

# 應用賽局理論探討信用擔保機制於供應鏈採購模式之研究

## Applying Game Theory to Credit Guarantee Mechanism on Supply Chain Sourcing Model

蔣明晃 / 國立臺灣大學工商管理學系暨商學研究所教授

David Ming-Huang Chiang, Professor, Department and Graduate Institute of Business Administration, National Taiwan University

吳成峯 / 湖北經濟學院物流與工程管理學院講師、海峽兩岸中小企業發展研究院研究員

Cheng-Feng Wu, Lecturer, School of Logistics & Engineering Management, Hubei University of Economics, Researcher at Institute for Development of Cross-strait Small and Medium Enterprises, Hubei

葉明憲 / 國立臺灣大學商學研究所碩士

Ming-Shian Ye, Master, Graduate Institute of Business Administration, National Taiwan University

Received 2015/3, Final revision received 2015/7

### 摘要

中小企業在臺灣扮演著舉足輕重的角色，不但與大企業形成完整的供應鏈，也是就業機會的主要提供者，因此中小企業是經濟發展的基礎重心所在。

中小企業成長時需要資金融通，然而卻因其資訊不透明、財會制度不健全等因素，且無力提供擔保品下，而無法取得銀行授信。本研究透過供應鏈中製造商與銀行間達成違約時債務分攤協議，提供上游中小企業供應商信用擔保，並確保銀行放款後的期望投資報酬，降低銀行的風險，提升銀行放款意願，進而達到供應鏈雙方與銀行三方皆贏的模式。

本研究建構一領導者與追隨者的賽局模型，上游供應商為一資金缺乏之中小企業，並在供應鏈中為追隨者，下游製造商為領導者，建立一雙方極大化自身利潤之供應鏈採購模型，透過逆向歸納法 (Backward Induction) 獲得各狀況下雙方之最佳決策與利潤，並進行敏感度分析並提出結論，冀望能提供未來供應鏈運作面臨資金融通議題時的決策參考。

【關鍵字】 中小企業、信用擔保機制、供應鏈、賽局理論

### Abstract

Small and medium enterprises (SME) have been a major force in Taiwan. They play the part as a bridge between larger enterprises. In short, SMEs are essential foundations for the economic development in Taiwan.

However, due to unhealthy financial/accounting systems which result in the risk of loaning, SMEs are required to provide collateralization as a guarantee when applying for financial support. This study is aimed to discuss the credit guarantee mechanism. The manufacturer provides collateralization for upstream SMEs as well as the expected return after the loan is lent by the bank, in order to reduce the risk of loaning and to make loaning easier; thus, achieving a win-win situation for the supply chain.

A leader-follower game is introduced in this paper, with the upstream suppliers as a follower, and the downstream manufacturer as the leader. Both sides of parties are seeking to maximize profit and build up their supply chain purchase model. Backward induction is applied to obtain the optimal decision and profit maximization; additionally, certain important factors in the sensitivity analysis are discussed. The results provide references and solutions to the loaning decision making process for all parties in supply chain financing.

【Keywords】 small and medium enterprise, credit guarantee, supply chain, game theory

## 壹、前言

根據 2014 年中小企業白皮書，財政部營業稅徵收資料統計指出，2013 年臺灣中小企業家數約有 133.1 萬家，占全體企業家數的 97.64%，而就業人數約 858.8 萬人，占臺灣全部企業就業人數 78.3%（經濟部中小企業處，2014），臺灣在過去數十年的經濟發展過程中，中小企業扮演著舉足輕重的角色，不但與大企業形成完整的供應鏈，也是就業機會的主要提供者，還可以避免產業結構被少數企業壟斷。而許多大企業更是由中小企業演化而成，說明中小企業對穩定臺灣整體經濟環境與國家發展息息相關，中小企業發展未來仍將是經濟發展的基礎重心所在。

中小企業的成长需要資金融通，然而卻因其資訊不透明、財會制度不健全等因素，造成銀行授信時存在資訊不對稱。在不易評估風險的情況下，銀行基於本身權益，幾乎各項貸款均需要實質擔保品，對無力提供擔保品的中小企業，則常為銀行融資體系下弱勢族群之一。因此政府針對中小企業融資的困境，推出輔導及保證措施，協助中小企業取得資金。主要作法為對具有發展潛力但欠缺擔保品之中小企業提供信用保證，一方面協助業者取得金融機構之資金融通，促使企業健全發展，進而促使經濟成長及社會安定繁榮；另一方面分擔金融機構融資的風險，提高金融機構對中小企業提供信用融資之信心，因此政府於 1974 年設立中小企業信用保證基金，保證基金之資金係由各級政府及金融機構共同捐助。

然而中小企業雖有政府信保機制之協助，也僅能解決部分企業問題。而且我國目前中小企業資金的取得，仍主要以銀行為管道，當中小企業向銀行借款無門之後，並無其他次佳選擇，致使中小企業的融通資金無法滿足，而供應鏈的一環失去功能，將連帶使供應鏈停擺，傷害產業升級與發展。另一方面，銀行能夠利用企業對供應鏈較佳敏感優勢，透過信保機制，貸款給予中小企業，相對傳統貸款，有較好的收益。董秋月 (2009) 指出，供應鏈中的成員，如物流企業，相對銀行，有著較佳的能力去評估供應鏈中企業的營運狀況與信用；並且，若以傳統抵押借款且面臨抵押品需要折現下，供應鏈中的企業也相對銀行有較佳的變現能力。因此銀行得透過與供應鏈中企業的合作，不僅能有新的金融業務收入，並能降低貸款風險且能提升對於供應鏈中貸款企業之信用等資訊之了解。

基於上述理由，中小企業確實有資金融通的問題，政府的介入助益為資金融通的一種方式，然而其決策行為難以模型化，因此本研究將探討供應鏈資金融通議題，透過另一商業模式，處理中小企業資金融通議題，藉由供應鏈中製造或配銷廠商的信用擔保機制，使這些廠商將訂單外包給上游供應商時，上游供應商能有資金生產與利潤償還貸款，再由製造或配銷廠商與銀行協議違約時債務分攤機制，保證銀行放款後的期望投資報酬，降低銀行的風險，提升銀行放款意願，進而使上游能夠接單製造且出貨給下游，建立一雙方極大化自身利潤下建立供應鏈採購模型，解決融

資困境。因此，在此情境下，製造商或配銷商之目的為滿足品牌商的訂單需求，並透過委託供應商製造外包模式滿足訂單。所以在市場結構上，上游企業為價格接收者或跟隨者，而下游製造商或配銷商為領導者。

在供應鏈研究上，物流金融屬於一新概念，具權威的國際期刊尚未有巨作可供參考與遵循，各研究中對於物流金融之名稱與定義也略有不同。物流金融是供應鏈融資 (Supply Chain Financing) 的一種形式，包含應收帳款融資 (Accounts Receivable Financing or Factoring)、採購單融資 (Purchase Order Financing)、庫存融資 (Inventory Financing) 三種基本類型。庫存融資之表現範圍涵蓋有倉單質押、貨權質押、融通倉、物流銀行等。

庫存商品融資又稱為「庫存融資」，為目前供應鏈體系最常見的一種抵押貸款方式，銀行依據對存貨價值及平等的判斷，以及商品的流通性等，給予企業一定的貸款成數。張媛媛與李建斌 (2008) 指出，庫存商品融資是利用供應鏈上、下游廠商之間的合作，透過簽訂契約來整合彼此商品與原物料，使雙方資金調度及運用上更有效率。倉單質押是指倉庫業者將客戶的貨物存入倉庫後，向存貨人開具存單，註明存貨狀況。馮耕中 (2007) 指出，倉單質押是將倉單是視為一種抵押權力，作為倉儲企業一種新型的服務項目。貨權質押是指銀行根據進口企業的信用評等 (Credit Rating)，在進口企業繳納一定保證金後，對扣除保證金後餘額部分以該信用保證進口貨物的未來貨權作為質押 (立金銀行培訓中心，2010)。融通倉是以質押物資的倉管與監管、價值評估、公共倉儲、物流配送、拍賣為核心的綜合性協力廠作為物流服務平台，作為企業與銀行間的合作橋樑，該平台成為中小企業重要的協力廠商物流服務提供者 (羅齊、朱道立與陳伯銘，2002)。銀行對企業資金流通的需求，以企業之貨物等物流資產作為擔保品來實施貸款，打破固定資產 (如：土地、建物) 抵押借款的傳統思維，創新引用物流作為擔保，以解決企業資金需求之謂 (周維沛，2007)。

在供應鏈融資與信用交易 (Trade Credit) 相關議題中，許多研究因實務環境，是以上游觀點研究。Lee and Rhee (2010) 是以上游供應商之角度，假設供應鏈上下游廠方皆為風險中立者，比較零售商自行向金融機構進行存貨融資與零售商向供應商進行信用交易 (Trade Credit) 政策下，探討對整體供應鏈之運作最為有利的政策。此研究是藉由隨機規劃模型，同時考慮訂購量決策、違約風險議題與銀行放款利率，並在供應商與零售商違約與否等不同情形下，探討整體供應鏈之獲利情形。Chen and Wang (2012) 同樣是以上游供應商的角度，然而下游零售商是有資金的限制。上游供應商依零售商本身擁有的資金而給予信用交易價格 (Trade Price)，而零售商也同樣依本身擁有的資金向上游供應商訂購商品，並且透過信用交易合約，在取得零售收入後，方還供應商剩餘的貨款。研究指出，在有信用交易合約下，資金越少的

零售商，越會向供應商訂購較多的產品數量，而供應商便會適當調整信用交易價格，而這會因此使供應鏈的獲利下降。Chen (2015) 將信用交易 (Trade Credit) 與銀行交易 (Bank Credit) 進行比較。結果顯示，信用交易讓零售商的邊際成本降低，使零售商願意訂購較多的商品，零售商的預期銷售以及製造商的獲利因此提升。曹瑜珊 (2009) 以下游製造商之角度，探討如何透過對上游企業進行信用擔保，與上游企業、銀行達成違約時之分攤機制，穩定上游供應商資金來源並降低上游供應商違約之風險與期待所帶來之損失。此研究藉由非線性規劃模型，考量供應商之違約機率、供應時可供貨比率、銀行財務議題等相關條件，以最小化成本決定最佳訂購量，製造商與銀行間之分攤比率及銀行之放款利率。許多開發中國家如越南、孟加拉、緬甸、印度等國家，其供應鏈特色與台灣相似：下游廠商為主導者，且上游企業為中小型企業，因此本研究將以下游觀點探討供應鏈融資議題。

信用交易雖然能延期付款 (Deferred Payment)，然而卻存在可能因為公司倒閉或違約而收不回帳款。在 Li, Zhen, and Cai (2014) 的研究，加入信用交易保險 (Trade Credit Insurance) 概念，以銀行為資金借方為領導者，提供借貸資金以及利率給貸方製造商其為一跟隨者，並且製造商除了給予下游零售商信用交易外，同時也為信用交易購買信用交易保險 (Trade Credit Insurance)。結果顯示，保險費率的提升才能夠使銀行要求的利率下降，另外因為信用交易保險，使風險中立的銀行與製造商將有雙贏於雙方利潤的結果。本研究將透過下游企業本身擁有監督、整合供應鏈之核心能耐，將以信用擔保方式對銀行融資。

在實務方面，物流金融對於許多銀行如法國巴黎銀行、美國花旗銀行等有盈餘上的重要貢獻 (董秋月，2009)。在中國，中國建設銀行與中國遠洋企業簽約，發展國際物流金融。除了企業與銀行的合作外，美國 UPS 企業更是垂直整合購併了美國第一國際銀行 (胡劍與李偉杰，2009)。透過以上實務現象於物流金融，鬆開法律政治等限制，信保機制為物流金融之其中一種方式呈現，其是可操作且有發展性的。李毅學、徐渝與馮耕中 (2007)，透過喜馬洋酒個案方式進行物流金融之研究，實務上，存在上游供應商為弱勢方之供應鏈結構。在許多第三世界國家，存在著純製造能力服務之家庭代工，並且這些供應商無能力接觸品牌廠商且無足夠能力提供品牌廠商所需的服務，僅能透過製造商 (或配銷商) 的下單，提供純粹的代工，對於製造商與供應商兩方而言，製造商相對於供應商，有比較強的議價能力。而透過信用擔保的製造商 (或配銷商)，以信用取代過去傳統以實體抵押品之保證，其信用在真實世界中確實是得以量化，品牌顧問對於品牌評價的過程及方法已獲得國際標準化組織 (International Standards Organization) 之認證，每年將世界各公司之品牌無形價值量化。

過去的研究中，Li et al. (2014) 與本研究皆是探討有關供應鏈成員資金缺乏議題，然而因商業環境之處境，供應鏈特色仍有些相似與相異之處。相同之處為資金借出者為銀行，並且對於貸方而言，因為貸方的政策工具而得以降低銀行資金借出風險，進而使銀行更有出借資金誘因。相異之處方面，Li et al. (2014) 是上游資金缺乏製造商與銀行間之互動，上游製造商因下游零售商存在未能還款情況下，進而以保險費率 (Premium Rate) 向保險公司買保險，而本研究是以下游製造商為觀點，與上游資金缺乏供應商互動，並且透過下游製造商以風險分攤方式進行信用保證，使銀行願意借資金予上游供應商。因此本研究透過供應鏈中製造商或配銷商與銀行間達成違約時債務分攤協議，建立一信保機制，並將供應鏈下游製造商視為大型廠商，上游供應商視為中小企業，以大型製造商作為信用擔保者，與銀行議定一使銀行滿意且有意願承作之放款利率與債務分攤比率，再以上游供應商做為訂單的接受者，製造商握有採購數量的權力，建構一領導者與追隨者利潤模型，最大化雙方自身利潤的目標下，求出雙方之最佳決策與利潤。最後提供實務上的管理意涵及建議，本研究可以提供供應鏈上、下游於實務上使用信用擔保模式決策時之參考依據，同時能直接使供應鏈雙方瞭解此運作模式之下該如何改善自我條件，以增進自身利潤與供應鏈總利潤，同時當供應鏈與銀行三方進行協商時，可以用分析結果作為協商依據。本文的結構首先是前言，接續是模型建立與求解，並呈現模型結果與數值分析，最後為結論與未來研究方向。

