

國立成功大學

都市計劃學系研究所

碩士論文

探討多元大數據下的都市空間結構
－ 以臺北市為例

Exploring the Urban Spatial Structure Based on Multivariate Big Data :

A Case Study of Taipei City

研 究 生：顏郁慈

指導教授：鄭皓騰 博士

中 華 民 國 一 一 一 年 六 月

摘要

都市空間結構可以被視為活動、人類和都市資源的綜合相互作用，其功能分派及資源分布產生內部的旅次需求，而藉由對人口流動、活動強度的分析，即可產生由下而上描繪居民日常的空間結構。近年來國外有許多應用大數據進行都市空間結構之解析，且已建構其研究方法框架，惟國內研究仍處於初步階段。因此，本研究期望從居民感知角度的微觀層面來掌握具有共同特徵的生活單元，從時空維度揭示都市內的個體如何利用都市空間，加深對人群移動模式與都市空間結構間耦合關係的理解。

本研究提出一種基於多元大數據的都市空間結構識別分析架構，以臺北市為實證地區，首先透過 Infomap 網絡分析分析下透過公車刷卡資料探索在空間交互作用下的都市空間區劃，將具有緊密聯繫關係的地區視為一生活圈；並結合信令資料探索活動人口的強度變化，提取其時序性特徵並進行模糊集群分析，找尋具有相似功能屬性的地區進行空間結構的探索，最後透過國土利用調查進行驗證。而綜合流動人口結構特徵及活動人口時序變化，瞭解以大數據為基礎解析之都市空間結構。

根據研究成果，本研究依據平日及假日流量結構關係，將臺北市劃分為 9 個生活圈並判別定位，根據流量、中心度及空間交互作用等特徵將其分為核心生活圈、次生活圈及衛星生活圈，並描繪自微觀角度檢視之區域空間層次關係；另外，透過活動人口變化趨勢將臺北市的平日及假日分別區分出 4 種不同的都市土地功能分類，並在將都市功能分區對照至生活圈區劃後，得出基於大數據所檢視的臺北市都市空間結構。

本研究的重點在於體現了人類的旅次活動與都市空間結構的耦合關係，除了探討實證地區之都市空間結構外，並確立了一套基於大數據檢視地區空間結構的流程。在探索的過程中驗證基於使用者行為的空間區劃及定義具有準確性及其價值，所得出的結論對於後續通盤檢討計畫抑或是資源調派等政策實務運用，均可作為空間規劃之依歸。

關鍵字：都市空間結構、大數據、信令資料、IC 卡數據、生活圈、都市功能分類

目錄

第一章 緒論	1
第一節 研究動機與目的	1
第二節 研究範疇	4
第三節 名詞定義	5
第四節 研究流程	6
第二章 文獻回顧	7
第一節 都市空間結構與大數據	7
第二節 大數據與都市空間結構識別	13
第三章 研究設計	20
第一節 研究內容與方法	20
第二節 解析大數據為基礎的都市生活圈	23
第三節 瞭解多核心都市結構中的功能定位	32
第四節 研究資料	36
第四章 實證分析	39
第一節 臺北市空間結構特徵	39
第二節 公車刷卡資料作都市空間區劃	41
第三節 信令資料作都市功能分類	55
第四節 都市空間結構解析	74
第五章 結論與建議	81
第一節 結論	81
第二節 研究建議	83
參考文獻	84
附錄一 各種運具 IC 卡數據分群劃分結果	90
附錄二 國土利用調查系統對照本研究分類一覽表	91

表目錄

表 2-1 都市大數據優缺點比較表	12
表 2-2 大數據用於都空間結構研究彙整表	15
表 3-1 各種大眾運輸屬性比較表	24
表 3-2 FCM 模糊集群演算法步驟一覽表	34
表 3-3 IC 卡數據公車刷卡資料屬性說明表	37
表 3-4 手機信令資料屬性說明表	38
表 4-1 臺北市生活圈空間層次結構一覽表	46
表 4-2 活動人口與都市功能分類之間的 BMI 值	56
表 4-3 分群結果功能分類一覽表	67
表 4-4 平日分群結果檢測矩陣	69
表 4-5 假日分群結果檢測矩陣	69
表 4-6 都市土地功能分類一覽表	71
表 4-7 臺北市生活圈特性一覽表	78

圖目錄

圖 1-1 研究流程圖	6
圖 2-1 地理大數據與都市空間結構關係示意圖	10
圖 2-2 信令資料處理流程圖	11
圖 3-1 操作流程圖	21
圖 3-2 研究範圍示意圖	22
圖 3-3 臺北市公車路線圖	25
圖 3-4 臺北市公車路網程度中心度	25
圖 3-5 研究單元比較示意圖	26
圖 3-6 各時段流動人口網絡示意圖(平日)	28
圖 3-7 基於網絡流量密度的空間劃分示意圖	29
圖 3-8 各時段活動人口分布示意圖(平日)	33
圖 3-9 臺北市每月天氣圖	36
圖 3-10 臺灣新冠疫情每日確診人數趨勢圖	37
圖 4-1 國土利用調查示意圖	40
圖 4-2 國土利用調查住宅熱區圖	40
圖 4-3 國土利用調查商業熱區圖	40
圖 4-4 國土利用調查住商混合熱區圖	40
圖 4-5 平日流動人口空間網絡圖	42
圖 4-6 假日流動人口空間網絡圖	42
圖 4-7 平日及假日流動人口分時數量統計折線圖	42
圖 4-8 平日空間區劃分群示意圖	44
圖 4-9 假日空間區劃分群示意圖	44
圖 4-10 生活圈等級分布散點圖	45
圖 4-11 臺北市生活圈流量、程度中心度組合圖表	46
圖 4-12 平日及假日生活圈空間交互作用示意圖	48
圖 4-13 平日及假日區域空間層次結構圖	48
圖 4-14 平日流量及空間結構化分時變化圖	49
圖 4-15 平日晨峰通勤冷熱區分布圖	50
圖 4-16 平日昏峰通勤冷熱區分布圖	50
圖 4-17 假日流量及空間結構化分時變化圖	52
圖 4-18 假日晨峰通勤冷熱區分布圖	53

圖 4-19 假日昏峰通勤冷熱區分布圖	53
圖 4-20 活動人口與都市功能分類 Global Moran's I 散佈圖	57
圖 4-21 國土利用主要功能分類示意圖	59
圖 4-22 各功能分類日常規律示意圖	59
圖 4-23 平日第一階段集群分析	61
圖 4-24 平日第二階段集群分析 1	63
圖 4-25 平日第二階段集群分析 2	63
圖 4-26 假日第一階段集群分析	64
圖 4-27 假日第二階段集群分析 1	66
圖 4-28 假日第二階段集群分析 2	66
圖 4-29 平日集群分析結果示意圖	69
圖 4-30 假日集群分析結果示意圖	69
圖 4-31 平日各集群隸屬值盒鬚圖	70
圖 4-32 假日各集群隸屬值盒鬚圖	70
圖 4-33 平日各功能分類活動人口變化圖	72
圖 4-34 假日各功能分類活動人口變化圖	72
圖 4-35 平日都市土地功能分布圖	72
圖 4-36 假日都市土地功能分布圖	72
圖 4-37 平日與假日都市功能分類轉換示意圖	73
圖 4-38 臺北市平日生活圈及都市土地功能分布圖	74
圖 4-39 臺北市假日生活圈及都市土地功能分布圖	75
圖 4-40 臺北市平日都市空間結構	79
圖 4-41 臺北市假日都市空間結構	79

第一章 緒論

第一節 研究動機與目的

壹、研究背景與動機

都市空間結構是指由人、貨運、資金和資訊潛在相互作用所組成的一系列關係安排(Rodrigue et al., 2016)，涵蓋了形態與功能兩種維度的概念。而近年有關都市空間結構的研究除了傳統著重於都市形態的探索，也開始關注都市內部空間交互作用、活力分布等非物理環境的空間結構描述。複雜的流動數據代表著都市內部的聯繫模式，反映著居民的生活行為的於都市內的空間分布特性，因此得以同時辨識都市系統的動態結構。也就是說，都市的功能分派及資源分布產生內部的旅次需求，而藉由對人口流動、活動強度的分析，即可產生由下而上描繪居民日常生活的空間活動結構，並能夠適當的反映靜態物理環境和動態活動，由多元角度提供規劃者解讀都市的新觀點。

新型態大數據的普及使都市空間結構檢測的方法論在近十年有著顯著的進步並以逐漸成熟，不論是從信令資料、GPS 追蹤數據、IC 卡數據或是社交媒體數據(Point of Interest, PoI)等均可描述人口在都市空間中的動態分布，現今研究成果已發展成一套具代表性的檢測方式。然而隨著多元大數據的發展，不同資料集(Data Set)可根據其資料特性作更深入的探討，綜合利用以創造更符合實際活動下的都市空間結構劃分方法，IC 卡數據的交通工具租借紀錄即為一例(李子璋，2019)。以公車刷卡紀錄為例，作為居民重點使用之大眾運輸，服務範圍寬廣且班次密集，其所產生的大量旅次數據能夠使研究者在具有空間性的流量網絡中類比整個都市，以個人行為角度的基礎下，因此可用於識別複雜系統下都市活動的空間結構劃分。在所有大數據資料特性上，信令資料為另一對時間與空間維度上均有連續且覆蓋範圍廣泛之資料內容，透過個人於都市內活動的狀態可逆向推論區域功能定位(Tu et al., 2017)。若可運用多元大數據各自資料類型上的特性，更有助於瞭解都市內空間互動情況，對有助於相似功能定位的地區進行劃分。

都市的底層結構是由人、貨運、資金和資訊所決定，而人類作為物質的載體，推動著區域之間的物質、金錢和資訊的移轉流動(Zhong et al., 2014)，因此識別都市內人口流動方向與活動類別強度將有助於解析複雜而連續的空間結構(Ratti et al., 2006)。Watts 與 Strogatz 於 1998 年所提出的小世界理論為空間結構檢測的基礎，

小世界意旨於整體網絡中其部分內部關係相較外界親密的子區域，因此每個子區域的網絡結構本身比其他網絡有更強的鏈結。而運用於現代都市系統中即為「生活圈」的體現。利用網絡分析能夠探索空間結構中的子區域及這些子區域內的活動模式，進而瞭解都市生活圈之空間區劃及內部特徵。

目前為止，國外有許多應用大數據進行個體行為與都市空間的相關研究，據以提出了基於大數據應用的都市空間結構研究方法框架，因此對於資料應用以及方法論使用已逐漸發展具代表性的研究成果。同時，探討使用者行為對都市空間結構影響的研究上也呈現日益增加的趨勢(秦蕭等人，2013)。總體而言，現階段相關研究方向尤以辨識都市功能分區為規劃領域所關注的焦點，然而多透過都市人口、商業類型與用地等特徵藉以從掌握對宏觀層面都市空間上的功能，較少從居民感知角度的微觀層面來劃分具有共同特徵的都市生活單元。若能從時空維度揭示都市內的人們從事活動與行為，將能夠加深都市空間結構與人群移動模式間耦合關係的理解(楊喜平、方志祥，2018)，亦為現今以使用者行為導向解析都市空間結構與其功能分類研究上所面臨的挑戰。探索都市中生活圈的分布對於資源投入、社會公平和永續發展的規劃方式均有所助益，且相較行政區，基於多元大數據的空間結構檢測克服了行政單位組織統計數據的局限性，並產生更準確的新統計單位來描述人類活動的領域，能夠更適當的作為都市計畫通盤檢討用以梳理都市結構的空間分析單元。

綜上所述，都市空間結構為評價都市規劃效果的重要特徵，而如何運用更細緻的量化描述解析都市空間結構為當前重要議題，不僅可以幫助識別當前都市規劃存在的問題，更可作為未來的調整提供參考基礎。本研究以大數據識別空間結構的研究方法為基礎，進一步以多樣化的大數據對具有相似地理-時間流量模式的區域進行分類及定義，使用基於密度的集群分析方法探索複雜的都市系統。本研究以臺北市為實證地區，使用公車刷卡資料以及手機信令資料，建構以多元大數據資料辨識都市空間結構之研究架構下，以解析以使用者為導向之都市生活圈，以揭示都市中的各地區在現實中的功能定位。

貳、研究目的

一、解析大數據為基礎的都市空間區劃

都市空間結構可視為都市活動、資源和人們綜合相互作用的表徵，相較於過往都市形態著重人流的方向性及區域間互動的概念，轉而將都市視為一複雜系統下，以傳統分解空間聚合數據以探討都市空間活動。其中，人們因資源或活動相互作用下鏈結產生的拓撲結構正為近期都市系統研究所探討的重點之一，而新形態的大數據資料便提供了一個能夠基於人口流動檢測都市結構的方法。本研究透過實證解構都市系統，以作為瞭解居民生活模式的基礎，將一個龐大而複雜的都市劃分成一系列較小的社區或生活圈，每個地區都有相似的功能或特徵，有助於理解都市內的空間結構。如何劃定生活圈或進行社群檢測長期以來為相關研究的焦點，亦為都市規劃的重要基礎，而大數據的興起結合方法論的進步，可以提供一種與過往不同、更貼近真實分布的都市空間結構。對於掌握都市結構及分群系統可供規劃者做為決策參考，有利於支持都市永續性規劃並促進宜居性。

二、辨識多核心都市空間結構中的功能定位

不同生活圈通常包含不同種功能定位以支持多樣化的生活需求，且區域功能的實際分布不只由都市規劃者制定，而是隨著人們的活動演變，換言之都市功能的實際分布受到靜態環境因素和動態活動因素等多維度的影響。綜上所述，從大數據找尋日常規律，並歸納總結出生活圈功能定位對於理解都市系統的組織與生態至關重要。本研究期望透過都市大數據解析人口流動，並探索活動人口的變化去定義實證地區生活圈，不僅從本體論角度去探討何謂生活圈，亦能從方法論角度探索如何定義一個生活圈。

三、辨識使用者行為導向下之都市生活圈

瞭解人群移動的時空規律有助於從時空維度揭示都市內的個體如何利用都市空間，並能進一步挖掘人群在都市中活動的潛在動力，從而評價都市空間基礎設施建設的合理性，加深對人群移動模式與都市空間結構之間耦合關係的理解，對於都市規劃具重要意義。本研究透過解析都市空間結構，建立有利於後續規劃及分析之空間單元，並進一步比較與現行計畫之差異作為政策檢討基礎。此外，為瞭解實際使用與規劃成果間的差異，另以都市大數據為基礎所量測出的空間結構和土地使用分區進行關聯性分析，瞭解其相關程度的同時檢視不匹配地區的分布，並進一步探索其之間產生差異的原因，最終分析結果可作為政策方向或規劃方案之調整。

第二節 研究範疇

壹、研究對象

本研究對象為探討臺北市的都市空間結構，包含其功能及聯繫兩個面向。在功能方面，本研究以大數據為基礎解析都市中的功能分類屬性及其分布，而聯繫則是透過都市內的旅次流向，瞭解地區聯繫以定義其功能定位，並藉兩者綜合討論以得出實證地區之都市空間結構。

貳、研究型態

本研究以大數據作為解析都市空間結構的基礎。相關研究在台灣雖有數十年的脈絡，但以大數據為基礎在台灣仍為此類型之新型態研究，許多未知的可行性、可信度均有待商討，因此屬於探索型之研究。

參、研究時間

都市空間結構為一動態變化之系統，若想全面瞭解一個地區的都市空間結構，必須以多個時間橫斷面檢視並討論之。本研究在時間的選擇上以平日與假日為重要比較時段，進而檢視都市在平日與假日之間空間結構的轉換，包含了空間區劃是否有所差異，每個地區的功能屬性，是否在不同的時間段扮演不同功能定位。最後，考量天氣、疫情趨勢等因素下，選擇 2020 年 11 月作為研究時間，信令資料礙於資料取得，僅能各以一天代表平日及假日，分別為 2020 年 11 月 17 日(二)及 2020 年 11 月 21 日(六)；而 IC 卡數據同樣以 11 月作為研究時間，週二至週四代表平日，週六及週日代表假日，篩選 4 週之數據進行操作。

肆、研究空間

為體現以大數據為基礎之空間結構辨識成效，除了應選擇都市機能多元混合外，亦同時具備單日活動人口變化明顯的特性，以利於透過觀察其增減趨勢判斷都市空間結構，故本研究選擇以臺北市作為研究地區。

第三節 名詞定義

壹、都市空間結構

都市空間結構是指在都市演化的過程中，都市內的各種要素透過其內在機制，包含與人、物質、資訊等地相互作用，進而表現出的空間型態，並且在多元且多變的都市活動下被視為一個複雜的動態系統。就最初的定義上，可以理解為人類的活動定義了都市空間的使用和資源的安排，因此以人作為物質載體，推動著都市空間區域之間的物質、金錢、人員和資訊的傳遞。本研究以旅次作為空間互動的代表，活動人口作為地區功能的體現，從功能及聯繫兩個面向綜合解析都市空間結構。

貳、都市大數據

都市大數據(Urban Big Data)泛指能通過分析個體軌跡、社會聯繫和感知，得以量化都市中人類行為模式的資料，並意指在都市環境中由各種基礎設施、組織和個體生成的大型動態、靜態資料集。都市大數據可以傳達都市中的某種現象，包含物理元素(建築物、路網、環境)、人(分布和特徵行為)及其關係(文化、公共秩序)等(Wang & Hess, 2021)，並利用人們活動的時間變化來體現一個地方的屬性，相關的資料集如信令資料、IC 卡數據、興趣點(Point of Interesting, PoI)等。

參、生活圈

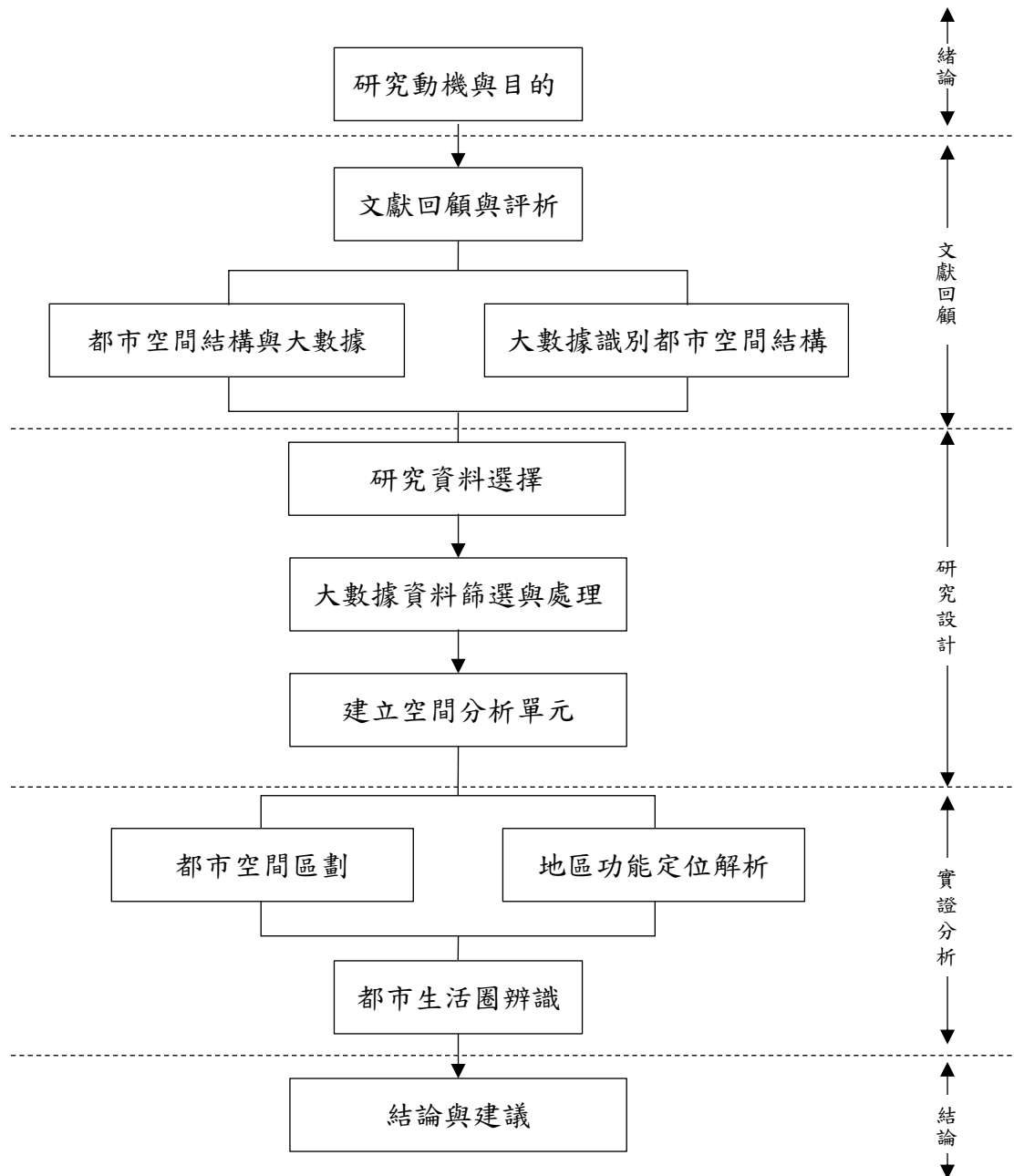
生活圈是指根據居民日常生活所涉及的區域，中心地區和周邊區域之間依照自我發展意志、締結協定形成的圈域。而其內部各項建設及活動均以地區合作為基礎，並能夠滿足居民日常之生活所需。除此之外，生活圈又可分為巨觀層面及微觀層面的意義，於巨觀層面，生活圈意旨包含有工作、住宅機能等居住-就業平衡之地區，而微觀層面則為以住宅為中心步行可及之周遭，又稱為鄰里生活圈。而本研究著重描繪臺北市之都市空間結構，所提及之生活圈為自巨觀層面之解釋，規模界於一至兩個行政區之間，其尺度相對後者有利後續空間結構之討論。

肆、都市功能分類

都市功能分類為地區居民如何「使用」一個地區，從日常活動以理解地區的功能定位，與土地使用具有類似的性質。然而現階段台灣之土地利用受限於台灣國土利用調查系統，分類相對於實際之功能無較貼切之描述，如商業使用又包含了商辦與零售等，故本研究以「都市功能分類」為地區屬性分類之代名詞，用於後續探討各種「使用」下的都市土地特徵。

第四節 研究流程

本研究依序分為五大部分，包含緒論、文獻回顧、研究設計、實證分析、結論與建議，在緒論後依研究背景進行都市空間結構、都市大數據等面向之文獻回顧，並根據回顧結果產出研究設計，最後進行相關研究後根據實證分析提出結論與建議。流程如圖 1-1 所示：



第二章 文獻回顧

第一節 都市空間結構與大數據

壹、都市空間結構定義與重要性

都市空間結構是指在都市演化的過程中，都市內的各種要素透過其內在機制，包含與人、物質、資訊等地相互作用，進而表現出的空間型態。因此其相對於都市形態，是指由人、貨運、物質和資訊潛在相互作用所組成的一系列關係安排(Rodrigue et al., 2016)，而瞭解它對於有效管理和規劃皆至關重要。規劃者提出都市空間的配置方案，然而都市空間和流動模式存在內在聯繫，而都市空間受都市流動的影響產生反作用，也就是說都市空間及其內部功能首先由政府規劃界定，然後通過都市空間使用者的實際需求進行重塑(Zhong et al., 2014)，故從空間結構上合理的釐清地理邊界對於理解與人類活動有關的各種現象、公共資源的配置和都市空間利用具有極其重要的意義。

區域邊界劃分往往受到社會、政治、經濟和文化特徵相互作用的影響(Newman, 2006)，因此能夠良好的解釋地區間的差異並作為規劃分析之基礎，然而現有行政區或最小統計區之設計是以便利行政管理為原則，其劃分標準係利用道路、門牌等對位功能產生地區劃分效果，對於瞭解地區人口特性或功能定位等規劃分析基礎較無助益；並且現有的行政邊界多在幾十年前即確立，當時的居民流動受限於交通工具發展，多為地方性互動；而歷經幾十年的都市化及科技進步，都市開始朝向多核心發展，人類的交流和流動結構也發生了很大的變化，高效的通信網絡、社交網絡及大規模的交通系統使都市內的個體產生了高度複雜的連接模式，並於時間維度上產生動態性的結構變化。因此，儘管地理鄰近性仍然主導著人類活動，但增加長距離及跨越文化和政治邊界的互動會放大小世界效應，並降低本地互動的相對重要性(Thiemann et al., 2010)。綜上所述，空間結構為都市的基本特徵，並為都市功能之基礎，兩者相互有著顯著的影響，因此在檢視都市功能分區的時候，除了跳脫行政區劃的框架之外，應以都市整體空間結構的基礎進行一體化的分析，瞭解都市內部在時間維度上更具動態性的空間結構，以作為都市規劃和管理之基礎。

另一方面，若都市空間結構為都市內個體的流動與空間相互影響的一種關係，那人類的流動和變化趨勢則提供一種逆向瞭解都市空間結構的契機；而人類的活動性是高度可預測的，並且在同一都市空間結構下個體流動的集體動態亦具有強烈的

時空格局，這代表著都市內的每個地區都有特定的時空人口變化(Liu et al., 2016)。在時間維度下，特定的人口流動或數量變化顯示居民與該地點的互動，透過進一步分析即可瞭解該地區於整體都市中的功能定位，如市中心、商辦或市郊住宅區等。因此，都市空間結構因為能夠準確的描述地區特性，已被廣泛利用於協助市政規劃以作為規劃或資源分配的基礎，相關研究運用如：Kong 等(2019)以人口流動矩陣推導出都市實際的功能分布，並用做識別 TOD 下的潛力發展地區之基礎，為政府制定公共政策與設定資源投入的政策支持；De Montis 等人(2013)利用通勤矩陣進行社區檢測，以基於實際流動狀態的子區域作為規劃基礎改善通勤系統；Liu 等(2012)探索計程車上下車數據中的規律，並揭示其與土地利用變化的關聯性。總而言之，眾多研究均表明識別都市空間結構作為規劃領域基礎或政策檢討來源有實質助益。

貳、都市空間結構研究脈絡

檢測都市空間結構的方法有許多種，而方法論上的差異來自於本體論的多元角度，不同流派對於如何定義一個「區域」的意涵有相異的解釋：地理學著重尋找一種系統性的都市分類系統，認為都市可以劃分成數個均質的區域以作為觀察都市活動的媒介，之過程稱為「區域化」。此類研究脈絡最早可追溯至 Shevky 和 Bell(1955)以社會地位、家庭經濟條件和種族地位等社經數據解釋都市的社會結構，而後續許多相關學者設計了不同的檢測方法來定義一種客觀的、可複製的區域集群(Poorthuis, 2018)，並針對不同研究目的以某項特徵值進行集群分析。上述基於一組特定變量將相似性質的地區劃分為同一區域的方法為地理學中社群檢測的源頭。

於社會學中，基於鄰里社會學的角度重新解釋何謂社區，打破過往研究對於地域限制的分析方法，著重社會互動帶來的空間劃分結果，因此以網絡分析作為區域劃分之基礎，如 John R. Hipp 等人(2012)以社會聯繫來建構都市生活圈，此類基於社會聯繫所作的區域劃分重點之一在於辨識都市功能區域，因而從都市個體間的互動中進行空間性分析。分析結果可將描述為「互動強度高的區域可能在某些性質上是相似因而擁有較強的鏈結，又或者這些區域特質可能呈現相反的結果，因使功能性上產生互補的作用」。在社會科學中此研究操作過程稱為「社群檢測」，是一種結合網絡分析和鄰域分析的綜合性方法。

綜上所述，空間結構研究從最早期對具有相似屬性的地理區域進行集群分析，轉而加入社會學的概念，關注這些區域之間的空間和功能相互作用，但其實沒有任何一種方法為定義都市結構的最佳解釋，每一種空間結構的解釋方法都只是其中一種表徵方式(Grigg, 1965)，應根據不同的學術目的或研究背景使用適當的劃分方法，

以作為評估都市空間結構的基礎。另一方面，長期以來學者已習慣使用「社區」的概念來表示區域中的子結構，並以其作為研究的空間單元。研究內容從最初探索型的嘗試，至不同本體論流派討論各類特徵值為基礎的都市空間解構方法，後而開始就方法論的合理性及代表性作比較討論。現階段研究上則以上述研究成果為基礎下加入功能性的表徵，轉而著重空間交互作用，再由空間單元定義的子結構上加入屬性特徵，對於都市空間的詮釋有了更全面的檢視角度。而本研究則將立基於過往研究的基礎上，針對實證地區作空間分析並進一步探討功能表徵。

總體而言，都市空間結構立基於都市內部的活動強度與流動方向，因此與人類的移動軌跡密切相關，而個體行為及其時空變化作為都市研究的重要基礎，相關學者開始以人類的旅運行為資料研究都市空間結構。回顧研究脈絡，傳統研究主要強調靜態空間數據，忽略了時間維度的變化、動態彈性、碎片化和相互重疊，尤其探討都市規劃議題下其缺點將更加突出。再者，傳統研究中的時間數據通常以一年為尺度進行描繪和分析(如人口普查數據等)，導致精準度相對較低，並多以抽樣家庭訪查作為資訊蒐集方式，此種傳統資訊蒐集方式耗時費力，並且對於抽樣訪談之代表性多有議論。

