱潮已過商品已不再具有吸引力，反而必須以打折或花車產品出售，效益不增反減，因此如何訂定一補退貨策略亦為 retailer 2 須審慎思考的部分。

需求的不確定會造成 retailer 2 為規避風險而減少訂購量，而即使是以整體供應鏈考量，協同契約的訂購量依舊是以相對保守的角度進行，然而在電商的環境下銷售量是非常輕易可以掌控的，因此存貨的資訊亦相當容易獲得，若每週進行存量水準與服務水準的確認，將可在需求不確定的狀況下隨時掌握需求的狀況並在第一時刻進行補貨，因此可同時兼顧風險與利益的考量，使利益最大化。若服務有正面效益，訂購量 Q 可能無法滿足需求造成過多的銷售短缺，假設上游供應商允許 retailer 2 進行一次補貨，但當 retailer 2 在期末提出補貨/退貨需求後，上游供應商需待下時期期末方能完成補貨/退貨；而當 retailer 2 觀察到銷售情況後，藉由 Bayesian learning 來評估其服務效果並追蹤需求的變化時，更多的銷售資訊會使 retailer 2 更能掌握實際市場情形，然同時剩餘的銷售時期亦隨之減少，當具有足夠資訊下決策時往往可能會錯失最佳補貨/退貨良機，retailer 2 需在時間與資訊之間的價值做取捨。

考慮一銷售季節為 T 週的產品，在銷售季節開始前($t=0$)，retailer 2 向上游供應商訂購了 Q 數量的產品在整個銷售季節出售，假設每一週之需求服從相同且獨立的常態分佈 $N(\mu, \sigma^2)$ ，引此累積需求分佈將服從 $N(T\mu, T\sigma^2)$ ，retailer 2 即以此累積需求分佈及缺貨風險 α 設定訂購量 Q ，為使供應鏈效率最大化，以整體供應鏈最佳訂購量為訂購量設定，因此缺貨風險之訂定以(4.6)為基準；假設 retailer 2 以同樣的缺貨風險來進行存貨的調整，因此只有當週新需求分佈下的存貨 $I(Q)$ 小於服務水準時進行補貨，否則則進行退貨，補貨決策如(4.7)。

$$\alpha = 1 - F(Q^c) = \frac{c - s}{p_2 - s + g} \quad (4.6)$$

$$\begin{cases} F(I(Q)) \geq 1 - \frac{c - s}{p_2 - s + g}, & \text{buyback} \\ F(I(Q)) < 1 - \frac{c - s}{p_2 - s + g}, & \text{replenish} \end{cases} \quad (4.7)$$

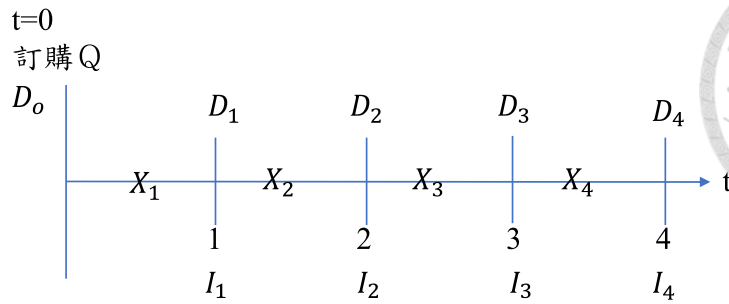


Fig. 4-4 補退貨決策示意圖

考慮在時期 t 當週之銷售量為 X_t ，當週期末之庫存 I_t 即為訂購量扣除當週之銷售量總和，每週之需求分佈即可以 Bayesian learning 之迭代 $\sigma_t'^2$ 作為 σ^2 的估計值來進行更新，因此剩餘期數之總需求 F_t 同(4.8)所示，以此 F_t 計算當週之存貨水準，當服務水準 $F_t(I_t)$ 低於 $1-\alpha$ 時則進行補貨，否則則進行退貨，補退貨數量 ΔQ 則以(4.9)進行計算，因假設只允許一次補退貨，因此補退貨數量 ΔQ 及其時間點為 retailer 2 之決策重點，另以剩餘庫存及總銷售量 S 作為評斷指標。

$$I_t = Q - \sum_{i=1}^t X_i$$

$$D_t = q_2(\theta) + \varepsilon, \varepsilon \sim N(0, \sigma_t'^2)$$

$$D_t \sim N(q_2'(\theta), \sigma_t'^2), \theta = \theta_0 + \delta K$$

$$F_t = \sum_{i=t}^T D_i = (T-t)N(q_2'(\theta), \sigma_t'^2) = N((T-t)q_2'(\theta), (T-t)\sigma_t'^2) \quad (4.8)$$

$$F_t(I_t) = \Phi\left(\frac{I_t - (T-t)q_2'(\theta)}{\sqrt{T-t}\sigma_t'^2}\right)$$

$$\Phi\left(\frac{I_t + \Delta Q - (T-t)q_2'(\theta)}{\sqrt{T-t}\sigma_t'^2}\right) = 1 - \alpha \quad (4.9)$$

$$S = Q + \Delta Q - \max(0, I_T)$$

對於 retailer 2 而言當進行補貨決策時時間是十分可貴的，愈早進行補貨愈可避免銷售疲乏造成的存貨風險，但過早補貨又必須承受因資料不足對於估計值有較高地不確定性，如何決定補貨的時機實為一大難題。對於供應商而言，補貨的價值即為外溢效果，且對於消費者而言額外的服務將可能增加額外的價值，因此一項服務不僅可能使 retailer 2 受益，對整個供應鏈的所有成員而言亦因而受益，整體供應鏈的價值因服務而提升。

Chapter 5 Value of enabling new services



5.1 數例設定

為產生數據進行模擬，本論文假設 retailer 2 及其競爭對手之產品在短期並不會有銷售趨勢大幅變動的狀況，且預期當 retailer 2 採取服務時定價不變，另假定 retailer 1 不因 retailer 2 的行為而採取任何策略且不會隨著時間有價格變化。

數據產生過程如下：

- 1) 為使供應鏈效率最大化，以整體供應鏈最佳訂購量為訂購量設定，因此服務水準設定為 $1-\alpha=1-\frac{c-s}{p_2-s+g}=67.74\%$ ，若假設銷售週期為 8 週，則 8 週之總體需求分佈服從 $N(303.36,32)$ ，retailer 2 在考量了 8 週之總體需求後向上游供應商訂購總量為 305.9650 的商品，並且於第一週期初一次到貨。
- 2) 四種服務類型之 δ_i 分別為 $[0.2,-0.2,-0.2,0.2]$ 而 γ_i 則為 $[1.2,1.2,0.8,0.8]$ ，並以此亂數產生銷售數據 X_t 。

5.2 需求變異之決策分析

利用 Bayesian learning 估計 σ^2 時，隨著分析時間的拉長，估計值會愈來愈趨近於真實的 σ^2 ，且估計的變異會以正比於 $1/t$ 的速度下降，由於需求的不確定性，因此欲得到一精確值須有足夠數據的積累方能得到，但在市場變化用「快速」也無法形容的今天，一旦零售商無法快速反應市場的變化，就極為容易被市場所淘汰，因此零售商無法等待到估計值足夠精確後才進行決策，需快速以一估計值來反應市場的變化。

$$E(\sigma_t^2 | X_t) = \frac{\beta_t}{\alpha_t - 1} = \frac{\sum_{i=1}^t [X_i - q_2'(\theta)]^2 + 2\sigma^2}{t+2} = \frac{\sum_{i=1}^t \varepsilon_i^2 + 2\sigma^2}{t+2} \sim \sigma^2 \quad (5.1)$$
$$V(\sigma_t^2 | X_t) = \frac{\beta_t^2}{(\alpha_t - 1)^2 (\alpha_t - 2)} = \left[\frac{\sum_{i=1}^t \varepsilon_i^2 + 2\sigma^2}{t+2} \right] \frac{2}{t} \sim \frac{\sigma^4}{t} \sim \frac{1}{t}$$

Retailer 2 需在估計的準確度與補貨時效性之間權衡，因此如何設定一最佳的補貨時機實為一大困擾之一，為分析此一問題，本論文以兩情境來進行分析，並

假設服務僅能改變需求不確定性而無法擴展或損失客群，因此第一個情境為使需求不確定性下降的服務也就是 $\gamma < 1$ 的服務，而第二個情境則為 $\gamma > 1$ 的服務，並各分別進行 30 次模擬以求得最佳補貨時機。

分析過程為以 $T=8$ 週為一銷售週期，計算每一週以 σ_t^2 為估計值時之需求分佈下的補貨數量，最後以銷售週期結束後總體期末存貨與需求短缺的數量總和作為一評斷補貨時機的準則，數量總和最低的決策時間點即為最佳補貨時機，另外當 retailer 2 在期末下補貨訂單時，上游供應商在下一期末方能送達，且當遇需求短缺時此需求即立刻損失。

5.2.1 Scenario 1: $\gamma=0.8$

由於需求不確定性變小，因此即使有極端值出現，下週的資訊仍會使 σ_t^2 快速下降，因此 Bayesian learning 的過程圖大多有往下的趨勢，且除遇極端值外在 $t=5$ 左右已不再有劇烈的變化，然 Bayesian 推斷在初期的準確性依舊不佳，若 retailer 2 欲在初期快速反應，所需資訊依舊不足以協助其下決策。