## 貳、模型建立與求解

### 一、模型情境說明

本研究將探討供應鏈資金融通議題，上游供應商為一資金缺乏中小企業，而為解決上游供應商信用額度不足無法接單的問題，我們參考信保基金模式，設計一信用擔保作業模式。藉由供應鏈中製造或配銷廠商的信用擔保機制，使這些廠商將訂單外包給上游供應商時，上游供應商能有資金生產與利潤償還貸款，再由製造或配銷廠商與銀行協議違約時債務分攤機制，保證銀行放款後的期望投資報酬，降低銀行的風險，提升銀行放款意願，進而使上游能夠接單製造且出貨給下游，建立一雙方極大化自身利潤下建立供應鏈採購模型，解決融資困境。信保機制主要包含供應鏈上、下游與銀行三方角色，其作業流程如圖 1 所示：

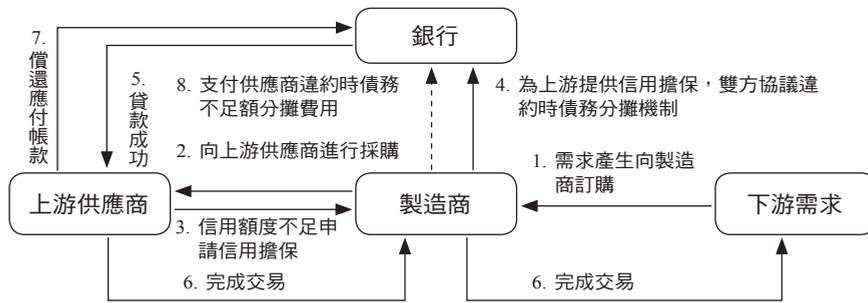


圖 1 信用擔保模式作業流程  
 (註：當供應商無法償還應付帳款時，製造商才需負擔債務分擔費用)

供應鏈中，製造商在取得下游的報價 ( $P_D$ ) 後，將此報價拆分，留下製造商自己所要賺取的部分，因此剩餘的部分製造商將會報價 ( $P_m$ ) 給上游企業，且報價至少要大於上游企業的單位成本 ( $P_v$ ) 使其有利可圖。在亞洲許多家庭代工有著供應商無議價能力之性質，提供純粹的代工，其無足夠能力跳過中間的製造商去服務下游（品牌商），因此，製造商將下一  $Q_m$  數量給供應商，而供應商將視本身的生產營運狀況，決定最佳生產量，使其決策結果為有利潤。

針對供應鏈三方在交易所面臨的物流與金流情境，分別以示意圖 2 與圖 3 表示。圖 2 為三方物流示意圖，下游產生需求後對製造商進行訂購，在其之後製造商向上游進行採購，供應商接收訂單後有一預計生產數量，但供應商存在違約情境，因此最後交貨數量在交易前仍未明朗，我們先以可供貨比率  $r$  表示，製造商拿到上游貨品後再達交給下游完成交易。

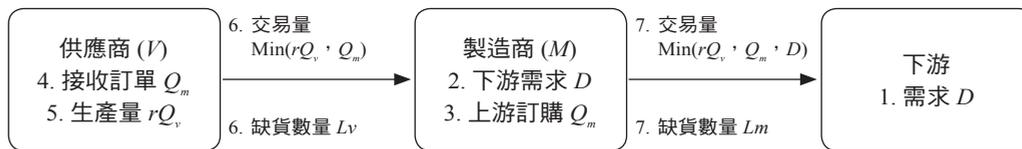


圖 2 供應鏈三方之物流示意圖

圖 3 為三方金流示意圖。上游供應商接收訂單後，會衡量自有資金計算出接單的資金缺口，這份資金缺口需有下游製造商的信用擔保下，才能獲得銀行的紓困，取得貸款  $\beta$ ，當供應商投入製造成本轉換成貨品後，便交付貨品給製造商。當製造商收到貨品後，會依據合約規定，依最終交易數量給付採購金額 ( $P_m \times$  交易量) 並同時扣除缺貨懲罰金額 ( $L_v$ )，供應商將所獲得之銷貨收入償還銀行貸款本利和

$(\beta \times (1+\theta))$ ，此時若遇到還款不足額時，製造商必須依照原先與銀行議定之債務分攤比率進行債務分攤（不足額  $\times \alpha$ ）。最後，製造商將採購的貨品銷售於下游需求，並依據合約規定，製造商將以最終交易數量獲得銷貨金額（ $P_D \times$  交易量）並同時扣除缺貨懲罰金額（ $L_m \times H_m$ ），此模式下每一方角色的金流動向示意於圖 3。

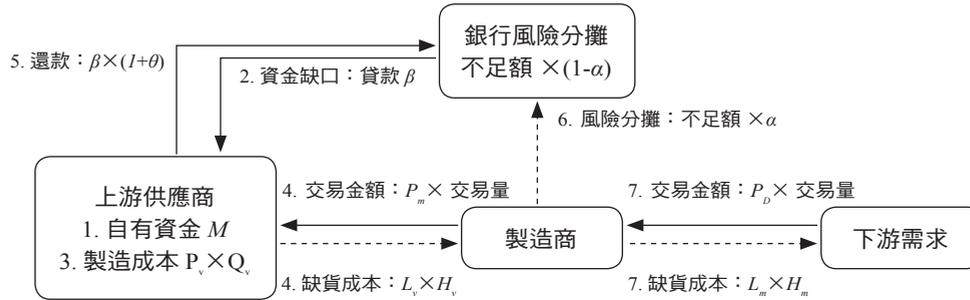


圖 3 供應鏈三方之金流示意圖

### (一) 基本假設

下游顧客需求量為已知且固定的，且製造商必須滿足下游顧客之需求，否則會面臨因無法滿足下游需求而產生缺貨的懲罰成本。下游需求採購價格優於製造商採購價格，且製造商對供應商採購價格高於供應商的製造價格，三方才有利可圖。

製造商為資金充裕之大型企業，因此當供應商違約無法償還貸款給銀行，製造商進行部分債務分攤將不至使自己破產。製造商未能售出採購量之產品其殘值為 0。製造商在與銀行議定分攤比率時，使銀行預期可回收的款項至少要大於無風險利率下回收的金額，如此銀行才願意加入信用擔保機制。

研究模型中設定上游為一中小企業供應商，在第三世界的商業世界中，往往是製造商才有能力取得零售商之訂單，並由製造商外包給供應商，依製造商需求，讓供應商做單純製造服務。供應商無法有自尋找買主能力，因此其所提供的顧客價值為僅單純提供製造商代工，另外再加上本身無資金優勢，不僅在作業流程上較無法能夠有所幫助，且需要製造商擔保以取得營運上所需要的資金，因此，這樣背景下的供應商，其是被動被製造商選定，而取得製造商之訂單，因此供應商為價格接受者，無議價能力。供應商是小廠商，製造商對於供應商的訂單數量一定會超過供應商的自有資金所能製造之數量，故接單後一定需要製造商的信用擔保以獲得融通資金來源。供應商現有可使用的資金，除了接單生產可能衍生利潤之外，並無其他投資機會，也無法存入銀行獲得利息收入。

當供應商未違約時，其預期可供貨比率為 1，而當供應商違約時，其預期可供貨比率為  $r_0$ ，即  $r = \begin{cases} 1, & \text{with probability } 1-\varepsilon \\ r_0, & \text{with probability } \varepsilon \end{cases}$  供應商之違約意指其於交貨期間因內外部因素，導致於無法達到原本預期生產的數量，但仍能交付預計生產量中的部分比率，而這比率即為違約時預期可供貨比率，此比率為可預知且固定的，其變動不會使違約率改變，現實情況決策者得以在敏感度分析探討預期可供貨比率之變動，對於決策者之影響，並且，即使以各種方式給供應商更多的資金也不見得能夠降低其違約率與預期可供貨比率。

供應商一旦接單生產，在各種情況下若沒有完整交付訂單數量，將面臨缺貨的懲罰成本；而其生產量超過製造商訂單之未售出產品，其殘值為 0。在供應商的立場下，製造商下一筆單以及給他產品報價，並檢視自己自有資金後，將與銀行借款補足到足夠生產的資金，因此供應商以期望自己能存活考量下，考慮銷貨收入、製造成本、缺貨懲罰成本、貸款成本計算自己的利潤，若利潤為負值，則不會接單生產。換句話說，若既使供應商因為違約破產後，而延伸出一不足額  $S$ ，其存在是因為製造商與銀行間協議之金額  $\alpha S$ ，對於已破產消失的供應商而言，無法獲得  $S$  實質的補助，因此，雖然製造商有考慮  $S$  於其利潤式，然而對於供應商為一跟隨者而言，其考慮自身利潤，不會因為  $S$  造成製造商利潤減少而因此使自身的利潤增加，因此在供應商不會將  $S$  加入其利潤式考量，若供應商破產後，公司即消滅，資產歸零及止。

銀行根據供應商所收到的訂單提供貸款，其貸款成數在一個規定的範圍之中，不得超過上限。無風險市場利率可從市場取得，銀行給供應商的放款利率必高於市場無風險利率。上游供應商、製造商與銀行之間資訊透明且對稱，亦即供應商之違約機率、違約時的可供貨比率均可預估且為固定的，因此銀行可根據上游供應商之預期違約機率、預期可供貨比率與製造商協商，議定一雙方認同的放款利率與風險分攤比率。供應鏈上下游與銀行皆為風險中立者，故最適決策均依照期望報酬而定。

(二) 符號說明

表 1 符號說明

決策變數		
立場	符號	說明
製造商 (Leader)	$Q_m$	製造商 (M) 向上游供應商之最佳訂購量，在領導者的模式下則視為一決策變數，被供應商視為給定的變數
供應商 (Follower)	$Q_v$	供應商 (V) 接獲訂單後之最佳生產量
衍生變數		
立場	符號	說明
製造商 (Leader)	$L_m$	製造商未滿足下游需求產生之缺貨數量 (Lost sale)。
	$S$	供應商違約時將銷貨收入清償債務後不足金額。
	$\pi_m$	製造商利潤
	$\alpha$	當供應商違約時，製造商的風險分攤比率， $0 \leq \alpha \leq 1$
供應商 (Follower)	$L_v$	供應商為滿足製造商需求產生之缺貨數量 (Lost sale)。
	$\beta$	供應商向銀行借款總額
	$\pi_v$	供應商利潤
	$Q_\beta$	供應商可貸資金產能上限
參數		
符號	說明	參數限制
$D$	下游總需求量	$D > 0$
$P_D$	下游 (D) 對製造商的單位購買價格	$P_D > P_m > P_v > 0$
$P_m$	製造商 (M) 對供應商的單位購買價格	
$P_v$	供應商 (V) 單位製造成本	
$H_m$	製造商 (M) 因缺貨 (lost sale) 給付下游需求的懲罰價格	$H_m > 0$
$H_v$	供應商 (V) 因缺貨 (lost sale) 給付製造商的懲罰價格	$H_v > 0$
$r$	當供應商違約後，預期的可供貨比率	$0 \leq r \leq 1$
$\varepsilon$	預期供應商之違約機率	$0 \leq \varepsilon \leq 1$
$Q_c$	上游供應商的產能上限	
$M$	供應商現有可運用之資金	
$\theta_{max}$	政府法規下，銀行放款利率上限	
$\theta_r$	市場上無風險利率	
$\theta$	銀行放款給供應商利率	$\theta_r \leq \theta \leq \theta_{max}$
$B$	銀行提供貸款成數上限	$0 \leq B \leq 1$
$Q_\beta$	供應商可貸資金產能上限	
$D$	下游總需求量	$D > 0$

銀行放款利率  $\theta$  與製造商分攤比率  $\alpha$  間之關係，本研究根據 Oliver, Fumas, and Saurina (2006) 使用之 Marginal cost of a loan (MCL) 概念建立銀行貸款利率模型。

令  $L$  為當供應商違約時銀行之預期損失比率，該研究假設供應商發生違約時，製造商因連帶信用擔保而與銀行產生債務債權關係，對銀行債權人而言，放款的  $\alpha$  部分由製造商進行擔保，製造商優先償付此一部分債務，而製造商對於供應商的應付帳款為債務清償的第二順位，是故直觀上銀行之預期損失比率即為其所需分攤之部分即  $L = 1 - \alpha$ ，假設總貸款金額  $\beta$ ，而銀行風險分攤下的預期報酬率必須高於無風險利率，我們以  $\theta_f$  表示，故可以列出銀行之預期報酬率以算式 (1) 表示：

$$\begin{aligned}
 (1-\varepsilon) \times \beta \times (1+\theta) + \varepsilon \times \beta (1+\theta) \times (1-L) &= \beta \times (1+\theta_f) \\
 (1-\varepsilon) \times (1+\theta) + \varepsilon \times (1+\theta) \times (1-L) &= 1+\theta_f \\
 (1+\theta) \times [1-\varepsilon + \varepsilon \times (1-L)] &= 1+\theta_f \\
 (1+\theta) \times [1-\varepsilon + \varepsilon \times \alpha] &= 1+\theta_f \\
 \theta &= \frac{1+\theta_f}{1-\varepsilon + \varepsilon \times \alpha} - 1
 \end{aligned} \tag{1}$$

由於銀行對於供應商的放款利率  $\theta$  受違約機率  $\varepsilon$  與分攤比率  $\alpha$  影響， $\alpha$  是製造商與銀行間協商後產生的結果， $\varepsilon$  是根據銀行與製造商過去的商業紀錄而共同決定的，故對於上游供應商而言，放款利率  $\theta$  為外生給定參數，而對於製造商而言，分攤比率  $\alpha$  亦受違約機率  $\varepsilon$  影響，因此在與銀行協商的情況下，分攤比率  $\alpha$  亦視為外生給定參數。因此當其他條件不變下，供應商違約機率增加使銀行借款風險增加時，銀行將與製造商協商利率增加或提高製造商的風險分攤比率，以分攤銀行風險。此外，為確保銀行能加入信保機制，銀行將著重於確定的利息利潤，在敏感度分析將設定放款利率  $\theta$  為最大值，並得以使製造商與銀行在談判決定分攤比率  $\alpha$  時，使製造商之決策者了解要邀請銀行借款給供應商之最低分攤比率  $\alpha$  底線，方能建立信保機制運作。

