

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期末報告

應用模擬遊戲克服企業不採用拉式供應鏈管理模式的三個 障礙

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 101-2221-E-009-106-
執行期間：101年08月01日至102年07月31日
執行單位：國立交通大學工業工程與管理學系(所)

計畫主持人：李榮貴

計畫參與人員：博士班研究生-兼任助理人員：張謙閔
博士班研究生-兼任助理人員：吳冠禾

報告附件：移地研究心得報告

公開資訊：本計畫可公開查詢

中華民國 102年10月02日

中文摘要：低庫存與高可得的供貨是供應鏈管理的首要目標，為達此目標，消費性產品供應鏈參與者，他們會在拉式運作系統或推式運作系統之間擇一而行。雖然拉式系統的觀念是相當的簡單，也有很多成功實施案例的研究報告，然而實際上推式系統依然盛行於產業界。從與實務界經理人員的訪談中，我們發現三大障礙妨礙拉式系統的推行。第一個障礙是對拉式系統缺乏了解與對何謂拉式系統缺少一個確切的定義。此造成有些管理者認為他們已實行了拉式系統，但實際上他們仍然是在實行推式系統。第二個障礙是對拉式系統能夠有性的應付高需求變化缺乏信心。第三個障礙是認為即使自己先採行拉式運作模式對供應鏈整體績效幫助也不大，甚至會傷害到自己，因此不願意做拉式系統運作的改變。因此本計畫設計兩個模擬遊戲，第一個是兩階一對一的供應鏈系統(一個供給端對一個需求端)，第二個是一個三階一對多的供應鏈系統(一個生產工廠對五個區域倉庫，每一個區域倉庫對四家零售商客戶)來，來幫助管理者克服此三個障礙。我們期望此本計畫的貢獻可以引起談灣的公司重新檢討他們的供應鏈管理模式，願意嘗試思考採行拉式供應鏈運作模式的可行性，進而建立其供應鏈競爭能力。

中文關鍵詞： 供應鏈管理，存貨管理，拉與推式系統

英文摘要： Low inventory with high availability is the primary objective for supply chain management. Achieving this objective requires that the supply chain chooses between two approaches; a push system or a pull system. Despite its simplicity and numerous reports of successful pull system implementations, the push system remains prevalent. Interviews with local managers reveal three obstacles to pull systems: The first obstacle is the lack of a precise definition of pull systems and a general ignorance among managers regarding the concept of pull systems. As a result, some managers may think they are running a pull system, but are actually using a push system. The second is lack of confidence in the ability of pull system to handle a high degree of variability in demand. The third one is they do not believe that the actions to achieve good local performance can be aligned with those required to achieve good global performance. Therefore, we designed two supply chain simulation games (one is a two layers one-to one

system, the other is a three-layers one to five regional warehouses and each warehouse serves four retailers) to help managers to determine: (1) whether they were using a push system or a pull system in their environment; (2) whether the pull system is better than the push system, even with high degree of variability in demand; and (3) actions to achieve good local performance can be aligned with those required to achieve good global performance We expect the contribution of this study can raise the willingness of Taiwan companies (especially for those fashion products manufacturers) to re-examine the potential benefits of implementation of a pull system and determine such a move suitable

英文關鍵詞： Supply chain management, Inventory management, Push/Pull system

應用模擬遊戲克服企業不採用拉式供應鏈管理模式的三大障礙

Overcoming Obstacles of Implementing Pull Supply Chain

– A Simulation Experiment Study

低庫存與高可得的供貨是供應鏈管理的首要目標，為達此目標，消費性產品供應鏈參與者，他們會在拉式運作系統或推式運作系統之間擇一而行。雖然拉式系統的觀念是相當的簡單，也有很多成功實施案例的研究報告，然而實際上推式系統依然盛行於產業界。從與實務界經理人員的訪談中，我們發現三大障礙妨礙拉式系統的推行。第一個障礙是對拉式系統缺乏了解與對何謂拉式系統缺少一個確切的定義。此造成有些管理者認為他們已實行了拉式系統，但實際上他們仍然是在實行推式系統。第二個障礙是對拉式系統能夠有性的應付高需求變化缺乏信心。第三個障礙是認為即使自己先採行拉式運作模式對供應鏈整體績效幫助也不大，甚至會傷害到自己，因此不願意做拉式系統運作的改變。因此本計畫設計兩個模擬遊戲，第一個是兩階一對一的供應鏈系統(一個供給端對一個需求端)，第二個是一個三階一對多的供應鏈系統(一個生產工廠對五個區域倉庫，每一個區域倉庫對四家零售商客戶)來，來幫助管理者克服此三個障礙。我們期望此本計畫的貢獻可以引起談灣的公司重新檢討他們的供應鏈管理模式，願意嘗試思考採行拉式供應鏈運作模式的可行性，進而建立其供應鏈競爭能力。

關鍵字: 供應鏈管理，存貨管理，拉與推式系統

Abstract

Low inventory with high availability is the primary objective for supply chain management. Achieving this objective requires that the supply chain chooses between two approaches; a push system or a pull system. Despite its simplicity and numerous reports of successful pull system implementations, the push system remains prevalent. Interviews with local managers reveal three obstacles to pull systems: The first obstacle is the lack of a precise definition of pull systems and a general ignorance among managers regarding the concept of pull systems. As a result, some managers may think they are running a pull system, but are actually using a push system. The second is lack of confidence in the ability of pull system to handle a high degree of variability in demand. The third one is they do not believe that the actions to achieve good local performance can be aligned with those required to achieve good global performance. Therefore, we designed two supply chain simulation games (one is a two layers one-to one system, the other is a three-layers one to five regional warehouses and each warehouse serves four retailers) to help managers to determine: (1) whether they were using a push system or a pull system in their environment; (2) whether the pull system is better than the push system, even with high degree of variability in demand; and (3) actions to achieve good local performance can be aligned with those required to achieve good global performance. We expect the contribution of this study can raise the willingness of Taiwan companies (especially for those fashion products manufacturers) to re-examine the potential benefits of implementation of a pull system and determine such a move suitable.

Keywords: Supply chain management, Inventory management, Push/Pull system

前言

低庫存與高可得性的供貨是供應鏈的首要目標，供應鏈常在拉式系統或推式系統之間擇一而行。根據 Hopp and Spearman (2004) 的定義，拉式系統在生產中的在製品數量 (WIP) 有明確的限制數量，而推式生產系統中在製品的量則沒有明確的限制，同時，雖然拉式系統有多種運作模式，但它們都擁有一個內部的庫存定量調節系統，防止庫存超過規定限額，同樣地，在供應鏈中的拉式系統之庫存水準也是被限制住的。

在推式供應鏈中，由過去文獻可知多從三方面著手進行改善推式供應鏈管理問題：(1) 尋求更準確的預測方法與預測系統。(2) 透過存補貨政策的研究來解決：研究在最佳時機補足最恰當的量來滿足將發生的需求。(3) 改良供應鏈的資訊技術 (IT)，增加供應鏈資訊的透明度和傳遞的速率。然而實務上，高庫存與缺貨的情況仍然普遍在供應鏈中產生，供應鏈的問題仍然未獲得解決，以下將敘述這三方面改善的現況與存在的問題：

首先雖然很多研究不斷改良預測的方法，事實上需求的變化原因十分複雜，難以預料，常常不易掌握。就算預測可以準確，長鞭效應的影響仍然使得供應鏈的績效不佳。Sterman (1989) 利用 MIT 啤酒實驗所收集的數據與過程來分析人們在此類似系統中的行為以及此振盪現象，並稱此現象稱為「系統之非理性行為 (system irrational behavior)」或「回饋的錯誤感知 (misperception of feedback)」，而 Lee *et al.* (1997a) 將此震盪效應稱為「長鞭效應 (Bullwhip Effect)」現象，且將長鞭效應歸納出四個原因：需求訊號 (demand signal) 時間延遲、批次訂購 (order batching)、價格波動 (fluctuation price)、短缺賽局 (shortage game)。根據 Forrester (1961)、Sterman (1989)、Lee *et al.* (1997a, 1997b) 文章中我們可以得知由長鞭效應造成管理者對需求與存貨的誤解，將會造成整體的供應鏈惡性循環與付出極大的代價。因此，若是以尋求更準確的預測系統或更透明的資訊連結來改善供應鏈績效，結果將不如預期，在推式系統中供應鏈的補貨問題仍然存在。