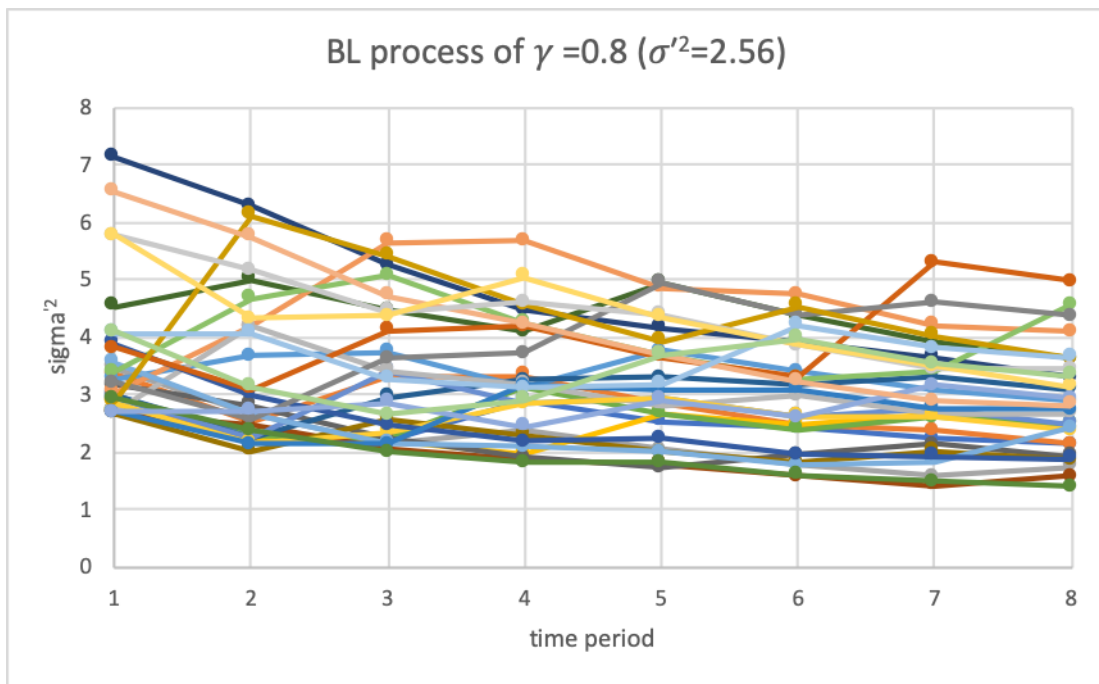


Fig. 5-1 $\gamma=0.8$ 的 BL 學習過程圖

每一次模擬均變化很大，故以 30 次模擬的平均來進行分析，Fig. 5-2 為將 30 次模擬平均後 σ_t^2 的變化，可看出因低需求不確定性的關係，隨著時間 σ_t^2 的變化約呈一線性關係，但在銷售初期 Bayesian 推斷仍不足夠準確，因此若能以初期之

數據得到後期 $\epsilon_t'^2$ 的預測，則將有助於 retailer 2 快速的反應，因此由公式(5.1)可看出 Bayesian 推斷每時期的差異在於增加 $\epsilon_t'^2$ 項，因此若能以一平均值代替則將能得到下時期之預測值；由母體變異之公式可看出母體變異即為 $\epsilon_t'^2$ 項的平均值，但母體變異即為欲求得之參數，因此本研究以 T/2 時期所擁有的資訊來得到 $\epsilon_t'^2$ 的估計值(5.2)，以此方式來預測 Bayesian learning 在第 8 週時的推斷 $E(\sigma_8'^2|X_8)$ 如(5.3)，如此一來 retailer 2 尚還擁有 T/2 的剩餘週期來反應市場變化，且可避免因初期數據過度偏離而造成直接以 M 作為估計值的偏差，詳細數學過程如下所述。

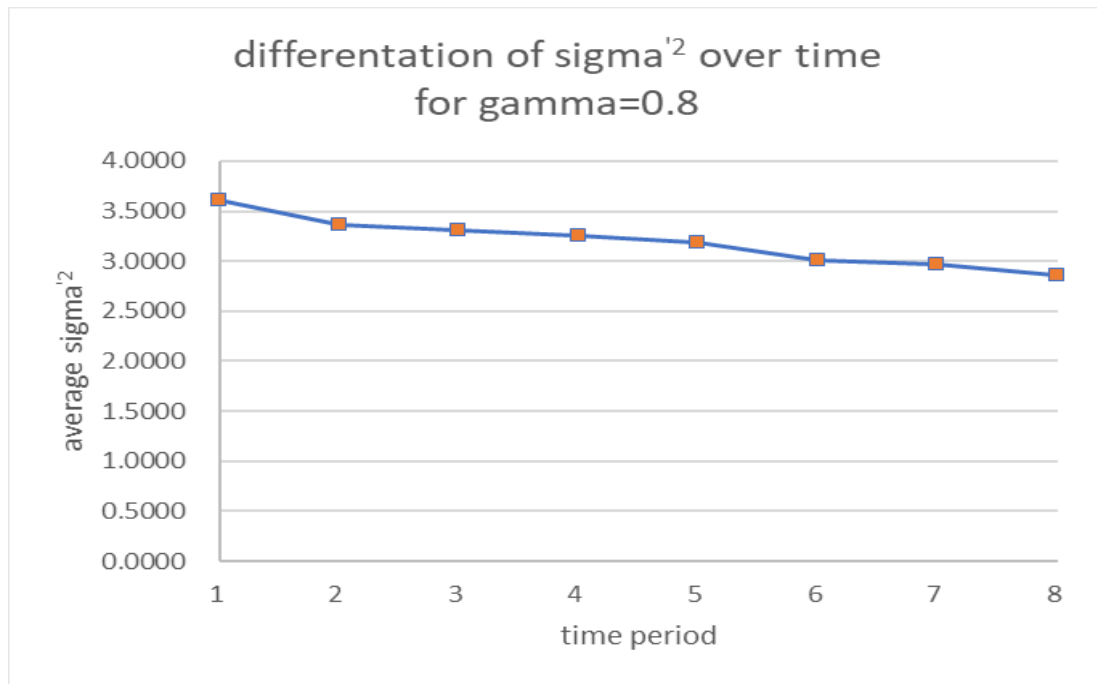


Fig. 5-2 $\gamma=0.8$ 情境下平均 $\sigma_t'^2$ 的變化圖

$$\sigma'^2 = \frac{\sum_{i=1}^n [X_i - q_2'(\theta)]^2}{n}$$

$$M = \frac{\sum_{i=1}^4 [X_i - q_2'(\theta)]^2}{4} \tag{5.2}$$

$$E(\sigma_4'^2 | X_4) = \frac{\sum_{i=1}^4 [X_i - q_2'(\theta)]^2 + 2\sigma^2}{4+2}$$



$$\begin{aligned}
 E(\sigma_5'^2 | X_5) &= \frac{[X_5 - q_2'(\theta)]^2 + \sum_{i=1}^4 [X_i - q_2'(\theta)]^2 + 2\sigma^2}{5+2} \\
 &= \frac{[X_5 - q_2'(\theta)]^2 + 6E(\sigma_4'^2 | X_4)}{5+2} \\
 &\approx \frac{M + 6E(\sigma_4'^2 | X_4)}{7} \\
 E(\sigma_8'^2 | X_8) &= \frac{\sum_{i=5}^8 [X_i - q_2'(\theta)]^2 + \sum_{i=1}^4 [X_i - q_2'(\theta)]^2 + 2\sigma^2}{8+2} \\
 &= \frac{4M + 6E(\sigma_4'^2 | X_4)}{10}
 \end{aligned} \tag{5.3}$$

為避免因部分離群資料而造成分析偏差，因此以 30 次模擬的平均來驗證預測模型是否有效如 Table 1-1，從 Table 5-1 中可看出以 t=1~4 的銷售資料所建立的模型預測值雖較 Bayesian learning 於 t=8 時的估計值為差，但以預測模型的預測值下決策則將同時考慮時間與資訊的價值。

Table 5-1 $\gamma=0.8$ 情境下預測模型的建立

| Time period | BL 的 $\sigma_t'^2$ 估計 | $\varepsilon_t'^2$ | M | $\sigma_t'^2$ 預測 |
|-------------|-----------------------|--------------------|--------|------------------|
| 1 | 3.6162 | 2.8486 | 2.8720 | |
| 2 | 3.3665 | 2.6175 | | |
| 3 | 3.3156 | 3.1120 | | |
| 4 | 3.2480 | 2.9097 | | |
| 5 | 3.1810 | | | 3.1943 |
| 6 | 3.0114 | | | 3.1540 |
| 7 | 2.9615 | | | 3.1226 |
| 8 | 2.8656 | | | 3.0976 |

將 30 次模擬區分為有期末存貨抑或是有需求短缺的狀況來識別預測模型的能力，Table 5-2 與 Table 5-3 分別為兩種狀況在不同時期補退貨的期末存貨及銷售量，各時間點的 ΔQ 是基於 Bayesian 推斷所下的決策，而 Predictive model 則是基於以預測模型預測 Bayesian 推斷在 t=8 時的 $E(\sigma_8'^2 | X_8)$ ，在 Table 5-2 總體銷售仍有期末存貨的狀況下，由於 ΔQ 同時受到估計值及剩餘期數的影響，因此愈靠前決策即使估計值愈準確但期末存貨卻並非最低，但等待至 t=6 再下決策是不可行的，而