新型態大數據其龐大的規模和即時的資訊蒐集能力，為空間、時間和個體屬性數據的精緻化提供了機會，各類旅運軌跡數據逐漸的替代傳統旅運矩陣之功能，再加上計算分析能力的提升，這種對空間、時間和個體屬性擁有更精確資訊的資料集成為當前規劃領域的重點資料和研究方向，也因此越來越多研究以個體旅運活動的時空分布解釋都市環境的功能區域，如信令資料(Pei et al., 2014; Yu et al., 2020)、GPS 軌跡(Guande et al.; Liu et al., 2021; Liu, Kang, et al., 2012)、PoI 興趣點 (Liu et al., 2014; 施歌 et al., 2018)等大數據都被用來研究都市內的不同功能區域。此類基於移動定位的系統動態研究與傳統數據相比，移動定位數據可以提供更準確、更豐富的個體資訊，並從更接近母體之研究標的進行相關分析。因此，大數據用於都市空間結構劃分已被廣泛使用於相關研究，透過個體日常運動來反映都市空間結構，能夠更快速、準確的探索複雜的都市系統。

參、都市大數據(Urban Big Data)之特性

梳理都市空間結構研究脈絡下，大數據現今已成為檢測都市空間結構的重點研究內容，在人類感知數據豐富的時代，充足的資訊使研究能夠量化都市中的人類行為模式。通過分析個體軌跡、社會聯繫和感知，得以進一步檢測都市或區域的空間結構(Liu et al., 2015)，而此類資料集於學術上通常稱為「都市大數據(Urban Big Data)」。

然而「都市大數據」於學界的定義尚未達成清楚的共識，但通常意指在都市環境中由各種基礎設施、組織和個體生成的大型動態、靜態資料集，其可以傳達都市中的某種現象，包含物理元素(建築物、路網、環境)、人(分布和特徵行為)及其關係(文化、公共秩序)等(Wang & Hess, 2021)，利用人們活動的時間變化來體現一個地方的屬性，其分析重點在於提取資料集中空間的相互作用，而其研究內容能夠涵蓋都市的空間組織、社會文化、旅遊行為、企業經濟及物流交通等多個方面。

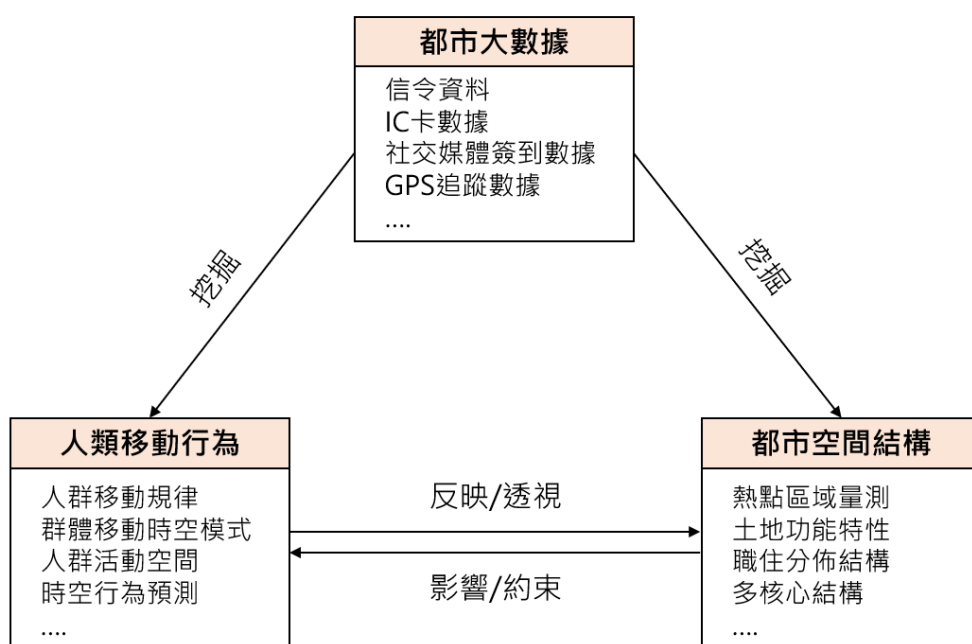


圖 2-1 地理大數據與都市空間結構關係示意圖

資料來源：重繪自楊喜平與方志祥(2018)

信令資料(Signal Data)為電信網路用於傳送控制信號與運作之系統，因電路控制需時刻進行，因此可以針對個體行動裝置活動，包含通話、通信、3G/4G 網路等進行追蹤。透過行動裝置回傳的信號資料與電信基地台間的相對關係，界定該信號用戶所在位置(或所屬基站服務範圍)，並利用訊號於基站與基站間之移動距離、時間、速度等資訊，得知用戶於特定時間下的移動行為與軌跡(周易陵等人，2020)，因此常用於判別地區活動人口強度變化等相關研究。隨著手機普及逐年隨之提升，有別於具有潛在抽樣偏差的社交媒體數據，信令資料的獨特之處在於其普遍的規模，以及縱向和個體微觀層面的細節，為所有大數據中最具規模及代表性之資料，其分析流程圖如圖 2-2 所示。

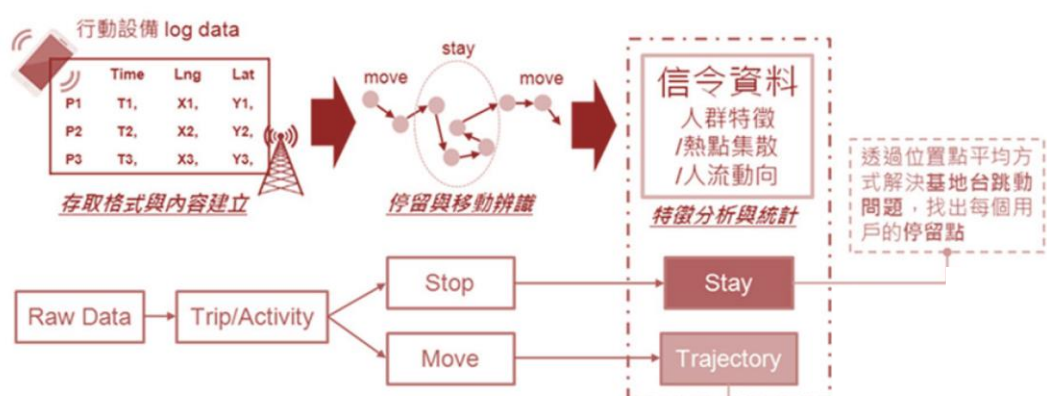


圖 2-2 信令資料處理流程圖

資料來源：手機信令應用於捷運路網規劃(周易陵等人，2020)

IC 卡數據為居民使用大眾運輸或共享運具之刷卡資料，在都市中，大眾運輸及共享運具包辦了多數居民之旅運活動，而進出捷運站、上下公車或借還共享運具所刷卡交易的資訊便記錄了大量的旅運行為數據，包含用戶的上下(借還)車時間與地點、類型與費用等，故從 IC 卡數據能反映都市內個體的旅次需求。由於 IC 卡數據所提供之移動資訊依循大眾運輸場站或共享運具站樁，無法取得個體之完整移動路徑，但從刷卡紀錄之上下車站點、亦可建構用戶旅運的起迄點矩陣，加上 IC 卡數據可提供部分個體訊息，用於分類研究旅運行為或瞭解特殊性質之都市流動皆具有良好的效果。

隨著大數據應用於都市系統的研究越來越多，其研究理念、方法和技術也逐漸的系統化，都市大數據可以作為確認都市空間結構下區域功能定位及分區邊界之來源。數據的興起促進了從社會經濟活動來檢視都市邊界和功能分區，逐漸取代過去研究透過實地調查土地利用來獲得相關資訊的方式，提供逆向瞭解土地利用的機會，對於規劃分析或政策檢討更具實質意義。有關都市大數據的各項資料特性彙整於表 2-1。

表 2-1 都市大數據優缺點比較表

	信令資料	IC 卡數據
資料來源	手機訊號蒐集	- 捷運進、出站刷卡數據 - 公車上、下車刷卡數據 - 共享運具借、還車刷卡數據
資料內容	單一網格於不同時間段點之人流總數	每筆刷卡數據之上、下(借、還)車時間與地點、卡片類別
優點	- 高時空精度 - 無須額外的設備 - 大規模覆蓋產生大樣本量 - 可獲得整體行程 - 可獲得精確的旅次起迄點	- 資料一致性高 - 資料取得較容易 - 資料處理過程較簡易 - 可獲得個體初階屬性類別
缺點	- 礙於個資無法獲取確切個體屬性資料，但能獲得總體 - 郊區容易因訊號不穩定而產生較大的誤差 - 資料處理過程繁複	- 樣本量較小 - 實際就業安置地與站點之間的偏差 - 無法獲得整體旅運軌跡 - 未能包含個人詳細資訊

資料來源：整理自 Hao et al. (2015)

綜上所述，新的 ICT 和數據蒐集技術的發展引導運用大數據進行都市空間研究，為規劃者和政策制定者提供了大量資料集以掌握並得以釐清都市現象，並加深對個體於空間中活動反饋的認識。具體而言，技術上的進步帶動學術的進程，大數據的出現使傳統領域研究獲得新的推進，而該資料集不僅可以提高傳統空間規劃的精確性和針對性，還具有以縱觀角度檢視都市活動能力，同時可以為後續的動態研究或追蹤提供支持。

第二節 大數據與都市空間結構識別

壹、資料運用及研究方法

傳統都市結構研究主要基於定性方法，如圖像解釋、土地利用調查以及問卷調查，後來逐漸引入一些定量分析，如 GIS 空間分析、空間型構法則和網絡分析，而使用的數據礙於資料限制大多是靜態的。在嚴重都市化的背景下，多核心結構導致人類活動的複雜性重新定義了都市空間的使用與資源的配置，而人類作為物質的載體，推動著區域之間的物質、金錢和資訊的移轉流動(Zhong et al., 2014)，因此識別都市中的人口流動方向、活動類別強度有助於解析複雜連續的空間結構。承接前一章節所述，都市大數據為能夠完整呈現人口流動、分布的新形態資料，近十年之研究已嘗試各種方法論，並經過反覆試驗發展出一套適合各資料特性的發展方法，並在當前的文獻中依資料特性可分為兩種不同的應用方法，一是基於人口分布強度變化的時空動態結構，二是基於人口流動下空間交互作用所產生的空間結構，以下分別進行說明，而相關的代表性研究整理如表 2-2 大數據用於都市空間結構研究彙整表所示：

一、基於人口分布的面域資料應用

面域資料可產生基於人口分布強度變化的時空動態結構，由於其資料型態為一連續且覆蓋範圍廣的面資料(如信令資料)，相較線資料擁有更高、更穩定的時間粒度，以及更精細的空間分辨率，因此用於都市空間相關的研究面向，在區域劃分時針對邊界的處理能夠產生較細緻的結果，並在基於密度或特徵值的空間結構判斷上擁有較合適的資料性質；在功能定義時，因為其擁有較普及的資料蒐集方式，可以從整體性的分布及變化判別出具時間及空間意義的功能分區。然而，面域資料雖在反映總量方面具有一定的優勢，但也忽略了空間中的流動關係，其於空間維度上的呈現不具方向性，因此在識別空間結構的過程中僅能由強度的變化找尋日常規律，無法探討空間的交互作用，導致分析結果存在一定的偏差。

面域資料應用於都市空間結構常見的研究方法為集群分析，其為大數據資料集中主要的挖掘方法之一，原理為根據資料單元的特徵相似性對大型數據進行有意義的分組，由於這類方法沒有事先針對資料集的先備知識，因此又被稱為無監督式學習。其中，常見的分析方法包含 K-means、C-means、DBSCAN 等，其操作方式為依據樣本之間共同屬性，將比較相似的樣本聚集在一起，形成集群(cluster)。通常以距離作為分類的依據，相對距離愈近，相似程度愈高，分群之後可以使得群內差

異小、群間差異大。於都市功能定義上，可能以行政區、網格、最小統計區等面域形式表徵都市特性，因此將其視為面域資料應用集群分析方法於都市功能定義上，透過各種都市空間特徵、數量等資料的分類過程，將具有類似特性之時空資料作集群分類，而產生的空間分布容易將都市空間劃分為相對一致的區域類型，在空間結構中的功能定義則可產生最貼近現實之功能分區。

二、基於人口流動的線資料應用

隨著都市高度一體化的發展，越來越多研究著重以空間流動去解釋都市的結構，並將整體都市系統視為一複雜網絡。而基於「聯繫」的都市大數據則為用於研究空間交互作用的重要資料，包含各種交通聯繫(捷運上下車矩陣、計程車 GPS 追蹤數據、共享運具借還站 OD 矩陣等)、手機通訊紀錄、社群網站社會聯繫等等，可以反映地區之間人員、貨物、資金或資訊的流動。而將此類都市大數據應用於空間結構的分析，代表對於都市特徵的解釋能力可以從個體層面的空間流動描述都市的區域狀態，並以縱觀角度展示區域空間結構和交互關係。

用於都市空間結構的分析上，等同於將都市視為一複雜網絡系統，其中的子區域由一些具有密切聯繫的節點組成，擁有密切聯繫的區域可能因其相似性質被劃分為同一區域，因此常用的分析方法與點資料相同，同樣以基於密度的集群分析來檢視空間結構中的社群檢測。面與線資料兩者間的差異在於基於面資料的密度定義在於鄰近性及特徵值相似性，線狀資料則是在於檢視結構中鏈結(聯繫)的密集程度，並將整個網絡依據聯繫的密切程度劃分為幾個子網絡，進而得到具有強烈凝聚力(空間交互作用)之社區。基於線性資料的空間結構檢測方法有許多種，例如 Walktrap(Deitrick et al., 2013)、最佳模矩化(Newman & Girvan, 2004)、Infomap(Yang et al., 2018)等，而 Fortunato(2010)比較了 12 種不同考量流動網絡的社群檢測方法性能，研究發現 Infomap 在檢測加權和定向網絡方面表現出更好的性能，並可區分出更為精準、細緻的子區域。另外，亦有研究利用線資料的社區檢測方法來理解功能關係，但由於線資料僅能代表某個面向的功能聯繫，對於解釋區域功能的合理性及適當性較為不足，但若作為單一功能面向的空間解構則可有較好的發揮。

表 2-2 大數據用於都空間結構研究彙整表

研究面向	研究內容	大數據類型	研究方法	作者	年份
人口分布熱點	以信令資料推估人口分布，並進行基於地理空間上的分類以了解人口流動的潛力	信令資料	趨勢分析	Chaogui Kang, Yu Liu, Xiujun Ma & Lun Wu	2012
	以交通分區處理手機訊號，產生以其為基礎之分析單元，並探索人口的分布特徵	信令資料	迴歸分析	冉斌	2013
都市動態時空結構	以主成份分析手機數據，從時空為杜探索都市動態結構，並探索其中的規律或原則	信令資料	主成份分析	J.B.Sun, J.Yuan, Y.Wang, H.B.Si & X.M.Shan	2011
	以地鐵的進出站數據分析都市的動態旅運結構，並與車站周圍的土地用途關聯，以找不同地區的特定時空模式	IC 卡數據	趨勢分析	Yongxi Gong, Yu Liu, Yaoyu Lin, Jian Yang, Zhongyuan Duan, Guicai Li	2012
	透過個體的日常旅運尋找都市中的中心和邊界，進而檢測不同類型的都市形態是否能作為一個新的集群	IC 卡數據	隨機遊走	Chen Zhong, Stefan Müller Arisona, Xianfeng Huang, Michael Batty & Gerhard Schmitt	2014
人口流動模式 (旅次活動)	分析 IC 卡數據所提供之旅次活動，了解居民日常活動模式的動態規律	IC 卡數據	趨勢分析	Liang Liu, Anyang Hou, Assaf Biderman, Carlo Ratti & Jun Chen	2009
	探索手機的使用與旅運行為指標間的關聯，並研究個體屬性、建築環境特徵等如何影響旅次活動	信令資料	迴歸分析	Yihong Yuan, Martin Raubal, Yu Liu	2012

研究面向	研究內容	大數據類型	研究方法	作者	年份
	以小客車 GPS 追蹤數據建構人類移動軌跡並以網絡系統表示，從中提取相關集群，並針對 MAUP 找到與現有行政區匹配的檢測方式	GPS 追蹤數據	Infomap	Salvatore Rinzivillo, Simone Mainardi, Fabio Pezzoni, Michele Coscia, Dino Pedreschi & Fosca Giannotti	2012
	提出一種以手機數據識別居住地與工作地的研究方法，並進一步探索不同地區的通勤特徵	信令資料	迴歸分析	Xu Ning, Yin Ling & Hu Jinxing	2014
	進行計程車上、下車地點、時間及位置的定量分析，對都市進行平日及假日的功能分區，並預測區域客流量	GPS 追蹤數據	高斯過程迴歸	Xiangjie Kong, Feng Xia, Jinzhong Wang, Azizur Rahim & Sajal K. Das	2017
社區結構劃分	視覺化都市中的自行車旅次，將其分為平日與假日生成流量網絡，以透明度作為權重變量創造一種視覺語法	IC 卡數據	可視化分析	Martin Zaltz Austwick, Oliver O'Brien, Emanuele Strano, Matheus Viana	2013
	以計程車旅次構建了空間嵌入網絡來模擬都市內的空間交互作用，並以網絡分析方法揭示子區域結構，同時使用幾種網絡度量來檢查子區域的屬性	GPS 追蹤數據	Infomap 趨勢分析	Xi Liu, Li Gong, Yongxi Gong & Yu Liu	2015
	以信令資料了解人類上下班通勤所產生的空間結構特徵，並提出了一個框架從通勤網絡中檢測社區結構	信令資料	Infomap	Xiping Yang, Zhixiang Fang, Ling Yin, Junyi Li, Yang Zhou & Shiwei Lu	2018
	以信令資料作為時空交互數據基礎，採用基於 Newman-Girvan 的模塊度識別都市中集群的交互模式	信令資料	模塊度檢測	Song Gao, Yu Liu, Yaoli Wang, Xiujuan Ma	2013

研究面向	研究內容	大數據類型	研究方法	作者	年份
都市功能 定義	以信令資料的分時數據進行集群分析及密度分類，確定都市之核心等級及功能，並比較區域的辦公區與休閒區功能組合程度。	信令資料	趨勢分析	Niu Xinyi, Ding Liang, Song Xiaodong	2015
	以信令資料量測人口的時空分布，並以其於時間、空間維度上的動態分布找尋規律，作為功能分區之參考	信令資料	趨勢分析	Martin ŠVEDA, Michala SLÁDEKOVÁ MADAJOVÁ, Peter BARLÍK, František KRIŽAN & Pavel ŠUŠKA	2020
	以信令資料的人口分布測量都市活力，並以其定量研究探索都市活動與空間結構間的映射關係	信令資料	馬爾可夫網絡 (RNN)	Shaojun Liu, Ling Zhang, Yi Long, Yao Long & Mianhao Xu	2020

針對過往大數據用於都市空間結構的文獻彙整，顯見各類資料集已發展出合適的研究方向及議題，針對不同資料屬性用於都市空間結構的檢測已成為一有系統之架構。以點資料為例，由於其時間、空間維度覆蓋範圍廣，為都市空間結構邊緣劃分常用的依據，並且由於其普及率高、解釋面向廣，對於功能結構的定義亦可從縱觀角度客觀描述，而缺點則為點資料缺乏描述空間互動作用之特性，用於空間結構的判斷仍無法全面的描述複雜的都市系統；線狀資料集則具方向性，能夠較好的顯示空間交互作用，但資料來源僅限於某一面向之聯繫作用，用於區域劃分雖有較好的解釋能力，但對於功能定義則缺乏客觀的測量方法。

貳、都市空間結構檢測方法

過往對於都市空間的解構，多分為核心的定義與邊界的劃分，並在透過前述兩個步驟釐清複雜網絡空間的劃分後，根據其屬性定位予以功能的定義，藉此瞭解多核心的都市空間結構。綜上所述，以下將分為(1)空間劃分及(2)功能定義兩個辨識都市空間結構的步驟做文獻回顧：

一、都市總體空間劃分

總體空間結構的釐清可以協助我們解析複雜網絡中的資訊，其相對行政區的定義，以真實世界中的某項特徵值進行集群的分析，產生更貼近大眾日常的「地區」。根據個別模型所識別的空間結構，不同方法論的定義其實隱含著各自表率不同本體論的概念，但其共同的意義皆為產生組間差異最大、組內差異最小的組織分群。

傳統上，空間的劃分能夠分為許多基於不同劃分屬性的計算模型，根據方法論及數據取得的進步，從最初基於距離計算的近鄰集群分析，至中期基於網絡拓撲結構的網絡分析等，到近期不同流派各自以不同觀點對都市進行有條件的空間劃分；相關研究包含龍瀛等人(2012)利用 IC 卡數據分析北京的旅次活動，配合土地利用的調查將北京分為三種典型的居住社區和五種不同類型的商業區；Liu Xi 等人(2015)利用計程車的 GPS 追蹤數具揭示都市中的旅運模式，並以此顯示都市內部的內在聯繫模式，以不同長度的旅次將都市分為兩級多中心結構，並對子網絡結構(生活圈)進行更進一步的探索表明。

二、都市功能定義

除了總體空間結構的劃分與解釋，都市功能分區亦為都市空間結構的重要組成部分，並為實現都市功能之載體。都市功能劃分為對整體空間結構產生進一步解釋之步驟，有如傳統的規劃領域中根據區域主要土地利用類型來進行功能解釋，

需要有清晰的邊界、簡單的概念去直接陳述區域內的複雜特徵，而猶如流動性、模糊性或時空變化等特性即難以如此呈現。綜上所述，單一的土地利用分類難以反映實際情況和滿足規劃需求，而基於人口流動、分布的都市大數據則剛好相反，其不僅是根據物理環境的空間型態來確定功能劃分，進而以時間上的結構性變化去識別個體的感知、活動頻率、停留時間等，在確定功能劃分上透過歸納、彙整等機器學習進行辨識，以定量分析解釋都市空間結構。相關文獻則包含 Niu Xinyi 等人(2015)以核密度分析信令資料確定都市的功能分區，透過計算平日 10:00 和 23:00 以及週末 15:00 和 23:00 的多日平均用戶密度，確定了上海市中心的等級和功能，並指認上海市中心的通勤圈邊界；Tao Pei 等人(2014)用信令資料的集群分析來表徵土地利用類型；Martin ŠVEDA 等人(2020)信令資料檢視個體存在都市空間的時空分布差異，透過資料分析探索某些特定活動，進而使用網絡分析單元的時空變化對都市空間進行分類，確定都市的六種功能分區。

參、綜合評析

根據前兩部分有關空間結構的文獻回顧所述，不論是資料選擇或方法論的使用，在近十年的研究中已逐漸歸納出一套較系統性的檢測方法，但過往的研究多以單一項資料貫穿整個研究，鮮少聚焦於不同資料特性所延伸的意義，如基於計程車旅運數據(線資料)所研究的都市空間結構，以 OD 矩陣作為空間劃分的來源，並同時以上下車的時空分布作為功能定義的依據，在判斷都市系統功能上資料詮釋能力較為不足，有失代表性；以點資料劃分的空間結構則忽略空間的互動性，雖然對於都市功能有良好的解釋，但在劃分都市地區時因無考慮互動所以解釋力不足。因此，在解讀空間結構時，應考量其具有強度(點)、方向性(線)的綜合考量，才得以較全面的解釋都市空間結構(面)的意義。

第三章 研究設計

第一節 研究內容與方法

壹、操作架構與概念

本研究共有三項主要內容：其一，為以 IC 卡數據作為分析來源，探索臺北市的都市空間結構並劃定都市生活圈，以流動的方向性判別空間結構及進行區域劃分；其二，為使用信令數據探討活動強度的時空分布下解析地區的功能定義，藉以此動態變化分析居民日常生活結構，作為功能定義的基礎。最後，自微觀層面角度界定都市空間結構中的生活圈區劃及功能地位。以下將分項詳述，詳細操作流程圖則如圖 1-1 所示。

一、透過檢測多樣的都市大數據為以辨識的都市空間結構及定位

傳統上都市空間結構所解釋的面向多為土地利用的空間區位及佈局，然而 (Batty, 2013) 提出都市系統應被視為「網絡和流動的系統」，而後續相關研究也陸續認同將都市系統視為動態的網絡空間結構，以「自下而上」的切入觀察都市空間。為瞭解以微觀角度出發之都市空間結構，本研究提出了一種基於大眾運輸旅次的空間網絡分析方法，假設「具以強烈相互作用的節點將會形成一個內部交流強烈的區域(即社區或生活圈)」下，運用 Infomap 再檢測加權和定向網絡區分出更為精準、細緻的子區域。

二、解析多核心都市空間結構的功能定位

都市功能分類即為人類對於某塊土地的利用內容，因此不同的功能屬性使地區產生相對應的活動，進而造成活動人口變化的日常規律，近期相關研究企圖以手機數據中推導出居民的活動，進而檢測出不同土地利用類型的功能屬性。本研究使用手機數據檢索土地利用可以分為兩個階段：第一階段將地區的活動人口變化趨勢進行分群以瞭解地區的各類活動人口變化趨勢，第二階段則進行指定功能分類。於第一階段分群方法上，本研究採階層式分群以產生更貼近實際功能分類之分群效果。

三、辨識都市總體規劃成果並提出相關建議

都市空間結構包含了都市內部的功能與聯繫，綜合前面兩個目的之結果，以空間區劃結合功能屬性之分布疊圖詳細探討都市空間結構各面向之意義，包含生活圈內部的功能屬性分布、生活圈的角色定位及臺北市整體空間之競合關係，分別以縱觀及微觀的角度分別探討臺北市之都市空間結構，同時檢視其與平日、假日及分時資料的轉變，配合政策、理論等落地的資訊及分析，綜合討論並提出相關的結論與建議。

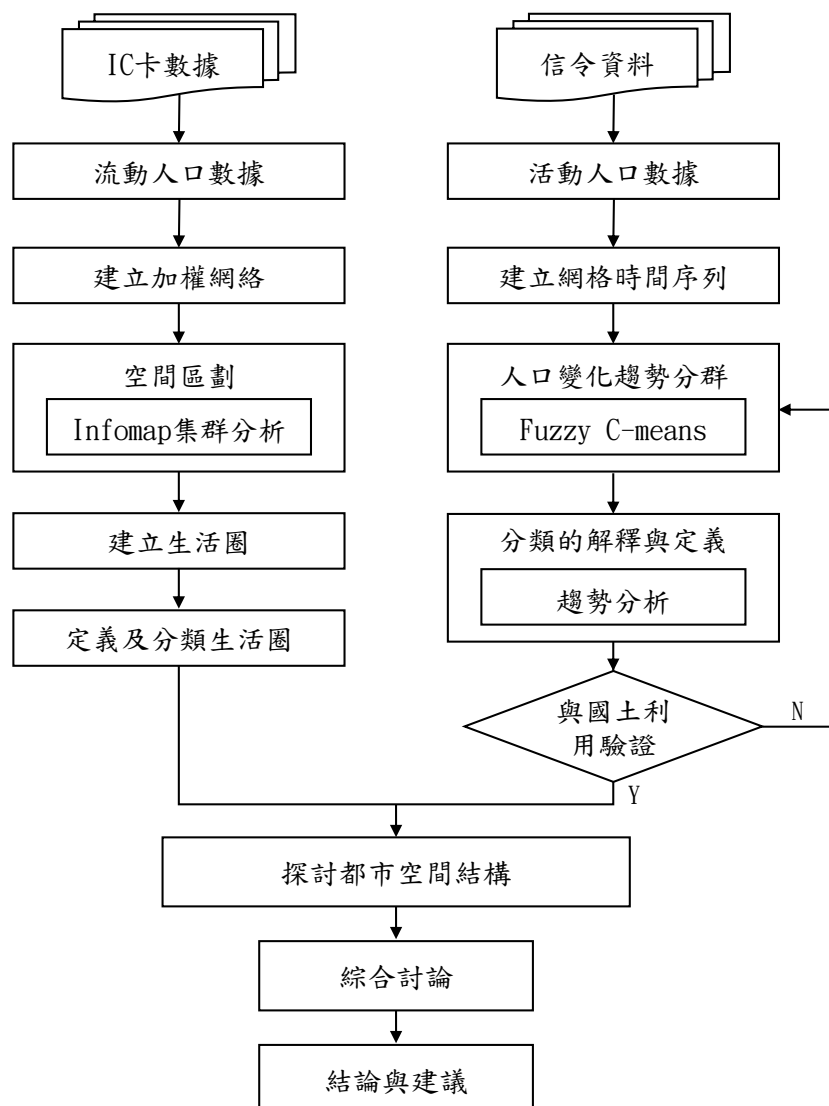


圖 3-1 操作流程圖

貳、實證地區

臺北市作為臺灣的首都，長期都市化發展下形塑人口、就業與產業的聚集特徵，並朝向更緊湊、混合的發展現況。有別於過去以中地理論解釋都市空間功能差異的單核心發展模式自 1980 年代後，後工業臺北即以多核心都市的空間結構化發展(周志龍，2003)，形成多點發展的多核心都市結構下產生一複雜網絡系統，都市居民的移動能力增加、活動範圍也更加的擴大，。

