

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

進貨合併下單一買方與多供應商之存貨控制模式

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2416-H-032-003-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：淡江大學資訊管理學系

計畫主持人：徐淑如

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 10 月 17 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

進貨合併下單一零售商與多供應商之存貨控制模式

計畫編號：NSC 91-2416-H-032-003-

執行期限：91 年 8 月 1 日至 92 年 7 月 31 日

主持人：徐淑如 淡江大學資管系

一、中文摘要

進貨合併是指由一輛車經過各供應點，收集貨物後送到目的地，其運作有賴相關企業組成物流聯盟，協調共同補貨的時間與數量，這也將影響各成員的存貨控制決策之擬定。目前進貨合併存貨控制模式的研究，大多僅考慮買方的因素，視為內部作業進行分析，鮮少涵蓋供應商的決策，這並不符合以聯盟利益最適化的決策原則。本研究基於進貨合併下整合存貨模式的相關研究，提出一量化模式與求解之演算法，提供進貨合併策略下，廠商與其多個供應商最適存貨決策的擬定，此外，亦透過數據實驗以了解模式之應用與進貨合併策略對於存貨決策與系統成本的影響。

關鍵詞：進貨合併 存貨控制 供應鏈

Abstract

Consolidation of inbound freight involves grouping two or more small shipments from one or more suppliers to form a single large shipment delivered to the destination, which provides an opportunity to take advantage of the strong economies of scale present in the transportation cost. Approaching global optimum of trading parties is required for inventory control under inbound freight consolidation since the program needs to coordinate the production and shipment schedules among suppliers and buyers. The purpose of this study is to develop an integrated inventory model for a single buyer with its multiple vendors under the inbound freight consolidation program. An efficient algorithm was presented and applied to find joint optimal production and delivery decisions for the buyer and vendors. The applications and insights of the model were presented through a number of numerical examples.

Keyword: inbound freight consolidation, inventory control, supply chain

二、計畫緣由與目的

台灣加入 WTO 後，由於市場的開放，企業競爭將更加激烈，在競爭的壓力下，企業必須更致力於改善作業以降低營運成本，依據國內物流業者的估計，配送成本約佔企業營運成本的 35% (陳建良等 2000)。經濟部商業司自民國八十八年積極推動共同配送 (distribution consolidation)，共同配送是指企業藉由策略聯盟進行水平或垂直的配送整合活動(陳祕順 1997)，藉由配送的整合，降低配送成本以提昇企業的競爭力。在共同配送各種型態的運作中，進貨合併(inbound freight consolidation)是指由一輛車經過各供應點，收集貨物後送到目的地(Gupta & Bagchi 1987)，以減少原先各貨車經常未達運送滿載量的情形。

進貨合併的採行有賴企業組成合作聯盟，協調共同供貨的時間與數量，這將牽涉各成員的存貨控制決策。回顧目前有關進貨合併的研究大多僅考慮買方的因素，視為企業內部作業進行分析，鮮少涵蓋供應商的決策，這並不符合以聯盟利益最適化的決策原則，此外，單方觀點的模式亦不適合此類決策問題的探討。因此，本研究乃針對廠商與其多個供應商協調供貨的情況，藉由存貨模式的建立，分析進貨合併策略下買賣方之最適存貨決策與系統總成本。

三、結果與討論

本研究提出進貨合併下一買方與 n 個品項供應商之存貨決策模式，模式建構主要參考 Goyal & Srinivasan (1992) 與 Swenseth & Park (1993) 的研究，考慮供應商協調一共同補貨週期 T ，供應商 i 每批次產量可供應買方 k_i 個補貨週期的整數倍，唯 Swenseth & Park (1993) 假設供應商須在整個生產批次完工後才可進行供貨，此不甚符合實際生產系統的特性，本模式取消此項限制。在結構上，本模式為含 n 個整數變數與一個連續變數之非線性規劃問題，在求解方面主要是參考共同補貨模式如 Viswnathan (1996) 與 Fung & Ma (2001) 等研究中的演算法，惟 Fung & Ma (2001) 所提出的演算法則尚無法保證求得最適解，因此，本研究亦對其演算法提出修正，以能保證獲得最適解。研究內容概述如下：

