

國立臺灣大學管理學院商學研究所

碩士論文

Master of Business Administration

College of Management

National Taiwan University

Master Thesis



最適的備援供應商保留產能契約簽訂程度

The optimal amount of capacity reservation with
back-up supplier

蔣昫祥

Yun-Hsiang Jiang

指導教授：許鉅秉 博士

Advisor: Jih-Bing Sheu

中華民國 103 年 6 月

June, 2014

致 謝



打這段文字的心情是很複雜的，這段文字代表著我研究所生涯將來到了尾聲也代表了學生時代的即將結束，臺灣大學商學研究所是很多大學生夢寐以求、希望進入的頂尖系所之一，而我卻有幸在這裡完成了兩年的學業，甚至完成了這篇論文，當然自己絕對付出了一些努力，但這一路上實在是有太多的人願意關心我的情況並給予幫助，因此我想要在這篇對我意義匪淺的論文一開始向這些曾經對我伸出援手的人表達最高的謝意。

第一位當然是我的指導老師-許鉅秉教授，在物流的領域裡老師說自己是二的話沒有人敢說自己是一，即使放眼國際也是如此，毫無疑問地是真正的大師，除了學術的成就外老師在教學領域也是一樣的傑出，更總是從修課學生那得到了最高的評價，然而這樣不凡的老師在聽到我的要求後竟然二話不說地答應要收我這平凡的學生為專屬的指導學生，完全將有教無類的精神做了完美的詮釋。此外在真正和老師做學問之後更是受到了許多的關照，一路上從選題目、模型設計、一直到最後的敏感度分析等不知道有多少次提出了對老師而言毫無深度的問題，但老師的研究室大門卻總是為我們敞開，並且細心的，以談諧、充滿耐心的方式在談笑中為我們解答，甚至有時還會以嚴父的角度和我們分享老師的人生經驗和成功關鍵，真的不只是對我的碩士論文幫助極大，對於我建立人生價值觀這方面絕對也帶來了很大的幫助，真的非常的謝謝老師。

再來要感謝的是我在台大商學研究所遇到的每一位同學，你們真的都是最優秀的學生，不但在學業、生涯規劃、做事態度上對我的啟發良多，就連在碩士論文中也因為有你們所以我從來不敢鬆懈進而一步一步地完成了這個艱難的任務，在這裡我還要特別感謝同樣身為許鉅秉老師的學生弘宇、郁傑、以及禹均，我們對彼此論文的內容比別人都了解地更多，彼此遇到了問題時往往都會先拿出來大家一起討論，或許真正靠我們自己而非老師解決的次數真的不多，但這樣的良性討論真的讓人感覺到很溫暖，即使大家一起想不出來、一起擔心趕不上 Meeting 的

進度都讓寫論文的這段過程變得好不孤單，真的很謝謝你們。

最後我要感謝的就是我永遠的支柱-家人，要感謝你們的事真的太多了，總是努力給我最棒的生活環境、盡力地免除掉我生活上的負擔，要的就只是我能好好的成長，未來能有個美好的人生，而且不求任何一滴點的回報，如果沒有你們我根本連在台大、在許老師指導下寫論文的機會都沒有，因此如果我現在有哪一點可以稱得上是小小的成就地化，也完全都必須歸功於你們。就連在趕論文的這陣子家人也總是關心我的身體、關心我的心情，幫我補補身子、幫我多分擔點家務事，讓我毫無牽掛地去追求自己的夢想和目標，真的很謝謝你們、我愛你們。

老實說要感謝的人實在是太多了，要一一謝過是不太可能的，因此我希望在這裡和幫助過我的人表達敬意，真的很謝謝你、妳們。

摘要

為了追求效率和更低的成本，供應鏈在近年變得越來越精簡、參與其中的成員也不再只是地理上鄰近的廠商，而是來自世界各地。這樣的趨勢的確為廠商帶來了很多好處，但也很可能使得供應鏈變得更加脆弱，使得供應鏈中斷的事件在這幾年更是時不時地被報導出來，也因此誘使了很多學者投入了緊急供應鏈管理的領域研究，然後這部分的相關研究仍然相對較少，也促成了這篇文章的誕生。

本文將研究的重點放在和供應商的合作關係上，供應商是製造商最關鍵的合作伙伴之一但同時也是最大的風險，很多時候供應鏈中斷就是因為供應商的貨源中斷而造成，導致製造商無法正常出貨。因此本文將站在製造商的角度，除了和主要供應商進貨之外也和另外的一間備援供應商簽訂產能保留契約，透過這個具有選擇權概念的契約在供應鏈中斷時去換取和備援供應商用約定好的成本進一定數量貨的權力，目的是要在預期的產能損失量下已規劃求解的方式求出能使製造商預期利潤最大化的保留產能簽訂量。

此外，本篇研究也花了不少的心力試著以圖來描述供應鏈中斷的情況，過去的研究多只解釋了供應鏈受損後廠商的產能如何受損以及如何自然回復，鮮少將供應鏈斷鏈後廠商採取某特定策略地回復情況給圖形化，也鮮少考慮到製造商的產能或許可以回復到超過中斷前的水準，這部分本文都會有所提及。希望能對圖形化供應鏈中斷的這部分做出進一步的貢獻。

關鍵字： 供應鏈中斷、備援供應商、產能保留契約、圖形化供應鏈中斷、最適保留產能簽訂量

ABSTRACT

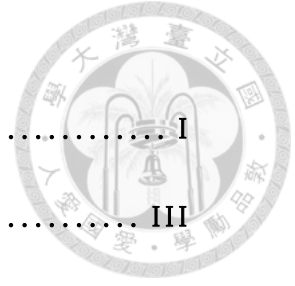
With the pursuits of efficiency and low cost, supply chains have been streamlined and entities involved are no longer restricted to the vicinity but from the everywhere on the earth. These trends did bring lots of benefits to firms, but they can also weaken the supply chains in the same time, resulting in news about supply chains disruption these days. Hence, many scholars started to study in supply chain disruption.

This article will focus on the relationship between suppliers and manufacturer because suppliers are not only an important partner but also a main source of supply chain disruption. We will try to solve disruption from manufacturer' s point by signing up a capacity reservation contract with a back-up supplier. Aim to find out the optimal usage amount of capacity reservation under the goal of maximize manufacturer' s expected profit.

Besides, this study also put much effort on visualizing supply chain disruption, much of existent studies only describe how a supply chain will be on graph after disruption. This study will describe how the graph will be after manufacturer takes plan to recover it and will even discuss the condition when manufacturer recovers their capacity above the original level.

Keywords: Supply chain disruption, Back-up supplier, Capacity reservation, Visualize disruption.

目次



致謝.....	I
摘要.....	III
ABSTRACT.....	IV
表次.....	VII
圖次.....	VIII
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 研究目的.....	4
1.3 研究內容與架構.....	7
1.4 研究貢獻.....	9
第二章 文獻分析.....	10
2.1 以圖形方式描述恢復力.....	10
2.2 產能保留策略.....	15
第三章 模型和模型分析.....	17
3.1 符號意義及假設.....	17
3.2 模型分析.....	21
3.3 模型建構.....	28
第四章 數值&敏感性分析.....	29
4.1 數值假設.....	29

4.2 數值&敏感度分析.....	33
4.3 小結.....	38
第五章 結論與建議.....	39
5.1 結論.....	39
5.2 研究限制.....	41
5.3 研究建議.....	42
PROOF OF PROPOSITION 1:.....	43

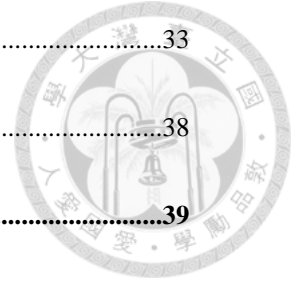


表 次

表 1-1 Triple A 供應鏈的特色	4
表 2-1 良好恢復力須包含特性	11
表 3-1 符號清單	19



圖 次

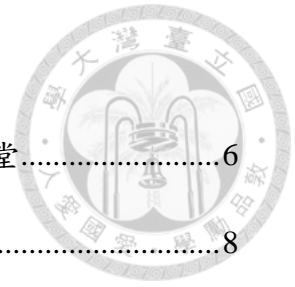
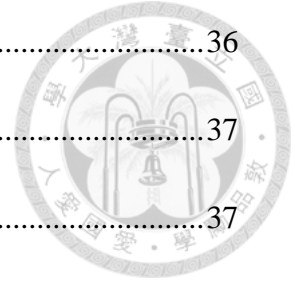


圖 1-1 物流三態 資料來源:許鉅秉老師, 物流管理課堂.....	6
圖 2-2 研究架構.....	8
圖 2-1 可用產能示意圖.....	11
圖 2-2 Zobel-預期恢復力.....	13
圖 2-3 圖示保留產能策略.....	15
圖 3-1 最適保留產能簽訂量求法.....	18
圖 3-2 預期產能損失求法.....	21
圖 3-3 簽訂不同 Xb 可能造成的情形.....	22
圖 3-4 $1 > Xb > Xm$	23
圖 3-5 $Xb = Xm$	25
圖 3-6 $Xb < Xm$	26
圖 4-1 供應鏈成員假設.....	30
圖 4-2 預期產能損失.....	31
圖 4-3 2011 年硬碟市占率.....	31
圖 4-4 Qm 假設值求法.....	31
圖 4-5 數值分析結果.....	33
圖 4-6 不同 α 下的最適 Xb	34
圖 4-7 不同 α 下的預期利潤增量.....	35
圖 4-8 不同 Xb 下的最適 $Xb(\alpha < 臨界值)$	36

圖 4-9 不同 Xb 下的預期利潤增量($\alpha < 臨界值$)36

圖 4-10 不同 Xb 下的最適 Xb ($\alpha > 臨界值$)37

圖 4-11 不同 Xb 下的預期利潤增量($\alpha > 臨界值$)37



第一章 緒論




1.1 研究背景

隨著通訊科技、運輸技術的發達全球化時代已經到來，企業經營的環境和型態都已大不同於以往、瞬息萬變，企業經營變得越來越競爭，此外競爭的範疇也變得更加廣泛，不再像以往只是侷限在產品品質、行銷能力、資本使用能力、或者是員工專業能力訓練等方面；現代的企業必須在其他方面也投入許多心力，「供應鏈管理」就是其中一個例子，Christopher (1992)將供應鏈定義為「一個透過上下游互相連結，透過不同的企業、活動去創造價值和產品的組織網絡」，這個領域近年來受到越來越多的重視，隨著網路的發達企業的消費者不在侷限於鄰近的地理區域內，而是來自全球，如此可擴大企業營收，但也使得需求的波動變得更大、消費者的選擇更多、搜尋成本更低導致忠誠度下降，因此必須要在平衡供需的情況下更快的滿足消費者以免失去他們，甚至有學者說企業的競爭將況大演化成供應鏈和供應鏈之間的競爭(Li, Rao, Ragu-Nathan, & Ragu-Nathan, 2005; Trkman, Stemberger, Jaklic, & Groznik, 2007)。也因此出現了很多關於供應鏈敏捷性、精簡度等的研究文獻，這些特性可以幫助企業擴張市場版圖、增加市占率和節省成本，因此企業在此方向下研發出了很多策略，這些策略包含降減少供應商以擴大購買量提升議價能力、尋找海外更便宜製造商、採取 Just-in-time 方式和值得信賴的供應商培養長期的關係以減少存貨、降低倉儲管理成本；或是降低資本例如將部分零件外包以提升自有產線的使用效率、物流面集中配送等方法來順利達成其目的。然而事情難以十全十美，這樣的作法的確有很多好處但也帶來了問題，最嚴重的就是在精簡供應鏈並提升其效率的同時，我們也降低了供應鏈的強度、讓它變得更加脆弱，當負面的突發事件出現時供應鏈斷鏈的機率和其帶來的損壞都將比以往更大。此外如前所述我們早已身處在全球化的時代，供

應鏈也深受影響，全球化使得供應鏈裡的成員組成來自世界各地、擴及的地理範圍拉大 Colicchia, Dallaria and Melacinib (2009)，這些都增加了供應鏈的不確定性，也使得供應鏈管理變得更具挑戰性，建造一條具有回復力 (resilience) 的供應鏈也變得更加必要。