本研究選定以臺北市為研究範圍，如圖 3-2 所示，具有高人口密度、頻繁的移動行為、快節奏的生活步調等特性，並由綿密的棋盤式路網及大眾運輸系統建構出龐大而複雜的都市系統，若能將其劃分成一系列較小的社區或生活圈，進而找出每個區域的特色，將有助於理解都市空間結構的組成。除此之外，長期呈現多核心發展的臺北市，擁有較穩定的都市系統及較為完整的數據資料，故選擇以臺北市作為資料蒐集及實證研究進行範圍。

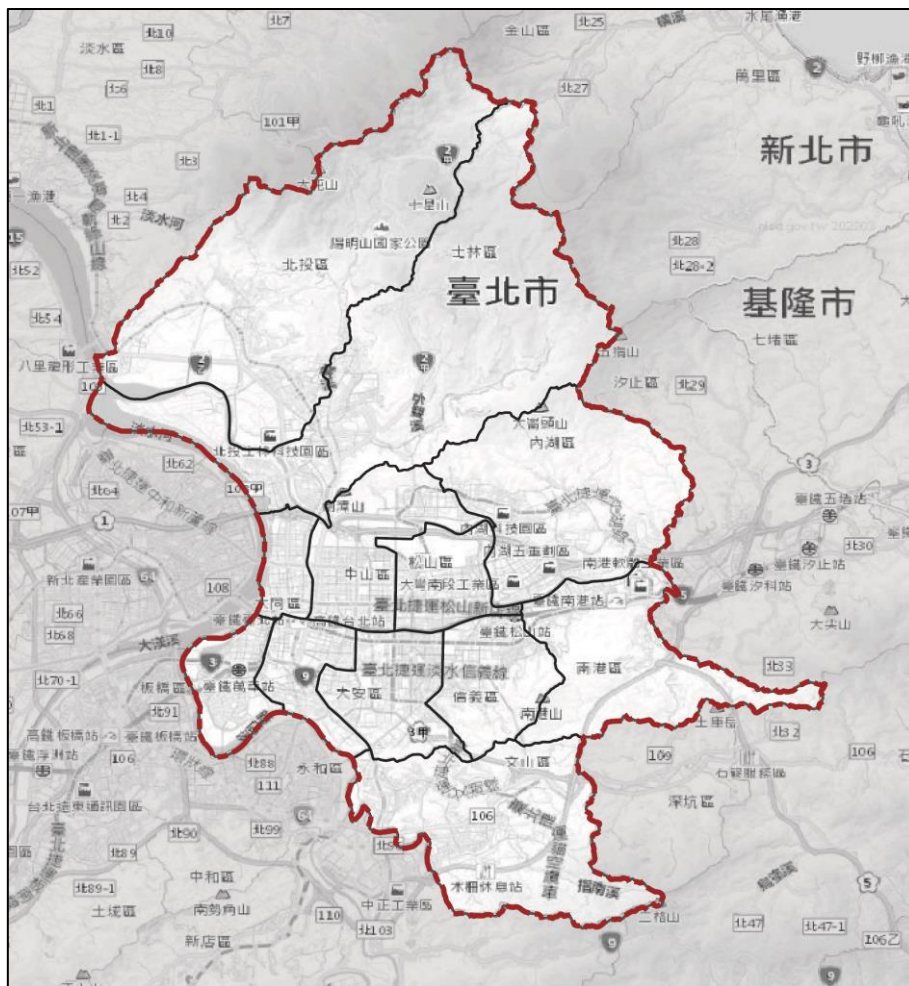


圖 3-2 研究範圍示意圖

第二節 解析大數據為基礎的都市生活圈

在以流動人口檢測都市結構的部分，其操作流程可大致分為四個部分，首先選定足以代表都市流動人口之大數據，再進行資料的篩選與萃取，並進一步建立資料庫以利後續的資料計算，最後再進行網格化數據後建立加權網絡，作為後續集群分析之基礎，各步驟詳細說明如下：

壹、資料選擇

一、運具比較

IC 卡數據紀錄了臺北市民眾使用大眾運輸的情況，包含公共自行車(YouBike)、公車客運及捷運三種。在臺北市近年遵循 TOD 發展策略的背景下，強調以大眾運輸為都市發展骨幹，捷運作為都市系統之重點運輸載具，並鼓勵民眾搭乘公車轉捷運作為旅次工具。其中，公車擁有三者之中最高的站點數量，雖然每日平均載客量不如捷運系統，若以臺北市民眾外出交通工具之市占率上，公車客運的使用率更勝捷運，且其相較其他兩者擁有更寬廣之服務範圍¹，尤以臺北市北側(北投區、士林區)更為明。另外，根據統計公車 IC 卡數據平均每個月有 11%轉乘捷運旅次，顯示並非完整連接起、迄點的旅次，為後續在解讀都市生活圈時，應注意其解釋範圍及其代表意義。綜上所述，為考量本研究目的在於辨別使用者導向下的都市生活圈，並應測試後得知公車 IC 卡數據較可區分臺北市整體空間結構，因此最終選擇作為構檢測資料來源，其他運具 IC 卡數據測試分群劃分結果如附錄一所示。

¹ 公共自行車為全時服務之大眾運輸，然而其形式屬共享運具，作為居民短程接駁的交通工具，除了作為大眾運輸系統最後一哩的接駁工具外，亦為居民日常生活的代步工具，礙於其接駁屬性並不適合作為本研究旅次之資料來源；捷運擁有高載客量及班次密集等特性，然而其平均站距高達 1.2 公里且分布不均，服務範圍偏向臺北市西南側，在旅次 OD 深受捷運路網系統影響下，恐無法針對臺北市都市整體空間結構之進行完整的檢測。

表 3-1 各種大眾運輸屬性比較表

運具 屬性	公共自行車 YouBike	公車客運 Bus ²	捷運 MRT
站點數量	400 站	1,796 站 ³	131 站 ²
平均每日 出租/載客量	6.7 萬次	131.1 萬次	209.7 萬次
臺北市民眾外出 交通工具市佔率	0.8 %	16.9%	15.4%
營運時間	無限時	依路線決定	6 A.M. – 24P.M.
運具特性	相較其他兩者提供短程交通的選擇，並作為大眾運輸最後一哩路之接駁工具，站點於市區大眾運輸周圍較密集。	相較其他兩者臺北市公車擁有更寬廣之服務範圍，且其平均站距遠小於捷運，提供更舒適之步行距離。	捷運擁有高載客量及班次密集等特性，然而其平均站距高達 1.2 公里，服務範圍偏向臺北市西南側。
Infomap 分群數 (以平日為例)	18 群	11 群	9 群

資料來源：108 年雙北市民眾日常使用運具狀況調查、交通部交通統計月報。

二、公車資料說明

臺北市公車每日通勤量更高達 130 萬人次，自 2017 年起針對整體公車路網進行調整，依服務特性重新界定功能明確的層級式公車路網，使公車功能朝向「快速、幹線、支線、微循環」層級式公車高辨識系統，並以類捷運幹線公車為骨幹。其中，最主要的路線即為支持核心地區服務的臺北市幹線公車，其因應市區路網走向規劃為 8 橫 8 縱幹線，以達到整體路線提升價值及減少資源浪費的轉型，如圖 3-3 公車路線圖所示。其中，綠色為南北向幹線、藍色為東西向幹線、黃色為其餘幹線，支撐起大台北地區的公車系統，並以其他支線維輔助組成各個路廊型公車群組。

觀察臺北市公車路網結構，可以發現幹線公車因應棋盤格路網均勻覆蓋商業核心地區，在中山區、松山區、大安區一帶形成縱橫交錯的公車網絡。除大同區、中正區為臺北市開發較早的老舊市區，除了路網系統較不方正外，其區位剛好位

² 臺北市公車包含市區公車、國道客運及一般公路客運等「汽車客運」。

³ 公車同站雙向計為一站；捷運古亭站、東門站共用站體計為一站。

於捷運藍線、綠線、機捷之交會處，因此擁有較密集的公線經過，並向外發散連接至其他各區。透過圖 3-4 中心度指數的分布即可更清楚的瞭解到臺北市公車路網的結構，路網的程度中心度(Degree Centrality)可以檢視節點在路網中所扮演重要性，較高的中心度代表樞紐的存在對於路網具有關鍵作用，而大同區南側則具有最高的中心度指數，其餘北、中、南重要樞紐則包含士林區南側、松山區西南側及信義計畫區等。

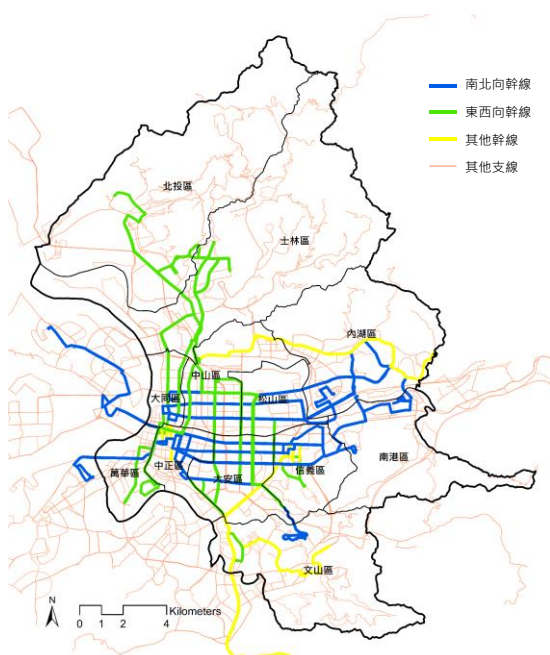


圖 3-3 臺北市公車路線圖

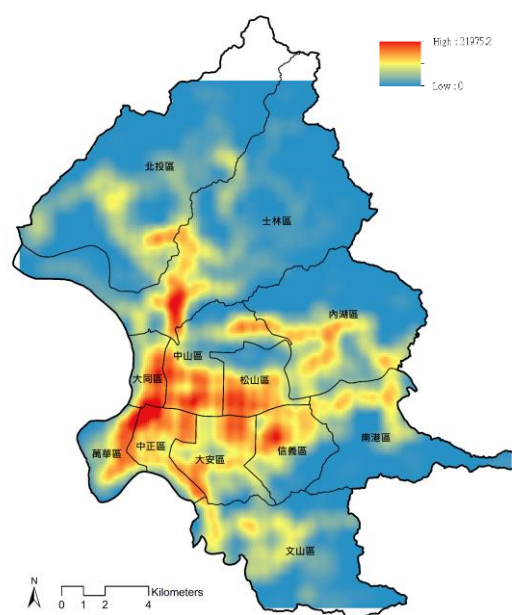


圖 3-4 臺北市公車路網程度中心度

貳、研究單元選擇

集群分析的單元尺度選擇是空間分析中是否產生偏差的關鍵，當將基於點的空間現象匯總到區域中時，即會面臨可調整地區單元問題 (Modifiable Areal Unit Problem, MAUP) 問題，所加總計算的數值會受總單元的形狀和規模尺度的影響。而基於網絡分析之空間結構作為一種典型的空間現象表徵，在不同尺度上的呈現結果必然存在差異，也影響著從空間數據中所獲取之空間資訊的可靠性、顯著性，因此本研究在三種型式及尺度單元上測試了分析結果的穩健性，如圖 3-5 所示，包以歐幾里得距離分配的 Voronoi 圖(a)及以 0.25 平方公里方格組成的網格(b)。

本研究在兩種型式及尺度單元上測試了分析結果的穩健性，如圖 3-5 所示，包以歐幾里得距離分配的 Voronoi 圖(a)及以 0.25 平方公里方格組成的網格(b)。其中，Voronoi 單元劃分方式為將所有節點連起來構成許多三角形，再將其所有外心相

連所得，故此方法將研究區域劃分為多邊形地區，每個地區包含一個網絡節點，因此能夠準確地呈現每個節點影響(服務)的區域，並擁有較高的空間依賴性，如圖 3-5(a)所示。然而，本研究為基於網絡結構的集群分析，其網絡結構來自臺北市的公車旅次，而公車站點並非均值的分布在空間中，而是受到路網、路線等多項因素干擾，尤其是臺北市在近年之政策專注於以路廊型公車群組打造綿密的大眾運輸系統，造成以 Voronoi 圖為單元進行集群分析的結果嚴重受到公車路線的影響，無法忠實呈現地區的緊密程度。

承上所述，為了關注空間聚合效應及消除不同路廊型公車群組的干擾，本研究採用覆蓋整個實證地區的規則網格作為研究單元，如圖 3-5(b)所示，以 500 公尺 $\times$ 500 公尺的網格大小來研究空間相互作用，除了能夠擬合鄰近卻分屬不同路線之公車節點外，亦可平衡 Voronoi 單元大小與節點密度呈反比之規模差距。雖然所產生的空間依賴性不如前者，但將空間數據擬合到規律的系統中可以獲得更公正之統計數據及更穩定之網絡結構，並能適當消除區域效應(zone effect)造成的 MAUP 問題。

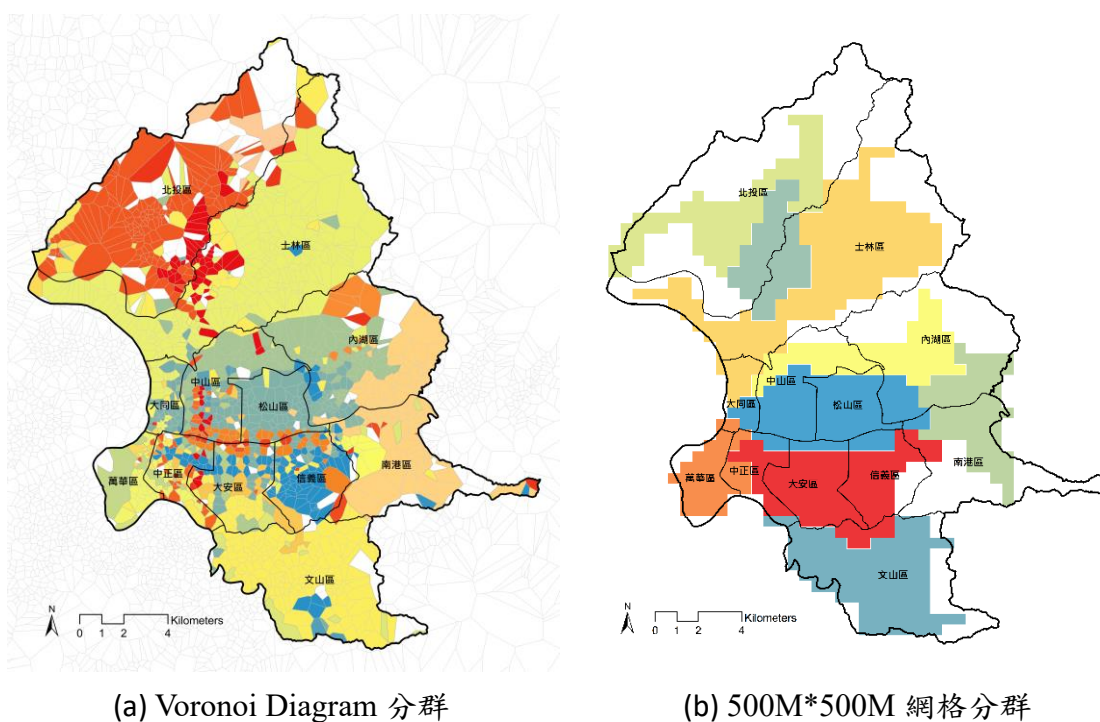


圖 3-5 研究單元比較示意圖

參、資料彙整及資料庫建置

在人口流動方面，本研究以臺北市公車客運上、下車刷卡資料為依據，在資料彙整處理的過程中，由於票證資料之數量極為龐大且複雜，將以資料庫軟體 MySQL 進行資料的讀取及篩選。而資料處理步驟可簡單分為資料清理、篩選、網格化數據及分時彙整：

一、資料管理與萃取

本研究所取得由臺北市公共運輸處提供之公車客運上、下車刷卡資料由於數量龐大且存在部分錯誤，於後續實證研究前須由原始資料處理轉換以符合後續分析所需格式。相關資料萃取技術與方法主要可分為兩個部分，首先是建立方便管理、統計之資料庫，本研究使用之刷卡資料數量極為龐大，較難以 EXCEL、SPSS 等軟體進行資料處理及計算，故需藉由資料庫管理軟體 MySQL(開源版)進行管理，用來儲存與管理本研究之大數據。第二步驟為資料的清理萃取，除了須將部分誤植資料如欄位內具有亂碼、NULL 等檔案格式錯誤之資訊刪除外，本研究所設定之實證範圍為臺北市，故將所有非臺北市之旅次資料刪除，進行以上動作以漸少資料偏誤。

二、網格化數據(Data Gridding)

網格化數據是指將空間上不均勻分布的數據依適當的方法歸算為規則網格中的代表值，而本研究以公車站點作為網絡分析之節點、公車路線作為網絡鏈結進行集群分析，分析結果易受既有公車路線影響，且據統計有 50% 以上之公車站點僅服務 1-2 條公車路線，若以站點作為網絡分析節點容易存在偏差，因此需以網格概括一個地區之旅次資訊以遵循其空間變化趨勢。故本研究以 ArcGIS 地理資訊系統將公車站分配給 500 公尺乘以 500 公尺之網格，以網格作為網絡分析的節點，並壓抑局部噪點、極端值影響集群分析結果。

三、建立 OD 矩陣

本研究目的係以人口流動緊密程度為基礎劃分都市生活圈，期望建立貼近真實都市空間結構的區域劃分。因此，採用前項步驟所整理之公車旅次上、下車刷卡位置，建立以網格單元為節點之 O-D(起點-迄點)旅運矩陣，並計算介於任意兩節點(網格)間來往的旅次數作為網絡鏈結之權重，成為後續網絡分析及社群檢測之基礎結構。

肆、建立加權網絡及分時彙整

承上，本研究以公車上下車刷卡數據建立 O-D 旅次向量矩陣，並以 ArcGIS 進行視覺化分析，彙整為空間加權無向網絡。此網絡中的每個節點都代表一個公車站點，線粗則代表兩站點之間的流量，以旅次數量作為網絡權重。本研究構建的網絡代表了平日及假日的城市運動，並涵蓋了以公車為載具之所有日常活動類型。數據平均處理後，平日數據每天有 35,405 條邊連接臺北市所有公車站點，並乘載約 24 萬個流動人口旅次；假日數據每天有 32,512 條邊連接臺北市所有公車站點，並乘載約 17.7 萬個流動人口旅次。

為瞭解空間結構的動態變化，本研究將區分不同時段瞭解流動人口結構的分時差異，除了將公車上下車刷卡數據分為平日及假日個別解析外，亦將區分一天當中的各個時段以全面瞭解都市空間結構的變化週期及原因。分時資料視覺化結果如圖 3-6 所示。臺北市公車客運運量平日的旅次量明顯高於假日。於平日，上、下班時段有明顯高峰，顯示公車可能被大量使用於通勤、通學；假日的旅次流量高峰出現於中午及傍晚時段。以平日檢視臺北市整體空間流動網絡，平均每個站點平日之每日之載客量為 691.68 人次，標準差為 231。不同時段的網絡流量具有相異空間結構特徵，如通勤時段著重於與東西向聯繫，並可以觀察出其與捷運互補的狀態；非通勤時段則為郊區與中央核心商業區的互動，外圍區域旅次則多自核心地區發散，顯示強烈的 CBD 地位。

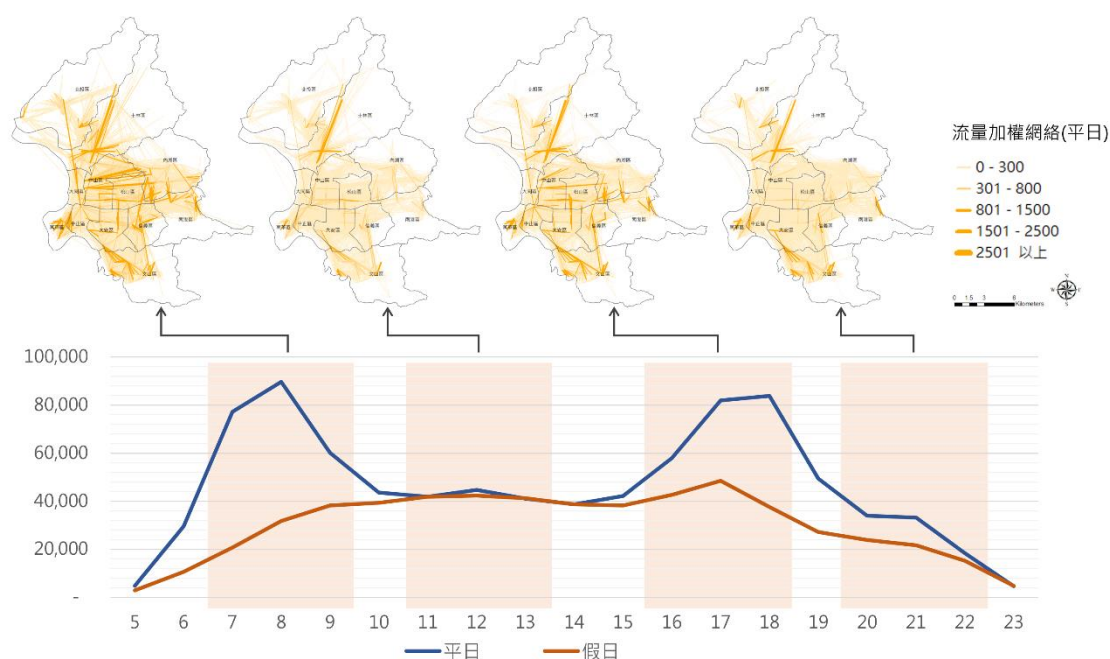


圖 3-6 各時段流動人口網絡示意圖(平日)

伍、以 Infomap 探討都市結構進行空間劃分

空間劃分為探討都市空間結構中建立空間分析單元之步驟，而根據文獻回顧所述：Infomap 在檢測加權和定向網絡方面表現出更好的性能，並可區分出更為精準、細緻的子區域，因此本研究以其作為空間劃分之檢測工具。Infomap 由 Rosvall 和 Bergstrom 於 2008 年開發，透過壓縮概率流將網絡分解為集群，使得每個子區域內部的聯繫最為密集、熵(entropy)最小，劃分概念如圖 3-7 所示，故該算法將網絡的節點劃分為高度結構化的模塊或社區(Zhong et al., 2014)，因此本研究運用前項步驟所建立的加權有向網絡圖，以 R 語言進行 Infomap 集群分析，得到最佳分群數量及分群方法，並作為後續功能定義的空間單元基礎。

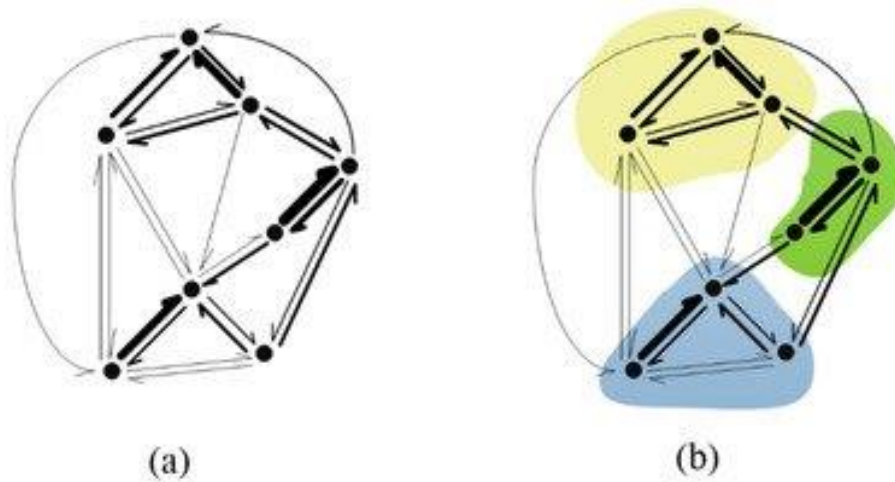


圖 3-7 基於網絡流量密度的空間劃分示意圖

(a)加權網絡圖 (b)基於聯繫流量之集群分析

資料來源：Yang et al. (2018)

Infomap 為一種基於隨機遊走的最佳模矩化集群分析方法，以網絡分區將節點分派到集群(模塊)中，並經迭代計算找到最佳描述網絡上流量分區的方法。Infomap 的分析方法立基於網絡中的節點與鏈結，而計算權重則來自於鏈結的數量或訪問率，由隨機遊走建模進行跨節點的移動，並傾向於在模塊密集(鏈接權重高)的區域停留更長時間。其計算方式將模塊之間的流量轉換為隨機遊走者在網絡上的移動度量，而最小化移動度量的同時即為網絡的最佳模矩化結構。Infomap 使用最小描述長度 (Minimum Description Length, MDL) 來衡量檢測到的社區結果的質量，其中越小的 MDL 意味著更良好的社區檢測。其定義如以下公式所示：

$$L(M) = q_{\bigcirc} H(Q) + \sum_{m \in M} p_{\bigcirc}^m H(\mathcal{P}^m),$$

其中 M 是模塊的集群， $q_{\cap}$ 是圖中每個模塊的退出概率之和， $H(Q)$ 是模塊之間移動的平均長度， $p_{\cap}^m$ 是一個模塊中隨機遊走的停留概率，其等於隨機遊走的退出概率和訪問概率之和， $H(P^m)$ 是模塊原本的平均長度， $L(M)$ 表示檢測到的社區結構移動度量。

陸、定義生活圈及檢視都市結構

一、生活圈定義

在集群分析後可得臺北市自下而上之空間區劃，將實證地區分為若干個生活圈以作為後續空間結構評析之空間分析單元，然而網絡分析不僅用以進行空間區劃，亦可透過各項係數得知集群在網絡中所扮演的角色及功能定位。為了對這些生活圈進行解釋及分類，本研究參考中地理論(Central Place Theory, CPT)的概念為生活圈產生更進一步的詮釋。中地理論原為解釋都市中商業系統的服務範圍、規模及數量，其原理為為提高旅次效率，居住與商業機能會在一定範圍內產生聚落，但居民會為了更稀有的物品專門到更遠的地方購買(Walter Christaller, 1933)。此概念解釋了都市之中的機能空間分布，因此後續也有許多研究轉而以中地理論解釋人類聚落的數量、大小和位置的分佈規律(Openshaw & Veneris, 2003)，他們考量到各個單元(都市、聚落或生活圈)間的競合關係及經濟成本，在解釋的過程中形成空間層次結構的概念，這個層次結構中的等級區分則是基於個體單元的人口規模和它們提供的功能來區分。也就是說，層次越高的核心提供更多專業的功能、商品或服務，因此產生更強烈的吸引力吸引活動人口；而層次較低的單元則是偏向自給自足的功能，並且在尋求等級較高的服務時為前往其他地區。

綜上，代表人口規模、流動及中心度為空間層次結構的重要元素，將這些考慮因素轉化為都市系統中的數據指標，本研究可得出判別區域空間層次結構的兩個重要指標為(1)地區活動量的多寡，也就是流量佔比；(2)所提供商業等級的高低，並以程度中心度(Degree centrality)作為解釋來源。程度中心度為一個節點與其他節點連線的程度總和，可用來代表該節點於網絡中的凝聚力，為瞭解其在網絡中的重要程度，本研究加入加入了鏈結權重，也就是頂點間的流量值，詳細的推導公式如下：

$$C_d(V_i) = \sum_{j=1, i \neq j}^n W_{ij}$$

C_d 為節點 V_i 的程度中心度， W_{ij} 為節點 i 與其他節點的連接邊權重，相加得到其加權後的程度中心度。

流量與加權程度中心度兩樣指標將都市內的各個單元，也就是生活圈，區分出其於都市系統中的角色定位，故本研究在空間劃分以後，進一步計算集群在該網絡的程度中心度及流量比例等，以作為後續定義生活圈之基礎，並在空間交互作用下顯示其位階。

二、區域空間層次結構定義

都市空間結構為一隨著時間、人類的活動有所變化之動態系統，除了從平日與假日不同時間屬性下去檢視都市結構外，亦可從 24 小時之分時結構檢視一天之中不同時間的動態網絡，並解析不同網絡之間的屬性及其社區結構的顯著性。而本研究例用 Infomap 網絡分析作為社區結構之分群演算法，其以隨機遊走找到最佳的結構分群，所產生的相關衡量指標包含最小的描述長度(Minimum Description Length, MDL)以及模塊度(Modularity)。其中，模塊度又可用於比較不同結構之中的分群效果，因此本研究以 Newman and Girvan(2004)所提出之模塊度作為集群分析結果的衡量指標，檢視都市系統每個小時分群結果的模塊度變化，並搭配分時流量去檢視一天之中都市空間結構的動態變化。

