

## 冰品物流配送策略之研究 Strategies for a Periodic Delivery of Ice Cream

許秀麗 Hsiu- Li Hsu<sup>1</sup>  
朱經武 Ching-Wu Chu<sup>2</sup>  
吳朝升 Chao- Sheng Wu<sup>3</sup>

### 摘要

本研究探討冰品物流運送問題，研究中之顧客可分為兩群，其中一群在訂單下達後的隔天或第二天貨物必須送達，另外一群在訂單下達後的三天內送達。案例公司目前運作方式是將所有收到的訂單，原則上隔日配送完畢。本研究之主要目的為運用數學規劃發展一配送模式，協助運銷管理者降低營運成本，增加競爭優勢。經過測試兩週的資料，比較後顯示依據配送模式求解後所建議之策略，比每日訂單配送完畢的作法減少物流成本。

**關鍵字：**週期性車輛途程問題、0-1 整數規劃、物流委外

### ABSTRACT

In this paper, a Period Vehicle Routing Problem with delivering ice cream is considered. The orders from customers can be classified into two groups. One of them must be satisfied within two days. Another must be fulfilled within three days. Currently, the studied company satisfies all orders on next day. The purpose of this paper is formulating a mathematical programming model to solve this problem and to reduce the operating costs. The results of our mathematical model bring promising savings of the transportation cost.

**Keywords:** Period VRP, 0-1 integer programming, Logistics outsourcing

### 壹、前言

由商品製造商運送貨物至物流中心或區域型經銷商，對物流管理者而言是很重要的問題。在這消費者意識高漲的時代，新產品增加及消費者需求的多變，使得零售商必須降低成本，而供應商則面臨少量多次配送情況。如何有效

<sup>1</sup> 台北海洋技術學院航運企業管理系 講師

<sup>2</sup> 國立台灣海洋大學航運管理學系 教授

<sup>3</sup> 北台灣科學技術學院 國際貿易系 副教授

率將貨品運送至配送中心，實為一重要的課題。冰品運送為低溫物流其中一種，根據業者經驗，如果送貨地點超過三點則容易產生溫度變化太大，對商品品質產生重大影響，因此在規劃配送計畫時要將此因素重要納入考慮。

台灣地區夏季炎熱是冰品熱銷的季節，冬天則是淡季，旺季營業額大約是淡季的 5 倍，因此如果以自有車輛配送則會有旺季不夠調配及淡季閑置的問題，所以廠商大多將車輛配送外包給專業物流公司。本研究的動機源於解決冰品配送問題，由於本研究中之案例食品公司的所有顧客可分為兩群，其中一群為低溫物流中心，在訂單下達後的隔天或第二天貨物必須送達，另外一群為區域型經銷商在訂單下達後的三天內送達。這類型問題屬於週期性車輛途程問題 (Period Vehicle Routing Problem, PVRP)。

典型的週期性車輛途程問題是衍生自車輛途程問題 (Vehicle Routing Problem, VRP) 之問題，Christofides 和 Beasley (1984) 定義 PVRP 為於一段週期時間內，在可用車輛數、車輛容量、及可服務日期等條件下，決定規劃期間內每天所服務的顧客及路線，目標為總行駛成本最低。使用週期性車輛途程解決實務問題之相關文獻眾多，Baptista 等人 (2001) 利用啟發式演算法，解決回收紙的收集問題。Angelelli 和 Speranza (2002) 以禁忌搜尋 (Tabu Search) 探討可至中途貨物存放倉庫取貨之週期性車輛途程問題，Alegre 等人 (2005) 以分散搜尋法探討汽車零件載回製造廠問題。Classen 和 Hendriks (2006) 運用特殊序列集合方法建立收集羊奶的期間問題。Hemmelanyr 等人 (2009) 以變動鄰域搜尋法 (Variable Neighborhood Search) 探討週期性車輛途程問題，Angelelli 等人 (2009) 探討線上取貨系統之變動多期間運送之短期策略。本研究中之主要目的為運用數學規劃發展一配送模式，協助運銷管理者降低營運成本，增加競爭優勢。相較於前述文獻，本研究之最大不同在於以週期性車輛途程為基礎將每日新訂單納入考量，以三天為規劃期間，逐日滾動求解。

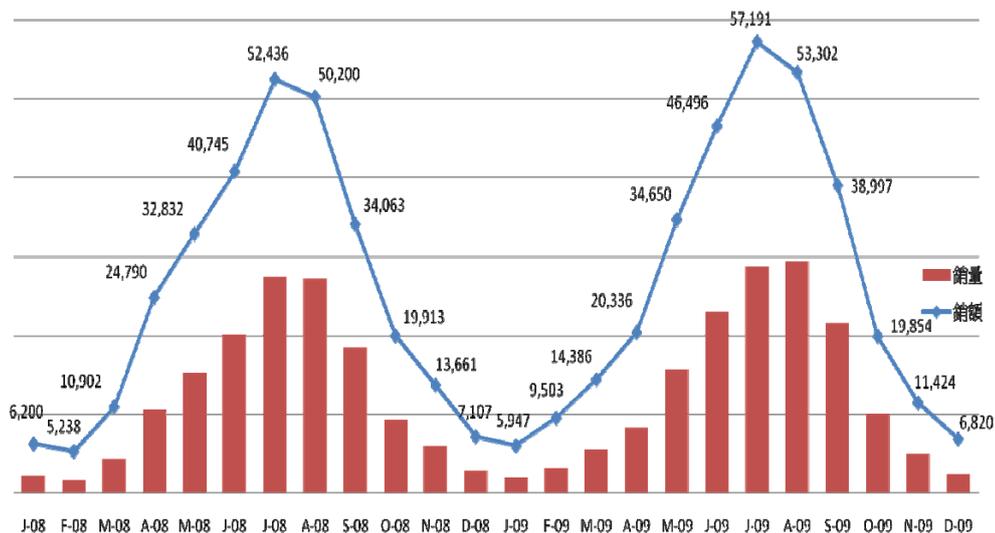
本研究論文架構如下，第二節問題描述，整數規劃模式於第三節詳加介紹，並於第四節執行實例驗證及分析，最後提出結論與建議。

