

協同運輸管理對供應鏈之影響

THE IMPACT OF COLLABORATIVE TRANSPORTATION MANAGEMENT ON SUPPLY CHAIN

馮正民 Cheng-Min Feng¹

袁劍雲 Chien-Yun Yuan²

林義誠 Yi-Chen Lin³

(95 年 9 月 18 日收稿，95 年 12 月 18 日第一次修改，96 年 1 月 18 日
第二次修改，96 年 8 月 16 日定稿)

摘 要

供應鏈管理的目的在提升不同企業夥伴合作的效果，其中協同運輸管理 (CTM) 是經由供應鏈的貿易夥伴與運輸服務業者實際地分享資訊與有效地合作，以減少實體流的瓶頸，達到改善供應鏈效率的目的。鑑於過去文獻對供應鏈協同的研究大多著重於探討供應鏈體系中不同階層成員的合作，較少探討運輸管理對供應鏈的影響，故本研究應用系統動態學方法構建一個包含 CTM 的供應鏈模擬模式，以探討 CTM 對供應鏈結構的影響。將製造商、物流中心與運輸業者考量為協同的參與者，假設三種情境：(1) 沒有運輸容量限制，沒有實施 CTM；(2) 有運輸容量限制，沒有實施 CTM；(3) 有運輸容量限制，有實施 CTM。研究結果顯示 CTM 可達到降低供應鏈成本、改善長鞭效應及提升運輸容量利用率的效果，CTM 帶來的成本改善效果從上游往下游具有時間延遲

-
1. 國立交通大學交通運輸研究所教授 (電話：02-23494966；E-mail：cmfeng@mail.nctu.edu.tw)。
 2. 致理技術學院行銷與流通管理系副教授 (聯絡地址：220 臺北縣板橋市文化路 1 段 313 號致理技術學院行銷與流通管理系；電話：02-22576167 分機 358；E-mail：cy_yuan@mail.chihlee.edu.tw)。
 3. 致理技術學院企業管理系副教授 (電話：02-22576167 分機 543；E-mail：ychlin@mail.chihlee.edu.tw)。

的現象，表示 CTM 效果依然受限於供應鏈結構性的限制，其對下游的影響並非立竿見影。供應鏈各成員的成本改善會隨時間點而改變，長期言，下游零售商受益最大，且成本改善效果是受運輸可供應容量的上限影響，與可供應容量下限無關。當單位存貨成本愈高時，CTM 的效果就愈大。隨訂單延滯時間縮短，供應鏈成本亦呈下降趨勢。

關鍵詞：協同運輸管理、供應鏈、長鞭效應、系統動態學

ABSTRACT

The purpose of Supply Chain Management (SCM) is to improve collaborative efforts among various business partners. Collaborative Transportation Management (CTM) is based on sharing of information and collaboration between trading partners and carriers on the supply chain, in order to avoid the inefficiency of physical distribution and accomplish the objective of improving the efficiency of supply chain management. Past studies in supply chain collaboration mostly focused on the parties of supply chains. Little attention, however, has been paid to the impact of transportation management on SCM performance. We propose a concept of CTM and the application of a System Dynamics approach to develop a supply chain simulation model using CTM to explore its impacts on the structure of supply chains. Three different scenarios are simulated: (1) unconstrained transportation capacity without CTM; (2) constrained transportation capacity without CTM; and (3) constrained transportation capacity with CTM. The manufacturers, distributors and carriers are considered to be the partners of CTM. Results of the simulation demonstrate that the potential supply chain cost savings and the bullwhip effect of supply chains as well as the overall transportation capacity utilization are improved. This study found that cost improvement has a time delay from upstream to downstream and is varied with time. The impacts on the downstream are not immediate, and are limited by the structure of the supply chain. Supply chain costs are affected by the maximum available transportation capacity and are unrelated to the minimum available transportation capacity. The effects of CTM become significant with the increase of unit inventory cost. Supply chain cost is diminishing with order delay reduction.

Key Words: Collaborative transportation management; Supply chain; Bullwhip effect; System dynamics

一、前言

由於經濟全球化與市場全球化的發展，全球運籌管理已成為企業營運的重要課題。為快速回應市場需求，愈來愈多的廠商營運以及時作業 (just-in-time) 為基礎，迫使製造商與零售商必須縮短供應鏈的規劃週期與配送時間，以達到快速交貨之服務。因為追求較短的

供應鏈計畫週期以及整體價值鏈最小存貨的目標，使得運輸能力變成供應鏈流程的一個關鍵機會所在 (Browning 與 White^[1]；Morash 與 Clinton^[2])。

運輸服務在訂單前置時間⁴ (order lead time) 中代表一個主要的構成要素，訂單前置時間的變化大多是由運輸時間的變化所引起 (CTM White Paper^[3])。由於運輸業具無法儲存性，且運輸需求有明顯的尖峰與離峰之別，而供給能量卻是固定不變，因此，供需無法完全配合在運輸業可說是無法避免的現象 (張有恆^[4])。故在短期內，運輸業常受到無法增加供給能量與不容易尋找替代品的特性限制，廠商的補貨商品是否能在適當的時間置於適當的地方，將攸關供應鏈管理的成敗。如果運送人無法供應足夠的運輸容量來配合廠商的出貨計畫，經常造成存貨正在處理中，但卻是狀態不明或時間延遲等現象，此時，買方、賣方的廠商必須保持較高的存貨水準以因應此種不確定的因素 (Browning 與 White^[1])。另一方面，廠商為了提供快速服務，可能必須考量在主運送人之外，再尋找輔助運送人，而通常輔助運送人提供的運輸費率卻沒有主運送人的優惠，因而增加了貨主的運輸成本。因此，運輸問題經常變成了供應鏈流程中的關鍵瓶頸。

供應鏈的問題不是單一的供應鏈成員可以獨立解決的，因此，供應鏈夥伴之間的協同合作 (collaboration) 議題引起許多企業廣泛的興趣。過去有關供應鏈協同合作的研究焦點多在探討供應鏈體系中不同階層成員的合作，例如供應商、製造商、物流中心 (或配銷商)、零售商等 (Armistead 與 Overton^[5]；Bowersox^[6] 等人；Holmberg^[7]；Hoyt 與 Hug^[8]；Stank^[9] 等人；Skjoett-Larsen^[10] 等人；Thomas 與 Griffin^[11]；Holweg 等人^[12]；Tage, 2003；Simatupang 與 Sridharan^[13])。事實上，供應鏈的下游並不只是由其顧客組成，還應該包括第三方組織，例如物流運輸服務業 (Mentzer 等人^[14]；Esper 與 Williams^[15])。Sutherland^[16]；Browning 與 White^[1]；Esper 與 Williams^[15] 及 Bishop^[17] 均認為供應鏈交易夥伴之間為改進存貨成本、收益及服務水準，而實施的協同規劃、預測與補貨系統 (Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment, CPFR)，尚未將企業的合作關係延伸與運輸成員相連接。由於 CPFR 系統可協助企業改進銷售預測及自動產生補貨訂單，然並未將訂單資訊與運輸、配送管理連結，因此部分資訊的斷連，使得企業在供應鏈的規劃與執行之間增加了模糊不清的地帶，導致存貨水準增加 (Browning 與 White^[1])。為減少物流瓶頸的發生，以及改善與運輸成員的缺乏互動所產生的無效率，貨主與物流運輸服務業必須更緊密的合作。

本研究之目的為將運輸成員納入供應鏈夥伴，整合買方、賣方與運輸物流服務業，在有運輸容量的限制條件下，構建一個加入協同運輸管理 (collaborative transportation management, 以下簡稱 CTM) 的供應鏈模式，以了解在供應鏈中實施 CTM 對整體結構產生的影響。研究之範疇界定供應鏈體系包括製造商、物流中心、批發商、零售商至顧客。研究重點以啤酒遊戲 (beer game) 理論模式為基礎，構建一個一般化的 CTM 供應鏈模式。透過實驗設計的方法將 CTM 運用於製造商與物流中心之通路上，探討供應鏈上游結構改變，對後端中游及下游廠商造成的影響效果，及實施 CTM 對供應鏈成本、長鞭效應 (bullwhip

4. 指從顧客下訂單到交貨的時間。

effect) 與運輸容量利用率的影響變化型態 (patterns of behavior)。最後，透過變動可供應運輸容量 (available capacity)、單位存貨成本、訂單延滯函數等參數之敏感度分析，以進一步了解 CTM 對供應鏈績效的影響。研究結果將可供企業於評估導入 CTM 策略時之參考依據。本研究範圍如圖 1 框線範圍所示。

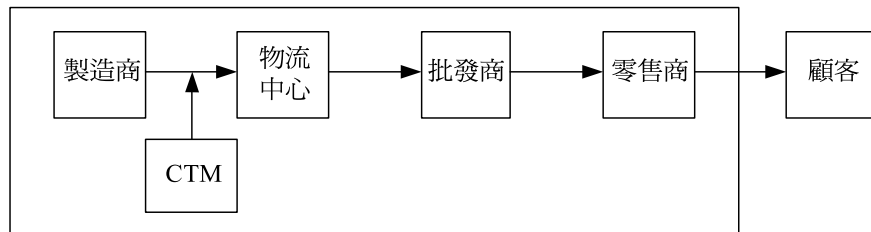


圖 1 研究範圍示意圖

在研究方法方面，由於供應鏈的各個階層組織之間的頻繁互動增加，時間、空間的差距及因果關係，使得供應鏈變成高動態的複雜性 (high dynamic complexity) 系統，很多的因素影響整體價值，而成為非線性的複雜行為 (Sternan^[18])。因為供應鏈問題具有高度複雜、回饋、非線性、環環相扣、以及時間延遲等系統動態學 (system dynamics) 行為及結構等特性，甚多學者應用系統動態的概念來處理 (Akkermans^[19,20]; Sternan^[21]; Towill^[22]; Vos^[23]; Machuca 與 Barajas^[24,25] Naim 與 Towill^[26]; Anonymous^[27]; Georgiadis^[28] 等人; Hung^[29] 等人)。因此，本研究亦應用系統動態學方法構建 CTM 供應鏈模擬模式。第二節先對協同運輸管理與供應鏈協同進行探討，以利分析兩個商業流程之結合；第三節提出 CTM 模式，並將 CTM 模式導入供應鏈系統，構建 CTM 供應鏈模擬模式；第四節為模式模擬與分析，並對可供應運輸容量、單位存貨成本進行敏感度分析，期能了解影響 CTM 效果的關鍵因素；第五節彙整研究結果，並提出未來研究之建議。

二、文獻回顧

協同商務 (collaborative commerce) 為企業之新興管理概念，它的定義非常廣泛，可以說是企業本身、企業間或企業與消費者間為了共同目的 (如產品開發、生產、供應鏈管理、預測、物流、行銷等) 而協同合作，在互信的基礎下，透過運用資訊科技協助完成此目的。Kordal^[30] 指出協同商務是一個可以獲得競爭優勢的策略，在今日的企業環境中，協同商務是可以減少許多不確定因素的一個方法。本研究文獻探討主要分為協同運輸管理的定義與流程、供應鏈整合及以系統動態構建供應鏈管理模式之研究等三個方向。茲分述如后。

2.1 協同運輸管理 (CTM) 的定義與流程

協同運輸管理是一個新的貨主與運送人的夥伴策略，也是一個新的商業模式，它是將運送人納入供應鏈中資訊分享與協同的策略性夥伴，當運送人提高設備使用率時，將可使零售商與其上游供應商減少運輸時間與總成本 (Tyan 等人^[31])。依據國際組織自願性跨產業商務標準物流協會 (VICS) 的 CTM 附屬協會 (CTM Sub-Committee of the Voluntary Inter-Industry Commerce Standards Logistics Committee) 對協同運輸管理的定義：CTM 係整合供應鏈的貿易夥伴與運輸服務業的流程，以消除運輸規劃與執行過程的無效率。CTM 的主要目的為透過聯合的機制，消除供應鏈中運輸部分造成的無效率，以改善所有協同關係參與者的營運績效^[3]。

協同 (collaboration) 比合作 (cooperation) 的意義更廣泛，它要求所有的參與企業應致力於共同的目標，彼此分享資訊、專業知識、承擔風險與共享利益。陳銘崑^[32]認為合作包含整合商業流程，而協同合作則包含彼此間的策略性、戰術性及作業性的決策考量。CTM 是著重於加強三種主要夥伴—買方、賣方與運送人，也就是在物流活動中的託運人 (shipper)、運送人 (carrier) 與收貨人 (receiver) 以及代理的參與者，例如第三方專業物流公司 (3PL)，彼此之間的互動與合作，參見圖 2 所示。協同的參與者藉由分享供給與需求的資訊 (例如訂單預測、異常事件處理、運輸容量需求、可供設備) 及運作能力，來改善整體運輸規劃與執行流程的績效與設備的使用效率 (例如運輸工具、倉庫)。為獲得正面的效益，參與公司之間的流程必須是即時的、可延伸的、自動化以及成本有效的 (Rabinovich^[33]；童毅^[34])。

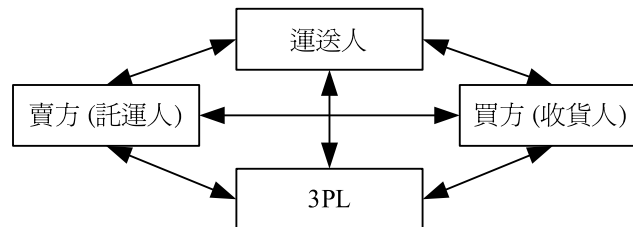


圖 2 CTM 的參與者

CTM 的商業流程 (business process) 分成策略、戰術及作業等三個層級，其作業流程如表 1，主要的內容說明如下^[3,35,36]：

1. 策略層級：為協同的協議範圍與目標之定義，涵蓋的內容包括確認流程步驟、那些資訊要分享，如何分享、運送條款、地理範圍、配送策略、績效衡量、異常管理議定書、如何分配利益等。
2. 戰術層級：為運輸設備需求之規劃，以所有的參與者共同分享裝運預測 (shipment forecast) 為重點，透過貨主事前提供的出貨預測量，來協助運送人掌握預期的裝運量與運輸設備