第三節 瞭解多核心都市結構中的功能定位

在以活動人口檢測都市功能分類的過程可以分為以下四個步驟：(1)信令資料彙整 (2)建立網格合成向量 (3)階層式集群分析 及 (4)定義都市功能分類，以下詳細描述各步驟之過程：

壹、信令資料彙整

手機的普及使我們有機會從手機數據中瞭解居民的活動情況，以反映土地利用的社會功能。因此本研究以信令資料作為活動人口數據來源，用以作為識別都市功能分區之依據。然而其原始數據以網格(500M × 500M)為空間單元、每 15 分鐘為一區間蒐集每個人口分布，因此資料集資料量極為龐大且包含多種屬性資料，故本研究同樣以 MySQL 資料庫管理軟體進行數據的整彙及篩選，依據不同時間維度、空間維度進行資料整理，作為後續推論之基礎。

以信令資料宏觀瞭解全臺北市活動人口分布的動態變化，圖 3-8 顯示活動人口於一天 24 小時內的分布變化，並主要依捷運沿線有較高的活動強度分布，從分時資料亦可發現不同地區因時間推進有著相異的變化程度，雖然 CBD 的主導地位始終明顯且強烈，但不同功能利用下的土地卻會因應不同活動的發生有著相對應的土地使用變化，如圖 3-8 中顯示了信義區北側及大安區南側兩個地區的人口變化比較，地區 1 為屬於中心商業區的信義計畫區於 9 點至 20 點有強度較高的人口分布，但活躍時間僅限白天，晚上 9 點過後人口急遽下降，呈現明顯的商業中心特性；而地區 2 則多為住宅區，晝夜人口變化則與前者相反，說明不同功能的土地類型具有相異的活動人口變化，並且各自有獨特的人口變化特徵。

然而，基於絕對數量的人口分布變化受到都市結構中 CBD 的強烈主導，較無法基於相同變化標準來逆向推論土地的功能分區，因此本研究將透過操作單元活動人口進行標準化後，得出標準化後的活動人口變化趨勢；儘管標準化後的活動人口分布無法顯示出核心結構的樣態，但觀察變化程度使功能分區的表徵更加明顯，以便後續進行集群分析對土地功能利用進行進一步的解釋。

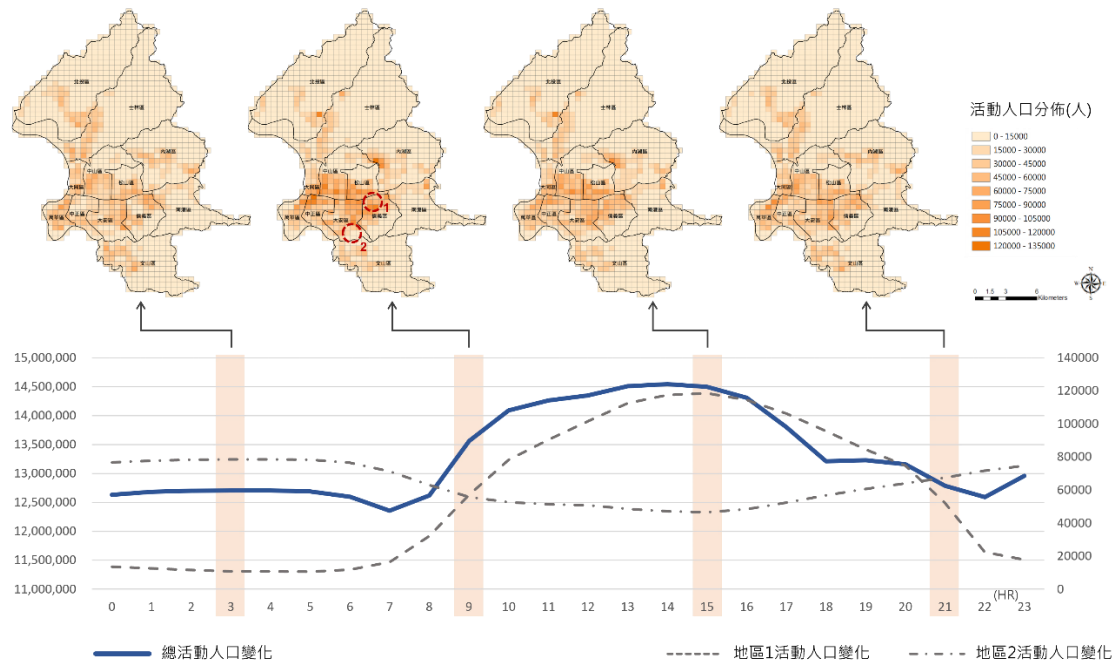


圖 3-8 各時段活動人口分布示意圖(平日)

貳、建立網格合成向量

本研究利用活動人口變化識別都市功能分類，因此將各個網格活動人口以小時為單位彙整，生成的每小時值形成一個時間序列；除此之外，考量人口分布不均，且本研究重點觀察為活動人口之「變化」，故對網格之人口時間序列進行標準化，以標準化值（z-score）作為活動人口變化趨勢，生成各網格分群變數之合成向量。

參、階層式集群分析

本研究將以各空間分析單元的人口活動強度於時間上的變化，以趨勢分析探討日常活動規律，試圖推測其於都市中各個地區的功能定位。舉例而言，市中心在白天可能擁有較高的活動人口強度，而超過一定的時間，強度則迅速下降，以類似都市活力的觀點定義生活圈功能定位。而為達成以上之目的，首先需以集群分析方法將實證地區之活動人口變化趨勢分為相似之集群。

Fuzzy C-means(FCM)是一種無監督的模糊集群分析方法，在演算的過程中沒有人為的干預，是基於對目標函式的優化基礎上的一種資料分群方法。分群結果為每一個數據點對集群的隸屬程度，該隸屬程度用一個數值來表示，並取相對於各集群最大的隸屬程度來定義分群結果。而考慮到都市土地的功能並非絕對，也不具有清楚的界限劃分，因此以 FCM 演算法進行集群分析，可以根據地區隸屬不同功能區的程度判定其主要的功能屬性，使所分類的結果更加客觀。

除此之外，FCM 集群分析為一種無監督學習之演算法，可以自行指定分群數量，因此在決定分群時有兩種策略，一為直接說明集群的數量設置為都市功能分類類型，後續再將其指定給最相似之土地利用；二為根據每次執行 FCM 時生成的驗證索引確定集群的數量。而本研究選擇第二種分群方法，藉由敘述性統計抑或輪廓係數(Silhouette Coefficient)等指標索引，保留最佳分群之自然結構，而不是生成預定義數量的集群導致某些功能分類劃分為不同的集群。

Fuzzy C-means 演算法的目標為最小化加權後平方誤差(minimization of a weighted square error function)，即最小化以下的目標函式：

$$J_m = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^C u_{ij}^m \|x_i - c_j\|^2, 1 \leq m < \infty$$

其中，m 為加權指數，最小必須 ≥ 1 ， u_{ij} 為資料隸屬值，代表資料 x_i 屬於分群 j 的程度(degree of membership)， x_i 是資料 x 全部 d 維度中第 i 維的資料， c_j 表示群集的中心(亦同樣擁有 d 維度資料)， $\|*\|$ 表示資料與中心點間的相似度。而模糊分群法是一反覆計算最佳化目標函式的過程，並不斷更新成員程度(u_{ij})與中心點 c_j ，如下：

表 3-2 FCM 模糊集群演算法步驟一覽表

步驟	敘述	公式
步驟一	初始化 $U(0)=[u_{ij}]$ 矩陣	$u_{ij} = \frac{1}{\sum_{k=1}^C \left(\frac{\ x_i - c_j\ }{\ x_i - c_k\ } \right)^{\frac{2}{m-1}}}$
步驟二	計算集群中心點 $C(k)=[c_j]$ 的特徵向量	$c_j = \frac{\sum_{i=1}^N u_{ij}^m * x_i}{\sum_{i=1}^N u_{ij}^m}$
步驟三	計算距離，更新文件與中心點的相關程度，更新 $U(k)$ 及 $U(k+1)$ 矩陣	

計算目標函數值，若 $\|U_{(k+1)} - U_{(k)}\| < \varepsilon$
 步驟四 且 ε 為介於 0 至 1 間的數字則停止； $\max_{ij} \{ \|u_{ij}^{(k+1)} - u_{ij}^{(k)}\| \} < \varepsilon$
 否則重覆步驟二

肆、定義都市功能分類

在將各網格依其活動人口變化趨勢分群後，獲得若干個具有相似人口變化的網格集群，將其指定為某種功能分類則須依靠趨勢分析及既有土地利用輔助。在進行集群之趨勢分析時，可以考慮各都市功能分類之屬性，如商業區於白天較活躍，住宅區於夜晚擁有穩定的人口存在等因素，並且透過各種國土利用下的活動人口變化，雙向推論用以定義都市功能分類。

伍、辨識使用者行為導向下之都市空間結構

在分別以流動人口瞭解都市生活圈及以活動人口變化解析都市功能分類後，瞭解到都市的空間區劃在平日與假日的差異，並藉由功能分類的區位屬性，認識臺北市於平日及假日的都市空間結構。而研究方法則採用疊圖分析方法，本研究將利用 ArcGIS 將目的一及目的二的成果疊加分析，並搭配傳統都市空間結構理論，如多核心都市結構、鄰里單元等，以理論加上臺北市自身地域屬性等敘述性統計結果，綜合描繪臺北市之都市空間結構。

第四節 研究資料

壹、研究時間範疇

為減少外在因素干擾數據分析結果，在研究時間範圍的選擇上，本研究除了避開連續假日、極端氣候等因素外，亦將近年之流行疾病新冠肺炎盛行趨勢納入考量因素，以獲得最接近都市結構中最接近日常之活動內容，以下分別詳述之。

一、連續假日

一年之中有許多連續假日，其帶來的活動及人潮將會影響都市系統規律的變動，因此本研究之時間範疇應避開其帶來的影響。一年之中沒有連續假日的月份僅有三月、七月、八月、十一月，而七、八月又為暑假期間，通學族群的旅次活動不再固定，故本研究之時間範圍考量連續假日，應鎖定在三月或十一月。

二、氣候

臺北市位處副熱帶，全年溫度一般在 14°C 至 34°C 的範圍內，夏季悶熱且降雨機率高，冬季涼爽、有風和多雲。在綜合考量氣溫、雨量、舒適度下，到訪台北市進行溫暖天氣活動的最佳時間是 10 月上旬至 12 月上旬。

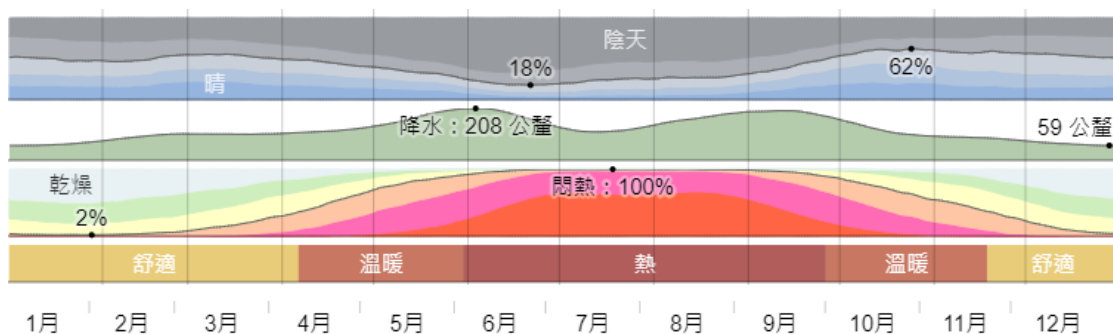


圖 3-9 臺北市每月天氣圖

資料來源：Wheather Spark (<https://tw.weatherspark.com/>)

三、新冠肺炎疫情

自 2020 年初，新冠病毒在全球迅速傳播，並於 2020 年 1 月 21 日於台灣產生首例新冠肺炎案例，嚴重影響居民的生活起居，出行意願受到疫情的嚴重程度影響，並造成活動的銳減。故本研究在選定研究時間範疇時應考慮疫情嚴重程度，選擇疫情較為趨緩的時段，大約介於 2020 年 4 月至 11 月之間。

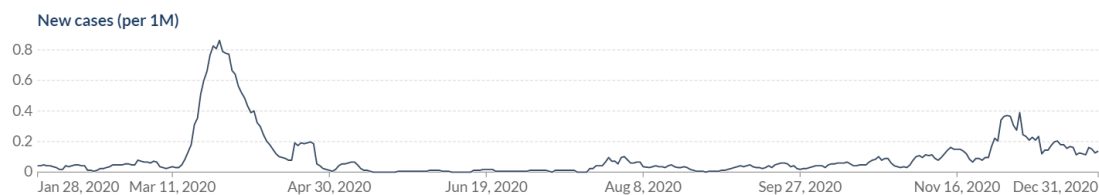


圖 3-10 臺灣新冠疫情每日確診人數趨勢圖

資料來源：<https://ourworldindata.org/covid-vaccinations?country=TW>

綜上所述，在扣除連續假日影響，並綜合考量氣候及新冠肺炎疫情等容易影響居民出行意願的因素，最後選定 2020 年 11 月為研究時間範疇。

貳、研究資料

一、流動人口資料

本研究使用 IC 卡數據中的公車票證資料作為都市結構及生活圈檢測來源，係因運輸需求為達成民眾日常社經活動目的所衍生之經濟行為，因此本研究認為可由旅運行為探討都市生活圈；而公車作為臺北市重要的大眾運輸，其站點相較捷運站密集，使用次數較共享單車高，每日通勤量更高達 130 萬人次。而本資料經過匿名化處理卡號後顯示每筆公車旅次的上、下車地點，透過資料彙整後可提取都市流動中的 OD 矩陣數據。時間範疇上，本研究選用 2020 年 11 月四週之票證資料，平日包含週二至週四之旅次，以符合平日之通勤及商務洽公屬性，而假日則同時涵蓋週六及週日，以研究都市系統於工作日與否的流動差異，並探討通勤、休閒等導向下不同時空模式的都市空間結構。

IC 卡資料由臺北市公共運輸處協助提供，資料集經篩選共有平日 22,911,598 筆旅次資料及假日 10,248,450 筆旅次資料，內容包含匿名化處理之卡號、交易日期、路線名稱、卡種、車牌、上下車站為等資料，詳細資料格式及範例如下。

表 3-3 IC 卡數據公車刷卡資料屬性說明表

欄位名稱	欄位說明	示範及備註*
card_physical_id	卡號	22fcd5f72cc00906740766e71d387bf2
debit_date	交易日期	2020-11-01
bus_line	路線名稱代碼	915
card_txn_subtype	卡種	普通票、定期票...
bus_no	車牌	471FW
entry_loc_id	上車站位代碼	1000669
txn_loc_id	下車站位代碼	2406

二、活動人口資料

信令數據具有能夠顯現人口空間分布及活動特徵之潛力，而尤其日常的分布、活動中尋找規律即能探索人口流動所顯示的都市系統特徵，另為定義不同分區之功能定位，本研究採用信令數據以探討都市空間結構於不同時段的活動強度。而數據蒐集日期則選定為 2020 年 11 月 17 日(二) 及 2020 年 11 月 21 日(六)，其時間區段選定考量除了避開連續假日、極端氣候等因素外，亦將近年之流行疾病新冠肺炎盛行趨勢納入考量因素，以獲得最接近都市結構中最接近日常之活動內容。

信令數據資料來源由台灣電信龍頭之一的營運商協助提供，該營運商在台灣擁有大約 2.5 成的市佔率，而該資料集包含所選平日及假日之活動人口位置及數量，並為確保用戶隱私以網格人流總數呈現，並再將其區分成性別、年齡間距及用戶戶籍地類別，以每 15 分鐘之信號來源抓取都市系統中的人流分布狀態，網格大小則採用 500 公尺乘以 500 公尺之「網格」計算。而為平衡營運商市佔率所帶來的差異，資料集營運商經適當處理後，依據相關社經資訊以內部放大邏輯推估誤差最小之修正後人流總數。

因此，每筆數據均包含了多個屬性資料，包括網格編號、網格中心經度及緯度、日期及時間、年齡組成、性別、戶籍地行政區及放大後人流總數。該資料集的 1,140 個網格於平日及假日分別產生 11,024,150 及 11,469,661 筆資料，詳細資料格式如表 3-4 所示。

表 3-4 手機信令資料屬性說明表

欄位名稱	欄位說明	示範及備註*
grid_id	500 公尺*500 公尺網格編號	24539005547
grid_lng	停留點網格中心經度	121.53946026575001
grid_lat	停留點網格中心緯度	25.074427764450004
start_time	起始時間	2020-11-21T14:30:00.000Z
end_time	結束時間	2020-11-21T14:40:00.000Z
age	年齡區間	40 - 49
gender	性別	男性/女性
county	戶籍地縣市	臺北市
district	戶籍地行政區	信義區
population	放大後人數	327.3271276595745 (小於 5 以*取代)

第四章 實證分析

本章分為四個部分，第一部份為臺北市空間結構之敘述，後續根據研究目的對照所設計之流程以臺北市為實證地區，依序以流動人口資料檢視都市空間結構，並以活動人口為基礎解析都市功能分區，最後進一步辨識臺北市各生活圈的型態、功能及定位。期望透過實證分析探討以大數據觀點所檢視之臺北市都市空間結構。

第一節 臺北市空間結構特徵

考量利於掌握機能嚴重混合的臺北市空間結構特徵，本節將從觀察「純住宅地區」、「商業地區」、「混合地區」三種功能特性，並以其區位特性進行臺北市都市空間結構之論述，如圖 4-1 所示。

壹、純住宅地區

純住宅地區分布於臺北市的空間結構如圖 4-2 所示，其以核心商業區為中心於 5 公里(內圈)及 10 公里(外圈)處呈現多個熱區。CBD 邊緣的純住宅熱區包含了松山區內部、中山區木柵線沿線、信義計畫區東側及南側，外圈則包含萬華區的老舊住宅街區、文山區的景美與木柵生活區域及內湖區東側。除此之外，在臺北市北側雖距離 CBD 較遠，但於士林區及北投區出現強烈的純住宅熱區，相對核心地區其功能定位較屬於衛星城市之住宅熱點，其中以天母為北側純住宅熱區重點，向北延伸至石牌地區、向南延伸至芝山等地區。

貳、商業地區

商業地區之熱點則多集中於核心地區，位於臺北市西南側。從萬華的老舊市中心綿延至信義計畫區，當中包含了松江南京商圈、南京金融商圈、敦北民生商圈、敦南仁愛商圈、世貿商圈及內湖科學園區等重要商圈及產業園區，但值得注意的是，透過國土利用調查成果僅能描述大方向上的功能特性，無法產生更細緻的功能特性描述。

參、混合地區

混合地區之熱區圖如圖 4-4 所示，主要分布區位則落於核心商業區周邊及捷運沿線。熱點資料之核函數相對純住宅及純商業地區較低，熱區相較前兩者亦較無明顯突出之區域。經比對圖 4-2、圖 4-3 及圖 4-4 也可觀察出混合地區多位於住宅及商業地區之間的過渡帶，顯示臺北市於功能分布上具有明顯的空間連續性，機能混合於臺北市西南側亦較為嚴重。

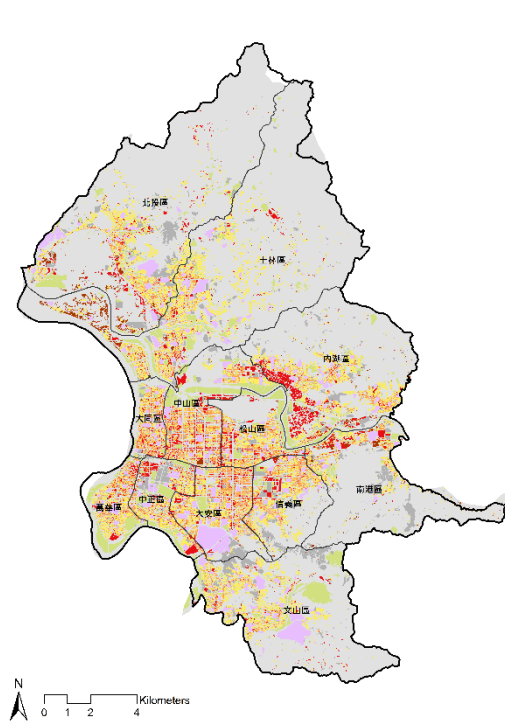


圖 4-1 國土利用調查示意圖

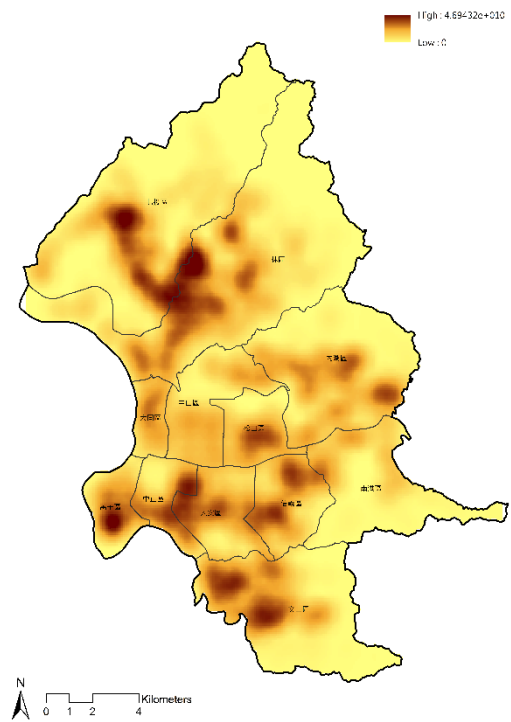


圖 4-2 國土利用調查住宅熱區圖

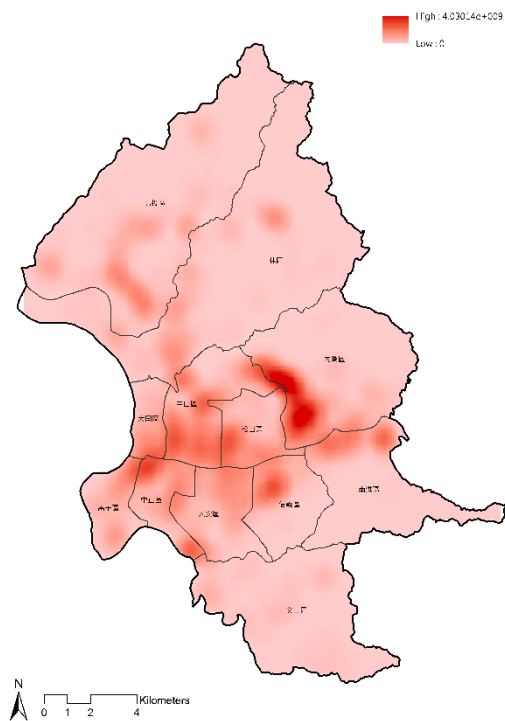


圖 4-3 國土利用調查商業熱區圖

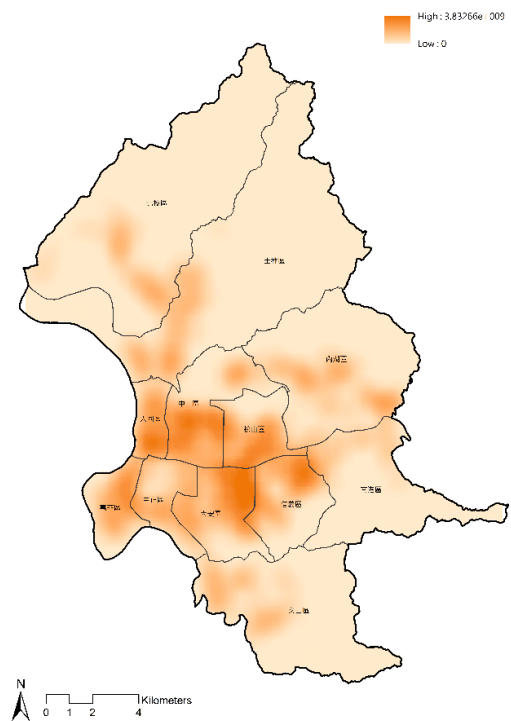


圖 4-4 國土利用調查住商混合熱區圖

資料來源：臺北市國土利用地調查(108 年)

第二節 公車刷卡資料作都市空間區劃

壹、空間加權網絡分析

透過分別視覺化平日及假日的旅次數數據進行初步分析，可發現臺北市的人口流動結構於平日及假日呈現兩種截然不同的模式。如圖 4-5 及圖 4-6 所示。雖然流動方向受公車路線的影響嚴重，但比較重點流量則可見其中差異，以下分別進行說明。

經視覺化平日及假日的旅次數數據進行分析，可發現臺北市的人口流動結構於平日及假日呈現兩種截然不同的模式，但重點流量仍有差異。就平日人口加權網絡而言，呈現出均質的空間結構，並於中山區、松山區、中正區及大同區等商辦地區形成平均穩固之結構流量，反映了臺北市住宅及商業機能混合分散的情形，也可推測臺北市之商務區位多集中於西南側核心商辦區一帶，使臺北市平日支流量結構以此區為核心區域；觀察假日的流動人口加權網絡，可發現以信義區為核心向外發散，具有明顯的 CBD 空間結構。說明了在非工作日時，具有零售機能之信義商圈能產生強烈的人口引力，使流量重心從平日的偏臺北市西側轉移至東側。綜合上述，可從平日及假日的空間加權網絡差異之中，比較其流量重心推測地區定位及角色功能。

進一步藉由流動人口的分時數量統計瞭解其時空慣性，由圖 4-7 可觀察出平日與假日的分時旅次具有顯著的差異：(1)平日：晨峰從早上 6 點開始，在早上 8 點到達高峰；昏峰從晚上 16 點開始，在晚上 17 點達到高峰。這種節奏反映了臺北市民的日常生活模式。早高峰和晚高峰各佔總體旅次的 31%，高峰時段的旅運佔據了日常旅運需求的一半以上；(2)假日：高峰時間為上午 10 點至 12 點和晚上 17 點，但總體上是平穩的，其原因為居民可以選擇假日的自由行時間。總體來看，平日的旅次量明顯高於假日，且平日的旅次來源集中於通勤旅次，於上、下班有峰值流量，這也代表後續若想探討以職、住機能為基礎的生活圈區劃，以通勤尖峰時段早上 6 點至 9 點、傍晚 16 點至 18 點可能為較佳的選擇，而假日的旅次分時數量則較為平均，於早上 8 點至傍晚 6 點都有每小時約 40,000 筆旅次量。