## 貳、問題描述

### 2.1 冰品產業特色

國內市面上冰品種類眾多，市場結構上冰棒及雪糕佔 55-60%，雪糕及冰淇淋約佔 35%，水冰類及點心產品約佔 6%，各有不同價格定位及消費族群，銷售時間從每年的四月到九月約半年的銷售旺季，但冰品的生命週期不長，各廠新產品開發的比重相當高，故廠商不斷地推陳出新，經營相當不易。且近年

隨著國人生活水準及消費能力提升，進口冰品相繼來台爭奪市場佔有率，根據研究個案委託調查公司，調查 2009 年包裝冰品整體零售市場產值約 32 億元，較 2008 年 30 億成長約 7%，主要成長階段為 6-9 月最旺季時期。整體冰品市場變化趨勢圖如圖一。



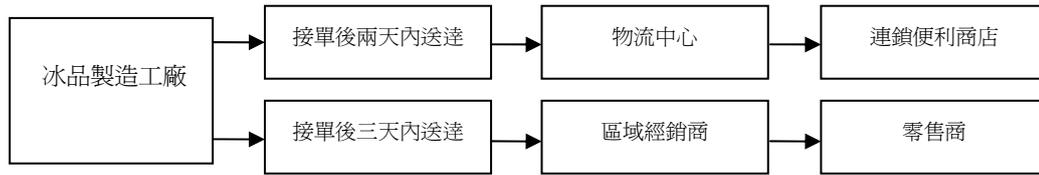
圖一 2008-2009 整體冰品市場變化趨勢圖

資料來源：研究個案委託調查公司調查結果

## 2.2 案例公司冰品物流配送模式

本研究的案例公司是台灣食品王國，經營版圖橫跨食品製造、零售通路與物流三大領域的台灣股票上市公司。該公司冰品部積極引進國外新技術及開發差異性新產品，提升競爭力，已成為台灣最專業之冰品行銷公司。

案例公司旗下所屬冰品在製造工廠生產完成後，行銷配送模式分為兩種，如圖二所示，一種為由製造工廠先行送至物流中心，再由物流中心配送到連鎖便利商店。另外一種方式則為由製造工廠先行送至區域型經銷商倉庫，再配送給零售商。由於冰品的儲藏成本高，不論物流中心或區域經銷商為減少儲藏成本，訂單策略經常運用「少量多次」的配送方式。但對於配送時間的要求，兩種通路存在其差異性，一般「物流中心」通常要求在訂單下達後兩天內一定要送達，而「區域經銷商」對於收貨時間則較有彈性，要求最晚在訂單下達後三天內一定要完成運送。



圖二 冰品物流配送模式

### 2.3 案例公司冰品物流配送現行作業方式

冰品市場淡旺季明顯，如果全部使用自有車輛進行配送，則產生旺季車輛不足或淡季車輛閒置的問題。目前案例公司所使用車輛方式，均採用外包制，其計費方式是以使用外包車輛之數量以及種類為計費標準。15 噸車輛之裝載貨品體積為 900 才，每車每日使用成本 16500；20 噸車輛之裝載貨品體積為 1200 才，每車每日使用成本 17500。

依據業者經驗，冰品配送時需開啓車門，將導致車內溫度驟降，進而影響產品品質，因此配送冰品時送貨地點不宜超過三處。

公司現行作業之訂單處理方式，每天彙集來自各物流中心及區域經銷商的訂單，再將訂單傳送至外包委託之貨運公司，任由貨運公司自行安排派送車輛於隔日送貨，其派送車輛之數目及派車種類並未有妥善規劃，現行的作業模式經常會出現某輛車裝載少量貨物而出車之狀況，如此不但徒增物流費用也會造成資源的浪費。

### 2.4 策略思考方向

本研究策略思考方向，即在解決現行未經規劃的配送方式，考慮將現行隔日完全配送完畢之措施，改變為三天期間內安排出貨，其中將保留某些數量的貨，規劃到第二天或第三天送畢，目標以能夠儘量使得每日貨車滿載出車，避免少量貨物出車之不合理狀況。本研究擬運用週期性車輛途程之方法來處理此一問題。

## 參、整數規劃模式

本研究研擬之整數規劃式可分為兩個階段，第一階段在最低成本之考量下決定車輛種類及數量，第二階段則依據第一階段之結果，建構週期性車輛途程來指派運送車輛。

### 3.1 第一階段：決定車輛種類及數量

在滿足顧客需求下，尋找一車輛組合，使成本最低，可利用整數規劃求解，但考慮到案例公司每日使用的方便性，本研究特建立車輛組合種類配置表以利使用。表一內容顯示，包含派車之車輛組合種類、至多服務顧客數上限，成本、可裝載的總材積。根據此表，在最少成本考量下，一旦給定服務顧客數目與裝載材積，即可決定派車組合種類，在同時滿足服務顧客數與裝載材積兩項條件下，加以配置車輛類型與數量。