關於第二項存貨管理策略的改善方式：一般存貨管理策略決定：(1) 補貨的時間點 (2) 補貨的頻率以及 (3) 補貨的數量。補貨時間可以分為三個主要成分，分別是下單週期時間、製造前置時間及運輸時間。大眾通常只認定在庫庫存是庫存，其實在途庫存也應列入系統庫存中。過去文獻研究指出存補貨政策中的經濟

訂購量批量模式 (economic order quantity) 方法，需要在一定的假設下才適用：知道總需求、前置時間不改變等，這些假設在於實際上的供貨需求環境並不存在。幾項研究中曾試圖找到最佳的補貨策略 (Anupindi *et al.*, 1996; Platt *et al.*, 1997; Vargas *et al.*, 1996)，但都只適用於特殊情況的庫存管理問題，有些運用了線性方法，不易運用在動態模型中，當方法複雜度高，實務上是不容易了解與使用的。另外 Chen and Samroengraja (2000) 探討在穩態需求下計算出最佳的庫存水準；Subhash *et al.* (2009) 探討在穩態需求去比較不同訂貨策略的績效等研究，都是在一些特定假設下使用，無法在實際多變的供應鏈情況下使用。

有關於第三項利用改善供應鏈資訊的連結性來增進供補貨的效用部分：供應商管理存貨 (Vendor Managed Inventory, VMI) 系統與 CPFR (Collaborative Planning Forecasting and Replenishment) 被發展出來，期望能提高客戶服務水準並降低庫存。VMI 系統是一套讓資訊貫穿工廠、物流公司及供應商間的協同作業模式，傳統商業模式是當分銷商需要某種產品時，他們向供應商下訂單，在這種模式下，分銷商完全控制下訂單的時間以及訂單的大小，同時，由分銷商負責管理自己的庫存計劃；而VMI模式在建立之先就建立好了EDI(Electronic Data Interchange, 電子資料交換系統)，供應商和分銷商必須能使用EDI系統互通訊息，供應商通過EDI或者互聯網獲得有關分銷商銷售水平和庫存水平的數據資料，而供應商負責製定和管理分銷商的庫存計劃。在VMI模式下，下訂單的是供應商，而不是分銷商，VMI使得供應商可以獲得下游企業的必要經營數據，直接接觸真正的需求信息。總結來說，VMI是供應商及其下游顧客間的一種合作關係，它可以減少長鞭效應、降低人工作業的成本、最適化的產品運送數量及保持較高的服務水準。CPFR (Collaborative Planning Forecasting and Replenishment, 協同規劃預測與補給)是一個供應鏈整體協同規劃、預測與補貨機制，透過供應鏈上下游的協同合作，使製造商、通路商及零售商得以分享銷售預測、訂單預測、商品活動、促銷等行銷活動，達到提高客戶服務及降低庫存的目的。CPFR之起源於Wal-Mart與它的合作夥伴在1995年實行，一年的期間便獲得相當的改善成效 (Pfeifer *et al.*, 2008)，2003年VICS (Voluntary Interindustry Commerce Standards) 正式成立CPFR協會並致力於此機制的推廣。CPFR嘗試改善預測系統、縮短前置時間、減少價格波動與供應鏈成員間的資訊分享來減少長鞭效應的影響 (Chen *et al.*, 2000 ; Disney and Towill, 2003)。CPFR主要有四個主要架構 (Web: <http://www.vics.org>)，

如圖1所示 (江治緯, 2009) :

1. 策略與規劃
 - i. 協同之訂定
 - ii. 聯合規劃
2. 需求與供給管理
 - i. 銷售預測
 - ii. 訂單計畫預測
3. 執行
 - i. 產生訂單
 - ii. 訂單補貨執行
4. 分析
 - i. 異常事件管理
 - ii. 協同效益評估



圖 1 CPFR 架構 Web: <http://www.vics.org>

CPFR的操作步驟為以下九點：

1. 擬定雙方的協議
2. 發展聯合事業計劃
3. 銷售預測
4. 銷售預測的異常辨識
5. 協同處理銷售預測異常項目
6. 訂單預測
7. 訂單預測的異常辨識
8. 協同處理訂單預測異常項目
9. 訂單產生。

雖然VMI與CPFR的發展，有助於供應鏈的績效提升，但兩者終究是以預測為基礎的推式系統，縱然可以減少長鞭效應帶來的不良影響，但需求預測始終仍然充滿了不確定性無法掌握，而且這兩種系統最大的使用限制是各供應鏈成員需要有非常透明的資訊平台進行溝通 (Chen *et al.*, 2006)，若供應鏈成員無法互相信任，捨棄局部最佳的目的，則還是無法達到效益，存貨問題依然存在。研究文獻 (Anderson *et al.*, 2000; Parker, 2001) 也指出，從IT技術上改善供應鏈合作夥伴資訊溝通的速度和彈性，僅能使上下游的實際需求資訊透明化，並不能解決供應鏈庫存管理的高庫存水準與低庫存水準的基本衝突核心問題。因此，資訊的透明化也並非是足以有效提升供應鏈績效的方法，缺貨或存貨過剩的問題仍然存在。

綜合以上所述，過去研究中雖然有這三方面的努力，但這些被發展出來的方法都有使用上的條件與限制，使得在實務上的執行上產生實質的困難，使得高庫存與缺貨的情況仍然普遍在供應鏈中產生，因此本論文將使用實驗來驗證拉式補貨可以更經濟更便利地來創造更好的供應鏈績效，協助管理者克服使用拉式補貨的三大障礙。

壹、 文獻探討

一、 供應鏈管理--拉式與推式系統

製造商，經銷商和零售商這些供應鏈參與者為了能獲取最大的利潤，必須選擇最佳的補貨策略，有的選擇以預測消費的預期性需求為補貨管理的基礎，有的則是以用發生的消費需求為依據來做訂貨與存貨管理。推式系統透過供應鏈環節

下游庫存的即時銷售記錄，預測未來實際的需求，避免庫存的過度投入。相反的，“拉式補貨”則是根據實際消費的產品來生產補貨。拉式系統的補貨僅單純地回應消費者的實際需求，首先需設定每項產品的目標庫存水位，每一次消費耗用掉的产品數量，就對應產生了一筆補貨訂單數量來補貨，補貨頻率相對頻繁，並以最小的批量補貨。當目標需求持續增加或減少時，拉式系統會調整目標庫存水位來因應之。以下將更詳細的說明拉式與推式補貨策略。

推式供應鏈系統

採推式運作的供應鏈系統因不準確的預測因素常造成無法以低存貨滿足產品的可得性，儘管產業界每年花費相當驚人的費用試著尋找最好的預測方法，然而結果仍是無法令人滿意，因為很難靠過去的經驗值和數學方法把未來未知的可能狀況完全掌握，所以預測常常與實際有很大的差距，而依據錯誤預測的補貨運作將造成更多餘的庫存或更多的缺貨。

供應鏈的長鞭效應 (Lee *et al.*, 1997) 是在推式系統 (以預測為基礎) 中所觀測到的一個重要現象，它指出供應鏈在應對需求的變化趨勢會造成上游庫存產生更大的波動現象，即使我們有庫存和過剩的產能下，仍會因為更大的需求波動，有供貨中斷或生產不足情況產生，也就是說由於長鞭效應，儘管有安全庫存和過剩產能仍存在著缺貨的危險，造成不良的達交率與客戶服務。更甚的是，當訂單被誇大以反映需要而要增加庫存，此時需求高於現有的產能 – 形成製造商的瓶頸。當製造商有瓶頸，向上波動的需求轉化成滿足客戶訂單時，需要更長的供貨時間，而任何供應交貨時間的增加，會導致客戶端進一步的增加庫存，這種現象，縱使外部需求是相對穩定的，實際上的外部需求 (消費者購買)也膨脹了內部需求 (從裝配到組件的訂單)。

因此，需求預測的不準確與長鞭效應都是推式系統無法改善的特性與缺點，這兩種特性與缺點的存在造成推式系統補貨要達成低存貨與高可得的補貨不易，供應鏈無法追求到最大的利潤。

