

國立臺灣大學工學院工業工程學研究所



碩士論文

Graduate Institute of Industrial Engineering

College of Engineering

National Taiwan University

Master Thesis

B2C 電子商務下都會區配送模型之研究

B2C E-commerce Distribution Models

in a Metropolitan Area

張易晟

Yi-Cheng Chang

指導教授：郭瑞祥博士、蔣明晃博士

Advisor: Andy Ruey-Shan Guo, Ph.D.

David Ming-Huang Chiang, Ph.D.

中華民國 103 年 6 月

June, 2014

## 摘要



近年來全球 B2C 電子商務銷售額成長顯著，使得電商接觸消費者的最後一哩—配送物流日趨重要，為了強化競爭優勢與區隔目標客群，更加重視都會區中高度集中的消費者與嚴格配送時間的特性，B2C 電商開始建置車隊與相關設施，降低車輛裝載率以快速且密集的配送方式為創新競爭策略滿足顧客需求。

本研究之目的為 B2C 電商提出發展自有配送系統之最適化設施數、設施位置與車輛數。然而過去 B2C 電子商務與物流及配送模型設計相關文獻，常在考慮車輛實際容量、最長路徑限制與顧客服務時間等因素下，以最低成本做為衡量設施區位問題與車輛途程問題的績效指標，但在 B2C 電子商務的策略中，具時效性的衡量指標如準時送達率更是重要。

考慮設施位置對於車輛路徑的顯著影響下，建構兩階段之區位途程問題為 B2C 電商提供設施數量、設施位置及車輛數之建議，分別在給定服務策略下以分支界限法求解最小化服務都會區之設施數，並選擇訂單數較多的區域設立設施，接續以時間導向之循序型節省法求解每座設施所需之最少車輛數。

以國內知名 B2C 電商企業之訂單資料為研究對象，探討不同配送策略對於最佳設施數量、位置、最少車輛數與旅行時間之影響，並調整相關參數提出不同配送策略下之方案組合，提供決策者多方考量配送模型的發展與策略，做為初步規劃之建議，協助電商企業發展具配送時效導向的競爭策略，使得電商能夠更緊密的虛實整合，為都會區中的潛在消費者們提供最佳的服務。

關鍵字：B2C 電子商務物流、配送模型、區位途程問題、節省法

# ABSTRACT



With the significant growth of B2C e-commerce in the recent years, “The Last Mile” is essential for e-commerce to serve customers. To enhance competitive advantages and separate target segments, Firms have paid attention to the characteristics of high customer density in a metropolitan area and hard delivery time windows have been given great attention. B2C e-commerce firms have begun to build distribution systems, and reduce the loading rate with frequently delivery schedules to be creative competitive strategies.

The purpose of this research is to provide the optimal suggestions for B2C e-commerce firms to manage their distribution systems. The previous literature related to B2C e-commerce and logistics, and distribution model design asserts that cost efficiency is considered measurement of the performance associated with facility locations and vehicle routing problems. Additionally, performance also includes factors such as vehicle capacity, maximum route length and customer service time. More specifically, the strategies of B2C e-commerce distribution emphasize the integration the above factors into time-oriented indicators to measure their service quality.

By building a two-stage location-routing problem for B2C e-commerce to provide the scenarios for the required number of facilities and fleet size as well as the facility locations. The first stage is applying the branch and bound method to minimizing the number of facilities and corresponding locations. In the second stage, this research utilizes time-oriented savings method with sequential approach to minimize fleet size in each facility.

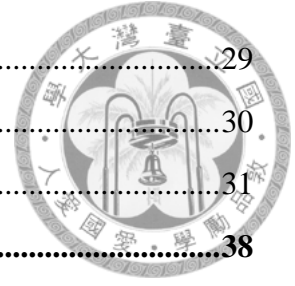
This research draws data from a B2C e-commerce enterprise to investigate the optimal combinations among the required number of facilities and fleet size as well as the facility locations. The findings in this research provide the managers a comprehensive and multiple aspects model for developing logistics systems in a metropolitan area. This paper also conduct sensitive analysis to provide different portfolios that managers can take into considerations to further develop their businesses and enhance service quality.

Key words: B2C E-commerce Logistics, Distribution Model, Location-Routing Problem, Savings Method

# 目錄



摘要 .....	I
ABSTRACT .....	II
目錄 .....	IV
圖目錄 .....	VI
表目錄 .....	VII
<b>第一章 緒論 .....</b>	<b>1</b>
1.1 研究背景與動機 .....	1
1.2 研究目的 .....	3
1.3 研究架構 .....	3
1.4 論文架構 .....	4
<b>第二章 文獻探討 .....</b>	<b>6</b>
2.1 B2C 電子商務與物流 .....	6
2.2 城市物流 .....	7
2.3 配送模型 .....	8
2.3.1 區位途程問題(Location routing problem, LRP) .....	10
2.3.2 設施區位問題(Facility location problem, FLP) .....	12
2.3.3 車輛途程問題(Vehicle routing problem, VRP) .....	15
2.3.4 節省法(Savings method) .....	15
2.4 文獻整理與評析 .....	18
<b>第三章 模型建構 .....</b>	<b>20</b>
3.1 問題描述 .....	20
3.2 模型假設 .....	23
3.3 數學模型 .....	24
3.3.1 模型架構 .....	24
3.3.2 權重集合覆蓋問題 .....	25
3.3.3 求解方法 .....	27
3.3.4 區域指派機制 .....	28



3.3.5	求解方法 .....	29
3.3.6	車輛途程問題 .....	30
3.3.7	求解方法 .....	31
<b>第四章</b>	<b>個案資料分析 .....</b>	<b>38</b>
4.1	個案背景介紹 .....	38
4.2	個案參數設定 .....	40
4.2.1	估計服務時間 .....	40
4.2.2	估計旅行時間矩陣 .....	42
4.3	個案資料求解 .....	45
4.3.1	權重集合覆蓋問題 .....	45
4.3.2	區域指派機制 .....	47
4.3.3	車輛途程問題 .....	48
4.3.4	非對稱型節省法 .....	48
4.3.5	對稱型節省法 .....	51
4.4	求解結果 .....	53
4.5	敏感度分析 .....	54
4.5.1	調整最長服務時間 .....	54
4.5.2	延長配送時間上限 .....	57
4.6	小結 .....	59
<b>第五章</b>	<b>結論與建議 .....</b>	<b>61</b>
5.1	研究結論與管理意涵 .....	61
5.2	研究貢獻 .....	61
5.3	研究限制 .....	62
5.4	未來研究方向 .....	63
	參考文獻 .....	64

# 圖目錄

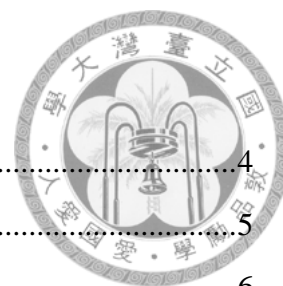


圖 1.1 研究架構圖 .....	4
圖 1.2 論文架構圖 .....	5
圖 2.1 電子商務與網路應用範疇 .....	6
圖 2.2 典型配送流程 .....	7
圖 2.3 設施數與期望回應時間關係圖 .....	9
圖 2.4 設施數量與物流成本、回應時間之變動圖 .....	9
圖 2.5 配送商儲存並最後一哩配送 .....	10
圖 2.6 路徑構成要素圖 .....	11
圖 2.7 節省法示意圖 .....	16
圖 3.1 研究問題示意圖 .....	21
圖 3.2 配送路線示意圖 .....	21
圖 3.3 配送時段示意圖 .....	22
圖 3.4 模型架構圖 .....	24
圖 3.5 求解流程圖 .....	25
圖 3.6 非對稱途程節省法示意圖 .....	32
圖 3.7 節省法之循序法求解流程圖 .....	33
圖 3.8 節省法步驟一示意圖 .....	34
圖 3.9 節省法步驟二示意圖 .....	35
圖 3.10 對稱途程節省法示意圖 .....	36
圖 3.11 節省法步驟一示意圖 .....	37
圖 3.12 節省法步驟二示意圖 .....	37
圖 4.1 訂單服務時間示意圖 .....	41
圖 4.2 台北市行政區重心圖 .....	43
圖 4.3 $T = 20$ 之越庫中心覆蓋範圍示意圖 .....	47
圖 4.4 $T = 30$ 之越庫中心覆蓋範圍示意圖 .....	54
圖 4.5 延長配送時間示意圖 .....	57

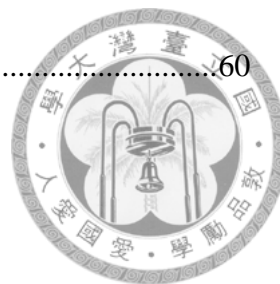
## 表目錄



表 1.1 全球 B2C 電子商務銷售額 (2012-2017).....	1
表 2.1 最大距離模型之覆蓋問題特性 .....	12
表 2.2 相關研究整理表 .....	19
表 3.1 研究問題比較表 .....	30
表 3.2 配送路線比較表 .....	31
表 4.1 估計之單日訂單數 .....	40
表 4.2 估計之每張訂單服務時間 (單位：分鐘) .....	41
表 4.3 估計之行政區服務時間 (單位：分鐘) .....	42
表 4.4 台北市行政區中心與場站轉換後絕對座標表 (單位：公里) .....	44
表 4.5 行政區中心與場站之旅行時間矩陣 (單位：分鐘).....	44
表 4.6 候選位置權重值 .....	46
表 4.7 $T = 20$ 之覆蓋矩陣 .....	46
表 4.8 交集區域之旅行時間比較表 .....	47
表 4.9 行政區指派表 .....	48
表 4.10 初始連結旅行時間表 .....	49
表 4.11 $T = 20$ 非對稱途程節省值矩陣 .....	50
表 4.12 TS_1 非對稱型節省法求解步驟.....	50
表 4.13 TS_1 非對稱型節省法求解結果.....	50
表 4.14 TS_3 初始連結旅行時間表.....	52
表 4.15 $T = 20$ 對稱途程節省值矩陣 .....	52
表 4.16 TS_3 對稱型節省法求解步驟.....	52
表 4.17 TS_3 對稱型節省法求解結果.....	53
表 4.18 $T = 20$ 計算結果 .....	53
表 4.19 $T = 30$ 非對稱途程節省值矩陣 .....	55
表 4.20 $T = 30$ 對稱途程節省值矩陣 .....	55
表 4.21 $T = 30$ 計算結果 .....	56
表 4.22 $T = 20$ 、 $T = 30$ 計算結果比較表 .....	56
表 4.23 延長配送時間求解結果 .....	58



表 4.24 計算結果總表 .....60



# 第一章 緒論



在網路普及的現代生活中，從 B2C 網站購物滿足消費需求儼然成為人們取得商品的主要方式之一。近年來電商紛紛祭出快速配送策略，吸引消費者上門，以都會區為目標市場，因消費者高度集中與需求波動，使得快速配送策略仍存在需要改進之處，促成 B2C 電子商務與物流、配送模式相關議題探討。

## 1.1 研究背景與動機

近年來，B2C 購物網站漸漸成為全球消費者購物的熱門管道之一，根據市調機構 eMarketer 研究指出，全球 B2C 領域電子商務預計於 2014 年達到 1.5 兆美元銷售額，並預測 2017 年全球市場達到 2.35 兆美元，主要成長因素來自新興市場持續增長的線上與行動用戶、行動商務趨勢、創新配送與支付方式等。

表 1.1 全球 B2C 電子商務銷售額 (2012-2017)

項目	2012	2013	2014	2015	2016	2017
兆(美元)	1.058	1.251	1.505	1.771	2.053	2.357
成長比	22.3%	18.3%	20.2%	17.7%	15.9%	14.8%

資料來源：eMarketer (2013)

B2C 電商具有客戶群廣大、顧客分布分散、單筆交易量少且配送時間要求嚴格等特色(李子路, 2011)，因此接觸到消費者的「最後一哩」—配送物流，是近期電商高度發展過程的瓶頸之一，高度的配送效率亦是電商的競爭優勢。

而美國知名第三方物流商 Jones Lang LaSalle 則指出隨著電子商務的發展，配送網路愈趨複雜(Jones Lang LaSalle, 2013)，電子商務的成功取決於是否採用新的物流模式與利用其配送特性，滿足大量的訂單需求；線上零售業的成長，讓許多電商將快速滿足顧客需求的能力視為競爭優勢，驅使電商設立自有配送網路與設施，並運用越庫作業將商品從中央倉庫快速配送給顧客。

因此結合城市物流的中央倉庫主要設立於擁有高密度的線上訂購量之潛在顧客群周圍，如亞馬遜公司在美國開始設置小型配送設施以提供同日配送服務，在英國則需 20 個類似的設施分散在主要的都會區周圍，最後則提出兩點電商與物流

的關係做結：(1)物流與交通的基礎設施亦是影響電子商務的主要因子之一、(2)配送效率與更優良的消費者經驗能夠提升電商的品牌價值。



在日趨競爭的電商產業中，為了強化競爭優勢與區隔目標客群，B2C 電商開始與物流商緊密合作，甚至自行建置車隊與相關設施，提升對配送流程的掌握程度，降低車輛裝載率以快速且密集的配送時間為創新競爭策略滿足顧客需求，縮短及確保商品送達時間，避免顧客長時間等待以提升其滿意度。

綜觀國內外許多 B2C 電商企業皆陸續推出快速配送服務，主要提供服務給消費者密集的都會區，利用訂購時間與配送班次的結合，提供部份時段快速到貨服務，如 Google 在美國推出的同日送達服務僅限舊金山灣區、洛杉磯西部地區與紐約曼哈頓，而台灣主要電商，如 Yahoo、Pchome、ASAP、momo、udn 等，皆提供都會區快速到貨服務，唯實際到貨時間仍與訂購時間有關且各家宣稱的到貨時間略有不同，約為 5 小時至 24 小時不等，中國市場則有海爾、京東、當當、天貓、易迅、蘇寧易購等，共同特色亦是僅服務都會區或倉庫周圍的省份與城市。

近幾年區位途程問題的研究已相當豐富(Nagy & Salhi, 2007)，而其中包含設施區位問題與車輛途程問題，先前研究的問題中，可能會考慮車輛實際容量、最長路徑限制與顧客服務時間等因素，且大多以最少成本為衡量指標，但 B2C 電子商務在都會區中的訂單特性，如實際體積與單一顧客服務時間相對小、顧客間距離較小且配送時間嚴格，因此具時效性的指標顯得相當重要，如準時送達率，對 B2C 電子商務的配送模型有著決定性影響，亦與企業發展策略有關。

因此本研究主要探討 B2C 電子商務企業於都會區的配送模式，以滿足目標市場—都會區的需求為前提，自行建置具有時效性的配送系統，探討其所需的物流設施數量、設施位置與車輛數；此外，亦提供影響配送系統的相關條件及不同配送策略下的方案組合供決策者參考，協助其依訂單趨勢與發展策略彈性調整配送系統，以本研究之結果做為發展自有物流系統之初探。



## 1.2 研究目的

前述之研究背景與動機中可知配送效率對於 B2C 電商發展都會區目標市場的重要性，因此將本研究之目的彙整如下：

1. 建構可決定設施數量、位置及相關車輛數的配送模型：根據探討的文獻架構，以 B2C 電商發展適用於都會區之自有配送系統為出發點，結合設施區位問題、區位指派問題及車輛途程問題，同時以個案探討的方式，基於訂單資料找出最佳的設施數量、位置與車輛數。
2. 探討設施最長服務時間對於車輛數、旅行時間及延長配送時間之關係：根據本研究之模型架構中，假設的設施最長服務時間與車輛可配送時間進行敏感度分析，從中比較對於配送系統有影響之項目，並提出相對應的配送方案，供 B2C 電商選擇配送系統時的參考依據。
3. 對 B2C 電商提出發展自有配送系統之初始建議：由個案探討與分析的結果中找出可能影響配送系統績效與成本的方案組合，提供管理意涵，並針對 B2C 電商在發展自有配送系統時提出相關建議。

## 1.3 研究架構

根據研究背景、動機與目的，本研究之流程列舉如圖 1.1 所示：

1. 蒐集並整理 B2C 電子商務與配送模型的相關文獻，進行討論與瞭解產業現況，以擬定本研究之架構，更進一步確認問題範疇，確立研究目的。
2. 建構適合用於 B2C 電子商務都會區的配送模型，本研究以 B2C 電商企業的角度出發，提供發展自有車隊的配送模式相關建議，將研究問題建構為區位途程問題並參考文獻解構為兩階段配送模型；第一階段以涵蓋所有需求區域為前提，決定最佳設施位置與數量為目標，使用最小極大準則進行指派，讓每個設施皆有數量不等之服務區域；第二階段為車輛途程問題，修改節省法之限制式，以最少車輛數為目標，分別探討不同配送路線的車輛數與配送條件對車輛數的影響。

3. 個案探討與分析，本研究以國內知名 B2C 電商所提供之訂單資料為相關參數，說明完全滿足訂單需求下所需的設施數量、車輛數與總配送時間估計值，並同時提出多個配送方案，協助企業從中挑選最適配送方案，說明相關參數對於配送效率的影響，作為發展具時效性之配送模型的初探，最後則提出研究結論與建議未來研究之方向。