例如欲服務顧客數為 5 位，總載貨材積為 2200 才，經查表一，即可選定第 5 項組合，即運送車輛為 2 輛 20 噸車。但若是相同材積，卻有 8 位顧客的情況下，則應選定第 6 項組合，即運送車輛為 3 輛 15 噸車。

表一 各類型車輛組合種類配置表

車輛組合種類 Combination	15 噸車	20 噸車	總車輛 數	服務顧客數上限	成本	材積
1	1	0	1	3	16500	900
2	0	1	1	3	17500	1200
3	2	0	2	6	33000	1800
4	1	1	2	6	34000	2100
5	0	2	2	6	35000	2400
6	3	0	3	9	49500	2700
7	2	1	3	9	50500	3000
8	1	2	3	9	51500	3300
9	0	3	3	9	52500	3600
10	4	0	4	12	66000	3600
11	3	1	4	12	67000	3900
12	2	2	4	12	68000	4200
13	1	3	4	12	69000	4500
14	3	2	5	15	84500	5100
15	2	3	5	15	85500	5400
16	3	3	6	18	102000	6300

### 3.2 第二階段：指派運送車輛數學模式

為了使模式能夠尋求理想的配送結果，所建構的模式基於下列幾點假設：

1. 只有一個工廠，而且所有車輛運輸起始點與終點皆在工廠。
2. 每一位顧客的需求為已知，且不超過任一車輛的裝載體積。
3. 每一位顧客只能由一車輛服務，所有顧客的需求必須被滿足。

整數規劃模式敘述如下：

$$\text{Min } z = \sum_{i=1}^n \sum_{t=2}^3 \sum_{k=1}^m q_{it} Y_{ikt}$$

subject to

$$\sum_{k=1}^m \sum_{t=1}^3 Y_{ikt} = 1 \quad (i = 1, \dots, n) \quad (1)$$

$$\sum_{k=1}^m \sum_{t=1}^3 Y_{0kt} = \sum_{k=1}^m \sum_{t=1}^3 Y_{kt} \quad (2)$$

$$\sum_{j=0}^n X_{ijkt} = Y_{ikt} \quad (k = 1, \dots, m; t = 1, \dots, 3; i = 0, \dots, n) \quad (3)$$

$$\sum_{j=0}^n X_{jik} = Y_{ikt} \quad (k = 1, \dots, m; t = 1, \dots, 3; i = 0, \dots, n) \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n q_{it} Y_{ikt} \leq Q_{kt} \quad (k = 1, \dots, m; t = 1, \dots, 3) \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n Y_{ikt} = C_{kt} \quad (k = 1, \dots, m; t = 1, \dots, 3) \quad (6)$$

$$C_{kt} \leq 3 \quad (7)$$

$$1 - Y_{kt} \leq MZ_{kt} \quad (k = 1, \dots, m; t = 1, \dots, 3) \quad (8)$$

$$Y_{kt} \leq M(1 - Z_{kt}) \quad (k = 1, \dots, m; t = 1, \dots, 3) \quad (9)$$

$$C_{kt} \leq M(1 - Z_{kt}) \quad (k = 1, \dots, m; t = 1, \dots, 3) \quad (10)$$

$$\sum_{k=1}^m Y_{ik1} = 1 \quad i \in C_{iD} \quad (11)$$

$$\sum_{k=1}^m \sum_{t=1}^2 Y_{jkt} = 1 \quad j \in C_{jD} \quad (12)$$

$$\forall X_{ijkt} \in \{0,1\}, Y_{ikt} \in \{0,1\}, Y_{kt} \in \{0,1\}, Z_{kt} \in \{0,1\}$$

$$C_{kt} \geq 0, \text{integer}$$

以下就模式的決策變數、符號與意義作一說明。

$i$ : 顧客  $i = 0, \dots, n$  (其中0代表製造工廠)

$j$ : 顧客  $j = 0, \dots, n$  (其中0代表製造工廠)

$k$ : 車輛  $k = 1, \dots, m$

$t$ : 配送日期  $t = 1, \dots, 3$

$$X_{ijkt} = \begin{cases} 1, & \text{車輛 } k \text{ 在第 } t \text{ 天到達顧客 } i \text{ 之後即至顧客 } j \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

$$Y_{ikt} = \begin{cases} 1, & \text{顧客 } i \text{ 的需求, 由第 } k \text{ 輛車在第 } t \text{ 天運送} \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

$$Y_{kt} = \begin{cases} 1, & \text{第 } k \text{ 輛車在第 } t \text{ 天被使用} \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

$FC_k$ : 第  $k$  車之運送成本;

$q_{it}$ : 顧客  $i$  在第  $t$  天的需求量;

$Q_{kt}$ : 第  $t$  天使用的第  $k$  車裝載容積;

$C_{kt}$ : 第  $k$  車在第  $t$  天服務的顧客數加總;

$Z_k$ : IF-THEN限制式中之0-1整數變數, 確保  $C_k \geq 1$  時,  $Z_k = 0$ ;  $C_k = 0$  時,  $Z_k = 1$ ;

$C_{iD}$ : 顧客的需求必須在隔天被滿足;