的需求量，實施的步驟為：(1) 從產品的訂單預測產生裝貨預測，並以此規劃事前的裝運策略（例如整裝或併裝）；(2) 擬定裝運計畫及指派運送人；(3) 裝運預測異常的確認，運送人在收到貨物後檢視實際收貨量與裝運預測規劃的運輸容量是否相符，並確認運輸設備是否不足。如果可供運輸容量不足，則採用事先議定的異常管理（exception management），可能的解決方案包括運送人調整可供運輸容量或是改用預先指定的替代運送人等。

3. 作業層級：以實際裝運規劃、執行與帳務管理的作業流程為主，包括運送策略（例如整裝、併裝、載具等）、排程、貨況訊息、運費結帳（例如付款、對帳）等。

表 1 協同運輸管理的商業流程

層級	參與者	工作項目與流程	參與者
策略	託運人	前置協議	收貨人
	供應商 製造商 配銷商 參與運送者	<ul style="list-style-type: none"> 定義夥伴關係 決定參與的運送人或 3PL 運輸規劃 資訊分享 	製造商 配銷商 零售商 運送人
戰略	託運人	協同訂單預測	收貨人
	供應商 製造商 配銷商		製造商 配銷商 零售商
	參與運送者	產品／訂單預測轉換為裝運預測	運送人
		裝運預測異常的確認 (實際收貨量與裝運預測規劃的運輸容量比較，並確認運輸設備是否不足)	
		裝運預測異常解決方案	
作業	參與運送者	顧客訂單預測	運送人
		交付運送	
	託運人 收貨人	運輸排程	運送人
	託運人 收貨人	貨況追蹤	運送人
	參與運送者	運費結帳	運送人
		績效評估	

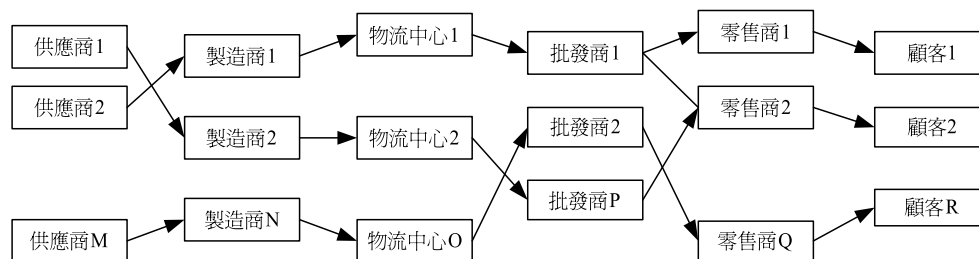
資料來源：CTM White Paper

Esper 與 Williams^[15]指出，CTM 目前處於初期發展階段，它的價值衡量很難從現存的文獻中找到。他們透過與提供協同方案的供應商之深度訪談，以敘述性個案分析資訊科技在 CTM 過程的角色，以及其主觀與數量化的利益，依據其研究認為利用資訊科技實施 CTM 可使運輸成本節省 8.4% 至 20%、即時績效改進 5% 至 30%、車隊使用率增加 10% 至 42%，並可大幅減少管理成本。

Tyan 等人^[31]以敘述性個案研究的方法探討應用 CTM 於台灣筆記型電腦製造商與全球化第三方物流公司的全球供應鏈，分析結果認為實施 CTM 可以減少運送人的運送週期時間以及總營運成本。Feng 與 Yuan^[37,38]，袁劍雲^[39]等人亦應用敘述性個案研究方法，與運輸物流業及跨國電子製造商的深度訪談，同樣認為 CTM 帶來的效益是正面的。且發展一個評估 CTM 的分析架構，透過模擬方法，結果顯示供應鏈成員與運輸服務業協同合作將可以改善供應鏈的績效。

2.2 供應鏈整合

一個供應鏈體系可包含供應商、製造商、物流中心（或配銷商）、批發商、零售商與顧客等成員，如圖 3 所示。供應鏈可以說是企業聯盟間跨功能部門運作程序之整合與協調的合作策略。而供應鏈管理的本質就是在追求企業合作的效率，以較少產品的前置時間與營運成本的最佳考量，來獲取企業營運的競爭優勢（Dornier 等人^[40]；Mclean^[41]）。現代供應鏈管理追求供應鏈裡所有企業或成員的整體最佳下個體才能最佳。因此，藉由供應鏈的合作與企業程序的整合、協調，才能締造企業合作的競爭優勢（張心馨與詹進勝^[42]）。



資料來源：Joshi^[43]

圖 3 簡單的供應鏈結構

關於供應鏈整合 (supply chain integration) 的相關文獻非常多，其中以 MSUSCBRT (Michigan State University Supply Chain Benchmarking Research Team, 1999)^[44]所提出的供應鏈整合架構最為完整與周延，包括顧客整合、內部營運整合、物料及服務供應商整合、技術與規劃整合、衡量整合以及關係整合等六大項構面衡量供應鏈整合。Skjoett-Larsen^[10]等人探討供應鏈廠商對實施 CPFR 跨組織協同的態度與特性，透過問卷調查統計研究顯示，信任是實施 CPFR 參與者的首要條件，廠商對跨組織的供應鏈協同是持正向的態度，

其並驗證企業特性與不同協同領域之間有顯著的關係存在。然相關研究的焦點多在探討供應鏈體系成員的合作，並未將運輸服務業納入考量。

2.3 以系統動態構建供應鏈管理模式之研究

2.3.1 系統動態學

系統動態學 (system dynamics) 又稱為系統動力學，是一種電腦輔助的方法用於分析與解決複雜的問題，並以政策分析與設計為重點，早期稱為產業動態學 (industrial dynamics)。系統動態學是以資訊回饋 (information feedback) 與時間延遲 (delays) 為基礎來了解物理、生物及社會系統的複雜動態行為，起源於 1960 年代初期，由美國麻省理工學院 Forrester^[45] 教授提出，主要用於解決企業、社會組織中具有動態複雜性的問題 (Angerhofer 與 Angelides^[46])。所謂的動態複雜性是指引發問題的因素或變數可能不多，但是變數之間環環相扣，彼此交錯，互為因果，且大都有時間上的延遲。系統動態學是一個運用定量 (quantitative) 的方法來研究社會科學系統與其對政策反應的動態行為之研究方法。因為社會系統包括許多非線性關係，所以 Forrester 應用實驗方法或模擬方法於系統動態學。

系統動態學的主要發展建立在資訊回饋控制理論 (information-feedback control theory)、決策理論 (decision-making process)、實驗方式系統分析 (experimental approach to system analysis)、電腦模擬 (digital computers) 等四項基礎。由於融合了這四個理論基礎，使得系統動態學能夠處理多變數、資訊與因果回饋、動態、非線性以及系統整體互動性的問題。構建模式主要由三個基本元件組成：(1) 不斷增強的回饋 (正回饋環路)，(2) 反覆調節回饋 (負回饋環路)，(3) 時間延滯 (delay) (Kirkwood^[47]；Hughes^[48]；韓釗^[49])。Forrester 認為系統結構、時間延遲與政策，此三項主要資訊對結果有重大影響。

2.3.2 系統動態供應鏈管理相關研究

現今系統動態學應用於供應鏈管理之研究，多為解決供應鏈中所產生的問題，包括存貨管理、政策支援、縮減前置時間、需求擴大、供應鏈設計與整合以及國際供應鏈管理等領域。相關的研究可分成建立模式及理論研究 (modeling for theory building)、實例應用及個案分析 (modeling for problem solving) 及建模方法的改進 (improving the modeling approach) 等三類，彙整說明如表 2。

2.3.3 啤酒遊戲

啤酒遊戲 (beer game) 是 Forrester 發展的物流遊戲，它是一個真實簡化的啤酒製造商物流配送模擬模式，普遍被用於介紹系統思考、動態學、電腦模擬及供應鏈管理等領域 (Joshi^[43])。啤酒遊戲非常適用於供應鏈動態中研究系統微觀結構的效應，例如在已知的環境之下的個別行為與決策。啤酒遊戲可以說是目前應用在供應鏈管理教學中最常見的一個

表 2 系統動態供應鏈管理相關研究整理表

分類	領域	代表性作者	研究重點
建立模式及理論研究	國際供應鏈管理	Akkermans, Bogerd and Vos (1999)	提出一個國際供應鏈管理的因果模式 (causal model)
	存貨管理的決策	Sterman (1989)	以啤酒遊戲探討存貨管理的決策
實例應用及個案分析	存貨管理	Barlas and Aksogan (1997)	在不同的需求型態下測試不同訂單與生產策略
	需求擴大	Anderson, Fine and Parker (1997)	需求擴大導入前置時間、存貨、生產與生產力之探討
	供應鏈再造	Towill (1996) Cakravastial and Diawati (1999)	提出一個減少前置時間、延遲時間與提供決策者資訊的供應鏈改造策略
	供應鏈設計	Vos and Akkermans (1996)	發展一個事前的 (ex ante) 管理決策支援模式
		Berry and Naim (1996)	構建 PC 製造商之供應鏈模擬模式，衡量供應鏈重新設計策略的績效
		Vos (1997)	建立一個跨國生產與物流模式，透過改變生產位置與生產能量提供決策支援管理
		Georgiadis, Vlachos and Iakovou (2005)	以食品產業供應鏈的長期產能規劃策略為探討，發展一個多階層路網供應鏈決策模式，並應用於速食業分析
		Hung, Samsatli and Shah (2006)	考量存貨控制、製造流程、訂單處理等活動，構建一個整合生產排程的事件導向動態供應鏈模式
	績效評估	Machuca and Barajas (1997)	發展一個運用 EDI 降低資訊延滯的啤酒遊戲
		Machuca and Barajas (2004)	以啤酒遊戲為基礎，運用網路供應鏈模擬工具 (web-based supply chain simulator) 測驗 EDI 對供應鏈的影響
改進建模方法	整合的系統動態架構	Naim and Towill (1994) Hafeez, Griffiths and Naim (1996)	整合系統工程於供應鏈，並提出其建模之架構
	PBM 建模	Akkermans (1995)	結合系統動態模式、作業研究及流程諮商 (process consultation) 等理論提出 PBM (participative business modeling) 概念，並應用於物流策略
	協同合作	Feng, Yuan and Lin (2005)，袁劍雲 (2007)	提出協同運輸管理導入供應鏈的分析架構與理論模式
	資訊分享	Joshi (2000)	建立供應鏈即時資訊分享的架構，以啤酒遊戲為模擬實證工具

資料來源：本研究整理

工具，由麻省理工學院系統動態小組研究發展出來，它的目的在於模擬供應鏈常見的長鞭效應，讓這個遊戲的參與者能夠了解一個由許多成員所組成的組織系統，可以影響一個人的行為，進而影響整個組織運作效能（黎漢林^[50]）。

Beer game 是一個對供應鏈四個成員—零售商 (retailer)、批發商 (wholesaler)、配銷商 (distributor) 及製造商 (factory) 的模擬，假設各供應鏈成員沒有庫存容量的限制，成員之間有一固定的供應前置時間 (supply lead time) 及訂單前置時間 (order delay time)。每單位待補訂單之欠貨成本為 1 元，每單位存貨持有成本為 0.5 元，各成員向上游供應者下單，訂單到達供應者需一週的訂單延滯時間，而供應者供應貨品至下游顧客需兩週的生產與運輸延滯時間。各成員之間彼此獨立作業，不知道外部需求及其他成員的訂單與存貨，它的目標為滿足訂單需求的安全存貨水準，使供應鏈總成本最小化 (Simchi-Levi 等人^[51])。

圖 4 為啤酒遊戲示意圖，模擬遊戲由零售商朝向供應鏈上游進行，其步驟如下：

1. 物品移動：延滯兩週的內容物移向延滯一週，而延滯一週的內容物則移向存貨。
2. 訂單履行：即當期存貨減去當期訂單及累計待補欠貨單，再將訂單移至下游並延滯二週。
3. 累計總成本：待補欠貨成本及存貨成本之加總。
4. 下訂單：指示訂單數量。

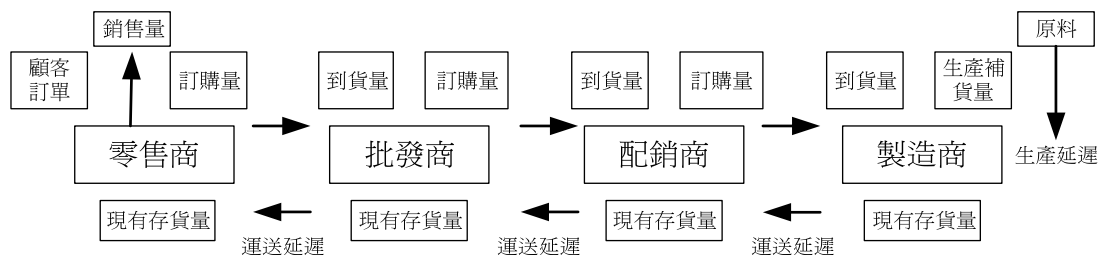


圖 4 啤酒遊戲示意圖

在供應鏈管理中，長鞭效應是指供應系統最末端的需求變異，經由下、中、上游的傳遞訊息之後，其需求變異通常會逐漸放大。亦即上游所面對的訂單變異會遠大於實際末端需求變異，因而導致上游的存貨成本激增，帶動整個供應鏈的成本提升，這是一種典型供應鏈沒有效率的現象。Joshi^[43] 假設供應鏈各成員的資訊具有透通性 (information visibility)，可以即時的互相分享，Machuca 與 Barajas^[25] 以實驗方法測試供應鏈成員採用 EDI，兩者模擬結果皆顯示長鞭效應能改善，供應鏈成本也有顯著的減少。