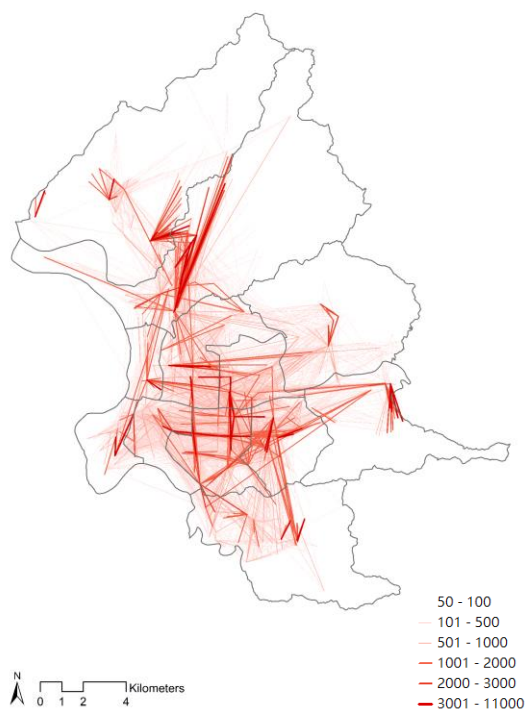


圖 4-5 平日流動人口空間網絡圖

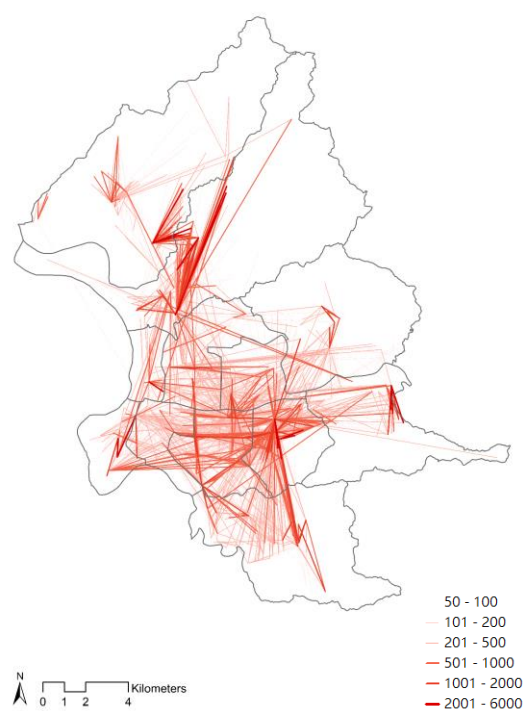


圖 4-6 假日流動人口空間網絡圖

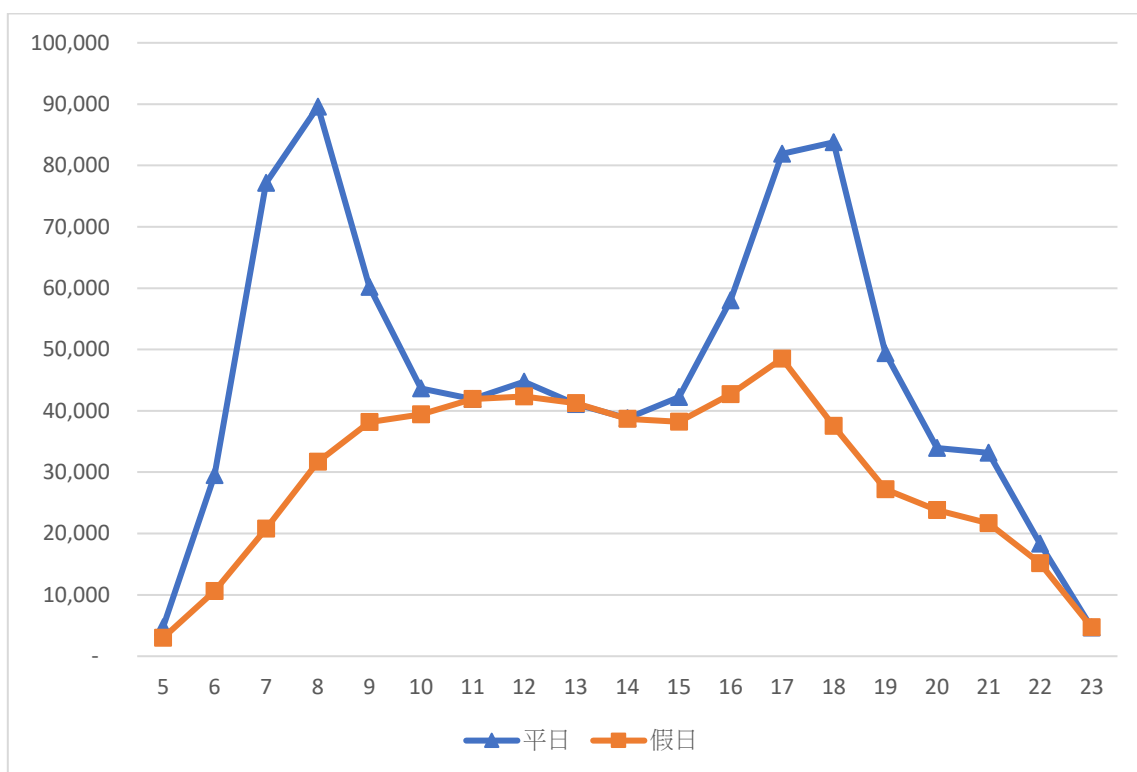


圖 4-7 平日及假日流動人口分時數量統計折線圖

貳、Infomap 集群分析結果

一、生活圈區劃

檢視平日與假日的生活圈空間區劃，整體空間結構上大同小異，代表扣除勞動人口造成的流動旅次後都市空間亦維持均衡的互動，其他差別在於大同區、中正區及北投區北側：大同區東北側捷運紅線沿線處，於平日屬於集群 3 及集群 7，假日時空間互動則轉而與集群 2 有較緊密的聯繫，推測其原因為假日觀光活動盛行，而此地又有圓山轉運站吸引假日觀光人口前往，轉而改變都市空間結構；中正區南側公館、師大一帶，平日屬於大安、信義區一帶的集群 5，在假日則與位於文山區的集群 1 有較緊密的互動；而北投區北側亦是如此，受到觀光活動及旅次造成空間結構的微幅調整。

若觀察集群間的空間交互作用，其中的集群 2 及集群 5 分別為流量占比前兩大之社區。根據表 4-1 所顯示此二集群流量佔比佔了臺北市的 47% 的人流流動，其餘地區佔比共 53%，並多與此核心區有聯繫，顯示其強烈的 CBD 地位。比較分群結果與行政區劃分，可以發現臺北市南側除了文山區外，生活圈多橫跨 2 個以上的行政區，並且與行政區邊界呈現極大的差異，而北側士林區及北投區的生活圈劃分則與行政區較吻合，僅天母生活圈橫跨於兩行政區之間。若觀察中間生活圈劃分，可發現嚴重受到天然屏柵線影響，士林生活圈與內湖中山生活圈之間受地形限制，兩生活圈間出現一帶明顯的空白區域，而內湖中山生活圈與中山松山生活圈之間則受基隆河及民權東路的影響。

綜上所述，可得出自上而下的行政單元在人口密集的 CBD 較無約束能力，可能因為其有較強的動力突破上而下的行政單元限制：如高密度的就業機會、混合的生活機能等，使其能夠突破這種約束並重塑空間結構；於人口活動強度相對較低的市郊或外圍地區，行政單元邊界則有強烈的影響能力，形成明顯的周界線。人類的活動在無形中受到行政單元劃分的約束，對於空間結構的重塑能力較低。

最後，由於部分地區不具有公車站點，以及 Infomap 演算法本身可剔除離群值等原因，部分網格為空白值不含蓋在任何生活圈區劃內。圖 4-8 顯示臺北市可再細分為 9 至 10 個區域，這些區域為藉由流動人口網絡分析中檢測到的空間區劃，而進一步檢視其區域間的互動及流量，由圖 4-9 可發現假日之集群 10 屬於新北市汐止生活圈，故排除討論。

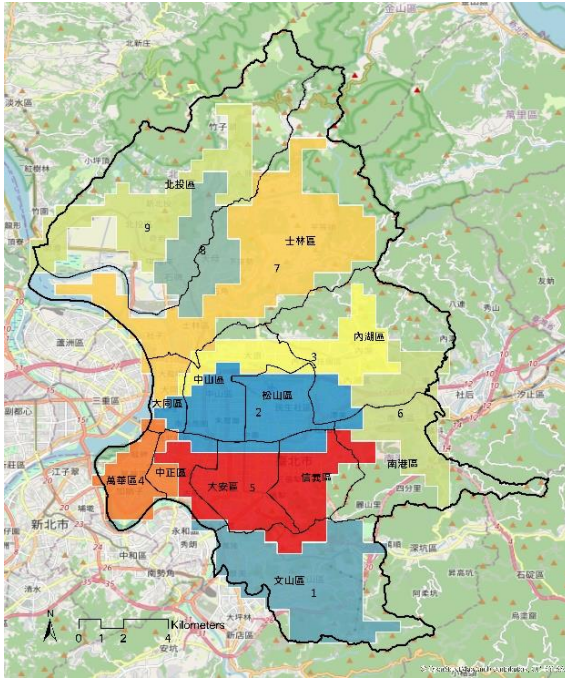


圖 4-8 平日空間區劃分群示意圖

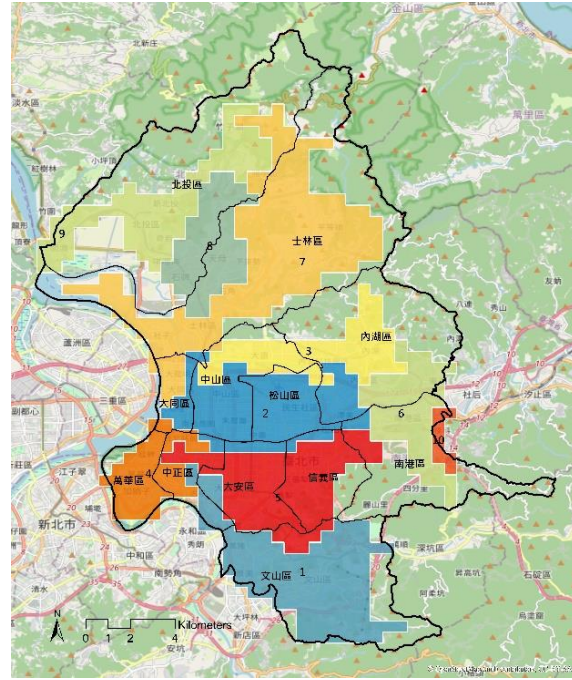


圖 4-9 假日空間區劃分群示意圖

二、生活圈指標比較

根據第二章第二節第五部分的研究設計，本研究依照流量比例及加權程度中心度將臺北市之生活圈劃分「核心生活圈」、「次生活圈」及「衛星生活圈」三種類型，如圖 4-10 所示。並比較平日及假日的區域空間層次結構與程度中心度的變化，以下分別進行說明。

(一) 核心生活圈

比較平日及假日的區域空間層次結構，如圖 4-11 所示，可以發現核心生活圈於平日較為活躍，有較高的流量注入，於假日流量則分散至次生活圈(文山區生活圈、萬華生活圈及大直內湖生活圈等)；進一步檢視程度中心度的變化檢視地區的聚集程度，從圖 4-11 的折線圖變化中，可以發現核心生活圈無論是平日或假日均保持最高的程度中心度，但假日的中心性卻略低於平日，顯示於非工作日 CBD 結構則較為不明顯，居民的活動分散至非核心地區，也間接透漏了 CBD 地區的商業角色定位。

(二) 次生活圈

次生活圈之中心性於平日、假日的轉換則有強烈的變化。多數次生活圈之假日流量佔比明顯高於平日，並以萬華生活圈為平日假日流量差之最，非工作日與工作日流量具有 3%之差距；其流量雖不如文山區，但其程度中心度卻遠高於核

心生活圈外的其他地區，推測其為臺北市的門戶地區，轉運功能使其與其他地區有更緊密的交流，尤其以假日更為嚴重。這樣的結果除了代表萬華生活圈於整體網絡的重要性外，也提示了萬華生活圈於假日的功能性可能更為強烈。相反的，大直內湖生活圈於平日之流量則明顯高於假日，推測為內湖科學園區之商辦、工作性質於平日吸引大量來自周圍的通勤人口，致使平日之流量較高。綜上，次生活圈多為依附在核心生活圈周圍之地區，並擁有特定強烈機能與核心地區產生互補狀態，雖然流量不如核心生活圈，但仍擁有一定程度的流量佔比。

(三) 衛星生活圈

衛星生活圈包含士林生活圈、天母生活圈、南港經貿園區生活圈及北投生活圈，共通點為其擁有較低的流量佔比，受到區位、機能分布的影響，這些地區容易形成較為自給自足的圈域，因此外部流量佔臺北市跨區域流量的比例較低，而程度中心度亦是如此，並以北投生活圈受到區位影響最為嚴重。

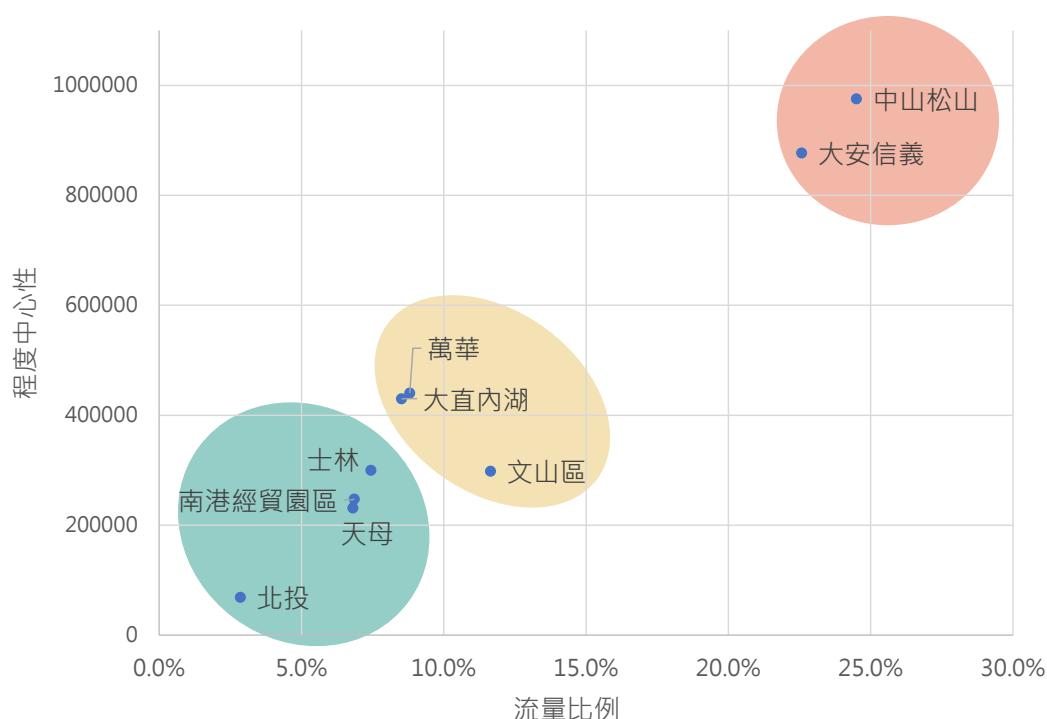


圖 4-10 生活圈等級分布散點圖

表 4-1 臺北市生活圈空間層次結構一覽表

分群 編號	地理位置	平日 流量占比	平日加權 程度中心度 (萬)	假日 流量占比	假日加權 程度中心度 (萬)	等級
2	中山松山	24.5%	97.60	22.1%	40.45	核心生活圈
5	大安信義	22.6%	87.72	21.0%	35.17	核心生活圈
1	文山區	11.6%	29.85	12.9%	16.13	次生活圈
4	萬華	8.8%	44.07	12.8%	24.80	次生活圈
3	大直內湖	8.5%	43.01	6.4%	13.42	次生活圈
7	士林	7.4%	30.02	8.4%	13.48	衛星生活圈
8	天母	6.8%	23.15	7.1%	10.50	衛星生活圈
6	南港經貿園區	6.9%	24.77	6.0%	9.84	衛星生活圈
9	北投	2.9%	6.90	3.1%	3.05	衛星生活圈

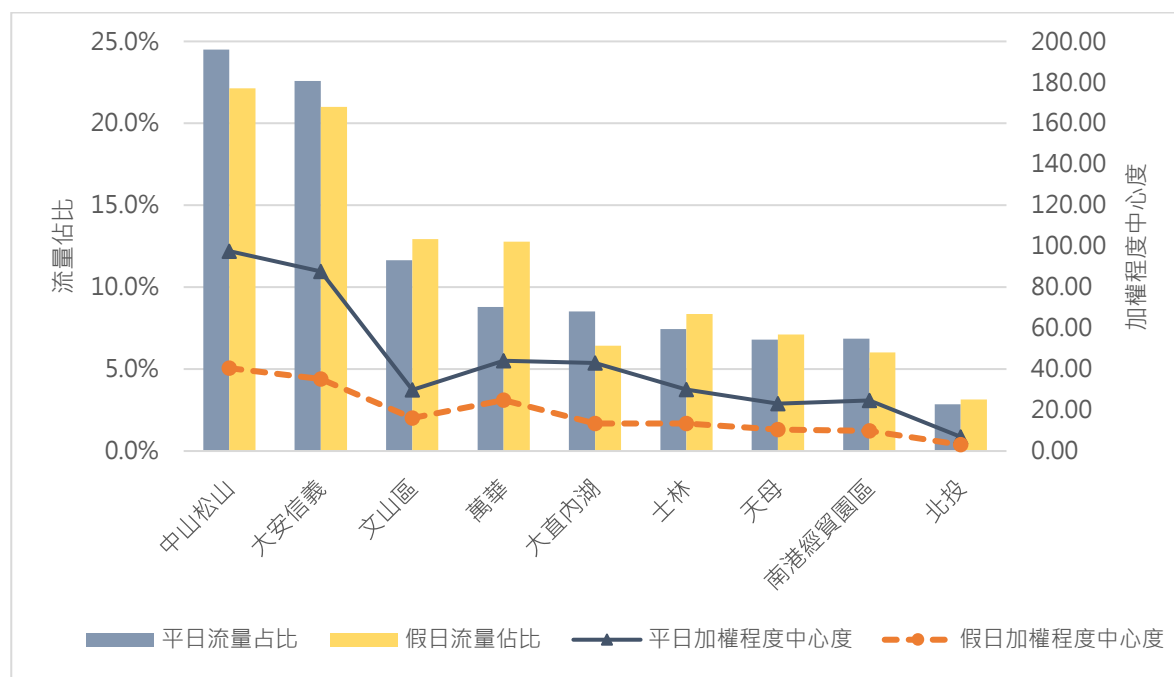


圖 4-11 臺北市生活圈流量、程度中心度組合圖表

三、臺北市區域層次結構辨識

本研究根據生活圈之流量、中心度以及空間交互作用繪製了臺北市的區域空間層次結構圖，如圖 4-13 所示，其顯示了各生活區的空間層次。其中，圖標的顏色和大小表示生活圈在臺北市都市結構中的角色，而鏈結的粗細則代表生活圈間的移動旅次數，鏈結越粗代表著生活圈之間的關係越緊密(本研究僅將強聯繫可視化，弱聯繫沒有顯示出來)。生活圈的位置是根據它們的相對地理位置排列的，透過將所有生活圈/節點之間的關係可視化，進而瞭解臺北市的都市空間結構。

(一) 區域空間層次結構

透過層次結構圖清楚的分辨臺北市生活圈結構和相對地理位置。綜觀來說，平日與假日的生活圈空間區劃差異不大，主要核心包含了中山松山生活圈及大安信義生活圈，因為其內部涵蓋了許多商務商圈(包含南京金融商圈、敦北民生商圈、敦南仁愛商圈、世貿商圈、松江南京商圈等)，是臺北市的核心商業區段，與周圍次生活圈地區都有強烈的聯繫，並擁有多元混合機能；大直內湖生活圈及南港生活圈則為政府以自上而下的方式推動的產業園區，擁有密集且建設良好的園區系統及都市規劃，並受益於政府提供的政策資源(如臺北內湖科技園區、南港軟體工業園區等)。然而，自上而下的政策雖然鼓勵了大直內湖生活圈及南港生活圈的蓬勃發展，從空間互動的角度來看，其與核心商業區並未形成一體化的發展趨勢；北側的北投、天母及士林生活圈，其地理位置位於臺北市西北部，然而區位條件及平柵線的隔閡使其成為較為獨立的衛星生活圈，與核心商業區的鏈結較弱之外，彼此間的空間互動強度也較低；南側的文山區生活圈則與北部生活圈不同，其雖然受行政區的力量於文山區內部自成一生活圈，但其與核心商業區有著密切的聯繫，形成依附在主生活圈旁的副生活圈，也可就其互動推測為兩者功能定位上的互補而造就此結果。

(二) 空間結構轉換

比較平日與假日空間結構的轉換，如圖 4-13 (a)所示，平日的結構以兩個主要生活圈為重要核心，並分別與大直內湖生活圈、文山區生活圈有次強的鏈結，與周圍衛星生活圈也有一定程度的聯繫。圖 4-13 (b)則顯示假日的重心轉至主生活圈與萬華生活圈之間，在 CBD 與周遭衛星生活圈的聯繫則轉弱。除了顯示在假日的都市空間結構中，CBD 地位削弱之外，也可以觀察出大安信義生活圈及萬華生活圈的休閒娛樂機能可能較為強烈，為假日的活動人口熱區地區。

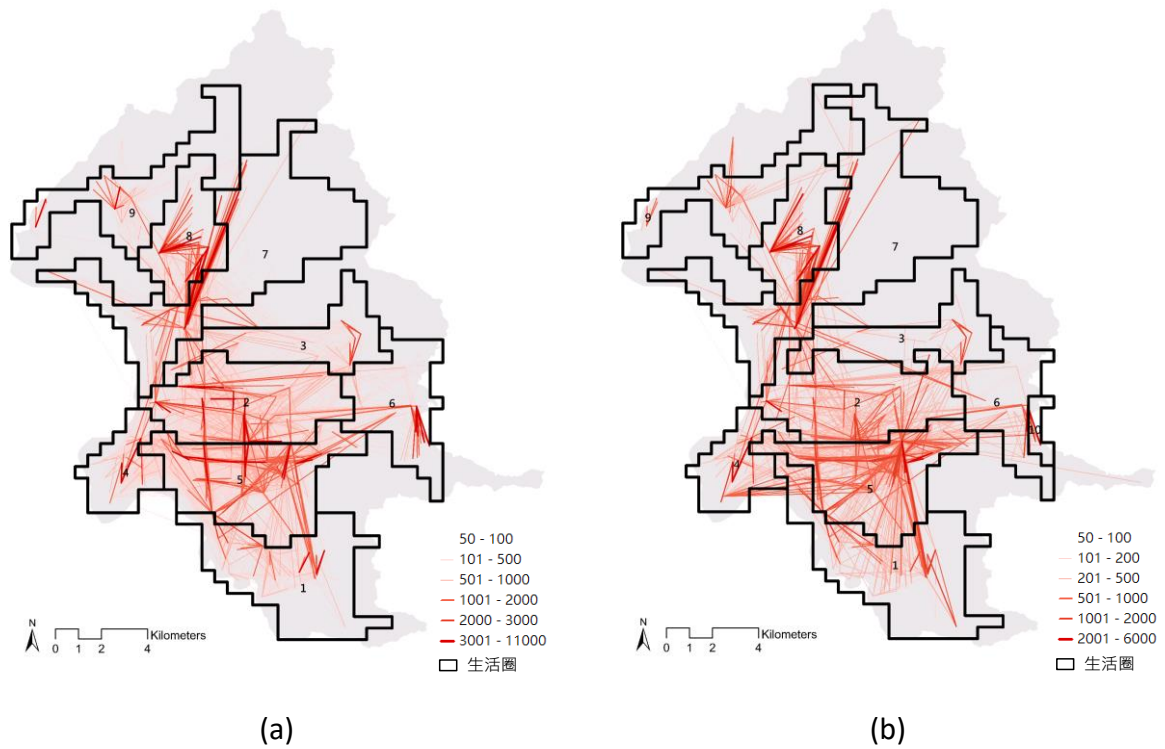


圖 4-12 平日及假日生活圈空間交互作用示意圖

(a)平日 (b)假日

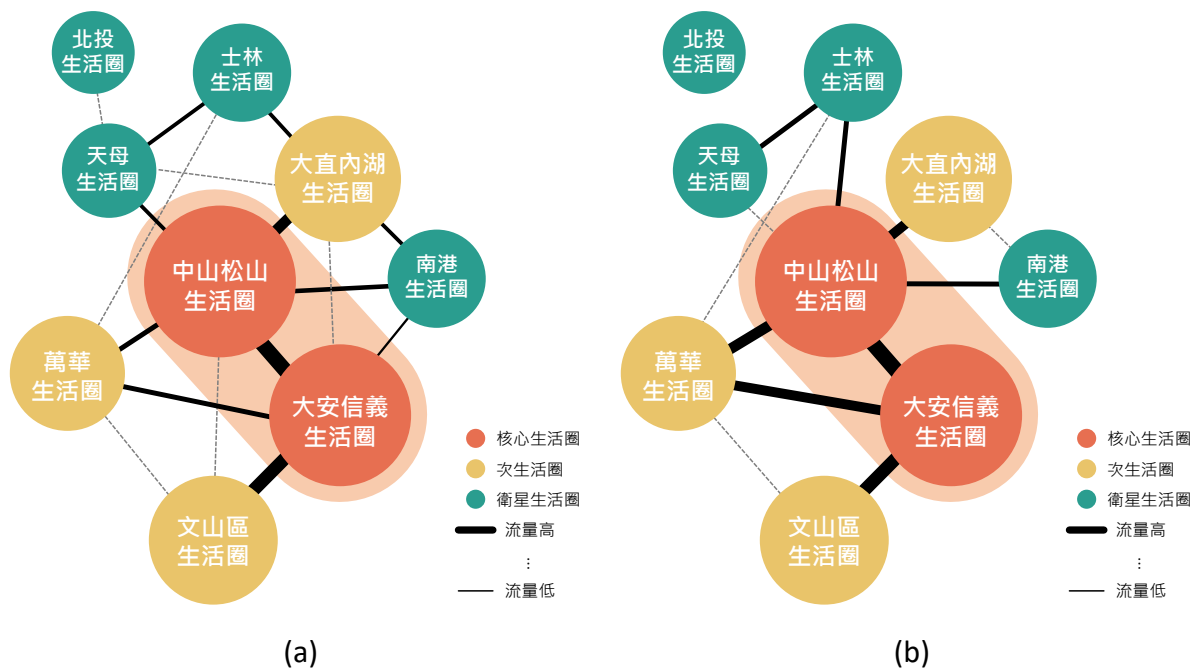


圖 4-13 平日及假日區域空間層次結構圖

(a)平日 (b)假日

參、分時結構

一、平日分時結構變化

(一) 空間結構分時指標

臺北市公車旅次的數據顯示了典型通勤的流量趨勢。在早晨 7 點至 9 點與傍晚 17 點至 18 點間各有一波高峰，並且晨峰略高於昏峰，顯示了平日的臺北市公車旅次來源多為通勤、通學所用；而進一步檢視模塊度的變化，模塊度在半夜達到最大值，這也代表生活圈的劃分結果在這個時間點為一天之中的最佳分群，但鑑於其分時流量相對低，並且多數在凌晨產生的旅次為短距離移動，使得這個時間點的節點互動相對劃分明確，產生較高的模塊度亦合理，但若作為檢視空間結構的代表則有失效度。整體而言，一天之中模塊度的最低值出現在下午 13 點至 15 點，顯示了生活圈的分群效果較差，整個網絡的連通性較高，都市空間的結構化程度低，其原因則可能來自於人類活動的複雜造成旅次的不確定性在下午達到最多元化。

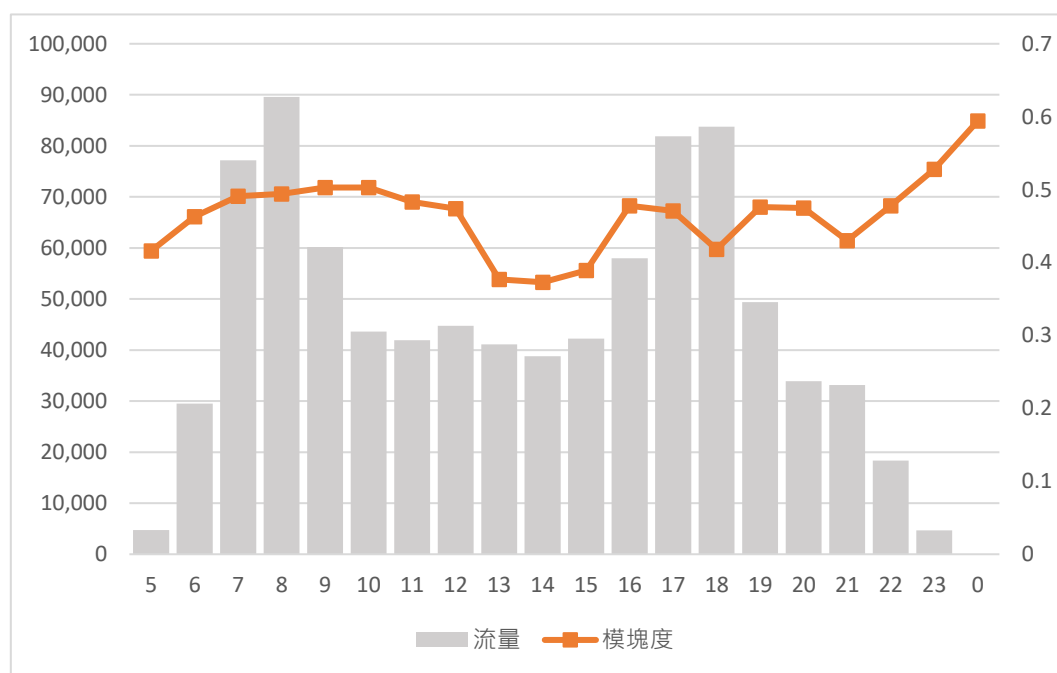


圖 4-14 平日流量及空間結構化分時變化圖

綜合以上流量及模塊度的分時動態解析，本研究選擇同時具有高流量及高模塊度的時間段作為分時結構基礎，分別為晨峰(7 點 - 9 點)以及昏峰(16 點 - 18 點)，觀察其於不同時間段的旅次特性。透過網絡分析檢測出生活圈間複雜網絡中具有密切聯絡的子網絡，亦代表其包含居民日常生活中緊密相連的住宅地區與工作地區。因此，本小節著重在深入探討生活圈具有高度結構化的時段，以其強烈的地區空間互動進一步辨識地區屬性，而觀察值則來自於一個地區的通勤

淨流量，透過通勤流入與流出量相減，獲得一個地區的通勤流量特徵。

(二) 流動人口冷熱區

本研究應用熱點分析 (Getis - Ord G_i^*)來識別每個生活圈的通勤匯聚或發散區域，將識別出的高於或等於 90% 信賴水準的地區解釋為生活圈的「匯聚區」和「發散區」。綜上所述，本研究運用熱點分析所生成的 z 值和 p 值觀察通勤淨流量高、低值的空間分布特性，並設定 800 公尺作為距離閾值，以晨峰與昏峰的通勤流量識別出的熱點是通勤流入量大於流出量的區域，在本研究中被稱為通勤匯聚區。相反的，冷點是通勤流出量大於流入量的區域，稱為通勤發散區。這些通勤匯聚區和發散區分別是臺北市中工作場所和居住場所的集中區域。