恢復力(resilience)在英文字典上的定義為「迅速從病痛、改變、或不幸中恢復的能力」。早期在學術領域中主要是應用在材料學，用來描述材質在經過擠壓、彎曲等外力後使自己恢復到原本形狀和位置的能力。至於用在供應鏈領域時則被定義為「一個系統在受到干擾和崩壞後恢復到原本狀態或達到一個更好、更被渴望狀態的能力 Christopher & peck (2004)」，簡單的說，就是當供應鏈產能受損後，回復至原本產能或更好產能的能力。Tierney and Bruneau (2007)更進一步清楚的界定出(抵抗力)resistance 和(恢復力)resilience 的差別，認為前者的重點在災害發生前針對結構、基礎建設、制度等作加強，以減少損失；而後者則是著重在如何增加災害發生後的反應能力以及回復能力。這一部分 Rose (2004)也下了同樣的解釋，認為前者可以減少災害發生的機率及規模，而後者則是可以使供應鏈做出更迅速的反應，減少潛在損失。若不具備恢復力可能導致嚴重的後果，但要增加其回復力必定需要增加成本，因此存在著成本和回復力的取捨關係，但 Berkes and Folke (1998)指出天災人禍不斷、負面突發事件發生的次數持續上升、社會環境的改變等都使得恢復力變得更為重要，以下舉幾個實例展現回復力的重要性。

斷鏈往往影響到供應鏈的營運甚至使其中斷，每每也都為其所屬產業帶來了重大的傷害，相關傷害可能影響企業的層面包含獲利能力、成本結構、人員傷亡、資產、存貨、與相關上下游廠商的關係、以及客戶滿足率等等 Carvalho, Barroso, Machado, Azevedo, Cruz-Machado (2011)，這些負面突發事件部分可歸因於氣候異常而導致的天災，像是 2011 年日本大海嘯重創當地半導體產業，影響擴及



全球相關上下游廠商包含台灣的半導體組裝和測試廠，該次海嘯也影響了日本的汽車產業，多家世界知名車廠包含 Toyota、Mitsubishi、Nissan 一度停止生產，Toyota 廠當地的停工甚至影響該品牌全球產能的 45%。Ivy and Donaldson (2010) 也宣稱 Nissan Motor 關掉在日本的三條組裝線是源自於冰島火山爆發使得一胎壓感應器供應廠無法出貨。而還有很多源自作業意外的負面事件也為產業帶來了嚴重的影響，像是 2001 年 Land Rover 因為其供應商破產而裁了 1400 名員工大大影響作業。或者是 2000 年 3 月美國新墨西哥州飛利浦(Phillips)公司負責供應當時手機雙雄易利信(Ericsson)和諾基亞(Nokia)某重要芯片的第 22 號晶片廠發生一起火災，該火災使得兩手機廠的產能大受打擊，兩公司對災害帶來供應鏈崩壞重視的程度不同也為它們帶來了全然不同的結果，易利信(Ericsson)的不敏銳和緩慢反應最後讓公司失去了 4 億美元的銷售額，並將 3% 的市場份額移轉到諾基亞(Nokia)。或者是 2001 年 911 恐怖攻擊使美國航空運輸被迫全面暫停使得 Ford 關閉了五座工廠停止運作數天 Tang (2008)。由上述例子我們都可以看出供應鏈崩壞為公司和產業帶來的嚴重影響以及規劃預防措施的重要性。

經歷一次次的事件後大家對於災後恢復力的注意日漸上升，認為它是組織在災後營運能力需要多久才回復到可接受水準的重要關鍵 Zobel (2010)。因此很多文獻開始研究恢復力(Resilience)和脆弱度(Vulnerability)，Bruneau (2003) 更提出新的研究框架以恢復力三角形(Resilience triangle)來描述恢復力，將災害帶來的初始損失(Initial loss)和恢復時間(Recovery time)以圖形的方式表現出來，Bruneau 的圖形分析為供應商鍛煉風險提供了一種新的描述方式，但對可行的預防策略卻鮮少描述，因此本篇文章參考了 Serel (2007)對 capacity reservation 以及 Huchzermeier (2005)的研究，將財務領域裡選擇權的概念給帶入供應鏈管理中，以此為主要預防斷鏈策略，將製造商和備援供應商事先約好不同保留產能的影響給圖形化，並在製造商的預期利潤極大的目標下，以數學

公式求出最適當的保留產能。



1.2 研究目的

對於一條完善供應鏈該具備的特色也漸漸的有一致的共識，Lee 在 2004 年所提出「Triple - A 的供應鏈」細一步地說明了完善的供應鏈應該具備的特色，而 3A 指的是敏捷性(Agility)、適應性(Adaptability)、以及緊密同盟(Alignment)，下表簡單對這三因子做解釋

表 1-1 Triple A 供應鏈的特色

因子	目標	方法
敏捷性(Agility)	快速的回應需求和供給的短期改變並順暢的處理斷鏈。	<ol style="list-style-type: none">1. 加強供給者和顧客之間的資訊流。2. 和供給者發展合作關係。3. 建立緩衝存貨、囤積關機且低價元件。4. 發展應急計畫和危機管理團隊。
適應性(Adaptability)	調整供應鏈的設計去適應市場的結構性改變。	<ol style="list-style-type: none">1. 關注全球經濟去發掘新供給、新市場。2. 透過中間人發展新供給者、物流結構。3. 創造彈性的商品設

		計。
緊密同盟(Alignment)	加強供應鏈中各角色合作誘因。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 讓賣方和買方能自由交換資訊。 2. 把供給者和顧客間的任務、責任清楚界定。 3. 公平的分配風險、成本、和進步的利益。

資料來源:Dr. Hau Lee, 2004, Harvard Business Review

而這篇研究的目的是希望透過和備援供應商發展合作關係以及事先規劃所謂的應急計畫來加強企業供應鏈的敏捷性，在研究 Spinler and Huchzermeier (2006)以及 Serel 在 2007 的文獻後決定採用含有財務領域中選擇權概念的產能保留契約(Capacity reservation)策略作為預防供應鏈中斷的應急計畫。

若從物流三態向內物流、內部物流、向外物流來看的話，本篇研究的重點就是注重在向內物流的部分，如下圖左方，希望透過和供應商談條件、簽訂更有彈性的契約、進一步合作來讓供應鏈更為穩定，而本篇的做法則是和備援供應商簽訂類似選擇權的保留產能契約來增加遇到災害或者是供應鏈斷鏈後的回復力。

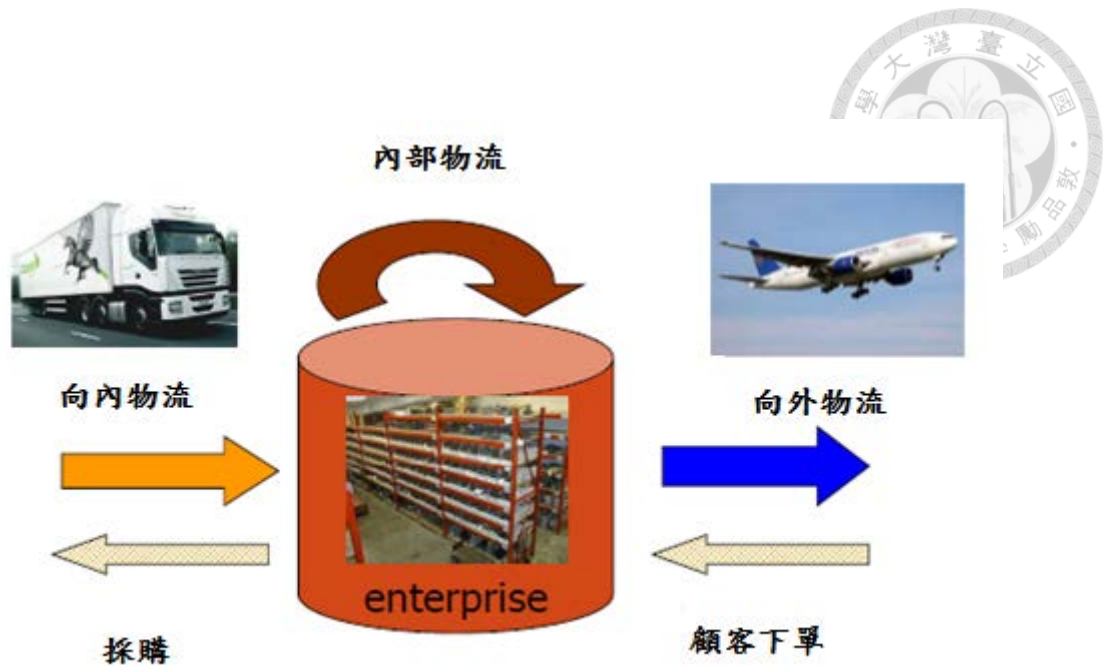


圖 1-1 物流三態

資料來源:許鉅秉老師, 物流管理課堂

本篇研究假設供應鏈成員包含主要供應商、備援供應商、製造商、下游零售商，製造商平時只向主要供應商進貨，但會事先和備援供應商維持長期關係並簽訂一種具有選擇權概念的「產能保留契約」，實際做法則非常類似經濟學中的兩部定價，每期期初決定要備援供應商保留多少產能並依保留量乘上單位價格支付一部分費用，此部分不管最後有沒有向備援供應商進貨皆須付費，以此換得日後對該供應商約定產能使用的權力，並再依實際進貨量付出另一筆費用。因此本研究最終的目的就是在製造商預期利潤極大的目標下，找出在預期斷鏈程度下和備援供應商簽訂的最適產能保留量。



1.3 研究內容與架構

1.3.1 研究內容

本文的研究議題是站在製造商的角度，在供應鏈中斷風險下，選擇在主要供應商以外另外和一個備援供應商合作，並和備援供應商在事前簽訂產能保留契約，以此作為主要的預防策略，以在主要供應商出貨能力受損時具有預備的原料來源可供生產。希望能以此降低製造商供應鏈受損時的影響，以達到製造商預期利潤極大的目的。

本研究會從圖示供應鏈中斷後製造商的各種情形出發，去觀察在不同的保留產能契約簽訂量下，製造商的產能為何種情形、要怎麼用圖形描述，並列出在各種不同情形下製造商的預期利潤函數，目的是要了解供應鏈中斷後的各種可能情形，才能以此列出製造商的預期利潤函數，也就是目標式，再透過規劃求解的方式，在倉儲空間、備援供應商提供的保留產能上限等限制下，求出使製造商預期利潤極大、最適的保留產能簽訂量。最後會以筆記型電腦的供應鏈為背景來做數值分析，求出最適的保留產能契約簽訂量，並將此時的預期利潤和不採此策略時的預期利潤做比較，看看這樣的策略是否真的具有價值、能讓廠商的預期利潤上升。並會在數值分析後，針對影響廠商決策最重要的變數做敏感度分析，看看它們如何影響廠商決策、怎麼影響預期利潤，將未知可能的不確定性降到最低。