2.3.4 小結

供應鏈協同的相關研究與實務營運層面，多未將跨組織的合作關係延伸到與運輸成員

相連接。近來發展的協同規劃、預測與補貨系統 (CPFR)，目的為改善零售商與供應商的夥伴關係，而運送人與供應鏈成員的夥伴關係並沒有被考慮，直至 CTM 被介紹 (Sutherland^[16]；Browning 與 White^[1]；Esper 與 Williams^[15]；Bishop^[17])。過去的研究多集中於探討需求預測、訂單策略、前置時間、存貨策略、資訊分享等因素對供應鏈績效之影響 (Zhang^[52]；Chen 等人^[53]；Kelle 與 Milne^[54]；Disney 與 Towill^[55]；Lee 等人^[56,57]；Joshi^[43]；Yu 等人^[58]；Thonemann^[59]；Strader 等人^[60]；Machuca 與 Barajas^[25])。有關供應鏈整合的研究焦點多在探討供應鏈體系內部或上、下游成員間緊密關係對營運績效的影響 (MSUSCBRT^[41]；Mclean^[41]；Mentzer 等人^[14]；Stank 等人^[9]；Mudgil^[61]；張心馨與詹進勝^[42])，運輸服務業則較少被納入夥伴關係之探討。

CTM 的發展就是一個因應環境變化的新政策，過去關於 CTM 價值衡量之相關文獻是付之闕如，無法據以診斷新政策的導入與預期效果的關係。另外，許多的供應鏈研究皆建立在啤酒遊戲的假設基礎之上，然其假設條件比真實系統簡單很多，例如沒有考量容量的限制、運輸事項不納入考量以及各成員之間彼此獨立作業沒有協同 (Joshi^[43])。本研究為反應比較接近真實系統而加入運輸容量限制之考量。

三、CTM 供應鏈模式構建

3.1 問題描述

本節對為何要實施 CTM、什麼狀況下實施 CTM、運輸容量供需不平衡時如何調配，以及實施 CTM 對供應鏈有何影響等相關課題作以下探討。

1. 實施 CTM 的原因：由於全球化區域經濟的興起，產品生命週期縮短，交貨時間也隨之縮短，在貨源不會短缺、快速交貨與低庫存的產業競爭環境下，實體流的效率扮演著關鍵性角色。而運輸物流業因具有資本密集及沈沒成本的特性，運輸業者在短期內受到無法增加供給容量與不容易尋找替代品的限制。如果供應鏈中一個或多個廠商因為運輸問題而造成無法及時裝載出貨，此時廠商必須保持較高的存貨水準以因應此種不確定因素，經過上、中、下游廠商的相互影響，將會帶動整體供應鏈的成本提升與時間延遲，甚至影響商機。因此，貨主與物流運輸服務業必須更緊密的跨組織合作，來增加營運彈性以減少物流瓶頸的發生。
2. 什麼狀況下實施 CTM：CTM 著重於事前的協同規劃物流策略與物流計畫，以及共同分享供應鏈資訊。從貨主的訂單預測開始，透過貨主提供的出貨預測量，將運輸容量規劃、排班、交付運送等事項一起納入規劃。在 CTM 的商業流程中，貨主與運送人互動的一個很重要關鍵是當異常事件發生時，可以直接透過事前協議的異常議定書來處理。CTM 的裝運預測異常 (exceptions with shipment forecast) 是指運送人收到貨物後，實際裝運需求量大於預先規劃的可供應運輸容量 (available transportation capacity)。此時，則可透過

事先調配運輸容量規劃的策略，達到消除或盡量縮小貨主的運輸需求量與運輸業者供給容量之間的差距，另一方面亦可減少因供需缺乏互動所產生的運輸容量之閒置。

3. 如何處理運輸容量供需不平衡的問題：本研究透過與八位運輸業主管的深度訪談，以瞭解實務上的處理方法，其中受訪的物流運輸業包括海運、海空運貨物承攬及國際物流公司。在有運輸容量的限制條件下，歸納運輸服務業通常採取的解決方法有二種，分別為：
- (1) 從需求面解決：運送人變更某些裝運計畫的運輸需求量，也就是調整（增加或減少）某些託運人的運輸需求量，例如減少 A 貨主的裝貨量以增加 B 貨主的裝貨量。
 - (2) 從供給面解決：運送人從上一個或下一個停靠點調撥（release）設備容量，或是透過同行共裝（co-load）的方式來增加運輸供給容量，將原來提供給廠商的可供應容量盡量調配至滿足廠商的出貨需求，但至多可調增至運輸物流公司事先允諾的最大供給容量為止。如仍有不足，超載部分則必須延期運送（off-load），亦即延至下一班次或航次運送。歸納其調整供給容量的作業流程與原則如圖 5 所示。
4. CTM 的影響：由於 CTM 著重於事前的協同規劃物流策略與物流計畫，以及共同分享供應鏈資訊，並可減少貨主的運輸需求量與運輸公司供給容量之間的差距，因而能達到促進貨暢其流的目的。對於整體供應鏈廠商的補貨速度、欠貨（積壓待配訂貨）、存貨，以及運輸物流公司的設備利用率應有實質的影響與助益。

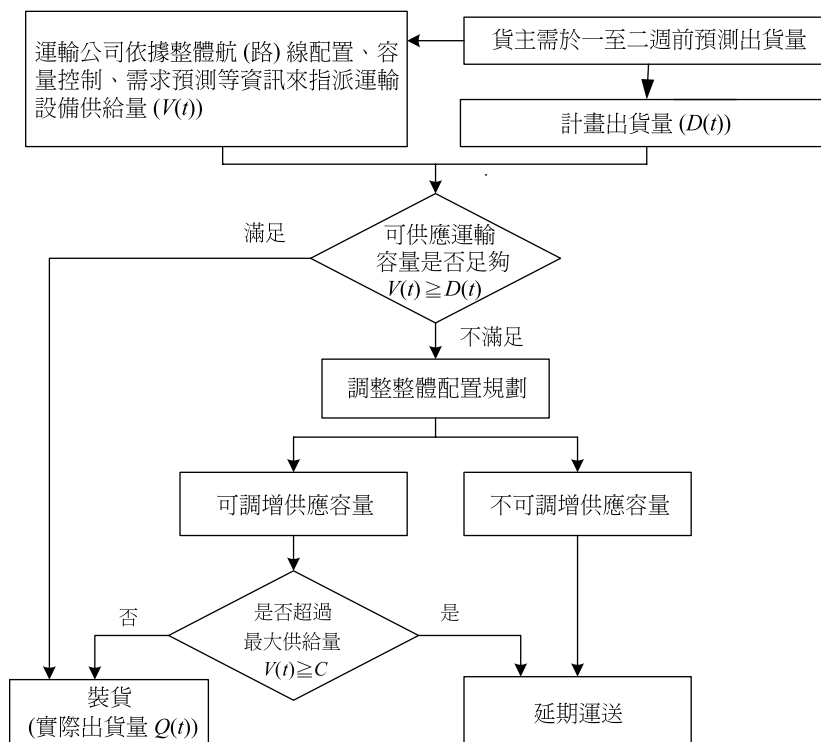


圖 5 運輸供給容量管理與調整之流程

3.2 CTM 模式構建

本研究以上述圖 5 之運輸供給容量管理與調整的原則為基礎，提出 CTM 模式的概念。後述模式之符號說明如下：

1. 變數定義

$D(t)$ ：第 t 期運輸需求量(即廠商計畫出貨量)；

$Q(t)$ ：第 t 期實際運輸量(即廠商實際出貨量)；

$V(t)$ ：第 t 期運送人的可供應運輸容量；

C ：運輸供給容量之上限，假設為固定數；

c ：運輸供給容量之下限，假設為固定數；

$U(t)$ ：第 t 期運輸容量利用率；

$Impr$ ：運輸改善績效。

2. 限制條件

$Q(t), V(t) \leq C$ ，

代表實際運輸需求量與運送人的可供應運輸容量，不能大於運送人供給容量之上限；

$D(t), V(t), Q(t), C, c \geq 0$ ；

$c \leq V(t) \leq C$

表示第 t 期運送人的可供應運輸容量介於運輸供給容量上限與下限之間。

3. 模式構建

$$Q(t) = D(t), \quad \text{if} \quad D(t) \leq V(t) \quad (1)$$

$$Q(t) = D(t), \quad \text{if} \quad C \geq D(t) > V(t) \quad (2)$$

$$Q(t) = C, \quad \text{if} \quad D(t) > C \quad (3)$$

$$Impr = \frac{\text{Min}\{C, D(t)\}}{C} - \frac{\text{Min}\{V(t), D(t)\}}{V(t)} \quad (4)$$

$$U(t) = \frac{Q(t)}{C} \quad (5)$$

式(1) 為當廠商的計畫出貨量（即運輸需求量）小於運送人的可供應運輸容量時，則實際運輸量就是廠商實際出貨量。此時，運送人並不需要調整運輸計畫。

式(2) 為當廠商的計畫出貨量大於運送人的可供應運輸容量，且小於或等於運輸供給容量的上限時，透過 CTM 機制，運送人調配增加 (re-allocation) 可供應容量至滿足廠商實際出貨量之需求。

式(3) 為當廠商的計畫出貨量大於運送人的可供應運輸容量，且大於運輸供給容量的上

限時，則運送人調撥增加可供應運輸容量至運輸供給容量的上限為止。

式(4) 為實施 CTM 後改善的運輸績效之計算。

式(5) 為運輸容量利用率 (transportation utilization) 之計算，為廠商實際出貨量 (即實際裝貨量) 除以最大運輸供給容量。

在實務上，可供應運輸容量是指運輸公司所提供裝載貨物的設備數量或是空間，在海運運輸方面，就是指貨櫃的數量或是併裝貨物的材 (cubic meter, CBM) 數。在航空貨運方面，就是指空運的單一載具 (aircraft unit load device, ULD) 之數量，如航空貨運的貨櫃 (aircraft container) 或是貨盤 (aircraft pallet)。在內陸運輸方面，就是指卡車的數量、載貨的 CBM 數量或是貨物的箱數等。由於本研究提出的是一般性的 CTM 模式，可以適用於不同的運輸方式之研究用，故在模擬實驗時，並沒有指定運輸容量的單位。本研究之運輸供給容量上限與下限，為運輸業者在 CTM 中承諾提供製造商的最大與最少的運輸容量，但未約束製造商需提供相對的貨品量，製造商沒有義務一定要用滿最小運輸容量。

3.3 供應鏈動態行為分析

由於供應鏈的各個階層組織之間的頻繁互動增加，時間、空間的差距及因果關係，使得供應鏈變成高動態的複雜性系統。每一個成員的各項決策與行為皆具有回饋、環環相扣、以及時間延遲等特性，很多的因素影響整體價值與結構。因此，欲了解 CTM 的導入對於供應鏈系統所產生的變化形態，應以系統思考的觀點來對整體的事件 (event)、行為模式 (pattern of behavior) 與結構 (structure) 做分析。

本節依據啤酒遊戲之架構將供應鏈各成員內部以及與上、下游成員之間的互動與回饋行為之系統動態關係以圖 6 表示，各成員間的相互影響關係大致可以歸納為以下六點說明：

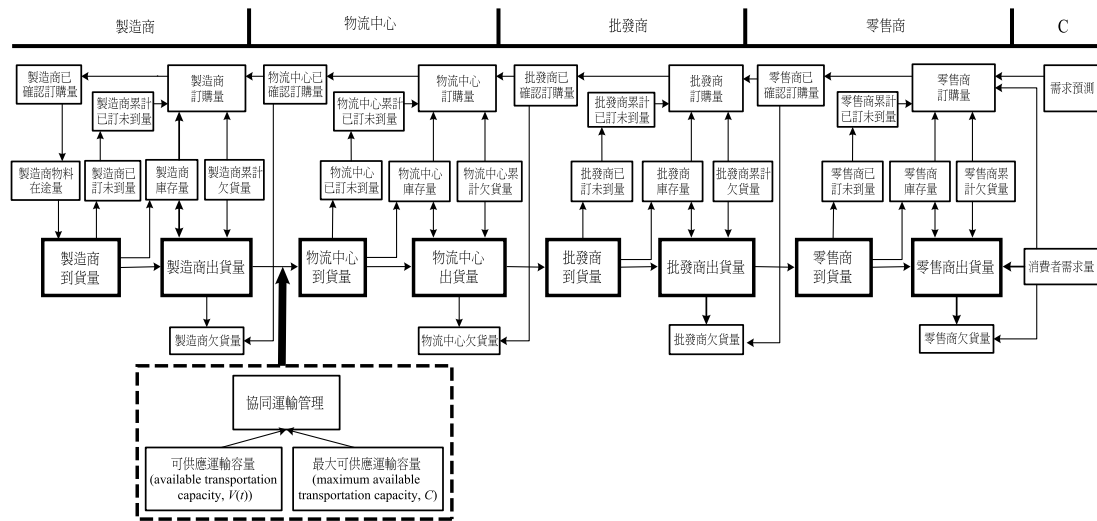
1. 下游廠商的訂單 (購) 量將會影響上游廠商的採購量、出貨量 (或銷售量) 與欠貨量。
2. 上游廠商的出貨量將影響下游廠商的到貨量、存貨量與已訂未到貨量。
3. 廠商本身的出貨量將受自己的採購到貨量、現有存貨量與累計欠貨量之影響。
4. 廠商的現有存貨量、累計欠貨量與下游廠商的已確認訂購量將影響其向上游廠商的訂購量。
5. 最上游製造商的物料到貨量將受本身的物料採購量與物料在途量影響。
6. 消費者的需求量將影響最下游廠商的訂購量、到貨量與欠貨量。

3.4 CTM 導入供應鏈

在企業全球運籌的營運模式下，許多企業將其量化生產的準系統產品集中於一個或少數幾個策略據點的物流中心 (或發貨中心)，當接到顧客訂單後再做最後組裝與快速直接配送的策略。為了解在供應鏈中實施某項政策對整體結構產生的影響。因此，本研究將協同運輸管理的參與者假設為製造商、物流中心與運送人 (包括第三方專業物流業者) 等三

者，以觀察上游之結構改變，對後端中、下游廠商造成之影響。

過去關於供應鏈的研究多假設沒有運輸容量的限制，將製造商的計劃出貨量視為實際的出貨量，這樣的假設與真實世界是不符合的。在有運輸容量限制的情況下，製造商的計畫出貨量 ($D(t)$) 會受到運輸公司的可供應容量 ($V(t)$) 與最大供給容量 (C) 之限制，甚至實際的出貨量 ($Q(t)$) 因而受到改變。因此，當製造商在考量下游物流中心的訂購量、上游供應商的到貨量、本身現有存貨量以及累計欠貨量後，再提出本期的計畫出貨量 (運輸需求量)。運送人將透過 CTM 的機制，經過事前的可供應容量規劃、供給容量調配、最大供應容量限制等因素綜合考量，來決定製造商的實際可裝運量，也就是下游物流中心的可到貨量。綜上，CTM 導入供應鏈如圖 6 中虛線之框線部分所示。