相較於 Baseline model 及大部分時間點，使用預測模型的預測值來下決策的確可得到較低的 I_T ；同樣的在 Table 5-3 亦得到相同的結論。

Table 5-2 $\gamma=0.8$ 情境及期末存貨下不同補退貨決策時間點的差異

| Replenishment time | $\sigma_t'^2$ | ΔQ | I_T | Sales volume |
|--------------------|---------------|------------|--------|--------------|
| t=1 | 3.9127 | -0.9541 | 3.3610 | 301.6499 |
| t=2 | 3.3501 | -1.1915 | 3.1235 | |
| t=3 | 3.1594 | -1.9370 | 2.3780 | |
| t=4 | 3.0936 | -2.8616 | 1.4534 | |
| t=5 | 3.0411 | -2.8663 | 1.4487 | |
| t=6 | 2.8514 | -3.4033 | 0.9117 | |
| Predictive model | 2.9123 | -2.9098 | 1.4052 | |
| Baseline model | | 0 | 4.3150 | |

Table 5-3 $\gamma=0.8$ 情境及需求短缺下不同補退貨決策時間點的差異

| Replenishment time | $\sigma_t'^2$ | ΔQ | I_T | Sales volume |
|--------------------|---------------|------------|---------|--------------|
| t=1 | 2.9244 | -0.1591 | -3.4319 | 305.8058 |
| t=2 | 3.4049 | 0.9931 | -2.2798 | 306.9580 |
| t=3 | 3.6802 | 2.1979 | -1.0749 | 308.1629 |
| t=4 | 3.6082 | 2.9382 | -0.3347 | 308.9031 |
| t=5 | 3.5074 | 3.7308 | 0.4580 | 309.2378 |
| t=6 | 3.3846 | 4.3622 | 1.0893 | 309.2378 |
| Predictive model | 3.5299 | 2.9191 | -0.3538 | 308.8840 |
| Baseline model | | 0 | -3.2728 | 305.9650 |

5.2.2 Scenario 2: $\gamma=1.2$

需求不確定性的增加使數據之間的變化較大，因此相較於 scenario 1，銷售期末時每次模擬之間的 BL 估計值變化範圍較大，且每週之間的波折程度亦較大，這是由於 Bayesian learning 過程中每週數據的離差對於 $\sigma_t'^2$ 的影響力一致，而高需求不確定性更易有極端值出現，極端值的出現會造成 Bayesian learning 學習效果較差，因此在第八週時估計值的精準度仍很差，若要得到較佳之估計值需待得到更

多數數據後方能得到。

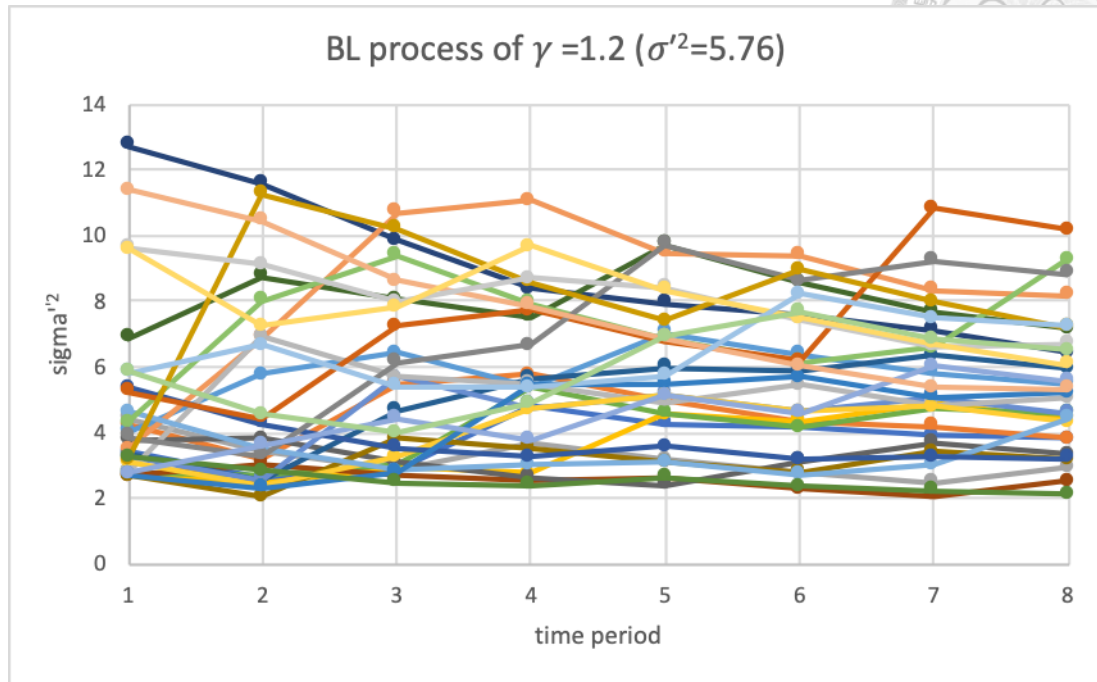


Fig. 5-3 $\gamma=1.2$ 的 BL 學習過程圖

在高需求不確定的情境，不同時間點的 $\varepsilon_t'^2$ 變化很大，在初期離群值的出現會使估計值過度高估，但過於接近 $q_2'(\theta)$ 更會使估計值過度低估，因此在初期波折程度較高，愈到後期離群值或過於接近 $q_2'(\theta)$ 的效應均會被分攤掉，使波折程度漸緩，但即使如此，相較於 $\gamma=0.8$ 情境， $\sigma_t'^2$ 在銷售後期變化仍相當大，Fig. 5-4 顯現了在整個 Bayesian learning 過程 $t=5$ 時間點的推斷是最為接近實際 σ'^2 的時候，但 $t=5$ 以後的其他時間點仍會因高需求不確定性的影響而有波折，因此對於 Bayesian learning 而言 8 週仍不足以得到一相當準確的估計值。

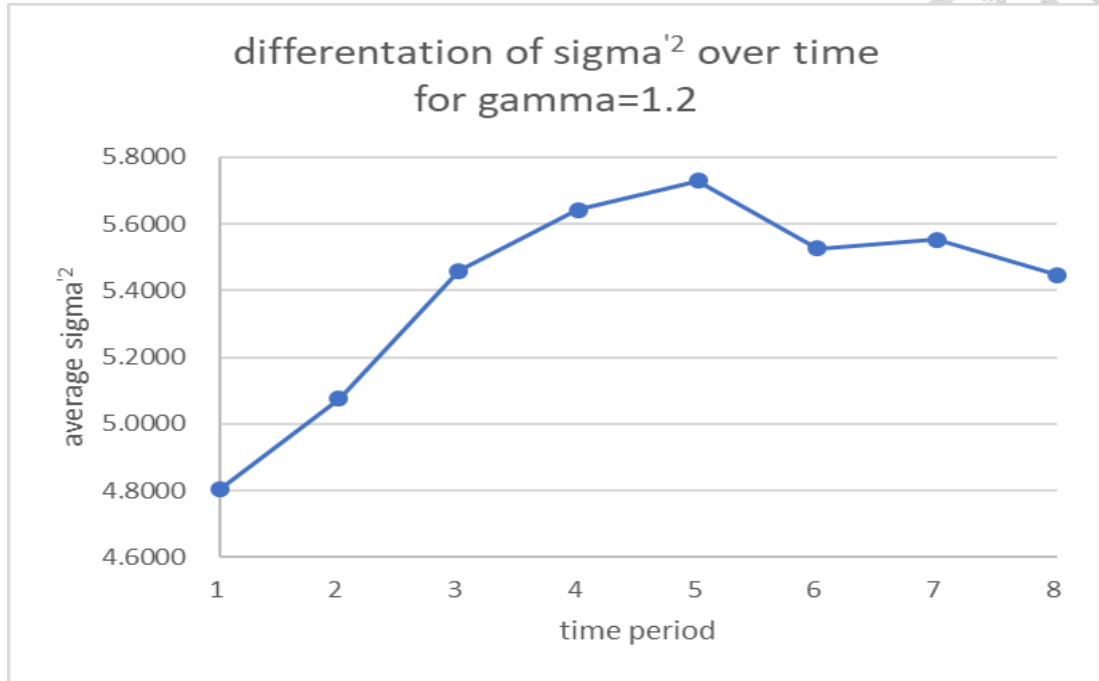


Fig. 5-4 $\gamma=1.2$ 情境下平均 σ_t^2 的變化圖

Table 5-4 為在 $\gamma=1.2$ 情境 30 次模擬的平均，可看出 ε_t^2 的確變化相當大，若以相同的預測模型進行預測，M 平均了四週之 ε_t^2 ，可補償或降低異常之 ε_t^2 ，因此可得到不錯的預測值，但因 M 只考慮前四期的 X_t ，若初期之 X_t 均為離群值或過於接近 $q_2'(\theta)$ 則預測模型會偏離 Bayesian 推斷，如 Table 5-5 所示。