1.3.2 研究架構

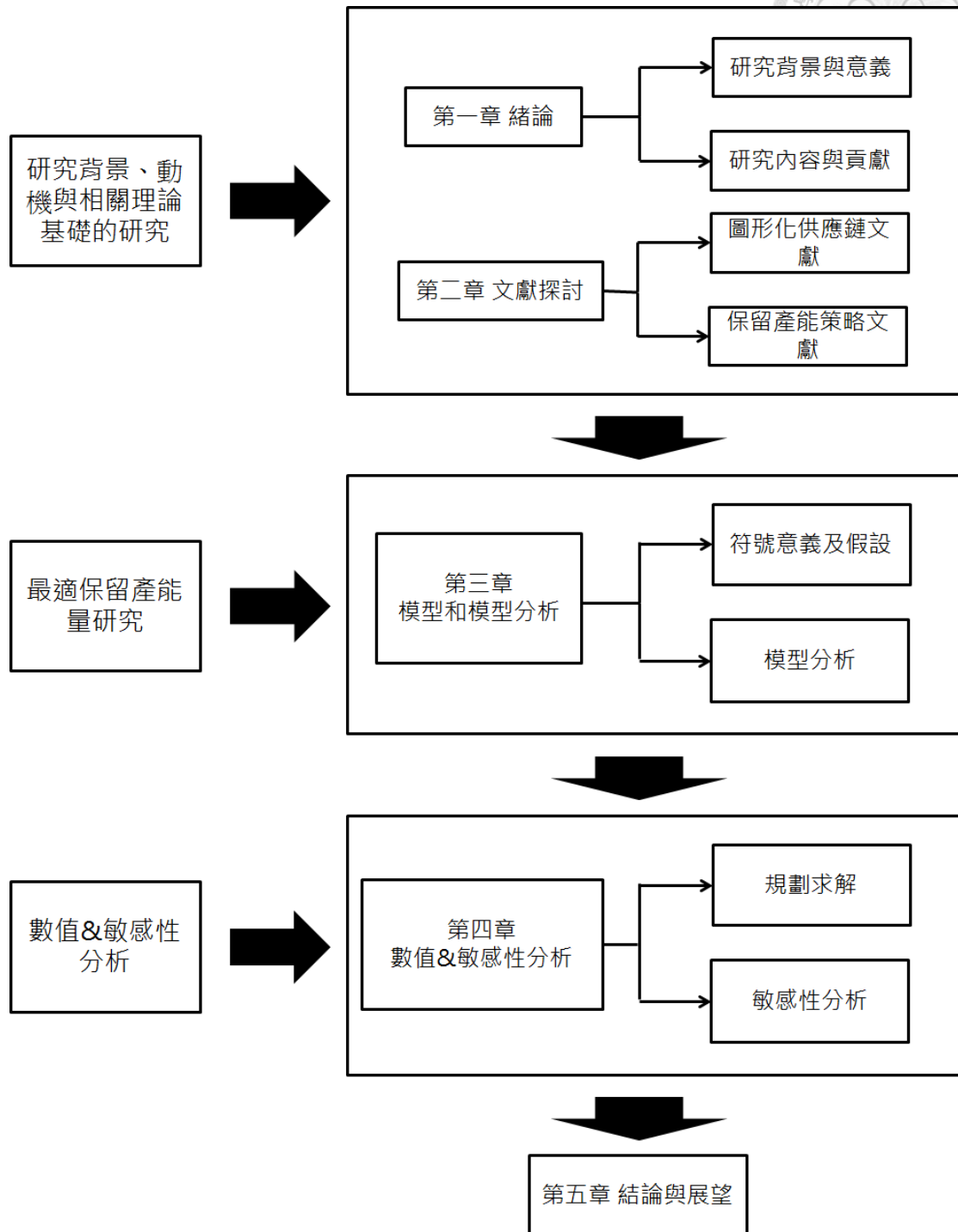


圖 2-2 研究架構



1.4 研究貢獻

(1). 理論面

供應鏈斷鏈是近年很熱門的研究主題，相關的研究也很多，很多學者提出了不同的方法去預防、去降低斷鏈時的各種損失，而當 Bruneau 在 2003 發表了 Resilience triangle 後更是開啟了以圖形表示供應鏈崩壞情況的新研究方向，像是 Zobel 就在 2010 對 Resilience triangle 做了進一步的修改，但它們卻都只描述了供應鏈崩壞時的情況，並沒有進一步分析採取一些預防策略時要怎麼以圖形表示出來。之後也非常少看到有研究將這兩個部份給結合，因此這篇研究就是希望能把供應鏈崩壞到採策略復原的整個流程都呈現在圖上，其中採取的復原策略是在一個主要供應商之外和一個備援供應商簽訂產能保留契約，並探討在不同斷鏈嚴重程度下應該如何選擇最適的產能保流量，其圖形又會是如何，希望能對圖形化供應鏈這部分的研究做出一點貢獻。

(2). 實務面

在建構好模型後第四章會進行數值分析，其中部分的數值或許會因為真實資料的不易取得而在假設時產生一點誤差，但仍可以為有意採取產能保留復原策略的人提供一個架構，相關業界人士若擁有更詳細的資料分析出來的結果也必定更加準確，面對供應鏈崩壞時的應對能力也會更加良好。

第二章 文獻分析



這篇研究主要涉及了供應鏈中的兩個領域，分別是 (1.) 圖形化供應鏈斷鏈 (2.) 保留產能策略。因此接下來的文獻回顧也依此順序進行。

2.1 以圖形方式描述恢復力

關於恢復力的研究有很多，但早期的多只著重在衡量災害帶來的損失或是去估計採取特定策略前和採取之後其損失量的減少，並沒有文獻提及如何去量化恢復力或是制定一套可以去比較恢復力的方法。然而研究不能只停留在質性，應該要有一些量性的衡量值以幫助我們進一步的了解能對恢復力產生貢獻的因子並更有系統的評估各種策略可以帶來的潛在利益。因此 Bruneau (2003) 提出了全新的研究框架希望為社區面對強烈地震時的恢復能力做進一步的研究，他認為一個有恢復力的系統應該展現出以下三點

- 減少系統的運作失常機率。
- 減少系統遭遇感擾後的結果，可以從人員損傷、經濟損失、社會影響來看。
- 減少系統受干擾後的回覆時間，指一個系統在受到災害事件後將其產能回復到回來正常水準所需的時間。

而下圖即為 Bruneau 所提出掌握了上述三個關鍵特色的圖形

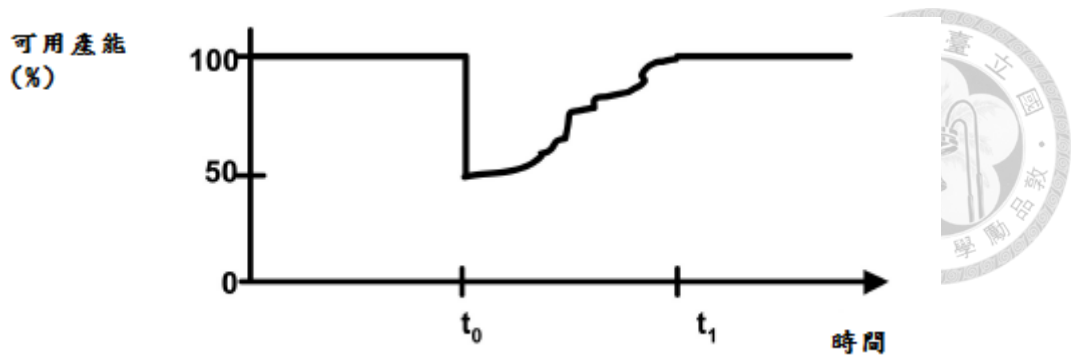


圖 2-1 可用產能示意圖

首先縱軸 $Q(t)$ 表示強健度，以百分比表示該系統的產能狀況，隨著時間改變，值的範圍為 0~100%，100% 表示完全沒有任何產能受損，0% 則表示產能完全受損，無法供應任何需求。而橫軸則表示時間， T_0 為災害發生點， T_1 則為系統完全回復時點， $(T_1 - T_0$ 則為復原時間)，也是恢復時間的衡量指標。最後面積表示回復力 (R) ，表示災難發生後系統失去的恢復力，以預期的產能損失和復原時間衡量，越大代表一個系統面對災害的損失越大、應變能力越差。公式如下。

$$R = \int_{t_0}^{t_1} [100 - Q(t)] dt$$

此外 Bruneau 在同篇文章裡進一步的指出要有好的恢復力必須包含以下四點：

表 2-1 良好恢復力須包含特性

強健度	強健度，指系統或者是分析單位在承受一定程度外力下不受影響的能力。
多餘度	指當系統或者是分析單位的產能受到影響時以替代滿足運作的能力。

機智度	指當災害發生時辨別問題、建立處理優先順序、分配資源(金錢、科技、資訊、人力等等)的能力。
快速性	及時滿足訂定欲達成目標減少損失、避免進一步崩壞的能力。

McDaniels & Chang & Cole & Mikawoz & Longstaff (2008)則同樣認為上表中的強健度和快速性分別影響了圖中產能損失的程度和回復的斜率，但進一步說明強健度主要受到事前的基礎建設、結構、等影響；而快速性主要受到事後的適應、反應能力所影響。之後 Bruneau and Reinhorn (2007)又一次強調了一個具有回復力的系統應該具備以下能力(1). 減少災害發生的機率(2). 減少災害發生的損失(3). 減少回復所需時間。而本研究即是希望和備援供應商簽定產能保留契約來減少災害發生時的損失。

上面所提及的是較早期將恢復力量化的研究，文章發表後很快的也吸引了更多的學者投注心力在這個部分，在圖形化、量化恢復力的方法上也有了進一步的發展，像是 Zobel (2010) 延續 Bruneau 的 resilience triangle 研究框架，但認為有些地方可做進一步修改。理由包含

(1). Bruneau 以圖形中類似三角形面積來衡量恢復力，然而此類似三角形的面積是由初始損失和恢復時間為成區域積分求得，這將導致一些很極端不相同的情況卻產生相同的值，例如甲系統受到災害後的初始損失很小但卻必須花費很多的時間才能使其產能回復到原來水準而乙系統受帶災害後的初始損失非常大但卻可以非常迅速的恢復，如上述這兩種情況可說是完全的不同但卻可能得到相同的面積。因此應該要有方法可以看出某系統是屬於何種類型，好做比較及對症下藥。

(2). Bruneau 將初始損失和恢復時間圍成的面積解釋成「系統失去的恢復力」，此值越大代表一系統的恢復能力越差，然而我們真正想研究的對象是「恢復力」，以此希望能有一個更直觀的衡量指標。

因此 Zobel (2010)提出了預期恢復力(Predicted Resilience)

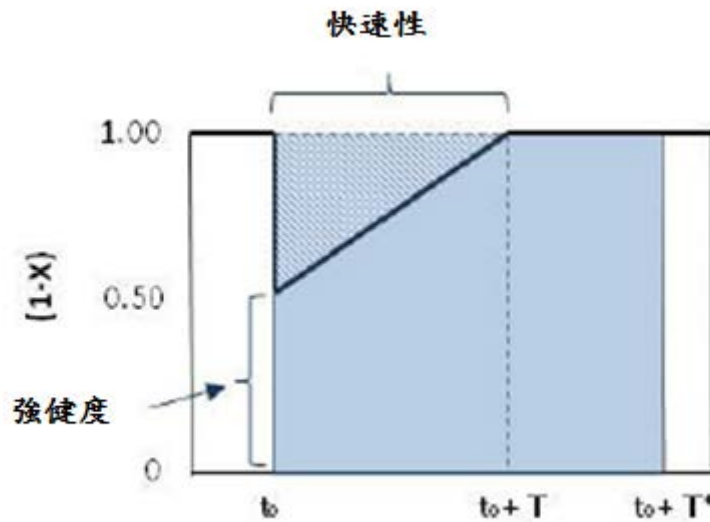


圖 2-2 Zobel-預期恢復力

如上圖所示，Zobel (2010)將恢復力表示成初始損失 X 和恢復時間 T 的函數，在災害發生前會用可能資訊估算出預估的 X 和 T 因此可以得到預估的恢復力，等到災後真正發生後再帶入真正的初始損失和恢復時間以求得真正的恢復力。

Zobel 將恢復時間假設為線性以簡化分析，並直接以恢復時間 T 為恢復速度 (Rapidness) 的衡量值標，此外 Zobel 加入了新的參數 T^* 表示可接受的最長恢復時間，若恢復時間超過 T^* 則不再認為該系統具備恢復力。

接著 Cimellaro and Reinhorn and Bruneau (2010)更進一步的將潛在災害做了描述，他們將產能損失機率分配的概念帶入圖形，依據每個系統強健度的不同會導致產能損失的平均值、變異數也各不相同。本文也受此啟發，決定將災害帶

來的產能損失分級，給予不同發生機率，以預期產能損失的方式在圖形上描述災後廠商損失的產能。

然而前述文章大多是針對地震所做的研究，且都只有描述該怎麼圖形化供應鏈受災害時的情形，卻沒有後續若採取不同的策略時該怎麼用圖形顯示出來，因此本篇研究將會以圖形描述災產能受損並將採取「保留產能」策略後保留不同產能的結果也在圖形上表達出來。



2.2 產能保留策略

產能保留的相關研究已存在很久，Jain & Silver (1995)已經提出這樣的概念，並以產能保留策略來面對需求以及供應商產能的不確定性。Serel 在 2007 年的文章中更是清楚地定義了何謂保留產能策略，「契約要求製造商在期初給供應商固定金額的費用，供應商則會保證製造商在期間內能使用事先約定好的特定產能量作為回報。」，這個策略其實是從財務領域中的選擇權衍生而來，實務上的做法則非常類似經濟學裡的兩部定價，即是製造商在每期依要求備援供應商保留的產能付給供應商一定的金額以換取要求供應商未來某一定量產能保證的契約。以下簡單圖示說明：