第一節 假設與符號

本研究考慮單一買方商家與其 n 種品項供應商組成物流聯盟下之存貨系統(見圖一)，買方自供應商處採購該商品銷售予消費者，且不允许延遲交貨，買方就此特定群組產品將以一共同週期，由貨車至各供應商處收集貨物合併進貨，以降低存貨系統的營運成本。各產品的供應商皆為製造商，採取批次生產方式，供應商每生產週期可供應買方商家多次補貨所需，生產率為穩定的常數且不可缺貨；產品的平均銷售率、單位製造成本及平均價格是固定的常數。有關決策攸關的成本因素：產品之訂購作業與運輸成本分為固定成本與變動成本兩項，變動成本可依品項而不同。而基於聯盟利益最適化的原則，系統以買賣方相關總成本之最小化擬定各成員批量決策，模式使用之符號說明如下：

- n = 進貨合併的品項數目；
- D_i = 買方產品 i 之的銷售率，為一已知常數；
- P_i = 供應商生產產品 i 的生產率，為一已知常數， $P_i \geq D_i$ ；
- T = 買方廠商所有產品之共同進貨週期時間，為一決策變數；
- T_i = 未實施進貨合併下，買方產品 i 之進貨週期時間，為一決策變數；
- k_i = 供應商產品 i 生產週期時間對配送週期時間的倍數，為一整數決策變數， $k_i \geq 1$ ；
- S_i = 供應商生產產品 i 每批的整備成本；
- F = 買方每次採購的基本訂購作業與運輸成本；
- F_i = 買方採購產品 i 每批貨品花費的訂購作業與運輸成本；
- H_{vi} = 供應商持有產品 i 之單位存貨持有成本(\$/單位產品/單位時間)；
- H_{bi} = 買方持有產品 i 之單位存貨持有成本(\$/單位產品/單位時間)；
- TC_{vi} = 產品 i 供應商每單位時間之存貨相關總成本；
- TC_{bi} = 產品 i 買方每單位時間之存貨相關總成本；
- JTC_0 = 未考慮共同運送下系統每單位時間總成本，為買方與各品項供應商單位時間之存貨相關總成本的總和。
- JTC = 考慮共同運送下系統每單位時間總成本，為買方與各品項供應商單位時間之存貨相關總成本的總和。

第二節 模型建構

依據前述的說明，在採行共同配送前，假設買方已分別與各個供應商協調供貨政策，依據 Goyal & Srinivasan (1992) 的模式，在買賣方整合決存貨策下，可得各品項之最適供貨週期 T_i 為：

$$T_i^*(k_i) = \left\{ \frac{2 \left(F + F_i + \frac{S_i}{k_i} \right)}{D_i \left[H_{bi} + H_{vi} \left(\frac{2D_i}{P_i} - 1 \right) + H_{vi} \left(1 - \frac{D_i}{P_i} \right) k_i \right]} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

此時產品 i 之供應商生產週期倍數 k_i 可由下式決定：

$$k_i^* = \max[1, R(X)] \quad (2)$$

$$\text{其中, } X = \frac{1}{2} \left\{ -1 + \sqrt{1 + \frac{4S_i \left[H_{bi} + H_{vi} \left(\frac{2D_i}{P_i} - 1 \right) \right]}{\left[H_{vi} (F + Fi) \left(1 - \frac{D_i}{P_i} \right) \right]}} \right\},$$

$$R(X) = \begin{cases} X, & \text{當 } X \text{ 為整數時} \\ G(X) + 1, & \text{當 } X \text{ 不為整數時;} \end{cases} \quad \text{單位時間系統總成本為買方與其各品項供}$$

$G(\bullet)$ 表高斯函數(Gaussian function)