$C_{jD}$ : 顧客的需求必須兩天內被滿足

目標函數的目的為求取安排在第二天及第三天的運送量最低。

限制式 (1) 確保每一位顧客由一輛車服務。

限制式 (2) 確保由製造工廠出發的車輛數目等於所有車輛數目。

限制式 (3) 確保某天每一顧客只允許一車從該地離開。

限制式 (4) 確保某天每一顧客只允許一車進入該地。

限制式 (5) 確保每一車裝載貨物不超過車輛的裝載限制。

限制式 (6)、(7) 計算每部車在第  $t$  天送達的顧客數及限制每一部車服務的顧客不可以超過三家。

限制式 (8)、(9)、(10) 為 IF-THEN 之限制式，確保如果  $C_{kt} \geq 1$  時，則  $Y_{kt} = 1$  成立。如果  $C_{kt} = 0$  時，則  $Y_{kt} = 0$  成立。

限制式 (11) 確保一定要在隔天被滿足需求的顧客  $i$  必須有一部車服務。

限制式 (12) 確保一定要在兩天被滿足需求的顧客  $j$  必須有一部車於第一天或第二天服務。

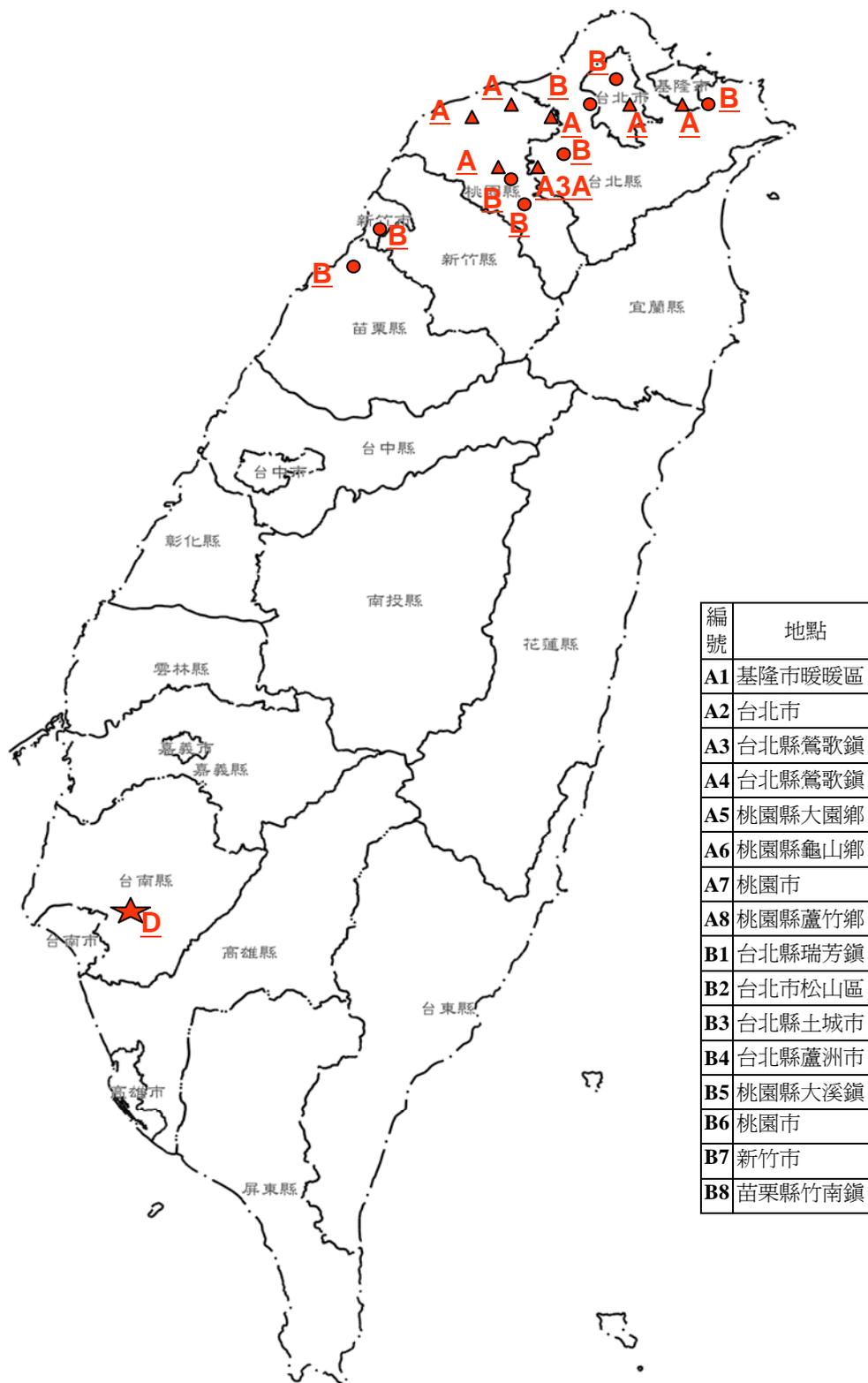
## 肆、實例驗證

### 4.1 案例相關資料

茲將案例公司旺季期間兩個星期的訂單彙整如表二所示。顧客可以分為兩群，第一群為物流中心，在訂單下達後，貨物在兩天內一定要送達。第二群為區域經銷商，最晚三天內一定要完成運送。圖三為物流中心及區域經銷商倉庫位置圖，物流中心為 A 群顧客，區域經銷商為 B 群顧客。

D1 代表案例公司在台南的製造工廠。表二為顧客的訂單彙整表，在表中數字代表顧客的需求量，數字下方之英文字母與數字對應圖三之物流中心與經銷商，例如第一天第 1 個顧客為 609/A1，表示位於暖暖物流中心所需要的貨物量為 609 才。例如第一天第 6 個顧客為 290/B1，表示位於台北縣瑞芳鎮的區域經銷商所需要的貨量為 290 才。由於星期日為休息日，所以第 7 天與第 14 天沒有顧客訂單資料，兩星期的訂單共有 12 天的顧客訂單資料。