此外，銀行提供之放款利率與無風險利率在一般情況下，需要考量銀行放款利率必須大於無風險利率，且低於法令所規定之為高放款利率，故得

$$\theta_f \leq \theta \leq \theta_{\max} \tag{2}$$

(三) 追隨者模式下(上游供應商)利潤模型

1. 上游供應商目標式

由於本模式之下，供應商有一預期固定的違約機率  $\varepsilon$ ，而違約時可供貨比例  $r$ ，因此本模式以最大化供應商之利潤為目標，並利用期望值的觀念，分別計算供應商未違約與違約兩種情境下之利潤，將各利潤乘以相對應之機率，並求其最大值，如算式(3)：

$$\begin{aligned} \text{最大化供應商之期望利潤} &= \text{預期供應商未違約機率} \times \text{供應商未違約時之利潤} \\ &+ \text{預期供應商違約機率} \times \text{供應商違約時之利潤} \end{aligned} \quad (3)$$

上游供應商為一子系統，一開始擁有自有資金  $M$ ，並擁有技術接單生產，目標式為最大化接單的利潤，而牽涉到供應商的现金流共有四項：銷貨收入、製造成本、貸款成本、缺貨的懲罰成本。供應商未違約時能順利生產預定的  $Q_v$  數量，而在違約時能生產  $r \times Q_v$  數量。因此我們先以  $r \times Q_v$  表示最終供應商生產數量，其中  $r$  為預期可供貨比率。供應商供貨  $r \times Q_v$  情況下，其一般利潤式如算式(4)表示，換句話說，

$$\begin{aligned} \text{供應商供貨 } r \times Q_v \text{ 的利潤} &= \text{銷貨收入} - \text{製造成本} - \text{缺貨懲罰成本} - \text{貸款成本} \\ &= P_m \times \text{Min}(r \times Q_v, Q_m) - P_v \times Q_v - L_v \times H_v - \beta \times \theta \\ &= P_m \times \text{Min}(r \times Q_v, Q_m) - P_v \times Q_v - \text{Max}(Q_m - r \times Q_v, 0) \times H_v - \beta \times \theta \end{aligned} \quad (4)$$

考慮預期違約機率，供應商之期望利潤以算式(5)表示，當供應商未發生違約時，亦即供貨 100% 或  $r = 1$ ，其機率為  $1 - \varepsilon$ ；當供應商發生違約時，亦即預期可供貨比率  $r$ ，其機率為  $\varepsilon$ 。

$$\begin{aligned} (1-\varepsilon) \times [P_m \times \text{Min}(Q_v, Q_m) - P_v \times Q_v - \text{Max}(Q_m - Q_v, 0) \times H_v - \beta \times \theta] &+ \varepsilon \times [P_m \times \text{Min}(r \times Q_v, \\ Q_m) - P_v \times Q_v - \text{Max}(Q_m - r \times Q_v, 0) \times H_v - \beta \times \theta] \end{aligned} \quad (5)$$

2. 上游供應商限制式

$$(1) \text{ 供應商的產能限制：} 0 \leq Q_v \leq Q_c \quad (6)$$

$$(2) \text{ 滿足供應商貸款限制：供應商需貸款以滿足所需製造成本，因此，若供應商不接單生產，則借款 } \beta = 0 \text{，而供應商接單生產 } Q_v \text{ 單位，則借款 } \beta = P_v \times Q_v - M \quad (7)$$

- (3) 銀行給與供應商可貸資金的限制： $0 \leq \beta \leq P_v \times Q_v \times B$ ，將算式 (7) 帶入，並整理獲得以下限制條件：
$$\frac{M}{P_v} \leq Q_v \leq \frac{M}{P_v \times (1-B)}$$

若供應商需要銀行的資金協助下，我們以符號  $Q_\beta$  表示銀行可貸資金的限制造成供應商產能的上限，以  $Q_{\beta=0}$  表示供應商靠自有資金所能生產之數量；然而若供應商不生產則  $Q_v$  下界為 0。故在銀行給與供應商協助下，可得  $Q_{\beta=0} \leq Q_v \leq Q_\beta$ 。 (8)

$$\text{其中 } Q_\beta = \frac{M}{P_v \times (1-B)} \quad (9)$$

$$Q_{\beta=0} = \frac{M}{P_v} \quad (10)$$

#### (四) 領導者模式下 (下游製造商) 利潤模型

##### 1. 製造商目標式

本模式以最大化製造商之期望利潤為目標，由於本模式之下，供應商有一預期固定的違約機率  $\varepsilon$ ，而違約時可供貨比例  $r$ ，將影響製造商的利潤，我們透過逆向歸納法，將追隨者上游供應商的均衡解分別帶入領導者在兩種情境下的利潤式，利用期望值的觀念，將各利潤乘以相對應之機率，並求其最大值，如算式 (11)：

$$\text{最大化製造商之期望利潤} = \text{預期供應商未違約機率} \times \text{供應商未違約時製造商所獲得之利潤} + \text{預期供應商違約機率} \times \text{供應商違約時製造商所獲得之利潤} \quad (11)$$

製造商為一子系統，除了向上游供應鏈採購將貨品銷售給下游之外，還需作為上游供應商的連帶信用保證，因此當上游供應商違約後導致無法獨力償還銀行債務時，製造商需針對供應商不足額的部分與銀行共同議定債務分攤比率，因此本模式以最大化領導者製造商利潤為目標，而牽涉到製造商的金流共有五項：銷貨收入為  $P_D \times \text{Min}(r \times Q_v, Q_m, D)$ ；對於採購成本方面，製造商採購成本為  $P_m \times \text{Min}(r \times Q_v, Q_m)$ ；而上游供應商缺貨行為使製造商能有一收入，製造商可以獲得上游缺貨懲罰收入為  $L_v \times H_v$  或  $\text{Max}(Q_m - r \times Q_v, 0) \times H_v$ ；然而製造商對下游需求缺貨也需要付出懲罰成本，在製造商與下游需求的契約中議定，製造商面臨每單位  $H_m$  的缺貨懲罰成本，其中未能滿足下游需求  $D$  的數量即  $\text{Max}(D - r \times Q_v, 0)$ ，或以缺貨數量  $L_m$  表示之，故製造商缺貨時的懲罰成本為  $L_m \times H_m$  或  $\text{Max}(D - r \times Q_v, 0) \times H_m$ 。與銀行方面，發生不

足額時需要風險分攤，當供應商違約時，可能導致銷貨金額太低以至於無法獨力償還債務，因此供應商償還銀行債權後的不足額，我們以  $S$  表示，而製造商與銀行的協商中，製造商需分攤  $\alpha$  部分，因此製造商的分攤金額為  $\alpha \times S$ 。

在製造商採購  $r \times Q_v$  單位的情況下，其一般利潤式如算式 (12) 表示，換句話說，製造商採購  $r \times Q_v$  的利潤 = 銷貨收入 - 採購成本 + 供應商缺貨懲罰收入 - 缺貨懲罰成本 - 不足額風險分攤

$$\begin{aligned}
 &= P_D \times \text{Min}(r \times Q_v, Q_m, D) - P_m \times \text{Min}(r \times Q_v, Q_m) + L_v \times H_v - L_m \times H_m - \alpha \times S \\
 &= P_D \times \text{Min}(r \times Q_v, Q_m, D) - P_m \times \text{Min}(r \times Q_v, Q_m) + \text{Max}(Q_m - r \times Q_v, 0) \times H_v \\
 &\quad - \text{Max}(D - r \times Q_v, 0) \times H_m - \alpha \times S
 \end{aligned} \tag{12}$$

考慮供應商違約機率下，製造商之期望利潤，以算式 (13) 表示。

$$\begin{aligned}
 &(1-\varepsilon) \times [P_D \times \text{Min}(Q_v, Q_m, D) - P_m \times \text{Min}(Q_v, Q_m) + \text{Max}(Q_m - Q_v, 0) \times H_v \\
 &\quad - \text{Max}(D - Q_v, 0) \times H_m] + \varepsilon \times [P_D \times \text{Min}(r \times Q_v, Q_m, D) - P_m \times \text{Min}(r \times Q_v, Q_m) \\
 &\quad + \text{Max}(Q_m - r \times Q_v, 0) \times H_v - \text{Max}(D - r \times Q_v, 0) \times H_m - \alpha \times S]
 \end{aligned} \tag{13}$$

## 2. 製造商限制式

- (1) 採購數量與下游需求  $D$  的關係：製造商預期供應商有缺貨風險，而採購數量不足需給下游懲罰成本，因此會採購一大於需求  $D$  的數量，雖然未違約時多採購一單位可能無法售出，但當上游違約時也可以獲得較多數量達交給下游，減少缺貨懲罰成本，因此  $Q_m \geq D$ 。但基於超過需求的數量將因無法售出殘值為 0，故製造商多採購時，也會使違約時的採購量不大於需求數量，即  $r \times Q_m \leq D$ ，與上列式子合併如下：

$$r \times Q_m \leq D \leq Q_m \text{ 亦或 } D \leq Q_m \leq \frac{D}{r} \tag{14}$$

- (2) 供應商違約後清償銀行的不足金額：回到追隨者上游供應商的模型，將供應商視為一子系統，原有自有資金  $M$ ，製造  $Q_v$  單位付出  $P_v \times Q_v$  製造成本，需向銀行貸款  $\beta$  以滿足資金缺口如算式 (7)，並可以從交易中獲得利潤  $\pi_v$  如算式 (4)，因此當  $M + \pi_v < 0$  時產生不足額，不足額  $S = |\text{Min}(M + \pi_v, 0)|$ ，以下討論供應商未違約與違約時兩種情境的不足額  $S$ 。

- A. 供應商未違約時：因準時達交，供應商接單利潤大於 0，故  $M + \pi_v > 0$ ，即供應商可獨力完成清償債務，故  $S = |\text{Min}(M + \pi_v, 0)| = 0$ 。

- B. 供應商違約時：製造商考慮最差情況下，當銷貨收入扣掉缺貨懲罰成本之後，剩餘資金太低以至於無法獨立清償銀行債務，此時產生債務清償缺口，不足額  $S = \text{銷貨金額} - \text{缺貨懲罰成本} - \text{還款本利}$  和小於 0，即

$$(P_m \times r \times Q_v - L_v \times H_v) - \beta(1 + \theta) < 0, \text{ 亦為 } [r \times (P_m + H_v) - P_v \times (1 + \theta)] \times Q_v - Q_m \times H_v + M \times (1 + \theta) < 0, \text{ 不足額 } S = |\text{Min}(M + \pi_v, 0)| = Q_m \times H_v - M \times (1 + \theta) - [r \times (P_m + H_v) - P_v \times (1 + \theta)] \times Q_v \quad (15)$$

之後將在領導者均衡之情境 A 與情境 B 更完整討論  $S = 0$  與  $S > 0$  下製造商之處理。

## 二、求解均衡

本模型架構在 Stackelberg Game 領導者與追隨者之賽局 (Leader-follower Game)，將上游小型供應商視為追隨者，大型製造商視為領導者，採取逆向歸納法 (Backward Induction) 的方式，先找出追隨者之均衡解，將結果帶入領導者的目標式後求出各種情況下雙方均衡解。

### (一) 上游供應商 (追隨者) 均衡解

#### 1. 目標式中衍生變數的簡化

##### (1) 供應商生產數量與製造商訂單數量比較

在算式 (4) 最大化供應商期望利潤式中，雙方交易數量  $\text{Min}(r \times Q_v, Q_m)$  與缺貨數量  $\text{Max}(Q_m - r \times Q_v, 0)$  並不是一可直接運算之函數，因此我們將供應商利潤式分成兩種情況討論 (1) 情境 1：生產數量不大於訂單數量  $Q_v \leq Q_m$  (2) 情境 2：生產數量大於等於訂單數量並在違約時的供貨量小於等於訂單數量，即  $r \times Q_v \leq Q_m$ ，得  $Q_m \leq Q_v \leq \frac{Q_m}{r}$ 。

##### (2) 分段函數下供應商的缺貨數量 $\text{Max}(Q_m - r \times Q_v, 0)$ ，及供應商給予製造商的交易數量 $\text{Min}(r \times Q_v, Q_m)$ 。

供應商的缺貨數量  $L_v = \text{Max}(Q_m - r \times Q_v, 0)$ ，以下針對兩個 Case 進行分段討論：

表 2 分段討論供應商與製造商的交易數量與缺貨數量

生產量與訂單比較	衍生變數	未違約時 ( $r = 1$ )	違約時 (供貨 $r$ )
情境 1 $r \times Q_v \leq Q_m$	交易量 缺貨量 $L_v$	$Q_v$ $Q_m - Q_v$	$r \times Q_v$ $Q_m - r \times Q_v$
情境 2 $r \times Q_v \leq Q_m \leq Q_v$	交易量 缺貨量 $L_v$	$Q_m$ 0	$r \times Q_v$ $Q_m - r \times Q_v$

- (3) 供應商利潤式簡化：從以上分段討論對衍生變數的簡化，加上限制式 (7) 我們簡化供應商利潤式 (5)，分別在 (1) 情境 1 (2) 情境 2 的情況討論利潤式的簡化。在 (1) 情境 1：生產數量不大於訂單數量下，最大化供應商的期望利潤＝

$$[(1-\varepsilon+\varepsilon \times r) \times (P_m + H_v) - P_v \times (1+\theta)] \times Q_v - Q_m \times H_v + M \times \theta \quad (16)$$

在 (2) 情境 2：生產數量大於等於訂單數量下，最大化供應商的期望利潤＝

$$[\varepsilon \times r \times (P_m + H_v) - P_v \times (1+\theta)] \times Q_v + [(1-\varepsilon) \times P_m - \varepsilon \times H_v] \times Q_m + M \times \theta \quad (17)$$