應商單位時間存貨成本之總合，其中買方成本包括各項商品之訂購成本、運輸成本，以及存貨持有成本等，供應商 i 的成本項方面則包括其生產設備的整備成本及存貨持有成本，在未採進貨合併前，單位時間系統總成本 JTC_0 為

$$JTC_0^* = \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{2D_i \left(F + F_i + \frac{S_i}{k_i^*} \right)^*}{\left[H_{bi} + H_{vi} \left(\frac{2D_i}{P_i} - 1 \right) + H_{vi} \left(1 - \frac{D_i}{P_i} \right) k_i^* \right]} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

而在考慮供應商共同配送予買方下，單位時間系統總成本 JTC_0 為

$$JTC(T, k_1, k_2, \dots, k_n) = TC_b + \sum_{i=1}^n TC_{vi} \quad (4)$$

$$= \frac{1}{T} \left[A + \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{k_i} \right] + \frac{T}{2} \left[B + \sum_{i=1}^n D_i H_{vi} \left(1 - \frac{D_i}{P_i} \right) k_i \right]$$

$$\text{其中, } A = F + \sum_{i=1}^n F_i, B = \sum_{i=1}^n D_i \left[H_{bi} + H_{vi} \left(\frac{2D_i}{P_i} - 1 \right) \right]$$

有關(4)式決策變數 $(T, k_1, k_2, \dots, k_n)$ 之最佳解，首先就任何特定 $K = (k_1, k_2, \dots, k_n)$ ，可得最佳 T 為

$$T^*(k_1, k_2, \dots, k_n) = \left[\frac{2 \left(A + \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{k_i} \right)}{B + \sum_{i=1}^n D_i H_{vi} \left(1 - \frac{D_i}{P_i} \right) k_i} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

將(5)式代入(4)式可得

$$JTC(k_1, k_2, \dots, k_n) = \left\{ \frac{2 \left(A + \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{k_i} \right)^*}{\left[B + \sum_{i=1}^n D_i H_{vi} \left(1 - \frac{D_i}{P_i} \right) k_i \right]} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

而就特定 T, k_i 之最佳解須滿足

$$k_i(T)(k_i(T) - 1) < \frac{2S_i / D_i H_{vi} \left(1 - \frac{D_i}{P_i} \right)}{T^2} \leq k_i(T)(k_i(T) + 1) \quad (7)$$

有關最適 T^* 的上界與下界，依 Van Eijs (1993) 可得一之 T 下界 $2A/JTC$ ；此外，依據 Fung

& Ma (2001)中(8)式與(9)式，亦可得一組 T 之上界與下界分別為

$$T_{\min} = 2 \left(A + \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{k_i^{\max}} \right) / JTC(k_1, k_2, \dots, k_n) \quad (8)$$

以及

$$T_{\max} = \frac{JTC(k_1, k_2, \dots, k_n)}{B + \sum D_i H_{vi} \left(1 - \frac{D_i}{P_i} \right) k_i^{\min}} \quad (9)$$

基於(8)式與(9)式，以 Fung & Ma (2001) 演算法為基礎並修正其 Step 8 與 Step 9，藉由下列演算法則尋求決策變數之最適解：

Step 0 首先依 Silver (1998)之經驗法則(heuristic algorithm)求得 K^* ，將 K^* 代入(6)式可得 JTC^* ，令

$$T_{\max} = JTC^{\min} / \left[B + \sum D_i H_{vi} \left(1 - \frac{D_i}{P_i} \right) \right];$$

Step 1 將 T_{\max} 代入(7)式可得 K^{\max} ，將 K^{\max} 代入(4)式可得 JTC_{\min} ；

Step 2 若 $JTC_{\min} < JTC^*$ ，則令 $K^* = K^{\min}$ 、 $JTC^* = JTC_{\min}$ 以及

$$T_{\max} = JTC^* / \left[B + \sum D_i H_{vi} \left(1 - \frac{D_i}{P_i} \right) K^{\min} \right]$$