Table 5-4 $\gamma=1.2$ 情境下預測模型的建立

| Time period | BL 的 σ_t^2 估計 | ε_t^2 | M | σ_t^2 預測 |
|-------------|----------------------|-------------------|--------|-----------------|
| 1 | 4.8031 | 6.4094 | 6.4619 | |
| 2 | 5.0747 | 3.9884 | | |
| 3 | 5.4601 | 7.0019 | | |
| 4 | 5.6413 | 4.5545 | | |
| 5 | 5.7287 | | | 5.7585 |
| 6 | 5.5256 | | | 5.8464 |
| 7 | 5.5522 | | | 5.9148 |
| 8 | 5.4476 | | | 5.9695 |

Table 5-5 $\gamma=1.2$ 情境下單次模擬的預測結果

| Time period | BL 的 σ_t^2 估計 | ε_t^2 | M | σ_t^2 預測 |
|-------------|----------------------|-------------------|---------|-----------------|
| 1 | 3.5077 | 2.5230 | 14.5956 | |
| 2 | 6.8857 | 17.0198 | | |
| 3 | 10.6942 | 25.9285 | | |
| 4 | 11.0637 | 12.9111 | | |
| 5 | 9.4843 | | | 11.5683 |
| 6 | 9.3915 | | | 11.9467 |
| 7 | 8.3507 | | | 12.2410 |
| 8 | 8.1738 | | | 12.4765 |

同 Scenario 1, Table 5-6 與 Table 5-7 分別為兩種狀況在不同時期補退貨的期末存貨及銷售量，即使 Predictive model 的估計值最為靠近 σ^2 ，但因 Predictive model 剩餘期數尚多因此並無法得到最低的 I_T ，儘管如此 Predictive model 的表現相較於 Baseline model 及銷售初期仍較佳。

Table 5-6 $\gamma=1.2$ 情境及期末存貨下不同補退貨決策時間點的差異

| Replenishment time | σ_t^2 | ΔQ | I_T | Sales volume |
|--------------------|--------------|------------|--------|--------------|
| 1 | 5.2936 | -1.1730 | 4.5637 | 300.2283 |
| 2 | 4.9039 | -1.4338 | 4.3028 | |
| 3 | 5.0763 | -2.3333 | 3.4033 | |
| 4 | 5.2351 | -3.4428 | 2.2938 | |
| 5 | 5.3782 | -3.2879 | 2.4487 | |
| 6 | 5.1752 | -4.0799 | 1.6567 | |
| Predictive model | 5.4821 | -3.3937 | 2.3429 | |
| Baseline model | | 0 | 6.8016 | |

Table 5-7 $\gamma=1.2$ 情境及需求短缺下不同補退貨決策時間點的差異

| Replenishment time | $\sigma_t'^2$ | ΔQ | I_T | Sales volume |
|--------------------|---------------|------------|---------|--------------|
| 1 | 3.9559 | 0.4577 | -4.6632 | 306.4226 |
| 2 | 5.3698 | 2.2973 | -2.8235 | 308.2622 |
| 3 | 6.1232 | 3.6226 | -1.4982 | 309.5876 |
| 4 | 6.3429 | 4.0836 | -1.0372 | 310.0486 |
| 5 | 6.3341 | 4.9880 | -0.1329 | 310.9529 |
| 6 | 6.1309 | 5.7591 | 0.6382 | 311.0858 |
| Predictive model | 6.8115 | 4.1678 | -0.9531 | 310.1327 |
| Baseline model | | 0 | -5.1208 | 305.9650 |

5.2.3 小結

當採用 Bayesian learning 估計時，高需求不確定的情境會得到較為波折的 BL 學習過程圖，因此可藉由銷售初期少數資料繪得 BL 學習過程圖判斷所屬服務是屬於哪一類型，當類型與得到的 $\sigma_t'^2$ 不符時，表示後期將會有較大的波折來使估計值逐漸趨近 σ'^2 ；對於低需求不確定的情境，Bayesian 估計值是逐漸緩慢下降，相隔時間點的離差差異較小，因此利用銷售開始至 $T/2$ 時期之離差平均來建立預測模型不僅可快速得到一較佳之預測值，更可降低後期因離群值造成的影響，所以在低需求不確定性預測模型實可幫助 retailer 2 更快速的反應；但高需求不確定的情境在進行 Bayesian learning 時會較低需求不確性的情境快速接近 $\sigma_t'^2$ ，但接近後仍會有大幅的震盪，因此仍需長久的時間使波折逐漸變緩，且對於初期數據均過於接近平均值或為離群值的狀況下預測模型無法得到好的預測，反而以適當的時間點作為估計值較預測模型為佳，如在此數例即為 $t=5$ 。

綜上所述，服務應使需求朝著降低變異性的方向，否則在短時間內 Bayesian 推斷無法得到一好的結果，且預測模型並無法適用於高需求不確定性，導致 retailer 2 無法快速反應市場的變化，甚者若以估計值進行應對更易因極端值誤判市場情況而導致損失。



5.3 需求偏移之決策分析

在服務僅改變需求平均時，一旦 retailer 2 決定投入服務後，由於毋須考量需求偏移與需求不確定間的交互作用，因此首先需根據單位成本服務效應 δ 決策投入的強度，而最佳之投資強度 K^* 與 δ 息息相關，為求得最佳之投資強度 K^* ，若欲考量短缺與存貨成本則過為複雜因此以總體供應鏈平均獲利 Π 對 K 微分以 FOC 求得 (Appendix D)。

$$K^* = \frac{(\delta p_2 - \theta_0)(p_1 - p_2) - a_2 + p_2}{2\delta(p_1 - p_2)} \quad (5.4)$$

對於能使平均需求增加之服務，平均獲利 Π 是一 concave 函數，因此可求得最佳投入強度 K^* ，在此需求模型下名目需求的多寡會是 K^* 的一個影響因素，當 δ 值較小時可能得到投入負成本之結果；當單位成本服務效應 δ 為負值時，此時應直接取消服務的投入，(5.4)不適用於具負值 δ 之服務。

在 $\delta=0.12$ 的情境下，所計算出之最佳之 K^* 為 0.9，因此 Table 5-8 為 $\delta=0.12$ 及 $K^*=0.9$ 時在不同時間點進行補退貨決策的差異表，由於假設 δ 已知，因此補貨之最佳時間點僅與需求不確定性有關，然因需求不確定性的關係最佳時間點會因不同模擬而變，因此為方便進行 K^* 的分析，仍統一以 $t=4$ 為補退貨時間點來計算不同服務投入強度與利潤間的關係。

Table 5-8 $\delta=0.12$ 、 $K^*=0.9$ 情境下之補退貨決策時間點差異表

| Time period | X_t | ΔQ | I_T | Sales volume |
|-------------|---------|------------|---------|--------------|
| 1 | 39.6770 | 11.0388 | -1.2054 | 317.0037 |
| 2 | 39.0818 | 10.6698 | -1.5743 | 316.6348 |
| 3 | 39.4705 | 10.6737 | -1.5704 | 316.6387 |
| 4 | 38.7336 | 9.9199 | -2.3243 | 315.8848 |
| 5 | 41.9621 | 12.3652 | 0.1211 | 318.2091 |
| 6 | 38.9771 | 11.7796 | -0.4645 | 317.7446 |
| 7 | 39.3695 | | | |
| 8 | 40.9375 | | | |

Fig. 5-5 則為以 $t=4$ 為補退貨時間點，不同服務強度的供應鏈利潤與總銷售量圖，隨著服務強度的增加而增加，總銷售量與 K 大致成一線性關係，但會有震盪，另由 Fig. 5-5 可看出利潤函數確實為一 concave 函數，但卻因需求不確定性而使得

利潤最高點非為所計算的位於 $K^*=0.9$ ，反而會有所震盪端看實際 X_t 的變化，因此難以得到一服務強度之最佳解，但式(5.4)仍能提供一個相對基準，使得在服務投入時不錯估服務成本造成的影響。