資料來源：袁劍雲^[39]

圖 6 CTM 供應鏈系統動態模式示意圖

3.5 供應鏈模式變數與數學式

由圖 6 可知供應鏈的每一個階層成員 (製造商、物流中心、批發商及零售商)，均必須決定其個別的存貨、出貨、訂貨等數量。由於存貨管理在物流系統中佔有極為重要的地位，依據美國航空運輸協會的研究報告指出，存貨成本在物流總成本中，僅次於運輸成本，位居第二 (顏憶茹與張淳智^[62])。然存貨控制系統種類繁多，各有其理論根據與適用範圍，主要的目的均是在於決定適當的再訂購點、訂購數量與存貨水準。理論上較常見的存貨模式有定量訂購系統 (fixed-quantity system; Q-system)、定期訂購系統 (fixed-interval system; P-system)、最小最大訂購系統 (min-max system) 及 T,R,M 訂購系統 (T,R,M system) 等，T,R,M 訂購系統為定期訂購系統與最小最大訂購系統的整合模式。其中，最小最大訂購系

統的訂購數量非為一固定常數，而為訂購當時的倉庫最大容量與倉庫現有存貨量間的差額，其優點為可避免存貨總額超出倉庫的最大容量（張有恆^[63]；蘇雄義^[64]）。本研究之訂購量以最小最大訂購系統為基礎，以預測需求量加上期望存貨量（或倉庫最大容量）與實際存貨量之差額，再加上期望已訂未到量與實際已訂未到量之差額。各成員的有效存貨量、出貨量、訂購量及指示訂購量之公式與變數說明如下。

$$EI(t) = I(t) - B(t) \quad (6)$$

$$I(t) = \int_0^t \Delta inv(t) \times dt$$

$$\Delta inv(t) = i(t) - s(t)$$

$$B(t) = \int_0^t \Delta b(t) \times dt$$

$$\Delta b(t) = O(t) - s(t)$$

$$s(t) = \text{Min} (I(t) + i(t), O(t) + B(t)) = D(t) \quad (7)$$

$$O(t) = \text{Max} (0, IO(t)) \quad (8)$$

$$IO(t) = D_f(t) + AS(t) + ASL(t) \quad (9)$$

$$= D_f(t) + A \times (MI(t) - EI(t)) - B \times Spl(t)$$

$$Spl(t) = \int_0^t \Delta sf(t) \times dt$$

$$\Delta sf(t) = O(t) - i(t)$$

式(6) 為 t 期的有效存貨量 = 存貨量 - 累計欠貨量；

存貨量 = 每期的存貨量變量之累積；

存貨量之變量 = 到貨量 - 出貨量，即 $\Delta inv(t) = i(t) - s(t)$ ；

累計欠貨量 = 每期的累計欠貨量變量之累積；

累計欠貨量之變量 = 訂購量 - 出貨量，即 $\Delta b(t) = O(t) - s(t)$ 。

式(7) 為 t 期出貨量（或銷售量），其為（現有存貨量 + 到貨量）與（已確認訂購量 + 欠貨量），兩者取其小者，出貨量亦即運輸需求量。

式(8) 為 t 期訂購量，其為指示訂購量與零，兩者取其大者。

式(9) 為 t 期指示訂購量 = 預測需求量 + (期望存貨量與實際存貨量之差距) + (期望已訂未到量與實際已訂未到量之差距)；

已訂未到量 = 每期的累計已訂未到量變量之累積；

累計已訂未到量之變量 = 訂購量 - 到貨量，即 $\Delta sf(t) = O(t) - i(t)$ 。

其中，

- (t) : 第 t 期, t 為 $0 \sim n$;
- $EI(t)$: t 期有效存貨量 (effective inventory) ;
- $I(t)$: t 期存貨量 (inventory) = 前期 ($t-1$) 存貨量 + 本期到貨量 - 本期出貨量, 即

$$I(t) = I(t-1) + i(t) - s(t) ;$$
- $\Delta inv(t)$: 每一期的存貨量之變量 ;
- $i(t)$: t 期到貨量 (incoming orders), 亦即上一層供應商的出貨量 ;
- $s(t)$: t 期銷售量 (或出貨量) (sold amount), 亦即廠商計畫出貨量 (或運輸需求量) ;
- $B(t)$: t 期累計欠貨量 (cumulative backlog) = 前期累計欠貨量 + 訂購量 - 本期出貨量, 即

$$B(t) = B(t-1) + O(t) - s(t) ;$$
- $\Delta b(t)$: 每一期的累計欠貨量之變量 ;
- $O(t)$: t 期訂購量 (orders placed at this unit) ;
- $IO(t)$: t 期指示訂購量 (indicated order) ;
- $D_f(t)$: t 期預測需求量 (demand forecast) ;
- $AS(t)$: t 期實際存貨量差距 (actual stock gap), 亦即期望存貨量與實際存貨量之差距 ;
- $ASL(t)$: t 期實際已訂未到量差距 (actual supply line gap), 亦即期望已訂未到量與實際已訂未到量之差距 ;
- $MI(t)$: t 期最大庫存量 ;
- $Spl(t)$: t 期已訂未到量 (supply line) = 前期累計已訂未到量 + 本期訂購量 - 本期到貨量, 即

$$Spl(t) = Spl(t-1) + O(t) - i(t) ;$$
- $\Delta sf(t)$: 每一期的累計已訂未到量之變量 ;
- A, B : 預測估計參數, 由於指數平滑預測法之平滑係數通常在 0.05 至 0.5 間, 且是以試誤法獲得, 本研究之預測估計參數係採用啤酒遊戲之假設, $A = 0.25, B = 0.33$ 。

3.6 績效衡量

供應鏈管理係追求供應鏈裡所有企業或成員的整體最佳, 其績效衡量指標非常多, 可分成定性與定量 (Kleijnen 與 Smits^[65])。依據 PRTM 研究群 (PRTM Consulting)^[66] 提出的整合性供應鏈衡量指標 (Supply chain council's integrated supply chain metric), 包括顧客滿意/品質、時間、成本及資產等四個構面, 其中成本構面的衡量指標就是總供應鏈成本 (total supply chain costs)。

本研究之 CTM 供應鏈模式採用的績效衡量指標將著重在供應鏈成本、長鞭效應與運輸容量利用率等三項。其中供應鏈成本之定義係參考啤酒遊戲, 以全部成員的總存貨成本 (total inventory costs) 與總欠貨成本 (total backlog costs) 之加總計算之。另結合本研究建立的 CTM 模式, 將可獲得運輸容量利用率。此外, 透過下游至上游成員的存貨水準變化之觀察, 便可以瞭解供應鏈的長鞭效應變化情形。因此, 本研究將以此三項作為衡量 CTM

對整體供應鏈影響的績效指標。本研究之供應鏈成本列式如下，運輸容量利用率參見式 (5)

$$\text{為 } U(t) = \frac{Q(t)}{C}$$

$$SC(t) = \sum_{i=1}^4 X_i(t)I_i(t) + \sum_{i=1}^4 Y_i(t)B_i(t) \quad (10)$$

式 (10) 為總供應鏈成本 = 總存貨成本 + 總欠貨成本。

其中，

$SC(t)$ ：為 t 期總供應鏈成本；

i ：為不同之供應鏈成員；

$X_i(t)$ ：為 t 期單位存貨成本；

$I_i(t)$ ：為 t 期各成員的存貨量；

$Y_i(t)$ ：為 t 期單位欠貨成本；

$B_i(t)$ ：為 t 期各成員的累計欠貨量。

四、模擬與分析

4.1 模擬假設

由於供應鏈是一個複雜的系統，欲獲得全部成員的實際營運資料在實務上非常困難，因此，本研究應用 beer game 之模擬工具來探討 CTM 對供應鏈結構的影響，並引用 Kirkwood^[47] 依據啤酒遊戲概念建立的模擬假設，作為本研究實驗設計的部分假設，說明如下第 1 至第 5 項，第 6 至第 9 項為 CTM 模式之假設條件。

1. 需求預測函數 (demand forecast function)：本研究之模擬係應用 Vensim model 模擬程式，典型 Vensim model 的需求預測函數是採用 FORCAST 函數或 SMOOTH 函數二者之一。FORCAST 函數是以過去行為（歷史資料）為基礎，利用趨勢插補法 (trend extrapolation) 預測變數的未來值。SMOOTH 函數是以指數平滑法 (exponential smoothing) 計算預測值。本研究的需求預測採用 SMOOTH 函數。
2. 延滯函數 (delay function)：物質從一個存量流出到另一個存量；或是流入一個存量以後，會在存量中停留一段時間，再流出存量，這種物質從流出到流入存量；或是從流入到流出存量的過程所經過的時間，即為物質時間延滯。因此，產品在供應鏈中從一個成員至另一個成員之間，即存在時間延遲的情形（韓釗^[49]），例如從下游客戶向上游廠商訂貨到貨物送達的時間 (lead time)。Beer game 對於訂單處理與運送採用固定的延滯函數 (fixed delay function)，訂單延遲時間為一週，運送延遲時間為兩週。
3. 存貨成本：存貨成本假設為 \$0.50 元／貨物單位／週。

4. 欠貨成本：欠貨成本假設為 \$1.00 元／貨物單位／週。
5. 顧客需求量：前四週顧客的需求量保持為 4，於第五週時應用 STEP 函數將顧客需求量增至 8，並一直保持至模擬時間結束為止。
6. 最小運輸供給容量：由於前四週的顧客需求量（也就是每個成員對其上一層供應商的已確認訂購量 (in transit orders)）為 4，故本研究假設運送人的最小運輸供給容量為 4。
7. 最大運輸供給容量：啤酒遊戲假設每一個成員的最大存貨量為 12，故本研究假設最大運輸供給容量為 12。
8. 可供應運輸容量：為 4 與 12 之間以均等分配 (uniform distribution) 方式隨機產生。
9. 模擬時間：典型的啤酒遊戲模擬時間為 36 週，本研究為觀察不同變數的結果與長鞭效應的收斂情形，將模擬時間設定為 36 週，60 週與 120 週等。

4.2 模擬情境

本研究提出三個不同的模擬情境，期望能產生不同的供應鏈系統動態，假設有運輸能量限制與沒有運輸能量限制兩種條件下，實施 CTM 與沒有實施 CTM 的情境，並比較其效益。

情境一：沒有運輸容量限制，沒有實施 CTM (unconstrained transportation capacity without CTM)。

在沒有運輸容量的限制下，製造商的計畫出貨量 ($D(t)$) 就是實際的出貨量 ($Q(t)$)，換言之，製造商的運輸需求量 ($D(t)$) 就是實際運輸量 ($Q(t)$)。

情境二：有運輸容量限制，沒有實施 CTM (constrained transportation capacity without CTM)。

製造商的出貨量不可大於運送人的可供應運輸容量 ($V(t)$)，若大於可供應運輸容量，仍以可供應運輸容量為限，換言之，製造商的運輸需求量 ($D(t)$) 以規劃的可供應運輸容量為上限。

情境三：有運輸容量限制，有實施 CTM (constrained transportation capacity with CTM)。

製造商的出貨量若大於運送人的可供應運輸容量 ($V(t)$)，則可以透過 CTM 的機制，調整增加運輸容量，最多可以增至運輸供給容量之上限 (C) 為止。

有關係統動態學的模擬軟體，較被廣泛使用的有 Vensim、Stella 與 Powersim 三種，本研究採用 Ven PLE 進行模擬，三種假設情境的 Vensim 模式如圖 7、圖 8 及圖 9，模擬變數與公式說明詳見附錄一。