綜合以上討論，以下為追隨者利潤模型：

$$\text{Max } \pi_v$$

Subject to

$$\pi_v = \text{Max}(Y, 0), \text{ 即 } \pi_v \geq Y, \pi_v \geq 0, Y \text{ 為供應商之利潤}$$

$$\text{若情境 1}(r \times Q_v \leq Q_v \leq Q_m) \text{ 之下，則供應商之利潤 } Y = [(1-\varepsilon+\varepsilon \times r) \times (P_m + H_v) - P_v \times (1+\theta)] \times Q_v - Q_m \times H_v + M \times \theta$$

$$\text{若情境 2}(r \times Q_v \leq Q_m \leq Q_v) \text{ 之下，則供應商之利潤 } Y = [\varepsilon \times r \times (P_m + H_v) - P_v \times (1+\theta)] \times Q_v + [(1-\varepsilon) \times P_m - \varepsilon \times H_v] \times Q_m + M \times \theta$$

$$0 \leq Q_v \leq Q_c \quad (6)$$

$$Q_\beta = 0 \leq Q_v \leq Q_\beta \quad (8)$$

$$Q_\beta = \frac{M}{P_v \times (1-B)} \quad (9)$$

$$Q_{\beta=0} = \frac{M}{P_v} \quad (10)$$

## 2. 各種情況下供應商之均衡解

供應商確定生產後，將面臨情境 1 與情境 2 情況，並根據其利潤式斜率，探討各種情況的生產均衡解，整理如表 3。製造商向供應商進行採購，訂單數量  $Q_m$ ，並在契約中約定供應商未能達交需支付缺貨成本，而供應商有預期的違約機率與違約時可供貨比率，因此供應商先決定是否接單，再決定接單後的最佳生產量。在供應商資金缺乏議題下，當供應商有利可圖決定生產時，貸款金額為正，而當供應商不進行生產時，貸款資金為零。

表 3 供應商各種情況下之均衡解

目標式函數圖形	均衡	$Q_v$	貸款金額	交易量	缺貨數量
<p>Y (供應商利潤)</p>	—	0	0	0	0
<p>Y (供應商利潤)</p>	=	$\frac{Q_m}{r}$	$P_v \times \frac{Q_m}{r} - M$	$Q_m$	0
<p>Y (供應商利潤)</p>	≡	$Q_c$ 或 $Q_\beta$	$P_v \times Q_k - M$	$r \times Q_k$	$Q_m - r \times Q_k$
<p>Y (供應商利潤)</p>	四	$Q_m$	$P_v \times Q_m - M$	$r \times Q_m$	$Q_m - r \times Q_m$
<p>Y (供應商利潤)</p>	五	$Q_c$ 或 $Q_\beta$	$P_v \times Q_k - M$	$r \times Q_m$	$Q_m - r \times Q_k$

(1) 情境 1

若供應商生產量不大於訂單數量時，其利潤式斜率  $(1-\varepsilon+\varepsilon \times r) \times (P_m+H_v)-P_v \times (1+\theta)$ ，其中  $P_m$  為銷售一單位所獲得的邊際收入， $H_v$  為銷售一單位所減少的懲罰成本， $(1-\varepsilon+\varepsilon \times r)$  可解釋為供應商的 Fulfillment rate 即訂單滿足率的期望值，因此接單後，預計生產一單位貨品所獲得的收入即為  $(1-\varepsilon+\varepsilon \times r) \times (P_m+H_v)$ 。而  $P_v \times (1+\theta)$  則為每一單位的生產成本加上舉債的資金成

本，即預計生產一單位的邊際成本，兩項相減即可獲得供應商生產每單位的邊際利潤，由於此斜率可能為正可能為負，我們分成兩種情況進行討論。

A. 情境 1 利潤式負斜率

在情境 1 利潤式負斜率情況時，利潤式斜率  $(1-\varepsilon+\varepsilon \times r) \times (P_m+H_v)-P_v \times (1+\theta)$  小於零時，每生產一單位的產品對利潤會有負向的影響，此情況下獲得均衡解一，其生產量均衡解  $Q_v = 0$ ，缺貨數量  $L_v = 0$ ，貸款金額  $\beta = 0$ ，利潤  $\pi_v = 0$ 。

B. 情境 1 利潤式正斜率

在情境 1 利潤式正斜率情況時，利潤式斜率  $(1-\varepsilon+\varepsilon \times r) \times (P_m+H_v)-P_v \times (1+\theta)$  大於零時，每生產一單位的產品，有正的邊際收入，因此可考慮是否接單，並且接單條件視  $Y$  來決定是否接單。若  $Y > 0$  時，此時  $\pi_v = \text{Max}(Y, 0) = Y > 0$ ，供應商接單；若  $Y \leq 0$  時，此時  $\pi_v = \text{Max}(Y, 0) = 0$ ，供應商不接單。已知  $Y(Q_v) = [(1-\varepsilon+\varepsilon \times r) \times (P_m+H_v)-P_v \times (1+\theta)] \times Q_v - Q_m \times H_v + M \times \theta$ ，接單成立下，整理得

$$Q_v > \frac{Q_m \times H_v + M \times \theta}{(1-\varepsilon+\varepsilon \times r) \times (P_m+H_v)-P_v \times (1+\theta)} = Q_{\min} \quad (18)$$

$Q_{\min}$  表示供應商能夠獲利下，其最低製造量，因此若供應商製造數量小於  $Q_{\min}$  則代表供應商利潤為負值，而供應商會選擇不接單生產。因此製造商將要下單大於  $Q_{\min}$ ，方有機會讓供應商接單生產。

因此供應商加入一接單條件： $Q_v > Q_{\min}$ ，在情境 1 正斜率之下，供應商接單生產數量越多越好，但不得超過其上限  $Q_m$ ，而超過  $Q_m$  數量的利潤式，則必須以情境 2 的利潤式進行討論。

(2) 情境 2

在情境 2 下，利潤式斜率是  $\varepsilon \times r \times (P_m+H_v)-P_v \times (1+\theta)$ ，其中  $\varepsilon \times r \times (P_m+H_v)$  為預計多生產一單位的貨品，當違約發生時（機率  $\varepsilon$ ），可以多提供  $r$  比率的貨品，並獲得  $(P_m+H_v)$  的邊際收入，而邊際成本仍為  $P_v \times (1+\theta)$ ，兩項相減後即為超過訂單的部分，每多生產一單位貨品可帶來的期望利潤，斜率可能正或可能負，因此分為兩種情況討論。

A. 情境 2 利潤式正斜率

若製造商給予供應商的購買價格  $P_m$  與懲罰價格  $H_v$  相當高，使得超過訂單數量的邊際利潤仍然為正，則預期生產量越大越好，但仍不可高過情境 2 條件的上限  $\frac{Q_m}{r}$ 。然而受限於產能限制與可貸資金限制，最佳生產量為  $\text{Min}(\frac{Q_m}{r}, Q_c, Q_\beta)$ ，唯此數量仍需大於  $Q_{\beta=0}$  與  $Q_{\min}$ ，對供應商才

有正利潤可圖。因此，最佳生產量小於  $Q_{\beta=0}$  與  $Q_{min}$  則在均衡一不生產；最佳生產量大於  $Q_{\beta=0}$  與  $Q_{min}$ ，則生產均衡二  $\frac{Q_m}{r}$ ，亦或均衡三  $Q_c$  或  $Q_\beta$ 。

#### B. 情境 2 利潤式負斜率

在一般的情況下，製造商給供應商的購買價格  $P_m$  與懲罰價格  $H_v$ ，使得超過訂單數量  $Q_m$  的邊際利潤  $\varepsilon \times r \times (P_m + H_v) - P_v \times (1 + \theta)$  小於零，此時最佳生產量為  $Q_m$ ，同樣受限於產能限制與可貸資金限制，最佳生產量為  $Min(Q_m, Q_c, Q_\beta)$ ，唯此數量仍需大於  $Q_{\beta=0}$  與  $Q_{min}$ ，對供應商才有正利潤可圖。因此，最佳生產量小於  $Q_{\beta=0}$  與  $Q_{min}$  則在均衡一不生產；最佳生產量大於  $Q_{\beta=0}$  或  $Q_{min}$ ，則生產均衡四  $Q_m$ ，亦或均衡五  $Q_c$  或  $Q_\beta$ 。

從供應商在兩種 Case 下的利潤式斜率，以及產能、可貸資金、最小所需生產數量的條件限制，可以得到不同的均衡解，故經本研究整理後，將供應商之均衡解區分為五種，並於表 3 中列出各種均衡下供應商的生產量與貸款金額，包含未違約時與違約時，雙方交易數量與缺貨數量。其中均衡解二與四之中，由於供應商之最佳生產量為  $Q_c$  與  $Q_\beta$ ，此二數量均為外生給定參數，之後帶入製造商（領導者）利潤模型後計算結果相同，故合併以  $Q_k$  表示，方便計算。

### （二）領導者均衡解

根據逆向歸納法，我們必須將上一層追隨者的解（表 3）帶入領導者利潤式，而在不同的參數結構設計下，供應商可能面臨情境 A 無不足額或是情境 B 存在償債不足額。

#### 1. 情境 A 供應商違約下仍然可獨力償還債務， $S = 0$

$$\begin{aligned} & \text{Max } \pi_m \\ & Q_m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \pi_m = & (1-\varepsilon) \times [P_D \times Min(Q_v, Q_m, D) - P_m \times Min(Q_v, Q_m) + Max(Q_m - Q_v, 0) \times H_v \\ & - Max(D - Q_v, 0) \times H_m] + \varepsilon \times [P_D \times Min(r \times Q_v, Q_m, D) - P_m \times Min(r \times Q_v, Q_m) \\ & + Max(Q_m - r \times Q_v, 0) \times H_v - Max(D - r \times Q_v, 0) \times H_m] \end{aligned} \quad (19)$$

Subject to

$$D \leq Q_m \leq \frac{D}{r} \quad (14)$$

2. 情境 B 供應商違約時有不足額 S 需由製造商部分分攤

$$\begin{aligned} & \text{Max } \pi_m \\ & Q_m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \pi_m = & (1-\varepsilon) \times [P_D \times \text{Min}(Q_v, Q_m, D) - P_m \times \text{Min}(Q_v, Q_m)] + \text{Max}(Q_m - Q_v, 0) \times H_v \\ & - \text{Max}(D - Q_v, 0) \times H_m] + \varepsilon \times [P_D \times \text{Min}(r \times Q_v, Q_m, D) - P_m \times \text{Min}(r \times Q_v, Q_m) \\ & + \text{Max}(Q_m - r \times Q_v, 0) \times H_v - \text{Max}(D - r \times Q_v, 0) \times H_m - \alpha \times S] \end{aligned} \quad (20)$$

Subject to

$$D \leq Q_m \leq \frac{D}{r} \quad (14)$$

$$S = Q_m \times H_v - M \times (1 + \theta) - [r \times (P_m + H_v) - P_v \times (1 + \theta)] \times Q_v \quad (15)$$

3. 追隨者均衡下之領導者均衡

(1) 均衡解一

在均衡解一之下，供應商不接單，製造商亦無法完成交易，此時製造商無最適訂單決策，亦無不足額之分攤，無情境 A、B 之分，其交易結果如下表 4。

表 4 製造商均衡解一之交易結果

	與供應商交易量 $\text{Min}(rQ_v, Q_m)$	$L_v$	與下游交易量 $\text{Min}(rQ_v, Q_m, D)$	$L_m$	S
$1-\varepsilon$	0	0	0	D	0
$\varepsilon$	0	0	0	D	0

(2) 均衡解二

在均衡解二之下，供應商接單且預計生產至最高水準  $\frac{Q_m}{r}$ ，其中未違約時生產  $\frac{Q_m}{r}$ ，違約時生產  $Q_m$ 。由於兩種情境下都有相同的銷貨收入與其他相同的成本結構，因此供應商即使違約時仍能獨立償還債務，故  $S = 0$ 。製造商利潤式無情境 A、B 之分，其交易結果如表 5。

表 5 製造商均衡解二之交易結果

	與供應商交易量 $Min(rQ_v, Q_m)$	$L_v$	與下游交易量 $Min(rQ_v, Q_m, D)$	$L_m$	S
$1-\varepsilon$	$Q_m$	0	$D$	0	0
$\varepsilon$	$Q_m$	0	$D$	0	0

$$\begin{aligned} \pi_m &= (1-\varepsilon) \times [P_D \times D - P_m \times Q_m + 0 \times H_v - 0 \times H_m] + \varepsilon \times [P_D \times D - P_m \times Q_m + 0 \times H_v - 0 \times H_m] \\ &= P_D \times D - P_m \times Q_m \end{aligned} \quad (21)$$

在均衡解二之下，製造商之邊際利潤為  $-P_m$  小於零，表示多採購一單位的貨品將因無法出售給下游而殘值為 0，故採購量越低越好，故最佳採購量取  $Q_m$  之最小值  $D$ 。

(3) 均衡解三

在均衡解三之下，供應商接單且預計生產至  $Q_v = Q_c$  或  $Q_\beta$  時（以下將以  $Q_k$  表示），其中未違約時生產  $Q_k$ ，違約時生產  $r \times Q_k$ 。已知  $r \times Q_k \leq Q_m \leq Q_k$ ，且本模式下  $r \times Q_m \leq D \leq Q_m \leq \frac{D}{r} \leq \frac{Q_m}{r}$ ，故此均衡之交易結果如下表 6（假設  $r \times Q_k < D$ ）。

表 6 製造商均衡解三之交易結果

	與供應商交易量 $Min(rQ_v, Q_m)$	$L_v$	與下游交易量 $Min(rQ_v, Q_m, D)$	$L_m$	S
$1-\varepsilon$	$Q_m$	0	$D$	0	0
$\varepsilon$	$r \times Q_k$	$Q_m - r \times Q_k$	$r \times Q_k$	$D - r \times Q_k$	情境 AB

製造商面臨不足額存在的可能性，因此在情境 A 與 B 兩種情況，存在不同決策。

A. 均衡解三 A（不足額  $S = 0$ ）

$$\begin{aligned} \pi_m &= (1-\varepsilon) \times [P_D \times D - P_m \times Q_m + 0 \times H_v - 0 \times H_m] \\ &\quad + \varepsilon \times [P_D \times r \times Q_k - P_m \times r \times Q_k + (Q_m - r \times Q_k) \times H_v - (D - r \times Q_k) \times H_m] \\ &= [\varepsilon \times H_v - (1-\varepsilon) \times P_m] \times Q_m + \varepsilon \times r \times (P_D - P_m - H_v + H_m) \\ &\quad \times Q_k + [(1-\varepsilon) \times P_D - \varepsilon \times H_m] \times D \end{aligned} \quad (22)$$

(A) 均衡解三 A minus (3A-)

若  $Q_m$  邊際利潤為負時，利潤最大即取  $Q_m$  越小越好，故取  $Q_m$  之最小值  $D$ 。

(B) 均衡解三 A plus (3A+)