拉式供應鏈系統

拉式供應鏈系統與製造業的豐田生產系統 (TPS)的拉式生產相似，拉式供應鏈的一般策略包括(Ricketts, 2007)：

1. 將大部分存貨盡可能放回供應鏈的源頭，也就是生產的工廠。此有兩個理

由：

- a. 供應鏈的源頭處是最有供貨彈性之處，將大部分庫存留在此，有利於將貨品優先彈性的分配至下游時間上最為迫切需求的地方，而區域倉庫只須存放可以供給補貨前置時間所需的庫存量即可。
- b. 根據統計理論，個別變異(U_i)的加總一定大於加總值之變異(U_{total})，變異加總之不確定性誤差傳播公式如下，因此若能把庫存放在供應源頭處，整個供應鏈所面對的變異較低，進而有利於穩定供應鏈的存貨。根據如下的誤差傳播公式，可以得知源頭是需求變異與預測誤差最小的地方，此可幫助減少多餘的庫存。

「相加」之不確定性誤差傳播公式如下：若 $E = E_1 + E_2 + \dots + E_n$ ， E_i 表不同地區的個別需求， U_i 為 E_i 之變異百分比， $i = 1, \dots, n$ ，則不同地區的個別需求相加的總變異百分比以 U_{total} 表之，計算公式如下：

$$U_{total} = \frac{\sqrt{(U_1 \times E_1)^2 + (U_2 \times E_2)^2 + \dots + (U_n \times E_n)^2}}{E_1 + E_2 + \dots + E_n}$$

2. 增加補貨頻率，採行較頻繁小批量的生產與運送以減少補貨前置時間，若能降低補貨前置時間，就能減少目標庫存量。限制理論認為有效降低目標庫存量的最佳方法，就是增加補貨頻率，使訂購前置時間縮短，減少目標庫存量。如果補貨時間越長，系統對實際需求的反應能力也越差。補貨前置時間定義為三種時間的加總，分別為訂購前置時間、生產前置時間及運輸前置時間，這三種時間各自的定義說明可見表 1。

表 1 補貨前置時間定義 (梁佑任, 2010)

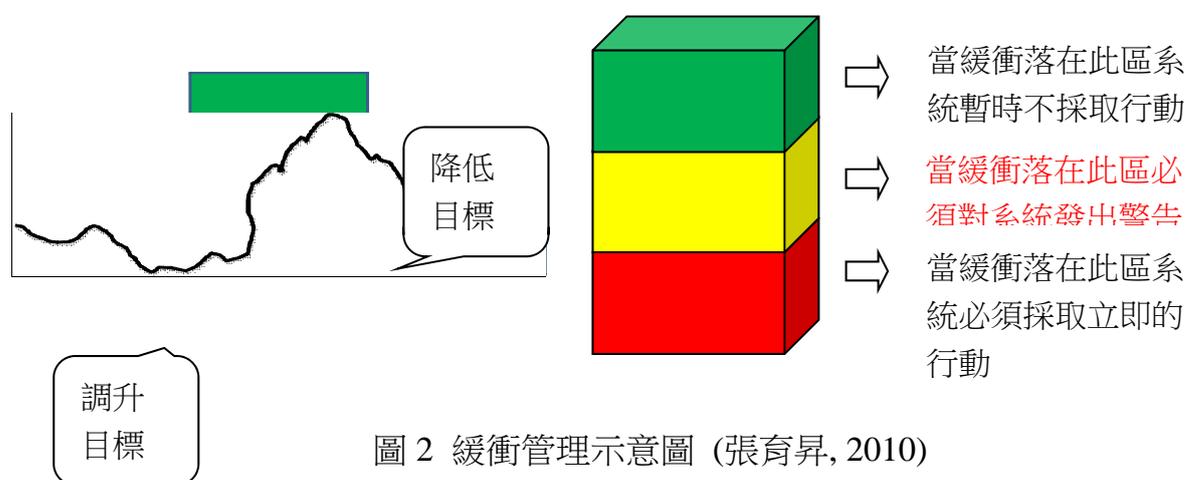
補貨前置時間	定義
訂購前置時間 (Order Lead Time)	從產品賣出到補貨訂單發出的時間，即發出補貨訂單的頻率。
生產前置時間 (Production Lead Time)	製造商/供應商從決定發出工單直到完成生產的時間。
運輸前置時間 (Transportation Lead Time)	成品從供應商運送到訂購庫存地的時間。

3. 訂定目標庫存水位等同於補貨時間內的最大需求量，根據需求變異和預測誤差來調整目標庫存水位。只要在補貨時間內其最大需求沒有超過目標庫存水位，採行補實際需求量的補貨策略就不會產生缺貨。

4. 強化供應鏈資訊系統，使下游實際需求能夠及時讓供應鏈成員知道。供應鏈上每個環節補給其下游的貨品都是為補其目標庫存水位所需的貨品，因此資訊系統能力建立起來後，每天上游的配送中心皆可知道在每個零售店的實際銷售量，製造商可以即時安排生產市場真正的需求，下游拉貨多少，上游就生產多少，如此可以避免在任何地方累積過多存貨。因此，供應鏈資訊系統對成功的推行拉式供應鏈非常重要。

5. 重新設計供應鏈績效指標，強調最小化庫存元天(庫存時間*庫存金額)的績效指標要能夠取代強化局部效率績效指標。單看庫存金額是無法有效衡量整個系統效率的，較為有效的指標應將庫存價值跟它在系統停留時間一起計算，使供應鏈成員都能改變行為加速流量及時供貨。

6. 建立緩衝管理 (Buffer Management) 機制監控庫存量的消耗狀況。緩衝管理將目標庫存量三等份為三個緩衝區，分別為紅色、黃色及綠色緩衝區，分別代表加速趕工、警告及忽略。若庫存狀態連續數個補貨周期都處於紅色緩衝區，代表目標庫存水位設定可能過低，缺貨的風險很大，因此須調高目標庫存；反之，若庫存狀態連續數個補貨週期都處於綠色緩衝區，代表目標庫存水位設定過高，長期庫存成本過高，便須考慮降低目標庫存。至於目標庫存之調整幅度，限制理論並未明確規定，可以各產業的產品成本與缺貨成本而決定，一般而言以 1/3 的目標庫存量作為參考的調高與調降比率。如圖 2 所示 (張育昇, 2010)。



二、TOC 拉式補貨成功案例

眾多的學術論文已經論證限制理論 (Theory of Constraints, TOC) 在生產及配銷方面，能顯著地改善企業績效 (Mabin and Balderstone, 2000; Corbett and Csillag, 2001; Lilly, 2004; Umble and Murakami, 2006)，此方案可有效的解決供應鏈高庫存存貨與低庫存存貨之間存在的衝突 (Duclos and Spencer, 1995; Goldratt, 1990; Lockamy, and Spencer, 1998; Schragenheim and Ronen, 1990; Umble and Umble, 2000)，而另外的文獻中 (Belvedere and Grando, 2005; Hoffman and Cardarelli, 2002; Novotny, 1997; Patnode, 1999; Sharma, 1997; Waite *et al.*, 1998; Watson and Polito, 2003)，也驗證 TOC 補貨策略在供應鏈中實施，的確能大幅地減少庫存水準、補貨時間與運送時間，提升客戶的服務水準。限制理論更被驗證為有效因應長鞭效應的解決方案 (Holt, 1999; Perez, 1997; Simatupang *et al.*, 2004; Smith, 2001)，可以因應因需求訊號 (demand signal) 傳遞的扭曲、批次訂購 (order batching) 的時間差、價格波動 (fluctuation price) 和短缺賽局 (shortage game) 等原因所造成的長鞭效應。

許多研究提倡使用 TOC 需求拉動補貨，認為拉式補貨能更有效改善供應鏈績效 (Holt, 1999; Perez, 1997; Simatupang *et al.*, 2004; Smith, 2001; Yuan *et al.*, 2003; Cole and Jacob, 2002)，在這些成功的案例中，顯著的降低了供應鏈的存貨水準，補貨時間和運送成本，也大幅提升了需求預測的準確性和客戶的服務滿意度。在生產上，「拉式」一詞也儼然成為現代生產的實踐基礎 (Hopp and Spearman, 2004)，Goldratt (2004, 2006, 2008a, 2008b, 2009)，and Schragenheim (2006, 2007)，這些研究主張廢棄推式生產系統，改用拉式生產系統，許多的研究報告也認為拉式生產系統能顯著改善缺貨或存貨過多的問題 (Aben, 2006; Camp, 2006; Krishan and Kotheekar, 2007; Ploss, 2008; Grant, 2008)，這些方案降低客戶的存貨和緊急訂單，增加超過 20% 的銷售量，並且幾乎消除了多餘的存貨，對於製造商來說，減少缺貨和緊急訂單使得生產更快速，成本更低。