4.3 結果分析

4.3.1 供應鏈成本比較

本研究對於供應鏈中各成員行為及其後果（例如存貨與欠貨）的表示，以供應鏈成本

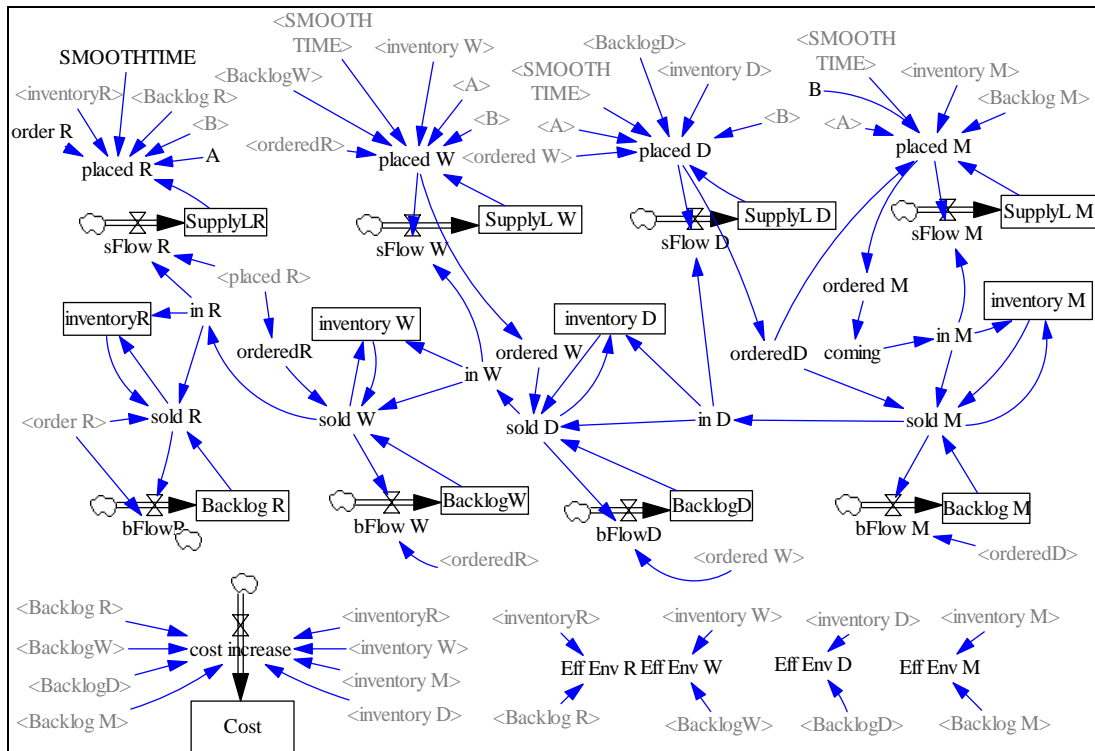


圖 7 沒有運輸容量限制，沒有實施 CTM 之 Vensim 模式

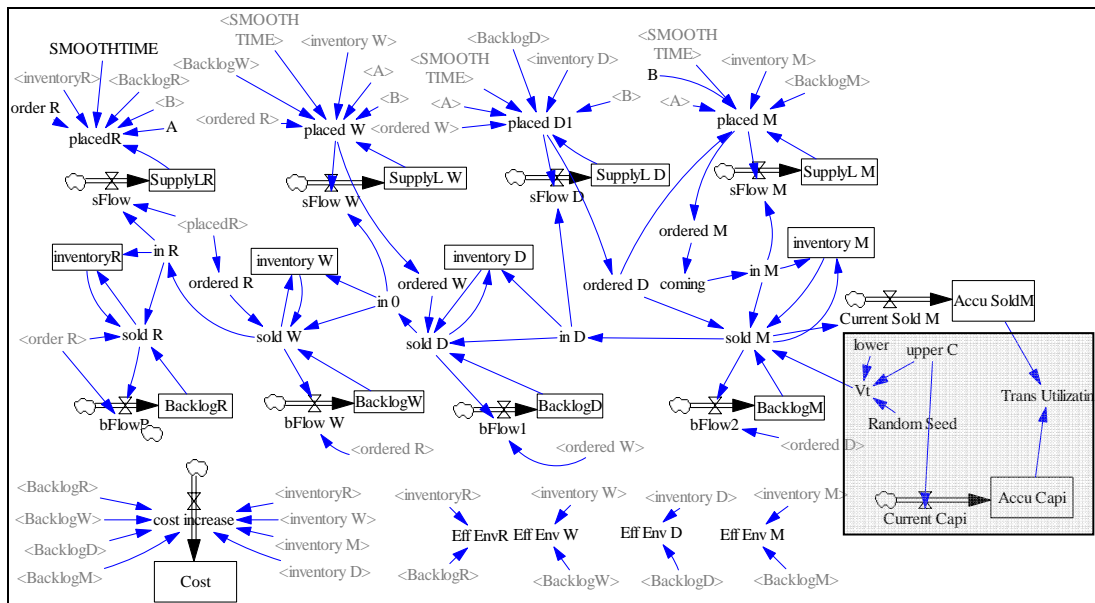


圖 8 有運輸容量限制，沒有實施 CTM 之 Vensim 模式

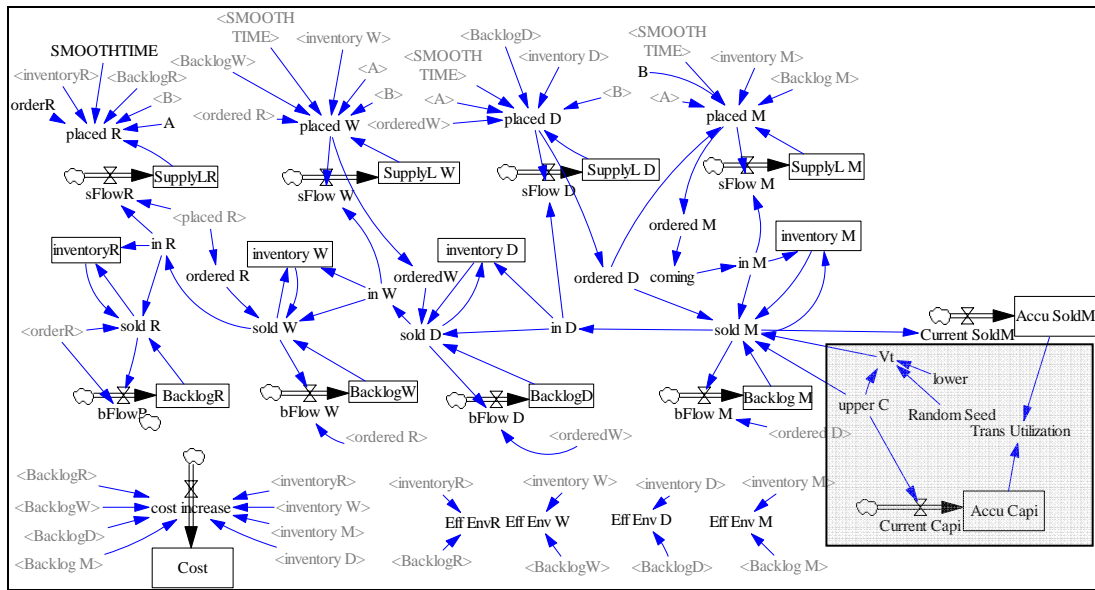


圖 9 有運輸容量限制，有實施 CTM 之 Vensim 模式

(存貨成本與欠貨成本之加總) 來代表總結的變數。模擬 36 週結果如表 3 與圖 10，情境一 (\$2,250) 比情境二 (\$10,258) 及情境三 (\$5,450) 的成本少很多，主要的原因是情境一假設沒有運輸容量的限制，所以廠商的計畫出貨量完全不會受到有限運輸供給容量的影響，因此存貨水準與欠貨水準必然較低，以致供應鏈成本較低。

由於情境二與情境三，在有運輸容量限制下，廠商的實際出貨量受運輸供給容量的限制，有可能較原規劃的計畫出貨量少，因部分出貨無法及時裝載，而造成欠貨量與存貨量累積增加。當實際出貨量受限於實體物流的瓶頸時，經過上、下游廠商的環環相扣影響，將帶動整體供應鏈的存貨水準與欠貨水準增加，故其供應鏈成本較情境一為高。

情境二與情境三雖然同樣都有運輸供給容量的限制，但是情境三因實施 CTM 可共同分享裝運預測資訊，透過貨主事前提出的出貨預測量，來協助運送人掌握預期的裝運量與運輸設備的需求量。如果可供應容量不足，透過調增運送人的可供應運輸容量，可以消除貨主部分庫存量與欠貨量之累積。情境二總供應鏈成本為 10,258 元，情境三為 5,450 元，情境三較情境二節省幅度達 47%。顯示局部實施 CTM 仍可獲得整體成員成本改善之效果，以個別成員而言，最上游製造商的存貨成本與欠貨成本為最高，其次依序為物流中心、批發商，而以零售商為最低。

為了解 CTM 對供應鏈系統結構產生的影響，圖 10 為情境三假設運輸可供應容量限制為 4 至 8 之間，經模擬 100 週，各成員的成本改善效果以每週與前一週相比較的成本改善百分比來表示，結果分析說明如下：

表 3 供應鏈成本與運輸容量利用率之比較

比較項目 \ 情境	一	二	三
運輸容量限制	無	有	有
實施 CTM	無	無	有
總存貨成本	1,260	2,131	1,526
製造商存貨成本	422	1,974	1,223
物流商存貨成本	431	63	64
批發商存貨成本	263	52	114
零售商存貨成本	144	42	125
總欠貨成本	990	8,127	3,924
製造商欠貨成本	287	4,308	2,343
物流商欠貨成本	342	2,366	1,054
批發商欠貨成本	257	1,102	409
零售商欠貨成本	104	351	118
總供應鏈成本	2,250	10,258	5,450
運輸容量利用率	-----	51%	73%

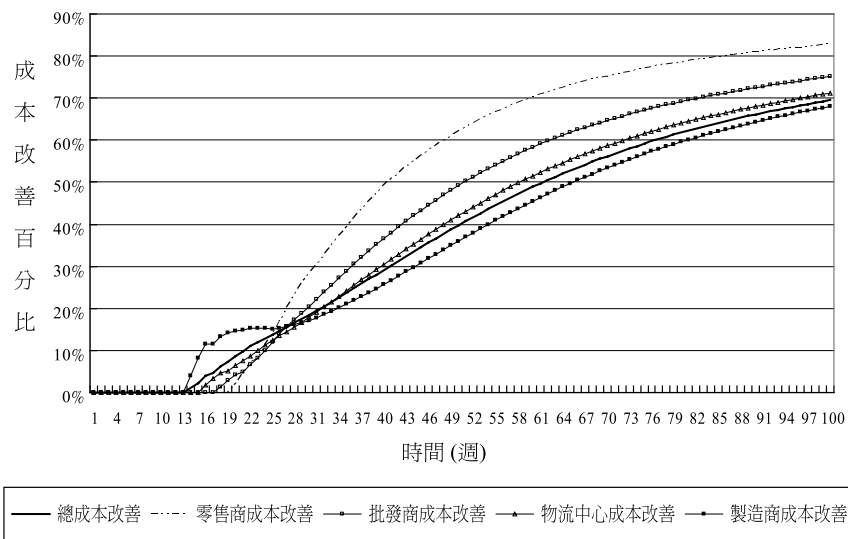


圖 10 供應鏈各成員成本改善效果之變化

1. 供應鏈上游實施 CTM 帶來的成本改善效果，最先開始於第 14 週出現在實施 CTM 的製造商，其他各成員出現成本改善的時間依序為：物流中心為第 16 週；批發商為第 18 週；零售商為第 20 週。顯示成本改善效果有向後端下游傳遞與呈現時間上的推延，此現象

- 符合系統動態學具時間延遲之特性。
2. 在 30 週以前，成本改善效果最大的是有實施 CTM 的製造商，然後改善效果向下游遞減，依序為物流中心、批發商、零售商。但是在 30 週以後，成本改善幅度的排序呈現相反排列，以零售商改善最大，其次為批發商、物流中心，製造商最小。
 3. 模擬顯示，在製造商實施 CTM 時，供應鏈各成員的成本改善會隨時間點而變化，長時間而言，最終受益最大的是零售商，最小的是製造商。

4.3.2 運輸效率比較

從表 3 及圖 11 所示，情境一無運輸容量限制，故無法呈現運輸容量利用率。在有運輸供給容量的限制下，因為 CTM 的功效，同樣也可以達到提高運輸容量效率的目的。本研究以模擬 36 週的結果來作分析比較，發現運輸容量利用率可提升 22%，即運輸容量利用率由情境二的 51%，增加到情境三的 73%。

究其原因，由於 CTM 在戰術上的主要工作就是運輸設備需求之規劃，並以所有的參與者共同分享裝運預測為重點，透過貨主事前提供的出貨預測量，來協助運送人掌握預期的裝運量與運輸設備的需求量。當運送人收到貨物後，檢視出貨預測量與預先規劃的運輸設備量，如果可供應運輸量不足，則可以採行事先協議好的異常管理程序來調整運輸供給量與運送策略，以減少供需不平衡之差距。因此，CTM 不但可以提高顧客服務水準，也可以減少因供需資訊不明造成的設備閒置，以及提高運輸設備利用率。

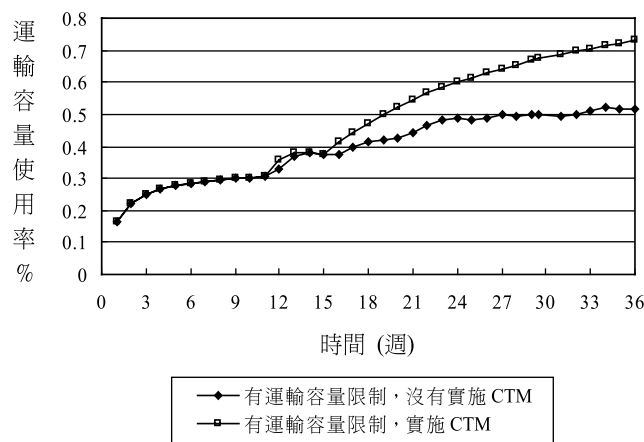


圖 11 運輸容量利用率比較

4.3.3 長鞭效應比較

情境一沒有運輸容量限制，沒有實施 CTM 情況下，供應鏈有效存貨水準（存貨量減累計欠貨量）變化型態如圖 12，最下游零售商的有效存貨量為（-16 至 29）之間振動，大

約至 48 週時可達到穩定狀態。至於，最上游製造商則擴大為 (-42 至 70) 之間振動，大約 80 週時才達到穩定狀態。

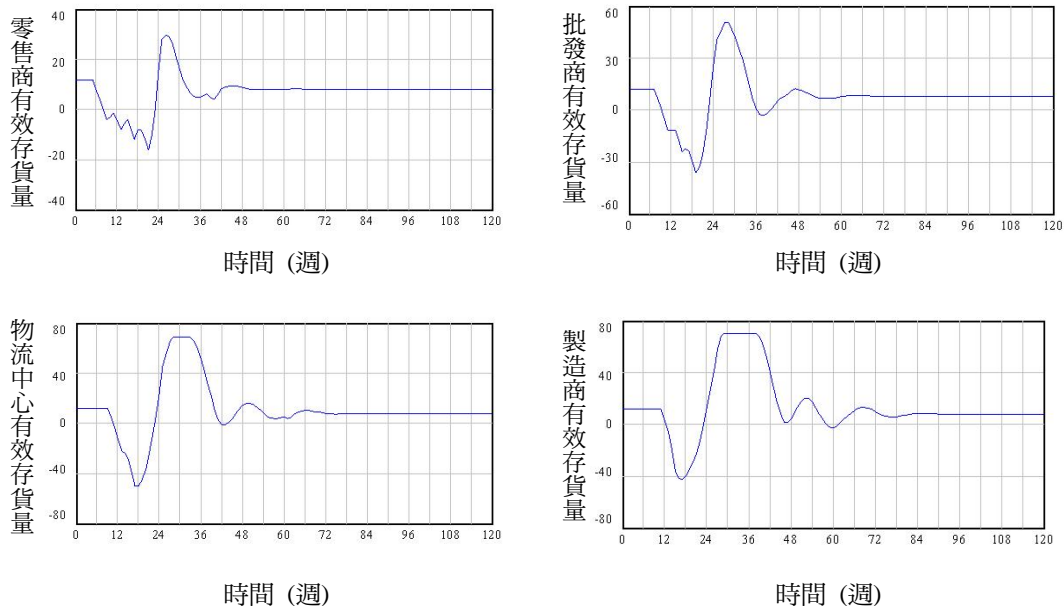


圖 12 沒有運輸容量限制，沒有實施 CTM (情境一) 有效存貨水準之變化型態

情境二有運輸容量限制，沒有實施 CTM 情況下，長鞭效應明顯擴大，供應鏈的有效存貨水準變化型態如圖 13 所示，出現明顯且持續很久的不穩定震盪。零售商的存貨量為 (-34 至 12) 之間振動，製造商則擴大為 (-44 至 24) 之間振動，至 120 週模擬時間結束為止，其振動現象仍無法達到穩定收斂狀態。