冰品物流配送策略之研究



圖三物流中心及區域經銷商倉庫位置圖

表二 顧客訂單彙整表

顧客 \ 日期	day1	day2	day3	day4	day5	day6	day8	day9	day10	day11	day12	day13
1	609	422	783	440	563	215	230	411	432	147	132	187
	A1	A2	A1	A3	A1	A3	A1	A2	A4	A1	A3	A1
2	449	449	204	197	264	324	238	111	236	326	245	321
	A3	A5	A3	A6	A2	A5	A2	A3	A5	A2	A5	A2
3	662	108	273	274	453	336	346	234	512	784	502	432
	A4	A6	A4	A7	A4	A6	A4	A5	A6	A3	A6	A4
4	769	286	668	433	153	141	555	246	108	255	208	223
	A6	A7	A5	B2	B1	A7	A7	A6	A8	A4	B2	B3
5	286	290	121	410	138	132	341	213	136	863	173	122
	A8	A8	A6	B5	B3	A8	A8	A7	B3	A7	B8	B5
6	290	101	118		403	203	290	342		721		
	B1	B2	A8		B8	B2	B1	A8		A8		
7	365	162	454			148	345	552		90		
	B3	B5	B3			B7	B3	B1		B4		
8	268	267	397				283	638		322		
	B4	B6	B4				B4	B2		B5		
9	557	456	244				116	432		236		
	B7	B7	B8				B5	B7		B6		
10		201					540	571				
		B8					B6	B8				
total	4255	2742	3262	1754	1974	1499	3284	3750	1424	3744	1260	1285

資料來源：案例公司提供

#### 4.2 案例公司配送現況

案例公司將每日收到的訂單彙整後，通知外包委託之貨運公司，由貨運公司根據經驗安排配送，原則上盡量隔日配送完畢，但有時會延至與第二天的新訂單再一起處理。案例公司兩星期實際的配送結果如表三所示，表中所示之內

## 冰品物流配送策略之研究

容為配送的材積及所使用的車輛噸位與編號，例如在第二天配送第 1 位顧客以 609(20-1)表示，代表配送材積為 609 才，由 20 噸車輛中的第一部運送；第二天第 3 位顧客之配送結果為 662(20-2)代表配送材積為 662 才，由 20 噸車輛中的第二部運送。第二天配送的結果，共使用了 20 噸車輛四部，浪費材積 545 才，佔可裝載材積 4800 才之 11.4%。而第三天所浪費的材積升高至 20.0%。在 12 個配送期間，就有三天(day 8, day 11, day 15)發生浪費材積超過 30%的情況，比例高達 1/4。每天配送所浪費的材積均超過 10%，兩星期的實際配送平均浪費的材積為 20.6%，若以長期而言，所浪費之成本及能源將相當可觀。

表三 案例公司配送現況

配送 日期 顧客	day2	day3	day4	day5	day6	day8	day9	day10	day11	day12	day13	day15	總計
1	609 (20-1)	422 (20-1)	783 (20-1)	440 (20-1)	563 (20-1)	215 (15-1)	230 (15-1)	411 (15-1)	432 (20-1)	147 (20-1)		187 (15-1)	
2	449 (20-1)	449 (20-1)	204 (20-1)	197 (20-1)		324 (15-1)	238 (15-1)	111 (15-1)	236 (15-1)	326 (20-2)	245 (20-1)	321 (15-1)	
3	662 (20-2)	108 (20-1)	273 (20-2)	274 (20-1)	453 (20-1)	336 (15-2)	346 (15-1)	234 (15-1)	512 (20-1)	784 (15-1)	502 (20-1)	432 (15-2)	
4	769 (20-3)	286 (15-1)	668 (20-2)	433 (15-1)	153 (15-1)	141 (15-2)	555 (20-1)	246 (15-2)	108 (15-1)	255 (20-2)	208 (20-1)	223 (15-3)	
5	286 (20-3)	290 (15-1)	121 (15-1)	410 (15-1)	138 (15-1)	132 (15-2)	341 (20-2)	213 (15-2)	136 (15-1)	863 (20-1)		122 (15-2)	
6	290 (20-2)		118 (15-1)		403 (15-1)	203 (15-3)	290 (20-2)	342 (15-2)		721 (20-3)		132 (15-3)	
7	365 (20-4)	162 (15-1)	454 (15-1)			148 (15-3)	345 (20-2)	552 (20-1)		90 (15-1)		173 (15-3)	
8	268 (20-4)	267 (20-2)	397 (15-2)			264 (15-3)	283 (20-1)	638 (20-2)		322 (20-2)			
9	557 (20-4)	456 (20-2)	244 (15-2)				116 (20-1)	432 (20-2)		236 (20-3)			
10		201 (20-2)	101 (15-2)				540 (15-2)	571 (20-1)					
實際運送材積	4255	2641	3363	1754	1710	1763	3284	3750	1424	3744	955	1590	30233
15T 車輛數	0	1	2	1	1	3	2	2	1	1	0	3	17
20T 車輛數	4	2	2	1	1	0	2	2	1	3	1	0	19
可裝載材積	4800	3300	4200	2100	2100	2700	4200	4200	2100	4500	1200	2700	38100
裝載浪費材積	545	659	837	346	390	937	916	450	676	756	245	1110	7867
浪費材積比例	11.4%	20.0%	19.9%	16.5%	18.6%	34.7%	21.8%	10.7%	32.2%	16.8%	20.4%	41.1%	20.6%
費用	70000	51500	68000	34000	34000	49500	68000	68000	34000	69000	17500	49500	613000