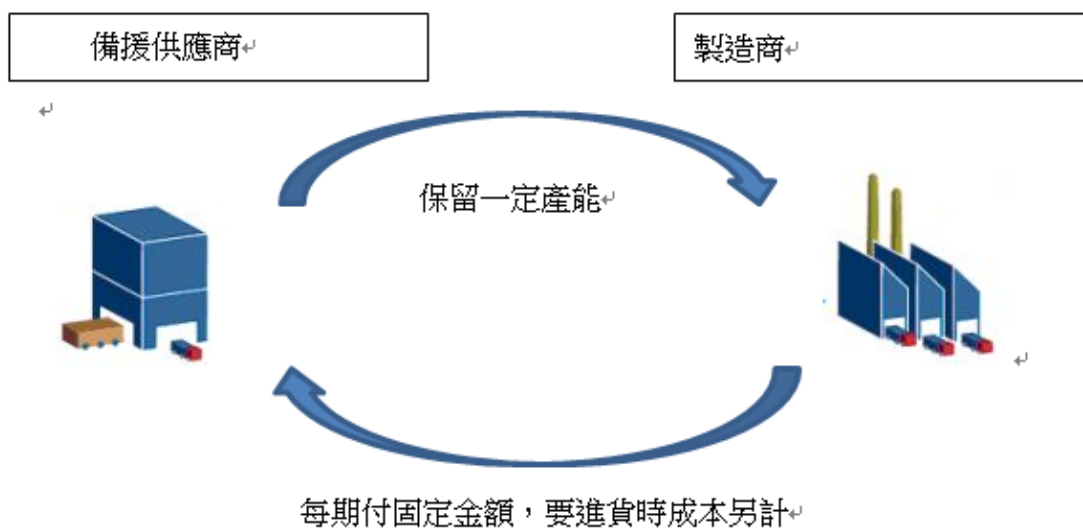


圖 2-3 圖示保留產能策略

接著他分別站在製造商和供應商的角度解釋了為何他們有簽訂此契約的動機，其實這是一個讓雙方互利的契約，對製造商而言可能面對著需求不確定的下游市場，因此此方法就可被拿來當作是管理需求波動的方法，又或者特定供應商原料的供應本身就有很大的不確定性時製造商也會採取這樣的策略以免因為無法出

貨而喪失了獲利的機會，甚至因為無法滿足下游訂單遭受罰款；而供應商則可以增加產能的利用率，甚至是和製造商培養出良好的長期關係，進一步可以爭取到未來的合作機會。Serel & Dada & Moskowitz (2001)也說明了供應商和買方存在著這樣的互利關係。

Serel這篇文章還探討了另外一個很重要的議題，那就是簽訂契約時要支付的單位保留產能價格，他認為影響這個價格最主要的因素是該原料在即期市場上的供貨穩定度，若其在即期市場上的穩定度越高則單位保留產能價格則越低，反之若該原料在即期市場上的貨源波動大、可取得性低則單位產能保留價格就會越高，因此這個部分會依產業、以及該原料屬性而異，不是這篇研究的核心問題，因此本研究將其假設為外生變數並會在數值分析時盡量依產業帶入相近數值。

Erkoc and Wu (2005)也闡明了製造商的產能在高科技產業中扮演著非常重要的角色，關鍵時刻的產能短缺很可能造成營收的減少，甚至是長期的市占下滑，也造成了製造商簽訂產能保留契約的意願。Mingzhou & Wu (2001)更進一步指出這樣具有選擇權的契約就像是軟性的擴充了產能，有別於傳統的擴廠不但需要花費較長時間，製造商還必須承擔更大的需求波動風險。而且這樣的策略相對於外包策略也更為靈活。Tsay & Nahmias & Agrawal (1999)也將很多提高產能彈性的研究做了整理，包含Buy-Back(買回策略)、return policies(退回策略)…等等。

此外要如何運用產能保留策略也是一個問題，這部分參考了Spinler & Huchzermeier (2005)的文獻，他們嚴謹的分析並證明了同時使用這類選擇權的契約並搭配一般正常的進貨會是最好的選擇。因此這篇研究的模型決定採用和一個主要供應商進行傳統的進貨並同時向另一個備援供應商簽訂產能保留契約。



第三章 模型和模型分析

3.1 符號意義及假設

災害是一種充滿不確定的事件，沒有人可以準確地知道何時會發生以及發生時的嚴重程度，本篇研究的災害為水災，依中央氣象局的豪雨、豪大雨、超豪大雨指標大致分為輕度、中度、和重度，讓供應鏈損失的產能程度則以 X_1 、 X_2 、 X_3 代表，而他們又分別具有不同的發生機率 π_1 、 π_2 、 π_3 ，其中 $\pi_1 + \pi_2 + \pi_3 = 1$ 。

，但要如何界定災害為輕度、中度或中度則依產業而異，有些產業可能損失一點點產能即為嚴重的災害，有些則可能相反，損失很多產能也不算嚴重。因此我們可以在這樣的假設下將各種災害嚴重程度乘上發生可能後相加得到一個「預期的災害嚴重程度 $E(X_m)$ 」，並依此做為製造商在期初要和備援供應商簽訂多少產能保留契約的依據。

在做決策之前，我們必須清楚地了解 X_b 會怎麼影響廠商的利潤，為了介紹事發後的各種可能我們會用實際發生的 X_s 和 X_b 做比較，但由於假設向供應商採買的原料和產出比值為1，因此以下直接拿 X_m 和 X_b 做比較，稍後會先描述若結果分別為(1). $X_b > X_m$ (2). $X_b = X_m$ (3). $X_b < X_m$ 三種情況下的圖形並列出各情形下的利潤函數為何，知道各種可能後再依據 $E(X_m)$ 求出預期利潤極大下的。流程如下圖：

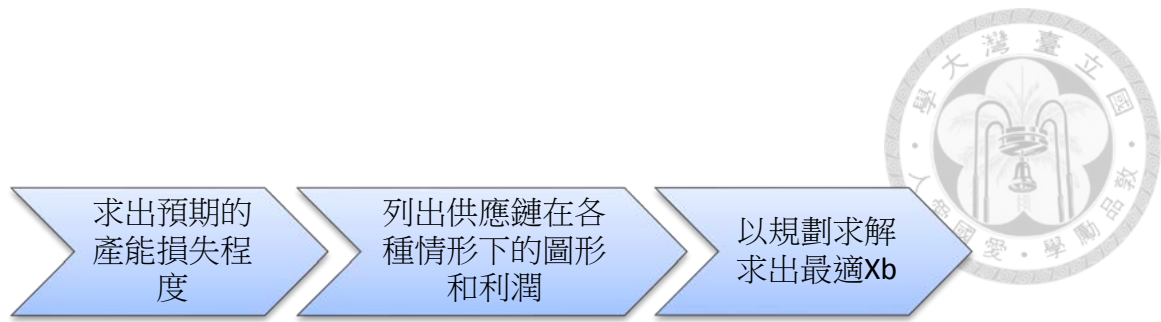


圖 3-1 最適保留產能簽訂量求法

我們考慮的期間為一期，製造商會和兩個供應商合作，假設兩個供應商的產能相同，平時只向一個主要供應商以約定好的成本 C_1 進 Q_m 量的貨，但會同時在期初和一個備援供應商簽訂所謂的「產能保留契約」，這個契約帶有財務中選擇權的概念也非常類似經濟學裡的兩階段定價法，製造商要先決定向備援供應商購買多少產能 X_b 的保留權利，其中 X_b 介於0至1，決定後每單位產能付出 R 元的成本，這個部分在決定後即為所謂的 Sunk cost，不管之後有沒有使用到備援供應商的產能向其進貨都必須支付這樣的金額，但若災害發生且供應鏈斷鏈的情況發生，製造商則可以向備援供應商以約定好的成本 C_2 使用其 X_b 產能，其中 $C_2 > C_1$ 。

供應鏈中斷後依保留產能簽訂程度會有各種可能利潤，我們的目標就是讓製造商在供應鏈可能中斷的情形下依據 $E(X_m)$ 來找到預期利潤最大的 X_b 。此外我們還做了一些關於廠商之間關係的假設，如下：

- 討論期間為一期
- 製造商在時間點 T_1 時開始採取復原策略， T_2 時要交貨給下游批發商，其中經過的時間為 T_{12}
- 假設製造商在期初並沒有任何的存貨。



- 產能回復為線性回復
- $C_1 < C_2$
- 供應商提供的原料使用量和成品產出量的比例為 1 : 1
- 災害發生前成品價格為 P_1 ，災後將升高至 P_2 ，但須先以 P_1 滿足約定好的供應商後才可將多餘的量以 P_2 賣掉
- 備援供應商的產能並非全部都可以保留給製造商，存在一上限 \overline{X}_b
- 滿足原供應商後多餘的量可賣出 α 成，其中 α 依產業特性而異
- 若沒有依約定滿足下游供應商 Q_m 的量，則必須付出每單位 F 的罰鍰
- 若提早回復，備援供應商會分兩次交貨，第一次先讓製造商產能回復原本水準，第二次才交剩下的量，提早回復的部分必須付出單位 C_h 的存貨成本
- 製造商倉儲量具有上限，為 Q_m 的 $(1 + \gamma)$ 倍，其中 γ 介於 $[0, 1]$
- 假設從備援供應商拿到原料至出貨給批發商的時間非常的短，可以忽略

表 3-1 符號清單

π_1	發生輕度災害的機率
π_2	發生中度災害的機率
π_3	發生重度災害的機率
X_1	輕度災害的產能損失平均值
X_2	中度災害的產能損失平均值
X_3	重度災害的產能損失平均值



$E(X_m)$	預期主要供應商產能受損百分比
X_s	主要供應商產能受損百分比
X_m	製造商產能受損百分比
X_b	和備援供應商簽訂的保留產能百分比
\bar{X}_b	備援供應商可保留給製造商的產能上限
t_1	製造商開始採取產能保留契約的時間點
t_2	要將貨品交給下流批發商的時間點
T_{12}	T1 至 T2 經過的時間
T_2	每一期經過的時間
C_1	和主要供應商的進貨成本
C_2	和備援供應商的進貨成本
C_h	單位時間的存貨持有成本
P_1	約定好賣給下游批發商的價格
P_2	發生災害後下，滿足原批發商後賣到市場上的價格，
$E(P)$	預期利潤
Γ	$(1+\gamma)*Q_m$ 即為製造商倉儲上限， γ 介於 $[0, 1]$

A	滿足原批發商後多出物品可賣掉的比例， α 介於 $[0, 1]$
---	---



3.2 模型分析

如前所述，我們必須先了解簽訂不同最適保留產能 X_b 後在各種程度的災害、斷鏈程度下製造商會處於甚麼情況有著什麼樣的利潤函數我們才能進一步在預期的損失產能下以規劃求解求出最適合的最適保留產能量 X_b 。

因此我們先求出預期的損失產能 $E(X_m)$ 如下：

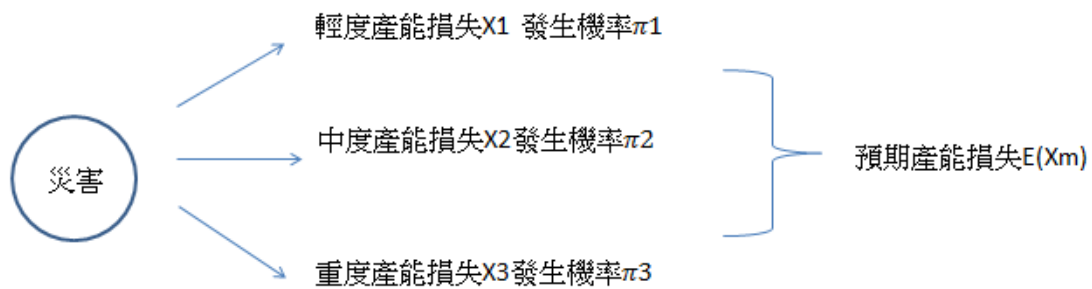


圖 3-2 預期產能損失求法

接著我們必須了解災後簽訂不同程度的保留產能 X_b 可能會衍生的各種情形。

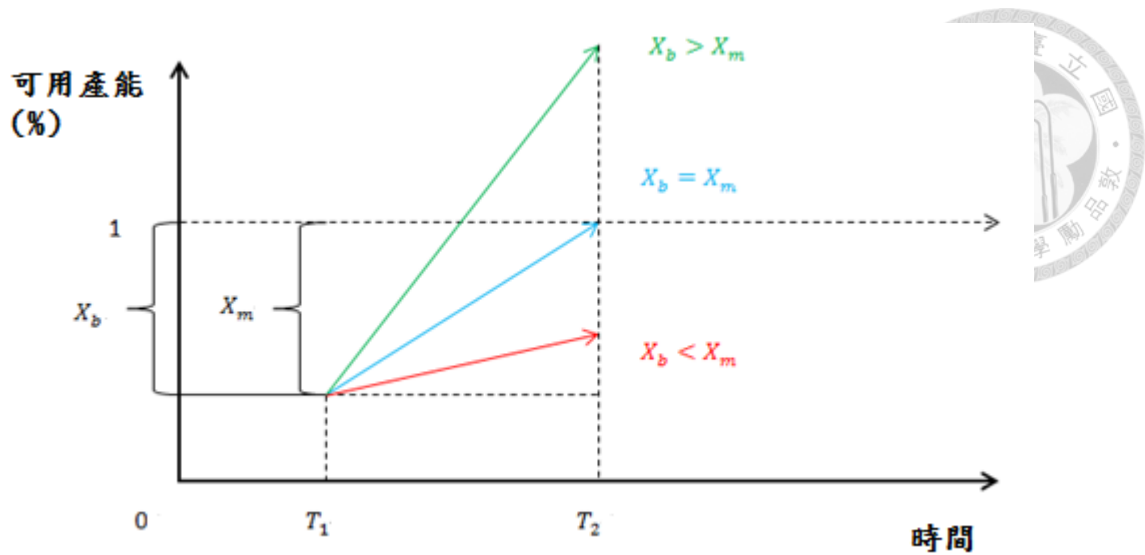


圖 3-3 簽訂不同 X_b 可能造成的情形

如上圖，主要供應商和製造商原本的產能皆為 100% 正常，接著在時間點 0 時主要供應商發生事故產能因此損失了 X_b ，基於供應商提供原料和成品的比例為 1:1 的假設製造商的產能也損失了同樣比例，以 X_m 標記， T_1 則是製造商開始使用備援供應商產能的時間點，而 T_2 則為交貨的時間點，由上圖可以進一步看出若製造商在期初和備援供應商購買的保留產能大於損失產能則回覆路徑為綠色，反之則為紅色，若兩者一樣大則為藍色。以下我們將再以這三種情形做進一步的探討。