情境三有運輸容量限制，實施 CTM 情況下，供應鏈的有效存貨水準變化型態如圖 14 所示。零售商的有效存貨量為 (-16 至 25) 之間振動，製造商則擴大為 (-42 至 54) 之間振動，長鞭效應現象仍大。但是，相較於情境二，實施 CTM 的振動現象已提前收斂，明顯改善很多，達到收斂的時間與情境一很相似，零售商於 48 週，批發商於 60 週，配銷商於 72 週，製造商於 80 週時可達到穩定狀態。顯示在有運輸容量限制的條件之下，實施 CTM 確實可以改善長鞭效應。

Lee 等人^[56,57]認為造成產業供應鏈長鞭效應的原因，主要為供應鏈成員之間資訊傳遞的延遲、需求預測不正確、缺貨、以及無法提供有效的資訊等，由本研究之結果顯示實體流動的延遲同樣也會影響供應鏈的長鞭效應。

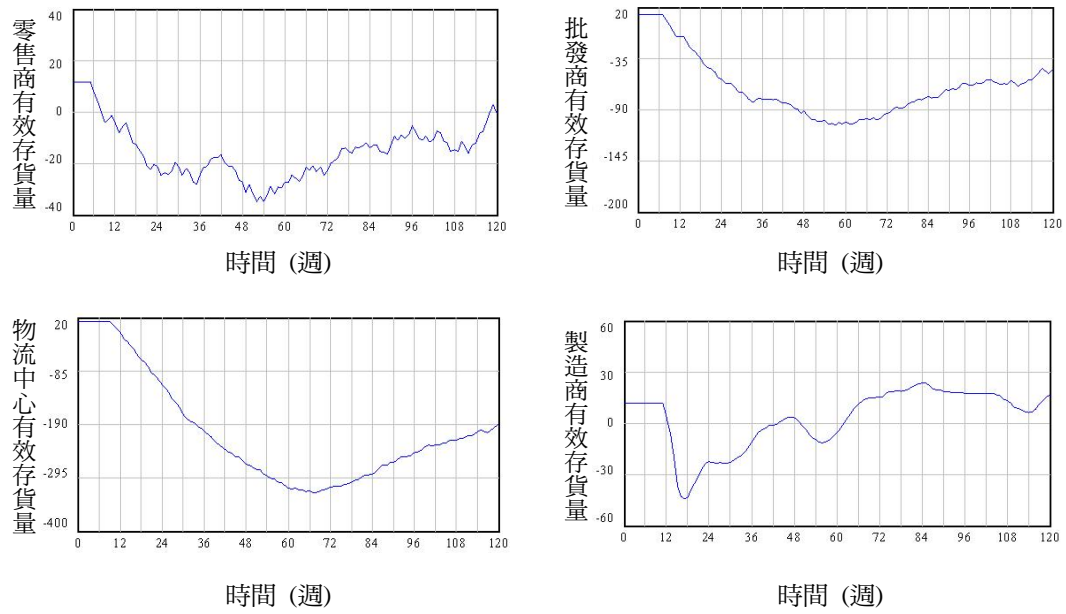


圖 13 有運輸容量限制，沒有實施 CTM (情境二) 有效存貨水準之變化型態

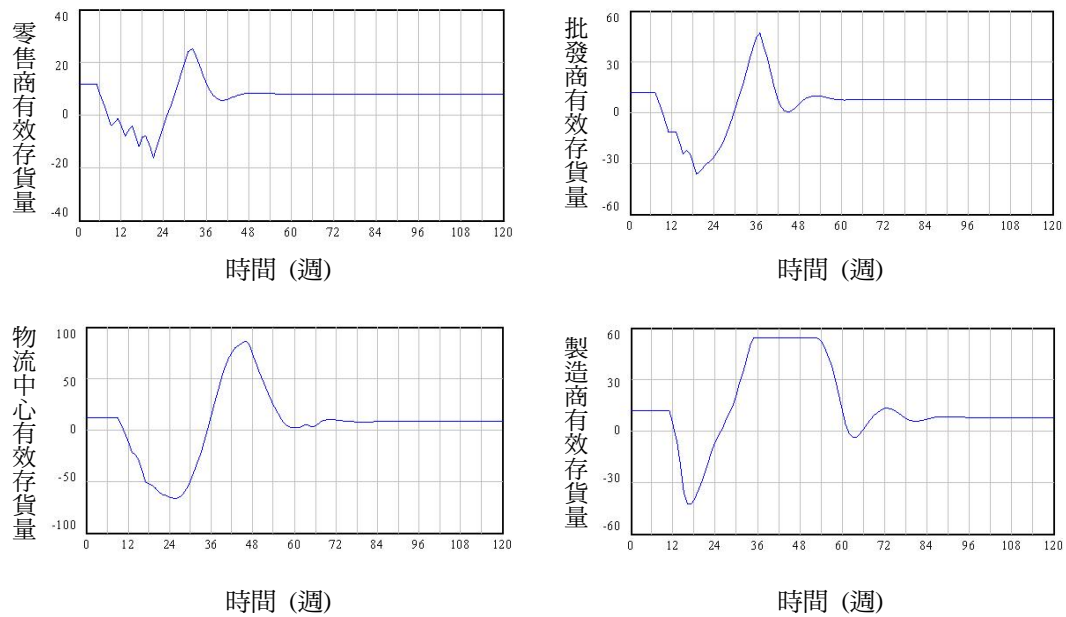


圖 14 有運輸容量限制，有實施 CTM (情境三) 有效存貨水準之變化型態

4.4 敏感度分析

本研究透過對模式的可供運輸容量上限與下限、單位存貨成本以及訂單延滯函數等三項參數進行敏感度分析，以進一步了解當重要參數改變時，CTM 對供應鏈的影響有何變化。

4.4.1 變動可供運輸容量

本研究假設二種情境 (1) 動態調動運輸供給容量上限；下限固定不變 (2) 動態調動運輸供給容量下限；上限固定不變，模擬結果說明如下：

1. 運輸供給容量上限變動，下限固定：圖 15 為模擬 60 週的結果，可以獲知當運輸供給容量下限固定不變時，隨著供給量上限的遞增，不論實施 CTM 與否，供應鏈成本皆呈現隨之遞減現象。假設運輸供給容量下限固定為 3 時，X 軸表示運輸供給容量的上限從 4 遞增至 12，Y 軸顯示兩個方案的供應鏈成本隨容量上限增加皆呈下降趨勢，但是實施 CTM 的供應鏈成本較沒有實施 CTM 的供應鏈成本減少甚多。
2. 運輸供給容量下限變動，上限固定：圖 16 表示運輸供給容量上限固定為 12 時，X 軸為運輸供給容量下限從 3 遞增至 11，模擬 60 週的結果，Y 軸的供應鏈成本於沒有實施 CTM 時是呈現下降現象。但是，實施 CTM 時，同一時期 (週) 的供應鏈成本皆維持一樣，並不受運輸供給容量下限的變動而改變。本研究變動下限從 3 至 11，經模擬 1000 週的結果，總供應鏈成本於 36 週時固定為\$ 5,450；於 60 週時固定為\$ 7,951；於 100 週時固定為\$ 8,220，於 500 週時固定為\$ 14,652，於 1000 週時固定為\$ 22,692，上述模擬值均達收斂效果。

從此項結果分析，獲知在本研究假設情境下，運輸供給容量上限是一個影響供應鏈績效的重要關鍵因素，CTM 對供應鏈成本效果的影響是受運輸供給容量上限的影響，而與供給容量的下限無關。

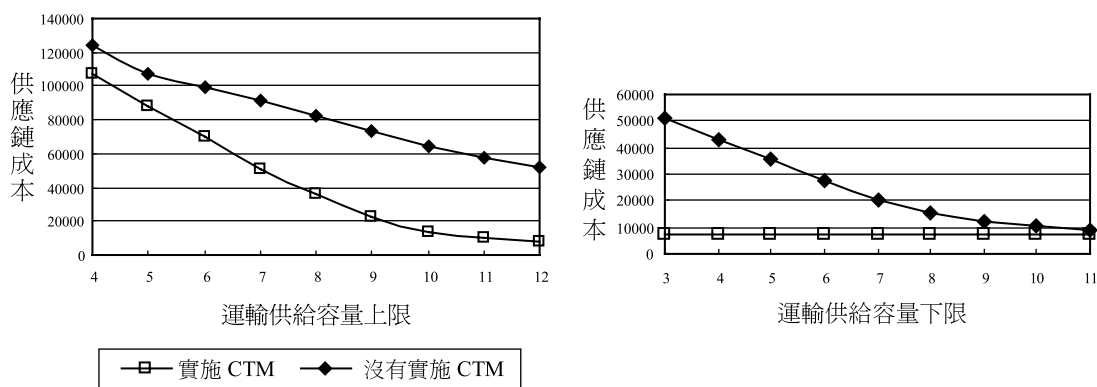


圖 15 變動運輸供給容量上限之敏感度分析 圖 16 變動運輸供給容量下限之敏感度分析

4.4.2 變動單位存貨成本

價格的波動與長鞭效應有密切關係，因為價格的改變會引起需求的改變（龍道格等人^[67]）。由於存貨成本為供應鏈的重要成本之一，故本研究對單位存貨成本進行敏感度分析，以了解存貨成本變動時，CTM 對供應鏈的影響效果。假設單位欠貨成本固定之下，變動單位存貨成本，模擬 60 週之結果分析說明如下。

1. 若在上游製造商實施 CTM，當存貨成本上升時，各成員的供應鏈成本較沒有實施 CTM 減少甚多：圖 17 為實施 CTM 之各成員成本變化，圖 18 為未實施 CTM 之各成員成本變化。隨著單位存貨成本遞增（以 0.5 為間距，從 0.5 遞增至 5），不論實施 CTM 與否，各成員之成本皆呈現隨之遞增現象。但是實施 CTM 時，各成員成本較沒有實施 CTM 減少甚多，且隨著單位存貨成本遞增，沒有實施 CTM 時各成員成本增加之幅度較實施 CTM 的成本增加之幅度呈現大幅擴增的現象。
2. 當存貨成本上升時，以製造商的成本增加幅度最大：當存貨成本由每單位 0.5 增加四倍至 2 時，最上游製造商之供應鏈成本開始呈現快速增加，顯示存貨成本上升時對製造商最不利。此結果亦符合圖 12、13、14 顯現出供應鏈的確存在長鞭效應現象，使得愈上游成員存貨變異愈大之論點。
3. 當存貨成本增加時，在製造商實施 CTM，各成員中以製造商之成本改善最多：由圖 17 與圖 18 顯示，實施 CTM 與未實施 CTM 兩者相比較，製造商之供應鏈成本將可節省約五至六倍（例如存貨成本為 2 時，製造商實施 CTM 成本為 10,228，未實施 CTM 成本為 58,184，成本改善 5.6 倍）。

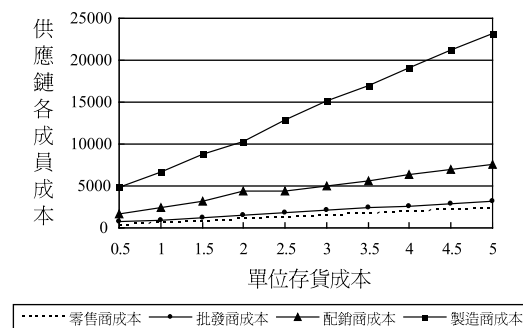


圖 17 變動單位存貨成本之敏感度分析
—實施 CTM

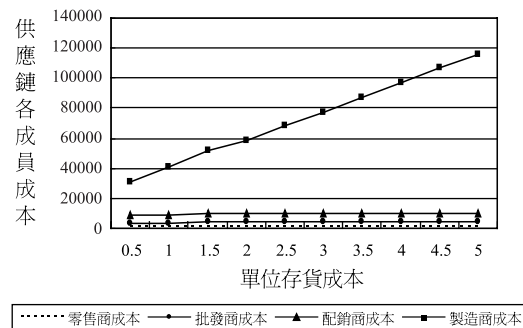


圖 18 變動單位存貨成本之敏感度分析
—未實施 CTM

存貨成本的上升必然影響供應鏈成本，本研究之模式有助了解其對供應鏈各成員的影響程度。由上述結果，在有運輸容量限制條件下，隨著存貨單位成本遞增，沒有實施 CTM 的供應鏈成本增加幅度遠大於實施 CTM 的成本，兩者存在顯著差異。對上游製造商而言，

當存貨成本增加時，透過 CTM 提高運輸容量供應力，已經在無形中消滅了製造商的存貨壓力，以及成本之改善。由此模式可知透過 CTM 的機制將可減少實體物流的瓶頸，尤其當單位存貨成本愈高時（例如旺季、市場需求增加或市場價格上漲時），CTM 的效果就愈大。

4.4.3 變動訂單延滯時間

前置時間通常包括訂購前置時間（亦即製造與運送貨物的時間）及資訊的前置時間（亦即處理訂單的時間），Lee 等人^[56,57]認為供應鏈成員之間資訊傳遞的延遲是造成產業供應鏈長鞭效應的原因之一。目前商務的發展已逐漸進入電子商務的時代，供應鏈上、下游成員之間的資訊透通性漸漸獲得改善，許多研究認為有效的資訊系統可以縮短前置時間或改善供應鏈績效（Simchi-Levi 等人^[51]；Chen 等人^[53]；Thonemann^[59]；Strader 等人^[60]）。