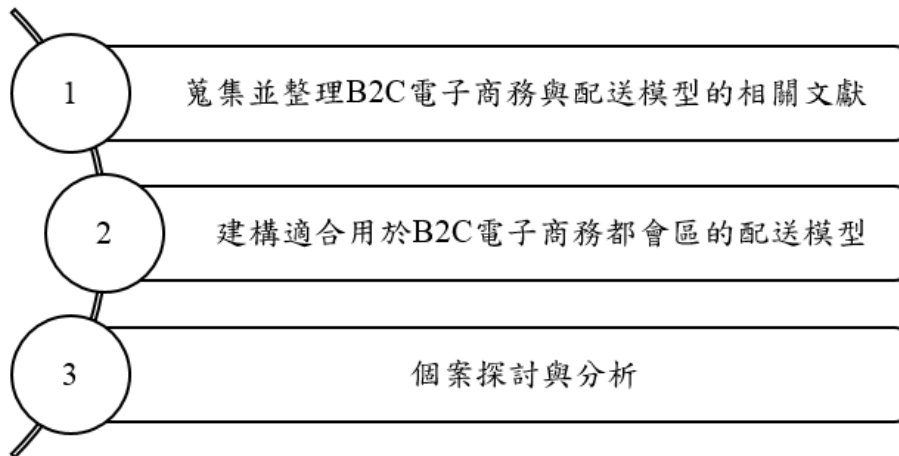


圖 1.1 研究架構圖

## 1.4 論文架構

本研究共分為五章，第一章為緒論，描述環境條件並說明實務上的現象，在相關的立論基礎上闡述研究動機與目的，擬訂研究架構使研究完整進行；第二章為文獻探討，主要分為 B2C 電子商務與物流及區位途程問題；第三章為模型建構與求解方法，詳細描述 B2C 電商於都會區中的配送流程，其中包含研究假設、建構結合區位規劃問題與途程規劃問題之兩階段配送模型及各問題之對應求解方法；第四章以實際訂單資料進行個案資料分析，利用實際資料與企業策略設定模式參數，由決策者角度出發調整相關參數，提出不同配送方案，並彙整研究結果；第五章為結論與建議，總結本研究之研究結果與提出相關建議供決策者參考，進一步說明研究限制與未來研究方向。

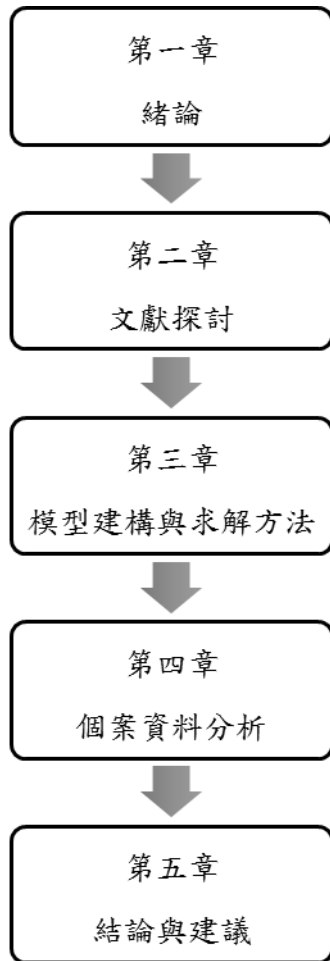


圖 1.2 論文架構圖

## 第二章 文獻探討



本章針對 B2C 電子商務與配送模型相關文獻進行探討與說明。2.1 節首先說明 B2C 電子商務與物流間的關係；2.2 節進一步說明 B2C 電子商務如何影響城市與都會區間的配送活動；2.3 節等則探討配送模型中所涵蓋的主要架構；2.4 節總結探討的文獻與提出本研究之方向。

### 2.1 B2C 電子商務與物流

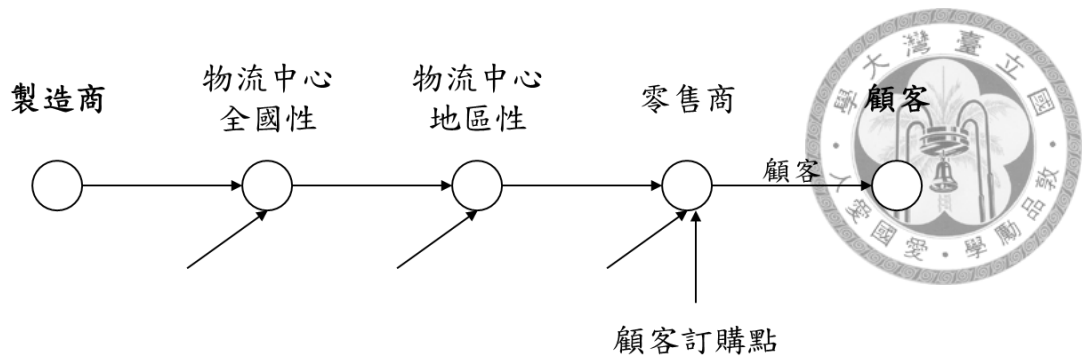
電子商務是網際網路時代所帶來的重大影響之一，改變人們做生意、購買商品的方式，許多中小型企業有全新、低成本的方式銷售商品，經濟合作暨發展組織(Organization for Economic Co-operation and Development, OECD)對電子商務的詮釋為：「在網路上從事商業活動、銷售商品與服務，包含需要實體配送的商品或線上下載的數位商品」，並依主要的參與角色(政府、企業、顧客)，將電子商務進一步分類如下(Coppel, 2000)：

	政府	企業	消費者
政府	G2G 協議	G2B 提供資訊	G2G 提供資訊
企業	B2G 採購	B2B 電子商務	B2C 電子商務
消費者	C2G 納稅	C2B 比價	C2C 拍賣市場

資料來源：Coppel (2000)

圖 2.1 電子商務與網路應用範疇

其中較為常見的 B2C 電子商務顛覆了許多既定的消費者行為，也使得消費者除了傳統的實體店面外，更可於網路上比價、選購商品，並等商品配送至家中，網際網路的應用改變了電子商務的資訊流、金流與商流，然而物流是電商接觸到消費者的關鍵，Nemoto *et al.*, (2001)典型的 B2C 電子商務商品配送流程，如圖 2.2 所示，其中零售商至顧客的配送流程，更被視為電商接觸顧客的最後一哩，物流服務的滿意度更是電商績效的重要衡量指標之一。



資料來源：Nemoto *et al.* (2001)

圖 2.2 典型配送流程

Lee & Whang (2001)進一步闡述，取得訂單不代表成功，電商需要選擇合適的策略滿足訂單才能在競爭激烈的環境中勝出，因此「最後一哩」是電子商務中最具關鍵性的因素，若能提出創新的配送方式，才能掌握龐大消費者的忠誠度，準時滿足與配送訂單的能力對於電商的成功與否有決定性的影響，如 1999 年網路銷售額維持相當高的成長，但許多企業發現其配送方式並不具成本效益與時效性，常因延遲、違反承諾、未達預期造成顧客與投資者的不滿，使得股價下滑。

因此電商能夠生存的關鍵在於有效率的供應鏈，配送獨特的顧客價值才能進一步降低滿足訂單的成本(Pyke *et al.*, 2001)，且配送過程中如果涉及跨區、跨國交易容易造成配送成本過高，應在消費者所在地附近建立配送中心，由此配送中心發貨，降低物流成本(阮石磊, 2008)，但 B2C 電商的配送條件相對要高，原因主要有：目標顧客位置較為分散、訂單時間差異較大且購買的商品種類、品質與數量皆不相同，且對於配送時間的要求較為嚴格(李子路, 2011)，也讓近幾年的配送方式未能有突破性的改變。

## 2.2 城市物流

在電子商務高度成長的同時，全球的都市人口比例亦呈現戲劇化的成長(Taniguchi *et al.*, 2013)，2005 年全球 49% 人口(32 億)居住於都市，且 2020 年會有 27 個超級都市(超過 1,000 萬人口)，其中有 18 個位於亞洲，預計 2030 年都市將會聚集超過 60% 人口(49 億)。



城市是主要貨物流動的起點與終點，更隨著貿易功能或市場的轉變而逐一興盛(Hesse, 2008)，隨著城市與都會區中存在多數的消費者，進而產生對於配送商品的固定需求，擁有高效率的配送方式是促成長期經濟繁榮的關鍵(谷口榮一等, 2011)。



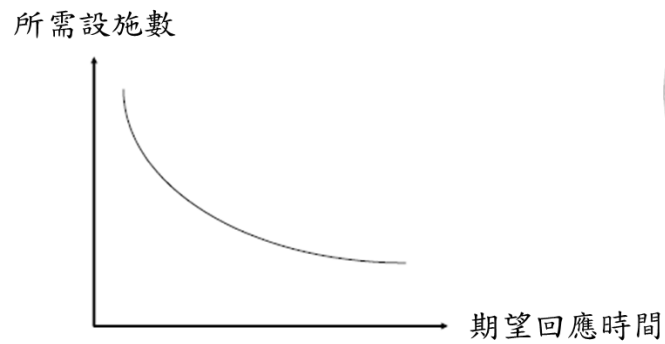
近來 B2C 電子商務的發展也使城市物流顯得更為重要，其發展對於城市物流的影響有以下兩點：(1)電子商務優先考慮消費者需求以改變物流活動、(2)為了平衡商品流動的需求與供給，物流活動需與電子商務結合，因此為了更廣泛的滿足消費者期望的嚴格到貨時間，使得配送趨勢朝向貨運量減少、配送次數頻繁的「少拉快跑」發展。

## 2.3 配送模型

在電子商務與配送模型相輔相成下，Chopra (2003)以供應鏈的角度闡述配送網路的影響，首先將「配送」定義為：「供應鏈中從供應商至顧客間商品運送與存放的步驟」，更說明配送與供應鏈成本及顧客經驗直接相關，亦是企業能否獲利的主要驅動力，合適的配送網路能協助企業達成多樣且廣泛的供應鏈目標，如低成本或高度反應能力等，因此相同產業的企業經常採用不同的配送網路，做為差異化競爭的手段。

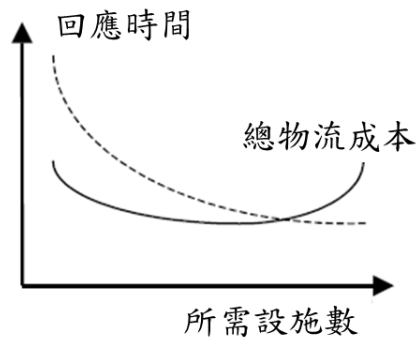
若企業的目標顧客能夠允許較長的回應時間，則可將設施設立於距離顧客較遠處且增加每個設施的容量，反之，若目標顧客相當重視快速回應時間，則需於顧客所在地周圍設立較多的設施且降低容量，因此企業需於顧客期望的回應時間與設施數量中選擇最合適的策略(圖 2.3)。

回應時間、總物流成本與設施數間存在如圖 2.4 的關係，總物流成本包含存貨、運輸與設施成本，當增加設施數時，總物流成本一開始會下降，但隨後回升，每個企業需找出最少設施數量以最小化總物流成本，若企業需進一步縮短回應顧客時間，則設施數可能會落在總物流成本最低點之後，此方案僅在決策者確定增加設施數與總物流成本下，其優異的回應能力足以提升收益水準並負擔額外成本。



資料來源：Chopra (2003)

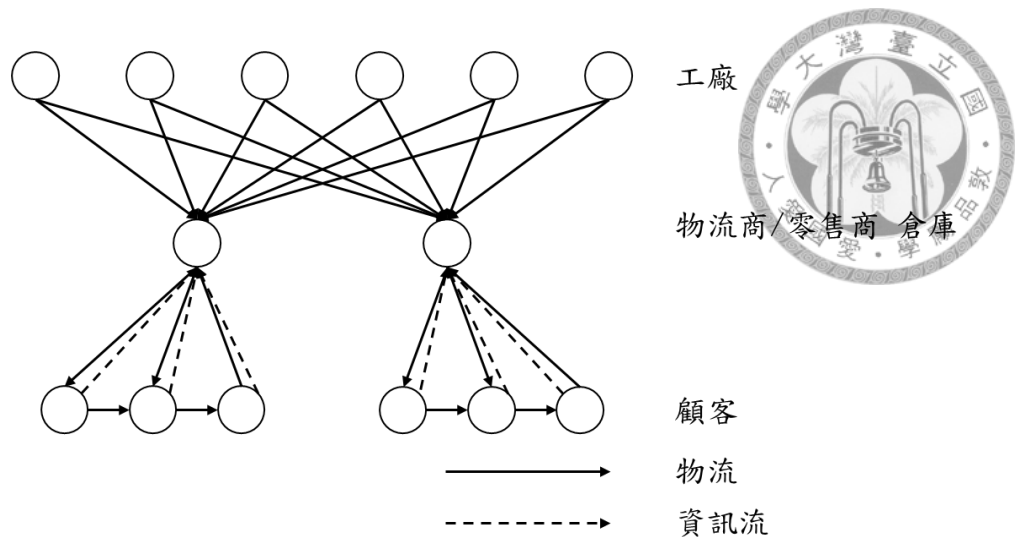
圖 2.3 設施數與期望回應時間關係圖



資料來源：Chopra (2003)

圖 2.4 設施數量與物流成本、回應時間之變動圖

而在 B2C 電商所需的「最後一哩」配送模型中，物流設施需離顧客越近並提升設施數量，如圖 2.5 所示，此模式適合用於相對快速流動的商品項目，但運輸成本最高，僅有於人口密度高的城市才能降低配送成本，此模式具有回應時間較快與顧客經驗極佳的優勢。



資料來源：Chopra (2003)

圖 2.5 配送商儲存並最後一哩配送

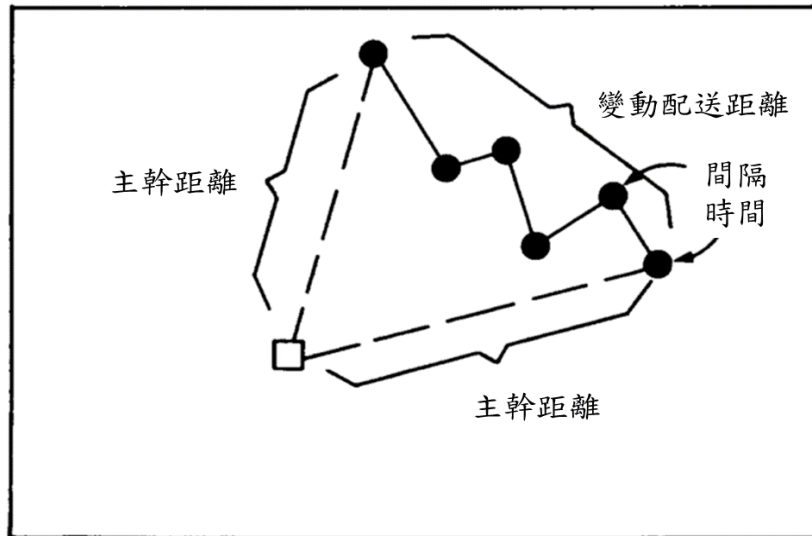
綜合前述之 B2C 電商與物流及配送模型，可知配送效率對於電商品牌價值與競爭優勢有著決定性的影響，使得如何決定有效的配送模式，是許多電商同時面臨的問題，而總物流成本與配送效率中，皆需考慮設施位置、設施數量與車輛配送途程，因此本研究將此問題歸類為區位途程問題。

### 2.3.1 區位途程問題(Location routing problem, LRP)

區位途程問題並非明確定義的單一問題，Nagy & Salhi (2007)遵循 Bruns 的定義「將途程規劃納入考量之區位規劃」並將此問題視為一種建構與求解區位問題的方法，運用階層式解法同時求解設施區位問題(主問題)與車輛途程問題(子問題)，過去許多研究證實設施區位問題(Facility location problem, FLP)與車輛途程問題(Vehicle routing problem, VRP)相互關聯，兩者皆對物流成本有相當程度的影響，唯 LRP 問題為 NP-hard 問題，因其包含的設施區位問題與車輛途程問題皆是 NP-hard 問題，使得求解過程相當複雜。

其中明確定義的問題為倉庫區位途程問題(Warehouse location and routing problem, WLRP)，此問題涵蓋屬於策略性決策的設施區位問題及戰術型規劃的車輛途程問題，主要用以決定最佳場站位置與數量，同時決定與設施相關的實際配送路線與車輛數(Miller, 2002)，最重要的貢獻在於辨別策略性決策及戰術型規劃間的

成本與服務水準關係;Perl & Daskin (1985)提出三階層的 WLRP 問題並建構為混整數規劃模型，加以分析設施位置對於配送成本的影響，將配送路徑分為三大主要因素，如圖 2.6 所示：



資料來源：Perl & Daskin (1985)

圖 2.6 路徑構成要素圖

1. 主幹距離(Stem distance)：設施至路徑中第一個顧客與最後一個顧客返回至設施的距離總和，表示設施位置對於配送成本的影響
2. 間隔時間(Stop time)：運輸特性的函數且與設施之位置或其他配送事件相獨立
3. 變動配送距離(Variable running distance)：顧客間配送成本的主要來源

而主幹距離與變動配送距離皆與車輛的路徑有關，因此設施區位問題的配送成本則需視車輛的路徑而定。

由於解空間過於龐大，亦發展一套解構型演算法求解此問題，假設不考慮工廠至場站的運輸成本以減少問題層級並解構為三個子問題如下：

1. 多場站車輛派遣問題(The complete multi-depot vehicle-dispatch problem)
2. 區位指派問題(The warehouse location-allocation problem)
3. 多場站途程指派問題(The multi-depot routing-allocation problem)



接續以循序型啟發式解法求解各子問題，依序產生初始路徑決定顧客點間的路線(最小化變動配送距離)、求解最佳設施位置(最小化主幹距離)、指派顧客給對應設施以及優化配送路徑。

### 2.3.2 設施區位問題(Facility location problem, FLP)

此類問題可追溯由 Weber 所提出，為倉庫的選址問題且考量配送給已知顧客的成本，以最小化加權歐氏距離之總合找出最適之倉庫位置，由於配送系統的成本與顧客服務水準皆受到物流設施位置與數量的顯著影響，以及指派哪些設施服務顧客群(Perl & Daskin, 1985)。

Drezner & Hamacher (2004)更說明企業確保能在預定時間內達成服務，面臨如何選擇店面位置以最大化預定時間內可涵蓋的潛在消費者人數，此預定時間為設施區位問題中常用的覆蓋距離，若顧客點位於設施的覆蓋距離下，表示此顧客可被該設施服務，但顧客已在設施的覆蓋距離下，距離設施越近並不會改善其服務狀況，若顧客與設施間的距離超過覆蓋距離，則此顧客不可被該設施服務。