貳、研究方法與模擬數據分析

一、模擬情境配置

本實驗採用高德拉特博士的供應鏈系統模擬程式，進行實驗驗證，實驗環境描述如下：(1) 一個工廠 (Manufacture) 能生產六種產品，六種產品都在同一條

生產線下生產，每日可生產時間為 24 小時；(2) 公司仰賴 5 個經銷商各自擁有的區域倉庫 (Regional Warehouse) 來儲存和配送其產品；(3) 每一個經銷商的區域倉庫庫存產品，負責分送給 4 個零售商 (Client)；(4) 零售商的平均銷售需求是每週每種產品 6 個，尖峰的需求量是平均銷售量的 6.5 倍 (39 個產品)；(5) 區域倉庫每個產品平均每周需求是 24 個，最大的需求量是平均需求的 2.5 倍(60 個產品)。工廠每個產品每周平均需要生產 120 個產品；(6) 每星期零售商將訂單送到區域倉庫後，區域倉庫預計可在一周內交貨；(7) 此供應鏈整體模擬情境如圖 3 所示。

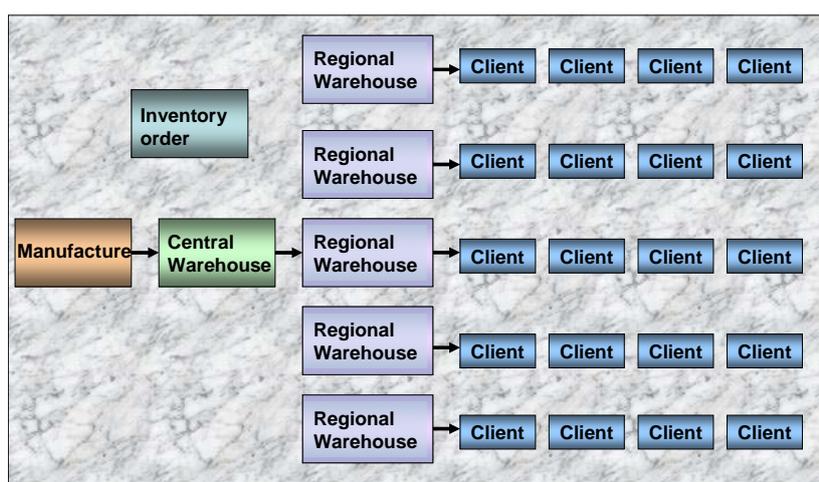


圖 3 供應鏈實驗模擬情境

10 位實驗者進行一年 (52 週) 的生產排程決定(決定生產的產品項目及數量)。工廠每小時可產出六個單位，換線時間是 24 小時，每日開工 24 小時，每周七天，假設沒有當機、缺料、罷工等情況發生。每天所生產的產品都被運輸至區域倉庫，從工廠到區域倉庫的運輸成本是每個產品五元，運輸的規則如下：(1)當工廠有足夠的存貨可以供應滿足區域倉庫的需要，則供應之，否則以最近的區域倉庫為優先開始供應二分之一的訂貨。(2) 若還有剩餘的存貨，以六個產品為一單位依序分給存貨(在庫與在庫存貨)與最高存貨水準差距最大的區域倉庫，直到貨品被分配完畢，根據設計的情境，本實驗的成本和價格列於下表。

表 2 實驗二產品的各種成本和價格

項目	單位產品價格	退回成本	單位存貨成本	原料成本	固定成本
價格	35 NT\$/PCS	35 NT\$/PCS	1 NT\$/PCS	20 NT\$/PCS	8,000 NT\$ /每週

由上表可知每一個單位的產出 (throughput) 是\$35 元，固定成本是 8000 元，

利息\$600/每周。因工廠每一產品每週的平均需求是 120 單位，所以每周需要 120 小時的產能才能滿足需求 (120 單位乘上 6 種產品除上每小時產出 6 個產品)，而每周有 148 小時(24 乘上 7 天)，所以有 48 小時的空餘產能，可以進行 2 次的換線，所以產品的生產周期時間是三周，也就是每個產品每次的平均生產批量應該是 360 個。

本章設計的五個模擬情境中：情境一無中央倉庫，零售商與區域倉庫都使用推式補貨模式，工廠生產補充區域倉庫被零售商下的訂單。情境二與情境一情境相同，但情境二增加了 10%的產能。情境三無中央倉庫，但是零售商對區域倉庫採拉式補貨運作，經銷商區域倉庫跟工廠則仍採推式運作。情境四工廠有中央倉庫，經銷商的區域倉庫採拉式補貨，零售商則採推式補貨。情境五有中央倉庫，將大部分庫存放在中央倉庫，所有成員皆採拉式補貨。以下詳細說明此五種模擬情境：

A. 情境一：所有成員皆採推式補貨

情境一的目的是觀察實驗者一般如何供補貨，並收集他們的模擬結果，以作為進一步的分析和比較的基礎，支持本研究的驗證。在此情境中，零售商的最高庫存量 and 最低庫存水準是固定的，最高庫存水準為 60 (10 週的平均需求累加)單位，最低庫存水準為 24 (4 週的平均需求累加)單位。最新的整體平均銷售以新的一期(五週)的平均銷售和舊的一期(五週)的平均銷售為基礎來計算，新舊兩期的比重為 2:1，一些特殊情況的處理方式如下：

- 1.若庫存水準超過 1.7 倍的最高庫存水準，訂購量定為 0。
- 2 如果庫存水準超過 1.2 倍的最高庫存水準，訂購量定為 75%的平均銷售。
- 3.如果在庫量加目前的庫存水準低於最低的庫存水準，特別的訂單應立即發出以應付差距。
- 4.此外，如果整體庫存小於 66%的最高庫存水準，應重新評估訂購量，所以它涵蓋 2 期的差異。

只有緊急下單會在固定的訂購量前發出，緊急訂單在市場缺貨損失才發出。

B. 情境二：同情境一，但產能增加 10%，期初庫存同情境一。

C. 情境三：零售商採拉式補貨，但其他成員仍採推式補貨。在情境三零售商的最新平均銷售、每週和每日決策的補貨是：

- (1)最新平均銷售和補貨決定：最新的平均銷售計算類似一般'的經銷商，但

新舊兩期的比重比為 5:1，初始的最高和最低庫存水準和情境一相同。

(2)每週補貨量：每週補貨量是最大庫存水準加在途量減去現在庫存水準。

(3)每日補貨量：如果目前的庫存水平加在途量的總數小於最低庫存水準，則立即發出緊急訂單補貨至最低庫存水準。如果有市場供給短缺產生時，此時下定單，且要修正最高和最低的庫存水準。(舊的最高庫存水準加上缺貨的量成為新的最高庫存水準，舊的最低庫存水準也加上短缺的一半之量成為新的最低庫存水準)。

D. 情境四: 經銷商拉式補貨與中央倉庫

在此情境中，零售商的補貨策略是推式補貨，但經銷商是拉式補貨，並且設置了中央倉庫，其他的補貨細節與情境一相同。

E. 情境五: 所有成員都採拉式補貨，每日需求拉動與動態庫存水準相結合(從屬)，並加上中央倉庫

在此情境中，最新的平均銷售量和每週與每日庫存控制的決策是：

(1)新的平均銷售和情境一是一樣的，然而，最高與最低庫存水準的調整是較不同，如果庫存水準兩次低於最低庫存水準，則最高和最低庫存水準應提高 10%。如果連續三期的庫存水準都低於最大庫存水準，則最高和最低庫存水準應降低 5%，以上的動作應每天進行來檢視最高與最低庫存水準。

(2)每週的補貨策略：無，都是每日下訂單補貨。

(3)每日的補貨策略：如果目前的水平低於最低庫存水準，立即補貨填補至最高庫存水準。

五種模擬情境供應鏈補貨策略整理如表 3 所列。

表 3 五種實驗情境模擬條件整理

模擬情境	情境一	情境二	情境三	情境四	情境五
零售商補貨策略	推式	推式	改良(拉式)	推式	從屬(拉式)
經銷商補貨策略	推式	推式	推式	改良(拉式)	從屬(拉式)
是否有中央倉庫	沒有	沒有	沒有	有	有
是否增加產能	沒有	增加 10 %	沒有	沒有	沒有