有鑑於此，本研究對訂單延滯函數進行敏感度分析，將訂單延滯的時間由原始假設為一週逐步改善（縮短）訂單延滯時間百分比，以了解改變訂單前置時間對整體供應鏈的影響。模擬結果如圖 19 所示，總供應鏈成本及各成員成本皆呈現隨訂單延滯時間縮短而遞減的現象，其中以製造商成本改善效果最大，而其他成員的成本改善效果則並不是很明顯。尤其在縮短訂單延滯時間 40% 以內，製造商的成本改善效果較大，由 3,566 減少至 1,705，成本降低一倍。然超過 40% 以上時，則成本改善效果較趨於緩慢。這說明了供應鏈存在空間與時間延遲的特性，即使訂單延滯時間改善，效果仍會受限於供應鏈結構性的影響。

本研究結果符合過去研究認為資訊前置時間的長短與長鞭效應的控制有密切關係及縮短前置時間為克服長鞭效應方法之一等論點。基於訂單處理時間的縮減，可以產生加速完成積壓待補訂單、減少存貨、減少長鞭效應等效果，故許多企業積極尋找前置時間較短的供應商，而許多潛在的客戶在選擇上游供應者時，也會將前置時間列為相當重要的評選準則。

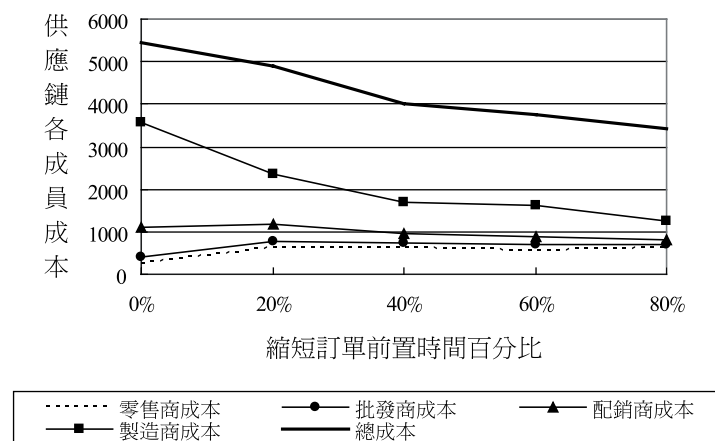


圖 19 變動訂單前置時間之敏感度分析—實施 CTM

五、結論與建議

5.1 結論

全球化區域經濟的興起，產品生命週期及交貨期的壓縮，產銷供應體系也不斷配合調整，在這樣的產業環境下「物流」扮演著關鍵性角色。CTM 是經由供應鏈的貿易夥伴與運輸服務業實際地分享資訊與有效地協調合作，以減少實體流的瓶頸，達到改善供應鏈效率的目的。在追求供應鏈最小成本的目標下，運輸的效率就變成了決定性的因素之一，企業間一起合作來消除無效率、減少成本與確保貨品能順利的移動是非常重要的。

由於全球營運環境變化快速，透過政策快速改變來因應外界環境的方式，已成為企業的特色之一，運用事前的政策實驗以提供決策者參考及降低風險，是一個可行的因應方法。鑑於過去文獻對供應鏈協同的研究大多著重於探討供應鏈體系中不同階層成員的合作，運輸業較少被納入為夥伴關係來探討。本研究整合供應鏈中買方、賣方與運輸服務業，在有運輸容量的限制條件下，構建一個加入協同運輸管理的供應鏈模式，具體衡量 CTM 對供應鏈的影響與產生的系統行為變化，並獲得下列結論。

1. 本研究在有容量限制的條件下，於供應鏈的上游製造商與物流中心之間實施 CTM 之結果發現，供應鏈體系上游局部性的實施 CTM 仍可獲得整體成員成本降低之效果。在沒有考量協同投入成本的情境下，供應鏈成本（存貨成本與欠貨成本）可降低 47%，運輸容量利用率也可以提高 22%。究其原因，在於實施 CTM 可共同分享裝運預測資訊，透過貨主事前提供的出貨預測量，來協助運送人掌握預期的裝運量與運輸設備的需求量，藉由事先的調配運輸容量，以減少供應鏈各成員的部分存貨量與欠貨量之累積，而改善供應鏈成本與運輸容量利用率。
2. 長鞭效應是指供應鏈系統最末端的需求變異經由下、中、上游的傳遞訊息之後，其需求變異通常會逐漸放大，即上游所面對的訂單變異會遠大於實際末端需求變異，因而導致上游的存貨成本增加。本研究結果顯示在有容量限制的條件下，無論實施 CTM 與否，各成員的供應鏈成本（存貨成本加欠貨成本），以最上游的製造商為最高，其次依序為物流中心、批發商，而以零售商為最低（表 3），此結果符合長鞭效應現象。
3. 在成本改善效果（成本改善百分比）方面，最先開始出現於實施 CTM 的製造商，其次依序出現於物流中心、批發商、零售商。顯示成本改善效果有向後端下游傳遞與呈現時間上的推延，此現象亦符合系統動態學具時間延遲之特性。
4. 本研究以 beer game 理論模式為基礎，在固定的延滯函數（訂單前置時間與運送前置時間）之假設下，供應鏈上游製造商實施 CTM 之模擬結果獲知各成員的成本改善會隨時間點而變化。短期間（30 週內），成本改善效果最大的是有實施 CTM 的製造商，然後改善效果向後端下游遞減，依序為物流中心、批發商、零售商。但長時間（超過 30 週），成

本改善幅度的排序呈現相反排列，最終受益最大的是零售商，最小的是製造商。

5. 運輸所造成產品實體流動的障礙，也會影響長鞭效應，實施 CTM 可使供應鏈中各成員的有效存貨變異情形獲得明顯的改善，因而降低長鞭效應。
6. CTM 對供應鏈成本的影響效果，主要是受運送人可供應容量的上限影響，而與運輸供應容量的下限無關。換言之，實施 CTM 時運送人調增可供應運輸容量的上限，將可改善供應鏈的效率與降低貨主的供應鏈成本，若調增可供應運輸容量的下限，對供應鏈成本則沒有影響。
7. 隨著存貨單位成本遞增，沒有實施 CTM 的供應鏈成本增加之幅度較實施 CTM 的供應鏈成本增加之幅度呈現大幅擴增的現象。當存貨成本上升時，以製造商的成本增加幅度最大，對製造商最不利。若製造商實施 CTM，各成員中則以其成本改善為最多。透過 CTM 的機制可降低廠商的存貨壓力與缺貨風險，尤其當單位存貨成本愈高時（例如旺季、市場需求增加或市場價格上漲時），CTM 的效果就愈大。
8. 供應鏈成員之間資訊傳遞的延遲是造成產業供應鏈長鞭效應的原因之一，本研究對訂單延滯函數進行敏感度分析，發現總供應鏈成本及各成員成本皆呈現隨訂單延滯時間改善（縮短）而遞減的現象。其中以製造商成本改善效果最大，而其他成員的成本改善效果則並不是很明顯。尤其在縮短訂單延滯時間 40% 以內，製造商的成本改善效果較大，然超過 40% 以上時成本改善效果則比較趨於緩慢。這說明了供應鏈存在空間與時間延遲的特性，即使訂單延滯時間改善，其效果仍受限於供應鏈結構性的影響。

本研究的主要貢獻是提出一個評估供應鏈中引進 CTM 的一般性理論架構與模擬設計之相關研究。構建一個一般化的 CTM 供應鏈模式，透過使用 beer game 之模擬工具，了解 CTM 對整體供應鏈行為結構之改變，以及對供應鏈各成員的影響。此模式可以幫助了解供應鏈成員中誰為最大受益者，以及呈現短期與長期的成本改善之差異。對於 CTM 引進後整個系統中成本是以「什麼方式」降低，研究的數據顯示，CTM 帶來的成本改善效果具有往下游時間延遲的特色，顯示 CTM 的引進對於最終零售商的供應鏈問題的改善並非立竿見影的，CTM 的效果依然受限於供應鏈結構性的限制。本研究另外發現長期的最大受益者並非直接實施 CTM 的製造商本身，而是最下游的零售商，如果不是透過像這樣的理論模型探討，是難以想像的結果。根據此模型的結果，零售商應該大力支持 CTM 的實施，並且應該分攤較多的費用。

5.2 建議

本研究著重在探討實施協同運輸管理對供應鏈的影響，至於協同運輸管理的實施成本並未納入研究範圍。企業間實施協同的方式主要為運用 IT 共同分享重要資訊，根據經濟部統計我國大型國際物流業，每年投入營運額 3% ~ 5% 甚至更高的經費預算^[68]，不斷發展更加值的物流 e 化服務。Feng 與 Yuan^[69] 對台灣地區資訊電子製造業與運輸物流業之問卷調查研究，69.2% 受訪者認為應用 ICT (information and communication technologies) 於

物流管理會使企業的營運成本降低，總平均降低成本為 9.9%；30.8% 認為會增加營運成本，總平均增加成本為 6.67%；近 80% 之大多數受訪者認為應用 ICT 於物流管理使營運成本受影響的幅度在 10% 以內。由上述的研究論述，可知實施 CTM 勢必對業者的營運成本有一定程度的影響。另本研究提出的 CTM 概念是從製造商、物流中心與運送人之間垂直整合的觀點為基礎，而未包括運輸同業之間的水平整合，也就是多個運輸業者之間的協同運輸管理。實務上，這些課題是存在的，建議作為未來繼續研究的方向。

再則，本研究係探討供應鏈上游實施 CTM 對整體結構的影響，至於物流中心到批發商、批發商到零售商之間運用 CTM，對供應鏈亦有其重要性，此部分也可作為未來後續之研究課題。

附錄一

供應鏈模擬變數與公式說明表

(01) A	= 0.25	Forecasting parameter 估計參數
(02) B	= 0.33	Forecasting parameter 估計參數
(03) Backlog	= INTEG (bFlow , 0)	Backlog at retailer 零售商累計欠貨量
(04) Backlog 0	= INTEG (bFlow 0 , 0)	Backlog at wholesaler 批發商累計欠貨量
(05) Backlog 1	= INTEG (bFlow 1 , 0)	Backlog at distributor 配銷商累計欠貨量
(06) Backlog 2	= INTEG (bFlow 2 , 0)	Backlog at factory 製造商累計欠貨量
(07) bFlow	= ORDer – sold	Accumulation of backlog at retailer 零售商欠貨量= ORDer 消費者需求量 – sold 零售商銷售量
(08) bFlow 0	= ordered – sold 0	Accumulation of backlog at wholesaler 批發商欠貨量= ordered 消費者需求量 – sold 批發商銷售量
(09) bFlow 1	= ordered 0 – sold 1	Accumulation of backlog at distributor 配銷商欠貨量
(10) bFlow 2	= ordered 1 – sold 2	Accumulation of backlog at factory 製造商欠貨量
(11) coming	= ordered M	Materials in transit to factory 製造商物料在途量
(12) Cost	= INTEG (cost increase , 0)	Total supply chain cost 供應鏈累計總成本
(13) cost increase	= 1 * (Backlog R + Backlog W + Backlog D + Backlog M) + 0.5 × (Inventory + Inventory 0 + Inventory 1 + Inventory 2)	Weekly supply chain cost 供應鏈每週成本
(14) Eff Inv R	= Inventory R- Backlog R	Effective Inventory at retailer 零售商有效庫存量

(15) Eff Inv W	= Inventory W – Backlog W	Effective Inventory at wholesaler 批發商有效庫存量
(16) Eff Inv D	= Inventory D – Backlog D	Effective Inventory at distributor 配銷商有效庫存量
(17) Eff Inv M	= Inventory M – Backlog M	Effective Inventory at factory 製造商有效庫存量
(18) FINAL TIME	= 36	The final time for the simulation
(19) in R	= DELAY FIXED(sold R , 2, 4)	Incoming orders at retailer 零售商到貨量
(20) in W	= DELAY FIXED(sold D , 2, 4)	Incoming orders at wholesaler 批發商到貨量
(21) in D	= DELAY FIXED(sold M , 2, 4)	Incoming orders at distributor 配銷商到貨量
(22) in M	= DELAY FIXED(coming , 2, 4)	Incoming orders at factory 製造商到貨量
(23) INITIAL TIME	= 0 The initial time for the simulation.	
(24) Inventory R	= INTEG(in R – sold R , 12)	Physical inventory at retailer 零售商庫存量
(25) Inventory W	= INTEG(in W – sold W , 12)	Physical inventory at wholesaler 批發商庫存量
(26) Inventory D	= INTEG(in D – sold D , 12)	Physical inventory at distributor 配銷商庫存量
(27) Inventory M	= INTEG(in M – sold M , 12)	Physical inventory at factory 製造商庫存量
(28) ORDER	= 4 + STEP (4, 5)	Weekly customer orders 消費者每週需求量
(29) ordered R	= DELAY FIXED(placedR, 1, 4)	In transit orders by retailer 零售商已確認訂購量
(30) ordered W	= DELAY FIXED(placed W , 1, 4)	In transit orders by wholesaler 批發商已確認訂購量
(31) ordered D	= DELAY FIXED(placed D , 1, 4)	In transit orders by distributor 配銷商已確認訂購量
(32) ordered M	= DELAY FIXED(placed M , 1, 4)	In transit orders by factory 製造商已確認訂購量
(33) placed R	= MAX (0, SMOOTH (ORDER , SMOOTHTIME) + A × (12 – (Inventory R – Backlog R) – B × SupplyL R))	Orders placed by retailer 零售商訂購量
(34) placed W	= MAX (0, SMOOTH (ordered R , SMOOTHTIME) + A * (12 – (Inventory W – Backlog W) – B * SupplyL W))	Orders placed by wholesaler 批發商訂購量
(35) placed D	= MAX (0, SMOOTH (ordered W ,	Orders placed by distributor 配銷商訂購