有關顧客點與設施的最大距離模型之覆蓋問題依 Drezner & Hamacher (2004)分類共有三種問題類型，分別為(1)集合覆蓋問題(Set covering location problem, SCP)、(2)最大覆蓋區位問題(Maximal covering location problem, MCLP)、(3)  $P$ -中心問題( $P$ -center problem)，其特性如下表：

表 2.1 最大距離模型之覆蓋問題特性

問題模型	問題特性	目標式
集合覆蓋問題	給定設施最大覆蓋距離，需覆蓋所有顧客點	最小化設施數量，同時決定設施位置
最大覆蓋區位問題	給定設施最大覆蓋距離與設立設施數量	最大化可覆蓋顧客數，同時決定設施位置
$P$ -中心問題	已知設立設施數量且所有顧客點可被一設施服務	最大化顧客點至最近設施的距離，可決定設施位置

資料來源：Drezner & Hamacher (2004)

其中，集合覆蓋問題為 Toregas *et al.* (1971)所提出，其數學模型如下所示：



### 參數定義

$i$ :表顧客點

$j$ :表設施

$S$ :最長可接受服務距離

$c_j$ :設立設施  $j$  的固定成本

$a_{ij}$ :二元參數，若顧客點至設施位置  $j$  的距離不大於  $S$  為 1，反之為 0

### 決策變數

$x_j$ :二元變數，若於設立設施  $j$  為 1，反之為 0

目標式：

$$\text{Min} \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (2.1)$$

限制式：

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j \geq 1 \quad \forall i (i = 1, \dots, m) \quad (2.2)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad j = 1, \dots, n. \quad (2.3)$$

目標式(2.1)表示最小化設施設立成本，若所有設施成本皆相同或不考慮成本，則為僅考慮設施數量的典型問題(Toregas *et al.*, 1971)，若有考慮成本項，則此模型亦可稱為權重集合覆蓋問題(Weighted set covering problem, WSCP)與非單一成本集合覆蓋問題(non-unicost set covering problem)(Farahani *et al.*, 2012)，除了最小化設施數量外亦可選擇較低成本的位置。

Love *et al.* (1988)利用最小極大準則(Minimax criterion)處理集合覆蓋問題下之多組解的情形，當最佳設施數量為  $m$  個且存在多組最佳解時，需篩選出較具優勢的最佳解組合供決策者參考，Minieka (1970)提出  $m$  中心問題(The  $m$ -center

problem)處理此種情境，問題定義為平面上存在  $m$  個點，求解最小化節點至最近的  $m$  中心最大距離，並提出一套解法以反覆求解一系列集合覆蓋問題得到最佳解，求解過程中不斷搜尋最長服務距離的最小值做為評選指標，最後以設立  $m$  個設施且最長服務距離最小者為最佳解。



Walker (1974)為紐約市消防局指派兩種類型雲梯車所需救援的區域。

Daskin & Stern (1981)應用於德州的緊急醫療服務的資源分配，以階層式解法求解，首先在已知救護車允許回應時間下最小化涵蓋所有區域的救護車數量，接著在最小車輛數下，讓所有區域被超過一輛車服務的總和最大化，即在追求最小車輛數的同時，亦使得車輛分配的交集較多，讓整個救護系統更為穩健。

Baker (1981)提出兩種啟發式演算法求解，首先求解可行的解，用以辨別解的下限，接續以改善解的品質為目標，進一步找出最小成本之組合，最後應用於大型航空人員排班與排程問題，對標竿題庫的已知最佳解有不等的改善。

Caprara *et al.* (2000)整理可用於集合覆蓋問題的求解方法，包含啟發式演算法與精確法，以 OR Library 之測試題庫比較各方法的解。

Lan *et al.* (2007)指出現有啟發式演算法的兩大短處，(1)多數的演算法設計給非單一成本(non-unicost)問題，因成本資訊於拉式鬆弛法(Lagrangian relaxation)及基因演算法(Genetic algorithm)中扮演相當重要的角色，因此並不推薦這兩類方法用於求解單一成本(unicost)問題、(2)現有之解法雖可以求得較佳的解，但於實務上難以應用，而較簡易的求解方法如貪婪法(Greedy heuristics)經常無法求得非常好的解，同時設計出一套穩健、簡單與快速求解的演算法且於非單一成本與單一成本問題皆能有品質優異的解。

Farahani *et al.* (2012)此類型的覆蓋問題在實務的可應用性相當高，尤其是服務型與急難型設施，且廣泛用於決定設施數量與位置，例如：公立學校、警察局、圖書館、醫院、公共建築、郵局、公園、軍事設施、雷達站、銀行分行、購物中心與廢棄物處理設施等。



### 2.3.3 車輛途程問題(Vehicle routing problem, VRP)

車輛途程問題為 Dantzig & Ramser (1959)所提出並歸類為旅行銷售員問題(Traveling-salesman problem, TSP)的延伸，典型的車輛途程問題定義為：已知容量的車輛集合從場站出發，服務已知位置與需求量的顧客集合且需符合下列限制(Kulkarni & Bhave, 1985)：

1. 所有顧客皆需被服務
2. 車輛不可違反節點限制式(車輛需服務的顧客數不可超過預設值)
3. 車輛不可違反成本(時間、距離)限制式(每輛車繞行的總成本不超過預設上限)
4. 車輛不可違反容量限制式

目標式常為最小化成本，目的在於以最小成本路徑服務所有顧客，Laporte (2009)彙整五十年來的車輛途程問題，並依問題類型、求解方法與適用條件分類介紹，綜觀車輛途程領域之大成。

### 2.3.4 節省法(Savings method)

Clarke & Wright (1964)改良 Dantzig & Ramser (1959)於車輛途程問題的求解方法，提出節省法應用於單一場站車輛途程問題，其中考量車輛的容量限制式且忽略車輛固定成本與車輛數，節省法的求解方式為(1)假設初始共有與顧客數相等的車輛，且一輛車僅服務一個顧客、(2)利用三角不等式的概念計算兩兩連結的節省值、(3)依節省值大小依序連結路徑且需同時滿足車輛容量限制式，直到所有顧客點接放入路徑中。

在連接過程中需服從三個原則：(1)顧客點 $i$ 、 $j$ 不被其他路徑包含、(2)顧客點若已包含在某路徑中，若為端點則可連接、(3)若顧客點 $i$ 與顧客點 $j$ 存在於兩不同路徑中，若此兩點皆為該路徑之端點，則兩路徑可合併。





如圖 2.7 所示，產生初始連結時共需兩輛車，分別行駛  $d_{0i} + d_{i0}$  與  $d_{0j} + d_{j0}$  之距離，若將顧客  $i$  與顧客  $j$  連結，則節省值  $s_{ij}$  為連接後可節省的距離。

$$s_{ij} = (d_{0i} + d_{i0} + d_{0j} + d_{j0}) - (d_{0i} + d_{ij} + d_{0j}) = d_{i0} + d_{0j} - d_{ij}。$$

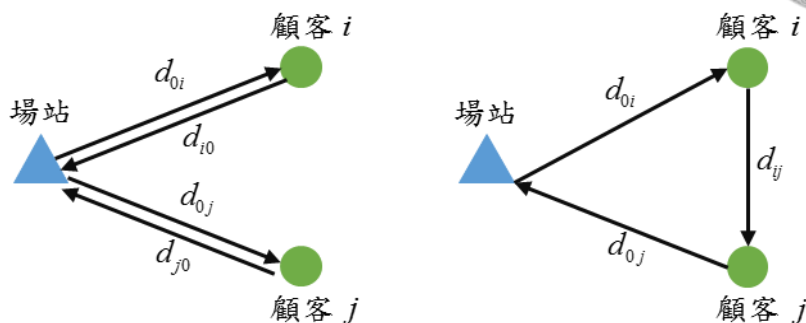


圖 2.7 節省法示意圖

而上述之節省法為平行法(Parallel approach)，以節省值之大小將顧客點連結加以排序，表示優先連結可節省較長距離之組合，Yellow (1970)以循序法(Sequential approach)應用於節省法中，其主要機制與平行法類似，特別限制一次僅能建立一條路徑，若超過車輛容量限制，則建立下一條新的路徑，直到所有顧客都被納入路線中。

Gaskell (1967)在節省值公式中，加入途程輪廓參數(Route shape parameter)且恆為正數的  $\lambda$ ，修正為  $s_{ij} = d_{i0} + d_{0j} - \lambda * d_{ij}$ ，改變兩顧客點間的距離對於節省值的影響，嘗試找出與原始節省法不同的解，但 McDonald (1972)指出無論如何設定  $\lambda$  值，求得的解皆會較最佳解差，因此不存在  $\lambda$  值能夠顯著求得更好的解。

Paessens (1988)提出節省值的修正公式，加入兩參數  $g$ 、 $f$ ，改變兩顧客點間及主幹距離差的權重  $s_{ij} = d_{i0} + d_{0j} - g * d_{ij} + f * |d_{0i} - d_{j0}|$  ( $0 < g \leq 3, 0 \leq f \leq 1$ )。並提出一維矩陣方式加快節省值排序的步驟，在搜尋最適合的節省值時需刪去部分連結以提升求解速度，因此加入定值  $z$  用以考慮顧客點  $i$  與  $j$  間的距離是否小於該值，減少需計算的候選連結， $z$  可為顧客點至場站的最大距離或  $z = a \max d_{0i}$  ( $i \in I; 0 < a \leq 1$ )，其中  $a$  與場站的位置有關，根據其研究之建議，若為中央場站問題， $0.5 \leq a \leq 0.8$ ，而分散式場站則是  $0.35 \leq a \leq 0.6$ ，根據其研究結果此方式可能可以求得較其好的解且縮短 CPU 時間與減少運算時的儲存空間。

Altinel & Öncan (2005)發現節省法在接近完成計算時，經常出現合併路徑的節省值相同或差距非常小，因此將顧客的需求量也引入節省值的計算公式中，改良Paessens (1988)的節省值公式， $s_{ij} = d_{i0} + d_{0j} - \lambda * d_{ij} + \mu * |d_{0i} - d_{j0}| + v \frac{c_i + c_j}{\bar{c}}$ ，其中 $v$ 為新的參數、 $\bar{c}$ 為平均總需求量、 $c_i$ 與 $c_j$ 為顧客點 $i$ 及 $j$ 的需求量，將顧客對於車輛實體容量的需求作為判斷顧客相對重要的依據。

而另一項將顧客需求資訊納入節省值的方式為考量剩餘車輛容量，並將上式修改為 $s_{ij} = d_{i0} + d_{0j} - \lambda * d_{ij} + \mu * |d_{0i} - d_{j0}| + \gamma \frac{(C-c_i) + (C-c_j)}{C-c}$ ，而 $\gamma$ 為賦予需求量較小的顧客相對重要的權重值， $C$ 為總需求量，使得合併路線後剩餘車輛容量較高，但計算結果並不如前式佳，因此未加以討論，在一連串的參數實現後證明考量顧客需求能夠改善節省法之結果。

G. Laporte & Semet (2001)指出平行法較循序法能求出更好的解，但Rand (2009)說明啟發式解法並不能保證求得最佳解或近似最佳解，其研究中循序法較平行法的解優異，可能因為求解問題的影響造成此問題，通常求解的問題為對稱型 (symmetric)，表示距離矩陣為對稱矩陣。

但Toth & Vigo (2002)說明都會區的配送系統可能為單向路線，因此距離矩陣為非對稱型 (asymmetric)，而Vigo (1996)已提出節省法可用於非對稱型車輛途程問題，Potvin *et al.* (1989)可依研究目標挑選循序法或平行法，循序法可求解最小車輛數，但平行法能求得較低的旅行距離，因此需根據研究中定義的成本因素加以考量，此外節省法具有快速求解、易於得到近似最佳解的性質，廣泛應用於商業求解問題(Altinel & Öncan, 2005)，Rand (2009)彙整四十五年來車輛途程問題的演變與應用節省法求解對應問題及相關修正。



## 2.4 文獻整理與評析

由以上文獻可知，物流是 B2C 電子商務中最重要的一環，亦關係到電商企業的服務績效與配送成本，甚至是電商創新的競爭優勢之一，而針對都會區中的需求特性，則需要更具時效性的配送方式，更需將物流設施加入考量，做為創新配送模式的方法之一，相關研究整理如表 2.2。

本研究參考 Perl & Daskin (1985)對於區位途程問題的解構方式與簡化後的三個子問題，設計結合區位規劃問題與途程規劃問題之兩階段配送模型，並將三個子問題所討論的方向納入考量。

將 Toregas *et al.* (1971) 權重集合覆蓋問題之權重值，修改為訂單數之倒數，使得設施設立位置越靠近顧客密集點，降低配送路徑的主幹距離與設施位置對於物流成本的影響，在電商宣稱的服務時間下找出最佳化設施數量與設立位置，接續以最小極大準則指派設施需服務之顧客，並參考 Altinel & Öncan (2005) 修改節省法，將顧客所需的服務時間納入考量，將車輛旅行時間與顧客服務時間合併為時間導向之總配送時間限制式，以循序法求解，可得所有設施下所需之車輛數，提供 B2C 電商做為發展自行配送系統之初探。



表 2.2 相關研究整理表

學者	研究目的	求解方法
Perl & Daskin (1985)	定義三階層倉庫區位途程問題，探討設施位置對於車輛路徑的影響，需同時求解設施區位問題與車輛途程問題，可得最低成本之設施數與車輛數	將問題解構為兩階層問題，並發展解構型演算法，依序求解三個子問題，得設施位置、數量與車輛數
Toregas <i>et al.</i> (1971)	已知設施最長回應時間下，找出涵蓋所有需求點之最小化設施成本，同時決定設施位置	建構單一成本的二元整數線性規劃模型，並求解得設施數量之整數解
Altinel & Öncan (2005)	以顧客對於車輛實體容量的需求作為判斷顧客重要程度的依據，將顧客需求量納入節省值計算，優化合併路徑的方法，可得最低成本路徑	計算節省值時，考量顧客間的距離、主幹距離與總需求量之比例，以平行法為求解工具
本研究 (2014)	建構兩階段區位途程問題，以滿足服務策略下，找出涵蓋所有顧客點之設施數，同時考量區域內的訂單狀況，降低設施位置對於車輛路徑的影響，並以時間導向之節省法求解最少車輛數	第一階段以分支界限法求解設施數，接續以最小極大準則分配需服務之區域，第二階段以時間導向之循序型節省法求解所需車輛數

## 第三章 模型建構



綜合前述的產業趨勢與配送模式的改變，本章將針對設施位置及車輛配送路線，建構結合區位規劃問題(Location-allocation problem)與途程規劃問題(Routing-allocation problem)之兩階段配送模型，分別以最佳設施數量及最小車輛數為目標，協助 B2C 電商企業發展配送策略之參考依據。3.1 節描述本研究設計適用於都會區之配送問題特性；3.2 節提出本研究模型的相關假設；最後於 3.3 節針對研究問題建構配送模型。

### 3.1 問題描述

本研究以都會區配送需求為出發點，提供最佳設施位置、數量與車輛數及繞行路徑建議，問題定義如下：給定一場站位置及都會區，都會區內有  $m$  個需求區域，每個區域內皆存在一區域中心，已知場站至所有區域中心之旅行時間，並以此中心代表該區域及該區域內之所有顧客點，且已知每個區域內的訂單數與完成投遞之訂單至次一訂單的旅行時間。

為降低車輛跨區旅行時間，需於都會區內建置物流設施，而區域中心亦為該區的設施候選位置，因此共有  $m$  個設施候選位置(圖 3.1)，已知每個候選位置之覆蓋半徑，覆蓋半徑為每個設施允許之最長旅行時間，車輛從該設施出發後需在最長旅行時間內行駛至需求區域中心進行配送，以滿足 B2C 電商宣稱之服務時間，若區域中心在此覆蓋半徑內，即表示此設施可服務該區域，所有區域中心皆需由一設施服務。

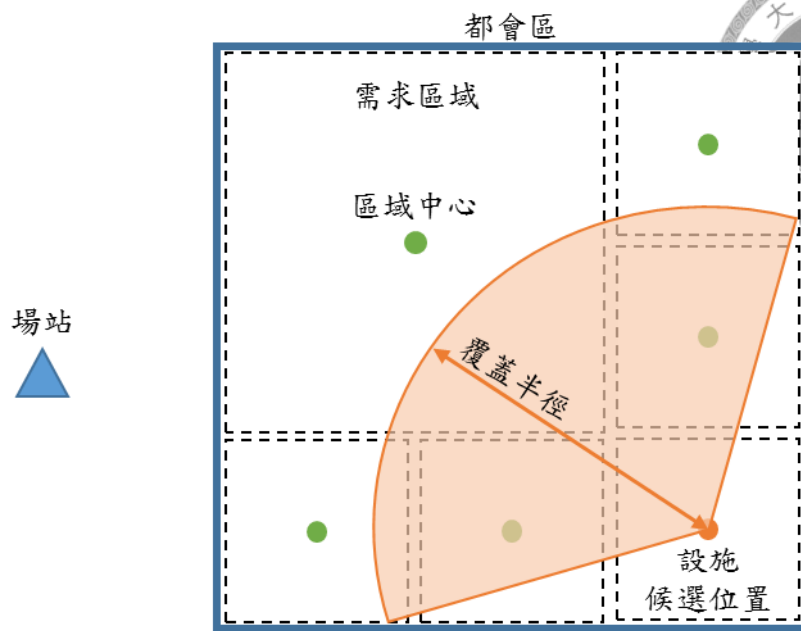
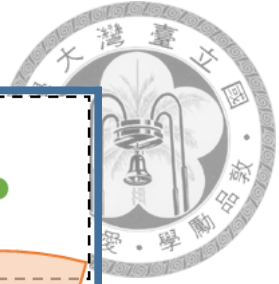


圖 3.1 研究問題示意圖

在上述之場域中車輛皆從場站出發行駛至區域中心，以直運(Direct shipment)方式進行第一次配送，一車可服務多個需求區域，完成配送後至設施位置集合，進行越庫接駁作業，隨後從設施位置出發至覆蓋半徑下之區域中心進行第二次配送，完成後回到設施位置並返回場站，配送路線如圖 3.2 所示，本研究所探討之路線如下：