為了衡量補貨策略在供應鏈管理控制的成效，本研究使用淨利潤 (Net Profit)、投資報酬率(ROI)、經銷商缺貨 (Miss to Client, MC)、零售商缺貨 (Miss to

Market, MM)、過期產品的退貨(Return)、市場購買量(Sold to Market)和系統存貨(System Inventory)等 6 項指標來評估其成效，這些衡量指標的定義如下：

1. 淨利(淨利): 產出耗用產品(throughput) 減去營運費用 (operation expense)。
2. 投資報酬率(ROI)：淨利/I (投資)。
3. 經銷商缺貨 (Miss to Client, MC):無法在消費者下定單後的週末前準時供貨。
4. 零售商缺貨 (Miss to Market, MM): 零售商的銷售架上缺貨，造成損失市場消費者訂單。
5. 過期產品的退貨(Return)：產品在架上超過 30 周仍未賣出，須以\$35 計價退回損失。
6. 系統存貨(System Inventory)：供應鏈中所有在工廠、在庫、在途庫存數量，以每單位\$20 元成本計價的庫存價值。

實驗進行方式是依次進行五種補貨策略環境下的產銷模擬活動，實驗流程如下：

1. 說明實驗目的與實驗環境。
2. 解釋情境一之環境與假設，並示範如何進行實驗。
3. 給予 15 分鐘讓各組實驗者討論管理策略並決定期初庫存。
4. 進行情境一模擬實驗。
5. 分析並討論各組情境一之結果。
6. 解釋並進行情境二模擬實驗。
7. 分析並討論各組情境二之結果。
8. 解釋並進行情境三模擬實驗。
9. 分析並討論各組情境三之結果。
10. 解釋並進行情境四模擬實驗。
11. 分析並討論各組情境四之結果。
12. 解釋並進行情境五模擬實驗。
13. 分析並討論各組情境五之結果。

二、實驗結果分析

在進行各情境實驗後，五個情境中所記錄下來的 52 週的模擬結果，可代表供應鏈的重要績效指標有經銷商缺貨 (Miss to Client, MC)、零售商缺貨 (Miss to Market, MM)、淨利 (Net Profit)、過期產品的退貨(Return)、投資報酬率(ROI)和系統存貨(System Inventory)等 6 項指標，可分類為達交狀況、獲利能力與系統存貨三類，所得到的各指標 10 組平均值如下表。

表 4 五種情境的各指標平均數據結果

指標	經銷商缺貨	零售商缺貨	退貨	淨利	投資報酬率	系統存貨
情境一	45	800	2,774	-17,607	-5.41	248,748
情境二	3	975	3,015	-33,997	-10.44	295,842
情境三	245	97	831	31,484	9.45	207,432
情境四	23	738	1,293	21,802	7.87	212,980
情境五	0	1	19	49,978	17.59	134,212

依據表 4 之實驗結果，我們可以得到四個重要結論，詳細說明如下：

結果一：目前實務上多數管理者皆使用推式補貨，而推式補貨的供應鏈績效不佳：

由表 4 可以得知，情境一供應鏈實驗結果的營運績效很差，供應鏈平均淨利(-17,607)和投資報酬率(-5.41%)都是負的，數據顯示供應鏈零售商缺貨(800)和退回(2,774)過多，造成淨利損失，投資報酬率減少，零售商和經銷商無法有效供貨因應市場實際需求，此時供應鏈的補貨策略管理需要改善，如果可以減少經銷商缺貨(45)、零售商缺貨(800)，或是退貨(2,774 個)，將可以直接增加投資報酬率和淨利。

經過調查與詢問情境一的實驗者後，得知零售商和經銷商皆採以預測為補貨基礎的推式補貨策略。傳統上，在推式補貨中，常用來解決供應鏈供貨問題的方法有二：第一種方法是研發各種數學方法以求得到更準確的需求預測，然而，如本研究的文獻探討所論，縱然是零誤差的預測下，長鞭效應也造成補貨績效不佳的問題，何況零誤差的預測在實務上是不容易取得的；第二種方法是增加工廠的生產能力以應付大的需求變化，但增加產能可能造成過多的成本支出和淡季時的產能浪費，因此本研究在情境二中將情境一的現行產能增加 10%，來觀察增加產能後真的能使供貨情況改善？能減少供應鏈的缺貨和退貨，增加淨利和投資

報酬率？還是會因為過多的成本支出和產能浪費而使得淨利和投資報酬率降低？

結果二：僅增加產能，無法有效改善供應鏈績效，反而會帶來更多的淨利損失和退貨

當推式供應鏈陷入高供貨率與低庫存的兩難抉擇困境時，既然難以尋求準確的預測方法來有效預測需求而補貨，所以本研究在情境二實驗中採行另一種一般用來解決兩難困境的方法 → 增加產能 10%。經過 52 周供應鏈的供補貨模擬，由表 4 實驗結果可知，單單增加產能 10%後的結果，雖與情境一相比，可以減少經銷商缺貨，但淨利和投資報酬率卻大幅減少，原因是增加產能會增加營運成本，進而減少淨利，減少投資報酬率(ROI=NP/I)；此外，生產增加也容易造成系統存貨的增加，實驗結果中平均的系統存貨從 248,748 增加到 295,842，增加幅度達 18.9%，從統計的 t 檢定方法可以客觀的陳明情境二的系統存貨的確較情境一的系統存貨有顯著性的增加(表 5 之 P 單尾值=7.44844E-06<0.05，顯示情境二的系統存貨顯著大於情境一)。以上結果顯示，在推式系統中單單的增加產能的對策，絕非是解決供應鏈問題的良策。

在江治璋(2009)的文獻研究中曾證實在單一階層的供應鏈中，績效不佳的主因是因為管理者所使用的補貨管理方式，並且也驗證拉式系統比推式系統能提供更佳的供應鏈績效，以這結論為基礎，在本研究的三階一對多供應鏈中情境三的補貨策略是，將零售商的補貨策略改為拉式補貨，經銷商的區域倉庫補貨策略則維持推式，藉由此實驗來觀察零售商採拉式補貨對供應鏈的績效是否有所影響？有出現什麼問題嗎？各個績效指標如何變化？整體的供應鏈績效如何？

表 5 情境一與情境二的平均存貨差異分析

		變數 1		變數 2	
F 檢定：兩個常態母體變異數的檢定		平均數	248748	平均數	295842
		變異數	419642951.1	變異數	225256928.9
		觀察值個數	10	觀察值個數	10
		Pooled 變異數	322449940	假設的均數差	0
		自由度	18	10 t 統計	-5.864343912
		9 P(T<=t) 單尾	7.44844E-06	臨界值：單尾	1.734063592
		臨界值：雙尾	2.100922037	P(T<=t) 雙尾	1.48969E-05
		臨界值：單尾	3.178893105	臨界值：雙尾	2.100922037

結果三: 供應鏈中單一成員採用拉式補貨，僅能帶來供應鏈局部績效的提升

仔細觀察表 4 中情境一實驗數據結果可以發現，淨利的虧損主要大部分來自於退貨和零售商缺貨過多，因此在情境三中的補貨策略有所改變，零售商改採用以需求拉動補貨策略，期待能有效改善零售商缺貨和過期退貨，而表 4 之情境三的實驗結果如預期所料，零售商採用需求拉動補貨策略下，零售商缺貨由 800 個降到了 97 個，過期退回產品的數量減少了 1,943 個(2,774-831)，供應鏈的淨利增加了 49,091 (31,484+17,607)美元，平均投資報酬率由-5.41%增加到 9.45%，供應鏈績效獲得改善，所以驗證了零售商的拉式補貨績效遠高過推式補貨，可以使零售商有更合乎經濟成本的缺貨和退貨，改善淨利和投資報酬率。然而，此時供應鏈還有另外的問題存在，情境三中的經銷商缺貨比情境一增加許多 (平均值由 45 增加到 245)，這表示採行推式補貨的經銷商無法有效的因應零售商的需求，經銷商對零售商的需求產生了嚴重的缺貨情況，此時供應鏈中的供應商的補貨策略仍須要改善，整體供應鏈的績效仍然未達最佳。本研究嘗試將經銷商的補貨策略改為拉式補貨，零售商的補貨策略改回推式補貨，以觀察單單經銷商採用拉式補貨在此三階一對多模擬供應鏈實驗中所產生的影響為何？有出現什麼問題？各個績效指標如何變化？整體的供應鏈績效如何？情境四中將進行此模擬實驗。情境四將經銷商區域倉庫的補貨方式改為拉式補貨，而零售商仍採推式補貨，並建立了一工廠倉庫 (中央倉庫)，模擬結果如表 4 所示的結果可以發現，在經銷商從推式供貨改為拉式供貨後，經銷商對零售商的平均缺貨數量從 45 降低到了個位數 23 個單位，顯示經銷商採行拉式補貨極其有效地減少經銷商缺貨。由於零售商的供貨策略並未有所改變，都是推式補貨，所以情境一和情境四的零售商缺貨在統計上沒有顯著性的差異(表 6 的 t 檢定結果 $P=0.058826587 > 0.05$)，顯示兩情境的零售商缺貨沒有顯著性的差異。