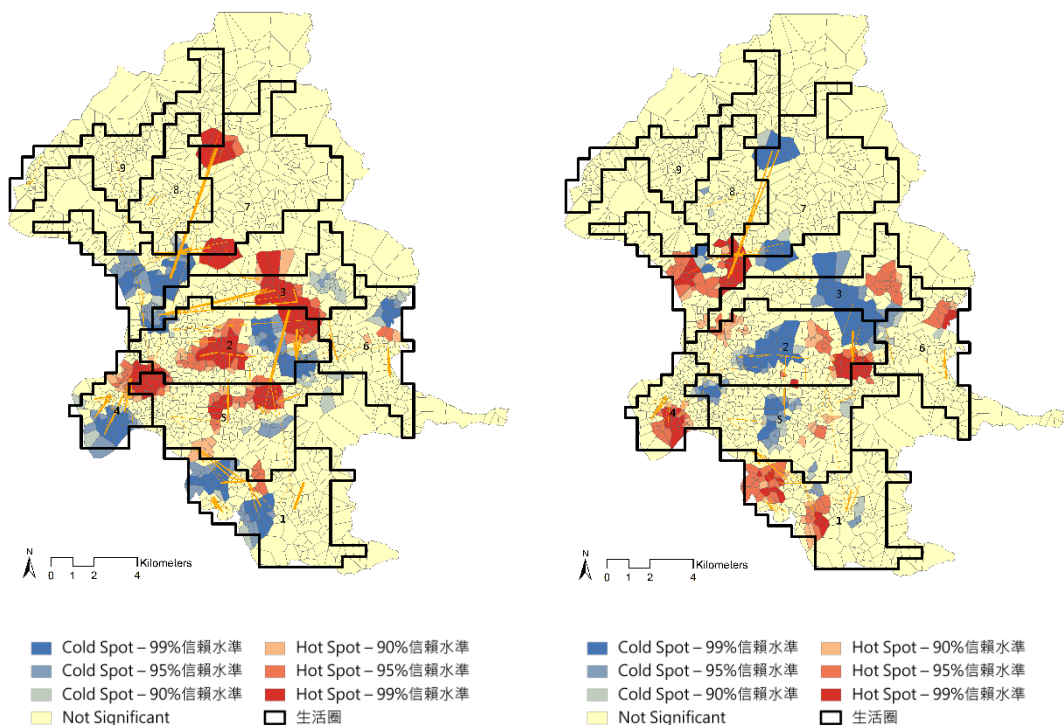


圖 4-15 平日晨峰通勤冷熱區分布圖 圖 4-16 平日昏峰通勤冷熱區分布圖

(三) 生活圈綜合評析

觀察平日臺北市生活圈內的通勤匯聚與發散地區，並加上通勤流量檢視都市臺北市的空間流動，可發現臺北市主要的通勤匯聚區包含了南港經貿園區、南京金融商圈、站前西區商圈、世貿商圈等，通勤發散區則散布在各個生活圈內，如圖 4-15 及圖 4-16 所示。進一步分析不同通勤匯聚及發散區的定位，可以發現南京金融商圈及世貿商圈之通勤匯聚區分別為中山松山生活圈及大安信義生活圈之核心，除了顯示核心生活圈中會具有中央核心商業地區外，也可觀察出台北市多核心的結構，而其餘通勤匯聚區則多位於二至三個生活圈的交匯處，產生

多個通勤發散區主要為一個相鄰的通勤匯聚區提供勞力的情形。詳細區位包含了士林生活圈(7)、大直內湖生活圈(3)及文山生活圈(1)，亦驗證了其作為次生活圈的定位，不僅空間區位鄰近核心生活圈，都市內的流動、機能亦息息相關。在士林生活圈(7)內部均有明顯的通勤匯聚區與通勤發散區，顯示在此生活圈內的勞、住比例相當均衡，居民多數在生活圈內居住及工作，因此在範圍內產生明確的工作區與居住區，生活圈內部凝聚力強、空間交互作用高產生獨立的衛星生活圈。

晨峰與昏峰的通勤流量空間結構亦呈現相反的冷、熱區情形，代表都市活動及其衍生旅次在平日較為固定，可由其流動推測出都市空間結構。這樣的發現不僅可以作為解讀每個生活圈上、下班期間旅次活動頻繁的區域空間結構，同時可以洞悉這些主要的住宅地區與工作地區之間的空間關係。綜上所述，本研究可加強對於生活圈分類的敘述，核心生活圈內部具有明確的中心商業區(中山松山生活圈及大安信義生活圈)，加上南港經貿園區後成為臺北市平日都市空間結構的三個重要核心；周圍次生活圈的居住區(通勤發散區)為這些地區提供勞力，因此在都市網絡中形成密切的聯繫，進而在重要核心周圍形成多個子網絡，成為都市空間結構中的次生活圈。最後，臺北市周圍之衛星生活圈內部則多職住平衡，在生活圈內有明確的通勤發散區及收斂區。

二、假日分時結構變化

(一) 空間結構分時指標

由流量變化及生活圈劃分顯著性(模塊度)檢視假日都市之結構化程度，如圖 4-17 所示，相比於平日有明顯的晨峰與昏峰，假日的流量聚集在白天 9 點至 18 點，並且分時流量平均、無明顯高峰，而模塊度亦是如此。模塊度於一天之中的高峰出現在早晨 7 點至 8 點之間，推測為假日之工作人口所至，規律性的移動使子網絡呈現一天之中最為緊密的系統，相對簡單的都市活動也至使整體網絡連通性低，成就除了凌晨之外的模塊度高峰。為進一步觀察假日之都市空間結構，本研究選定白天模塊度突出之時刻與傍晚流量高峰，從其相對變化檢視假日之都市系統，以下分別進行說明。

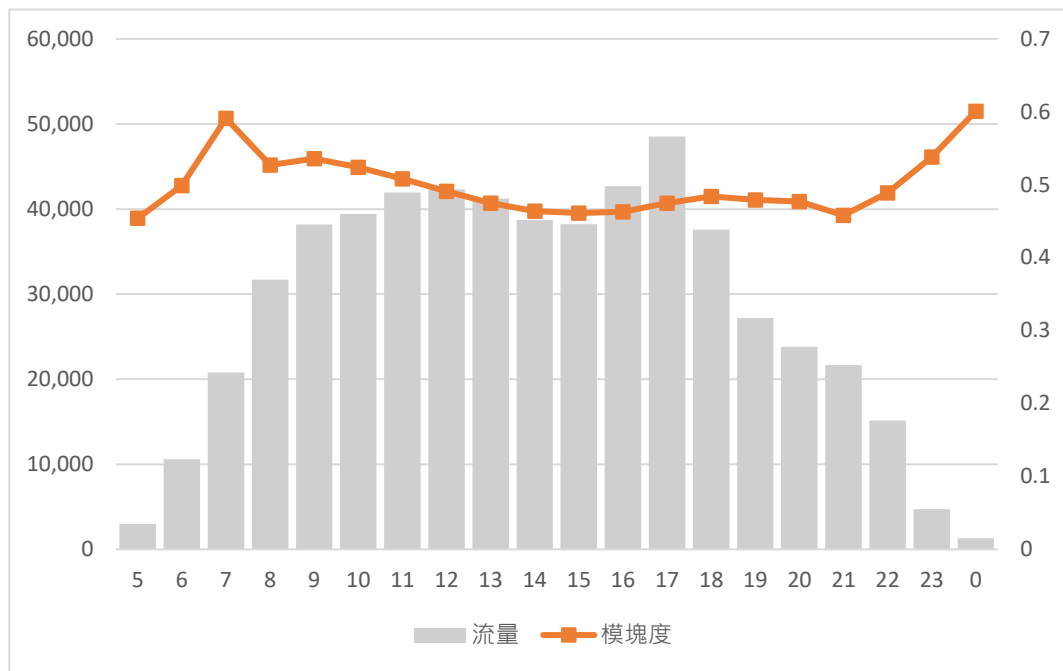


圖 4-17 假日流量及空間結構化分時變化圖

(一) 流動人口冷熱區

假日觀光活動盛行，而本研究著重單一運具呈現之流動人口空間結構，因此通勤發散區域很可能代表著其他地區轉乘至本市之重要交通節點。由圖 4-18 可以觀察出三大重要之流量發散區，分別為大同區北側、萬華區西南側及文山區，大同區位於站前西區商圈，以台北車站、轉運站為中心帶動周圍極高的活動人口流動率，並成為臺北市之重要門戶地區，作為外縣市活動人口於本研究地區之旅次的起點。旅次發散區不再代表住宅地區的聚集處，而是重要的交通轉運節點；萬華區及文山區之流量發散區，則為與平日相同之冷區結構，推測為主要住宅集合地區。

另外，平日之晨峰與昏峰呈現相反之通勤淨流量冷熱區，而假日則與之不同，觀察假日昏峰之發散區及匯聚區，與晨峰呈現截然不同之都市空間結構：士林商圈在昏峰時刻為重點收斂地區，並且多數旅次由臺北市北側而來，顯示士林商圈及周圍可能為臺北市北側傍晚至夜間之重要休閒娛樂場合；臺北市南側公館商圈為重要休閒娛樂場域，蒐集臺北市南側之活動人口。最後，萬華生活圈與文山生活圈內之收斂區則與平日呈現相同結構關係，為住宅區聚集處造成的結果。

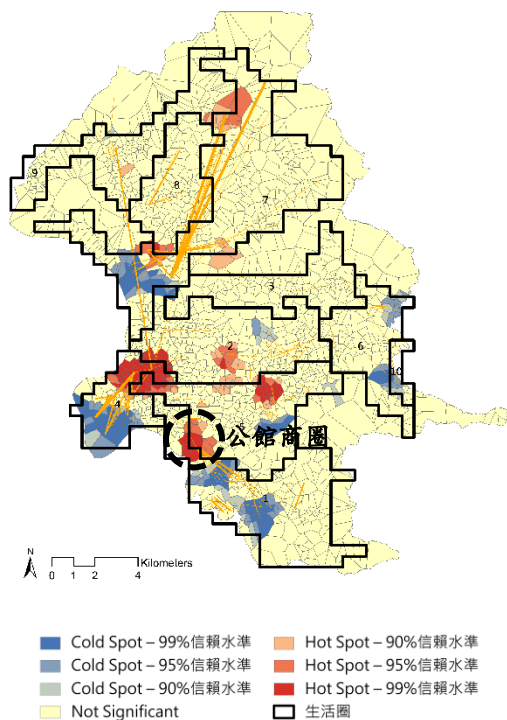


圖 4-18 假日晨峰通勤冷熱區分布圖

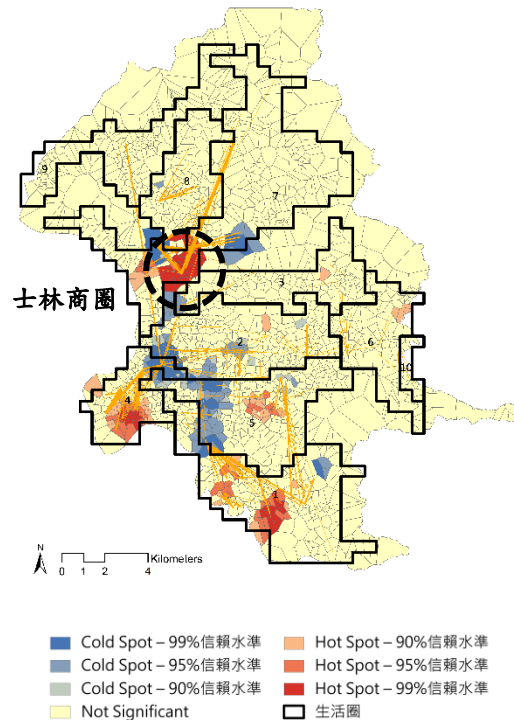


圖 4-19 假日昏峰通勤冷熱區分布圖

(二) 生活圈綜合評析

觀察臺北市假日之通勤匯聚與發散地區，並加上流量數據檢視都市臺北市的空間流動，可發現臺北市平日流量多數聚集於核心生活圈內，並且於單個生活圈內有明顯的流量。反之，假日有大量的跨生活圈流動，並且整體空間流動呈現由內向外發散的情形，旅次於假日有很大一部分前往臺北市北側士林、北投一帶，以及往臺北市南側木柵等觀光活動盛行的地區。本結果顯示整體都市網絡於假日時連通性高，複雜的活動造就結構化程度較低，而平日則依照居民之日常生活規律有明顯的空間劃分系統。

進一步觀察生活圈於平日與假日之間的變化，本節的第參之二部分有提到平日與假日生活圈區劃的差異，其中文山生活圈於假日延伸至中正、大安區一帶，由圖 4-18 及圖 4-19 之通勤冷熱區分布圖即可觀察出原因，由結果可推測為公館商圈於平日多服務周圍學區、住宅區之居民，而假日的休閒娛樂活動則使其服務範圍擴大，並與文山次生活圈的住宅區有大量的聯繫，進而造就生活圈劃分的變動結果。

另外，本研究將生活圈透過空間交互作用區分為核心生活圈、次生活圈與衛星生活圈，然而此種空間階層關係彰顯了平日的都市互動結果，於假日卻無法有

效地描述整體臺北市之都市系統：核心生活圈在假日不再為整體都市之重要核心商業地區，幾個重要的流量熱區均分布在核心生活區邊緣。除了顯示核心商業區之性質可能偏向商務活動，而零售服務等休閒娛樂商業性質則分布於核心商業區周遭，使平日與假日的空間結構有巨大的差異，並且同一地區之機能轉換效果不彰。

第三節 信令資料作都市功能分類

本節以信令資料作為活動人口，從其數量變化及規律反推都市功能分類。而相關實證分析將分為三個部分：第一部份為驗證活動人口與都市功能分類之關聯性，奠定後續實證之基礎，第二部分則進入以活動人口推測都市功能分類之分析，第三部分則以推測結果作驗證，確定研究的可行性。

壹、活動人口與都市功能分類之關聯

一、活動人口與功能分類關聯性驗證

為瞭解活動人口與地區功能分類之間的關聯，本研究使用了以下數據：(1) 活動人口數據，以信令資料作為活動人口的依據，並分為平日白天、平日晚上、假日白天、假日晚上四個時間段的分時資料(白天為 7AM – 19PM、晚上為 19PM – 7AM)。(2) 功能分類數據，以國土利用調查系統為基礎，重新整理為本研究之分類系統，如 4 第一節所述。而為使功能分類能與活動人口接口進行處理，將研究區域劃分為 1,140 個 500 公尺 × 500 公尺的網格單元，透過網格單元內之國土利用比例作為該單元之功能分類度量，以利後續進行空間自相關分析。

接著本研究使用全局雙變量 Moran's I 來探索每個網格單元中活動人口與都市功能分類之間的空間相關性。全局雙變量 Moran's I 量化了兩個變量之間的空間關係，其根據單元間的相對位置及空間度量來評估其相關性，透過計算若 BMI 值(Bivariate Moran's I values)、Z 值及 P 值來對資料集的顯著性進行評估。若 BMI 值 > 0 表示變量在空間上呈正相關，值越大空間正相關越明顯；BMI 值 < 0 表示變量在空間上呈負相關；值越小空間負相關越明顯；BMI 值 = 0 代表變量在空間上是隨機分布的。而空間分析結果如圖 4-20 所示，詳細 BMI 值可參考表 4-2。

圖 4-20 顯示了 8 類功能分區與活動人口的空間關係，整體來說，活動人口與大部分都市功能分類在空間上呈現正相關，亦即活動人口變化與該區功能分區分類有一定關聯。如表 4-2 所示，除「工業」以外其餘功能分類與活動人口之 BMI 值均大於 0，且 p 值亦均小於 0.001，表明住宅、商業及混合使用住宅等 6 類功能分區與活動人口顯著相關。除此之外，細看每種功能分類與分時活動人口的空間關係，其中，商業、純住宅與混合使用住宅與活動人口之間有強烈的空間相關性，較高的 BMI 值表明了前述三者與活動人口之間有更顯著的空間相關性，且具以下幾點特性：

(一) 商業功能與活動人口分時資料之相關性分析，平日白天活動人口相較其他分時資料有較高 BMI 值，推測其原因為人口於平日白天聚集至商辦地區工作，

產生大量活動人口，因此與商業功能呈現明顯空間相關性。

(二) 純住宅地區剛好與前者相反，不論是平日或假日，於晚上的 BMI 值均明顯高於白天，推測為白天居民活動四散於各種功能分類之地區、夜晚則回家休息，以致住宅功能分類與活動人口於夜晚有較高的空間相關性。

(三) 混合使用住宅與任何時段之活動人口空間分析所得之 BMI 值為當中之最，因其同時具有商業及住宅的特性，於各個時間橫斷面上呈現不同的功能特性，如於混合住宅區中，白天呈現零售地區特性、夜晚則呈現住宅區特性，其功能表徵隨著時間進行轉換，能夠更貼近活動人口變化，致使其於任何時間段與活動人口的 BMI 值均大於 0.6，呈現強烈的空間相關性。

綜上所述，不同功能表徵分別與各時段之活動人口具空間相關性，並能反映至該功能之屬性，因此本研究可認定活動人口與大部分都市功能分類之關聯，並奠定後續以活動人口推測功能分類之基礎。

表 4-2 活動人口與都市功能分類之間的 BMI 值

BMI 值 (P 值顯著性)	平日白天 (7-19 點)	平日晚上 (19-7 點)	假日白天 (7-19 點)	假日晚上 (19-7 點)
商業	0.467***	0.346***	0.396***	0.349***
純住宅	0.42***	0.517***	0.463***	0.504***
混合使用住宅	0.681***	0.687***	0.689***	0.687***
工業	-0.017	-0.018	-0.023	-0.019
學校	0.241***	0.244***	0.23***	0.227***
其他建築利用	0.146***	0.117***	0.14***	0.117***
遊憩使用土地	0.171***	0.164***	0.171***	0.164***

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

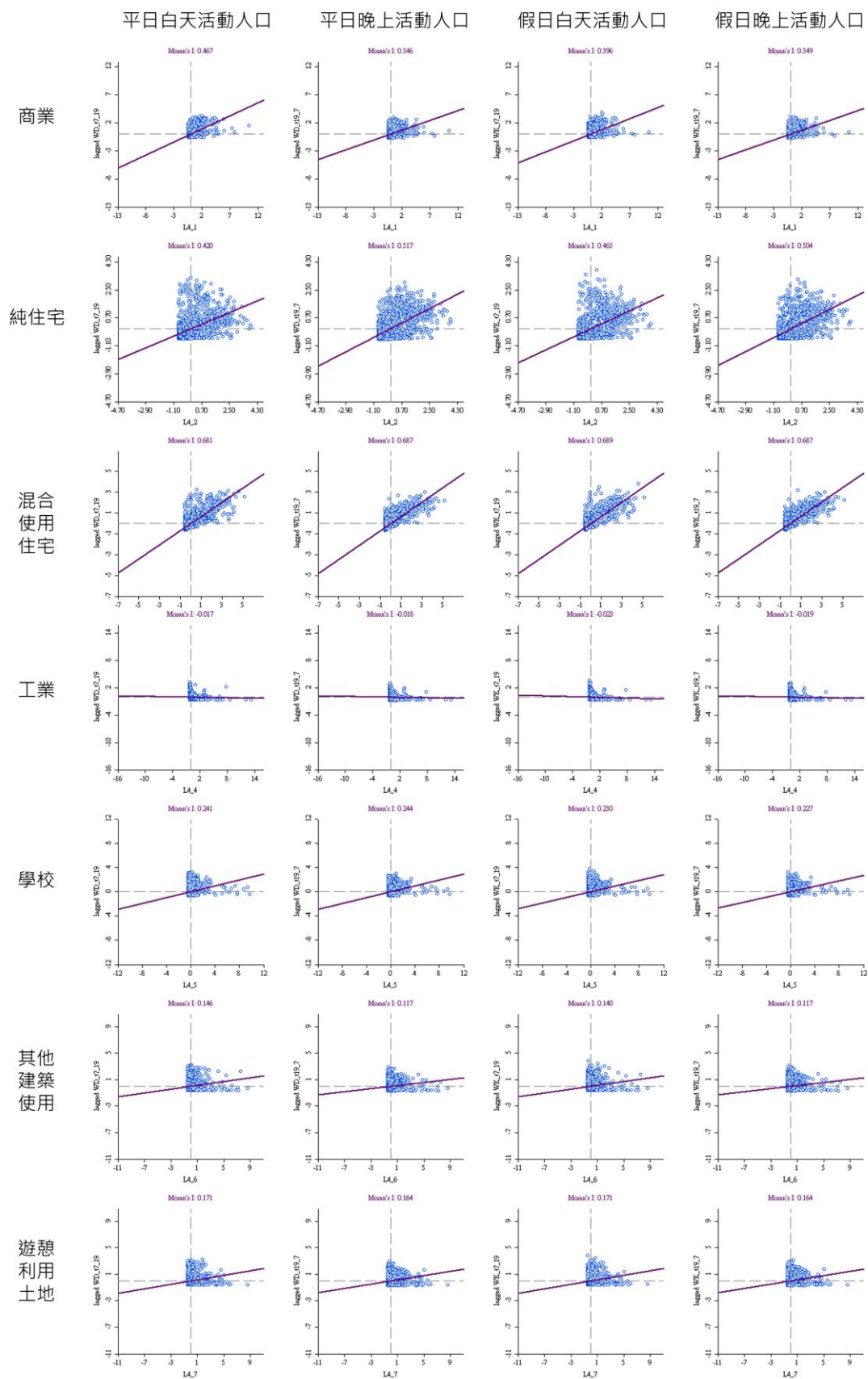


圖 4-20 活動人口與都市功能分類 Global Moran's I 散佈圖

二、各類型功能分區活動人口變化

初步驗證活動人口與功能分類之關聯性後，即可進一步確認各功能分類內的日常規律。而為了將每個網格單元指定為某種功能分類以檢視其活動人口變化，參考如附錄二之分類系統，將單元依據內部土地利用比例重新整理為本研究的分類系統，以網格單元內之土地利用比例為基礎，選取該網格內佔比最多之功能作為該網格單元之功能表徵，調整後之功能分類分布如圖 4-21 所示。

承上，將臺北市功能屬性分為 8 大類後，依前一部分之空間自相關分析結果，選取與活動人口具空間相關性之商業、住宅、混合使用住宅、學校及遊憩利用土地等 5 項功能分類檢視。為平衡核心商業區與郊區之人口規模差距，使研究能夠聚焦於活動人口的變化規律，將每個網格單元單日的活動人口進行標準化，得出標準化後的活動人口變化趨勢，作為後續觀察依據。

經前述步驟重新整理活動人口數據，不同功能分類的活動人口變化趨勢如圖 4-22 所示。可以看到所有功能分類都可以通過平日與假日的模式（包含 48 個點）組合來表徵，例如商業功能的特性為於白天有更多的活動人口存在，且平日又比假日更晚出現活動人口的高峰，而到了夜晚 Z 值則為負；住宅區則是與前者相反，於夜晚有較高的活動人口存在，於單一日的活動人口變化呈現凸函數的趨勢；混合使用住宅則類似商業屬性之表徵，但平日之活動人口高峰相對較早；學校功能則是於平日與假日有明顯的差距等。多數功能分類都可以產生類似的變化表徵，每種類型的向量特點亦代表了功能分類的屬性，因此可得知活動人口不僅與功能分類有高度空間相關性，並可以從其變化趨勢反推功能屬性。此結論除了作為後續分析之基礎，亦能為後續從活動人口變化趨勢反推功能屬性之步驟提供參考。

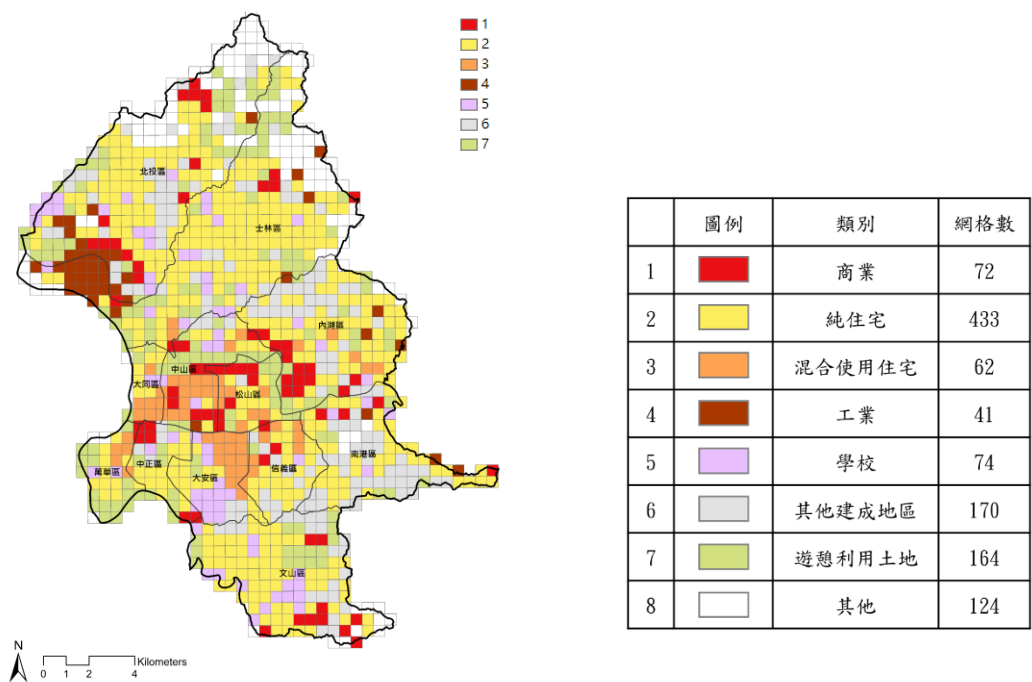


圖 4-21 國土利用主要功能分類示意圖

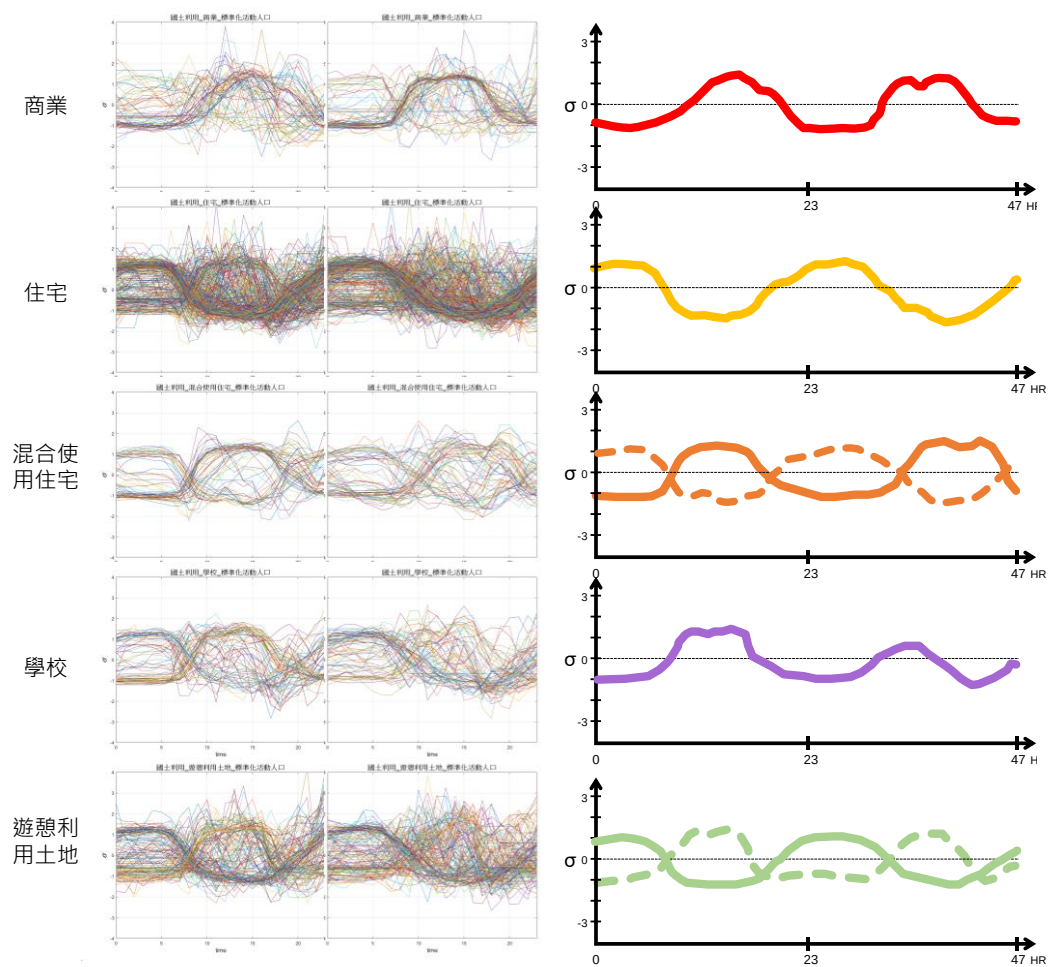


圖 4-22 各功能分類日常規律示意圖

貳、活動人口推測都市功能分區

本研究透過集群分析，由活動人口變化趨勢逆向推論功能分類，因此分別以臺北市平日及假日的活動人口時間序列作為變數進行分群。依照前一部分所觀察各功能分類的活動人口變化趨勢，可以發現大致分為兩種類型：第一類為白天的活動人口多於夜晚，包含了商業、學校、遊憩利用土地等；第二類則為夜晚之活動人口多於白天，包含純住宅及混合使用住宅等功能分類。換言之，在機能嚴重混合的地區，接近於商業屬性之功能分類在活動人口的變化上較容易呈現凹函數之趨勢，而類似於住宅屬性之功能分類則相反，活動人口的變化較容易出現凸函數的趨勢。此兩種屬性在活動人口的變化趨勢上有強烈的影響效果，因此採用階層式集群分析方法。