路線(1)：場站→區域中心(顧客點)→設施(越庫中心)

路線(2)：設施(越庫中心)→區域中心(顧客點)→設施(越庫中心)

其中，接駁與回程路線皆不在本研究討論範疇。

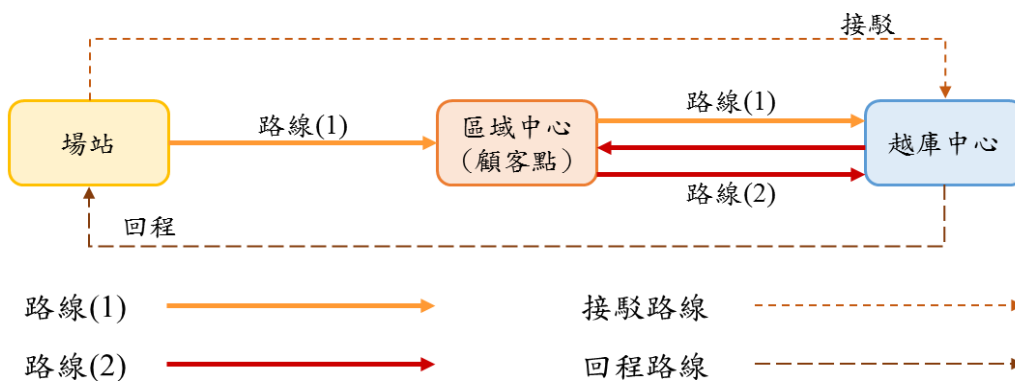


圖 3.2 配送路線示意圖

配合 B2C 電商企業之市場策略與規定之配達時間，本研究以滿足所有訂單為前提，將每日配送時間分為六個時段(Time segment, TS)，如圖 3.3 所示，時段間需互相搭配，即負責 TS<sub>1</sub> 之車輛行駛路線(1)並於設施位置進行越庫接駁後，接續進行 TS<sub>3</sub> 行駛路線(2)之配送，完成後回到設施位置並返回場站，而 TS<sub>2</sub> 之車輛需接續服務 TS<sub>4</sub>、TS<sub>5</sub> 之車輛需接續服務 TS<sub>6</sub>。

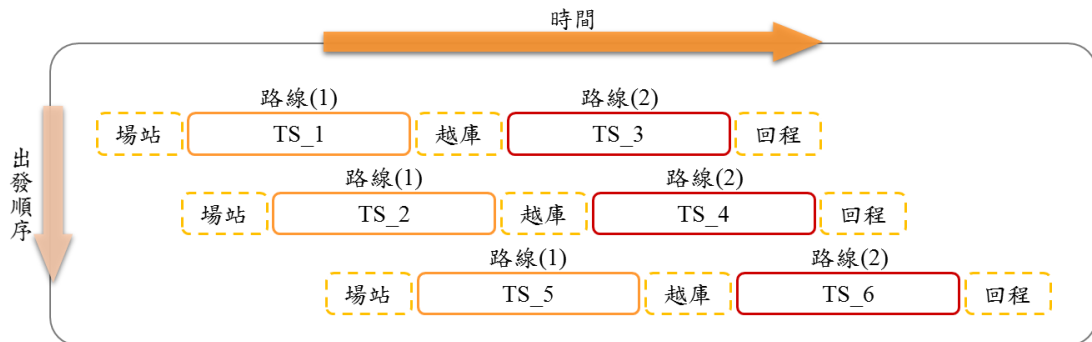


圖 3.3 配送時段示意圖

因此如何依 B2C 電商之配送策略，選定設施位置與數量及配置各時段所需車輛數為本研究之重要決策，並以給定覆蓋半徑下最佳設施數量及最小車輛數為目標，協助 B2C 電商企業調整配送策略，滿足消費者集中之都會區市場需求。



## 3.2 模型假設

本研究建構結合區位規劃問題與路徑規劃問題之兩階段配送模型，為簡化數學模型之複雜度，針對研究問題進行合理之假設如下：

### 1. 場站

(1) 不考慮接駁與回程路線。

### 2. 設施(越庫中心)

(1) 不考慮設立成本。

(2) 不考慮設施流量(throughput)。

(3) 不考慮越庫中心間的配送。

(4) 具最長服務時間限制(覆蓋半徑)。

(5) 已知每個設施的最長服務時間。

### 3. 車輛

(1) 不考慮車輛固定及變動成本。

(2) 具可配送時間限制。

(3) 不考慮車輛實際容量限制。

(4) 可服務需求區域下之所有顧客點。

### 4. 需求區域

(1) 同一區域僅能被一台車服務。

(2) 已知每個時段下需求區域內的訂單數及服務時間。

(3) 已知完成投遞之訂單至下一訂單間之旅行時間。

(4) 已知設施候選位置至需求區域中心及候選位置間的旅行時間。

(5) 已知場站至所有區域中心的旅行時間。





### 3.3 數學模型

3.1 節所述之配送問題，可視為區位-途程問題(Location-Routing Problem, LRP)，本研究參考 Perl & Daskin (1985)針對區位途程問題之解構方式，以區域中心代表區域內之顧客點，簡化並解構為兩階段問題：(1)區位規劃問題、(2)路徑規劃問題，考量設施位置亦是影響車輛配送成本的主要因素之一，因此需同時求解兩問題。

#### 3.3.1 模型架構

本研究之模型架構如圖 3.4 所示，第一階段為區位規劃問題，包含決定設施位置之設施區位問題與指派設施服務需求區域之區域指派機制，基於第一階段所求的結果導入第二階段的路徑規劃問題，可得每個設施所需的車輛數與配送路徑建議。

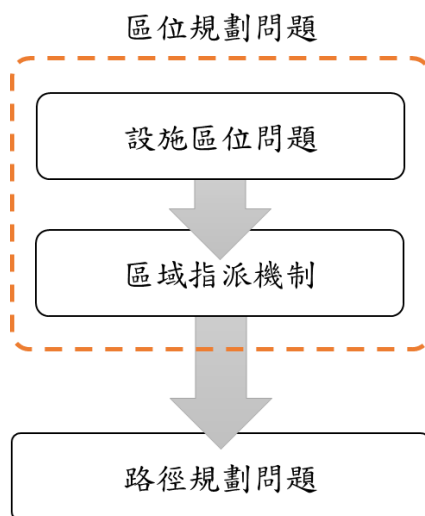


圖 3.4 模型架構圖

求解流程如圖 3.5 所示，進一步將區位規劃問題具體建構為權重集合覆蓋問題，求解二元整數規劃得最佳設施數量與位置，接續以最小極大準則指派區域中心給設立之設施，即得單一場站之途程問題，採用節省法求解各設施所需的最小車輛數，以強化都會區內快速服務能力為目標，提供 B2C 電商企業提升配送能力之決策參考。

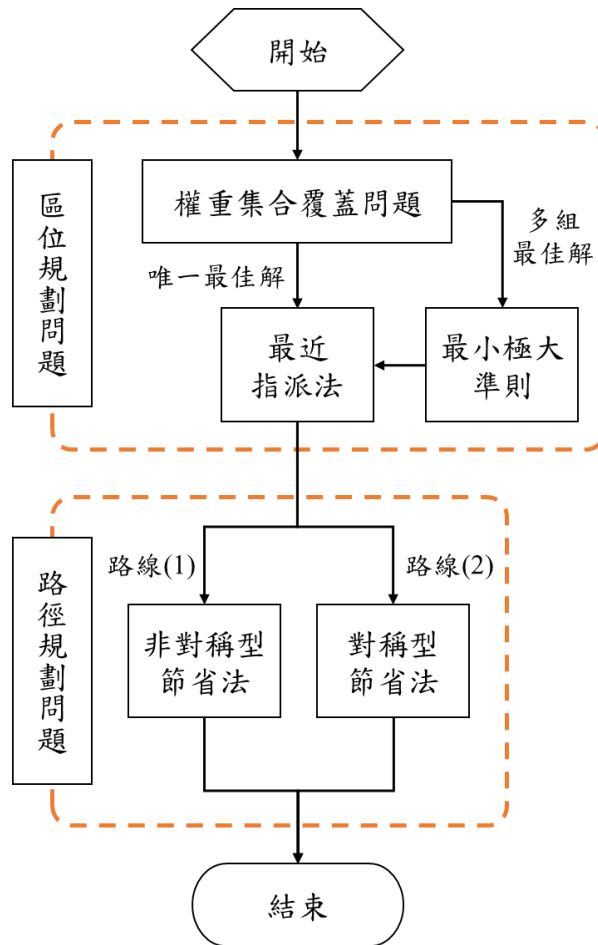


圖 3.5 求解流程圖

### 3.3.2 權重集合覆蓋問題

本節依據 3.1 節之研究問題與 3.2 節之研究假設，將第一階段設施區位問題建構為權重集合覆蓋問題，以涵蓋所有需求區域中心為前提，在給定的覆蓋半徑下探討需設立之設施數量。

權重集合覆蓋問題為設施區位問題中的最長距離模型，需依企業所需達成之配送目標設定可服務之最長時間(覆蓋半徑)，Owen & Daskin (1998)指出傳統權重集合覆蓋問題並未考量需求量的大小，每個需求點無論僅有一個顧客或是佔總需求比例較大時，皆需要在一定距離內被服務。

因此本研究將常用以表示設施設立成本之參數  $c_j$ ，修改為越庫中心所在區域內訂單總和之倒數，決定越庫中心位置的同時考量該區域內的訂單數量，較多的訂單數量使得該區的權重較小，評選最佳位置時偏好訂單數較多的區域，用以縮

短越庫中心與需求點密集區域的距離，以更快速滿足配送需求，維持服務水準與企業形象。



### 參數定義

$i$ : 需求區域中心

$j$ : 越庫中心候選位置，亦為區域中心

$c_j$ : 候選位置  $j$  的權重值，為  $j$  區域內訂單數總和之倒數

$T$ : 越庫中心最長服務時間(覆蓋半徑)

$t_{ij}$ : 區域中心  $i$  至候選位置  $j$  之旅行時間

$a_{ij}$ : 覆蓋矩陣(Coverage matrix)，若區域中心  $i$  至候選位置  $j$  的旅行時間  $t_{ij}$  不大於  $T$ ，其值為 1，反之為 0

### 決策變數

$x_j$ : 若於候選位置  $j$  設立越庫中心，其值為 1，反之為 0

目標式：

$$\text{Min} \sum_{j=1}^m c_j x_j \quad (3.1)$$

限制式：

$$\sum_{j=1}^m a_{ij} x_j \geq 1, \quad i = 1, \dots, m, \quad (3.2)$$

$$x_j \in (0,1) \quad j = 1, \dots, m. \quad (3.3)$$

目標式(3.1)為最小化越庫中心數量且訂單數較多的區域權重數較低，訂單數較多的候選位置能夠被優先選取，式(3.2)確保每個需求點至少可被一個越庫中心服務，式(3.3)為二元整數限制式，確認是否於候選位置設立越庫中心。



### 3.3.3 求解方法

本研究以 LINGO 13 求解權重集合覆蓋問題之二元整數規劃模型，LINGO 使用分支界限法求解此純線性整數規劃(Pure linear integer program, PLIP)，對於每個分支劃分後的解空間計算其最佳解之下界，下界可用來判定求解過程中是否需對目前的解空間進一步劃分，盡可能刪去非最佳解的選項，提升求解效率。

求解後得需設立之設施數量及位置，即可接續指派需求區域給可服務的設施，但以下兩種情形則需其他評選機制決定設施可服務之需求區域：(1)同時存在多組最佳解、(2)同一組最佳解中的需求區域可被多個設施服務。若設施設立數量為  $f$  個且存在  $N$  組最佳解，表示存在有兩組以上的最佳候選位置組合皆可在給定的最長服務時間下涵蓋所有需求區域，需在已知最佳設施數量及多組最佳解中，篩選出可供決策者參考的最佳設立位置。

因此下節之最小極大準則為多組最佳解之評選機制，從中挑選最優的最佳解，做為設施區位問題之解；此外同一組最佳解中的需求區域可被多個設施服務，表示區域中心位於多個設施覆蓋半徑之交集中，僅需將區域中心指派給旅行時間最短之設施服務。



### 3.3.4 區域指派機制

為確保越庫中心至服務的區域中心之旅行時間較短，以降低配送過程中的跨區旅行時間，因此需評選出較好的位置，縮短配送時間與成本。

本節以集合覆蓋問題下多組解之第二評選機制—最小極大準則(Love *et al.*, 1988; Minieka, 1970)，已知設施設立數量為  $f$  個且存在  $N$  組最佳解，計算各組最佳解中所有區域中心至最佳候選位置之最短旅行時間，並從找出最短旅行時間的最大值為最長回應時間，以最長回應時間為指標，從  $N$  組最佳解中取最小者為設施設立之參考。

#### 參數定義

$i$ : 需求區域中心

$j$ : 越庫中心候選位置，亦為區域中心

$t_{ij}$ : 區域中心  $i$  至越庫中心  $j$  之旅行時間

$f$ : 最佳設施數量

$F$ : 包含  $f$  個候選位置之最佳解集合

$n$ : 最佳解之組數，共有  $N$  組

$T_n$ : 最長回應時間，第  $n$  組解中設施至需服務的區域中心之最長旅行時間

$$\text{Min } T_n(F) \quad (3.4)$$

$$T_n(F) = \max_i \left\{ \min_{j \in F} \{t_{ij}\} \right\} \quad \begin{array}{l} i = 1, \dots, m, \\ i \neq j, \\ n = 1, \dots, N. \end{array} \quad (3.5)$$

目標式(3.4)為求得  $N$  組最佳解中，設施至需服務的區域中心之最長旅行時間，以最小值為最優之最佳解，式(3.5)為最長回應時間，從所有區域中心至最佳候選位置之最短旅行時間取最大值。

### 3.3.5 求解方法



已知設施設立數量為  $f$  個且存在  $N$  組最佳解，求解步驟如下：

#### 步驟一：指派區域中心給最近之設施

在一組最佳解中，計算所有區域中心至最佳設施位置之旅行時間，並依區域中心為主取其最小值，可得所有區域中心至最近設施之旅行時間。

#### 步驟二：計算最長回應時間

從上述之最小值中挑選最大值，表示設施至區域中心的最長旅行時間，為該組解的評選指標。

#### 步驟三：選取最小值

反覆計算步驟一、二，直到  $N$  組解均有其最長回應時間，從中選取最小值為最佳解，確保其主幹距離為所有最佳解之最小值，表示能在最短時間內開始服務需求區域。

本研究至此已求解區位規劃問題，在給定之覆蓋半徑下得設施之設立數量、位置與各設施服務之需求區域，並依所設立之數量劃分成相同數量的單一場站車輛途程問題。



### 3.3.6 車輛途程問題

本節將討論設立越庫中心及指派需求區域後之車輛途程問題，都會區中的配送模型主要講求時效，常於都會區外圍建立場站，在都會區中以車輛接駁、越庫作業的方式，使得配送車輛皆在目標市場所在區域內，縮短往返時程，此問題具有以下兩種特色：(1)商品體積相對於車容量而言相當小、(2)配送時段固定。

如表 3.1 所示，傳統的車輛途程問題通常以最小化路徑或旅行時間為目標，車輛數通常為已知或以總顧客需求除車輛容量得之，且具有容量與旅行時間限制。

但於 B2C 電商的配送過程中實體容量限制式可忽略不計且相當注重準時配送，忽略容量限制式後已無法事先得知車輛數多寡，藉由合併服務時間與旅行時間為單一維度之時效衡量指標，對於 B2C 電商的決策者而言，瞭解所需車輛數遠比旅行時間來的重要。

表 3.1 研究問題比較表

項目	傳統車輛途程問題	本研究之配送問題
目標式	最小成本(時間、距離)路徑	最小化車輛數
車輛數	已知	未知
車輛限制式	容量 最長旅行時間(距離)	合併服務時間與旅行時間之 總配送時間

因此本研究發展適合用於強調時效性之單一場站車輛途程問題，以(1)最小化車輛數、(2)最短時間路徑為目標，同時將傳統之車輛限制式(1)容量、(2)最長旅行時間(距離)修改為以時間為衡量指標並結合車輛旅行時間與顧客服務時間之總配送時間限制式，確保每輛車能在給定的配送時段內完成配送任務。



### 3.3.7 求解方法

本研究以節省法之循序法求解車輛途程問題，節省法以顧客點連接之節省值判斷此連結的效用程度，並以限制式檢驗其是否可行，運算時忽略車輛固定成本與車輛數，傳統之節省值常以連接後可節省之路徑距離或成本表示。

而循序法為一次僅建立一條路線，依據節省值之排序加入顧客點直到超過車輛容量或最長路徑上限，則建立下一條新的路線，反覆計算直到所有顧客點皆納入路線中，因此可得滿足所有顧客之最少車輛數，但仍無法應用於本研究需將旅行時間與服務時間同時考慮之配送問題。

因此本研究以旅行時間為節省值並修正其限制式之計算方式，將顧客服務時間與車輛旅行時間合併為總配送時間限制，取代過去僅考慮最長路徑或旅行時間限制式，而循序法之求解方式可得此時段下服務所有區域之最少車輛數，確保每輛車能在給定的配送時段內完成配送任務，提升配送模式之效率。

此外，配送路線特性亦會影響求解方式如(表 3.2)所示，考量路線(1)之單向、非對稱途程與路線(2)之對稱途程，分別以非對稱型與對稱型節省法計算各時段所需配置之車輛數，提供決策者設立設施後相對應的車輛數與路線建議。

表 3.2 配送路線比較表

項目	路線(1)	路線(2)
途程	場站→顧客點→設施	設施→顧客點→設施
路線特性	單向路線(起訖點不同)	環型路線(起訖點相同)
影響	服務順序會影響總配送時間	服務順序不影響總配送時間
求解方法	非對稱型節省法	對稱型節省法
配送時段	TS_1、TS_2、TS_5	TS_3、TS_4、TS_6





### 參數定義

$i, j$ : 需求區域中心

$t_{ij}$ : 區域中心  $i$  至區域中心  $j$  之旅行時間

$s_{ij}$ : 區域中心  $i$  與區域中心  $j$  連結之節省值

$d_i$ : 區域中心  $i$  之服務時間，以需求區域內的訂單數乘以完成投遞之訂單至次一訂單的平均旅行時間，服務時間不可切割且  $\forall d_i \leq C$ .