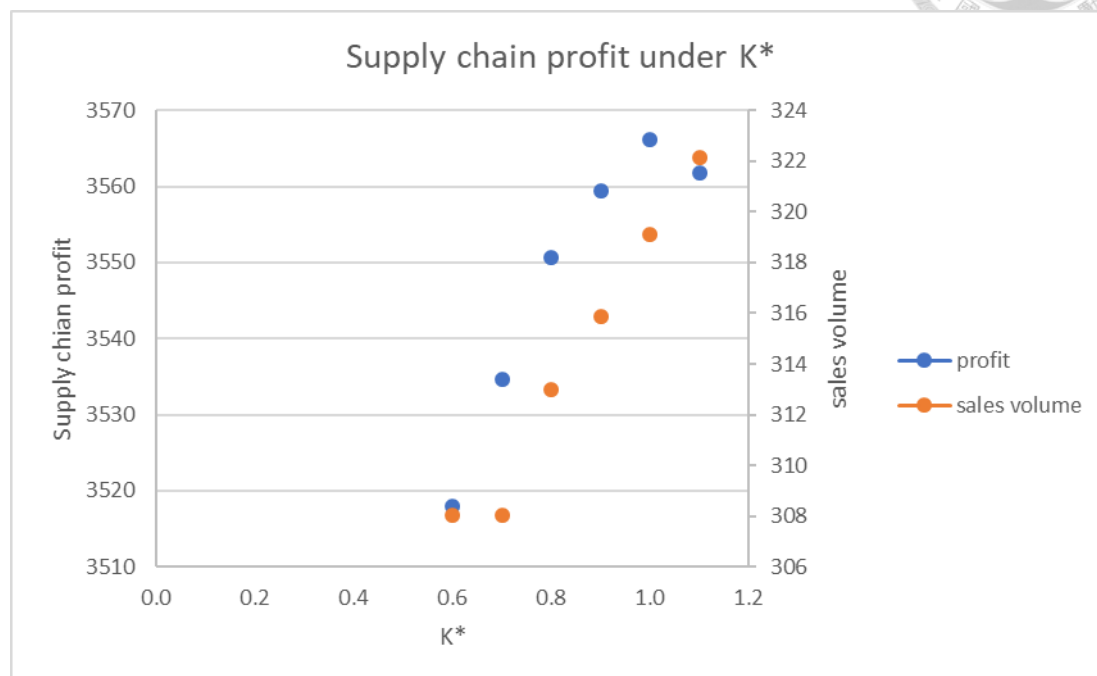


Fig. 5-5 $\delta=0.12$ 情境下不同服務強度之利潤圖

5.4 需求偏移及變異之決策分析

當 retailer 2 投入服務後，必須進行一系列的決策來使此服務適用於市場，假設上游供應商允許 retailer 2 於整個銷售週期進行一次補退貨，且在整個銷售週期 retailer 2 可針對某些服務進行投入成本的變更，下述為四種 retailer 2 可能的決策方式，將四種服務類型來分析決策模式的優劣，並為方便計算假設投入 1 元作為單位成本，因此利潤可能因服務成本過高而較為低。

- 1) Policy 0：於 $t=1$ 投入 K 服務成本後即不再更改決策；
- 2) Policy 1：利用 predictive model 進行補退貨決策；
- 3) Policy 2：服務投入一週後即判斷此服務的類別並進行服務持續決策，再以 predictive model 進行補退貨決策；
- 4) Policy 3：於 $t=4$ 時間點同時進行服務持續決策及應用 predictive model 決策是否進行補退貨。



5.4.1 Class 1 服務: $\delta=0.02, \gamma=1.2$

Class 1 新服務會使平均需求右移，若 retailer 2 不進行適應性需求，則將導致需求短缺，但由於 Bayesian learning 對於高需求不確定性的情境反應較慢，因此造成誤判狀況發生，雖在此模擬下，policy 2 的表現較其他決策方式為佳，但在高需求不確定性 θ 與 σ^2 對需求的主導能力仍難以下定論，因此即使平均需求右移，但對於高需求不確定性之服務 retailer 2 在補貨時仍不應以樂觀態度進行補貨決策。

Table 5-9 class 1 服務的模擬資料

| Time period | X_t | BL 的 σ_t^2 估計 | predictive model | I_t |
|-------------|---------|----------------------|------------------|----------|
| 1 | 42.2184 | 3.7448 | | 263.2126 |
| 2 | 45.0279 | 8.1167 | | 218.1847 |
| 3 | 42.5966 | 7.4408 | | 175.5882 |
| 4 | 41.5891 | 6.4285 | | 133.9991 |
| 5 | 44.6123 | | 6.6020 | 89.3867 |
| 6 | 39.7980 | | 6.7321 | 49.5888 |
| 7 | 38.8951 | | 6.8332 | 10.6936 |
| 8 | 43.3118 | | 6.9142 | -32.6181 |

Table 5-10 class 1 服務下 policy 0、1、2、3 的影響

| Policy | K 的投入 | ΔQ | I_T | Sales volume | Π |
|--------|----------|------------|----------|--------------|-----------|
| 0 | 不變 | 0 | -32.6181 | 305.4310 | 3337.5027 |
| 1 | 不變 | 30.1027 | -2.5155 | 335.5337 | 3747.6516 |
| 2 | t=1 變 2K | 45.2029 | 7.0923 | 343.5416 | 3484.4238 |
| 3 | 不變 | 30.1027 | -2.5155 | 335.5337 | 3747.6516 |

5.4.2 Class 2 服務: $\delta=-0.02, \gamma=1.2$

低價格彈性的服務若不在適當的時間即停止服務的投入，則會造成服務成本的損失及客群的流失，增加期末存貨風險，但如何快速的判斷究竟此服務屬於 class 2 抑或是 class 1 則較為困難；由於高需求不確定，初期的銷售數據會使 retailer 2 較易誤判服務類別，直至 T/2 後方可看出實屬 class 2 服務，在高需求不確定的狀

況下過早下決策易造成誤判，因此相較於 policy 0、policy 1 與 policy 2，policy 3 實為較為穩健的決策方式。

Table 5-11 class 2 服務的模擬資料

| Time period | X_t | BL 的 σ_t^2 估計 | predictive model | I_t |
|-------------|---------|----------------------|------------------|----------|
| 1 | 36.1556 | 2.8471 | | 269.2754 |
| 2 | 35.2373 | 2.1436 | | 234.0381 |
| 3 | 39.1951 | 4.5651 | | 194.8430 |
| 4 | 33.6083 | 4.3513 | | 161.2347 |
| 5 | 37.7355 | | 4.3764 | 123.4992 |
| 6 | 30.4977 | | 4.3952 | 93.0015 |
| 7 | 37.4128 | | 4.4099 | 55.5887 |
| 8 | 35.0109 | | 4.4216 | 20.5778 |

Table 5-12 class 2 服務下 policy 0、1、2、3 的影響

| Policy | K 的投入 | ΔQ | I_T | Sales volume | Π |
|--------|----------|------------|---------|--------------|-----------|
| 0 | 不變 | 0 | 20.5778 | 284.8532 | 3019.6009 |
| 1 | 不變 | -17.6181 | 2.9597 | 284.8532 | 3162.7479 |
| 2 | | | | | |
| 3 | t=4 降為 0 | -7.6181 | -5.1288 | 297.8129 | 3472.8972 |

5.4.3 Class 3 服務: $\delta=-0.02, \gamma=0.8$

同 class 1 服務，適應性策略有效幫助 retailer 2 面對改變後的市場狀態，存貨得到控管後，整體利潤有所上升。

Table 5-13 class 3 服務的模擬資料

| Time period | X_T | BL 的 σ_t^2 估計 | predictive model | I_t |
|-------------|---------|----------------------|------------------|----------|
| 1 | 35.7875 | 2.7117 | | 269.6435 |
| 2 | 36.2277 | 2.1969 | | 233.4158 |
| 3 | 37.3719 | 2.5194 | | 196.0439 |
| 4 | 35.3957 | 2.0996 | | 160.6482 |
| 5 | 35.8998 | | 1.9639 | 124.7485 |
| 6 | 33.7491 | | 1.8621 | 90.9994 |
| 7 | 38.3505 | | 1.7829 | 52.6489 |
| 8 | 37.4721 | | 1.7196 | 15.1768 |

Table 5-14 class 3 服務下 policy 0、1、2、3 的影響

| Policy | K 的投入 | ΔQ | I_T | Sales volume | Π |
|--------|-------|------------|---------|--------------|-----------|
| 0 | 不變 | 0 | 15.1768 | 290.2542 | 3123.9075 |
| 1 | 不變 | -17.7605 | -2.5837 | 287.6705 | 3212.0157 |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |

5.4.4 Class 4 服務: $\delta=0.02, \gamma=0.8$

如上章所述，低需求不確定性的服務可立即在初期判斷其服務類型，且相較於高需求不確定的情境誤判比例較低，在此次模擬，因可很快的確認服務類型，可在初期即加大服務投入的力道，吸引更多 retailer 1 的潛在客戶，但相反的所需投入的服務成本會隨之增加，因此 policy 2 為較為激進的決策方式，若要實施須十分謹慎，模擬顯示 policy 2 雖有較高的總銷售量及較低之需求短缺，但整體供應鏈利潤反而下降，顯示服務強度過高，服務成本已凌駕於服務的效益。

Table 5-15 class 4 服務的模擬資料

| Time period | X_T | BL 的 σ_t^2 估計 | predictive model | I_t |
|-------------|---------|----------------------|------------------|----------|
| 1 | 40.2832 | 2.6729 | | 265.1478 |
| 2 | 41.0638 | 2.1083 | | 224.0840 |
| 3 | 38.8271 | 2.1941 | | 185.2569 |
| 4 | 38.3803 | 2.5218 | | 146.8765 |
| 5 | 38.0386 | | 2.4162 | 108.8380 |
| 6 | 41.0186 | | 2.3370 | 67.8194 |
| 7 | 38.7789 | | 2.2754 | 29.0405 |
| 8 | 39.1685 | | 2.2261 | -10.1280 |

Table 5-16 class 4 服務下 policy 0、1、2、3 的影響

| Policy | K 的投入 | ΔQ | I_T | Sales volume | Π |
|--------|----------|------------|----------|--------------|-----------|
| 0 | 不變 | 0 | -10.1280 | 305.4310 | 3392.3225 |
| 1 | 不變 | 16.1776 | 6.0496 | 315.5590 | 3481.1632 |
| 2 | t=1 變 2K | 38.6966 | -0.9840 | 344.1276 | 3396.3151 |
| 3 | t=4 變 2K | 34.0725 | -2.8895 | 339.5035 | 3964.4711 |