表 6 情境一與情境四的零售商缺貨差異分析表

		變數 1		變數 2	
F 檢定：兩個常態母體變異數的檢定		平均數	799.8	平均數	737.8
		變異數	8382.177778	變異數	5850.844444
		觀察值個數	10	觀察值個數	10
		Pooled 變異數	7116.511111	Pooled 變異數	7116.511111
		假設的均數差	0	假設的均數差	0
		自由度	18	自由度	18
		10 t 統計	1.643399406	10 t 統計	1.643399406
		P(T<=t) 單尾	0.058826587	P(T<=t) 單尾	0.058826587
		臨界值：單尾	1.734063592	臨界值：單尾	1.734063592
		P(T<=t) 雙尾	0.117653174	P(T<=t) 雙尾	0.117653174
		臨界值：雙尾	2.100922037	臨界值：雙尾	2.100922037
變數 1		變數 2			
平均數	799.8	平均數	737.8		
變異數	8382.177778	變異數	5850.844444		
觀察值個數	10	觀察值個數	10		
自由度	9	自由度	9		
F	1.432644101	F	1.432644101		
P(F<=f) 單尾	0.3004256	P(F<=f) 單尾	0.3004256		
臨界值：單尾	3.178893105	臨界值：單尾	3.178893105		

另外，情境四下中央倉庫的設置，能將補貨時間從原來的「訂貨前置時間」，「生產前置時間」和「運輸前置時間」的總和，減少到只剩「運輸前置時間」，補貨時間減少能更快的回應市場需求，這種方法提高了補貨的可靠性和彈性，對經銷商供貨情況、退貨的減少、增加投資報酬率和淨利有重要的改善。

接著我們再比較情境三(經銷商是推式，零售商是拉式)與情境四(經銷商是拉式，零售商是推式)的結果(表 4)可以得知，不論經銷商或是零售商採用拉式補貨，都可以減少自己的缺貨。從以上數個模擬實驗結果，我們肯定了供應鏈個別成員採行拉式補貨可以帶來個別的正面的效益，因此，本研究將要驗證零售商與經銷商同時採用拉式補貨，是否可以為供應鏈帶來更好的整體績效？因此在本研究的最後一個實驗中，供應鏈的所有成員將採用拉式系統，以觀察供應鏈的整體績效是否是最好的？我們預期能驗證出在零售商與供應商都同時採行拉式補貨下，供應鏈將有最好的整體績效。

結果四: 供應鏈中所有成員都採用拉式補貨，才能為供應鏈帶來最佳的整體效益

如上所述，情境五中經銷商和零售商將同時都採用需求拉動補貨，並同時設有中央倉庫，我們比較情境五與其他情境結果(表 4)，從各類績效指標的分析，可以得到以下結論：

1. **缺貨指標(經銷商缺貨和供應商缺貨)**：部分的供應鏈成員，例如經銷商或零售商，採行拉式補貨後(情境三或情境四)，可以為供應鏈帶來局部的效益，使得退貨和缺貨減少、淨利和投資報酬率增加；當所有成員同時採行拉式補貨，供應鏈中的缺貨幾近於零。
2. **退貨指標(過期退回)**：供應鏈中若僅有某一成員(經銷商或零售商)由推式補貨改為拉式補貨，對自身的缺貨和退貨的控制可以達到明顯的降低效果，然而當經銷商和零售商都同時採行拉式補貨，平均退貨大幅的降低到 15，退貨情況十分良好。
3. **利潤指標(淨利和投資報酬率)**：某一供應鏈成員採用拉式補貨後可以使淨利增加，但如果所有成員都採用拉式補貨的話，淨利將會大幅增加，本實驗結果淨利高達 49,978，投資報酬率高達 17.59%，徹底改善情境一的負淨利和負投資報酬率，同樣也遠高於部分採行拉式補貨的情境三(淨利是 31,484，投資報酬率是 9.45%)與情境四(淨利是 21,802，投資報

酬率是 7.87%)。

4. **存貨指標 (系統存貨)**：全員採行拉式補貨的供應鏈的系統存貨也大幅減少到 134,212，與其他推式補貨策略或是部分拉式策略的情境一(248,748)、情境三的(207,432)和情境四的(212,980)相比，情境五的系統存貨情況最佳。

由情境五的各項績效指標的良好結果，使我們可以確信拉式補貨的效用與供應鏈間成員的供補貨效應緊緊相連，唯有所有的成員都在供補貨策略上能以拉式補貨互相配合，才能為供應鏈帶來最佳的整體績效。

參、 結論

本章研究模擬一對多的多階配銷系統，用來觀察補貨與庫存策略對供應鏈績效的影響。在模擬實驗中，使用不同的策略來進行庫存控制和管理，在情境一中經銷商和零售商都使用傳統的推式補貨模式，這種方法不能有效地應對快速的市場需求，造成庫存過剩和產品過期退貨。

針對此推式補貨的問題，過去常用兩種方法來解決，一是尋求更準確的預測方法來預測需求，但預測不容易準確且有長鞭效應的存在，使得就算是零誤差的預測，仍會帶來缺貨和過期退貨的問題，二是增加產能來應付需求的變化，所以在第二情境中，我們嘗試增加了工廠的產能，但仍然無法解決問題，因此我們將零售商改為需求拉動式補貨，拉式補貨方法於此開始應用。雖然此時零售商的缺貨情況有所改善，但它並不完全令人滿意，因為經銷商缺貨增加，此乃是因為上游經銷商，不能即時滿足零售商的產品需求。

因為上述的問題，我們設計了經銷商採行拉式補貨的情境四來驗證經銷商採拉式補貨的績效，實驗結果顯示經銷商以拉式補貨有效解決了經銷商缺貨的問題。

最後，情境五讓所有的供應鏈成員(經銷商和零售商)都採行拉式補貨，得到驗證的結果是：所有供應鏈中成員同時採用需求拉動補貨，加上中央倉庫的設立並有動態的庫存水準彈性情況下，供應鏈能有最好的整體績效。

參考文獻

中文部分

1. 張育昇，利用庫存管理遊戲進行不同補貨策略之比較，國立交通大學，碩士論文，民國 98 年。
2. 江治緯，「以實驗比較推式系統與拉式系統在供應鏈之績效」，國立交通大學，碩士論文，民國 98 年。

英文部分

1. Aben, K., WE Responsive supply chain. 5th National supply chain management congress, UK, 2006.
2. Anderson, D. L., and Lee, H. L., “The Internet-enabled supply chain: from the first click to the last mile. Achieving Supply Chain Excellence through Technology, Vol.2, pp.1-6, 2000.
3. Anupindi, R., T.E. Morton and D. Pentico, “The non-stationary stochastic lead-time inventory problem: Near-myopic bounds, heuristics, and testing.” Management Science, Vol. 42, No. 1, pp.124-129, 1996.
4. Belvedere, V., and Grando, A, “Implementing a pull system in batch/mix process industry through theory of constraints: a case-study,” Human Systems Management, Vol. 24, No. 1, pp.3–12, 2005.
5. Chen, B., Ip, W. H, and Li, Y, “The Study and Application of CPFR Model and Its Analysis in China,” Service Systems and Service Management International Conference, Vo. 1, pp.745-749, 2006.
6. Chen, F., Drezner, Z., J. K, Ryan and Simchi-Levi, D, “Quantify the bullwhip effect in a simple supply chain the impact of forecasting, lead times, and information,” Management Science, Vol. 46, No. 3, pp.436-443, 2000.
7. Cooper, M.J., and Loe, T.W, “Using the theory of constraints’ thinking processes to improve problem-solving skills in marketing,” Journal of Marketing Education, Vol. 22, No. 2, pp.137-146, 2000.
8. Camp, H. F., , Making TOC distribution work--the story of a small company and a mega brand. TOCICO International Conference, Miami, Florida, 2006.
9. Disney, S.M., and Towill D.R, “On the Bullwhip and Inventory Variance Produced by an Ordering Policy,” Omega, Vol. 31, No. 3, pp.157-167, 2003.