### 4.3 配送策略一:當日的訂單隔日全部運送完畢

在已知表二顧客需求之情況下，依據 3.1 節描述查詢表一，可以快速求出所需之車輛組合，將結果代入 3.2 節數學模式，當日的訂單隔日全部運送完畢

策略，配送結果彙整如表四。表四中顯示之內容為配送的材積及所使用的車輛噸位與編號。第二天配送的結果，共使用了 15 噸車輛一部，20 噸車輛三部，浪費材積為 245 才，佔可裝載材積 4500 才之 5.4%。而第三天所浪費的材積升高至 23.8%，浪費材積比例最高的情形出現在第八天的配送，高達 44.5%，主要原因是因為每部車有服務三個顧客的限制，以兩星期的規劃，總浪費空間平均為 13.9%，在 12 個配送期間，就有四天(day 3, day 8, day 11, day 15)發生浪費材積超過 20%的情況，比例高達 1/3。長期而言若採取策略一，所浪費之成本及能源將相當可觀。

#### 4.4 配送策略二：當日的訂單以三天的配送期間規劃

策略一為當日訂單隔日全部運送完畢，策略二為避免當日訂單隔日少量出車，將當日訂單以三天的配送期間進行規劃，並以第二天與第三天之運送量最小化為目標進行求解。根據計算結果，隔日將第一天配送計畫中服務的顧客按照配送計畫配送。預計在第二天及第三天配送的貨物會連同新訂單再重新規劃三天的配送計畫，根據滾動式的期間運送計畫。

表五為配送策略二的配送結果。每天所浪費的材積大抵在 8% 以下，在規劃的兩星期中，只有兩天浪費的材積超過 10%，其中第 8 天配送計畫所浪費的空間為 13.83%，主要原因是因為每部車有服務 3 位顧客的限制，雖然車輛仍有剩餘空間可供裝載，但是仍然會將貨物保留至隔天再重新安排；第 15 天配送因為是規劃的最後一天運送，所以須將所有貨物送完，因此浪費空間才會高達 24.33%，但整體而言兩星期的規劃期間，總浪費空間平均只有 6.7%，總費用僅 540000 元，對於成本的節省相當顯著。

冰品物流配送策略之研究

表四 採用配送策略一之配送結果

配送 日期 顧客	day2	day3	day4	day5	day6	day8	day9	day10	day11	day12	day13	day15	總計
1	609 (20-1)	422 (15-1)	783 (20-1)	440 (15-1)	563 (15-1)	215 (15-1)	230 (15-1)	411 (15-1)	432 (15-1)	147 (15-1)	132 (15-1)	187 (15-1)	
2	449 (20-2)	449 (15-3)	204 (20-1)	197 (15-2)	264 (20-1)	324 (15-1)	238 (15-2)	111 (15-2)	236 (15-2)	326 (15-2)	245 (15-1)	321 (15-2)	
3	662 (20-2)	108 (15-1)	273 (20-2)	274 (15-2)	453 (20-1)	336 (15-2)	346 (15-1)	234 (15-3)	512 (15-2)	784 (15-3)	502 (15-2)	432 (15-2)	
4	769 (15-1)	286 (15-4)	668 (20-2)	433 (15-1)	153 (15-1)	141 (15-2)	555 (15-4)	246 (15-3)	108 (15-1)	255 (20-1)	208 (15-1)	223 (15-1)	
5	286 (20-1)	290 (15-3)	121 (20-1)	410 (15-2)	138 (15-1)	132 (15-2)	341 (15-2)	213 (15-2)	136 (15-1)	863 (20-1)	173 (15-2)	122 (15-1)	
6	290 (20-1)	101 (15-4)	118 (20-3)		403 (20-1)	203 (15-3)	290 (15-2)	342 (15-3)		721 (15-1)			
7	365 (20-3)	162 (15-1)	454 (20-3)			148 (15-3)	345 (15-3)	552 (20-1)		90 (15-3)			
8	268 (20-3)	267 (15-2)	397 (20-3)				283 (15-4)	638 (20-1)		322 (15-2)			
9	557 (20-3)	456 (15-4)	244 (20-2)				116 (15-1)	432 (15-1)		236 (15-2)			
10		201 (15-2)					540 (15-3)	571 (15-2)					
實際運送材積	4255	2742	3262	1754	1974	1499	3284	3750	1424	3744	1260	1285	30233
15T 車輛數	1	4	0	2	1	3	4	3	2	3	2	2	27
20T 車輛數	3	0	3	0	1	0	0	1	0	1	0	0	9
可裝載材積	4500	3600	3600	1800	2100	2700	3600	3900	1800	3900	1800	1800	35100
裝載浪費材積	245	858	338	46	126	1201	316	250	576	56	540	515	5067
浪費材積比例	5.4%	23.8%	9.4%	2.6%	6%	44.5%	8.8%	3.9%	20.9%	4%	3%	28.6%	13.9%
費用	69000	66000	52500	33000	34000	49500	66000	67000	33000	67000	33000	33000	603000