5.4.5 小結

比較四種服務類型，對總體銷售量而言，無庸置疑的 class 4 的服務是所有服務最佳，第二則是 class 1 服務，class 3 及 class 2 服務則分別是第三及第四，因此可看出 δ 的影響十分強烈，但服務對需求不確定性的影響仍十分重大，高需求不確定性不但會使 Bayesian learning 發生誤判錯估形態，當發生離群值時更亦造成過度樂觀做出錯誤決策。

綜合四種服務類型的結果總結出四種決策方式的差異，policy 3 是最為穩健的決策方式，retailer 2 以 policy 3 進行決策時得到較低之期末存貨/短缺需求及較高之總體銷售量；policy 2 則較為激進適用於低需求不確定類的服務，當應用於高需求不確定時若誤判服務類型則會造成損失；policy 1 則最為保守並不考慮趁勝追擊或即時止損；最差的決策方式則是 policy 0，當市場發生改變時必須有所作為才能於

競爭激烈的市場中生存。

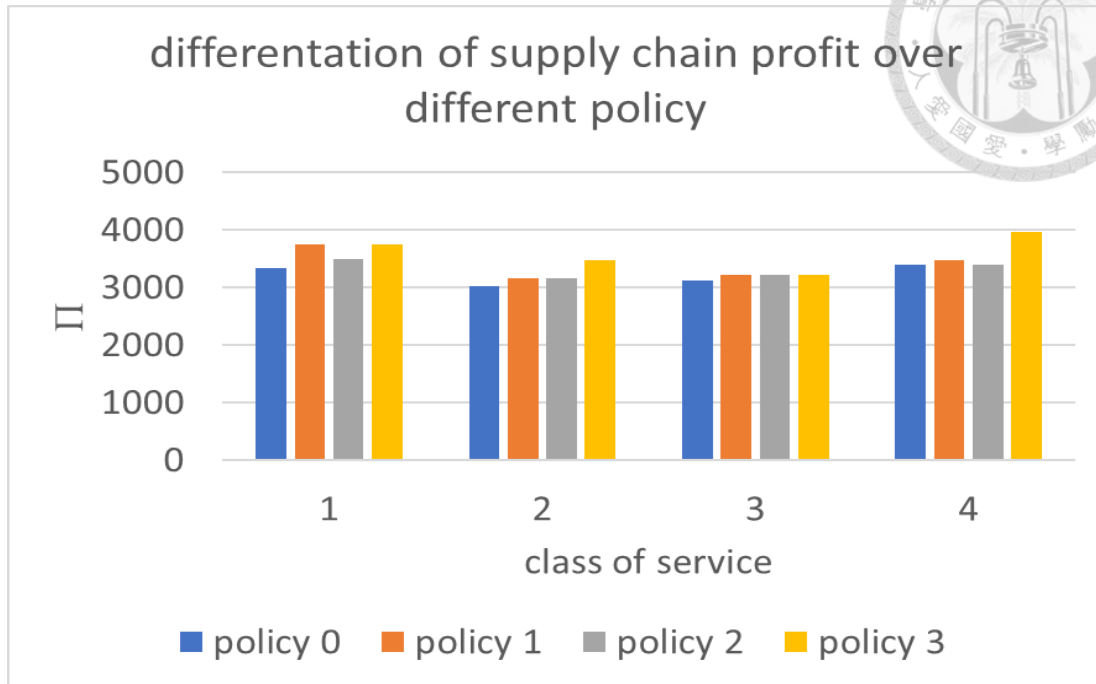


Fig. 5-6 不同決策方式對供應鏈利潤的影響

5.5 契約討論

下述的契約分析均基於第三章契約設定。

當服務投入後，三種契約對供應商及 retailer 2 之利潤差異如 Table 5-17、Table 5-18、Table 5-19 及 Table 5-20，可看出當服務引入後如 retailer 2 不作任何適應性決策使其維持高期末存貨的狀態，則 revenue sharing 契約會較有利於 retailer 2，因總銷售額降低使供應商從 retailer 分潤得到的利潤隨之降低，而一旦 retailer 2 進行任何一種適應性決策，期末存貨被有效控管後，對於供應商而言外溢效果會使其收益增加，但 wholesale pricing 契約會使供應商必須吸收因 retailer 2 退貨造成的損失，相反的 revenue sharing 契約則會降低退貨帶來的負面效應，且 revenue sharing 契約分潤比例較高能使其受益更多，而對於 buy-back 而言，由於 retailer 2 進行了適應性決策，存貨已得到控管，因此風險分擔能力下降，buy-back 較無效益。

Table 5-17 class 1 服務下不同 policy 之分潤差異

| policy | | 0 | 1 | 2 | 3 |
|--------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Π | | 3337.5027 | 3747.6516 | 3484.4238 | 3747.6516 |
| WP | Retailer 2 | 2096.6893 | 2384.5460 | 2059.6408 | 2384.5460 |
| | supplier | 1240.8135 | 1363.1056 | 1424.4502 | 1363.1056 |
| BB | Retailer 2 | 1936.5843 | 2208.6614 | 1924.1943 | 2208.6614 |
| | supplier | 1400.9184 | 1538.9902 | 1560.2296 | 1538.9902 |
| RS | Retailer 2 | 2104.5974 | 2318.9027 | 2032.9801 | 2318.9027 |
| | supplier | 1232.9053 | 1428.7488 | 1451.4438 | 1428.7488 |

Table 5-18 class 2 服務下不同 policy 之分潤差異

| policy | | 0 | 1 | 2 | 3 |
|--------|------------|-----------|-----------|---|-----------|
| Π | | 3019.6009 | 3162.7479 | | 3472.8972 |
| WP | Retailer 2 | 1778.7874 | 1993.5079 | | 2263.0322 |
| | supplier | 1240.8135 | 1169.2400 | | 1209.8650 |
| BB | Retailer 2 | 1758.0112 | 1862.6778 | | 2106.9206 |
| | supplier | 1261.5897 | 1300.0700 | | 1365.9766 |
| RS | Retailer 2 | 1851.6514 | 1952.1960 | | 2211.2298 |
| | supplier | 1167.9495 | 1210.5519 | | 1261.6674 |

Table 5-19 class 3 服務下不同 policy 之分潤差異

| policy | | 0 | 1 | 2 | 3 |
|--------|------------|-----------|-----------|---|---|
| Π | | 3123.9075 | 3212.0157 | | |
| WP | Retailer 2 | 1883.0940 | 2043.3544 | | |
| | supplier | 1240.8135 | 1168.6613 | | |
| BB | Retailer 2 | 1825.7486 | 1892.5593 | | |
| | supplier | 1298.1589 | 1319.4563 | | |
| RS | Retailer 2 | 1919.8093 | 1988.0278 | | |
| | supplier | 1204.0982 | 1223.9879 | | |

Table 5-20 class 4 服務下不同 policy 之分潤差異

| policy | | 0 | 1 | 2 | 3 |
|--------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Π | | 3392.3225 | 3481.1632 | 3396.3151 | 3964.4711 |
| WP | Retailer 2 | 2151.5090 | 2174.6281 | 2017.0741 | 2585.2380 |
| | supplier | 1240.8135 | 1306.5350 | 1378.9154 | 1379.2331 |
| BB | Retailer 2 | 1991.4040 | 2047.0039 | 1877.1380 | 2407.2724 |
| | supplier | 1400.9184 | 1434.1592 | 1519.1771 | 1557.1987 |
| RS | Retailer 2 | 2109.2419 | 2146.8200 | 1982.5477 | 2519.5861 |
| | supplier | 1283.0806 | 1334.3432 | 1413.7673 | 1444.8849 |

站在 retailer 2 的立場，由於 retailer 2 需額外付出成本進行服務，供應契約應當分配更多利益予 retailer 2 以彌補其進行服務投入的資金，因此就利潤而言 wholesale pricing 契約相較於 revenue sharing 更加合適於 retailer 2，但所簽訂之 wholesale pricing 契約需考量部分訂購彈性，因此可考慮採 quantity flexibility 契約，quantity flexibility 契約除保障了 retailer 2 一部分的靈活性，retailer 2 亦應就彈性數量部分付予供應商更高之成本，因此 quantity flexibility 契約分擔了彼此的風險，使雙方都變得更好 (Kim, W. S.,2011；Tsay,1999)，相較於 quantity flexibility，buy-back 只分擔了存貨的風險，因此當 retailer 2 有效控管存貨後，buy-back 已不再具有風險分擔的能力，其高昂的批發成本將造成 retailer 2 龐大的負擔。

Chapter 6 Conclusion



過往供應契約的文獻往往聚焦於協同契約的設計，但契約是基於供應商的立場用來影響零售商的一種手段，並無考慮契約對零售商的價值，因此往往低估了契約的價值，當以 service-dominated logic 來思考供應契約，將供應契約視為服務的一種，因此供應契約的價值而是由零售商甚至最終使用顧客決定。

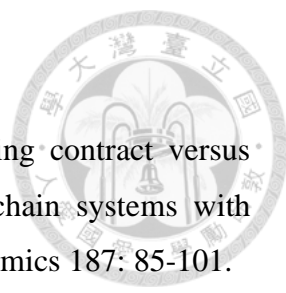
在比較靜態模型，採取策略後均衡價格已有所改變，但在價格變動的 newsvendor 模型，有諸多契約是無法達成協同的，但藉由採取 subtle pricing 及改善產品定位兩種策略可提升零售商利潤，採用 RS 契約能使供應鏈成員利潤一致，另外採用策略對於供應商而言亦有外溢效果使其受益，供應鏈效率亦因而有所提升，因此在比較靜態模型當中，達成供應契約的協同並非是契約設計時的重點。