若  $Q_m$  邊際利潤為正時，利潤最大即取  $Q_m$  越大越好，但需滿足以下二條件：

$$\text{條件一：} D \leq Q_m \leq \frac{D}{r} \tag{14}$$

條件二：製造商提高訂單採購量仍需使供應商利潤大於等於零，將  $Q_v = Q_k$  帶入算式 (17) 得：

$$Y(Q_m) = [\varepsilon \times r \times (P_m + H_v) - P_v \times (1 + \theta)] \times Q_k + [(1 - \varepsilon) \times P_m - \varepsilon \times H_v] \times Q_m + M \times \theta \geq 0$$

移項後將  $Q_m$  放右邊，其他數放左邊，整理得：

$$Q_m \leq \frac{[\varepsilon \times r \times (P_m + H_v) - P_v \times (1 + \theta)] \times Q_k + M \times \theta}{\varepsilon \times H_v - (1 - \varepsilon) \times P_m} = Q_{\max 1} \tag{23}$$

均衡解取  $Q_m$  越大越好，均衡解為  $\text{Min}(\frac{D}{r}, Q_{\max 1})$ 。

B. 均衡解三 B (存在不足額 S)

$$\begin{aligned} \pi_m = & [\varepsilon \times H_v - (1 - \varepsilon) \times P_m] \times Q_m + \varepsilon \times r \times (P_D - P_m - H_v + H_m) \times Q_k + [(1 - \varepsilon) \times P_D - \varepsilon \times H_m] \\ & \times D - \varepsilon \times \alpha \times \{Q_m \times H_v - M \times (1 + \theta) - [r \times (P_m + H_v) - P_v \times (1 + \theta)] \times Q_k\} \end{aligned} \tag{24}$$

$$\frac{d\pi_m}{dQ_m} = \varepsilon \times H_v - (1 - \varepsilon) \times P_m - \varepsilon \times \alpha \times H_v = \varepsilon \times (1 - \alpha) \times H_v - (1 - \varepsilon) \times P_m < 0 \tag{25}$$

(A) 均衡解三 B minus (3B-)：若邊際利潤為負時，利潤最大即取  $Q_m$  越小越好，故取  $Q_m$  之最小值  $D$ 。

(B) 均衡解三 B minus (3B+)：均衡解取  $Q_m$  越大越好，均衡解為

$$\text{Min}(\frac{D}{r}, Q_{\max 1})$$

(4) 均衡解四

在均衡解四之下，供應商接單且預計生產至  $Q_m$ ，未違約時生產  $Q_m$ ，違約時生產  $r \times Q_m$ 。本模式下  $r \times Q_m \leq D \leq Q_m \leq \frac{D}{r} \leq \frac{Q_m}{r}$ ，故此均衡之交易結果如表 7。

表 7 製造商均衡解四之交易結果

	與供應商交易量 $Min(rQ_v, Q_m)$	$L_v$	與下游交易量 $Min(rQ_v, Q_m, D)$	$L_m$	S
$1-\varepsilon$	$Q_m$	0	$D$	0	0
$\varepsilon$	$r \times Q_m$	$Q_m - r \times Q_m$	$r \times Q_m$	$D - r \times Q_m$	情境 AB

製造商面臨不足額存在的可能性，因此在情境 A 與 B 兩種情況，存在不同決策。

A. 均衡解四 A（不足額  $S = 0$ ）

$$\pi_m = (1-\varepsilon) \times [P_D \times D - P_m \times Q_m + \theta \times H_v - \theta \times H_m] + \varepsilon \times [P_D \times r \times Q_m - P_m \times r \times Q_m + (Q_m - r \times Q_m) \times H_v - (D - r \times Q_m) \times H_m] \quad (26)$$

$$\frac{d\pi_m}{dQ_m} = \varepsilon \times r \times (P_D + H_m) - (1-\varepsilon + \varepsilon \times r) \times P_m + \varepsilon \times (1-r) \times H_v \quad (27)$$

以下分為均衡解四 A plus (4A+) 與四 B minus (4A-) 討論。

(A) 均衡解四 A minus (4A-)

若  $Q_m$  邊際利潤為負時，利潤最大即取  $Q_m$  越小越好，故取  $Q_m$  之最小值  $D$ 。

(B) 均衡解四 A plus (4A+)

若  $Q_m$  邊際利潤為正時，利潤最大即取  $Q_m$  越大越好，但需滿足以下二條件：

$$\text{條件一：} D \leq Q_m \leq \frac{D}{r} \quad (14)$$

條件二：供應商的利潤不得為小於零，將  $Q_v = Q_m$  帶入算式 (16)，整理為

$$Y(Q_m) = [(1-\varepsilon + \varepsilon \times r) \times (P_m + H_v) - P_v \times (1+\theta)] \times Q_m - Q_m \times H_v + M \times \theta \\ = [(1-\varepsilon + \varepsilon \times r) \times P_m - \varepsilon(1-r) \times H_v - P_v \times (1+\theta)] \times Q_m + M \times \theta$$

a. 若供應商邊際利潤  $(1-\varepsilon + \varepsilon \times r) \times P_m - \varepsilon(1-r) \times H_v - P_v \times (1+\theta)$  大於零，則供應商也願意  $Q_m$  越大越好，故取  $Q_m$  之最大值  $\frac{D}{r}$ 。

b. 若上述供應商邊際利潤小於零，則製造商有採購上限。

$$Y(Q_m) = [(1-\varepsilon + \varepsilon \times r) \times P_m - \varepsilon(1-r) \times H_v - P_v \times (1+\theta)] \times Q_m + M \times \theta \geq 0$$

移項後將  $Q_m$  放右邊，其他數放左邊，整理得：

$$Q_m \leq \frac{M \times \theta}{P_v(1+\theta) + \varepsilon(1-r) \times H_v - (1-\varepsilon + \varepsilon \times r) \times P_m} = Q_{\max 2} \quad (28)$$

均衡解取  $Q_m$  越大越好，均衡解為  $Min(\frac{D}{r}, Q_{\max 2})$ 。

B. 均衡解四 B (存在不足額 S)

$$\begin{aligned} \pi_m = & (1-\varepsilon) \times [P_D \times D - P_m \times Q_m + 0 \times H_v - 0 \times H_m] + \varepsilon \times [P_D \times r \times Q_m - P_m \times r \times Q_m + \\ & (Q_m - r \times Q_m) \times H_v - (D - r \times Q_m) \times H_m] - \varepsilon \times \alpha \times \{Q_m \times H_v - M \times (1+\theta) - \\ & [r \times (P_m + H_v) - P_v \times (1+\theta)] \times Q_m\} \end{aligned} \quad (29)$$

$$\frac{d\pi_m}{dQ_m} = \varepsilon \times r \times (P_D + H_m) - \varepsilon \times \alpha \times (1+\theta)P_v + \varepsilon \times (1-\alpha)(1-r)H_v - \frac{(1-\varepsilon + \varepsilon \times r - \varepsilon \times \alpha \times r) \times P_m}{(1-\varepsilon + \varepsilon \times r - \varepsilon \times \alpha \times r) \times P_m} \quad (30)$$

以下分為均衡解四 A plus (4A+) 與四 Bminus (4A-) 討論。

(A) 均衡解四 B minus (4B-)：利潤最大即取  $Q_m$  越小越好，故取  $Q_m$  之最小值  $D$ 。

(B) 均衡解四 B plus (4B+)：均衡解取  $Q_m$  越大越好，均衡解為

$$Min(\frac{D}{r}, Q_{\max 2})。$$

(5) 均衡解五

在均衡解五之下，供應商接單且預計生產至  $Q_v = Q_c$  或  $Q_\beta$  時（以下將以  $Q_k$  表示），其中未違約時生產  $Q_k$ ，違約時生產  $r \times Q_k$ 。由上圖知  $r \times Q_k \leq Q_k \leq Q_m$ ，且本模式下  $r \times Q_m \leq D \leq Q_m \leq \frac{D}{r} \leq \frac{Q_m}{r}$ ，故此均衡之交易結果如表 8（假設  $Q_k < D$ ）。

表 8 製造商均衡解五之交易結果

	與供應商交易量 $Min(rQ_v, Q_m)$	$L_v$	與下游交易量 $Min(rQ_v, Q_m, D)$	$L_m$	S
$1-\varepsilon$	$Q_k$	$Q_m - Q_k$	$Q_k$	$D - Q_k$	0
$\varepsilon$	$r \times Q_k$	$Q_m - r \times Q_k$	$r \times Q_k$	$D - r \times Q_m$	0

製造商面臨不足額存在的可能性，因此在情境 A 與 B 兩種情況，存在不同決策。

A. 均衡解五 A (不足額 S=0)

$$\begin{aligned} \pi_m = & (1-\varepsilon) \times [P_D \times Q_k - P_m \times Q_k + (Q_m - Q_k) \times H_v - (D - Q_k) \times H_m] + \\ & \varepsilon \times [P_D \times r \times Q_k - P_m \times r \times Q_k + (Q_m - r \times Q_k) \times H_v - (D - r \times Q_k) \times H_m] \end{aligned} \quad (31)$$

$$\frac{d\pi_m}{dQ_m} = H_v > 0$$

在均衡解五 A 之下，製造商之邊際利潤  $H_v$  大於零，表示多採購一單位的貨品可以獲得供應商  $H_v$  懲罰收入，故  $Q_m$  越大越好，但仍需滿足以下二條件：

$$\text{條件一：} D \leq Q_m \leq \frac{D}{r} \quad (14)$$

條件二：供應商需要獲得正報酬，將  $Q_v = Q_k$  帶入算式 (16) 計算可得一採購上限。

$$\begin{aligned} Y(Q_m) = & [(1-\varepsilon + \varepsilon \times r) \times (P_m + H_v) - P_v \times (1 + \theta)] \times Q_k - Q_m \times H_v + M \times \theta \geq 0 \\ \text{移項後將 } Q_m \text{ 放右邊，其他數放左邊，整理得：} \end{aligned}$$

$$Q_m \leq \frac{[(1-\varepsilon + \varepsilon \times r) \times (P_m + H_v) - P_v \times (1 + \theta)] \times Q_k + M \times \theta}{H_v} = Q_{\max 3} \quad (32)$$

均衡解取  $Q_m$  越大越好，均衡解為  $\text{Min}(\frac{D}{r}, Q_{\max 3})$ 。

B. 均衡解五 B (存在不足額 S)

$$\begin{aligned} \pi_m = & (1-\varepsilon) \times [P_D \times Q_k - P_m \times Q_k + (Q_m - Q_k) \times H_v - (D - Q_k) \times H_m] \\ & + \varepsilon \times [P_D \times r \times Q_k - P_m \times r \times Q_k + (Q_m - r \times Q_k) \times H_v - (D - r \times Q_k) \times H_m] \\ & - \varepsilon \times \alpha \times \{Q_m \times H_v - M \times (1 + \theta) - [r \times (P_m + H_v) - P_v \times (1 + \theta)] \times Q_k\} \end{aligned} \quad (33)$$

$$\frac{d\pi_m}{dQ_m} = (1-\varepsilon \times \alpha) \times H_v > 0$$

在均衡解五 B 之討論與五 A 雷同，取  $Q_m$  越大越好，故均衡解為

$$\text{Min}(\frac{D}{r}, Q_{\max 3})。$$

## 參、模型結果與數值分析

### 一、模型參數設定

根據第三章之研究模型，本研究共十五項輸入參數，我們參考市場上統計資料與假設，參數初始值設定是訪問實務上一家公司中一產品的採購金額、數量等資訊，以及參考信保基金銀行貸款的資訊，如表 9：

表 9 模型初始參數設定

$D$	500	下游總需求量
$P_D$	200	下游 (D) 對製造商的單位購買價格
$P_m$	150	製造商 (M) 對供應商的單位購買價格
$P_v$	100	供應商 (V) 單位製造成本
$H_m$	150	製造商 (M) 因缺貨 (lost sale) 給付下游需求的懲罰價格
$H_v$	100	供應商 (V) 因缺貨 (lost sale) 給付製造商的懲罰價格
$r$	0.6	當供應商違約後，預期的可供貨比率
$\varepsilon$	0.2	預期供應商之違約機率
$\alpha$	0.48	當供應商違約時，製造商的風險分攤比率（算式 (1) 計算而得）
$Q_c$	1,000	上游供應商的產能上限
$M$	10,000	供應商現有可運用之資金
$\theta$	0.15	銀行放款給供應商利率
$\theta_f$	0.03	市場上無風險利率
$B$	0.9	銀行提供貸款成數上限
$Q_b$	1,000	供應商可貸資金產能上限

### 二、敏感度分析

本研究針對重要參數如：預期供應商違約機率、供應商違約時可供貨比例進行敏感度分析，並整理出一決策之策略。

#### （一）預期供應商違約機率

根據表 9 設定之參數初始值，並對「預期供應商違約機率」，以 0~1 範圍進行敏感度分析，結果如表 10：

表 10 供應商違約機率變動對供應鏈之影響

$D$	$P_D$	$P_m$	$P_v$	$H_m$	$H_v$	$r$	$M$	$\theta$	$B$	$\theta_f$	$Q_c$	$Q_\beta$
500	200	150	100	150	100	0.6	10,000	0.15	0.9	0.03	1,000	1,000
$\varepsilon$	上游供應商 (V)			製造商 (M)					均衡			
	$Q_v$	$L_v^E$	$\pi_v^E$	$Q_m$	$\alpha$	$S^E$	$\pi_m^E$					
0.1	500	20	14,000	500	0	0	23,000	4A-				
0.2	500	40	9,000	500	47.8%	10,043	18,991	4B-				
0.3	500	60	4,000	500	65.2%	13,696	14,891	4B-				
0.4	0	0	0	-	73.9%	0	-7,500	1				
0.5	0	0	0	-	79.1%	0	-7,500	1				

由表 10 可以發現供應商違約機率與期望缺貨數量呈現正向關係，即若是供應商有越高的違約機率，則製造商需要付出更多的缺貨成本，而且隨著違約機率越高，供應商與製造商整體供應鏈利潤大幅降低，當違約機率大於 0.38 時，由於供應商自己的期望利潤已經為負，因此供應商選擇不接單。由此可以發現，縱使製造商提供上游供應商聯合信用擔保，但供應商考慮期望報酬後會進行自行篩選，使得營運績效較好的廠商得以接單生產，營運績效較低的廠商將自行淘汰，故製造商的信用擔保不至於濫用於各家廠商。