	$\text{SMOOTHTIME}) + A \times (12 - (\text{Inventory D} - \text{Backlog D}) - B \times \text{SupplyL D})$	量
(36) placed M	$= \text{MAX} (0, \text{SMOOTH} (\text{ordered D}, \text{SMOOTHTIME}) + A \times (12 - (\text{Inventory M} - \text{Backlog M}) - B \times \text{SupplyL M}))$	Orders placed by factory 製造商訂購量
(37) SAVEPER	= TIME STEP	Frequency at which output is stored.
(38) sFlow R	= placed R – in R	=零售商已訂未到量，= 零售商訂購量–零售商到貨量 Supply line accumulation – retailer
(39) sFlow W	= placed W – in W	=批發商已訂未到量，= 批發商訂購量–批發商到貨量 Supply line accumulation – wholesaler
(40) sFlow D	= placed D – in D	=配銷(物流)商已訂未到量，= 配銷商訂購量–配銷商到貨量 Supply line accumulation – distributor
(41) sFlow M	= placed M – in M	=製造商已訂未到量，=製造商訂購量–製造商到貨量 Supply line accumulation – factory
(42) SMOOTHTIME	= 1	Forecasting parameter
(43) sold R	= MIN (Inventory R + in R , ORDER + Backlog R)	Crates sold by retailer 零售商出貨量，=R-out
(44) sold W	= MIN (Inventory W + in W , ordered R + Backlog W)	Crates sold by wholesaler 批發商出貨量 =W-out
(45) sold D	= MIN (Inventory D + in D , ordered D + Backlog D)	Crates sold by distributor 配銷商出貨量 =D-out
(46) sold M	= MIN (Inventory M + in M , ordered D + Backlog M)	Crates sold by factory 製造商出貨量 =F-out
(47) SupplyL R	= INTEG(sFlow R , 0)	零售商累計已訂未到量 Supply line for retailer
(48) SupplyL W	= INTEG(sFlow W , 0)	批發商累計已訂未到量 Supply line for wholesaler
(49) SupplyL D	= INTEG(sFlow D , 0)	配銷 (物流) 商累計已訂未到量 Supply line for distributor
(50) SupplyL M	= INTEG(sFlow M , 0)	製造商累計已訂未到量 Supply line for factory
(51) TIME STEP	= 1	The time step for the simulation

參考文獻

1. Browning, B. and White, A., "Collaborative Transportation Management – A Proposal", Logility Inc., <http://www.vics.org>, 2000.
2. Morash, E. A. and Clinton, S. R., "The Role of Transportation Capabilities in International Supply Chain Management", *Transportation Journal*, Vol. 36, Issue 3, 1997, pp. 5-17.
3. "Collaborative Transportation Management White Paper", Version 1.0, CTM Sub-Committee of the Voluntary Inter-Industry Commerce Standards (VICS) Logistic Committee, <http://www.vics.org>, 2004.
4. 張有恆, **現代運輸學**, 華泰文化事業, 民國 94 年。
5. Armistead, C. G. and Overton, T. S., "The Impact of Supply Chain Integration on Operating Performance", *Logistics Information Management*, Vol. 6, No. 4, 1994, pp. 9-14.
6. Bowersox, D. J., Closs, D. J., and Stank, T. P., *21st Century Logistics: Making Supply Chain Integration a Reality*, Oak Book, IL: Council of Logistics Management, 1999.
7. Holmberg, S., "A Systems Perspective on Supply Chain Measurements", *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol. 30, No. 10, 2000, pp. 847-868.
8. Hoyt, J. and Hug, F., "From Arms-length to Collaborative Relationships in the Supply Chain: An Evolutionary Process", *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol. 30, No. 9, 2000, pp. 750-764.
9. Stank, P. T., Curm, M. and Arango, M., "Benefits of Interfirm Coordination in Food Industry Supply Chain", *Journal of Business Logistics*, Vol. 20, No. 2, 1999, pp. 21-41.
10. Skjoett-Larsen, T., Thernoe, C., and Andresen, C., "Supply Chain Collaboration Theoretical Perspectives and Empirical Evidence", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 33, No. 6, 2003, pp. 531-549.
11. Thomas, D. J. and Griffin, P. M., "Coordinated Supply Chain Management", *European Journal of Operational Research*, Vol. 94, 1996, pp. 1-15.
12. Holweg, M., Disney, S., Holmstrom, J., and Smaros, J., "Supply Chain Collaboration: Making Sense of the Strategy Continuum", *European Management Journal*, Vol. 23., No. 2, 2005, pp. 170-181.
13. Simatupang, T. S. and Sridharan, R., "The Collaboration Index: A Measure for Supply Chain Collaboration", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 35, Iss. 1, 2005, pp. 44-62.
14. Mentzer, J. T., Foggin, J., and Golobic, S., "Collaboration: The Enablers, Impediments, and Benefits", *Supply Chain Management Review*, September/October, 2000, pp. 52-58.
15. Esper, T. L. and Williams, L. R., "The Value of Collaborative Transportation Management (CTM): Its Relationship to CPFR and Information Technology", *Transportation Journal*, 42, 4, 2003, pp.55-65.

16. Sutherland, J., "Collaborative Transportation: The Missing Link of CPFR", Transplace Inc., <http://www.vics.org>, 2003.
17. Bishop, S. B., "Collaborative Transportation Management Benefits", Supply Chain Systems, Inc., <http://www.vics.org>, 2004.
18. Sterman, J. D., "System Dynamics Modeling: Tools for Learning in a Complex World", *California Management Review*, Vol. 42, No. 4, 2001, pp. 8-25.
19. Akkermans, H., Bogerd, P., and Vos, B., "Virtuous and Vicious Cycle on the Road Towards International Supply Chain Management", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 19, Issue 5/6, 1999, pp. 565-581.
20. Akkermans, H., "Developing a Logistics Strategy through Participative Business Modeling", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 15, Issue 11, 1995, pp. 100-112.
21. Sterman, J. D., "Modeling Managerial Behavior Misperceptions of Feedback in a Dynamic Decision-making Experiment", *Management Science*, Vol. 35, No. 3, 1989, pp. 32-39.
22. Towill, D. R., "Industrial Dynamics Modeling of Supply Chains", *Logistics Information Management*, Vol. 9, Issue 4, 1996, pp. 43-56.
23. Vos, B., "Redesigning International Manufacturing and Logistics Structures", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 27, Issue 7, 1997, pp. 377-394.
24. Machuca, J. A. D. and Barajas, R. P., "A Computerized Network Version of the Beer Game via the Internet", *System Dynamics Review*, Vol. 13, No. 4, 1997, pp. 323-340.
25. Machuca, J. A. D. and Barajas, R. P., "The Impact of Electronic Data Interchange on Reducing Bullwhip Effect and Supply Chain Inventory Costs", *Transportation Research Part E*, 40, 2004, pp. 209-228.
26. Naim, M. M. and Towill, D. R., "Establishing a Framework for Effective Materials Logistics Management", *International Journal of Logistics Management*, Vol. 5, No. 1, 1994, pp. 81-88.
27. Anonymous, "Exploring Supply Chain Behavior with System Dynamics", *Supply Management*, Vol. 2, Issue 18, 1997, pp. 38.
28. Georgiadis, P., Vlachos, D., and Iakovou, E., "A System Dynamics Modeling Framework for the Strategic Supply Chain Management of Food Chains", *Journal of Food Engineering*, Vol. 70, 2005, pp. 351-364.
29. Hung, W. Y., Samsatli, N. J., and Shah, N., "Object-Oriented Dynamic Supply-Chain Modeling Incorporated with Production Scheduling", *European Journal of Operational Research*, Vol. 169, Issue 3, 2006, pp. 1064.
30. Kordal, P., "Collaborative Commerce in the High-Tech Industry", *Deloitte Research*, <http://www.deloitte.com>, 2002.
31. Tyan, J. C., Wang, F. K. and Du, T., "Applying Collaborative Transportation Management Models in Global Third-party Logistics", *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 16, No. 4-5, 2003, pp. 283-291.
32. 陳銘崑, 「我國流通業協同管理發展現況」, 流通業協同商務應用研討會, 經濟部商業司,

民國 94 年。

33. Rabinovich, E., "Consumer Direct Fulfillment Performance in Internet Retailing: Emergency Transshipments and Demand Dispersion", *Journal of Business Logistics*, Vol. 26, Issue 1, 2005, pp. 79-113.
34. 童毅, 「供應鏈之協同物流管理系統」, *物流技術與戰略*, 第 17 期, 民國 94 年, 62-64 頁。
35. "Collaborative Transportation Management: Core Elements of CTM", Version 2.0, CTM Sub-Committee of CPFR Committee, <http://www.vics.org>.
36. Esper, T. L., "Defining and Highlighting the Steps to Collaborative Transportation Management", *Logistics*, Vol. 11, Issue 3, 2005.
37. Feng, C. M., Yuan, C. Y., and Lin, Y. C., "The System Framework for Evaluating the Effect of Collaborative Transportation Management on Supply Chain", *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 6, 2005, pp.2837-2851.
38. Feng, C. M. and Yuan, C. Y., "Application of Collaborative Transportation Management to Global Logistics: An Interview Case Study", *International Journal of Management*, Vol. 24, No. 3, 2007.
39. 袁劍雲, 「協同運輸管理對企業經營績效與供應鏈動態之影響」, 國立交通大學交通運輸研究所博士論文, 民國 96 年。
40. Dornier, P., Ernst, R., Fender, M., and Kouvellis, P., *Global Operations and Logistics*, John Wiley and Son, 1998.
41. Mclean, S., "Finding Strategies Advantage through SCM", *Pulp & Paper International*, Vol. 41, Issue 10, 1999, pp. 28-31.
42. 張心馨、詹進勝, 「全球運籌與供應鏈管理在臺灣企業國際化整合發展之研究」, 國立臺灣科技大學資訊管理研究所, <http://www.moea.gov.tw/~ecobook/season/>, 民國 94 年。
43. Joshi, Y. V., "Information Visibility and its Effect on Supply Chain Dynamics", Department of Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 2000.
44. Michigan State University Supply Chain Benchmarking Research Team (MSUSCBRT), *21st Century Logistics: Making Supply Chain Integration a Reality*, Oak Brook, IL; Council of Logistics Management, 1999.
45. Forrester, J. W., *Industrial Dynamics*, MIT Press, Cambridge, MA, 1961.
46. Angerhofer, B. J. and Angelides, M. C., "System Dynamics Modeling in Supply Chain Management: Research Review", Proceeding of Winter Simulation Conference, Brunel University, UK, 2000, pp. 342-350.
47. Kirkwood, C. W., "System Dynamics Methods: A Quick Introduction", College of Business Arizona State University, 1998.
48. Hughes, M., "Process Modeling Using System Dynamics: A Combined Case Study and Tutorial", Department of Information Science and Technology, Drexel University, 2003.
49. 韓釗, 系統動力學—探索動態複雜之鑰, 華泰文化事業, 民國 91 年。

50. 黎漢林，**供應鏈管理與決策**，儒林圖書公司，民國 93 年。
51. Simchi-Levi D., Kaminsky, P., and Simchi-Levi E., *Designing and Managing the Supply Chain Concepts, Strategies, and Case Studies*, McGraw-Hill Companies Inc., 2003.
52. Zhang, X., "The Impact of Forecasting Methods on the Bullwhip Effect", *International Journal of Production Economics*, Vol. 88, 2004, pp. 15-27.
53. Chen, F., Drezner, Z., Ryan, J. K., and Simchi-Levi, D., "Quantifying the Bullwhip Effect in a Simple Supply Chain: The Impact of Forecasting, Lead Times and Information", *Management Science*, Vol. 46, No. 3, 2000, pp. 436-443.
54. Kelle, P. and Milne, A., "The Effect of (s, S) Ordering Policy on the Supply Chain", *International Journal of Production Economics*, Vol. 59, 1999, pp. 113-122.
55. Disney, S. M. and Towill, D. R., "On the Bullwhip and Inventory Variance Produced by an Ordering Policy", *Omega*, Vol. 31, 2003, pp. 157-167.
56. Lee, H. L., Padamanabhan, V., and Whang, S., "Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect", *Management Science*, Vol. 43, No. 4, 1997, pp. 546-565.
57. Lee, H. L., Padamanabhan, V. and Whang, S., "The Bullwhip Effect in Supply Chains", *Sloan Management Review*, Vol. 38, Issue 3, 1997, pp. 93-102.
58. Yu, Z., Yan, H., and Cheng, T. C. E., "Benefits of Information Sharing with Supply Chain Partnerships", *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 101, No. 3, 2001, pp. 114-119.
59. Thonemann U. W., "Improving Supply-chain Performance by Sharing Advance Demand Information", *European Journal of Operational Research*, Vol. 142, 2002, pp. 81-107.
60. Strader, T. J., Lin F. R., and Shaw, M. J., "The Impact of Information Sharing on Order Fulfillment in Divergent Differentiation Supply Chains", *Journal of Global Information Management*, Vol. 7, No. 1, 1998, pp. 16-24.
61. Mudgil, V., "The Collaborative and Planning Challenge at the Supply Chain", *Retail World*, Vol. 58, Issue 1, 2005, pp. 9.
62. 顏憶茹、張淳智，**物流管理原理、方法與實例**，前程企業，民國 91 年。
63. 張有恆，**現代物流管理**，華泰文化事業，民國 94 年。
64. 蘇雄義，**物流與運籌管理**，華泰文化事業，民國 95 年。
65. Kleijnen, J. P. and Smits, M. T., "Performance Metrics in Supply Chain Management", *Journal of the Operational Research Society*, 2003, pp. 1-8.
66. PRTM Consulting "Integrated-Supply-Chain Performance Measurement: A Multi-industry Consortium Recommendation", Weston, Mass: PRTM, 1994.
67. 龍道格、蘇雄義、賈凱傑，**全球運籌國際物流管理**，華泰文化事業，民國 94 年。
68. 經濟部，**國際物流 e 化個案集**，民國 94 年。
69. Feng, C. M. and Yuan, C. Y., "The Impact of Information and Communication Technologies on Logistics Management", *International Journal of Management*, Vol. 23, No. 4, 2006, pp. 909-924.