零售業者藉由 local service 來使需求產生變動時，此時需求可能會偏移、不確定性可能下降，抑或同時發生偏移及變異，零售商應進行市場分析如 Bayesian learning 來追蹤需求的變化，否則無法快速地進行反應，當變化被追蹤後，零售商應當採取適應性策略來反應需求的變化，此適應性策略包括服務強度策略及補退貨策略，然而需求追蹤需資訊的累積，零售商如何在資訊與時間的價值之間抉擇即為困難之處。

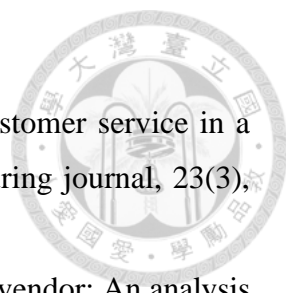
零售商在進行適應性決策時，有幾點需特別注意，第一即使藉由 Bayesian learning 的幫助，高需求不確定性的服務仍應當避免，因在以 Bayesian learning 追蹤變化時容易因觀測值而發生誤判；第二最佳服務強度是存在的，但會因需求不確定性而有所變化，追求最佳服務強度是不理智的；最後，比起激進或保守的適應性策略，穩健型的策略適用於所有類型的服務。

當 retailer 進行一系列的賦能策略，實驗顯示無論協同與否供應鏈的效率都會提升，因此協同不應成為契約設計的硬性條件，契約設計應當考慮到訂購時的彈性與對整個價值網絡產生的價值。

Reference

- 
- [1] Bai, Q., et al. (2017). "Revenue and promotional cost-sharing contract versus two-part tariff contract in coordinating sustainable supply chain systems with deteriorating items." *International Journal of Production Economics* 187: 85-101.
- [2] Bernardo, J. M., & Smith, A. F. (2009). *Bayesian theory* (Vol. 405). John Wiley & Sons.
- [3] Cachon, G. P. (2003). Supply chain coordination with contracts. *Handbooks in operations research and management science*, 11, 227-339.
- [4] Cachon, G. P. and M. A. Lariviere (2005). "Supply chain coordination with revenue-sharing contracts: strengths and limitations." *Management science* 51(1): 30-44.
- [5] Chaudhuri, M., Calantone, R. J., Voorhees, C. M., & Cockrell, S. (2018). Disentangling the effects of promotion mix on new product sales: An examination of disaggregated drivers and the moderating effect of product class. *Journal of Business Research*, 90, 286-294.
- [6] Corbett, C. J., & Fransoo, J. C. (2007). Entrepreneurs and newsvendors: do small businesses follow the newsvendor logic when making inventory decisions?. Available at SSRN 1009330.
- [7] Elahi, E., Lamba, N., & Ramaswamy, C. (2013). How can we improve the performance of supply chain contracts? An experimental study. *International Journal of Production Economics*, 142(1), 146-157.
- [8] Fisher, M., & Raman, A. (1996). Reducing the cost of demand uncertainty through accurate response to early sales. *Operations research*, 44(1), 87-99.
- [9] Höhn, M. I. (2010). Literature review on supply chain contracts. *Relational supply contracts*, Springer: 19-34.
- [10] Huang, J., et al. (2013). "Demand functions in decision modeling: A comprehensive survey and research directions." *Decision Sciences* 44(3): 557-609.
- [11] Jihan, N. (2019) , Learning: Introduction to Bayesian Learning (Part 1) , <https://wso2.com/blog/research/part-one-introduction-to-bayesian-learning>
- [12] Jordan, M. I. (2010) , The Conjugate Prior for the Normal Distribution , <https://people.eecs.berkeley.edu/~jordan/courses/260-spring10/lectures/lecture5.p>

df

- 
- [13] Kim, W. S. (2011). Order quantity flexibility as a form of customer service in a supply chain contract model. *Flexible services and manufacturing journal*, 23(3), 290-315.
- [14] Lariviere, M. A. and E. L. Porteus (2001). "Selling to the newsvendor: An analysis of price-only contracts." *Manufacturing & service operations management* 3(4): 293-305.
- [15] Lo, C. (1995). Bayesian estimation of a bounded normal mean (Doctoral dissertation). Ph. D. Dissertation, Department of statistics, University of Michigan.
- [16] Lusch, R. F., & Vargo, S. L. (2014). *Service-dominant logic: Premises, perspectives, possibilities*. Cambridge University Press.
- [17] Padmanabhan, V. and I. P. Png (1997). "Manufacturer's return policies and retail competition." *Marketing Science* 16(1): 81-94.
- [18] Pasternack, B. A. (1985). "Optimal pricing and return policies for perishable commodities." *Marketing Science* 4(2): 166-176.
- [19] Raju, J., R. Sethuraman, and S.K. Dhar. 1995. The Introduction and Performance of Store Brands. *Management Science* 41(6):957-978
- [20] Sayman, S., et al. (2002). "Positioning of store brands." *Marketing Science* 21(4): 378-397.
- [21] Spengler, J. J. (1950). Vertical integration and antitrust policy. *Journal of political economy*, 58(4), 347-352.
- [22] Tsay, A. A., et al. (1999). *Modeling supply chain contracts: A review*. Quantitative models for supply chain management, Springer: 299-336.
- [23] Vargo, S. L., & Lusch, R. F. (2004). Evolving to a New Dominant Logic for Marketing. *Journal of Marketing*, 68(1), 1-17.
- [24] Yang, S., et al. (2015). "Coordinating contracts for supply chains that market with mail-in rebates and retailer promotions." *Journal of the Operational Research Society* 66(12): 2025-2036.
- [25] 王一芝(2017),「濃縮日式服務精華 帝國百年不敗傳奇揭密」,遠見雜誌網,
<https://www.gvm.com.tw/article.html?id=22917>

Appendix A



Wholesale pricing:

$$\pi_2 = (p_2 - s + g)S(Q) - (w_2^w - s)Q - gq_2$$

$$\frac{\partial \pi_2}{\partial Q} = (p_2 - s + g)(1 - F(Q^w)) - (w_2^w - s)$$

$$\text{FOC } 1 - F(Q^w) = \frac{w_2^w - s}{p_2 - s + g}$$

$$\frac{c - s}{p_2 - s + g} = \frac{w_2^w - s}{p_2 - s + g}$$

Buy-back:

$$\pi_2 = (p_2 - s - b + g)S(Q) - (w_2^b - s - b)Q - gq_2$$

$$\frac{\partial \pi_2}{\partial Q} = (p_2 - s - b + g)(1 - F(Q^b)) - (w_2^b - s - b)$$

$$\text{FOC } 1 - F(Q^b) = \frac{w_2^b - s - b}{p_2 - s - b + g}$$

$$\frac{c - s}{p_2 - s + g} = \frac{w_2^b - s - \tilde{b}}{p_2 - s - \tilde{b} + g}$$

Revenue-sharing:

$$\pi_2 = (\phi p_2 - \phi s + g)S(Q) - (w_2^r - \phi s - b)Q - gq_2$$

$$\frac{\partial \pi_2}{\partial Q} = (\phi p_2 - \phi s + g)(1 - F(Q^r)) - (w_2^r - \phi s)$$

$$\text{FOC } 1 - F(Q^r) = \frac{w_2^r - \phi s}{\phi p_2 - \phi s + g}$$

$$\frac{c - s}{p_2 - s + g} = \frac{w_2^r - \phi s}{\phi p_2 - \phi s + g}$$

$$= \frac{\frac{w_2^r}{\phi} - s}{p_2 - s + \frac{g}{\phi}}$$

Appendix B



$$\frac{\partial \pi_2}{\partial p_2} = \frac{\partial(1+\theta)p_2^2}{\partial \theta} = p_2^2 + 2(1+\theta)p_2 \frac{\partial p_2}{\partial \theta}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial p_2}{\partial \theta} &= \frac{\partial \frac{a_1\theta + 2a_2(1+\theta)}{4(1+\theta)^2 - \theta^2}}{\partial \theta} \\ &= \frac{(a_1 + 2a_2)[4(1+\theta)^2 - \theta^2] - [a_1\theta + 2a_2(1+\theta)](6\theta + 8)}{[4(1+\theta)^2 - \theta^2]^2} \\ &= \frac{(-3\theta^2 + 4)a_1 - (6\theta^2 + 12\theta + 8)a_2}{[4(1+\theta)^2 - \theta^2]^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 p_2}{\partial \theta} &= \frac{[-6\theta a_1 - (12\theta + 12)a_2][4(1+\theta)^2 - \theta^2]^2 - [(-3\theta^2 + 4)a_1 - (6\theta^2 + 12\theta + 8)a_2](6\theta + 8)}{[4(1+\theta)^2 - \theta^2]^4} \\ &= \frac{(-24\theta^2 - 48\theta - 32)a_1 + (-12\theta^2 - 96\theta + 16)a_2}{[4(1+\theta)^2 - \theta^2]^4} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \pi_2}{\partial \theta^2} &= 2p_2 \frac{\partial p_2}{\partial \theta} + 2p_2 \frac{\partial p_2}{\partial \theta} + 2(1+\theta)\left(\frac{\partial p_2}{\partial \theta}\right)^2 + 2(1+\theta)p_2 \frac{\partial^2 p_2}{\partial \theta^2} \\ &= 4p_2 \frac{\partial p_2}{\partial \theta} + 2(1+\theta)\left(\frac{\partial p_2}{\partial \theta}\right)^2 + 2(1+\theta)p_2 \frac{\partial^2 p_2}{\partial \theta^2} \end{aligned}$$