3.2.1 情形 1. $1 > X_b > X_m$

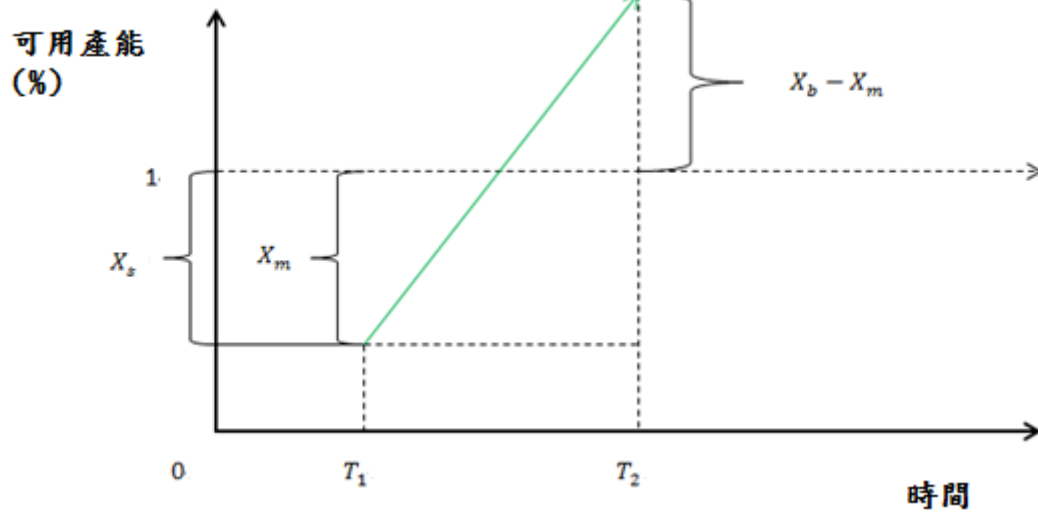


圖 3-4 $1 > X_b > X_m$

如上圖，此時製造商可以順利地滿足原本的下游批發商，這個部分的收入為 $Q_m \times P_1$ ，但 $X_b > X_m$ 所以在滿足原本的批發商後還會有多餘的貨 $(X_b - X_m)$ 可以用 P_2 的價格出售，但只能賣掉 α 成，所以多賣商品部份的收入是 $\alpha \times (X_b - X_m) \times Q_m \times P_2$ ；接下來是成本的部分，製造商向主要供應商進貨的成本為 $(1 - X_m) \times Q_m \times C_1$ ，向備援供應商進貨的成本則為 $X_b \times Q_m \times C_2$ ，以及期初支付的沉沒成本 $X_b \times Q_m \times R$ ，基於備援供應商分兩次交貨且先交付讓其回復原本產能量的假設，我們會有 $X_m \times Q_m$ 的貨需要先存放 $(X_b - X_m) \times \frac{T_{12}}{X_b}$ 的時間，因此這部分的存貨成本為 $(X_b - X_m) \times \frac{T_{12}}{X_b} \times X_m \times Q_m \times C_h$ ；另外沒賣掉的貨則必須存到下一次出貨期因此這部分的存貨成本增項為 $(1 - \alpha) \times (X_b - X_m) \times Q_m \times T_2 \times C_h$ ，總結此時的利潤函數為以下：



$$\begin{aligned}
P &= Q_m \times P_1 \\
&+ \alpha \times (X_b - X_m) \times Q_m \times P_2 \\
&- (1 - X_m) \times Q_m \times C_1 \\
&- X_b \times Q_m \times C_2 \\
&- X_b \times Q_m \times R \\
&- (X_b - X_m) \times \frac{T_{12}}{X_b} \times X_m \times Q_m \times C_h \\
&- (1 - \alpha) \times (X_b - X_m) \times Q_m \times T_2 \times C_h \quad (3-1)
\end{aligned}$$

但當 $X_b > X_m$ 時需要特別注意 $X_m = 0$ 的情況，基於假設供應商會分兩次交貨當確保製造商原本的產能回復後再送剩餘的原料，但此當 $X_m = 0$ 時製造商的產能則一直處於完整狀態，故所有的貨都會在時間點 T_2 才交付給製造商，也因此部會衍生出上面公式倒數第二項”提早回復的部分存貨成本”，因此此時製造商的利潤函數如下：

$$\begin{aligned}
P &= Q_m \times P_1 \\
&+ \alpha \times (X_b - X_m) \times Q_m \times P_2 \\
&- (1 - X_m) \times Q_m \times C_1 \\
&- X_b \times Q_m \times C_2 - X_b \times Q_m \times R \\
&- (1 - \alpha) \times (X_b - X_m) \times Q_m \times T_2 \times C_h \quad (3-2)
\end{aligned}$$

3.2.2 情形 2. $X_b = X_m$

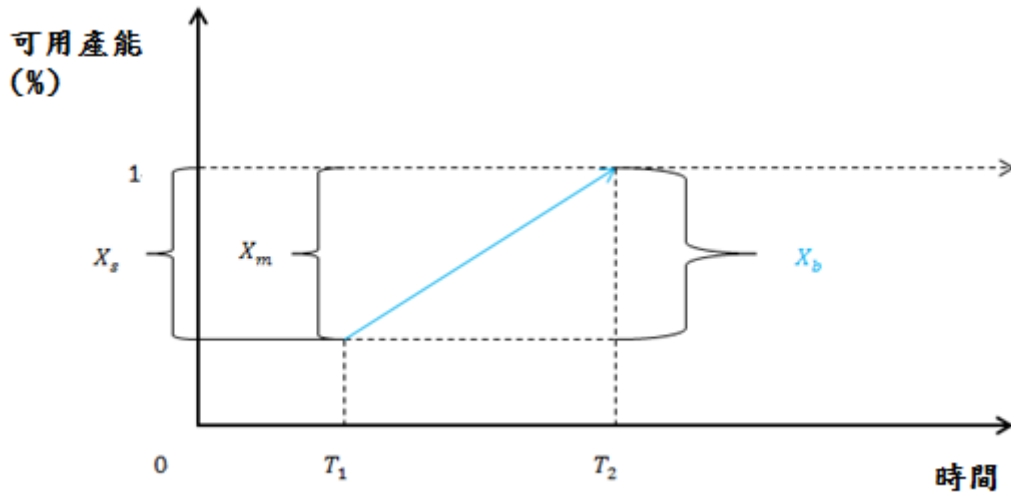


圖 3-5 $X_b = X_m$

若 $X_b = X_m$ 時情況就會變得簡單許多，此時收入只有一筆即是約定好的 $Q_m \times P_1$ ，成本方面包含和主供應商進貨的成本 $(1 - X_m) \times Q_m \times C_1$ 以及和備援供應商進貨的成本 $X_b \times Q_m \times C_2$ 再加上期初簽下保留產能契約時付出的 $X_b \times Q_m \times C_2$ ，此時的利潤函數如下：

$$\begin{aligned}
 P &= Q_m \times P_1 \\
 &\quad - (1 - X_m) \times Q_m \times C_1 \\
 &\quad - X_b \times Q_m \times C_2 \\
 &\quad - X_b \times Q_m \times R
 \end{aligned} \tag{3-3}$$

3.2.3 情形 3. $X_b < X_m$

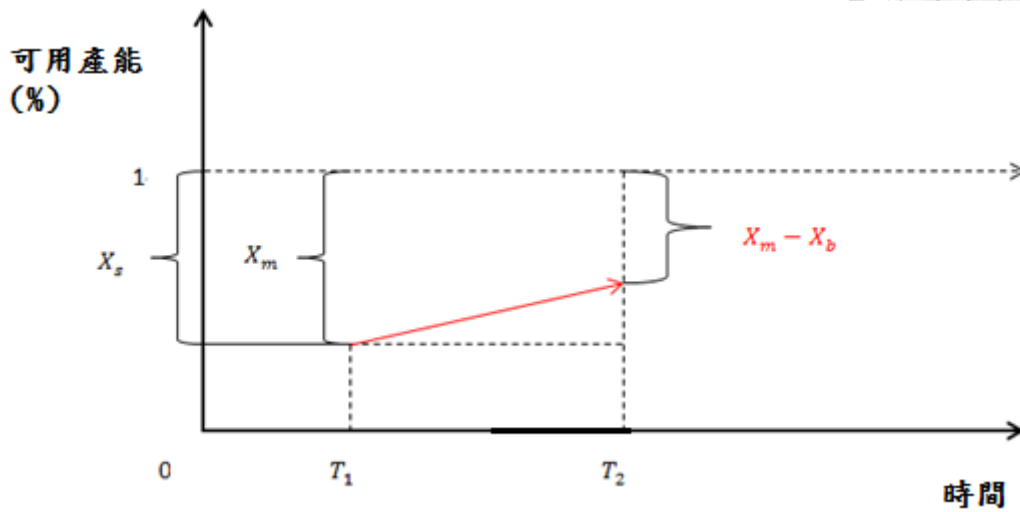


圖 3-6 $X_b < X_m$

此時如上圖所示，製造商將連原本和下游批發商約定好的出貨量都無法滿足，此時的營收將只剩下 $[(1 - X_m) + X_b] \times Q_m \times P_1$ ，和主要供應商以及備援供應商進貨的成本分別為 $-(1 - X_m) \times Q_m \times C_1$ 、 $-X_b \times Q_m \times C_2$ ，簽訂保留產能契約的沉沒成本為 $X_b \times Q_m \times R$ ，但由於沒有依約定滿足下游供應商的訂單，因此必須付出 $(X_m - X_b) \times Q_m \times F$ 的罰金，此時利潤函數如下：

$$\begin{aligned}
 P = & [(1 - X_m) + X_b] \times Q_m \times P_1 \\
 & -(1 - X_m) \times Q_m \times C_1 \\
 & -X_b \times Q_m \times C_2 \\
 & -X_b \times Q_m \times R \\
 & -(X_m - X_b) \times Q_m \times F
 \end{aligned} \tag{3-4}$$

3.2.4 小結

三種情形的預期利潤很難說誰一定好、誰一定壞，在此我們把重點放在情形 2 和情形 1，希望歸納出在甚麼樣的情況下該選擇情形 1 而在甚麼樣的情況下又該選擇情形 2。我們找出相較於情形 1 相較於情形 2 而言多出的收入和成本如下：

$$\alpha \times (X_b - X_m) \times Q_m \times P_2 - (X_b - X_m) \times Q_m \times C_2 - (X_b - X_m) \times \frac{T_{12}}{X_b} \times X_m \times Q_m \\ \times C_h - (1 - \alpha) \times (X_b - X_m) \times Q_m \times T_2 \times C_h$$

若上式大於 0 我們就會選擇情形 1，反之選擇情形 2，而在經過一番研究後發現影響上式是否大於 0 也就是情形 1 是否比較好最關鍵的變數是「多回復的產品可以賣出的比例 α 」，經過整理後歸納出滿足以下條件時情形 1 的利潤會大於情形 2：

Proposition 1: $\alpha > \frac{C_2 + \frac{T_{12} \times X_m \times C_h}{X_b} + T_2 \times C_h}{P_2 + T_2 \times C_h}$ 時，情形 1 的利潤會大於情形 2:



3.3 模型建構

以下我們將解釋如何建構出模型並以規劃求解的方式求出最適的 X_b ，首先我們先求出預期的災害嚴重即預期主要供應商斷鏈程度 $E(X_m) = \sum_1^3 \pi_i * X_i$ ，接著我們將要在這預期主要供應商斷鏈程度下求使得預期利潤極大的保留產能簽訂量，因此列出目標式預期利潤如下：