對於製造商債務分攤比率與違約機率關係可以發現，隨著供應商違約機率升高，則越容易發生無法獨力償債的情況，銀行的放款風險隨之上升，因此若希望銀行繼續提供貸款，銀行勢必會要求製造商在契約中規定有較高的債務分攤比率，以彌補銀行的期望報酬必須至少達到無風險利率的水平；然而相反的，若供應商違約機率低於 0.1，則會因其穩定的營運績效，不需透過製造商進行擔保，甚至可與銀行議定較低的貸款利率提升自己利潤，因此上表可以看出當供應商違約機率越高，製造商所需承擔之債務分攤比率也越高。

## (二) 供應商違約時可供貨比率

針對「供應商違約時可供貨比率」，設定其範圍介於 0~1 之間，進行敏感度分析，結果分析如表 11：

表 11 供應商違約時可供貨比率對供應鏈之影響 ( $\varepsilon = 0.2$ )

$D$	$P_D$	$P_m$	$P_v$	$H_m$	$H_v$	$\varepsilon$	$\alpha$	$M$	$\theta$	$B$	$\theta_r$
500	200	150	100	150	100	0.2	0.48	10,000	0.15	0.9	0.03
$r$	上游供應商 (V)			製造商 (M)			均衡				
	$Q_v$	$L_v^E$	$\pi_v^E$	$Q_m$	$S^E$	$\pi_m^E$					
0.1	0	0	0	-	0	-7,500	1				
0.2	0	0	0	-	0	-7,500	1				
0.3	500	70	1,500	500	27,978	12,404	4B-				
0.4	500	60	4,000	500	22,000	14,600	4B-				
0.5	500	50	6,500	500	16,021	16,795	4B-				
0.6	500	40	9,000	500	10,043	18,991	4B-				
0.7	500	30	11,500	500	4,065	21,187	4B-				
0.8	500	20	14,000	500	0	23,000	4A-				
0.9	500	10	16,500	500	0	24,000	4A-				

由表 11 發現當可供貨比率低於 0.24 時，供應商不接單，再由表 10 當違約機率 0.38 時，可供貨比率 0.6 時供應商亦不接單，若我們計算上述的訂單滿足率 (Fulfillment Rate)，我們以  $F$  來表示， $F = 1 - \varepsilon + \varepsilon \times r$ ，兩種情境下都獲得 0.848，所以在其他情況不變時，若供應商訂單滿足率在 0.848 以下時，將因期望利潤為負而選擇不接單，故呼應「預期供應商違約機率」之發現，供應商存在一自我篩選的機制，可以使得經營績效佳的公司保留在供應鏈中。

隨著供應商違約時可供貨比率上升，期望缺貨數量下降，且供應鏈整體利潤上升。而當可供貨比率高於 0.77 時，供應商不管是否違約，都擁有足夠的資金償還債務，因此雖然製造商與銀行定有分攤比率，但還不至於需要進行債務分攤，僅需負名義上擔保的責任，因此製造商更樂於參與此模式，可以幫助更多的上游供應商解決資金缺口的問題，穩定上游供應商的營運。

另外若我們設定一較高的違約機率 0.6，此時製造商債務分攤比率為 0.83，並對可供貨比率進行敏感度分析，可以得出如表 12：

表 12 供應商違約時可供貨比率對供應鏈之影響 ( $\varepsilon = 0.6$ )

$D$	$P_D$	$P_m$	$P_v$	$H_m$	$H_v$	$\varepsilon$	$\alpha$	$M$	$\theta$	$B$	$\theta_f$
500	200	150	100	150	100	0.6	0.83	10,000	0.15	0.9	0.03
$r$	F	上游供應商 (V)			製造商 (M)			均衡			
		$Q_v$	$L_v^E$	$\pi_v^E$	$Q_m$	$S^E$	$\pi_m^E$				
0.6	0.76	0	0	0	-	0	-7,500	1			
0.7	0.82	0	0	0	-	0	-7,500	1			
0.75	0.85	600	90	0	600	4,130	19,522	4B+			
0.8	1	625	0	4,625	500	0	25,000	2			
0.85	1	588	0	8,853	500	0	25,000	2			

從上一段得知當訂單滿足率大於 0.848 時供應商有利潤會接单，故當可供貨比率大於 0.746 之後供應商開始接单，表 11 與表 12 的比較中發現，當供應商違約機率越高 ( $\varepsilon = 0.2 \rightarrow 0.6$ ) 且可供貨比率越高 (大於 0.77)，此時供應商會跑到均衡解二，雖然供應商的違約機率偏高，但是可供貨比率亦高，表示供貨相對穩定，因此供應商最大利潤決策之下，會預先生產到  $\frac{Q_m}{r}$  即訂單的最高水準，以保證在兩種情境之下都能達交 100% 的貨物，收取一固定的銷貨收入，此時也無債務償還的缺口，因此製造商提供聯合信用擔保，但實際上沒有債務需要分攤，且製造商獲得了在各種均衡之中的最大利潤，所以在這個情境之下，當供應商違約時可供貨比率越高，越有可能預期生產  $\frac{Q_m}{r}$  數量以滿足製造商訂單，雖然多生產的數量須自行吸收成本，但利潤會是增加的，另外製造商同時擁有最高利潤。

當可供貨比率等於 0.75 時，供應商接单且願意生產至訂單數量，然而此時製造商採購超過上游需求的訂單其邊際利潤大於零，因此會傾向於採購量越高越好，但採購數量要能使供應商獲得經濟利潤，得以正常營運（如均衡解 4B+ 計算）。

### (三) 不同的放款利率與債務分攤比率

從算式 (1) 的推導，製造商的債務分攤比率與供應商的違約比率和銀行的放款利率有關，因此我們站在製造商在與銀行協商時的立場，將算式 (1) 做以下推導：

$$(1+\theta) \times [1-\varepsilon+\varepsilon \times \alpha] = 1+\theta_f$$

$$\alpha = 1 - \frac{\theta - \theta_f}{\varepsilon \times (1+\theta)}$$

從上式我們將  $\alpha(\theta, \varepsilon)$  視為放款利率  $\theta$ 、無風險利率  $\theta_f$  與違約機率  $\varepsilon$  的函數，假設  $\theta_f = 0.03$ ，且放款利率以 0.15 為上限，違約機率介於 0~1 之間，製作出表 13：

表 13 違約機率與放款利率的多重解 ( $\theta_f = 0.03$ )

$\alpha(\theta, \varepsilon)$		放款利率範圍：0.05 ≤ $\theta$ ≤ 0.15				
		5.0%	7.5%	10.0%	12.5%	15.0%
違約機率範圍 $0 \leq \varepsilon \leq 1$	10%	81%	58%	36%	16%	0%
	20%	90%	79%	68%	58%	48%
	30%	94%	86%	79%	72%	65%
	40%	95%	90%	84%	79%	74%
	50%	96%	92%	87%	83%	79%
	60%	97%	93%	89%	86%	83%
	70%	97%	94%	91%	88%	85%
	80%	98%	95%	92%	89%	87%
	90%	98%	95%	93%	91%	88%

由表 13 觀察出，給定放款利率不變下，違約機率越高則分攤比率也越高，即當製造商與銀行議定分攤利率時，隨著上游違約機率上升，銀行的預期收益降低故會要求製造商提高債務分攤比率以彌補供應商違約時的損失。從另一角度看，假定違約機率不變下，放款利率越高則分攤比率會越低。即高貸款利率時，供應商未違約時銀行的收益增加可以彌補供應商違約時還款的資金缺口，因此製造商僅需負擔較低的債務分攤比率。

但是較高的貸款利率將使供應商製造成本上升，違約時的不足額亦上升，而對製造商而言，貸款利率上升，分攤比率下降但不足額上升，因此為觀察放款利率變動對製造商與銀行所議定的放款利率對供應鏈上下游利潤的影響，我們假設違約機率 0.3 時，對放款利率做敏感度分析，放款利率介於無風險利率至政府管制放款利率上限之間變動，結果如表 14。

表 14 不同放款利率對供應鏈之影響

$D$	$P_D$	$P_m$	$P_v$	$H_m$	$H_v$	$r$	$\varepsilon$	$M$	$B$	$\theta_f$
500	200	150	100	150	100	0.6	0.3	10,000	0.9	0.03
$\theta$	$F$	上游供應商 (V)			製造商 (M)			銀行		供應鏈 總利潤
		$Q_v$	$\pi_v^E$	$Q_m$	$\alpha$	$S$	$S^E$	$\pi_m^E$	$\pi_b$	
0.05	0.92	500	13,000	500	0.9	27,000	15,381	17,924	6,176	28,400
0.10	0.92	500	11,000	500	0.68	29,000	12,955	18,409	7,290	27,800
0.15	0.92	500	9,000	500	0.48	31,000	10,043	18,991	8,308	27,200
x	0.88	0	0	0	0	-10,000	0	-75,000	0	-75,000

從上表我們可以觀察出，當製造商與銀行在不同議定的放款利率與債務分攤比率上，隨著放款利率上升，供應商利潤下降，違約時的不足額微幅上升，但製造商的分攤比率下降較多，因此加權之後期望不足額分攤降低使製造商利潤上升，且銀行的利潤上升。由此可知，製造商為供應商進行信用擔保，扶植上游供應鏈採購貨品並銷售給下游獲取利潤，但在最大化自身利潤情況下，製造商欲議定一較高的利率使期望不足額分攤金額降低來提升自己獲利，而銀行端因上游供應商廠商規模較小，也會同意訂定一最高的法定放款利率，以期在供應商未違約時有更多的利潤，彌補供應商違約時製造商期望不足額分攤的下降，使銀行利潤增加。而供應商則因規模最小，較無議價能力，僅是利率接受者並追求自身利潤最大的接單決策。

此外從另一個面量來看銀行與信用擔保機制的重要性，供應商本身屬於中小企業，在資金不足下且本身沒有一定的信用或擔保品足以讓銀行願意授信下，若供應商無法透過製造商獲得銀行的資金做生產時，即債務分攤比率為零，換句話說，供應鏈只有供應商、製造商以及零售商，供應商最多只能用本身自有的資金生產。而製造商勢必會訂購遠超過零售商需求量，以獲得供應商之違約賠償，但供應商被侷限於本身資金限制，將會選擇不生產，造成供應鏈停擺，並造成全部成員蒙受損失。因此，製造商的信用擔保，不僅能讓銀行能夠加入並得到超過無風險報酬的利潤外，也讓供應商資金短缺的問題解決，能提供製造商所要求的訂單量，而製造商也同樣能夠滿足品牌商的訂單。該機制的存在不僅對三方有更多的利潤，且能使供應鏈正常運作。

#### (四) 製造商對懲罰價格的轉嫁比率

從以上敏感度分析，可以發現在均衡解二之中，製造商可以獲得最大的利潤。製造商並無法影響上游供應商的違約機率與違約時可供貨比率，也無法影響下游需求的願付價格與懲罰價格，製造商可能決定對供應商的採購價格與轉嫁給供應商的懲罰價格，因此我們以下對製造商將懲罰價格轉嫁給供應商的比率 $\frac{H_v}{H^m}$ 進行敏感度分析，觀察轉嫁比率對供應商、製造商與總供應鏈利潤之影響，如表 15：

表 15 懲罰價格轉嫁比率對供應鏈之影響

$D$	$P_D$	$P_m$	$P_v$	$H_m$	$\varepsilon$	$\alpha$	$r$	$F$	$M$	$\theta$	$B$	$\theta_f$
500	200	150	100	150	0.5	0.79	0.85	0.925	10,000	0.15	0.9	0.03
$H_v/H_m$		$H_v$	上游供應商 (V)			製造商 (M)		總利潤	均衡			
			$Q_v$	$L_v^E$	$\pi_v^E$	$S^E$	$\pi_m^E$					
0.666	100		588	44.1	11,055	588	22,790	33,845	4A+			
0.75	112.5		588	44.1	10,504	588	23,341	33,845	4A+			
0.8	120		588	44.1	10,173	588	23,672	33,845	4A+			
0.85	127.5		588	0	8,853	500	25,000	33,852	2			
0.9	135		588	0	8,853	500	25,000	33,852	2			

觀察上表我們發現，懲罰價格的轉嫁在均衡解路徑未改變時，不影響供應鏈總利潤，僅影響總利潤的分配，轉嫁比率越高則製造商利潤越高，供應商利潤越低；但當懲罰價格的轉嫁率大於 0.803 時，製造商成功的將均衡解移動到對自己最佳的均衡解二，此時製造商有最大利潤且供應鏈總利潤上升，唯獨供應商利潤降低，而且供應商會自動生產至  $\frac{Q_m}{r}$  的水準，不管在什麼情況都達交 100% 可供貨比率，總體供應鏈需求都獲得滿足，供應商無能力影響懲罰價格下，若欲提升自己的利潤，應該要加強內部生產作業流程，對於能夠掌控的違約機率或是違約時可供貨比率進行改善，使本身及整體供應鏈邁向更完善的境地。

### 三、均衡解變化與討論

在敏感度分析中，假設其他參數不變之下，我們發現透過違約機率  $\varepsilon$  與違約時可供貨比率  $r$  的變動可以使均衡解變動，因此我們延續模型參數初始設定，計算各個均衡之下，違約機率與可供貨比率需滿足的條件。

表 16 參數初始設定值

$D$	$P_D$	$P_m$	$P_v$	$H_m$	$H_v$	$M$	$\theta$	$B$	$\theta_t$	$Q_c$	$Q_\beta$
500	200	150	100	150	100	10,000	0.15	0.9	0.03	1,000	1,000

製造商的策略是依據供應商的反應，以及自己的條件進行決策，進而達到各均衡。供應商是否有利潤，以及其是否要生產超過製造商訂單量，並在供應商有無不足額時，製造商將考慮本身營運情況，做出最適決策，因此在各情況下，有不同的均衡。

#### (一) 均衡解一條件限制

當供應商接單利潤為負時，則決策為不接單而進入均衡解一。利潤為負可以分為生產的邊際利潤為負或生產至訂單數量時利潤為負，我們把生產量  $Q_v$  定在製造商採購量  $Q_m = 500$  時，帶入算式 (16) 進行以下計算，整理得： $1 - \varepsilon + \varepsilon \times r \leq 0.848$ 。當訂單滿足率 ( $F = 1 - \varepsilon + \varepsilon \times r$ ) 小於等於 0.848 時，供應商接單期望利潤為負，故不接單進入均衡解一，訂單滿足率  $F$  需大於等於 0.848 才願意接單，以上結論與「供應商違約時可供貨比率」所提到條件相符。供應商的違約機率與可供貨比率兩因素，將影響供應鏈是否得以正常運作。直覺上，違約機率低及可供貨比率高時，供應鏈得以正常運作，而兩因素若能夠互補，供應鏈同樣也是得以正常運作。雖然供應商有高違約機會，倘若違約時，可供貨比率是製造商可以接受的一定水準時，供應商將會接單生產；相對的，供應商在違約時，其可供貨比率低，但若其違約機率也低時，將可使供應商的期望報酬為正，而將會接單生產。