$D$ : 場站

$0$ : 越庫中心

$C$ : 車輛可配送時間上限

### 非對稱途程 (Asymmetric route)

非對稱途程之定義如圖 3.6 所示，表示車輛之起訖點不同且路徑為單向、具有方向性，區域中心的服務順序會影響配送時間，即  $t_{Di} + t_{ij} + t_{j0} \neq t_{Dj} + t_{ij} + t_{i0}$ ，故需計算兩種配送路線之節省值，並於求解時同時考慮其可行性，如本研究之路線(1)，因此 TS\_1、TS\_2 及 TS\_5 需以非對稱途程之節省法計算。

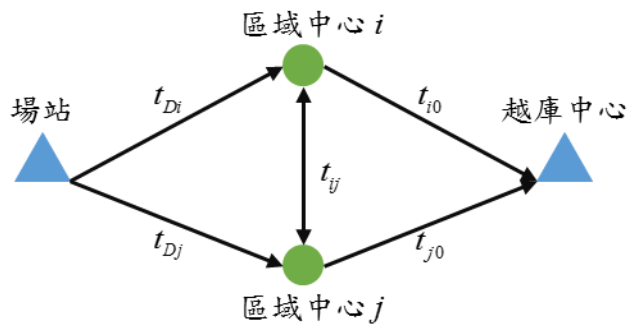


圖 3.6 非對稱途程節省法示意圖

配送路線：場站  $\rightarrow$  區域中心  $i \rightarrow$  區域中心  $j \rightarrow$  越庫中心

$$s_{ij} = t_{i0} + t_{Dj} - t_{ij} \quad i \neq j \quad (3.6)$$

$$t_{Di} + t_{j0} + t_{ij} + d_i + d_j \leq C \quad i \neq j. \quad (3.7)$$



配送路線：場站→區域中心  $j$ →區域中心  $i$ →越庫中心

$$s_{ji} = t_{j0} + t_{Di} - t_{ij} \quad i \neq j. \quad (3.8)$$

$$t_{Dj} + t_{i0} + t_{ij} + d_i + d_j \leq C \quad i \neq j. \quad (3.9)$$

式(3.6)、(3.8)為節省值，式(3.7)、(3.9)為包含旅行時間及服務時間之車輛可配送時間限制式。

非對稱途程節省法之求解步驟大致上與對稱型節省法相似，僅計算連結與節省值時有較大差異，求解流程如下(圖 3.7)：

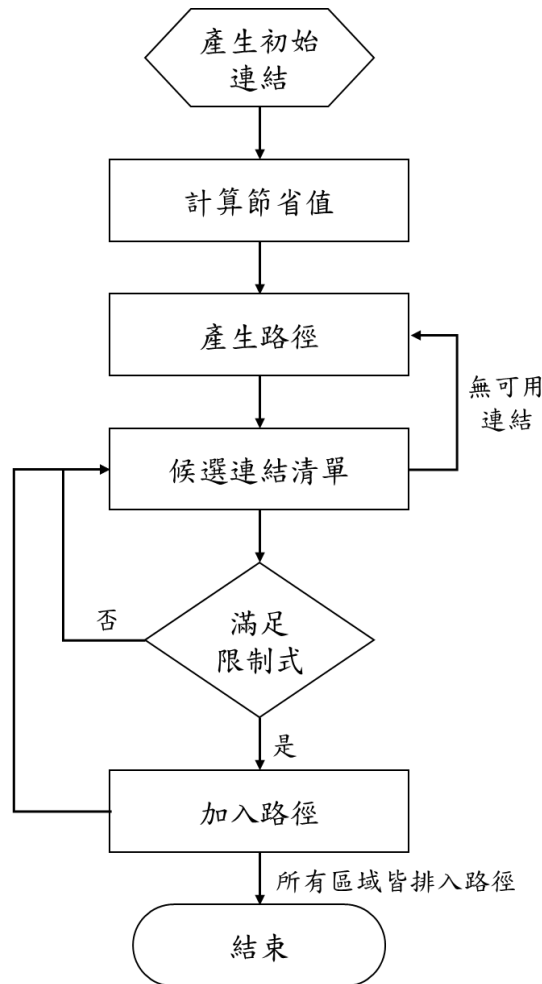


圖 3.7 節省法之循序法求解流程圖



### 步驟一：產生初始連結

已知有一場站、一越庫中心及若干區域中心，將區域中心個別與場站及越庫中心連結，依區域中心多寡產生相同數量之初始連結，計算車輛進行直接配送的旅行時間，如圖 3.8 所示，區域中心  $i$  之路徑為  $D-i-0$ ，旅行時間為  $t_{Di} + t_{i0}$ 。

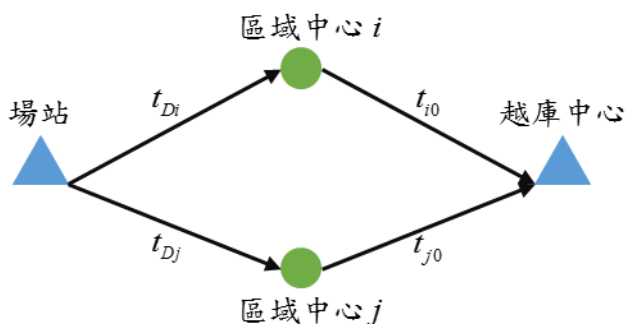


圖 3.8 節省法步驟一示意圖

### 步驟二：計算節省值

將所有初始連結兩兩連接並計算節省之旅行時間，依方向性的不同以式(3.6)及式(3.8)計算，節省值的概念為連結兩區域中心並刪去兩中心至越庫中心與至場站的旅行時間，但增加兩中心連接的旅行時間，表示以同一路徑連接兩區域中心之旅行時間會小於個別往返時間，如圖 3.9 所示，區域中心  $i$  與  $j$  連接，路徑為  $D-i-j-0$ ，旅行時間為  $t_{Di} + t_{ij} + t_{j0}$ ，節省值為  $s_{ij} = t_{Di} + t_{i0} + t_{Dj} + t_{j0} - (t_{Di} + t_{ij} + t_{j0}) = t_{Dj} + t_{i0} - t_{ij}$ ；而越庫中心所在之區域中心與越庫中心為同一點，區域中心與越庫中心連接之節省值為場站至越庫中心的旅行時間，因所有路徑皆需與越庫中心連接，故節省值皆相等，僅能減少一條路線。

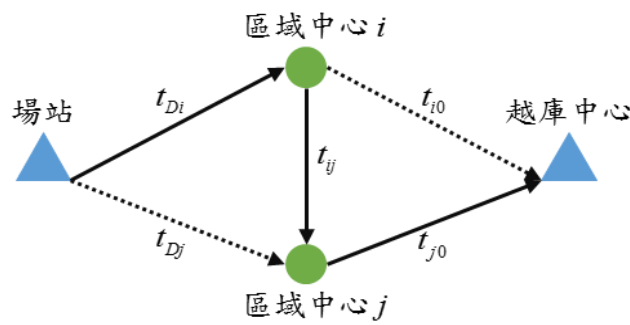


圖 3.9 節省法步驟二示意圖

### 步驟三：產生路徑

從未放入路徑之連結中，連接節省值最大者，做為初始路徑，如：若  $s_{ij}$  為最大值，則連接區域中心  $i$  與  $j$ ，做為初始路徑  $(D-i-j-0)$ 。

### 步驟四：產生候選連結清單

依目前之路徑產生候選連結清單，依節省值大小排序從未放入路徑中之區域中心找出可行之連結，如：現有路徑為  $(D-i-j-0)$ ，可行連結為初始連結中 (1) 訖點為區域中心  $i$ 、(2) 起點為區域中心  $j$  之連結，並依節省值大小排序，若有相同節省值，則隨機挑選一個進行計算 (Clarke & Wright, 1964)。

若所有可行連結皆無法滿足步驟五之檢驗，則關閉此路徑，返回步驟三重新產生路徑進行下一次計算。

### 步驟五：滿足限制式

將候選連結清單依連結方式，分別以式(3.7)、(3.9)檢驗是否滿足總配送時間限制，若未超過車輛可配送時間上限，進行步驟六；若否，返回步驟四，選擇次一序位之候選連結測試。

### 步驟六：加入路徑

將滿足限制式之連結加入現有路徑，並返回步驟四，重新產生候選連結清單，再次計算，直到所有區域中心皆放入路徑，即可得最少車輛數及配送路線。



### 對稱途程(Symmetric route)

對稱途程之定義如圖 3.10 所示，表示車輛之起訖點皆為同一越庫中心且路徑無方向性，如本研究之路線(2)，因此 TS\_3、TS\_4 及 TS\_6 需以對稱途程之節省法計算。

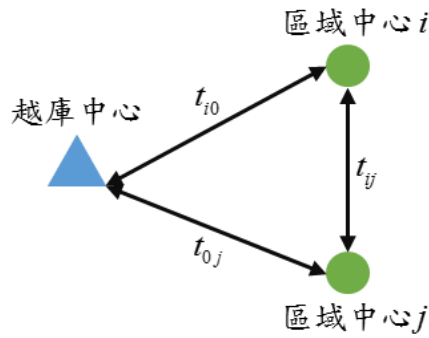


圖 3.10 對稱途程節省法示意圖

配送路線：越庫中心→區域中心  $j(i)$ →區域中心  $i(j)$ →越庫中心

$$s_{ij} = t_{0i} + t_{0j} - t_{ij} \quad i \neq j, \quad (3.10)$$

$$t_{0i} + t_{0j} + t_{ij} + d_i + d_j \leq C \quad i \neq j. \quad (3.11)$$

式(3.10)為節省值，式(3.11)包含旅行時間及服務時間之總配送時間限制式。

對稱途程節省法的求解流程與非對稱途程節省法一致，如圖 3.7 所示，因路線特性不同，使得步驟一、二、四中計算連結與節省值公式與候選連結清單之選擇方式需稍加修改，其餘步驟如非對稱途程節省法，內容如下：

步驟一：產生初始連結

已知有一越庫中心及若干區域中心，將區域中心個別與越庫中心連結，依區域中心多寡產生相同數量之初始連結，計算車輛進行直接往返配送的旅行時間，如圖 3.11 所示，區域中心  $i$  之路徑為  $0-i-0$ ，旅行時間為  $2t_{0i}$ 。

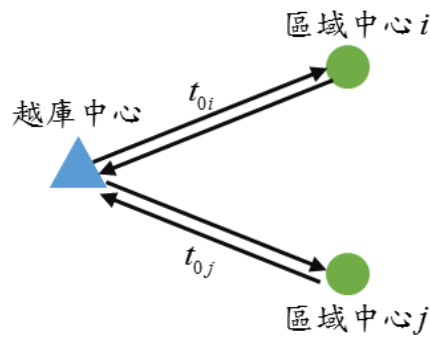


圖 3.11 節省法步驟一示意圖

### 步驟二：計算節省值

將所有初始連結兩兩連接並計算節省之旅行時間(式 3.10)，如圖 3.12 所示，區域中心  $i$  與  $j$  連接，路徑為  $0-i-j-0$ ，旅行時間為  $t_{0i} + t_{ij} + t_{0j}$ ，節省值為  $s_{ij} = 2t_{0i} + 2t_{0j} - (t_{0i} + t_{ij} + t_{0j}) = t_{0i} + t_{0j} - t_{ij}$ ；而越庫中心所在之區域中心與越庫中心為同一點，區域中心與越庫中心連接之節省值為場站至越庫中心的旅行時間，因所有路徑皆需與越庫中心連接，故節省值皆相等，僅減少一條路線。

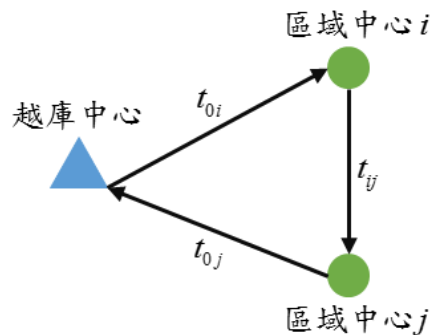


圖 3.12 節省法步驟二示意圖

### 步驟四：產生候選連結清單

依目前之路徑產生候選連結清單，依節省值大小排序從未放入路徑中之區域中心找出可行之連結，如：現有路徑為  $0-i-j-0$ ，可行連結為初始連結中(1)包含區域中心  $i$ 、(2)包含區域中心  $j$  之連結，並依節省值大小排序。

## 第四章 個案資料分析



本章以國內知名 B2C 電商企業提供之訂單資料為研究案例，分別提供 B2C 電商企業發展自有車隊之最佳設施數量、位置及最小車輛數之建議，並針對不同策略進行相關分析，未來亦可協助代入相關取得成本，以最小化配送成本為主要目標。4.1 節介紹該企業背景與可能會面臨的配送問題；4.2 節描述本研究的參數設定方法與步驟；4.3 節以本研究之兩階段配送模型求解個案問題；4.4 節為求解結果呈現與討論；4.5 節調整覆蓋半徑與車輛可配送時間進行敏感度分析；最後於 4.6 節彙整與探討前述之結果。

### 4.1 個案背景介紹

該企業以大都會區為目標市場，藉由網路與雲端電商系統的無縫整合，將商品快速銷售給顧客，銷售的商品項目橫跨日常生活用品、流行服飾、3C 家電、食品飲料、戶外運動等類別，共數十萬種商品。

輔以創新的雲端倉儲物流系統，於每個都會區設立一個以上的大型倉庫，做為在地基地，基地周圍的廠商可以把商品放置於倉庫中，藉由電商平台銷售給當地的消費者，而商品配送方面則與物流商合作或以自有車隊進行配送服務，目前台北市只需自有車隊就能完成所有配送任務，因自有車隊才能達到速度與彈性，透過物流商集貨配送，大部分都不只一次的落地再上車，效率相對較低。

以強調時效之配送方式做為創新競爭策略，主要目標市場為訂單密集之都會區，根據訪談內部主管得知，目前業績成長穩定，未來需要擴編自有車隊或是取得相關物流設施，提升配送效率以維持企業形象與顧客滿意度，但需要增加多少輛車或物流設施數量與位置，仍需加以評估，以下歸納配送作業中主要兩項問題：



## 一、物流設施位置與數量

由於配送方式以時效性為主要訴求，在都會區內採用車輛接駁進行越庫作業，避免車輛來回往返倉庫的時程，而物流設施之位置與數量將會影響車輛從設施所在之區域行駛至其需服務之區域時間(跨區旅行時間)，都會區內之跨區旅行時間對於物流成本及配送時間的影響較顧客間的旅行時間來的顯著，但目前之設施位置與數量是否合適，仍有值得討論的空間。

## 二、配送路線規劃問題

由於都會區內的訂單密集，配送時的區域分配相當複雜，目前大多採用人工與經驗法則以區域為單位規劃每輛車之配送路線，而此配送路線是否適用於每個時段，仍需加以探討。

綜合上列所述，物流設施的位置與數量及配送路線規劃，皆會影響配送時間，需考量如何降低跨區旅行時間，讓車輛專注於服務顧客上，因此以本研究提出之兩階段配送模型，導入訂單資料及配送策略，分別提供最佳設施數量、位置及最小車輛數之建議，做為其發展配送策略之參考，未來亦可協助代入相關取得成本，以最小化配送成本為主要目標。





## 4.2 個案參數設定

本研究依該企業授權提供之台北市訂單資料與交通部運輸研究所之開放式資料進行下列數據之估計，其中以台北市之十二個行政區作為需求區域。

### 4.2.1 估計服務時間

本研究中每日配送時間依可配達時間分為六個時段，由各時段下之(1)區域內之訂單數、(2)每張訂單服務時間相乘所組成；訂單數的計算參考(Poot *et al.*, 2002)資料預整方法之顧客合併準則，以(1)郵遞區號相同、(2)同樣的配送時段為考量，從為期一週的訂單數計算平均各時段下每個行政區內的訂單數，如下表 4.1 所示。

表 4.1 估計之單日訂單數

行政區	TS_1	TS_2	TS_3	TS_4	TS_5	TS_6
北投區	1	1	2	2	2	2
士林區	1	2	1	2	2	4
內湖區	2	4	4	7	3	7
中山區	1	5	5	5	5	6
大同區	1	1	2	2	1	1
松山區	1	2	4	3	2	4
南港區	1	1	3	3	2	2
萬華區	1	1	2	2	1	2
中正區	1	3	3	3	2	3
信義區	3	4	5	6	4	5
大安區	2	2	5	7	5	6
文山區	1	1	2	2	1	2

此外，每張訂單的服務時間包含旅行時間與下車遞送時間，以該區域內最晚的訂單配達時間減去最早的訂單配達時間後，除以總訂單數減 1，減 1 的用意在於僅考慮訂單間的旅行次數，如下圖 4.1 所示，若行政區內共有三張訂單，第一張訂單於  $a_1$  完成服務，第三張訂單於  $a_3$  完成服務，則平均服務時間為  $a_3 - a_1 / (3-1)$ ，以此方法估計各時段下所有行政區內每張訂單之服務時間，如表 4.2 所示。