$E(P)$:

if $X_b > X_m$

$$= Q_m \times P_1 + \alpha \times (X_b - X_m) \times Q_m \times P_2 - (1 - X_m) \times Q_m \times C_1 - X_b \times Q_m \times C_2 - X_b \times Q_m \times R - (X_b - X_m) \times \frac{T_{12}}{X_b} \times X_m \times Q_m \times C_h - (1 - \alpha) \times (X_b - X_m) \times Q_m \times T_2 \times C_h$$

Else if $X_b = X_m$

$$= Q_m \times P_1 - (1 - X_m) \times Q_m \times C_1 - X_b \times Q_m \times C_2 - X_b \times Q_m \times R$$

Else if $X_b < X_m$

$$= [(1 - X_m) + X_b] \times Q_m \times P_1 - (1 - X_m) \times Q_m \times C_1 - X_b \times Q_m \times C_2 - X_b \times Q_m \times R - (X_m - X_b) \times Q_m \times F \quad (3-5)$$

而限制式則為以下：

1. $C_1 < C_2$
2. $0 \leq X_b \leq 1$
3. $X_b \leq \bar{X}_b$
4. $X_b + (1 - X_m) \leq (1 + \gamma)$

第四章 數值&敏感性分析



4.1 數值假設

以下我們將選定特定產業中的某段供應鏈做為模擬的情境，然後再試著把最合理、最真實的災前價格、災後價格、出貨量、存貨成本、製造時間等數值帶入前一章所建立好的模型中，求出在最適的保留產能簽訂量下製造商的預期利潤，接著再比較完全不採取任何措施下製造商的預期利潤，從預期利潤變動的角度來證明此「產能保留契約」是有其價值存在的。接著第二節會再針對影響模型結果最大的變數，「多回復產品可賣掉的比例 α 」以及「備援供應商可提供的保留產能量 \overline{Xb} 」做敏感度分析，期望對一些不確定的情況能有更多的預測能力。

首先我們選定的產業是硬碟製造業，將硬碟製造商定義為供應鏈中的製造商，下游則為需要用到硬碟的筆電製造商，而上游則為硬碟中關鍵原料「轉軸馬達」的供應商，當轉軸馬達供應商供貨給製造商後製造商將其作成 1TB 的硬碟並供給給下游的筆電廠商，一個硬碟正好需要一個轉軸馬達，因此滿足我們的假設「上游供應商產能損失多少，硬碟製造商的產能就損失多少」。接著我們假設的時間點大概為 2011 年，因此接下來的訂單、成本、價格、存貨成本等等都會盡量以該時間點的真实數值呈現。下圖簡單列出供應鏈的成員及關係。

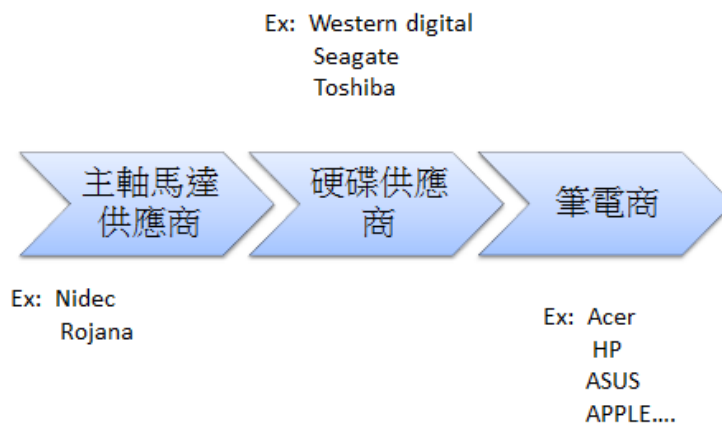


圖 4-1 供應鏈成員假設

首先我們看到預期產能損失程度的部分，其公式為 $E(X_m) = \sum_1^3 \pi_i * X_i$ ，因此我們必須先定義出何謂低度、中度、重度的災害，並描述其個別發生機率，此處我們假設潛在的發生災害為大雨導致的水災。並用地形、年降雨量都和泰國水災事發地點，大城府，相近的台灣嘉南平原的資料來做預估。首先我們採用中央氣象局的定義，將日雨量 130 以上定義為豪雨、200 以上定義為大豪雨、350 以上定義為超大豪雨，但由於日雨量 350 以上的機率幾乎都是趨近於 0，因此我們將最後兩組進行合併的動作。透過行政院農業委員會農業試驗所提供的「氣象資訊查詢」，即可查出每日降雨區間的機率，接著將每個降雨量區間對應到不同的產能損失程度，這部分相關的資料實在是非常少，因此除了 200~350 區間的產能損失有泰國水災稍作參考外，其他區間皆為假設，也是未來研究可以加強、改善的部分之一。經過計算得到預期損失產能如下：

單日降雨量(mm)	機率	產能損失
0~130	0.65	0.1
130~200	0.24	0.3
200~350	0.11	0.7
E(X _m)	0.214	

圖 4-2 預期產能損失

當時其中硬碟製造商幾乎被所謂的三大廠 Western digital(併購 Hitachi)、Seagate(收購 Samsung)、Toshiba 給壟斷，而 2011 年這三家大廠的市占率大致如下圖所示：

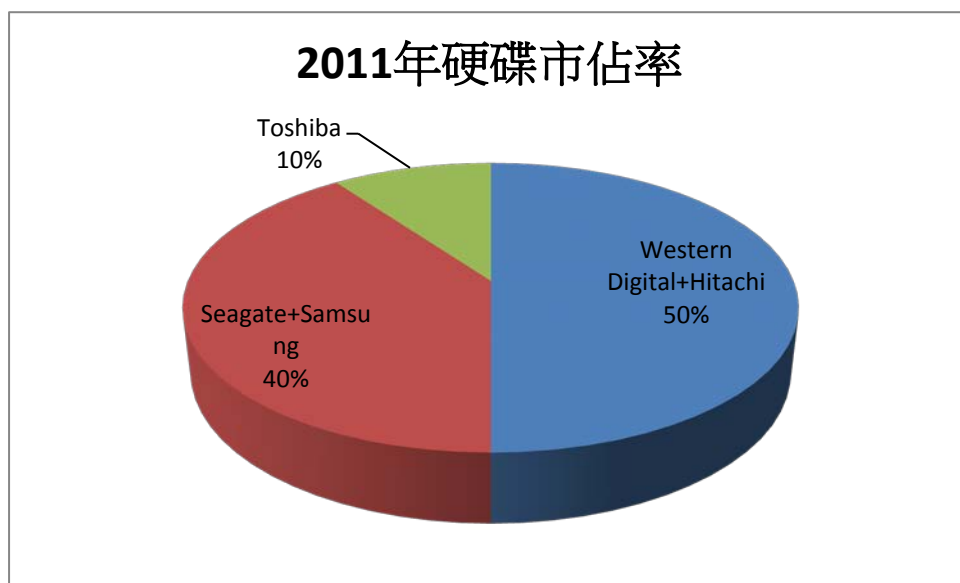


圖 4-3 2011 年硬碟市占率

再來是下游廠商的訂單部分，我們假設我們站在第一大硬碟製造商的角色，像是當時的 Western Digital。

而下面是 2011 年筆記型電腦的市占率以及該年度總筆記型電腦出貨量：

Qm	HP	Lenovo	Acer	Dell	Asus	Toshiba	Apple	Samsung	Sony	Fujitsu	others	平均(不算Others)
2011年筆電市佔率	17.80%	13.30%	12.50%	11%	9.70%	8.70%	6.50%	6.30%	4.10%	1.70%	8.40%	9.16%
2011筆電總出貨量	1940000											
2011硬碟商市占率	Toshiba/Fujitsu 10%	Seagate+Samsung 40.00%	Western digital+Hitachi 50.00%									
客戶當年下單量	177704											
由假設製造商供給客戶的量	88852											

圖 4-4 Q_m假設值求法

我們可以看出撇除一些極小廠後，筆電商的平均市占率為 9.16%，我們假設我們的下游供應商大概就是這樣像是 Asus 或是 Toshiba 這樣非市場龍頭的中段班角色，並假設該廠由我們製造商供應的量即為該年製造商的市佔率，因此可求出該年須滿足下游廠商的訂單量 $Q_m = 1940000 \times 0.0916 \times 0.5 = 88852$ 。

接著我們研究 2011 年發生災害、主軸馬達缺貨之前時 1TB 硬碟的價格 P_1 ，這部分有直接可查詢到的市場紀錄，因此我們直接帶 $P_1 = \text{NT\$}1750$ 。

再來是當災害發生、原料發生缺貨之後的 1TB 硬碟售價 P_2 ，這部分需要用估計的方法求得，2011 年泰國發生百年大水災，使得轉軸馬達製造商產能大損，損失了將近 30% 的產能，導致硬碟損失同樣產能價格也從 1750 調升至 3000，由此例子可推估出大約硬碟產能損失每 1% 就會使得 1TB 硬碟的價格上升 2.38%，因此可以假設 $P_2 = P_1 \times (1 + 2.38\% \times X_m)$ 。

接著我們探討 C_1 即和主要供應商進主軸馬達的成本，首先我們查出硬碟產業的毛利在當時大概是 25%，然後再經過訪查得知主軸馬達占了硬碟大約 40% 的成本，因此經過計算後可得 $C_1 = 1750 \times 0.75 \times 0.4 = 525$ 。而 C_2 則假設略高於 C_1 ，設 $C_2 = 700$ 。

存貨成本的部分經過訪查得知 Western Digital 的倉庫主要都是設在新加坡，因此我們首先查出當時新加坡倉庫一坪一個月大約為台幣 625 元，而一個 1TB 硬碟大約為 3.5 吋，我們假設一坪疊五層硬碟，得一坪可放約 370 個硬碟，得每個硬碟每日的存貨成本 $C_h = 625 / (370 \times 30) = 0.06$ 。

而硬碟商拿到轉軸馬達至出貨時間 T_2 則也是透過詢問廠商得知大約為一個月，而我們假設供應鏈發生斷鏈後硬碟商 3 天即可知道，故 T_{12} 為 28 天。

至於單位保留產能價格的部分則假設為 60，沒有如期交貨的罰金 F 則假設為每單位 500。



4.2 數值&敏感度分析

4.2.1 數值分析

接著我們依照第三章所述，利用 Excel 建立出目標式、限制式，然後利用非線性規劃求解求出採取備援供應商時的最適保留產能簽訂量以及當時的預期利潤，再列出若完全沒有和備援供應商簽訂保留產能協議時的預期利潤，希望能藉此看出此備援策略的價值。

沒採取備援供應商時			a的臨界值	26.50%											
E(Xm)	Xb														
	0.214	0													
Profit1		76043984													
採取備援供應商時															
E(Xm)	Xb	Qm	P1	P2	C1	C2	Ch	R	T2	T12	a	F			
	0.214	0.2140	88852	1750	2641.667	525	700	0	60	31	28	0.2	500		
Profit2		104375300													
採取備援供應商後利潤增加															
		28331316													
constraints															
C1<C2		20	<	35											
0<=Xb<=1		0.214	<=	1											
Xb+(1-Xm)<=(1+γ)		1.0000016	<=	1.3											
Xb<=0.6		0.2140	<=	0.6											

圖 4-5 數值分析結果

如上圖， α 的臨界值為 0.2650，但我們設定 α 為 0.2，小於臨界值，此時製造商即使透過產能保留契約將產能提高至超過原本水平預期利潤也不會上升，因為多於產品能賣掉的比例太低了，反而使存貨成本大增，因此製造商只會將保留產能簽訂量簽定至預期的產能損失量。接著我們比較不採取此策略時的預期利潤和採取此策略後的預期利潤，我們可以發現預期利潤由 76,043,984 變為 104,375,300，提升了 28,331,316，證明了此策略是有價值的。

4.2.2 敏感性分析

然而就像前面提及過的，在此模型下 α 和 \overline{X}_b 都是影響製造商決策結果的重要外

生變數，因此我們將針對這兩個變數分別去做敏感性分析，看看會對製造商的預期利潤以及最適產能保留簽訂量 X_b 有何影響。

首先我們研究隨著 α 的變動，製造商的最適產能保留簽訂量會如何變動。如下圖，在 α 達到臨界值 0.2650 以前製造商都只會將產能保留量簽訂至預期的產能損失量 0.214，一旦 α 超過臨界值，多回復產能的收入將會大過存貨成本，因此製造商將會選擇增加保留產能的簽訂量，將其簽訂至備援供應商所提供的上限 \bar{X}_b 或是其自身倉儲空間的上限。