表五 採用配送策略二之配送結果

顧客 \ 配送日期	day2	day3	day4	day5	day6	day8	day9	day10	day11	day12	day13	day15	總數
1	609 (15-1)	422 (15-1)	783 (20-1)	440 (15-1)	563 (20-1)	215 (15-1)		411 (20-1)	432 (20-1)	147 (15-1)		187 (15-1)	
2	449 (20-1)	449 (20-1)		197 (15-1)	264 (15-1)	324 (15-1)		111 (15-1)		326 (15-2)		321 (15-1)	
3	662 (20-1)		273 (20-1)	274 (15-2)	453 (15-1)	336 (15-2)	346 (15-1)	234 (20-1)	512 (20-1)	784 (15-3)	502 (15-1)	432 (15-2)	
4	769 (20-2)	286 (15-2)	668 (20-1)	433 (15-2)	153 (15-1)	141 (15-1)	555 (20-1)	246 (20-2)				223 (15-3)	
5	286 (15-1)	290 (15-2)	121 (20-1)		138 (20-1)	132 (15-2)	341 (20-1)			863 (20-1)		122 (15-2)	
6	290 (15-1)			204 (15-1)			290 (15-1)	342 (20-2)	213 (20-1)	721 (15-1)	255 (15-1)	132 (15-2)	
7	365 (20-2)	162 (20-1)	454 (15-1)	118 (15-2)	410 (20-1)		345 (20-2)	552 (20-1)		90 (20-1)	136 (15-1)	245 (15-3)	
8		267 (15-1)	397 (20-1)			403 (15-2)	283 (20-1)	638 (15-1)		322 (15-2)		208 (15-3)	
9	557 (15-2)	456 (20-1)	244 (15-1)					432 (15-2)		236 (20-1)		173 (15-1)	
10		201 (15-1)	108 (20-1)				540 (20-2)	571 (20-2)		236 (15-2)			
11		268 (15-2)	101 (15-1)				203 (15-1)	230 (15-2)		108 (15-3)			
12							148 (20-2)	238 (15-2)					
13								116 (15-1)					
實際運送材積	3987	2801	3149	1666	1981	1551	3051	4121	1157	3833	893	2043	30233
15T 車輛數	2	2	1	2	1	2	1	2	0	3	1	3	20
20T 車輛數	2	1	2	0	1	0	2	2	1	1	0	0	12
可裝載材積	4200	3000	3300	1800	2100	1800	3300	4200	1200	3900	900	2700	32400
裝載浪費材積	213	199	151	134	119	249	249	79	43	67	7	657	2167
浪費材積比例	5.1%	6.6%	4.6%	7.4%	5.7%	13.8%	7.6%	1.9%	3.6%	1.7%	0.1%	24.3%	6.7%
費用	68000	50500	51500	33000	34000	33000	51500	68000	17500	67000	16500	49500	540000

#### 4.5 配送策略一與現況之比較

表六為配送策略一與現況之比較表，我們發現策略一將當日訂單隔天全部運送完畢的策略比現況好，以兩星期規劃期間為例，策略一較現況節省了 10,000 元。策略一所浪費的空間為 4867 才，較現況所浪費的材積 7867 才少了

## 冰品物流配送策略之研究

3000 才，但是案例公司的物流配送模式根據經驗保留部分的貨物與新訂單一併處理，所以在第 3 天、第 8 天及第 13 天的運送，策略一的浪費材積比例反而比現況高。

表六 配送策略一與現況比較表

配送日期	總運送才積		15T 車輛數		20T 車輛數		裝載浪費材積		浪費材積比例		費用	
	策略 1	現況	策略 1	現況	策略 1	現況	策略 1	現況	策略 1	現況	策略 1	現況
day2	4255	4255	1	0	3	4	245	545	5.4%	11.4%	69000	7000
day3	2742	2641	4	1	0	2	858	659	23.8%	20.0%	66000	51500
day4	3262	3363	0	2	3	2	338	837	9.4%	19.9%	52500	68000
day5	1754	1754	2	1	0	1	46	346	2.6%	16.5%	33000	34000
day6	1974	1710	1	1	1	1	126	390	6.0%	18.6%	34000	34000
day8	1499	1763	3	3	0	0	1201	937	44.5%	34.7%	49500	495000
day9	3284	3284	4	2	0	2	316	916	8.8%	21.8%	66000	68000
day10	3750	3750	3	2	1	2	150	450	3.9%	10.7%	67000	68000
day11	1424	1424	2	1	0	1	376	676	20.9%	32.2%	33000	34000
day12	3744	3744	3	1	1	3	156	756	4.0%	16.8%	67000	69000
day13	1260	955	2	0	0	1	540	245	30.0%	20.4%	33000	175000
day15	1285	1590	2	3	0	0	515	1110	28.6%	41.1%	33000	495000
總數	30233	30233	27	17	9	19	4867	7867	13.9%	20.6%	603000	613000

### 4.6 配送策略二與現況之比較

表七為配送策略二與現況比較表，我們發現配送策略二與現況相比，採用策略二每日浪費材積均較現況每日浪費材積少，兩星期規劃期間總浪費材積僅 2167 才，而現況浪費 7867 才，採用策略二浪費的空間減少 5600 才，策略二的總成本為 540,000 元相較於現況的費用 613000 元，共節省 713000 元。