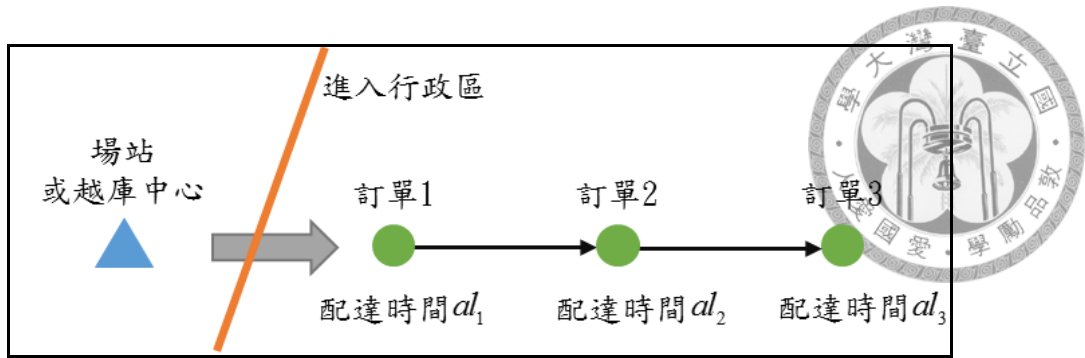


圖 4.1 訂單服務時間示意圖

表 4.2 估計之每張訂單服務時間 (單位：分鐘)

行政區	TS_1	TS_2	TS_3	TS_4	TS_5	TS_6
北投區	38.00	38.00	13.29	16.71	19.83	23.63
士林區	16.00	12.25	36.67	17.75	12.33	21.13
內湖區	15.00	16.00	13.00	14.83	12.00	18.21
中山區	12.00	12.56	12.82	13.83	19.70	23.33
大同區	23.40	14.00	10.00	7.80	9.67	18.00
松山區	9.50	17.00	12.70	15.00	17.63	15.00
南港區	15.17	13.20	11.63	14.17	11.00	19.00
萬華區	19.00	6.00	10.33	9.00	6.50	13.00
中正區	23.33	14.14	12.71	9.75	18.17	17.86
信義區	23.00	15.25	11.27	11.55	18.89	16.00
大安區	19.71	12.50	16.11	13.40	19.18	20.27
文山區	10.00	15.00	10.33	15.17	13.50	13.60

最後將上述之表 4.1 及 4.2 相乘，得各時段下所有行政區所需之服務時間，本研究假設此服務時間為不可切割，且每個行政區僅能由一輛車服務。

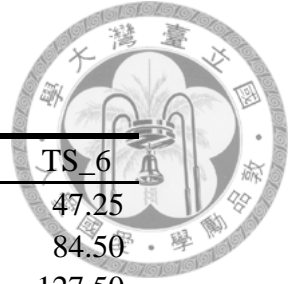


表 4.3 估計之行政區服務時間 (單位：分鐘)

行政區	TS_1	TS_2	TS_3	TS_4	TS_5	TS_6
北投區	38.00	38.00	26.57	33.43	39.67	47.25
士林區	16.00	24.50	36.67	35.50	24.67	84.50
內湖區	30.00	64.00	52.00	103.83	36.00	127.50
中山區	12.00	62.78	64.09	69.17	98.50	140.00
大同區	23.40	14.00	20.00	15.60	9.67	18.00
松山區	9.50	34.00	50.80	45.00	35.25	60.00
南港區	15.17	13.20	34.88	42.50	22.00	38.00
萬華區	19.00	6.00	20.67	18.00	6.50	26.00
中正區	23.33	42.43	38.14	29.25	36.33	53.57
信義區	69.00	61.00	56.36	69.27	75.56	80.00
大安區	39.43	25.00	80.56	93.80	95.91	121.64
文山區	10.00	15.00	20.67	30.33	13.50	27.20
總計	304.83	399.91	501.40	585.68	493.55	823.66

#### 4.2.2 估計旅行時間矩陣

本節以台北市為估計之標的，以各行政區的重心為代表該區域之中心，需估計之項目如下：(1)計算台北市十二行政區之重心、(2)場站之所在地、(3)台北市內之旅行時間，最後合併計算可得旅行時間矩陣。

本研究使用 ArcGIS 10.1 於交通部運輸研究所之臺灣本島市鄉鎮區界圖層上計算並繪製行政區之重心與場站位置，如圖 4.2 所示。

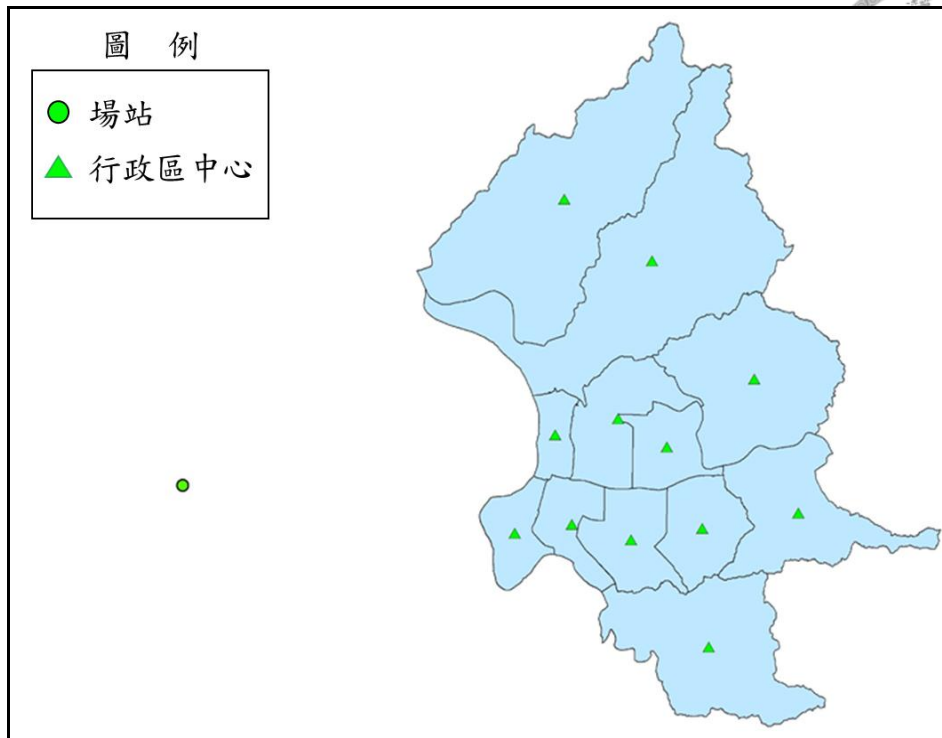


圖 4.2 台北市行政區重心圖

此圖層採用 TWD97/TM2 坐標系統表示圖層中各點之絕對位置，此座標系統採用平面方格座標並以十近位制的二維座標軸標記絕對位置(單位：公尺)，橫軸之原點為中央經線  $121^{\circ} E$ ，但台灣西側之座標將為負值，因此將橫軸左移 250,000 公尺，使得台灣本島地圖內之橫軸皆為正值，縱軸則以赤道為原點；計算後之台北市行政區中心不利後續計算，因此將座標值轉換為以公里為最小單位(四捨五入至小數點第二位)，並將橫軸與縱軸之座標值同時減去行政區座標中的最小值，所有座標往左下平移，可得表 4.4 絕對座標位置，僅以概似座標值表示場站位置。



表 4.4 台北市行政區中心與場站轉換後絕對座標表 (單位：公里)

行政區	橫軸(X)	縱軸(Y)
北投區	1.95	17.64
士林區	5.29	15.15
內湖區	9.50	10.55
中山區	4.04	8.97
大同區	1.50	8.27
松山區	6.00	7.90
南港區	11.28	5.27
萬華區	0.00	4.40
中正區	2.25	4.87
信義區	7.44	4.66
大安區	4.59	4.22
文山區	7.65	0.00
場站	-13.36	6.36

轉換後以歐氏距離(Euclidean distance)  $d(i, j) = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$  計算行政區中心與場站間之距離，利用運輸研究所發行之公路行駛時間調查報告(民 93)中，針對台北市市道之平均狀態下，估計行車速度為 23 公里/小時，將距離轉換為以分鐘為單位表示之旅行時間，如表 4.5 所示。

表 4.5 行政區中心與場站之旅行時間矩陣 (單位：分鐘)

行政區	北投區	士林區	內湖區	中山區	大同區	松山區	南港區	萬華區	中正區	信義區	大安區	文山區
士林區	10.87											
內湖區	27.04	16.28										
中山區	23.27	16.46	14.83									
大同區	24.49	20.50	21.69	6.85								
松山區	27.52	19.00	11.44	5.83	11.77							
南港區	40.42	30.14	14.52	21.21	26.66	15.38						
萬華區	34.92	31.26	29.51	15.90	10.82	18.12	29.50					
中正區	33.33	27.97	24.02	11.67	9.06	12.58	23.57	5.99				
信義區	36.78	27.95	16.28	14.33	18.11	9.26	10.15	19.41	13.54			
大安區	35.69	28.59	20.90	12.48	13.28	10.30	17.66	11.98	6.34	7.51		
文山區	48.37	40.01	27.93	25.23	26.87	21.06	16.69	23.03	18.98	12.16	13.60	
場站	49.63	53.81	60.64	45.90	39.11	50.68	64.34	35.24	40.91	54.44	47.17	57.28

本節至此已根據訂單資料及相關資訊估計：(1)平均每日訂單數、(2)各時段之區域服務時間、(3)行政區中心與場站之旅行時間矩陣，下節將以此為相關參數進行求解。



### 4.3 個案資料求解

本節將以 4.2 節所估計之相關參數分別設定第三章所提出之兩階段配送模型，依(1)區位規劃問題、(2)路徑規劃問題之順序，求解權重集合覆蓋問題得最佳設施數量與位置，接續以最小極大準則指派區域中心給設立之設施，即得與設施數量相等的單一場站途程問題，最後以(1)非對稱型節省法、(2)對稱型節省法分別計算不同路線下各設施所需的最小車輛數，可知以此訂單前提與服務策略下，應配置多少的車輛數才能滿足所有需求。

#### 4.3.1 權重集合覆蓋問題

本節依 4.2 節估計之旅行時間矩陣與訂單資料，探討於 B2C 電商之目標市場-台北市十二行政區中，以滿足估計之訂單時間下所需設立之越庫中心數量與位置，以 3.3.2 節問題模型設定相關參數後求解此問題。

本節假設最長服務時間  $T = 20$ ，可得覆蓋矩陣(表 4.7)，以表 4.1 之訂單數量計算候選位置權重值(表 4.6)，將上列參數以 LINGO 13 求解，可得值為 0.0204 之唯一全域最佳解，建議設立兩個越庫中心(士林區、信義區)，覆蓋範圍如圖 4.3 所示，而有三個行政區中心(內湖區、中山區、松山區)落入兩越庫中心覆蓋範圍之交集中，將以下節之區域指派機制分配給最適之越庫中心服務。



表 4.6 候選位置權重值

行政區	倒數
北投區	0.0182
士林區	0.0145
內湖區	0.0060
中山區	0.0057
大同區	0.0222
松山區	0.0108
南港區	0.0132
萬華區	0.0250
中正區	0.0103
信義區	0.0059
大安區	0.0060
文山區	0.0200

表 4.7  $T = 20$  之覆蓋矩陣

行政區	北投區	士林區	內湖區	中山區	大同區	松山區	南港區	萬華區	中正區	信義區	大安區	文山區
北投區	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
士林區	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
內湖區	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0
中山區	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
大同區	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0
松山區	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
南港區	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1
萬華區	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0
中正區	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
信義區	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
大安區	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
文山區	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1

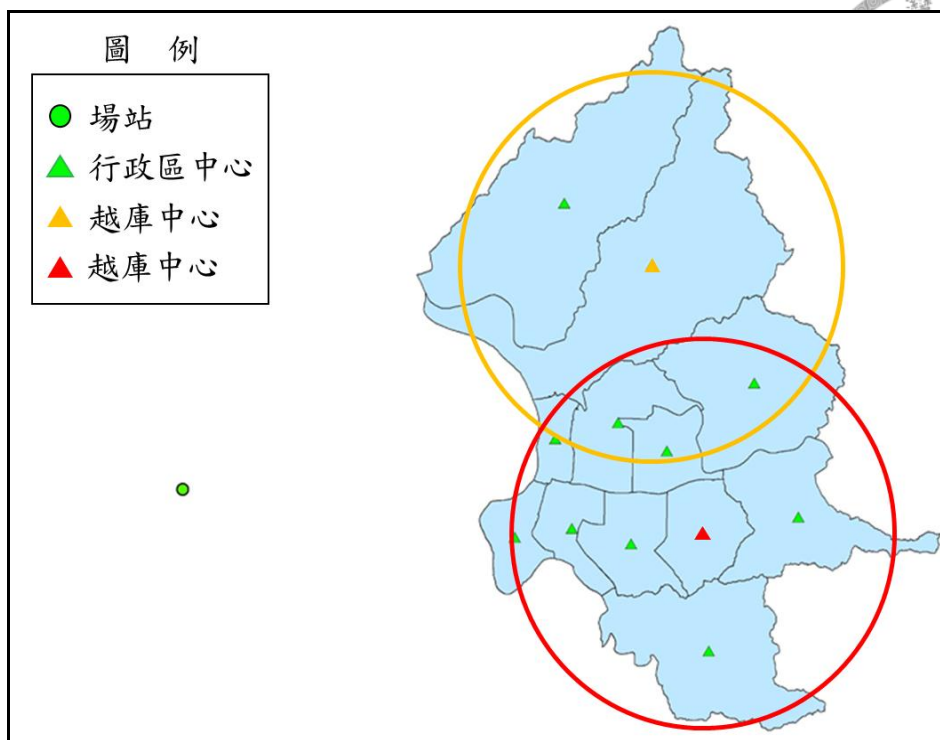
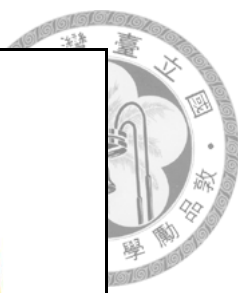


圖 4.3  $T = 20$ 之越庫中心覆蓋範圍示意圖

### 4.3.2 區域指派機制

由於上節之計算結果為唯一之全域最佳解，因此以最近指派法將位於交集中心的行政區中心指派給最近之越庫中心服務，如表 4.8 所示，三個行政區中心至信義區中心的旅行時間皆較士林區中心短，因此將內湖區、中山區及松山區中心指派給信義區之越庫中心服務。

表 4.8 交集區域之旅行時間比較表

交集區域	士林區	信義區
內湖區	16.2803	16.2796
中山區	16.4568	14.3288
松山區	19.0029	9.2610

$T = 20$ 分鐘下建議於士林區與信義區成立越庫中心，指派越庫中心需服務區域之結果，士林區的越庫中心僅服務北投區與士林區，剩下的十個行政區皆由信義區的越庫中心負責(表 4.9)。





表 4.9 行政區指派表

行政區	越庫中心
北投區	士林區
士林區	士林區
內湖區	信義區
中山區	信義區
大同區	信義區
松山區	信義區
南港區	信義區
萬華區	信義區
中正區	信義區
信義區	信義區
大安區	信義區
文山區	信義區

#### 4.3.3 車輛途程問題

根據 4.3.2 節之結果需設立兩越庫中心，服務各自覆蓋半徑下的行政區，可將問題切割為兩個單一場站的車輛途程問題，並依不同時段之需求與路線分別以非對稱型節省法與對稱型節省法求解最小車輛數。

#### 4.3.4 非對稱型節省法

本研究之配送時段 TS\_1、TS\_2 與 TS\_5 需行駛路線(1)，從場站出發至行政區中心進行直運，再行駛至越庫中心，因起訖點不同，故為非對稱途程，由於已設立兩個越庫中心，依越庫中心負責之區域中心將問題為以下兩項，需分別求解兩個越庫中心所需之車輛數(本節皆以 TS\_1 為例)：

1. 場站→區域中心(北投區、士林區)→越庫中心(士林區)
2. 場站→區域中心(內湖區、中山區、大同區、松山區、南港區、萬華區、中正區、信義區、大安區、文山區)→越庫中心(信義區)

而路線(1)之車輛可配送時間上限  $C = 240$  分鐘，確認所有行政區的服務時間  $d_i$  皆不超過此上限(表 4.3)，唯士林區之越庫中心僅需服務北投區與士林區，路線相對簡單(場站→北投區中心→士林區中心→士林區越庫中心)，只需將旅行時間(表 4.5)與服務時間(表 4.3)加總，確認所需車輛數即可，以 TS\_1 為例，總配送時間： $t_{D1} + t_{12} + t_{10} + d_1 + d_2 = 49.63 + 10.87 + 0 + 38.00 + 16.00 = 114.50$  小於上限值，因此僅需一輛車即可服務士林區越庫中心之需求。

而本研究之越庫中心設立於區域中心，使得該區域中心同時存在需求點與越庫中心將會影響節省值之計算，因此引入一調整機制，將信義區之越庫中心假設為虛擬場站(Virtual depot, VD)，位置亦為信義區中心且無服務時間，以此作為路線(1)之訖點，導入 3.3.7 節所提出之非對稱途程節省法求解，以表 4.10 的序號為行政區編碼以利進行後續計算，首先以表 4.5 之旅行時間計算初始連結旅行時間(表 4.10)，同時設立虛擬場站後計算節省值矩陣(表 4.11)，其中所有行政區皆需與虛擬場站連結僅能節省場站至虛擬場站的旅行時間，故節省值皆相等，僅能減少一條連結，後續則參考圖 3.7 之流程將所有區域中心放入路徑中，求解步驟如表 4.12 所示，求解結果於表 4.13，可得 TS\_1 下共需三輛車才能滿足估計之訂單服務時間，TS\_2 與 TS\_5 之求解結果將與 4.4 節一併討論。

表 4.10 初始連結旅行時間表

序號	行政區	TS_1
3	內湖區	57.22
4	中山區	59.94
5	大同區	74.49
6	松山區	54.64
7	南港區	54.46
8	萬華區	54.68
9	中正區	69.44
10	信義區	54.44
11	大安區	57.22
12	文山區	59.94