10. Duclos, L. K. and Spencer, M. S., "The Impact of a Constraint Buffer in a Flow Shop," *International journal of Production Economics*, Vol. 42, pp.175-185, 1995.
11. Forrester J W., "Industrial dynamics, MIT Press, Cambridge," MAA, 1961.
12. Goldratt, E.M., "The Haystack Syndrome: Sifting Information Out of the Data Ocean, North River Press, Great Barrington, MA, 1990.
13. Goldratt, E.M., "The goal: a process of ongoing improvement," Aldershot, Hants, England: Gower, 2004.
14. Goldratt, E.M., "Reliable rapid response tree", Goldratt Group, 2006.
15. Goldratt, E.M., "The Strategy & Tactic Tree for Projects", Paper presented at the web conference, 2006.
16. Goldratt, E.M., "The Choice," New York: North River Press, 2008a.
17. Goldratt, E.M., "Standing on the Shoulders of Giants", Retrieved Nov 11, 2008b, from: <http://www.tocico.org/i4a/pages/index.cfm?pageid=3615>.
18. Goldratt, E.M., R. Goldratt, and Abramov, E., "Strategy and tactics Part one and Part two," Goldratt marketing group, Goldratt consulting.Com, 2009.
19. Grant, M., The science of successful TOC holistic implementation, TOCICO International Conference, Las Vegas, Nevada, 2008.
20. Hoffman, G. and Cardarelli, H., "Implementing TOC supply chain: a detailed case study – MACTac . New Haven, CT: AGI Institute, 2002.
21. Holt, J.R., "TOC in supply chain management," constraints management symposium proceedings, 22–23 March, Phoenix, AZ. Alexandria, VA: APICS, pp.85–87, 1999.
22. Hopp, W.J., and Spearman, M.L. "Commissioned Paper: To Pull or Not to Pull: What Is the Question?", "Manufacturing & Service Operations Management, Vol. 6, No. 2, pp. 133-148, 2004.
23. Krishan, A. and Kotheekar, K., "Decisive Competitive Edge in. Auto After Market," TOCICO conference , 2007.
24. Lee, H.L., V. Padmanabhan and Whang, S, "Information distortion in a supply chain the study on bullwhip effect," *Management Science*, Vol. 43, No. 4, pp546-558, 1997b.
25. Lilly, M.," Implementing simplified Marketing pull," TOCICO International Conference, Miami, Florida, 2004.

26. Lockamy, A., and Spencer, M.S, "Performance measurement in a theory of constraints environment," *International Journal of Production Research*, Vol. 36, No. 8, pp 2045-2060, 1998.
27. Mabin, V. J., and Balderstone, S. J, "The world of the theory of constraints: A review of the international literature," Boca Raton, FL: St. Lucie Press, 2000.
28. Novotny, D.J., "TOC supply chain case study," 1997 APICS constraints management symposium proceedings , 17–18 April, Denver, CO. Alexandria, VA: APICS, pp.78–79, 1997.
29. Parker, R, "Oracle Launches Supply Chain Solution on Internet," *Supply Management*, Vol. 6, No. 15, pp.15-21, 2001.
30. Patnode, N.H., "Providing responsive logistics support: applying LEAN thinking to logistics," *Constraints management symposium proceedings*, 22–23 March, Phoenix, AZ. Alexandria, VA: APICS, pp.93–96, 1999.
31. Perez, J.L., "TOC for world class global supply chain management," *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 33, No. 1, pp.289–293, 1997.
32. Platt, D.E., L.W. Robinson., and Freund, R.B, "(Q, R) heuristic models for constrained service levels," *Management Science*, Vol. 43, No. 7, pp.951-965, 1997.
33. Ploss, R., *Implementing customer demand Pull in Asia, the world conference on TOC, Lean and six sigma*, Uncasville, CT, 2008.
34. Ricketts, J.A, "Reaching the Goal: How Managers Improve a Services Business Using Goldratt's Theory of Constraints: IBM Press," 2007.
35. Schragenheim, E., and Ronen, B, "Drum-buffer-rope shop floor control," *Production and Inventory Management Journal*, Vol. 31, No. 3, pp.18–22,1990.
36. Schragenheim, E., "Using SDBR in Rapid Response Projects," Goldratt Group, 2006.
37. Schragenheim, E., "Managing Distribution According to TOC Principles," *Inherent Simplicity Ltd*, 2007.
38. Simatupang, T.M., A.C. Wright., and Sridharan, N, "Applying the theory of constraints to supply chain collaboration," *Supply Chain Management: an International Journal*, Vol. 9, No. 1, pp. 57–70, 2004.
39. Sterman, J.D., "Modeling managerial behavior misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment," *Management Science*, Vol. 35, No. 3,

- pp.321-339, 1989.
40. Smith, D.A, "Linking the supply chain using the theory of constraints logistical applications and a new understanding of the role of inventory/buffer management," Constraints management technical conference proceedings, 19–20 March, San Antonio, TX. Alexandria, VA: APICS, pp.64–67, 2001.
 41. Subhash, W., Bibhushan., and Felix T.S. Can, "Inventory Performance of Some Supply Chain Inventory Polices under Impulse Demands," International Journal of Production Research, Vol. 47, No. 12, pp.3307-3332, 2009.
 42. Umble, M., E.J. Umble., and Murakami. S, "Implementing theory of constraints in a traditional Japanese manufacturing environment: the case of Hitachi Tool Engineering," International Journal of Production Research, Vol. 44, No. 10, pp. 1863-1880, 2006.
 43. Umble, M.M., and Umble, E.J, "Drum-Buffer-Rope for Lower Inventory." Industrial Management, Vol. 41, No. 5, pp.24-33, 2000.
 44. Vargas, V.A., and Metters, R, "Adapting lot-sizing techniques to stochastic demand through production scheduling policy," IIE Transactions, Vol. 28, No. 2, pp.141-148, 1996.
 45. Waite, J., S. Gupta., and Hill, H, "Meritor HVS story.1998 APICS constraints management symposium proceedings," 16–17 April, Seattle, WA. Alexandria, VA: APICS, pp.1–9, 1998.
 46. Watson, K. and Polito, T, "Comparison of DRP and TOC financial performance within a multi-product, multi-echelon physical distribution environment," International Journal of Production Research, Vol. 41, No. 4, pp.741–765, 2003.
 47. Yuan, K.J., S.H. Chang., and Li, R.K, "Enhancement of theory of constraints replenishment using a novel generic buffer management procedure," International Journal of Production Research, Vol. 41, No. 4, pp.725–740, 2003.Cole, H. and Jacob, D, "Introduction to TOC supply chain," New Haven, CT: AGI Institute, 2002.