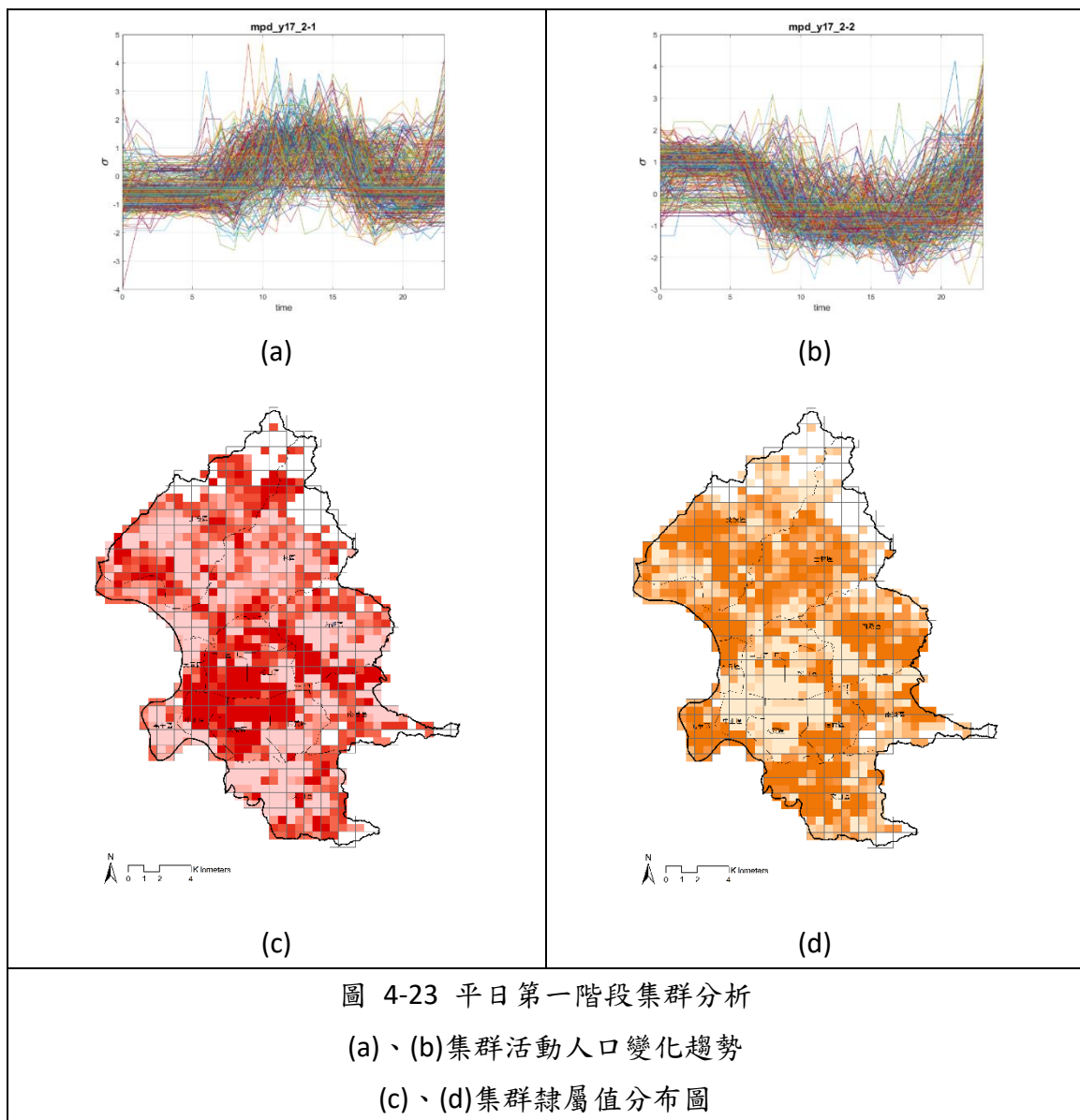
本研究設定之階層式分群法，首先將標準化過後的活動人口時間序列以 Fuzzy C-means 演算法進行集群分析，並設定為分類成兩個大集群，使基本人口變化趨勢能初步先分為凸函數及凹函數兩大類別，接著再以適當的集群評價指標判斷最佳分群數量，並作第二階段的分群。這樣的做法經試驗後能夠得出更加相似之活動人口變化趨勢，以便後續推論都市功能分類之作業。

一、平日活動人口階層式集群分析

(一) 平日第一階段集群分析

以最影響活動人口的兩項功能屬性檢視，先將活動人口依時間序列變化分為偏向商業屬性(凹函數)及偏向住宅屬性(凸函數)之兩大類，因此以 2 組進行 FCM 分群法，分群結果如圖 4-23(a)、(b)所示。第一組為類似於商業功能屬型的活動人口變化趨勢，多數活動人口於白天 7 點後出現，並於 17 點後人口開始下降，夜晚的活動人口 Z 值多數為負；第二組為相似於住宅屬型的人口變化，於 0 點至 6 點維持穩定的活動人口數量，而 6 點後人口則開始離開此區域，直至夜晚 20 點後才陸續回到本功能區域。

隸屬度為表示一個目標隸屬於某個集群的程度，並介於 0 與 1 之間，最後會將每個目標分配給隸屬度最大的集群。而圖 4-23(c)、(d)分別為以 FCM 集群分析所作出的隸屬度，觀察其變化及分布可以解釋每個網格相似於商業抑或住宅屬性的程度。如圖 4-23(c)所示，相似於商業屬性(白天活動人口較為活躍)的地區除了核心商業區及內湖科學園區之外，亦包含了臺北市西北部的捷運淡水線沿線，其周圍具學區(包含北市大、北藝大、陽明大學等多間學校)功能屬性，以及臺北市北端的近郊遊憩功能，涵蓋陽明山國家公園等地區。圖 4-23(d)則為接近住宅屬性的隸屬度分布，可能代表著地區住宅屬性的強度、比例。



(二) 平日第二階段集群分析

第二階段的分群則是再將凸函數及凹函數的變化趨勢詳細分類，得到不同功能分類屬性之人口變化結果。集群評價指標則是能夠在兩階段集群分析程序中提供分類依據之係數，其中輪廓係數(Silhouette Coefficient)因其以不相似程度評估集群分析結果，適合用在以時間序列為變數作 FCM 的集群分析，透過重複進行集群分析計算出輪廓係數，輪廓值越大，集群分析效果越好，並在比較不同簇數下輪廓值的變化進而選出最適分群數量。依照圖 4-24 顯示，平日商業屬性活動人口時間序列在以 FCM 集群分析後，最高輪廓值出現在兩個集群中，這表明最佳集群數是兩個簇，因此再次以 FCM 集群分析方法將其分為兩個集群。同樣的步驟用於類似住宅屬性的第二大集群，最高的輪廓係數出現於分為三個簇中，並於實施二階段集群分析後，本研究共得到 5 個具有相似活動人口變化趨勢之集群，對照圖 4-22 有以下發現：

1. 白天活動人口的集群 1 再分類為兩群後，可發現第 C2-1-1 類相較於 C2-1-2，整體變化趨勢較為單一，於 7 點至 18 點有較多的活動人口存在，與臺北市商務地區工作時間一致，除此之外，於中午時段亦有微幅下降，基本可以捕捉商辦地區的日常活動規律，因此可推斷該集群涵蓋了辦公區及商業地區等。
2. 集群 C2-1-2 可能代表著混合的商業土地利用，活動人口變化起伏較大，且除了在商業時段有活動外，夜晚亦有相較凌晨高的活動人口存在。相對於集群 C2-1-1 的穩定時間序列，集群 C2-1-2 可能涵蓋了零售地區、遊憩地區等具服務性質之商業及休閒地區。
3. 第 C2-2-1 個集群則為偏向住宅屬性中變化趨勢最為穩定之集群，其於夜晚有穩定且相對較高的活動人口存在，早晨 7 點至晚間 20 點間人面臨活動人口流失，符合純住宅區之特性，可以穩定的判斷此類活動人口趨勢之都市功能分類。
4. 第 C2-2-2 個集群則有兩個元素來表徵其土地利用：(1) 相對其他集群，C2-2-2 之變化幅度較小，Z 值均維持正負 1 之間，以及 (2) 在夜晚 20 點到凌晨 0 點之間有強烈的活動，表明其可能為夜生活環境。此種情況可能源自其功能分類不僅為高度住商混合之地區，並且可能為都市之夜生活區，土地利用包含餐館、酒吧等。
5. 第 C2-2-3 個集群之趨勢走向同為住商混合之特性，與前者不同的是其於白天流失的活動人口較少，可能為重要交通場站附近之住宅區，混合部分零售功能屬性，及大眾運輸帶來的人潮，致使活動人口之低峰位於傍晚，呈現住宅混合部分商業之功能屬性特徵。

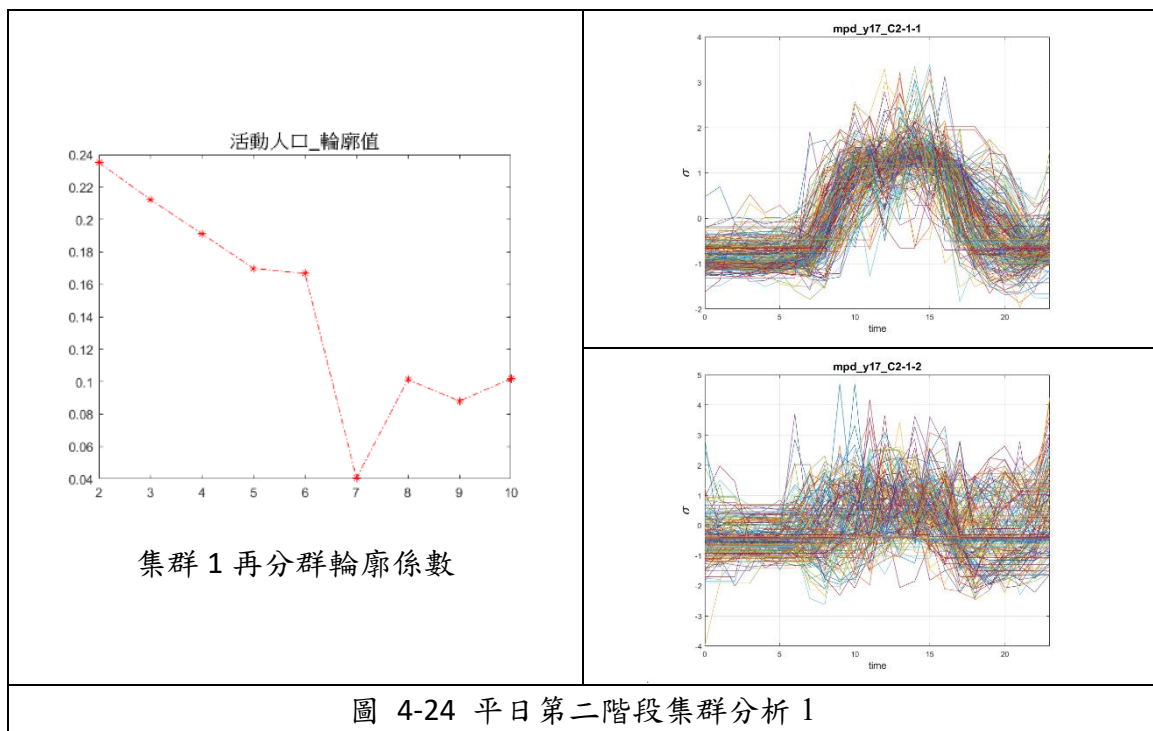


圖 4-24 平日第二階段集群分析 1

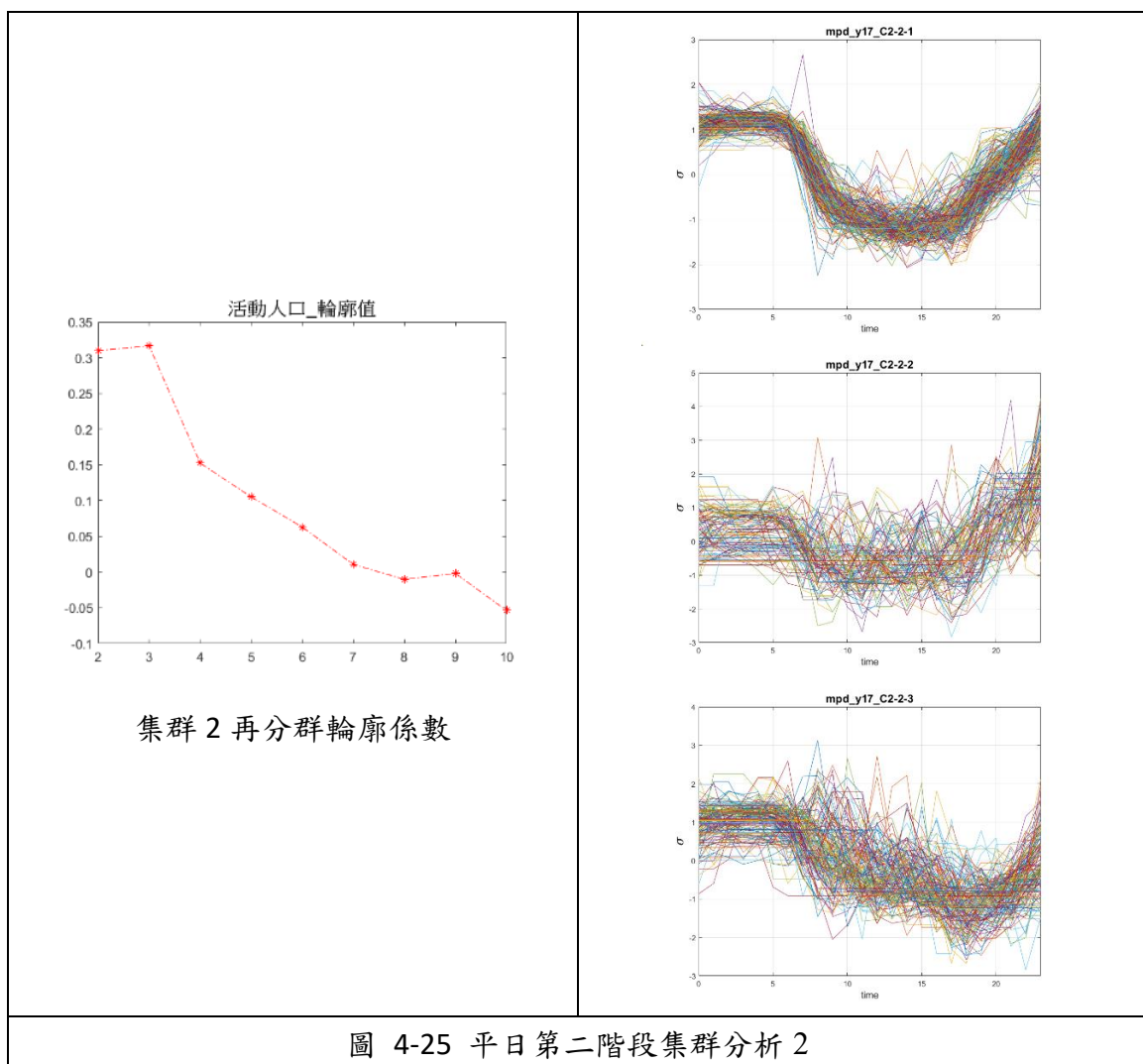


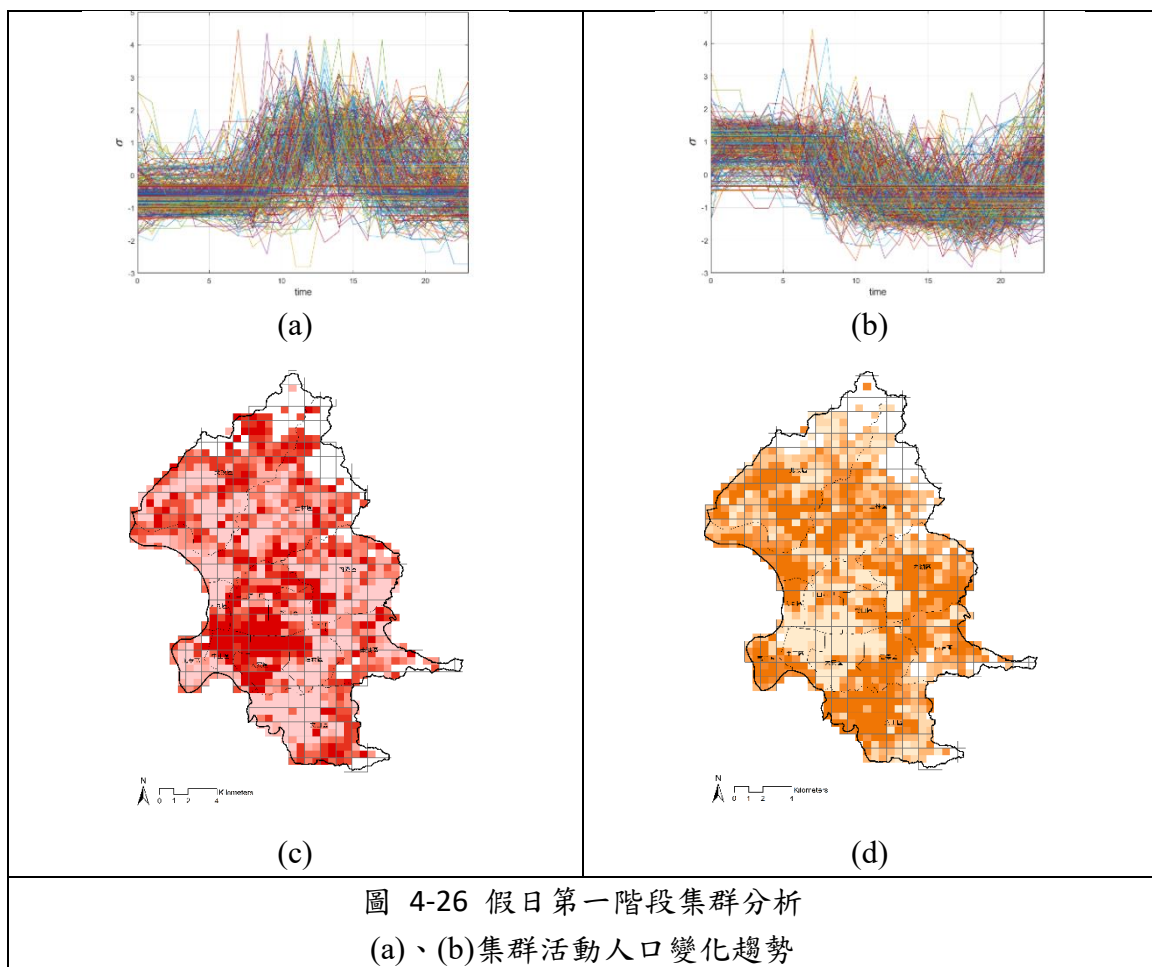
圖 4-25 平日第二階段集群分析 2

二、假日活動人口階層式集群分析

(一) 假日第一階段集群分析

與平日使用一樣的階層式分群方法同，先將活動人口依時間序列變化分為偏向商業屬性(凹函數)及偏向住宅屬性(凸函數)之兩大類，分群結果如圖 4-26 (a)、(b)所示：第一組同樣為類似於商業功能屬型的活動人口變化趨勢，但與平日不同的是，多數活動人口於白天 9 點後出現，並持續到更晚，整體變化趨勢相比平日之集群 1 也較多樣化；第二組同樣為相似於住宅屬型的人口變化，於 0 點至 8 點維持穩定的活動人口數量，而人口則於 8 點至 10 點間開始離開此區域，相較平日居民離開住宅的時間較晚，人口變化起伏相較平日也較小，Z 值整體不低於-2。

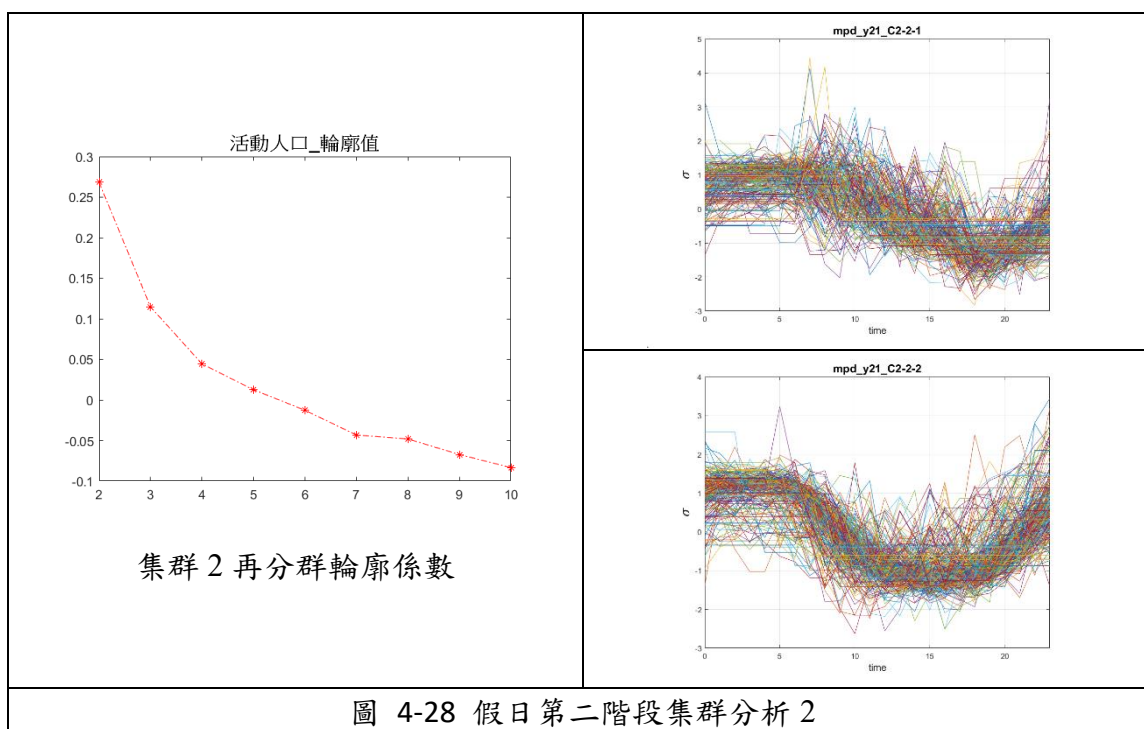
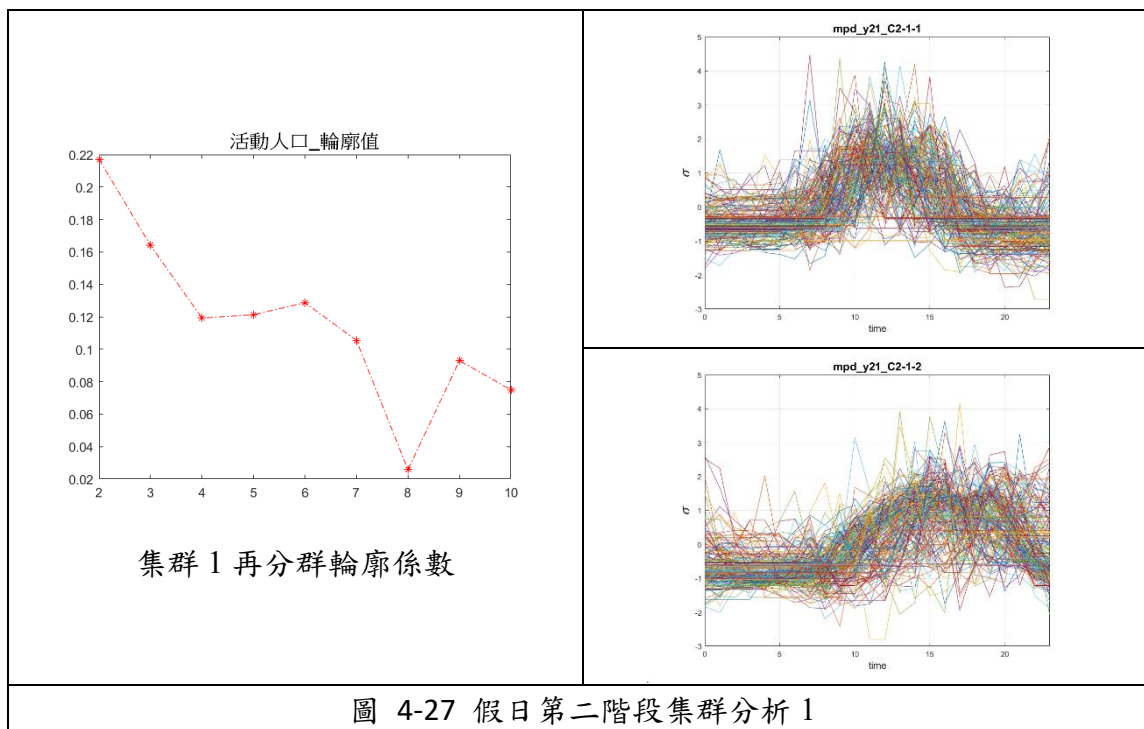
檢視假日活動人口以 FCM 集群分析所作出的隸屬度結果，如圖 4-26 (c)、(d)所示。與平日的隸屬值比較，除了核心商業區依舊有較高的數值存在外，周圍地區較高的隸屬值轉移至臺北市北側士林區一帶，而圖 4-26(d)表示相似於住宅屬型的隸屬度分布，假日之分布相較平日平均，許多偏向商業屬性之網格在假日也都有功能表徵的轉變，轉而呈現凸函數的變化趨勢。



(二) 假日第二階段集群分析

對假日活動人口同樣進行第二階段集群分析。依照圖 4-27 及圖 4-28 所示，假日商業屬性及住宅屬性活動人口時間序列在以 FCM 集群分析後，最高輪廓值均出現在兩個集群中，這表明各自再分群之最佳集群數都是兩個簇，因此再次以 FCM 集群分析方法分別將其分為兩個集群。實施二階段集群分析後，本研究共得到 4 個具有相似活動人口變化趨勢之集群，對照圖 4-22 有以下發現：

1. C2-1-1 集群與 C2-1-2 集群為偏向商業屬性之集群 1 再分群結果，兩者在趨勢變化上都趨於一致且穩定，而之間的差異在於活動人口的活躍時間相異，C2-1-1 集群活動人口高峰出現於早上 10 點至傍晚 17 點，都市功能屬性偏向白天活躍的商業活動，同時可能包含郊區休閒娛樂地區；C2-1-2 集群則是於夜晚有相較白天高的活動人口存在，表明其同樣可能為夜生活環境，土地利用包含餐館、酒吧等夜間活躍之零售服務。
2. 假日的第 C2-2-1 集群與平日的 C2-2-3 集群趨勢走向相似，均為 9 點過後人口緩慢下降的趨勢，為住商混合之特性，與前者不同的是其於白天流失的活動人口較少，可能為重要交通場站附近之住宅區，混合部分零售功能屬性，及大眾運輸帶來的人潮，致使活動人口之低峰位於傍晚，呈現住宅混合部分商業之功能屬性特徵。
3. 假日的第 C2-2-2 集群與平日的 C2-2-1 集群(純住宅)走向相似，但趨勢不如平日一致穩定，推測可能為居民於假日的休閒活動變化較大，因此住宅功能分類內居民的日常規律無法呈現如平日穩定之趨勢。



三、集群分類命名

在平日時段本研究依階層式分群結果將土地分為 5 種功能分類，其中，偏向商業屬性之 C2-1-1 及 C2-1-2 依其活動人口活躍之時段又可分為商辦地區與零售地區，彌補國土利用調查僅有「商業使用」之遺憾；住宅屬性之地區，C2-2-1 擁有最乾淨、穩定之日夜變化趨勢，因此將其定義為純住宅功能；C2-2-2 及 C2-2-3 之變化趨勢相較純住宅有些為變化：C2-2-2 之活動人口活躍時段為夜晚期間，但不超過凌晨 12 點，因此將其定義為住宅混夜晚商業區，而 C2-2-3 則於白天有零星活動人口存在導致人口下降趨勢較為緩慢，定義其為住宅零售混合之都市功能地區。