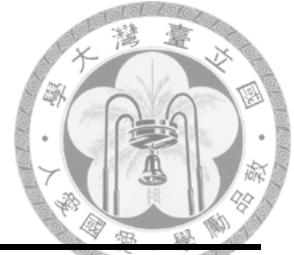


表 4.11  $T = 20$  非對稱途程節省值矩陣

行政區 序號	內湖區 3	中山區 4	大同區 5	松山區 6	南港區 7	萬華區 8	中正區 9	大安區 11	文山區 12	$VD_{10}$ 10	
內湖區	3	-	47.35	33.70	55.52	66.10	22.00	33.17	42.55	45.63	54.44
中山區	4	60.14	-	46.58	59.18	57.46	33.66	43.58	49.01	46.38	54.44
大同區	5	57.06	57.16	-	57.02	55.79	42.53	49.96	52.00	48.52	54.44
松山區	6	58.46	49.33	36.60	-	58.22	26.37	37.59	46.13	45.48	54.44
南港區	7	56.27	34.84	22.59	45.44	-	15.88	27.49	39.65	50.74	54.44
萬華區	8	50.53	49.41	47.70	51.96	54.25	-	54.33	54.59	53.66	54.44
中正區	9	50.16	47.78	43.59	51.64	54.31	42.79	-	54.37	51.84	54.44
大安區	11	47.26	40.93	33.35	47.90	54.20	30.77	42.09	-	51.19	54.44
文山區	12	44.87	32.83	24.40	41.78	59.82	24.37	34.09	45.73	-	54.44
信義區	10	44.36	31.57	21.00	41.42	54.20	15.83	27.37	39.65	45.12	-

表 4.12 TS\_1 非對稱型節省法求解步驟

節省值	連結		總配送時間	決策
66.10	3	7	130.47	加入路徑
60.14	4	3	142.57	加入路徑
57.16	5	4	166.03	加入路徑
54.44	7	10	<b>235.03</b>	達時間上限*
54.59	8	11	113.16	加入路徑
51.19	11	12	141.40	加入路徑
42.79	9	8	176.40	加入路徑
41.78	12	6	<b>209.86</b>	完成計算**

\*無可行連結，關閉路徑    \*\*所有區域皆已加入路徑

表 4.13 TS\_1 非對稱型節省法求解結果

路徑	服務時間	總配送時間
$D-1-2-VD_2$	54.00	114.50
$D-5-4-3-7-10-VD_{10}$	149.57	235.03
$D-9-8-11-12-6-VD_{10}$	101.26	209.86
	304.83	559.39



#### 4.3.5 對稱型節省法

配送時段 TS\_3、TS\_4、TS\_6 需接續於台北市內行駛路線(2)進行配送，從越庫中心出發至行政區中心進行配送，在駛回越庫中心，起訖點為相同之越庫中心，根據 4.3.2 節之結果，將問題分為以下兩項，需分別求解兩個越庫中心所需之車輛數(本節皆以 TS\_3 為例)：

1. 越庫中心(士林區)→區域中心(北投區、士林區)→越庫中心(士林區)
2. 越庫中心(信義區)→區域中心(內湖區、中山區、大同區、松山區、南港區、萬華區、中正區、信義區、大安區、文山區)→越庫中心(信義區)

而路線(2)之車輛可配送時間上限  $C = 180$  分鐘，確認所有行政區的服務時間  $d_i$  皆不超過此上限(表 4.3)，唯士林區之越庫中心僅需服務北投區與士林區，路線相對簡單(士林區越庫中心→北投區中心→士林區中心→士林區越庫中心)，只需將旅行時間(表 4.5)與服務時間(表 4.3)加總，確認所需車輛數即可，以 TS\_3 為例，總配送時間： $2t_{01} + d_1 + d_2 = 21.74 + 26.57 + 36.67 = 84.98$  小於上限值，因此僅需一輛車即可服務士林區越庫中心之需求。

對稱型節省法的計算方式較非對稱型簡潔，主要求解方式及調整機制與 4.3.4 節相同，將信義區之越庫中心假設為虛擬場站(Virtual depot, VD)，位置亦為信義區中心且無服務時間，以此作為路線(2)之起訖點，需參考圖 3.7 之流程與修改步驟，將所有區域中心放入路徑中，求解步驟如表 4.16 所示，求解結果於表 4.17，可得 TS\_3 下共需五輛車才能滿足估計之訂單服務時間，TS\_4 與 TS\_6 之求解結果將與 4.4 節一併討論。



表 4.14 TS\_3 初始連結旅行時間表

序號	行政區	TS_3
3	內湖區	32.56
4	中山區	28.66
5	大同區	36.22
6	松山區	18.52
7	南港區	20.29
8	萬華區	38.82
9	中正區	27.09
10	信義區	0.00
11	大安區	15.03
12	文山區	24.32

表 4.15  $T = 20$  對稱途程節省值矩陣

行政區 序號	內湖區 3	中山區 4	大同區 5	松山區 6	南港區 7	萬華區 8	中正區 9	大安區 11	文山區 12	$VD_{10}$ 10
中山區 4	15.78									
大同區 5	12.70	25.59								
松山區 6	14.10	17.76	15.61							
南港區 7	11.91	3.26	1.60	4.03						
萬華區 8	6.17	17.83	26.70	10.54	0.05					
中正區 9	5.80	16.21	22.59	10.22	0.12	26.96				
大安區 11	2.90	9.36	12.35	6.48	0.00	14.94	14.72			
文山區 12	0.51	1.26	3.40	0.36	5.62	8.54	6.72	6.08		
信義區 10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-

表 4.16 TS\_3 對稱型節省法求解步驟

節省值	連結	總配送時間	決策
26.96	9 8	97.75	加入路徑
26.70	8 5	127.27	加入路徑
25.59	5 4	194.44	違反限制式
14.72	11 9	208.14	違反限制式
12.70	5 3	199.13	違反限制式
6.72	12 9	<b>165.53</b>	達時間上限*
17.76	6 4	<b>144.31</b>	達時間上限*
11.91	7 3	<b>127.82</b>	達時間上限*
0	11 10	<b>151.95</b>	完成計算**

\*無可行連結，關閉路徑 \*\*所有區域皆已加入路徑

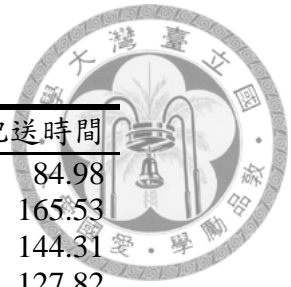


表 4.17 TS\_3 對稱型節省法求解結果

路徑	服務時間	總配送時間
$VD_2 - 1 - 2 - VD_2$	63.24	84.98
$VD_{10} - 12 - 9 - 8 - 5 - VD_{10}$	99.48	165.53
$VD_{10} - 6 - 4 - VD_{10}$	114.89	144.31
$VD_{10} - 7 - 3 - VD_{10}$	86.88	127.82
$VD_{10} - 11 - 10 - VD_{10}$	136.92	151.95
	501.40	674.60

#### 4.4 求解結果

以 4.3.4 節與 4.3.5 節之求解方法，可得所有時段之車輛數與總配送時間，根據該企業所提供的訂單資料，以完全滿足服務需求為前提，本研究假設之  $T = 20$  的覆蓋半徑下，需於台北市內設置兩個越庫中心，分別於士林區與信義區，並求得六個時段下之車輛數(表 4.18)，考量時段間的互相搭配(TS\_1 與 TS\_3、TS\_2 與 TS\_4、TS\_5 與 TS\_6)，需取兩搭配時段之最大車輛數，再將三組時段之最大車輛數加總，即可得滿足此預估訂單服務時間下之最佳車輛數為 18 輛。

而該企業現行配送系統中僅有一越庫中心及 12 輛車，根據一週之訂單資料顯示平均準時配達率為 87.93%，因此決策者可參考本研究之結果，若以完全滿足此訂單條件，則需增加 1 座設施及 6 輛車，唯本研究並未考慮其相關成本，僅以數量之差異提供決策者發展配送策略之依據，未來可代入相關取得成本並權衡可提升的準時配達率，以達最大之綜效，協助決策者制定適當的配送策略，滿足都會區眾多消費者的需求。

表 4.18  $T = 20$  計算結果

時段	車輛數	服務時間	總旅行時間	*總配送時間
TS_1	3	304.83	254.56	559.39
TS_2	4	399.91	297.63	697.54
TS_3	5	501.40	173.20	674.60
TS_4	6	585.68	184.65	770.33
TS_5	4	493.55	288.12	781.67
TS_6	7	823.66	199.94	1023.60

\*總配送時間=服務時間+總旅行時間



## 4.5 敏感度分析

為了進一步瞭解越庫中心最長服務時間(覆蓋半徑)及車輛可配送時間對於設施位置、數量與車輛數的影響，本節將分別調整(1)越庫中心最長服務時間 $T=30$ 、(2)車輛可配送時間上限 $C=210$ ，進行敏感度分析，探討估計之服務時間下，B2C 電商企業對於配送模型的投資組合。

### 4.5.1 調整最長服務時間

本節將越庫中心的最長服務時間(覆蓋半徑)調整為 30 分鐘，以此重新計算兩階段配送模型，結果如下所示。

以 $T=30$ 計算並求解，可得僅需於中山區設立一越庫中心，即可服務所有台北市的行政區中心(圖 4.4)，接續以非對稱途程節省法與對稱途程節省法求解單一場站車輛途程問題。

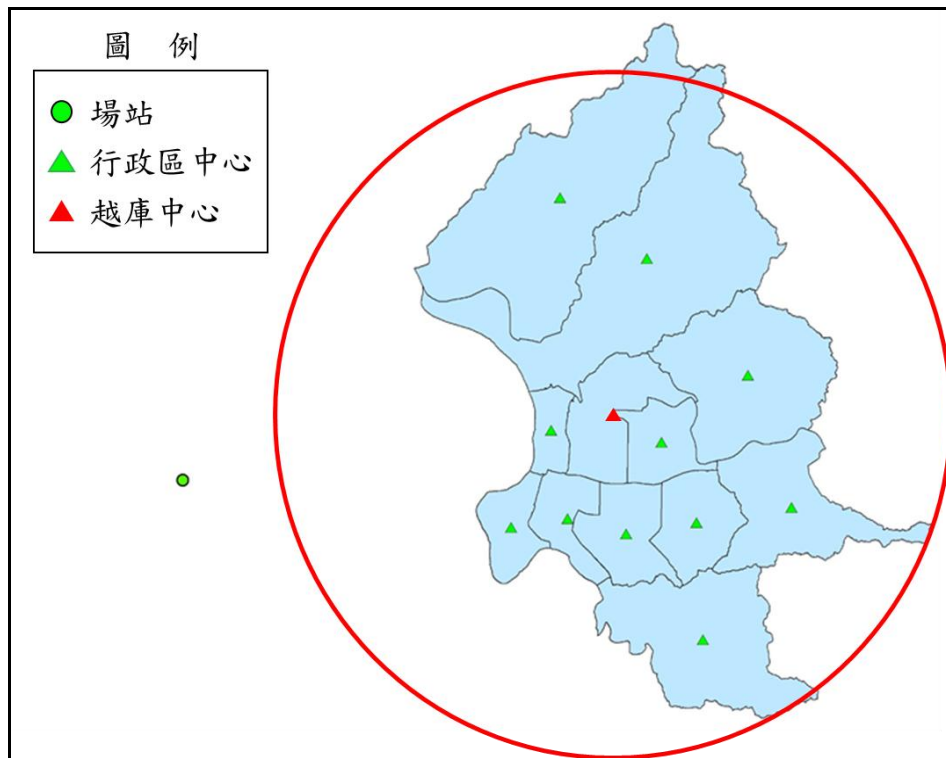


圖 4.4  $T=30$ 之越庫中心覆蓋範圍示意圖

車輛途程問題以表 4.19 與 4.20 之節省值矩陣，參考 4.3.4 節與 4.3.5 節求解各時段下路線(1)與路線(2)之最小車輛數，得滿足此預估訂單服務時間下之最佳車輛數亦為 18 輛(表 4.21)。



表 4.19  $T=30$  非對稱途程節省值矩陣

行政區 序號	北投區 1	士林區 2	內湖區 3	大同區 5	松山區 6	南港區 7	萬華區 8	中正區 9	信義區 10	大安區 11	文山區 12	$VD_4$ 4	
北投區	1	-	66.20	104.11	37.89	46.43	47.19	23.59	30.86	40.93	34.74	32.18	45.90
士林區	2	55.21	-	60.82	35.06	48.13	50.66	20.43	29.40	42.95	35.04	33.73	45.90
內湖區	3	37.42	52.36	-	32.25	54.07	64.66	20.56	31.73	53.00	41.10	32.10	45.90
大同區	5	31.99	40.16	45.81	-	45.77	44.54	31.27	38.71	43.19	40.75	37.26	45.90
松山區	6	27.94	40.63	55.03	33.17	-	54.79	22.94	34.16	51.01	42.70	42.05	45.90
南港區	7	30.41	44.87	67.33	33.66	56.51	-	26.95	38.55	65.51	50.72	61.80	45.90
萬華區	8	30.61	38.45	47.03	44.19	48.46	50.74	-	50.83	50.94	51.09	50.16	45.90
中正區	9	27.97	37.50	48.29	41.71	49.76	52.43	40.91	-	52.56	52.49	49.96	45.90
信義區	10	27.17	40.18	58.69	35.33	55.75	68.53	30.16	41.70	-	53.98	46.38	45.90
大安區	11	26.41	37.70	52.23	38.32	52.87	59.17	35.74	47.06	59.41	-	56.16	45.90
文山區	12	26.49	39.03	57.94	37.47	54.85	72.89	37.44	47.16	54.44	58.80	-	45.90
中山區	4	26.35	37.35	45.81	32.25	44.85	43.13	19.33	29.25	40.11	34.68	32.05	-

表 4.20  $T=30$  對稱途程節省值矩陣

行政區 序號	北投區 1	士林區 2	內湖區 3	大同區 5	松山區 6	南港區 7	萬華區 8	中正區 9	信義區 10	大安區 11	文山區 12	$VD_4$ 4
士林區	2	28.85										
內湖區	3	11.07	15.01									
大同區	5	5.63	2.81	0.00								
松山區	6	1.58	3.29	9.23	0.92							
南港區	7	4.06	7.53	21.52	1.40	11.66						
萬華區	8	4.26	1.10	1.22	11.94	3.61	7.61					
中正區	9	1.61	0.15	2.48	9.46	4.91	9.30	21.58				
信義區	10	0.82	2.84	12.88	3.07	10.90	25.39	10.83	12.45			
大安區	11	0.06	0.35	6.42	6.06	8.02	16.03	16.41	17.81	19.30		
文山區	12	0.13	1.68	12.13	5.21	10.00	29.76	18.11	17.92	14.33	24.12	
中山區	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00





表 4.21  $T = 30$  計算結果

時段	車輛數	服務時間	總旅行時間	總配送時間
TS_1	3	304.83	280.24	585.07
TS_2	3	399.91	301.89	701.80
TS_3	5	501.40	220.01	721.41
TS_4	6	585.68	225.08	810.76
TS_5	4	493.55	357.45	851.00
TS_6	7	823.66	268.18	1,091.84

表 4.22  $T = 20$ 、 $T = 30$  計算結果比較表

設施位置	$T = 20$ 士林、信義		$T = 30$ 中山	
	車輛數	總旅行時間	車輛數	總旅行時間
時段				
TS_1	3	254.56	3	280.24
TS_2	4	297.63	3	301.89
TS_3	5	173.20	5	220.01
TS_4	6	184.65	6	225.08
TS_5	4	288.12	4	357.45
TS_6	7	199.94	7	268.18
<b>總和</b>	<b>18</b>	<b>1398.10</b>	<b>18</b>	<b>1652.85</b>

綜合  $T = 20$  及  $T = 30$  的計算結果(表 4.22)，若假設  $T = 20$  下，需設立兩越庫中心及配置 18 輛車並旅行 1398.10 分鐘始能滿足估計之訂單需求，而  $T = 30$  時僅需一越庫中心、18 輛車及旅行 1652.85 分鐘亦能達成配送任務，兩方案間之車輛數相同，需權衡之項目為設立一座設施及旅行時間 254.75 分鐘，當設施取得成本較小於旅行時間 254.75 的成本時，偏好  $T = 20$  的配送方案。

而該企業現行配送系統中僅有一座越庫中心及 12 輛車，根據一週之訂單資料顯示平均準時配達率為 87.93%，因此決策者可參考本研究之結果，若以完全滿足此訂單條件，則需(1)增加 1 座設施及 6 輛車或(2)僅增加 6 輛車，但總旅行時間較(1)長 254.75 分鐘，唯本研究並未考慮其相關成本，基於訂單資料與相關估計值計算相關數量之差異提供決策者發展配送策略之依據，未來可代入相關成本項，同時考量目標配達率，協助決策者制定最適之配送策略。



#### 4.5.2 延長配送時間上限

由於以完全滿足配送服務為前提的配送成本可能會過高，需提供其他切入點做為考量適當配送成本之依據，以延長部分時段下的車輛可配送時間上限為主，藉由可配送時間的提升相對，使得車輛可服務更多區域，以降低所需車輛數，進一步節省車輛的相關成本，但此方法會讓在延長配送時間下到貨的訂單超過該企業所宣稱的到貨時間，視為遲到訂單，此時需提供消費者適當之補貼以維繫企業聲譽與消費者忠誠度。

本節提供決策者於車輛數及服務水準間的比較，延長車輛可配送時間，考量配送時段間需互相搭配(圖 3.3)，若調整 TS\_1、TS\_2、TS\_5 的可配送時間，將延後行駛路線(2)，對於服務水準影響甚劇，因此僅延長 TS\_3、TS\_4、TS\_6 的配送時間上限  $C = 210$ ，此時不再完全滿足訂單。

如圖 4.5 所示，配送時間上限延長 30 分鐘後，可以在現有路徑中併入新的服務時間，表示可在原有路徑中多服務一個行政區，併入後超過原本的配送時間上限(180 分鐘)，而服務時間由訂單數與單筆服務時間相乘得之，因此新併入服務時間中的訂單數視為遲到單，該時段的遲到率為遲到單數除以總訂單數得之，每日遲到率則是六時段的平均值。