Appendix C



● t=1

1) Prior distribution:

$$\sigma'^2 \sim \text{InverseGamma}(\alpha = 2, \beta)$$

$$\text{let } E(\sigma'^2) = \frac{\beta}{\alpha - 1} = \sigma^2 = \beta$$

$$\therefore \sigma'^2 \sim \text{InverseGamma}(\alpha = 2, \beta = \sigma^2)$$

$$f(\sigma'^2) = (\sigma^2)^2 \left(\frac{1}{\sigma'^2}\right)^3 e^{-\frac{\sigma^2}{\sigma'^2}}$$

2) likelihood:

$$X_1 | \sigma'^2 \sim N(q_2'(\theta), \sigma'^2) \quad X_1 | \sigma'^2 \sim N(q_2'(\theta), \sigma'^2)$$

$$f(X_1 | \sigma'^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma'^2}} e^{-\frac{[X_1 - q_2'(\theta)]^2}{2\sigma'^2}}$$

$$f(X_1 | \sigma'^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma'^2}} e^{-\frac{[X_1 - q_2'(\theta)]^2}{2\sigma'^2}} \quad q_2'(\theta) = a_2 - p_2 + \theta(p_1 - p_2)$$

$$q_2'(\theta) = a_2 - p_2 + \theta(p_1 - p_2)$$

3) Evidence:

$$P(X_1) = \int_0^{\infty} f(X_1 | \sigma'^2) f(\sigma'^2) d\sigma'^2$$

4) Posterior distribution:

$$\begin{aligned} f(X_1 | \sigma'^2) f(\sigma'^2) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma'^2}} e^{-\frac{[X_1 - q_2'(\theta)]^2}{2\sigma'^2}} * (\sigma^2)^2 \left(\frac{1}{\sigma'^2}\right)^3 e^{-\frac{\sigma^2}{\sigma'^2}} \\ &= \frac{(\sigma^2)^2}{\sqrt{2\pi}} \left(\frac{1}{\sigma'^2}\right)^2 e^{-\frac{[X_1 - q_2'(\theta)]^2 + 2\sigma^2}{2\sigma'^2}} \end{aligned}$$

$$\text{let } \alpha_1 = \frac{5}{2}, \beta_1 = \frac{[X_1 - q_2'(\theta)]^2 + 2\sigma^2}{2}$$

$$\begin{aligned} f(\sigma'^2 | X_1) &= \frac{(\sigma^2)^2}{\sqrt{2\pi}} \left(\frac{1}{\sigma'^2}\right)^{\alpha_1+1} e^{-\frac{\beta_1}{\sigma'^2}} * \frac{1}{P(X_1)} \\ &= \frac{\beta_1^{\alpha_1}}{\Gamma(\alpha_1)} \left(\frac{1}{\sigma'^2}\right)^{\alpha_1+1} e^{-\frac{\beta_1}{\sigma'^2}} * \frac{(\sigma^2)^2 \Gamma(\alpha_1)}{\sqrt{2\pi} \beta_1^{\alpha_1} P(X_1)} \end{aligned}$$



$$\sigma_1'^2 | X_1 \propto \text{InverseGamma}(\alpha_1 = \frac{5}{2}, \beta_1 = \frac{[X_1 - q_2'(\theta)]^2 + 2\sigma^2}{2})$$

● t=2

1) Prior distribution:

$$\sigma'^2 \propto \text{InverseGamma}(\alpha_1 = \frac{5}{2}, \beta_1 = \frac{[X_1 - q_2'(\theta)]^2 + 2\sigma^2}{2})$$

$$f(\sigma'^2) \propto \frac{\beta_1^{\alpha_1}}{\Gamma(\alpha_1)} \left(\frac{1}{\sigma'^2}\right)^{\alpha_1+1} e^{-\frac{\beta_1}{\sigma'^2}}$$

2) likelihood:

$$X_1 | \sigma'^2 \sim N(q_2'(\theta), \sigma'^2) \quad X_2 | \sigma'^2 \sim N(q_2'(\theta), \sigma'^2)$$

$$f(X_2 | \sigma'^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma'^2}} e^{-\frac{[X_2 - q_2'(\theta)]^2}{2\sigma'^2}}$$

$$f(X_1 | \sigma'^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma'^2}} e^{-\frac{[X_1 - q_2'(\theta)]^2}{2\sigma'^2}} \quad q_2'(\theta) = a_2 - p_2 + \theta(p_1 - p_2)$$

$$q_2'(\theta) = a_2 - p_2 + \theta(p_1 - p_2)$$

3) Evidence:

$$P(X_2) = \int_0^\infty f(X_2 | \sigma'^2) f(\sigma'^2) d\sigma'^2 \quad P(X_2) = \int_0^\infty f(X_2 | \sigma'^2) f(\sigma'^2) d\sigma'^2$$

4) Posterior distribution:

$$\begin{aligned} f(X_2 | \sigma'^2) f(\sigma'^2) &\propto \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma'^2}} e^{-\frac{[X_2 - q_2'(\theta)]^2}{2\sigma'^2}} * \frac{\beta_1^{\alpha_1}}{\Gamma(\alpha_1)} \left(\frac{1}{\sigma'^2}\right)^{\alpha_1+1} e^{-\frac{\beta_1}{\sigma'^2}} \\ &\propto \frac{\beta_1^{\alpha_1}}{\sqrt{2\pi}\Gamma(\alpha_1)} \left(\frac{1}{\sigma'^2}\right)^{\alpha_1+\frac{1}{2}+1} e^{-\frac{[X_2 - q_2'(\theta)]^2 + 2\beta_1}{2\sigma'^2}} \end{aligned}$$

$$\text{let } \alpha_2 = \alpha_1 + \frac{1}{2}, \beta_2 = \frac{[X_2 - q_2'(\theta)]^2 + 2\beta_1}{2}$$

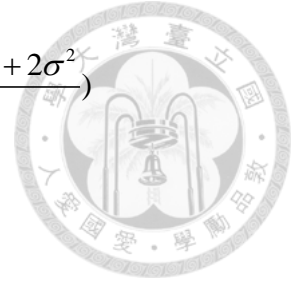
$$\begin{aligned} f(\sigma'^2 | X_2) &\propto \frac{\beta_1^{\alpha_1}}{\sqrt{2\pi}\Gamma(\alpha_1)} \left(\frac{1}{\sigma'^2}\right)^{\alpha_2+1} e^{-\frac{\beta_2}{\sigma'^2}} * \frac{1}{P(X_2)} \\ &\propto \frac{\beta_2^{\alpha_2}}{\Gamma(\alpha_2)} \left(\frac{1}{\sigma'^2}\right)^{\alpha_2+1} e^{-\frac{\beta_2}{\sigma'^2}} * \frac{\Gamma(\alpha_2)\beta_1^{\alpha_1}}{\sqrt{2\pi}\Gamma(\alpha_1)\beta_2^{\alpha_2}P(X_2)} \end{aligned}$$

$$\sigma_2'^2 | X_2 \propto \text{InverseGamma}(\alpha_2 = \alpha_1 + \frac{1}{2}, \beta_2 = \frac{[X_2 - q_2'(\theta)]^2 + 2\beta_1}{2})$$

$$\propto \text{InverseGamma}(\alpha_2 = 3, \beta_2 = \frac{[X_2 - q_2'(\theta)]^2 + [X_1 - q_2'(\theta)]^2 + 2\sigma^2}{2})$$

- $t=t$

$$\sigma_t'^2 | X_t \propto \text{InverseGamma}(\alpha_t = \frac{t}{2} + 2, \beta_t = \frac{\sum_{i=1}^t [X_i - q_2'(\theta)]^2 + 2\sigma^2}{2})$$



Appendix D



$$\Pi = q_2(p_2 - K)$$

$$\frac{dq_2}{dK} = \frac{\delta[a_2 - p_2 + (\theta_0 + \delta K)(p_1 - p_2)]}{\delta K}$$

$$\begin{aligned}\frac{d\Pi}{dK} &= \frac{dq_2(p_2 - K)}{dK} \\ &= \delta(p_1 - p_2)(p_2 - K) - [a_2 - p_2 + (\theta_0 + \delta K)(p_1 - p_2)] \\ &= \delta p_2(p_1 - p_2) - \delta K(p_1 - p_2) - a_2 + p_2 - \theta_0(p_1 - p_2) - \delta K(p_1 - p_2) \\ &= (\delta p_2 - \theta_0)(p_1 - p_2) - 2\delta K(p_1 - p_2) - a_2 + p_2\end{aligned}$$

$$\frac{d^2\Pi}{dK^2} = -2\delta(p_1 - p_2)$$

$$\text{FOC } (\delta p_2 - \theta_0)(p_1 - p_2) - 2\delta K(p_1 - p_2) - a_2 + p_2 = 0$$

$$K^* = \frac{(\delta p_2 - \theta_0)(p_1 - p_2) - a_2 + p_2}{2\delta(p_1 - p_2)}$$