表七 配送策略二與現況比較表

配送日期	總運送才積		15T 車輛數		20T 車輛數		裝載浪費材積		浪費材積比例		費用	
	策略 2	現況	策略 2	現況	策略 2	現況	策略 2	現況	策略 2	現況	策略 2	現況
day2	3987	4255	2	0	2	4	213	545	5.1%	11.4%	68000	7000
day3	2801	2641	2	1	1	2	199	659	6.6%	20.0%	50500	51500
day4	3149	3363	1	2	2	2	151	837	4.6%	19.9%	51500	68000
day5	1666	1754	2	1	0	1	134	346	7.4%	16.5%	33000	34000
day6	1981	1710	1	1	1	1	119	390	5.7%	18.6%	34000	34000
day8	1551	1763	2	3	0	0	249	937	13.8%	34.7%	33000	495000
day9	3051	3284	1	2	2	2	249	916	7.6%	21.8%	51500	68000
day10	4121	3750	2	2	2	2	79	450	1.9%	10.7%	68000	68000
day11	1157	1424	0	1	1	1	43	676	3.6%	32.2%	17500	34000
day12	3833	3744	3	1	1	3	67	756	1.7%	16.8%	67000	69000
day13	893	955	1	0	0	1	7	245	0.1%	20.4%	16500	175000
day15	2043	1590	3	3	0	0	657	1110	24.3%	41.1%	49500	495000
總數	30233	30233	20	17	12	19	2167	7867	6.7%	20.6%	540000	613000

#### 4.7 配送策略一與配送策略二之比較

表八為兩策略之配送結果比較表，我們發現策略一將當日訂單隔天全部運送完畢的策略會造成空間較大的浪費，因此配送費用較策略二高，以兩星期規劃期間為例，策略二較策略一節省了 63,000 元。策略一所浪費的空間為 4867 才，較策略二所浪費的材積 2167 才多了 2700 才，所以策略二應該較策略一更適合案例公司採用，做為改善現況的依據。

表八 配送策略一與配送策略二配送結果比較表

配送日期	總運送才積		15T 車輛數		20T 車輛數		裝載浪費材積		浪費材積比例		費用	
	策略 1	策略 2	策略 1	策略 2	策略 1	策略 2	策略 1	策略 2	策略 1	策略 2	策略 1	策略 2
day2	4255	3987	1	2	3	2	245	213	5.4%	5.1%	69000	68000
day3	2742	2801	4	2	0	1	858	199	23.8%	6.6%	66000	50500
day4	3262	3149	0	1	3	2	338	151	9.4%	4.6%	52500	51500
day5	1754	1666	2	2	0	0	46	134	2.6%	7.4%	33000	33000
day6	1974	1981	1	1	1	1	126	119	6.0%	5.7%	34000	34000
day8	1499	1551	3	2	0	0	1201	249	44.5%	13.8%	49500	33000
day9	3284	3051	4	1	0	2	316	249	8.8%	7.6%	66000	51500
day10	3750	4121	3	2	1	2	150	79	3.9%	1.9%	67000	68000
day11	1424	1157	2	0	0	1	376	43	20.9%	3.6%	33000	17500
day12	3744	3833	3	3	1	1	156	67	4.0%	1.7%	67000	67000
day13	1260	893	2	1	0	0	540	7	3.0%	0.1%	33000	16500
day15	1285	2043	2	3	0	0	515	657	28.6%	24.3%	33000	49500
總數	30233	30233	27	20	9	12	4867	2167	13.9%	6.7%	603000	540000

## 伍、結論與建議

本研究探討冰品物流配送問題，以週期性車輛途程為基礎並同時考量每日新產生之訂單，規劃出一成本最小化的車輛途程安排。研究中發展一整數規劃模式解決滾動式週期性車輛途程問題。將整個研究結果與建議，敘述如下：

- 一、 對於少量但訂貨頻率高的冰品運送，本研究建構之週期性車輛途程模式將新訂單納入考量，對於成本的節省有其貢獻。
- 二、 因配送車輛途程問題具有 NP-hard 的性質，由本研究發展的整數規劃求解此問題，雖然可獲得最佳解，但是相當耗費時間與人力，僅適用於小型問題。
- 三、 未來研究方向，可以本研究之整數規劃為基礎，再發展一禁忌搜尋 (Tabu Search) 啟發式演算法，以提高求解速度與精確度以適用大型問題。

參考文獻

1. Christofides, N. and Beasley, J. E., "The Period Routing Problem", *Networks*, Vol. 14, pp. 237-256, 1984.
2. Baptista, S., Oliveira, R. C. and Zuquere.E., "A Period Vehicle Routing Case Study", *European Journal of Operational Research*, Vol. 139, pp. 220-229, 2001.
3. Angelelli, E. and Speranza, M. G., "The Periodic Vehicle Routing Problem with Intermediate Facilities", *European Journal of Operational Research*, Vol. 137, pp. 233-247, 2002.
4. Alegre, J., Laguna, M. and Pacheco, J., "Optimizing the Periodic Pick-up of Raw Materials for A Manufacturer of Auto Parts", *European Journal of Operational Research*, Vol. 179, pp. 736-746, 2005.
5. Claassen, G. D. H. and Hendriks, Th. H. B., "An Application of Special Ordered Sets to A Period Milk Collection Problem", *European Journal of Operational Research*, Vol. 180, pp. 754-769, 2006.
6. Hemmelmayr, V. C., Doerner, K. F. and Hartl, R. F., "A Variable Neighborhood Search Heuristic for Period Routing Problems", *European Journal of Operational Research*, Vol. 195, pp. 791-802, 2009.
7. Angelelli, E., Bianchessi, N., Mansini, R. and Speranza, M.G., "Short Term Strategies for a Dynamic Multi-Period Routing Problem", *Transportation Research Part C*, Vol. 17, pp. 106-119, 2009.