## (二) 均衡解二與均衡解四的條件限制

上游供應商接單之後，是否要生產超過訂單數量的決策（如表 3 所示），將會使最適決策落在均衡解二或均衡解四。其決策要依據供應商情境 2 超過訂單的利潤式，若邊際利潤為正，則進入均衡解二；若邊際利潤為負，則進入均衡解四。因此我們將初始參數帶入算式 (17) 的邊際利潤， $\varepsilon \times r \times (150 + 100) - 100 \times (1 + 0.15) \geq 0$ ，結果為  $\varepsilon \times r \geq 0.46$ 。當  $\varepsilon \times r$  大於 0.46 時，超過訂單的邊際利潤為正，進入均衡解二，會生產到最高水準  $\frac{Q_m}{r}$ ；當  $\varepsilon \times r$  小於 0.46 時，超過訂單的邊際利潤為負，進入均衡解四，會生產到  $Q_m$ 。對於供應商而言，是否生產超過製造商的訂單量，與供應商本身違約機率及可供貨比率有關係。供應商本身若能夠超過製造商的訂單量，在供應商違約時，其最後生產數量為  $rQ_v \leq Q_m$ ，因此若生產數量越接近  $Q_m$ ，則其要付給製造商的罰款會越少且可以從製造商獲得更多的交貨收入；然而供應商沒違約時，其生產數量超過製造商所需要的訂單數量，會造成超額生產，且又不能夠有任何殘餘價值，無法將超額生產的數量貢獻於供應商的利潤。因此，供應商需要考慮其本身違約率及違約時可供貨比率，決定是否生產高過訂單量。雖然供應商違約率高，但在違約時，能夠有高水準的可供貨比率時，對於供應商而言，其生產數量超過製造商訂單數量會是較佳的決策；然而在可供貨比率無法達到一訂水準下，供應商在違約時的利潤無法很顯著的提升，並且在未違約時會生產無殘餘價值的過剩產能，對於未違約時的利潤沒有正面挹注；關於違約率方面，直覺上，當違約機率高時，供應商越容易傾向生產超過製造商訂購量。因此，對於製造商而言，對供應商要求高可供貨比率不僅是能使供應鏈正常運作，且也影響著供應商是否生產超過製造商之訂購量。

## (三) 均衡解 4A 與 4B 的條件限制

均衡解 4A 與 4B 的結果是依據供應商違約時是否產生不足額。若不足額小於零，則進入均衡解 A；若不足額大於零，則進入均衡解 B，我們將初始參數帶入算式 (15)， $500 \times 100 - 10,000 \times (1 + 0.15) - [r \times (150 + 100) - 100 \times (1 + 0.15)] \times 500 \leq 0$ ，計算結果為  $r \geq 0.768$ 。當可供貨比率大於 0.768 時，違約時亦有足夠的銷貨收入，無不足額進入均衡解 4A 製造商債權分攤為零；可供貨比率小於 0.768 時，違約時沒有足夠的銷貨收入彌補損失，存在不足額進入均衡解 4B 製造商需分攤債權。供應商可供貨比率越高（大於 0.768），其在違約時，得以獲得更多交貨收入，能夠自我償還貸款，因此，對於製造商而言，免於不足額之損失。

## (四) 均衡解 4A+ 與 4A- 的條件限制

均衡解 4A+ 與 4A- 的結果是供應商在均衡解 4A 下，製造商生產的邊際利潤是否為正。其決策點在於算式 (27) 邊際利潤式，若邊際利潤為正，進入均衡解 4A+，反之進入均衡解 4A-，我們將初始參數帶入算式 (27)， $\varepsilon \times r \times (200 + 150) - (1 -$

$\varepsilon + \varepsilon \times r) \times 150 + \varepsilon \times (1 - r) \times 100 \geq 0$ ，計算結果為  $2 \times \varepsilon \times r + 5\varepsilon - 3 \geq 0$ 。當  $2 \times \varepsilon \times r + 5\varepsilon - 3 \geq 0$  時，邊際利潤為正進入均衡解 4A+，故製造商應該將訂單提高到  $\frac{D}{r}$ ，若  $2 \times \varepsilon \times r + 5\varepsilon - 3 \leq 0$  時，邊際利潤為負進入均衡解 4A-。製造商在沒有不足額損失情況下，其是否要向供應商訂購之數量為超出下游需求量，將考量需要付出的成本與益處。當製造商向供應商之訂購量  $\frac{D}{r}$  超過下游需求量 D 下，若供應商違約，比起未超額訂購，製造商會因為超額訂購，而可以交出更多產品給下游，進而增加交貨收入及減少缺貨懲罰，且得以獲得供應商的懲罰收入。因此製造商在供應商違約機會低相對於違約機率高時，更是不需要透過超額訂購來對於下游缺貨的避險，且也沒有誘因能對供應商收取懲罰收入，將使製造商向供應商訂購至與下游需求量相等之數量。

#### (五) 均衡解 4B+ 與 4B- 的條件限制

均衡解 4B+ 與 4B- 是供應商在均衡解 4B 情境下，製造商生產的邊際利潤是否為正。若邊際利潤為正，進入均衡解 4B+，反之進入均衡解 4B-，我們將初始參數帶入算式 (30) 計算。當  $220 \times \varepsilon \times r + 146.8\varepsilon - 150 \geq 0$  時，邊際利潤為正進入均衡解 4B+，故製造商應該將訂單提高到  $\frac{D}{r}$ ，若  $220 \times \varepsilon \times r + 146.8\varepsilon - 150 \leq 0$  時，邊際利潤為負進入均衡解 4B-。製造商在不足額損失情況下，其是否要向供應商訂購之數量為超出下游需求量，與製造商在沒有不足額損失情況下之考量因素，在加入不足額的成本因素後為有相同考量。當製造商向供應商之訂購量  $\frac{D}{r}$  超過下游需求量 D 下，若供應商違約，比起未超額訂購，製造商會因為超額訂購，而可以交出更多產品給下游，進而增加交貨收入及減少缺貨懲罰，且得以獲得供應商的懲罰收入，然而超額訂購製造商要分攤供應商無法還貸款之風險，將會付出更多不足額成本。因此製造商在供應商違約機會低相對於違約機率高時，更是不需要透過超額訂購來對於下游缺貨的避險，且不但沒有誘因能對供應商收取懲罰收入，更需要分攤供應商無法還貸款之風險，將使製造商向供應商訂購至與下游需求量相等之數量。

將上述條件以 matlab 軟體繪製，我們以違約機率與違約時可供貨比率做為兩軸，可在平面上繪製出均衡解的移動狀況，如圖 4 所示。

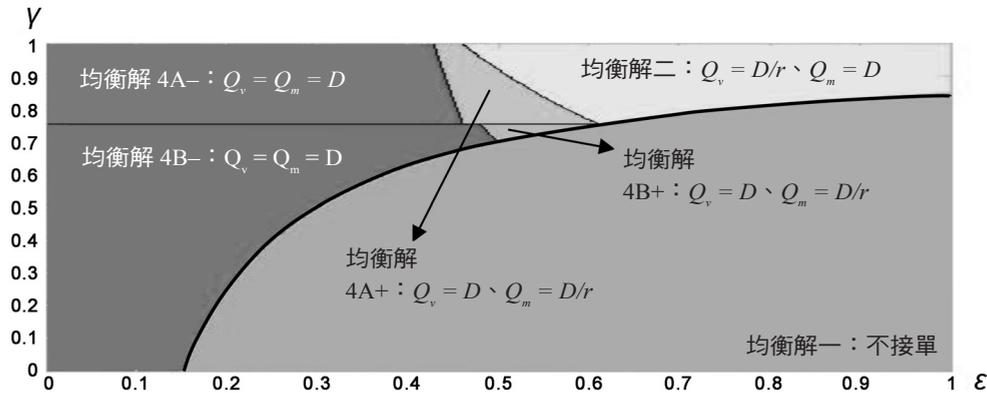


圖 4 各種情況下均衡解之移動狀況

#### (六) 企業結構變化之討論

在供應鏈中，將以供應商自有資金增加、製造商在供應鏈更具影響力、供應商之議價能力等方面探討企業結構改變對本研究之信保機制影響。

當供應商自有資金充足到借款金額是幾乎可自行向銀行借款時，供應商即有能力負責借款的風險，因而對信保機制之依賴程度降低，然而，因為 Schwartz (1974) 的融資優勢理論 (Financing Advantage Theory)，供應商以傳統向銀行借款的利率將會高於第三方擔保方式之利率高，此外，以信保機制方式運作供應鏈下，透過算式 (7)，供應商不須借款之門檻  $\frac{M}{P_v}$  將上修，如此之下，供應商向銀行貸款之機會下降，也將導致供應商對信保機制依賴之下降。

在供應鏈中，當製造商角色更具影響力時，直覺上，將可爭取到更低的銀行利率於供應商。以算式 (1) Oliver et al. (2006) 之 Marginal cost of a loan (MCL) 概念於銀行貸款利率模型探討基礎下，當製造商在供應鏈茁壯變大，使其角色更為重要時，本身資產也應為正向成長，因此供應商借款在製造商保證下，銀行之預期損失比率 (L) 下降，利率也得以因此而下降。

產業上下游議價能力改變，表現於製造商給供應商價格之  $P_m$ 。將表 16 初始參數帶入不足額存在之算式 (15)，得  $\frac{192}{P_m + 100} \leq r$ 。在上游議價能力增加狀況下， $P_m$  的增加將使可供貨比率下降，會對下游不足額產生之可供貨比率門檻下修，意味著，當上游供應商茁壯議價能力變大時，上游供應商因為分配到較高的價格，使供應商更有能力且達成較低可供貨比率即可以自行還款於銀行。

#### 肆、結論與未來研究方向

本研究參考臺灣現行中小企業信用保證基金「火金姑專案信用保證」，以供應鏈上、中、下游的採購與訂單財務研究 (Purchase and Order Financing) 解決上游供應商在接單後無足夠自有資金生產至訂單數量之議題。

本研究貢獻為在考慮供應鏈上下游信用擔保情境下，建構領導者與追隨者的賽局模型，並逆向歸納法，取得雙方皆採取利潤最大化的決策。研究中顯示，供應商的接單決策受訂單滿足率所影響，因此，唯有努力的控管自己的生產，一方面降低違約機率，另一方面提高違約時可供貨比率，方能提升訂單滿足率至可獲利水準。不僅如此，供應商致力於提升違約時可供貨比率至一基本水準，方能在接單生產後，不至於面臨破產之虞，使得供應鏈上中下游皆受傷害。在部分情境下，供應商在未違約時會生產過量的商品，然而超額生產無殘值，因此將侵蝕毛利率，故供應商應提升可供貨比率並降低違約機率，回歸到生產至訂單水準數量情境，毛利率將有改善。

均衡解一表示供應商不接單，此時製造商獲得最差的負利潤，換句話說，若無製造商的信用擔保，上游供應商無資金製造下游所需商品，造成供應鏈停擺的情況，三方角色無利可圖，然而若製造商願意提供信用保證，將可活化供應鏈上中下游，加強供應鏈合作，且銀行也獲得一正的期望報酬，達到三方均贏的局面。以供應商的違約機率與可供貨比率兩因素觀點，也將影響供應鏈是否得以正常運作。直覺上，違約機率低及可供貨比率高時，供應鏈得以正常運作，而兩因素若能夠互補，供應鏈同樣也是得以正常運作。因此對於製造商而言，可以知道最差極端下選取供應商時，供應商應該在兩因素中至少有一條件為本身優勢。製造商的利潤在均衡解二時有最大值，此時供應商願意自負全部生產風險。在製造商對懲罰價格的轉嫁比率結果顯示，其他條件不變下，供應商的懲罰價格 ( $H_v$ ) 提高，將導致供應商的利潤下降，製造商利潤上升，總利潤提升。因此在此討論製造商的管理意涵為若能補貼一定金額給供應商，將可能使原本給定均衡的  $H_v$  能有所提升。因此製造商可以同時考量自身利潤與整體供應鏈利潤為出發點，誘使供應商接受一更高的懲罰價格，而總供應鏈利潤上升的部分，再由雙方協商與分攤，如此供應鏈較有誘因接受一較高懲罰價格。決策落在均衡二與均衡四之間的關鍵是供應商需要考慮其本身違約率及違約時可供貨比率，決定是否生產高過訂單量。雖然供應商違約率高，但在違約時，能夠有高水準的可供貨比率時，對於供應商而言，其生產數量超過製造商訂單數量會是較佳的決策；然而在可供貨比率無法達到一定水準下，供應商在違約時的利潤無法很顯著的提升，並且在未違約時會生產無殘餘價值的過剩產能，對於未違約時的利潤沒有正面挹注；關於違約率方面，直覺上，當違約機率高時，供應商越容易傾向生產超過製造商訂購量。因此，對於製造商而言，對供應商要求高可供貨比率不僅是能使供應鏈正常運作，且也影響著供應商是否生產超過製造商之訂購量。製造

商在不足額損失方面，供應商可供貨比率越高（大於 0.768），其在違約時，得以獲得更多交貨收入，能夠自我償還貸款，因此，對於製造商而言，免於不足額之損失。因此製造商應該力求供應商可供貨比率達到一訂標準，使製造商免於不足額損失。對於製造商對供應商訂購量是否超出下游需求，將考量需要付出的成本與益處。若供應商違約時，比起未超額訂購，超額訂購可以使製造商交出更多產品給下游，進而增加交貨收入及減少缺貨懲罰，且得以獲得供應商的懲罰收入，但也可能有要分攤供應商無法還貸款之不足額成本。因此製造商在供應商違約機會低相對於違約機率高時，更是不需要透過超額訂購來對於下游缺貨的避險，且也沒有誘因能對供應商收取懲罰收入，將使製造商向供應商訂購至與下游需求量相等之數量。因此，當供應商可供貨比率高時，既使供應商違約高，仍得使製造商無不足額成本，讓製造商得以完整交付下游訂單，相對的，當製造商面臨供應商可供貨比率是可能產生不足額損失時，除了能以訂購量大於下游需求量彌補供應商可供貨比率劣勢外，最差情況可能使供應商無法接單，造成供應鏈停擺。