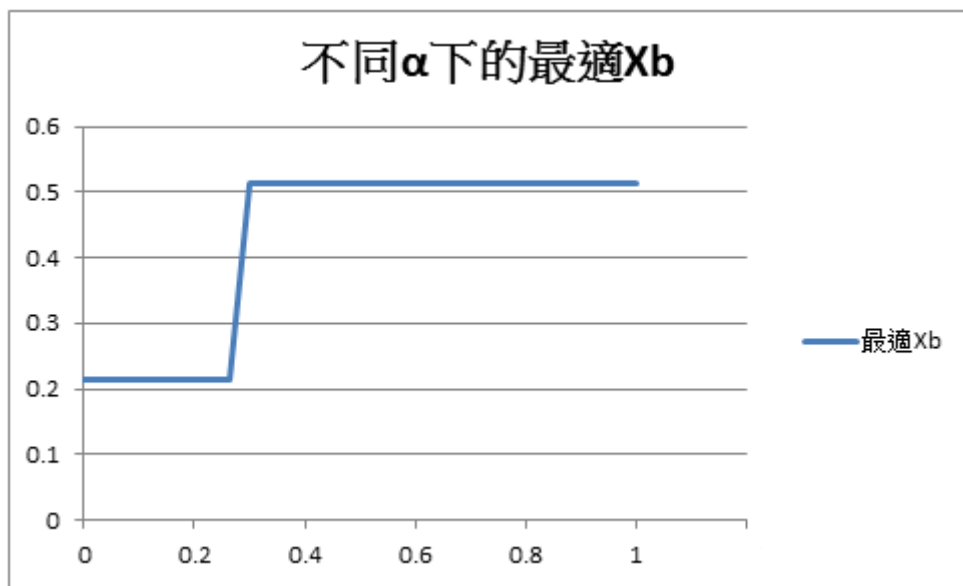


圖 4-6 不同 α 下的最適 X_b

接著我們探討當 α 改變時預期利潤增量會如何變動，如下圖，在 α 達到臨界值以前製造商皆不會將產能回復到超越原本產能，因此不會有多餘可出售的商品，也使得 α 的變動並不會對預期利潤增量造成影響。但當 α 大於臨界值後，製造商將會擁有多於可出售的商品，此時 α 的增加將使製造商的收入增加且存貨成本下降，導致預期利潤增量呈現線性的增加。

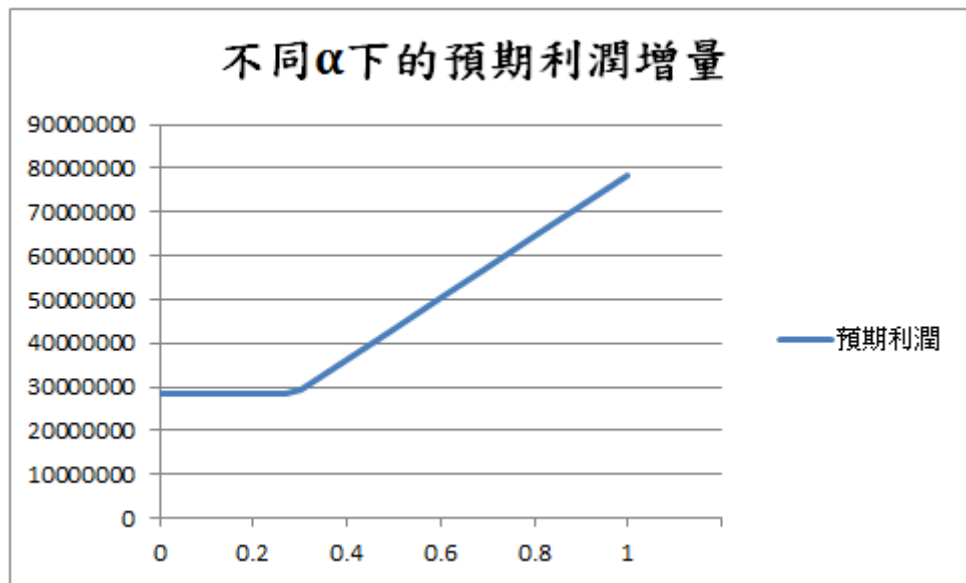


圖 4-7 不同 α 下的預期利潤增量

接著我們研究 \bar{X}_b 變動對製造商的最適保留產能簽訂量以及預期利潤帶來的影響。這個部分又必須要分為 α 小於臨界值和 α 大於臨界值這兩種情況去探討。

首先我們看到 α 小於臨界值的情況，此時製造商將會把 X_b 簽訂至預期的產能損失量 0.214，但若備援供應商提供的 \bar{X}_b 不足此，製造商也只能簽訂到提供量，因此出現了下圖中的斜線；若備援供應商提供的 \bar{X}_b 超過製造商的預期產能損失時由於 α 小於臨界值，因此製造商也不會多簽訂，最適的產能保留簽訂量依然停在預期的產能損失量。

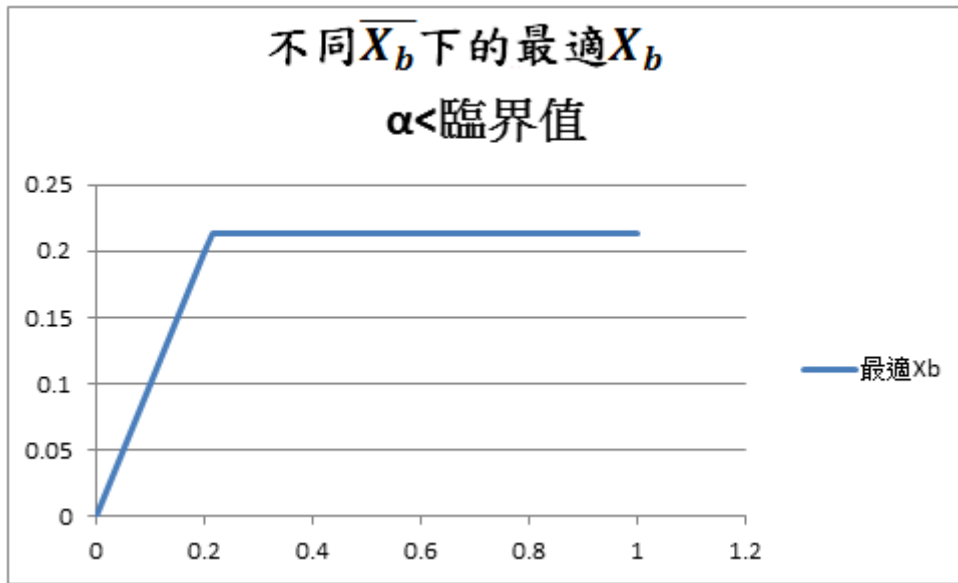


圖 4-8 不同 \bar{X}_b 下的最適 X_b ($\alpha < \text{臨界值}$)

此時製造商的預期利潤增量將如下圖所示，隨著簽訂量停在 \bar{X}_b 後預期利潤也停止增加。

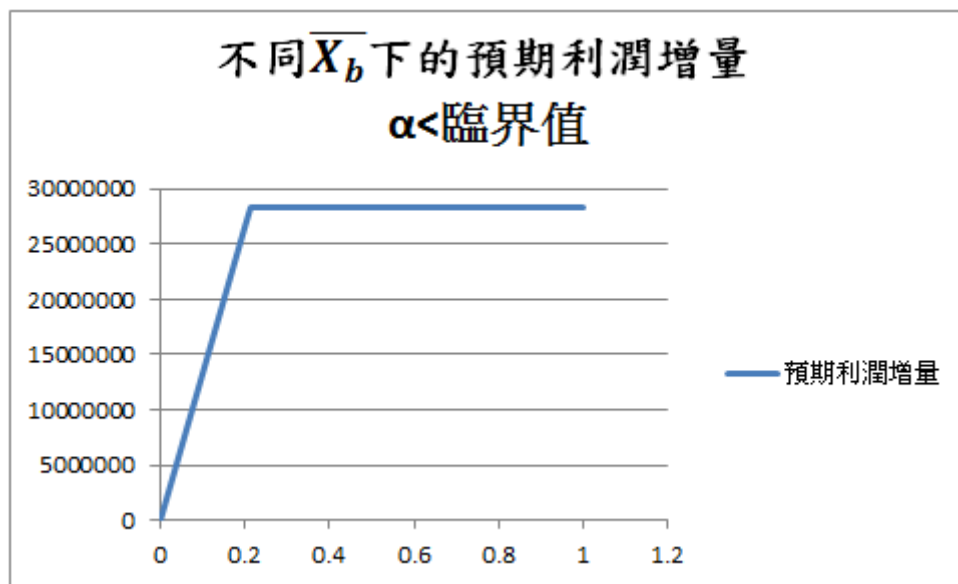


圖 4-9 不同 \bar{X}_b 下的預期利潤增量($\alpha < \text{臨界值}$)

最後我們看到的是當 α 大於臨界值的情形，首先我們看到 \bar{X}_b 變動對 X_b 帶來的影響。由下圖我們可以看到由於 α 大於臨界值，因此備援供應商提供多少的 \bar{X}_b ，

製造商就簽訂多少，直到達到自身的倉儲上限為止。

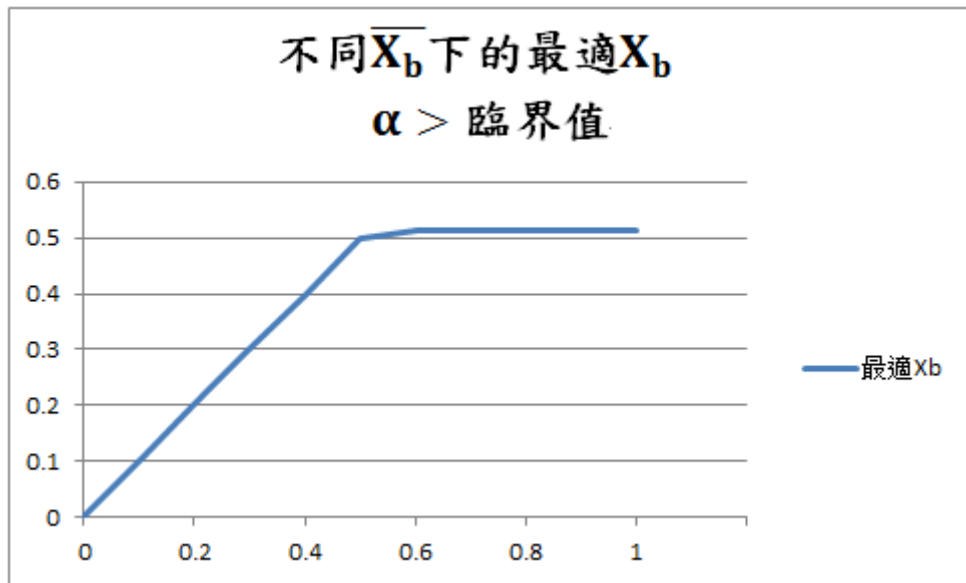


圖 4-10 不同 \bar{X}_b 下的最適 X_b ($\alpha > \text{臨界值}$)

最後我們看到當 α 大於臨界值時， \bar{X}_b 變動對預期利潤增量的影響。備援供應商提供多少 \bar{X}_b ，製造商就會全部使用，一直到自身的倉儲空間達到上限，因此預期利潤的增量也隨此模式增加。

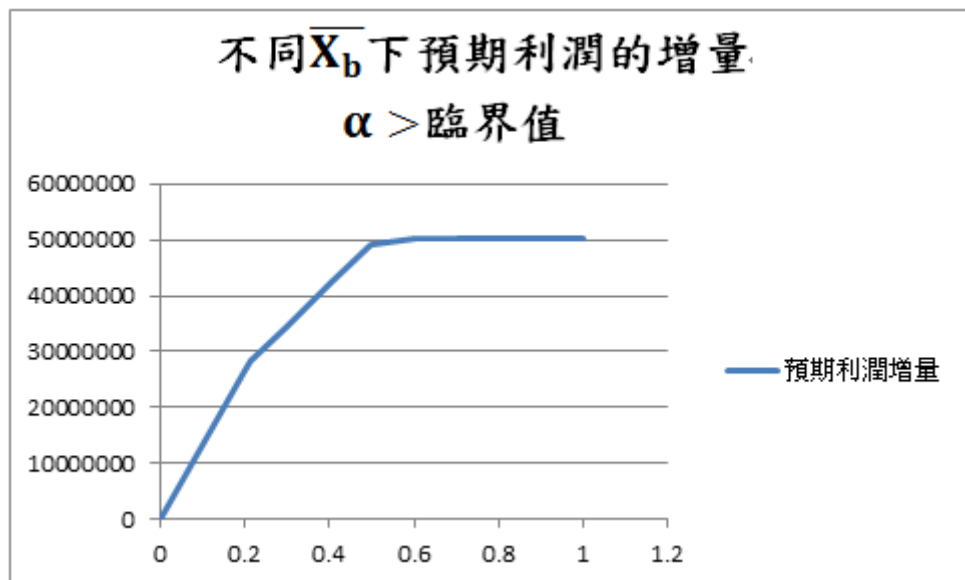


圖 4-11 不同 \bar{X}_b 下的預期利潤增量($\alpha > \text{臨界值}$)