並返回 Step 1；否則，執行 Step 3；

Step 3 令 $T_{\min} = 2A/JTC^*$ ；

Step 4 將 T_{\min} 分別代入(6)式與(7)式得出 JTC^{\max} 與 K^{\max} ；

Step 5 若 $JTC_{\min} < JTC^*$ ，則令 $K^* = K^{\max}$ 、 $JTC^* = JTC_{\max}$ 以及

$$T_{\min} = 2 \left(A + \sum_{i=1}^n S_i / k_i^{\max} \right) / JTC^{\max}$$

並返回 Step 4；否則，執行 Step 6；

Step 6 令 $T_{ch}(i) = \left[2S_i / D_i H_{vi} \left(1 - \frac{D_i}{P_i} \right) k_i^* (k_i^* + 1) \right]^{\frac{1}{2}}$ ，

$i = 1, 2, \dots, n$ ；

Step 7 令 $T_b = \max_{1 \leq i \leq n} T_{ch}(i)$ ；

Step 8 令 $P_p = \{p | T_{ch}(p) = T_b, p = 1, 2, \dots, n\}$ 且

$$T_L = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^n \left[B + D_i H_{vi} \left(1 - \frac{D_i}{P_i} \right) \right] k_i^*}{\sum_{i=1}^n \left[B + D_i H_{vi} \left(1 - \frac{D_i}{P_i} \right) \right] k_i^+} \right\}^{\frac{1}{2}} T^* \text{ 其中 } \begin{cases} k_i^+ = k_i^* & i = 1, 2, \dots, n \text{ 且 } i \neq p \\ k_p^+ = k_p^* + 1, & p \in P \end{cases} ;$$

Step 9 若 $T_b > T_L$ ，則令 $K^* = K^+$ ， $JTC^* = JTC(K^+)$ ， $T^* = 2 \left(A + \sum_{i=1}^n S_i / k_i^+ \right) / JTC(K^+)$

並返回 Step 6；否則，執行 Step 10；

Step 10 停止執行演算，最佳解為 K^* ，代入 K^* 於(5)式與(6)式可分別求得 T^* 與最小單位時間存貨總成本 JTC^* 。

第三節 數據範例

利用下列數據資料說明模式之應用，三項共同配送品項決策相關資料如下：

表一、數據釋例資料

品項	D_i	F_i	H_{vi}	H_{bi}
1	10000	8	2.0	4
2	12000	5	1.0	2
3	9000	10	2.0	4
其他	製造商整備成本 S_i ($i=1,2,3$) 皆設為 45 製造商生產率 P_i 皆設為 18000 固定訂購運輸成本 F 為 30			