企業結構的改變，將對產業上下游議價能力改變，對於製造商能有策略上的操作。當供應商議價能力高時，會使  $P_m$  提升，而製造商在與銀行談判風險分攤時，得以放棄  $P_m$  之優勢，降低製造商有不足額產生之可供貨比率門檻，並爭取到低貸款利率。製造商在供應鏈更具影響力、供應商有較強的議價能力將會使供應商借款利率下降，而供應商自有資金增加將使供應商對信保機制依賴度下降。

製造商將與銀行議定一最高的放款利率，此利率等於銀行承做高風險企業放款業務，然而銀行在有製造商擔保下，至少能獲得最低期望報酬，因此願意提供貸款，使上游規模小而須貸款之企業得以在大廠商的扶持下有機會成長茁壯，此外並非所有的供應商都會面臨破產情況，因此某些情況下製造商雖議定分攤比率但無實質不足額分攤發生，因此願意為供應商提供信用擔保。

未來研究部分，本研究信保機制模型係對接單後有營運資金困難之中小企業供應商建立，因此考慮供應商必須跟銀行借款，對於未來研究可以考慮解決中小企業供應商其他非營運資金困難。此外，未來方可探討供應商有議價能力時，決策方之決策行為之變動。對於供應商可能不參與製造之部分與不完全資訊情況，未來將加入其他理論進行研究討論。

## Applying Game Theory to Credit Guarantee Mechanism on Supply Chain Sourcing Model

---

David Ming-Huang Chiang, Professor, Department and Graduate Institute of Business Administration, National Taiwan University

Cheng-Feng Wu, Lecturer, School of Logistics & Engineering Management, Hubei University of Economics, Researcher at Institute for Development of Cross-strait Small and Medium Enterprises, Hubei

Ming-Shian Ye, Master, Graduate Institute of Business Administration, National Taiwan University

### Summary

Small and Medium Enterprises (SMEs) have a considerable macroeconomic impact in most Asian and developing countries. According to the statistics for SMEs from the Ministry of Economic Affairs in Taiwan, the rate of employment for SMEs accounts for 78 % of the total employment in Taiwan.

Generally speaking, an SME does not need a large amount of capital to establish itself and it may not have sufficient working capital when it begins to process orders. Money is critical for a firm, especially for SMEs—for example, it may be more difficult for SMEs to obtain loans. As high risk and low profit borrowers, SMEs rarely manage to obtain loans from financial institutions unless they have a considerable amount of credit. Also, due to unhealthy financial/accounting systems which result to the risk of loaning, SMEs are requested to provide collateralization as a guarantee when applying for financial support. The supply chain activities involving the upper-stream suppliers and downstream manufacturers are close. The suppliers are in lack of working capital or cannot borrow sufficient money in time such that they may delay shipment or stop manufacturing. If suppliers can't meet the due date of the order, the entire supply chain will be shut down. Therefore, this study is aimed to propose a credit guarantee mechanism to solve this problem.

In the literature, several researches related to supply chain finance such as trade credit are from the upstream firm's perspective (Lee and Rhee, 2010; Chen and Wang, 2012; Chen, 2015). For example, Lee and Rhee take the supplier's perspective and implement a trade credit instrument to coordinate the supply chain (Lee and Rhee, 2011). The supplier then offers the trade credit instrument to the retailer, such as a markdown allowance or a risk premium. Thus, the supplier can do his/her best to improve the entire supply chain. Chen (2015) compares trade credit with bank credit to realize that which instrument is better off. In trade credit, the retailer is willing to increase order quantities

because its marginal cost decreases; as a result, the profit of the manufacturer and the retailer in the supply chain is better off under novel instrument. Li et al. (2014) implement trade credit insurance as hedging strategy to manage fund lender's loan risk. The authors show that the relationship between trade credit insurance and interest rate is negative. The fund lender and borrower are in win-win situation because of trade credit insurance. In our study, due to the supply chain environment in general developing countries, this study takes downstream firm's perspective. Also, we implement firm's credit as tool in supply chain finance to establish a novel instrument, credit guarantee mechanism.

The credit guarantee mechanism in this study is stated as follows: one supplier, one manufacturer, one retailer, and one financial institution are considered within the supply chain. The manufacturer is a leader and guarantees that the supplier, who lacks working capital, can secure financing from the financial institution with the assurance of the dominating manufacturer. A leader-follower game is introduced in this paper, with the upstream suppliers as followers, and the downstream manufacturers as leaders. Both sides of parties are seeking to maximize profit and build up their supply chain purchase model. Backward induction is applied to obtain the optimal decision and profit maximization; additionally, this study presents a numerical analysis and shows the sensitivity analysis by adjusting variables such as the failure rate for a supplier and the fill rate for a supplier in a failure situation.

According to the results, we find that the failure rate of a supplier and lost sales of a manufacturer is positive related. As the failure rate for a supplier rises to a threshold, the supplier's expected profit is negative. Thus, the supplier is unwilling to receive an order from the manufacturer. Even if the manufacturer provides collateralization for upstream SMEs, the credit guarantee mechanism filters the supplier through its operation. Consequently, the supplier is assured to provide certain quantities in a supply chain and the collateralization of the manufacturer is more valuable in the credit guarantee mechanism.

The relationship between the failure rate for a supplier and the assessment rate of the manufacturer is positive. As the failure rate of the supplier increases, the probability that the supplier is unable to repay the financial institution is higher and the risk of the financial institution increases. Consequently, the financial institution and the manufacturer may negotiate higher assessment rate of the manufacturer to ensure that the financial institution possesses enough incentive to lend money to the supplier.

The relationship between the fill rate for a supplier and lost sales for a manufacturer is negative. As the fill rate for a supplier rises to a threshold, the supplier is able to pay the loans back to the financial institution. The manufacturer does not concern with the assessment rate anymore because financial status for the supplier is strong enough to pay its loans back to the financial institution. In this situation, the manufacturer is completely willing to assist the supplier within its supply chain to finance funds to achieve a sustainable supply chain.

The relationship between the interest rate for a supplier and the assessment rate for a manufacturer is negative. In order to maximize the profit, the manufacturer and the financial institution negotiate the interest as high as possible. In the manufacturer's perspective, lower assessment rate increases his/her expected profit. Furthermore, in the financial institution's perspective, it rather determines regulatory upper interest rate to earn maximized interest when the operation of supplier is not failure. On the other hand, the assessment rate for a manufacturer is important in credit guarantee mechanism. As the assessment rate for a manufacturer goes to zero, the financial institution no longer lends money to the supplier; as a result, the supply chain contains only the supplier, the manufacturer and the retailer. The supplier receives an order according the available working capital for the supplier. The manufacturer places the order quantities as more as possible to increase its profit though the penalty from the supplier. Consequently, the supplier does not receive an order and thus the supply chain breaks down without credit guarantee mechanism.

As the ratio of the penalty cost of the supplier to the penalty cost of the manufacturer increases, the profit of the manufacturer and the supply chain increase. The supplier with no bargaining power may improve its operation process to increase its profit.

The supplier and the manufacturer make their own decision in terms of their profit. This study provides a matrix of decision making for the supplier and the manufacturer under the consideration of a supplier's failure rate and fill rate. Depending on the supplier's profit, the supplier considers whether it receives an order or not. Even if the supplier receives an order, the supplier needs to deliberately decide the production quantities before operation. Given the supplier's operation information, the manufacturer determines the order quantities. In sum, six equilibriums are shown in the supply chain under credit guarantee mechanism.

These results provide references and solutions to the loaning decision making process for all parties in supply chain financing. A credit guarantee mechanism, as we have discussed here, currently offers SMEs an additional way to receive financing in the supply chain. This mechanism not only satisfies firms' short capital demand but also decreases the possibility of bad debt for the creditor, i.e., the financial institution. Moreover, the manufacturer, as a guarantor, obtains more predictability by decreasing the possibility of a failure penalty to the retailer. Therefore, firms—including the suppliers, a manufacturer and the financial institution—in the supply chain benefit from the mechanism. This study focuses on SMEs' financial difficulty and the credit guarantee mechanism is established under the manufacturer's guarantee. Further research may concern with SMEs' non-financial difficulty and bargaining power. Furthermore, some extensions from this study can be further explored, such as sourcing with allowing second replenishment, supply chain with asymmetric information, and so on.

## 參考文獻

- 立金銀行培訓中心，2010，*銀行供應鏈融資、貨權質押融資培訓*，北京，中國：中國金融出版社。(Lijin Banking Training. 2010. *Supply Chain Financing and Stock Right Pledge Financing for Bank Training*. Beijing, China: China Financial publishing House.)
- 李毅學、徐渝與馮耕中，2007，國內外物流金融業務比較分析及案例研究，*管理評論*，19卷10期：55-62。(Li, Yi-Xue, Xu, Yu, and Feng, Geng-Zhong. 2007. Comparative analysis and case study of logistic financing inside and outside China. *Management Review*, 19 (10): 55-62.)
- 周維沛，2007，企業融資創新－物流銀行活化資金融通，*物流技術與戰略*，54卷3期：43-48。(Chou, Wei-Pei. 2007. Corporate financing innovation—Fund financing from logistical banking. *Modern Material Handling & Logistics*, 54 (3): 43-48.)
- 胡劍與李偉杰，2009，物流金融：實務操作與風險管理，*物流技術*，28卷7期：65-68。doi: 10.3969/j.issn.1005-152X.2009.07.021 (Hu, Jian, and Li, Wei-Jie. 2009. Logistics finance: Transaction operation & risk management. *Logistics Technology*, 28 (7): 65-68. doi: 10.3969/j.issn.1005-152X.2009.07.021)
- 張媛媛與李建斌，2008，庫存商品融資下的庫存優化管理，*系統工程理論與實踐*，28卷9期：29-38。(Zhang, Yuan-Yuan, and Li, Jian-Bin. 2008. Optimal inventory management under inventory financing. *Systems Engineering—Theory & Practice*, 28 (9): 29-38.)
- 曹瑜珊，2009，*運用信用擔保機制於供應鏈採購模式之研究*，國立臺灣大學商學研究所未出版之碩士論文，台北，台灣。(Tsao, Yu-Shan. 2009. *Applying the concept of credit guarantee on supply chain sourcing model*. Unpublished master's thesis of Department of Business Administration, National Taiwan University, Taipei, Taiwan.)
- 馮耕中，2007，物流金融業務創新分析，*預測*，26卷1期：49-54。(Feng, Geng-Zhong. 2007. Analysis of logistics financing business innovation in China. *Forecasting*, 26 (1): 49-54.)
- 經濟部中小企業處，2014，*2014 中小企業白皮書*，台北，台灣：經濟部。(Ministry of Economic Affairs, Small and Medium Enterprise Administration. 2014. *White paper on small and medium enterprises in Taiwan, 2014*. Taipei, Taiwan: Ministry of Economic Affairs.)

- 董秋月，2009，物流業與金融業發展物流金融業務比較分析，*物流技術*，28卷7期：69-72。doi: 10.3969/j.issn.1005-152X.2009.07.022 (Dong, Qiu-Yue. 2009. Comparative analysis on logistics and developing logistics finance by finance industry. *Logistics Technology*, 28 (7): 69-72. doi: 10.3969/j.issn.1005-152X.2009.07.022)
- 羅齊、朱道立與陳伯銘，2002，第三方物流服務創新：融通倉及其運作模式初探，*中國流通經濟*，16卷2期：11-14。doi: 10.3969/j.issn.1007-8266.2002.02.003 (Luo, Qi, Zhu, Dao-Li, and Chen, Bo-Ming. 2002. A third-party logistics service innovation: Financing warehouse and its operation model. *China Business and Market*, 16 (2): 11-14. doi: 10.3969/j.issn.1007-8266.2002.02.003)
- Chen, X. 2015. A model of trade credit in a capital-constrained distribution channel. *International Journal of Production Economics*, 159: 347-357. doi: 10.1016/j.ijpe.2014.05.001
- Chen, X., and Wang, A. 2012. Trade credit contract with limited liability in the supply chain with budget constraints. *Annals of Operations Research*, 196 (1): 153-165. doi: 10.1007/s10479-012-1119-0
- Lee, C. H., and Rhee, B. D. 2010. Coordination contracts in the presence of positive inventory financing costs. *International Journal of Production Economics*, 124 (2): 331-339. doi: 10.1016/j.ijpe.2009.11.028
- \_\_\_\_\_. 2011. Trade credit for supply chain coordination. *European Journal of Operational Research*, 214 (1): 136-146. doi: 10.1016/j.ejor.2011.04.004
- Li, Y., Zhen, X., and Cai, X. 2014. Trade credit insurance, capital constraint, and the behavior of manufacturers and banks. *Annals of Operations Research*, 240 (2): 395-414. doi: 10.1007/s10479-014-1602-x
- Oliver, A. M., Fumas, V. S., and Saurina, J. 2006. Risk premium and market power in credit markets. *Economics Letters*, 93 (3): 450-456. doi: 10.1016/j.econlet.2006.06.021
- Schwartz, R. A. 1974. An economic model of trade credit. *The Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 9 (4): 643-657. doi: 10.2307/2329765

## 作者簡介

### 蔣明晃

現任國立臺灣大學工商管理學系暨商學研究所教授，University of Iowa 管理科學博士。研究興趣為作業研究、物流管理、供應鏈管理及生產與作業管理等。研究論文曾發表於 International Journal of Production Economics, International Journal of Production Research, Expert Systems, Horizons, Computers & Industrial Engineering 等期刊。

### \* 吳成峯

現任湖北經濟學院物流與工程管理學院講師、湖北物流發展研究中心研究員、海峽兩岸中小企業發展研究院研究員、國立臺灣大學商學研究所博士。研究興趣為供應鏈融資、incentive contracts。研究論文曾發表於 Expert Systems with Applications、臺大管理論叢等期刊。

### 葉明憲

國立臺灣大學商學研究所碩士。

---

科技部計畫編號：MOST 103-240-H-002-106

The authors thank the editor and reviewers for their valuable suggestions. Moreover, the authors thank the financial support from the Ministry of Science and Technology of Taiwan.

\* Email: d99741006@ntu.edu.tw

應用賽局理論探討信用擔保機制於供應鏈採購模式之研究