附錄一 在五情境模擬下的原始實驗數據

模擬情境	情境一
------	-----

52 週平均值	指標						
組別	經銷商缺貨	零售商缺貨	退貨	淨利	投資報酬率	系統存貨	
1	139	925	3015	-17128	-5.26	230140	
2	37	817	2948	-20415	-6.27	235080	
3	139	919	2543	-12813	-3.93	236540	
4	25	720	2256	-3796	-1.17	240980	
5	68	848	2670	-10396	-3.19	229880	
6	0	631	2093	-7354	-2.26	290660	
7	11	847	3668	-40283	-12.37	244080	
8	0	773	2889	-24145	-7.41	278580	
9	33	789	3118	-27208	-8.35	251720	
10	0	729	2543	-12536	-3.85	249820	
平均	45	800	2774	-17607	-5.41	248748	

模擬情境	情境二
------	-----

52 週平均值	指標						
組別	經銷商缺貨	零售商缺貨	退貨	淨利	投資報酬率	系統存貨	
1	0	819	2558	-20641	-6.34	284940	
2	0	1085	2978	-27491	-8.44	281340	
3	0	916	2906	-28006	-8.60	278740	
4	30	988	3322	-46500	-14.27	305260	
5	0	955	3264	-38523	-11.83	274980	
6	0	1091	3487	-44692	-13.72	298100	
7	0	791	2793	-29191	-8.96	305740	
8	0	904	2816	-32139	-9.87	311760	
9	0	1009	3028	-37822	-11.61	318540	
10	3	1187	3000	-34962	-10.73	299020	
平均	3	975	3015	-33997	-10.44	295842	

模擬情境	情境三
------	-----

52 週平均值	指標						
組別	經銷商缺貨	零售商缺貨	退貨	淨利	投資報酬率	系統存貨	
1	430	200	928	28838	8.65	198320	

國科會移地研究報告

本次移地研究有兩個目的:第一個是在北京與上海邀請台商與大陸相關公司從事供應鏈的相關人員，參加我們所設計的模擬遊戲，收集資料以便驗證拉式供應鏈管理模式無法有效被採用的原因，並證明拉式供應鏈是有效且可行的。第二個是到深圳拜訪一家台資企業了解他們目前採用拉式供應鏈管理的問題。

在北京與上海總個約有150人參加，我們首先介紹實驗的目的其次進行兩次模擬遊戲。遊戲一小組的角色是需求端管理人員，負責管理需求端的存貨與對供給端下訂單補其存貨水位。遊戲一進行的方式如下: 1. 遊戲說明與目的。2. 給予小組30分鐘討論與決定如何管理此簡單供應鏈系統(如何決定目標庫存水位與如何決定何時跟供給端下多少量)。3. 執行實驗一。4. 實驗一結果討論與說明，驗證實驗一的管理模式(拉式或推式)。5. 實驗二說明與進行(實驗二不需小組參與模擬系統會自動執行)。6. 實驗三說明與進行。7. 實驗三結果討論與比較。

遊戲二小組的角色是此供應鏈系統源頭(生廠工廠)的管理者，負責管理此工廠生產滿足其客戶(五個區域倉庫與20個零售商)的需求。遊戲進行的方式如下: 1. 遊戲說明與目的。2. 給予小組30分鐘討論與決定如何管理此工廠(決定每天要生產的產品總類與生產數量)。3. 執行實驗一。4. 實驗一結果討論與說明。5. 實驗二說明，進行與實驗一結果比較。6. 實驗三說明，進行與實驗一與二結果比較。7. 實驗四說明，進行與實驗一，二與三結果比較。

參與者不管台商或大陸廠商都對拉式供應鏈感到興趣，尤其是流行產業，例如服裝與鞋業，皆遭受到暢銷品缺貨不暢銷品庫存太高的困擾。他們透過模擬遊戲的演練，幾乎都同意應該改推式供應鏈為拉式供應鏈的運作，我們也收集從推式改拉式會遭遇到的實務問題。

在深圳我們拜訪台資從事中高端女鞋 ODM 公司，此公司全部外銷，主要客戶皆為歐美知名品牌公司，公司年產約 1000 萬雙。公司多年來已深深地體會除了產品開發設計外，如何建立拉式供應鏈管理管理平台，協助客戶降低庫存與避免缺貨，是未來與其他公司競爭的關鍵因素 (也就是除了賺設計財外也要賺管理財)。然而公司卻遭遇到無法吸引優秀的供應鏈管理人才的加入，是目前其最大的困擾。另外此家公司也想自創品牌做大陸內銷市場的生意，但是從事外銷不需太多資金，自品牌走內銷資監視一大問題，另萬如何做好通路管理也是挑戰。

此次在大陸的移地研究，感受到大陸是一個大市場，不像歐美市場生產在亞太，因此供應鏈多拉得很長。大陸市場生產在大陸，雖然供應鏈較短，相對之下競爭更激烈，因此供應鏈管理的建立更是重要。台商們都知道，要在大陸內銷市場佔有一席之地，除了產品外供應鏈管理是關鍵因素。此外此次移地研究接觸相當多的陸資企業，參與實驗者幾乎皆為公司高階主管，反觀台商都是中階主管，從參與者的身分可以感受道路資企業求進步的心態，此點值得台資企業注意。

國科會移地研究報告

本次移地研究有兩個目的:第一個是在北京與上海邀請台商與大陸相關公司從事供應鏈的相關人員，參加我們所設計的模擬遊戲，收集資料以便驗證拉式供應鏈管理模式無法有效被採用的原因，並證明拉式供應鏈是有效且可行的。第二個是到深圳拜訪一家台資企業了解他們目前採用拉式供應鏈管理的問題。

在北京與上海總個約有150人參加，我們首先介紹實驗的目的其次進行兩次模擬遊戲。遊戲一小組的角色是需求端管理人員，負責管理需求端的存貨與對供給端下訂單補其存貨水位。遊戲一進行的方式如下: 1. 遊戲說明與目的。2. 給予小組30分鐘討論與決定如何管理此簡單供應鏈系統(如何決定目標庫存水位與如何決定何時跟供給端下多少量)。3. 執行實驗一。4. 實驗一結果討論與說明，驗證實驗一的管理模式(拉式或推式)。5. 實驗二說明與進行(實驗二不需小組參與模擬系統會自動執行)。6. 實驗三說明與進行。7. 實驗三結果討論與比較。

遊戲二小組的角色是此供應鏈系統源頭(生廠工廠)的管理者，負責管理此工廠生產滿足其客戶(五個區域倉庫與20個零售商)的需求。遊戲進行的方式如下: 1. 遊戲說明與目的。2. 給予小組30分鐘討論與決定如何管理此工廠(決定每天要生產的產品總類與生產數量)。3. 執行實驗一。4. 實驗一結果討論與說明。5. 實驗二說明，進行與實驗一結果比較。6. 實驗三說明，進行與實驗一與二結果比較。7. 實驗四說明，進行與實驗一，二與三結果比較。

參與者不管台商或大陸廠商都對拉式供應鏈感到興趣，尤其是流行產業，例如服裝與鞋業，皆遭受到暢銷品缺貨不暢銷品庫存太高的困擾。他們透過模擬遊戲的演練，幾乎都同意應該改推式供應鏈為拉式供應鏈的運作，我們也收集從推式改拉式會遭遇到實務問題。

在深圳我們拜訪台資從事中高端女鞋 ODM 公司，此公司全部外銷，主要客戶皆為歐美知名品牌公司，公司年產約 1000 萬雙。公司多年來已深深地體會除了產品開發設計外，如何建立拉式供應鏈管理管理平台，協助客戶降低庫存與避免缺貨，是未來與其他公司競爭的關鍵因素 (也就是除了賺設計財外也要賺管理財)。然而公司卻遭遇到無法吸引優秀的供應鏈管理人才的加入，是目前其最大的困擾。另外此家公司也想自創品牌做大陸內銷市場的生意，但是從事外銷不需太多資金，自品牌走內銷資監視一大問題，另萬如何做好通路管理也是挑戰。

此次在大陸的移地研究，感受到大陸是一個大市場，不像歐美市場生產在亞太，因此供應鏈多拉得很長。大陸市場生產在大陸，雖然供應鏈較短，相對之下競爭更激烈，因此供應鏈管理的建立更是重要。台商們都知道，要在大陸內銷市場佔有一席之地，除了產品外供應鏈管理是關鍵因素。此外此次移地研究接觸相當多的陸資企業，參與實驗者幾乎皆為公司高階主管，反觀台商都是中階主管，從參與者的身分可以感受道路資企業求進步的心態，此點值得台資企業注意。

無研發成果推廣資料

101 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：李榮貴		計畫編號：101-2221-E-009-106-					
計畫名稱：應用模擬遊戲克服企業不採用拉式供應鏈管理模式的三個障礙							
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	1	1	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	2	2	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
國外	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	1	1	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		章/本
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（外國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

<p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	<p>參與實驗收集資料過程的業者皆對拉式補貨有清楚的了解，也有業者表明願意在其公司推行</p>
--	---

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

可提供實務界人士設計供應鏈管理系統之參考