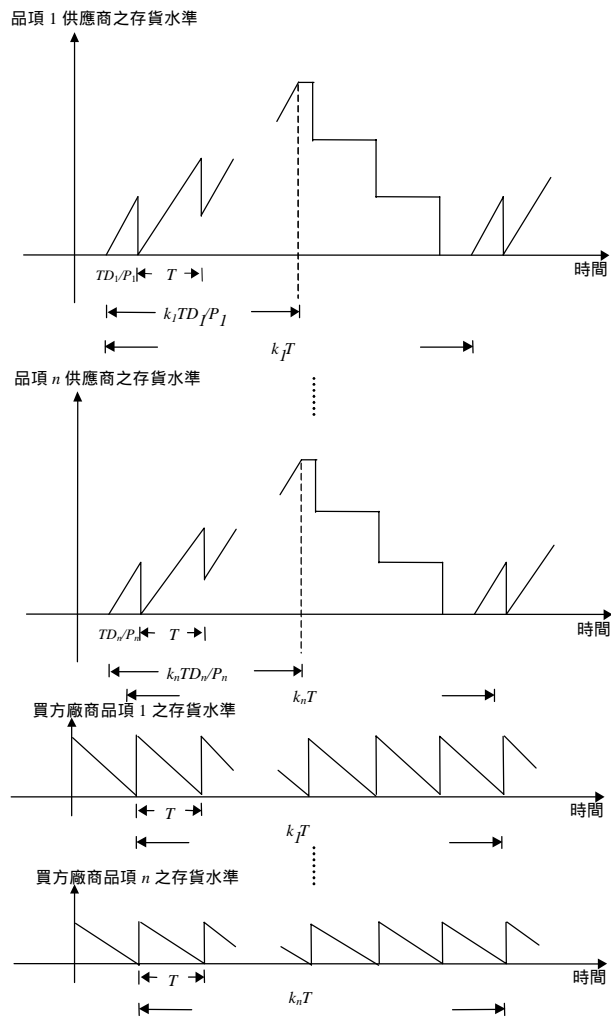
依據演算法則求解結果可得最適共同配送週期 $T^*=0.032$ 單位時間，各品項供應商生產週期分別為該配送週期之 3、5 與 4 倍，最小單位時間存貨總成本 JTC^* 為 \$ 5491.98，而未採共同配送時各品項之供貨週期分別為 0.045、0.05 以及 0.047 單位時間，最小單位時間存貨總成本 JTC_0 則為 \$ 7027.89，因此協調各供應商共同配送可使存貨總成本顯著下降約 22%，且零售商之存貨週期時間亦有顯著縮短的現象。另當上例買方各品項持有成本 H_{bi} 皆提高為該值之 2 倍時，可得最適共同配送週期 $T^*=0.023$ 單位時間，各品項供應商生產週期分別為該配送週期之 4、7 與 6 倍，最小單位時間存貨總成本 JTC^* 為 \$ 6811.999，而採用 Fung & Ma (2001) 所得之最適解則為 $T^*=0.0233$ 單位時間，各品項供應商生產週期分別為該配送週期之 4、6 與 6 倍，最小單位時間存貨總成本 JTC^* 為 \$ 6812.14，此亦應證前述 Fung & Ma (2001) 所提之演算法不一定能獲得最適解的問題。

四、計畫成果自評

本研究依據計畫書目標，針對物流共同化的課題，提出一量化模式，藉以探討進貨合併下單一買方與其多供應商之整合存貨決策問題。研究中亦就模式決策變數最適解提出求解之演算法則，改善先前相關演算法無法保證獲致最適解的問題。透過模式數據實驗發現協調各供應商採用共同配送下，供應體系之存貨總成本可以獲得顯著的改善，而由於批次運費的節省，買方的存貨週期亦明顯的縮短，這意謂供應體系將採取較小的配送批量、更頻繁的補貨頻率，而買方的平均存貨水準將隨之而降低。本研究內容具有學術參考價值，將投稿國外作業管理類學術期刊。

五、參考文獻

1. 陳建良、杜志挺、饒忻、鄭國政，“共同配送策略之運輸成本模擬分析”，*Chung Yuan Journal*, Vol. 28, No.1, 2000, pp. 55-71.
2. 陳祕順，“商業現代化物流產業新貌-共同配送之理念與架構”，*商業現代化*, No. 21, 1997, pp. 5-6.
3. R. Fung and X. Ma, “A new method for joint replenishment problems,” *Journal of Operational Research Society*, Vol. 52, 2001, pp. 358-362.
4. S.K. Goyal and G. Srinivasan, “The individually responsible and rational decision approach to economic lot sizes for one vendor and many purchasers: a comment,” *Decision Sciences*, Vol. 23, 1992, pp. 777-784.
5. Y.P. Gupta and P.K. Bagchi, “Inbound freight consolidation under just-in-time procurement: application of clearing models,” *Journal of Business Logistics*, Vol. 8, No.2, 1987, pp. 74-94.
6. E.A. Silver, D.F. Pyke, and R. Peterson, *Inventory management and production planning and scheduling*, 3rd ed., John-Wiley & Sons: Chichester.
7. S.R. Swenseth and B.K. Park, “Jointly determined cycle time models for manufacturers with multiple vendors,” *Journal of Business Logistics*, Vol. 14, No., 2, 1993, pp. 127-143.
8. S. Viswanathan, “A new optimal algorithm for the joint replenishment problem,” *Journal of Operational Research Society*, Vol. 47, 1996, pp. 936-944.



圖一、單一買方與其多供應商之存貨水準