4.3 小結

若 $\alpha <$ 臨界值的話因為多回復的貨賣出的比例太低,此時和備援供應商以較高價進部分貨和存貨成本的增加將超過多賣貨的收益,因此製造商會將產能剛好回復到災害前的水準,即使可以簽訂更多保留產能也不會這麼做,反之若 $\alpha >$ 臨界值時則會將保留產能簽訂至備援供應商提供的上限或是自身倉儲空間的上限,且預期利潤也會隨著使用量上升而增加。

接著我們發現備援供應商可提供的保留產能變動對製造商決策的影響又要分成 α 小於臨界值和 α 大於臨界值這兩種情況去探討,當 α 小於臨界值時製造商的最適 X_b 將由 0 靠近、最後停在預期產能損失量,預期利潤也停止增加;若 α 大於臨界值時則會將備援供應商提供的保留產能用盡,一直到自身的倉儲空間上限,在這過程中預期利潤也會跟著增加。

第五章 結論與建議



5.1 結論

首先是圖形化供應鏈斷鏈的部分，以往這部分的研究幾乎都只是單純的描述當災害發生、供應鏈中斷後廠商的產能將會如何的受損，並不含採取緊急計畫回復的情況，但是本篇研究試圖將廠商採取產能保留策略後的產能回復情形也在圖形上表達，並探討了以往鮮少被探討的部分，那就是廠商其實也有可能透過應急計畫將產能回復到超過原本的水準，或是回復到剛剛好的水準或是回覆後仍不如原本產能。

根據前面建構的模型和前一章數值分析的結果我們可以發現幾件事情，歸納如下：

- α 為影響模型結果最重要的外生變數，它代表了多回復的產能可以賣出的比例，因此若這個值夠大的話，多賣出產品的收益即可以超過向備援供應商進貨的較高成本、以及部分產品提早回復、部分產品沒賣掉衍生的存貨成本，

反之則是成本的增量較多不利於廠商，其臨界值為 $\frac{C_2 + \frac{T_{12} \times X_m \times C_h}{X_b} + T_2 \times C_h}{P_2 + T_2 \times C_h}$ 。

- 在同樣備援供應商提供的保留產能上限 \bar{X}_b 下，不論製造商最後選擇的 X_b 量為何，其預期利潤皆會隨著 α 的上升而增加。且 \bar{X}_b 越大時隨著 α 上升的預期利潤增量也將越大。

- 若 $\alpha < \frac{C_2 + \frac{T_{12} \times X_m \times C_h}{X_b} + T_2 \times C_h}{P_2 + T_2 \times C_h}$ 臨界點，此時製造商會將產能回復到超過原

來水準，提供更多產品也不會使得預期利潤上升，因此則即使 \bar{X}_b 再怎麼升高製造商也只會選擇將 X_b 簽訂在和預期產能損失量 $E(X_s) = \sum_1^3 \pi_i * X_i$ 一樣的

量。

- 若 $\alpha > \frac{C_2 + \frac{T_{12} \times X_m \times C_h}{X_b} + T_2 \times C_h}{P_2 + T_2 \times C_h}$ ，此時製造商會將產能回復到超過原來水準，

並提供更多的產品賣也使得預期利潤增加，因此備援供應商提供多少的 \bar{X}_b ，製造商就簽訂多少，一直到達到自身的倉儲上限為止。而預期利潤也會跟著上升。

由此結論可知，當我們即將研究某產業、思考是否該和備援供應商簽訂保留產能契約時應該先對該產業的 α 做一番研究，因為 α 基本上會隨著產業而異，例如在農產品市場我們可看到每當有風災、水災導致缺貨時，市場上不但價格飆漲，產品更往往被大家一掃而空，因此農產品產業的 α 應該相當的高。反之一定存在著 α 很小的產業，例如一些非必需品，短期若發生價格飆漲終端消費者很可能選擇等一等，過一陣子再買即可，將會導致完全不同的決策結果，因此我們一定要先對 α 做一番詳細的研究。



5.2 研究限制

然而本研究也因為部分假設而產生了一些限制，首先我們跟隨 Zobel 的文獻將產能回復的情況假設為線性回復，然而在現實世界裡則可能不是如此情形，而是更為負責的非線性回復。

前面也提過會發生缺貨的情形 3 的預期利潤不一定就會低於情形 1 和情形 2，但這部分此模型比較無法呈現出來，也希望將來的研究有機會改善這一部分。

此外或許我們可以在未來將研究的期間從一期延伸至多期，因為製造商和供應商或者是製造商和批發商之間常常是存在一種長期關係的，很多時候它們看到的不只是帳面上的盈虧還包含了穩定供貨的承諾和信任感，因此或許可以將期間延展成多期並將下游批發商下期訂單和製造商這期是否履約交貨做點研究，很可能會存在因果關係。

最後我們為了將研究重心放在保留產能契約，因此假設製造商在期初並沒有持有任何的存貨，但事實上製造商在期初沒有握有任何存貨的可能性是很低的，應該或多或少會預留一定數量的存貨，以預防供需波動時的需要，此期初存貨量即為我們在一開始提及過的物流三態中的內部物流，也是管理供應鏈中段的一種方法，因此和我們這篇研究所採取的向內物流預防方法應該是有相互關聯的，而且極可能存在著反向的關係，例如期初製造商擁有的存貨越多，它們和備援供應商簽訂產能保留的最適量應該就會下降，反之亦然，這一部分也希望未來有學者可以將內部物流和向內物流端的預防方法同時在一個系統下研究，應該會得到更精準的決策結果。



5.3 研究建議

如前一章所提及，本研究仍然存在著一些限制，若可以改善將會使得研究的結果更為精準、也更有價值。首先我們可以思考產能回復除了以線性表示外，是否可以用其他的非線性函數表示，以更進一步的接近現實生活中的回復情形。再來是模型的部分，如前所述，情形 3 不一定是最差的，或許我們可以去探討在甚麼樣的情況下情形 3 的預期利潤反而會比情形 1 或情形 2 還好，影響這樣結果的關鍵變數是那些，以讓模型結果產生更多可能。還有，本文討論的期間只有一期，但製造商和供應商之間的關係常常都是長期的，因此未來的研究可以去探討若把研究拉長成多期時是否存在其它影響廠商決策的關鍵變數，這些變數帶來的影響又是甚麼，如此一來也將使得模型更為擬真。最後則是假設期初存貨量為零的部分，在現實世界中，很多廠商都會準備一定的存貨量作為預備，因此也希望外來有研究將存貨量也考慮進來，做一個全面性的最適化，以達到更棒、更好的決策力。

Proof of Proposition 1:



首先我們將 Case1 的預期利潤減去 Case2 的預期利潤得到以下式子並令其大於零：

$$\alpha \times (X_b - X_m) \times Q_m \times P_2 - (X_b - X_m) \times Q_m \times C_2 - (X_b - X_m) \times \frac{T_{12}}{X_b} \times X_m \times Q_m \times C_h - (1 - \alpha) \times (X_b - X_m) \times Q_m \times T_2 \times C_h > 0$$

$$\rightarrow \alpha \times P_2 - C_2 - \frac{T_{12}}{X_b} \times X_m \times C_h - (1 - \alpha) \times T_2 \times C_h > 0$$

$$\rightarrow (P_2 + T_2 \times C_h) \times \alpha > C_2 + \frac{T_{12}}{X_b} \times X_m \times C_h$$

$$\rightarrow \alpha > \frac{C_2 + \frac{T_{12} \times X_m \times C_h}{X_b} + T_2 \times C_h}{P_2 + T_2 \times C_h}$$

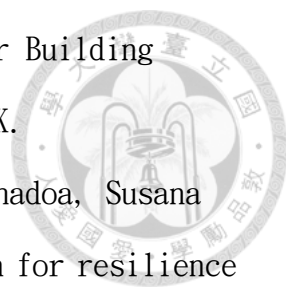
故可得知當 $\alpha > \frac{C_2 + \frac{T_{12} \times X_m \times C_h}{X_b} + T_2 \times C_h}{P_2 + T_2 \times C_h}$ 時 Case1 的預期利潤會大於 Case2。


參考文獻



英文部分

- [1]. M. Christopher, 1992, “Logistics and Supply Chain Management”, Pitman, London.
- [2]. Li, Rao, Ragu-Nathan, & Ragu-Nathan, 2005, “Development and validation of a measurement instrument for studying supply chain management practices”, Journal of Operations Management, Volume 23, Issue 6, September 2005, Pages 618 - 641.
- [3]. Trkman, P., Stemberger, M. I., Jaklic, J., & Groznik, A, 2007, “Process approach to supply chain integration”. Supply Chain Management—an International Journal, 12(2), 116-128.
- [4]. Claudia Colicchiaa, Fabrizio Dallaria and Marco Melacinib, 2009, “Increasing supply chain resilience in a global sourcing context”, Production Planning & Control: The Management of Operations, Volume 21, Issue 7, 2010.
- [5]. Christopher & peck, 2004, “Building The Resilient Supply Chain”, International Journal of Logistics Management, Vol. 15, No. 2, pp1-13, 2004.
- [6]. Tierney, K. & Bruneau, M, 2007, “Conceptualizing and Measuring Resilience: A Key to Disaster Loss Reduction”, In: TR News, pp. 14-17.
- [7]. Rose, A, 2004, “Defining and measuring economic resilience to disasters. Disaster Prevention and Management”, 13, 307-314.
- [8]. Berkes, F., Folke, C. (Eds.), 1998, “Linking Social and Ecological

- 
- Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience” , Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- [9]. Helena Carvalho, Ana P. Barrosoa, Virginia H. Machadoa, Susana Azevedo, V. Cruz-Machadoa, 2011, “Supply chain redesign for resilience using simulation” , Computers & Industrial Engineering 62 (2012) 329 - 341.
- [10]. Ivy Elizabeth Donald Soberanis, 2010, “An extended Bayesian network approach for analyzing supply chain disruptions” .
- [11]. Christopher Tang& Brain Tomlin, 2008, “The Power of Flexibility for Mitigating Supply Chain Risks” , International Journal of Production Economics, Vol. 116, No. 1, pp. 12-27.
- [12]. Christopher W. Zobel, 2010, “Comparative Visualization of Predicted Disaster Resilience” , Proceedings of the 7th International ISCRAM Conference.
- [13]. Michael Bruneau, 2003, “A Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities” , Earthquake Spectra, Volume 19, No. 4, pages 733 - 752.
- [14]. Dogan A. Serel, 2005, “Capacity reservation under supply uncertainty” , Computers & Operations Research 34 (2007) 1192 - 1220.
- [15]. Stefan Spinler , Arnd Huchzermeier, 2005, “The valuation of options on capacity with cost and demand uncertainty” .
- [16]. Hau L.Lee, 2004, “the triple a supply chain” , Harv Bus Rev, Oct;82(10):102-12, 157.

- 
- [17]. McDaniels, T., Chang, S. E., Cole, D., Mikawoz, J. & Longstaff, H, 2008, “Fostering resilience to extreme events within infrastructure systems: Characterizing decision contexts for mitigation and adaptation” , *Global Environmental Change*, 18, 310–318.
- [18]. Bruneau, M. & Reinhorn, A, 2007, “Exploring the concept of seismic resilience for acute care facilities” , *Earthquake Spectra*, 23, 41.
- [19]. Cimellaro, G., Reinhorn, A. & Bruneau, M, 2010, “Seismic resilience of a hospital system” , *Structure and Infrastructure Engineering*, 6, 127–144.
- [20]. K. Jain, E. Silver, 1995, “The single period procurement problem where dedicated supplier capacity can be reserved” , *Naval Research Logistics* 42 (1995) 915 – 934.
- [21]. D. A. Serel, M. Dada, H. Moskowitz, 2001, “Sourcing decisions with capacity reservation contracts” , *European Journal of Operational Research*, 131 (2001), pp. 635 – 648.
- [22]. Erkoç M, Wu SD, 2005, “Managing high-tech capacity expansion via reservation contracts” , *Production and Operations Management*, 14:232 – 51.
- [23]. Mingzhou Jin, David Wu, 2001, “Modeling Capacity Reservation in High-Tech Manufacturing” , Working paper, *MSOM*. 4(4) 241–257.
- [24]. Tsay, A. A., S. Nahmias, N. Agrawal, 1999, “Modeling supply chain contracts: A review. *in* S. Tayur, R. Ganeshan and M. Magazine (eds)” , *Quantitative Models for Supply Chain Management*, Kluwer Academic Publishers, chapter 10. pp. 301 – 336.