以延長 TS\_3、TS\_4、TS\_6 之配送時間上限，於  $T = 20$ 、 $T = 30$  情境下重新計算車輛途程問題，結果於表 4.23。

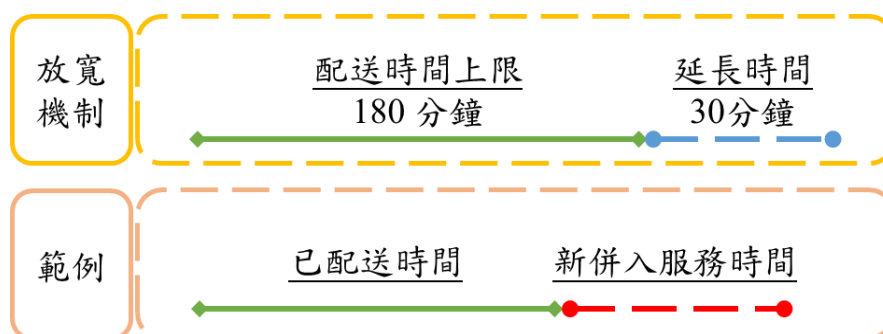


圖 4.5 延長配送時間示意圖



表 4.23 延長配送時間求解結果

設施位置		$T = 20$ 士林、信義			$T = 30$ 中山		
配送時間	時段	車輛數	總旅行時間	遲到率	車輛數	總旅行時間	遲到率
$C = 240$	TS_1	3	254.56	0.00%	3	280.24	0.00%
	TS_2	4	297.63	0.00%	3	301.89	0.00%
	TS_5	4	288.12	0.00%	4	357.45	0.00%
$C = 210$	TS_3	4	151.92	34.21%	4	194.37	28.95%
	TS_4	5	163.82	18.18%	4	208.73	36.36%
	TS_6	6	176.00	18.18%	6	218.77	13.64%
		<b>15</b>	<b>1332.05</b>	<b>*11.76%</b>	<b>14</b>	<b>1561.45</b>	<b>*13.16%</b>
*六時段之平均值							

上表之遲到率(11.76%、13.16%)為六時段之平均值，由於本研究假設路線(1)之配送皆於給定的時段下完成，因此並無遲到率；綜合 $T = 20$ 與 $T = 30$ 的計算結果，兩方案的差異除了一座設施外，仍有一輛車與 229.4 分鐘的旅行時間及 1.40% 的遲到率，唯本研究並無考慮相關成本項，僅能以此提供參考依據，未來可加入相關成本項協助決策者瞭解配送策略之差異並於可容許之遲到率下建置最佳的配送系統。

本研究僅測試延長配送時間上限 30 分鐘下之車輛數與遲到率，未來可測試不同的延長時間對於車輛數與遲到率的改變，並代入遲到成本，調整不同的策略組合，提供決策者設計不同延遲時間下的遲到成本改善配送策略或與車輛數成本相比較找出成本與遲到率皆可接受之平衡點。



## 4.6 小結

本節歸納前述之結果於表 4.24，根據該企業所提供的訂單資料，經本研究計算後可知，共有四種配送方案，若以完全滿足所有訂單為前提的配送方案分別為 (1)  $T = 20, C = 180$ 、(2)  $T = 30, C = 180$  與延長配送時間的 (3)  $T = 20, C = 210$ 、(4)  $T = 30, C = 210$ 。

本研究僅能以相同的  $T$  或  $C$  條件下比較方案之差異，如下：

### 一、 $T = 20, C = 180$ 與 $T = 30, C = 180$

以完全滿足之前提下，兩方案之差為一座越庫中心與旅行時間 254.75 分鐘，當越庫中心的相關成本小於旅行時間 254.75 分鐘，決策者會偏好  $T = 20, C = 180$  之配送模式。

### 二、 $T = 20$ 下 $C = 180$ 與 $C = 210$

此組合下之考量為 3 輛車、旅行時間 66.05 分鐘與 11.76% 的遲到率。

### 三、 $T = 30$ 下 $C = 180$ 與 $C = 210$

此組合下之考量為 4 輛車、旅行時間 91.40 分鐘與 13.16% 的遲到率。

由於三方案皆需考慮設施、車輛、旅行時間與遲到率等相關成本，因此僅提供數據組合之建議，供決策者參考及設定其相關成本參數計算最低成本之方案。

此外，因需求趨勢所引起的車輛數閒置問題亦需提供決策者參考，TS\_3、TS\_4、TS\_6 的車輛數高於 TS\_1、TS\_2、TS\_5，路線(1)之車輛數較少，將會產生車輛閒置問題，未來可考慮外包路線(2)的訂單，降低兩路線的車輛數差異，減少所需車輛數；亦可能因估計的車速為 23 公里/小時，未來可依不同時段改變車速估計值，以更準確計算車輛數。

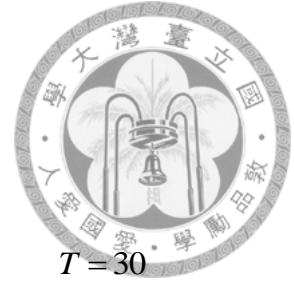


表 4.24 計算結果總表

$T = 20$   
士林、信義

$T = 30$   
中山

設施位置

時段	車輛數		總旅行時間		車輛數		總旅行時間	
TS_1	3		254.56		3		280.24	
TS_2	4		297.63		3		301.89	
TS_5	4		288.12		4		357.45	
	$C = 180$		$C = 210$		$C = 180$		$C = 210$	
	車輛數	總旅行時間	車輛數	總旅行時間	車輛數	總旅行時間	車輛數	總旅行時間
TS_3	5	173.20	4	151.92	5	220.01	4	194.37
TS_4	6	184.65	5	163.82	6	225.08	4	208.73
TS_6	7	199.94	6	176.00	7	268.18	6	218.77
<b>總和</b>	<b>18</b>	<b>1398.10</b>	<b>15</b>	<b>1332.05</b>	<b>18</b>	<b>1652.85</b>	<b>14</b>	<b>1561.45</b>
<b>遲到率</b>	<b>0.00%</b>		<b>11.76%</b>		<b>0.00%</b>		<b>13.16%</b>	

## 第五章 結論與建議



彙整前面幾章之結果，本章將針對本研究建構之兩階段配送模型與敏感度分析之結果作一總結。5.1 節說明本研究的結論與建議；5.2 節為本研究對於 B2C 電商於都會區配送模式的貢獻；5.3 節列舉本研究的相關限制；最後於 5.4 節提供可延伸的研究方向。

### 5.1 研究結論與管理意涵

本研究之兩階段配送模型可做為 B2C 電商發展自有配送系統之相對參考依據，基於訂單資料所計算的設施數量、位置與預測不同配送策略下的車輛數，可以做為 B2C 電商初步評估自建配送系統之參考，並根據本研究提供的配送方式組合中挑選出符合配送策略者，做為規劃自有系統的初探。

同時說明設施最長服務時間對於車輛數、旅行時間及延長配送時間之關係，設施最長服務時間上升，將會使得總旅行時間提升，而在本研究之訂單資料下對於車輛數並不會有影響，而相同設施最長服務時間下，延長路線(2)的配送時間將會使得車輛數下降、總旅行時間縮短，但有遲到率產生。

本研究為 B2C 電商深入掌握配送流程的初期規劃工具，提供車輛的上限值與可彈性調整的配送方案，為電商提供規劃配送模型的相關數據建議與組合，可由決策者自行代入其車輛成本與遲到懲罰值，權衡其發展策略與最佳的投資組合，提升於都會區的配送效率，擴大配送流程的競爭優勢。

### 5.2 研究貢獻

#### 1. 提出配送模式架構，做為 B2C 電商發展都會區配送模型的初期決策工具

本研究提出一套解決方案，考量發展配送模型中的三大問題：設施區位問題、區位指派問題及車輛途程問題，用以協助企業依其銷售狀況建置最佳的都會區配送系統，提供所需設施數量、設施位置與預測相關配送策略下的車輛數建議，並

列出主要可供決策參考之相關數據，如旅行時間及遲到率等，做為企業發展自有配送系統之初探。



## 2. 設計專注於時間導向的節省法

過去的節省法中，多數以最小成本(時間、距離)路徑為目標，在具有車輛容量或最長旅行時間(距離)的情況下求解，本研究結合實務現象將限制式合併修改為以時間為衡量指標之強調時效性的模型，並以循序法求解，可得最少車輛數與最短時間路徑之結果，同時提出非對稱與對稱行途程的求解方法，讓節省法可更快且合適的應用於此類型的問題。

## 5.3 研究限制

本研究所使用的估計訂單服務時間方法較適用於單一行政區內顧客點密集，即主幹距離較變動距離顯著時，估計服務時間較接近真實狀況，此外，行車速度若能隨配送時段調整，將會更進一步提升此模式的準確度。

模型中的相關假設亦是限制來源之一，本研究以行政區之重心代表該區所有顧客點與設施候選位置，未考量顧客實際散佈狀況與設施可設立之位置，亦不考慮設施流量與車輛實際容量限制，而假設車輛可服務需求區域下之所有顧客點與單一區域內僅能由一輛車服務，若能將相關假設納入模型中考量，可能使得車輛間更緊密的搭配與合作，增加配送效率，以期節省車輛數與貼近實際情形。

最後，本研究僅提供設施位置、設施數量、車輛數、車輛旅行時間與訂單遲到率等相關數據，考量企業實際取得成本有較大的變異與取得條件的不同，並未考慮實際成本，僅以相同條件下之計算結果進行比較，提供決策者不同方案的比較方式，仍需其加入相關成本項以做出最適之配送策略。



## 5.4 未來研究方向

為了利於模型之計算，以下針對本研究部分假設、估計方式與深入研究之方向加以探討：

1. 考慮切割區域訂單服務時間，若將區域所需的服務時間加以切割，使得車輛的可配送時間能夠更有效的利用，提升利用率的同時可能伴隨車輛數的減少，切割之方式與內容，可進一步加以探討其影響。
2. 於設施區位問題中，考量訂單對收益的貢獻程度及訂單間的距離，將更多實際因素納入模型中，能夠進一步探討更符合實際需求的設施位置，協助企業將訂單收益做為發展配送模型的因素之一。
3. 增加調整機制重新檢視設施數量與位置是否符合預期，兩階段模型求解後，可能需重新設施位置，使得整體求解結果較為一致，並嘗試從多組近似最佳解中求得較具代表性的解。
4. 嘗試將服務時間設計為隨機變數或是車輛數的函數，實際問題中經常因訂單需求的影響，造成無法於既定的時間內配達，且設計為車輛數的函數，則可以更加完整模擬實際配送的車輛需求。
5. 考量不同的訂單趨勢，可以嘗試不同的估計與計算方式，若未來訂單需求較為穩定，可改以每日訂單資料計算遲到率，再取一週的平均值。
6. 考量相關成本因素後建構最佳化模型，為了更準確協助企業決策，將相關成本因素如越庫中心的取得成本、人力成本與車輛固定、變動成本等加入考量，建構最佳化模型，發展利於決策者更精準選擇最佳配送模式及決定配送策略。

可根據 B2C 電商的發展策略調整設施規劃的方法，若覆蓋所有需求區域之成本較高時，可考慮以覆蓋某些比例之顧客群或專注於主要需求區域的服務策略，使得設施之位置與數量的更為彈性且符合實務所需。



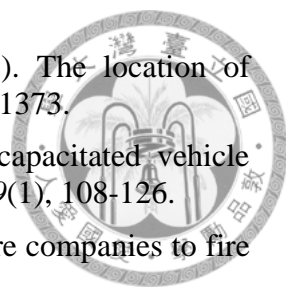
## 參考文獻



1. 李子路 (2011), 電子商務環境下生鮮農產品的家庭配送模式及配送模型研究, 重慶大學企業管理研究所碩士論文。
2. 谷口榮一、胡祥培、黃敏芳、李永先譯 (2011), 城市物流: 網路建模與智慧交通系統, 北京: 電子工業出版社。
3. 阮石磊 (2008), B2C 電子商務企業物流模式及車輛調度研究, 東北大學企業管理研究所碩士論文。
4. Altinel, İ. K., & Öncan, T. (2005). A new enhancement of the Clarke and Wright savings heuristic for the capacitated vehicle routing problem. *Journal of the Operational Research Society*, 56(8), 954-961.
5. Baker, E. K. (1981). Efficient heuristic algorithms for the weighted set covering problem. *Computers & Operations Research*, 8(4), 303-310.
6. Caprara, A., Toth, P., & Fischetti, M. (2000). Algorithms for the set covering problem. *Annals of Operations Research*, 98(4), 353-371.
7. Chopra, S. (2003). Designing the distribution network in a supply chain. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 39(2), 123-140.
8. Clarke, G. u., & Wright, J. (1964). Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. *Operations Research*, 12(4), 568-581.
9. Coppel, J. (2000). E-commerce: impacts and policy challenges, OECD Economic Outlook, No. 67, Organization for Economic Co-operation and Development, Paris, France.
10. Dantzig, G. B., & Ramser, J. H. (1959). The truck dispatching problem. *Management science*, 6(1), 80-91.
11. Daskin, M. S., & Stern, E. H. (1981). A hierarchical objective set covering model for emergency medical service vehicle deployment. *Transportation Science*, 15(2), 137-152.
12. Drezner, Z., & Hamacher, H. W. (2004). *Facility location: applications and theory*, New York: Springer.
13. eMarketer. (2013). *Global B2C Ecommerce Sales to Hit \$1.5 Trillion This Year Driven by Growth in Emerging Markets*, Retrieved Feb 3, 2014, <http://www.emarketer.com/Article/Global-B2C-Ecommerce-Sales-Hit-3615-Trillion-This-Year-Driven-by-Growth-Emerging-Markets/1010575/7>
14. Farahani, R. Z., Asgari, N., Heidari, N., Hosseini, M., & Goh, M. (2012). Covering problems in facility location: A review. *Computers & Industrial Engineering*, 62(1), 368-407.
15. Gaskell, T. (1967). Bases for vehicle fleet scheduling. *Operational Research*, 18(3), 281-295.
16. Hesse, M. (2008). *The city as a terminal: The urban context of logistics and freight transport*, Burlington, Vermont: Ashgate.
17. Jones Lang LaSalle (2013). *E-commerce boom triggers transformation in global*

*e-commerce and retail logistics*, Retrieved May 25, 2014, [http://www.jll.com/Research/eCommerce\\_boom\\_triggers\\_transformation\\_in\\_retail\\_logistics\\_whitepaper\\_Nov2013.pdf](http://www.jll.com/Research/eCommerce_boom_triggers_transformation_in_retail_logistics_whitepaper_Nov2013.pdf)

18. Kulkarni, R., & Bhave, P. R. (1985). Integer programming formulations of vehicle routing problems. *European Journal of Operational Research*, 20(1), 58-67.
19. Lan, G., DePuy, G. W., & Whitehouse, G. E. (2007). An effective and simple heuristic for the set covering problem. *European Journal of Operational Research*, 176(3), 1387-1403.
20. Laporte, G. (2009). Fifty years of vehicle routing. *Transportation Science*, 43(4), 408-416.
21. Lee, H. L., & Whang, S. (2001). Winning the last mile of e-commerce. *MIT Sloan Management Review*, 42(4), 54-62.
22. Love, R. F., Morris, J. J., & Wesolowsky, G. O. (1988). *Facilities location*, New York: North-Holland Amsterdam.
23. McDonald, J. (1972). Vehicle Scheduling- A case study. *Operational Research Quarterly*, 23(4), 433-444.
24. Miller, T. C. (2002). *Hierarchical operations and supply chain planning*, New York: Springer.
25. Miniéka, E. (1970). The m-center problem. *Siam Review*, 12(1), 138-139.
26. Nagy, G., & Salhi, S. (2007). Location-routing: Issues, models and methods. *European Journal of Operational Research*, 177(2), 649-672.
27. Nemoto, T., Visser, J., & Yoshimoto, R. (2001). The impact of e-commerce on transport, *OECD/ECMT Joint Seminar*, Organization for Economic Co-operation and Development, Paris, France.
28. Owen, S. H., & Daskin, M. S. (1998). Strategic facility location: A review. *European Journal of Operational Research*, 111(3), 423-447.
29. Paessens, H. (1988). The savings algorithm for the vehicle routing problem. *European Journal of Operational Research*, 34(3), 336-344.
30. Perl, J., & Daskin, M. S. (1985). A warehouse location-routing problem. *Transportation Research Part B: Methodological*, 19(5), 381-396.
31. Poot, A., Kant, G., & Wagelmans, A. P. M. (2002). A savings based method for real-life vehicle routing problems. *Journal of the Operational Research Society*, 53(1), 57-68.
32. Potvin, J., Lapalme, G., & Rousseau, J. (1989). A generalized k-opt exchange procedure for the MTSP. *INFOR*, 27(4), 474-481.
33. Pyke, D. F., Johnson, M. E., & Desmond, P. (2001). E-fulfillment. *Supply Chain Management Review*, 27.
34. Rand, G. K. (2009). The life and times of the savings method for vehicle routing problems. *ORiON: The Journal of ORSSA*, 25(2), 125-145.
35. Taniguchi, E., Fwa, T. F., & Thompson, R. G. (2013). *Urban transportation and logistics: health, safety, and security concerns*, Boca Raton: CRC Press.

- 
36. Toregas, C., Swain, R., ReVelle, C., & Bergman, L. (1971). The location of emergency service facilities. *Operations Research*, 19(6), 1363-1373.
  37. Vigo, D. (1996). A heuristic algorithm for the asymmetric capacitated vehicle routing problem. *European Journal of Operational Research*, 89(1), 108-126.
  38. Walker, W. (1974). Using the set-covering problem to assign fire companies to fire houses. *Operations Research*, 22(2), 275-277.
  39. Yellow, P. (1970). A computational modification to the savings method of vehicle scheduling. *Journal of the Operational Research Society*, 21(2), 281-283.