由於假日勞動人口減少，商辦屬性之人口變化趨勢削弱，取而代之的為更興盛之商業活動，假日時段透過階層式集群分析則可分類為 4 種變化趨勢，據以細分為白天活躍之商業地區(C2-1-1)及夜晚活躍之商業地區(C2-1-2)；而住宅地區則又可細分為純住宅(C2-2-2)及住商混合地區(C2-2-1)。

表 4-3 分群結果功能分類一覽表

平日分群	功能分類名稱	比例	假日分群	功能分類名稱	比例
C2-1-1	商辦地區	25%	C2-1-1	白天活躍零售地區	19%
C2-1-2	零售地區	18%	C2-1-2	夜晚活躍零售地區	20%
C2-2-1	純住宅	31%	C2-2-2	純住宅	38%
C2-2-2	住宅混夜晚商業區	10%	C2-2-1	住宅混零售	23%
C2-2-3	住宅混零售	16%			

參、基於大數據之土地功能分類結果

一、分群結果檢測率驗證

為了進一步驗證基於活動人口變化趨勢集群分析所得之都市功能分類方法，本研究將分類結果與國土利用調查進行比較，較可惜的是國土利用調查無法確認商業使用為商辦地區或零售地區，亦有許多商辦地區位於混合使用住宅，因此僅能以分類比例矩陣大致確認分類結果的可行性，無法作為指定功能分類之依據。根據階層式集群分析結果表明，區域的活動人口變化趨勢在平日可大致分為五種日常規律，如圖 4-29 所示；假日則可分為四種日常規律，如圖 4-30 所示。最後，檢測方法則是利用 ArcGIS 地理資訊系統計算各類國土利用位於各個集群的比例，進而檢視活動人口趨勢變化的準確性。

根據表 4-4 平日分群結果檢測矩陣表示，商業利用土地(土地利用代碼：501)有高達 70%的檢測水平，其中之 61%位於商辦地區(C2-1-1)、9%位於零售地區(C2-1-2)，驗證了前一部分對於其活動人口變化趨勢的推論，解釋了商業功能的日常規律；純住宅土地利用(土地利用代碼：50201)也有 72%的比例位於住宅屬性之網格內，其中高達 56%更是位於純住宅功能分類(C2-2-1)，驗證其住宅功能屬性的推論，惟其有 21%位於本研究所推測的商辦地區(C2-1-1)，推測可能為受到網格大小及規模影響所產生的誤差；土地使用為混合使用住宅(土地利用代碼：50202、50203、50204)之地區則各有 40%左右位於商辦地區及純住宅地區。然而，土地利用調查為工業、學校及遊憩則因其人口變化屬性，多位於 C2-1-1 之商辦地區，無法經由人口變化趨勢有效辨識。

表 4-5 則顯示了假日活動人口變化的檢測結果，商業與純住宅於假日同樣擁有穩定且高度的檢測率，商業有 64%的檢測準確率，而住宅則有 74%的檢測水準；土地利用調查為混合使用住宅之地區則有 32%被歸類為夜晚活躍之零售地區(C2-1-2)，40%歸納為純住宅功能分類(C2-2-2)。與平日之檢測結果有明顯差異的為，工業、學校及遊憩等土地利用類別，在假日的集群分析結果中多數被歸納為純住宅利用，出現較嚴重的誤差。

綜上所述，活動人口變化趨勢雖然可以透過日常規律判斷功能屬性，然而住商混合使用之相關檢測率則受限於國土利用調查之分類系統，無法明確瞭解其檢測水準。但是，透過表 4-4 及表 4-5 可以瞭解到，較高的檢測水準出現在具有住宅及商業屬性的地區，且具有 7 成之檢測水平。後續雖無法透過檢測矩陣推論及群功能分類名稱，但仍可經由人口變化趨勢及描述性統計求得其功能分類類別。

表 4-4 平日分群結果檢測矩陣

國土利用		商業	純住宅	混住	工業	學校	遊憩
集群分類							
商辦地區	C2-1-1	61%	21%	40%	30%	41%	35%
零售地區	C2-1-2	9%	7%	8%	10%	8%	11%
純住宅地區	C2-2-1	16%	56%	42%	22%	30%	34%
住宅混夜晚商業區	C2-2-2	4%	6%	5%	13%	7%	8%
住宅混零售地區	C2-2-3	9%	10%	5%	23%	14%	10%

表 4-5 假日分群結果檢測矩陣

國土利用		商業	純住宅	混住	工業	學校	遊憩
集群分類							
零售地區(白天)	C2-1-1	21%	10%	12%	10%	18%	20%
零售地區(夜晚)	C2-1-2	43%	14%	32%	14%	19%	26%
住宅混零售地區	C2-2-1	15%	19%	16%	33%	26%	17%
純住宅地區	C2-2-2	21%	56%	40%	42%	37%	36%

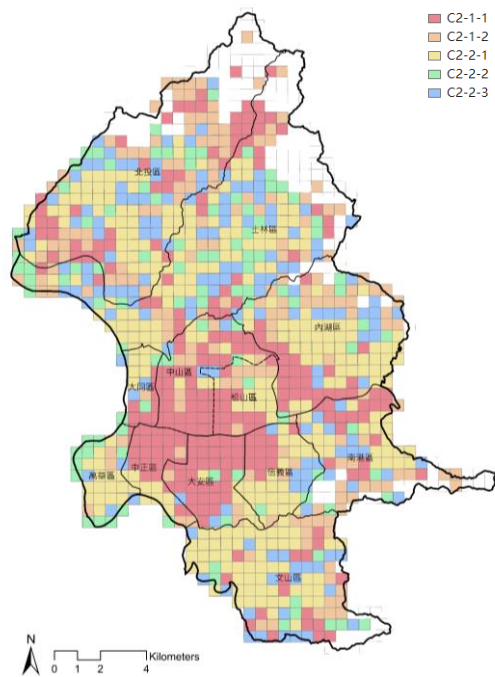


圖 4-29 平日集群分析結果示意圖

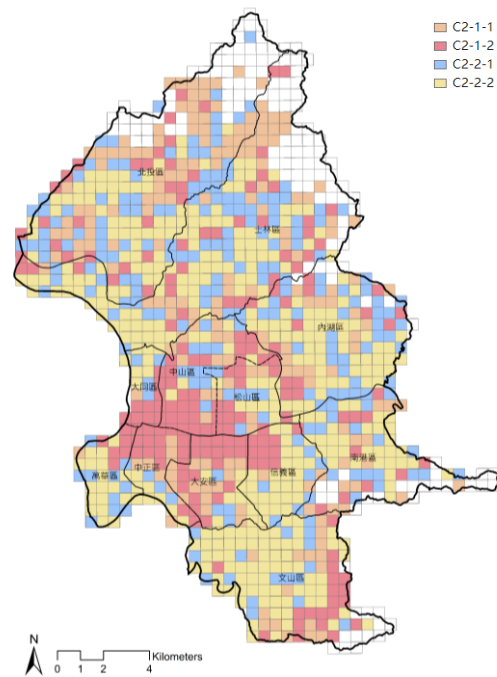


圖 4-30 假日集群分析結果示意圖

二、分群強度檢測

最後，本研究以 FCM 集群分析的隸屬值(u)來觀察各集群之檢測強度：平日的部分，C2-1-1 及 C2-2-1 有較高的隸屬值，其上四分位之隸屬值均高於 0.75，一半以上的隸屬值高於 0.6，整體檢測度強，代表活動人口變化趨勢較為接近。C2-2-2 則為當中檢測強度較低之集群，在逆向推論功能分類上可能無法準確地捕捉某種屬性；假日的部分，整體檢測程度則較為平均，隸屬值在集群 1 再分類及集群 2 再分類均有一定的可信度，穩定一致的活動人口變化趨勢可以協助本研究較準確的推論功能分類。

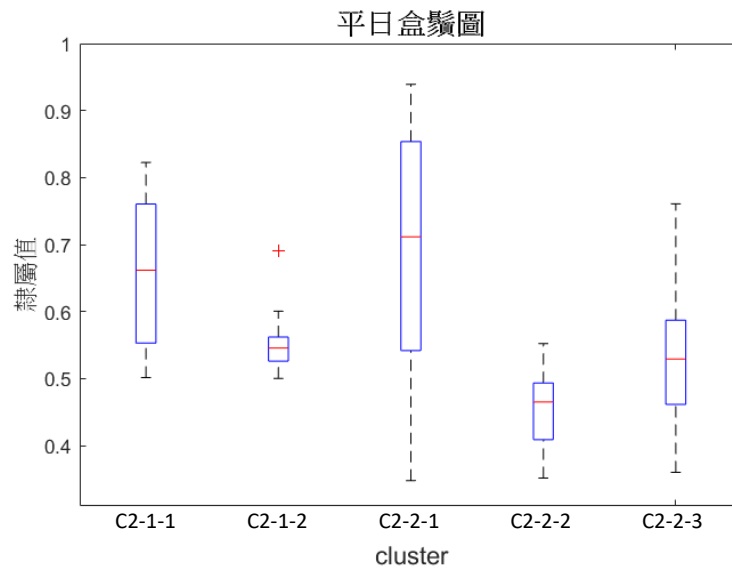


圖 4-31 平日各集群隸屬值盒鬚圖

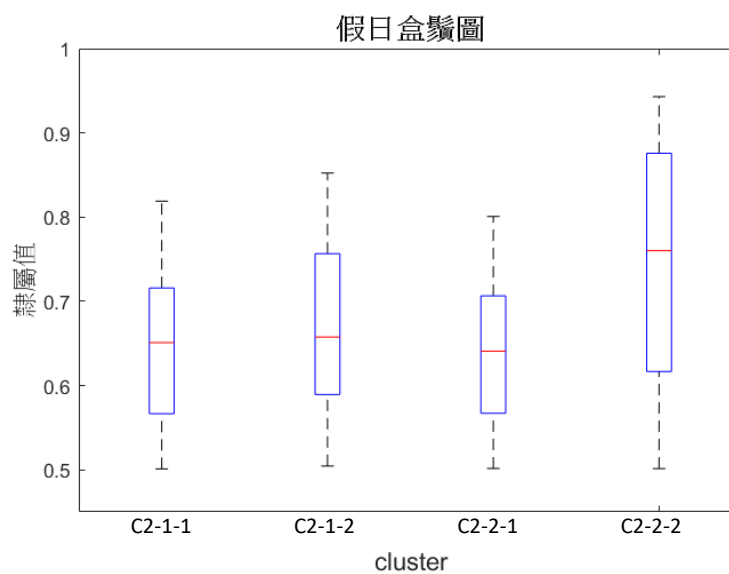


圖 4-32 假日各集群隸屬值盒鬚圖

三、土地功能分類結果及特徵

統整都市土地功能分類的結果、國土利用調查驗證率及檢測強度判斷等綜合分析，可以發現平日的第 C2-2-2 集群分類在與國土利用調查的交叉分析驗證中，無法得出有效的功能定義，並且以隸屬值判斷檢測強度的結果中。此分類亦為檢測強度最低之集群，最高之單元隸屬值低於 0.6，且一半以上之隸屬值未高於 0.5，推測可能因為其機能高度混合，或地區無明顯特性之原故。經綜合考量，本研究將平日 C2-2-2 集群視為未定義地區，不屬於任何都市土地功能分類。

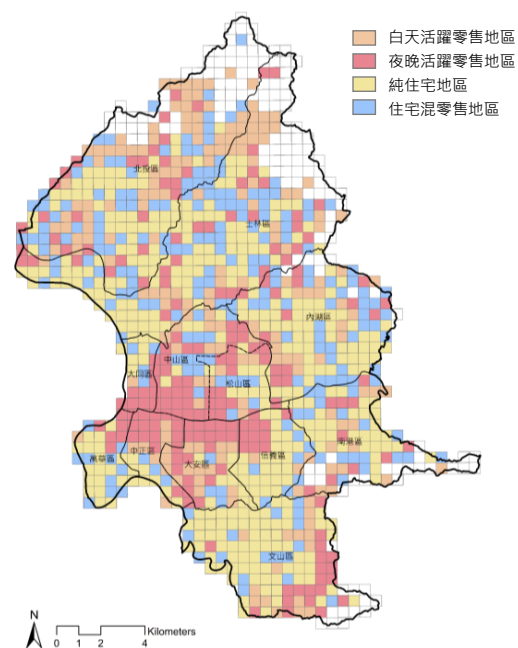
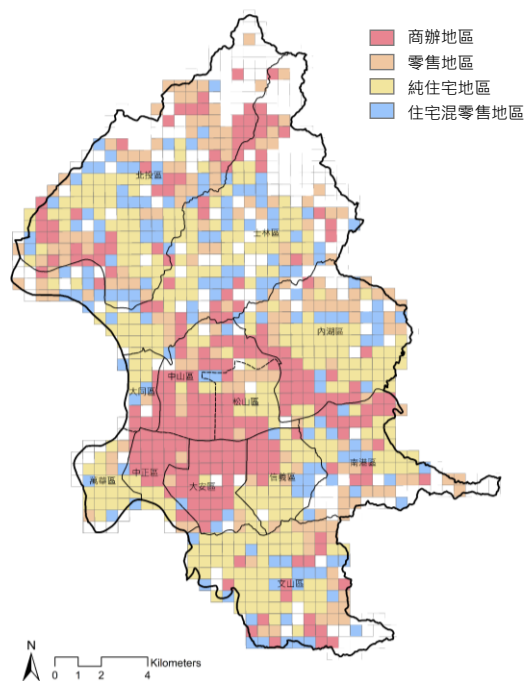
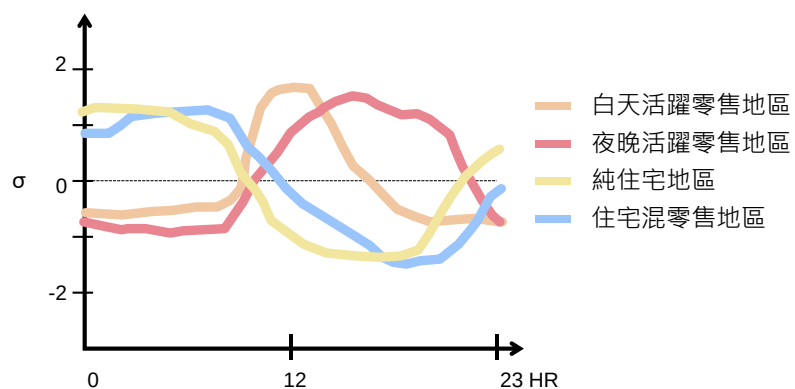
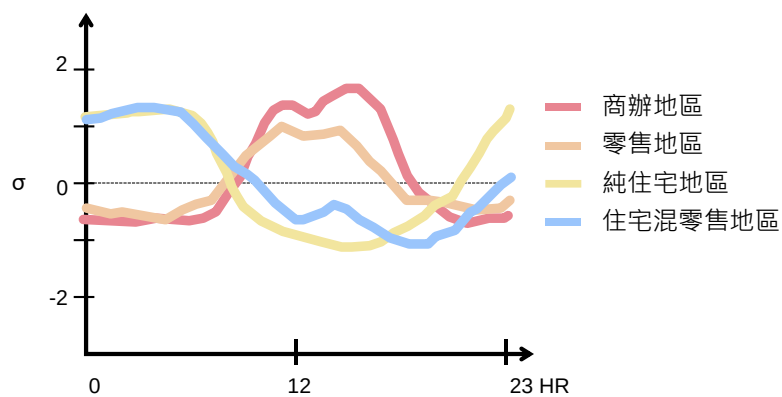
其餘之分類系統則維持前一部分之命名結果，住宅屬性地區能夠細分為純住宅地區及住宅混合零售地區，而商業屬性在平日分為商辦地區及零售地區，而假日則因工作人口大量減少，地區的商辦屬性降低，故將其細分為白天活躍之零售地區及夜晚活躍之零售地區。

表 4-6 都市土地功能分類一覽表

屬性	平日分群	功能分類名稱	假日分群	功能分類名稱
商業屬性	C2-1-1	商辦地區	C2-1-1	白天活躍零售地區
	C2-1-2	零售地區	C2-1-2	夜晚活躍零售地區
住宅屬性	C2-2-1	純住宅地區	C2-2-2	純住宅地區
	C2-2-2	未定義	C2-2-1	住宅混零售地區
	C2-2-3	住宅混零售地區		

將平日及假日的各功能分類活動人口變化趨勢相疊，有助於本研究觀察各功能分類下的日常變化特徵，如圖 4-33 及圖 4-34 所示：於平日，商辦地區夜晚之 z 值為負，高峰為上班時間 9 點至 18 點，且午休時刻活動人口有稍微下降；零售地區的高峰同樣位於白天，值得注意的是，零售地區因提供服務業、休閒娛樂等機能，因此在夜間之活動人口高於商辦地區；純住宅地區與住宅混合零售地區的 z 值於夜間為正，而純住宅區人口於 9 點後開始下降，住宅混零售地區活動人口下降速度則較為緩慢，為其內部含有多元混合機能之結果。

於假日，商業屬性分為白天活躍之零售地區及夜晚活躍之零售地區，兩者由於提供服務不同造就不同時段的活動人口高峰：夜晚活躍之零售地區多位於核心商業區內，提供包含夜間休閒娛樂的信義區一帶，而白天夜晚活躍之零售地區則分布於台北市郊區，除了提供零售服務業，其白天活躍之特徵亦來自休閒遊憩機能所影響，如陽明山、北投、木柵等地。



肆、功能轉換

為了進一步的釐清都市功能角色轉換，分析了同一網格單元於平日及假日的都市功能分類變化，並以圖 4-37 的桑積圖(Sankey Diagram)可視化其轉變。根據操作結果可以觀察出，在假日期間，居民不再像平日一樣離開家至工作地區上班，許多地區的商辦功能被減弱，轉而取代為零售地區及混合使用住宅，零售功能的性質在假日得到了大幅的增加；平日被歸類為零售地區的功能屬性，則可在假日被更詳細的區分為白天活躍的商業活動及夜晚活躍的商務活動，而部分地區則呈現出住宅功能。

純住宅功能分類的地區，在假日有部分轉換為住宅混合零售之功能，推測為假日之零售商業性質較為活躍，尤其是悠閒娛樂屬性之零售商業，因為許多娛樂場所在假日才得以有明顯之人潮，且居民亦會隨著假日進行完全不同的活動，因此在假日才得以有明顯的表彰，但多數仍維持其純住宅屬性。

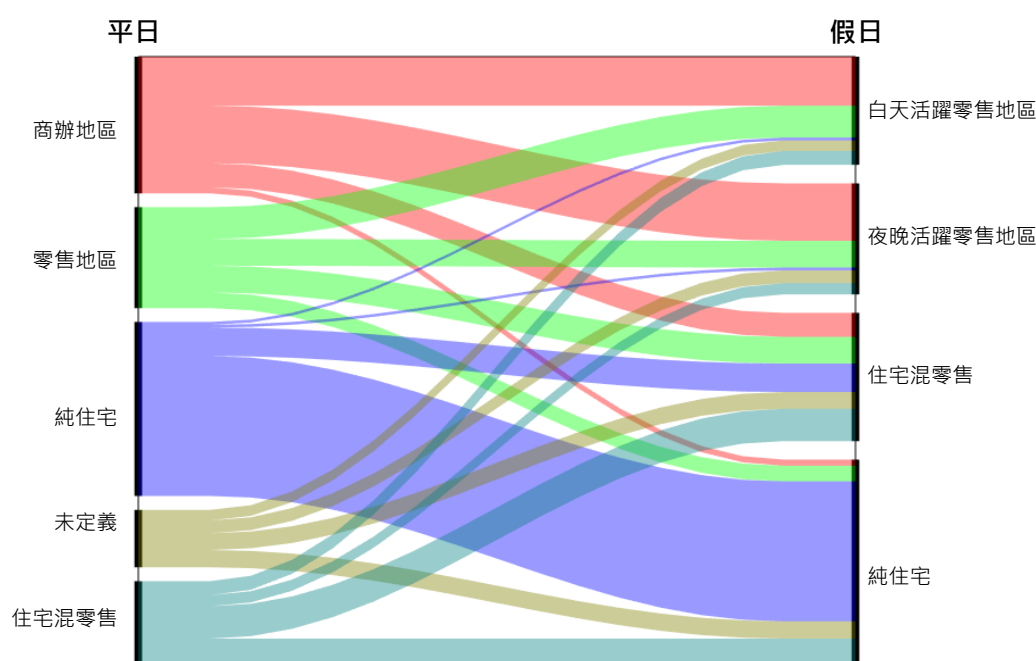


圖 4-37 平日與假日都市功能分類轉換示意圖

第四節 都市空間結構解析

壹、臺北市平日都市空間結構

將基於人類移動數據的都市生活圈與都市土地功能分類疊圖比對(如圖 4-38 所示)，以平日來說，核心商業區(CBD)的地位結構明顯，並且位於兩個核心生活圈中山松山生活圈及大安信義生活圈之間，除此之外，另一個明顯的商辦地區(C2-1-1，紅)為內湖科技園區，同樣位於三個生活圈之間。整體來說，臺北市於平日的都市空間結構形成以商辦地區為邊界的數個生活圈；功能分類為零售屬性的地區(C2-1-2、C2-2-3)亦同樣多位於生活圈邊緣，與 Clarence Perry 於 1929 年所提之鄰里單元(Neighbourhood Unit)理論相同，其地方商業多位於一個生活圈之周邊，並且通常位於交通要道或與鄰近單元的交會處，與鄰近地區的商業設施共同組成一代商業區。

多核心都市結構的特性除了商業中心的均勻分布外，其相互之間將會具有一特徵性的距離，而此類都市空間結構亦將會更容易的實現居住-就業平衡，使交通總量降低並分散在更廣的區域內，達到縮短通勤距離和通勤時間的效果。此結果同樣也解釋了臺北市的生活圈內部功能屬性的分布，除核心生活圈外，其餘均以住宅功能屬性為生活圈核心，並於平日通勤至生活圈周圍之商業地區，並且能於生活圈內部實現大部分的地方性生活機能。

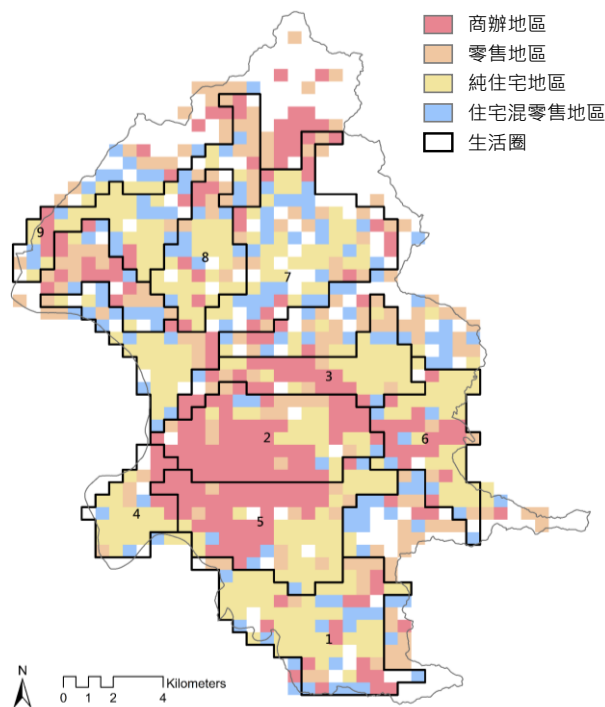


圖 4-38 臺北市平日生活圈及都市土地功能分布圖

貳、臺北市假日都市空間結構

商辦功能屬性於假日被削弱，取而代之的是零售商業屬性的突出，可以發現核心商業區的範圍減少，內湖科技園區部分也幾乎消失，並且由於假日的活動較為多元，整體功能屬性之檢測強度較弱，且分布較為平均。另外，全球化後的臺北將商業核心由原本的西區(萬華地區)帶往東區信義區周圍，然而從圖 4-39 可以看出，臺北市西區經歷了衰敗、再生，透過一系列政治手段如規劃師制度、都市更新、傳統西門商圈再生計畫等規劃手段推動傳統商業中心再生(周志龍，2003)。以白天活躍之零售性質商業區來說，西區的再生計畫效果可彰，相對東區仍保有其商業中心的地位。

觀察功能分類相對生活圈的分布，可以發現住宅區混合零售屬性的分類(C2-2-1，藍)開始出現在生活圈中央，推測為地區型商業作為生活圈之核心。整體來說，臺北市假日之都市空間結構同樣呈現多核心性質，然而卻不如平日有系統性的分布規律。

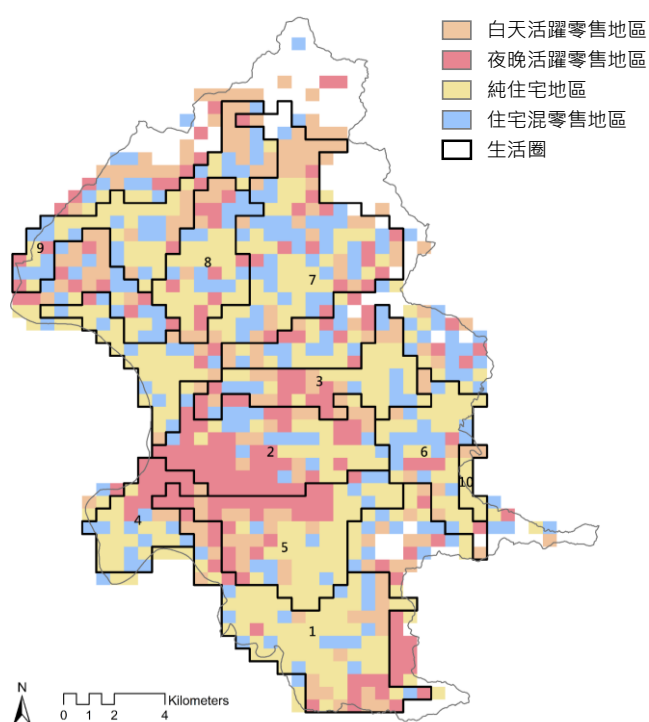


圖 4-39 臺北市假日生活圈及都市土地功能分布圖

參、臺北市都市空間結構綜合討論

一、核心生活圈

核心生活圈包含了中山松山生活圈及大安信義生活圈，檢視其旅次流量特徵，其平日旅次約有 45% 為內部旅次、55% 為外部旅次，程度中心度亦為臺北市之首，除了顯示其 CBD 的地位外，也可以觀察出其於周邊地區的交流流量高。兩個核心生活圈平日白天對於夜晚的活動人口增長率分別高達 30% 及 20%，假日卻大幅降低至 10% 以內，顯示核心生活圈的主要功能定位仍在於提供商辦屬性之商業服務，成為重要的核心工作地區，這點也能從都市土地功能分類得到相同的驗證。比較兩個生活圈於平日、假日之日夜活動人口的差異，可以觀察出平日中山松山生活圈的白天增長率明顯高於大安信義生活圈，而假日則相反，除了顯示商務地位以中山松山生活圈為首之外，亦可以顯示大安信義生活圈於假日可能附有一定比例之休閒娛樂性質。

細看內部的都市土地功能分類及重要通勤區域，可以發現其內部有三個重要的通勤收斂區，包含了捷運紅線、棕線交匯處的敦南仁愛商圈、站前西區商圈及捷運綠線、棕線交匯處的南京金融商圈，此三處可能為台北市重要的商辦地區，並以此參地區為邊界形成台北市中央重要的商辦地區；CBD 中的重要居住地區則位於民生社區一帶，但這並不代表其於核心生活圈內部的工作地區形成一職住平衡之區域，相反的，顯示台北市核心地區可能出現職住分離(home-work separation)、空間錯位等現象。

二、次生活圈

次生活圈平均每日的旅次流量約為十萬左右，除了文山生活圈外，其餘次生活圈之外部旅次均高達 60% 以上，可以看出次生活圈除了地理位置依附核心生活圈之外，機能及都市活動也均與之有密切的關聯。除此之外，也可以瞭解到文山生活圈於整體都市空間結構中的定位可能有些許不同，進一步觀察其通勤熱區的表現，可以發現文山生活圈內於平日晨峰有兩個明顯的通勤淨流量冷區，顯示其為住宅區聚集處，且內部無明顯工作地區聚集處。因此，從以推論其流量特徵可能為文山區位處臺北市南側，公車路線數量明顯少於其他生活圈，形成平日白天生活圈內的通勤匯聚處位於北捷萬芳社區站周遭，生活圈定位為支援核心生活圈住宅區球的次生活圈。

大直內湖生活圈緊鄰核心生活圈的北側，觀察生活圈的各項特徵，可發現其於平日的活動人口白天增長率高達 24.3%，代表生活圈內有重要區域型工作場域存在，如內湖科技園區等，於平日吸引大量旅次前往；假日的白天與假日活動人

口則較為相近，應多為居住於當地的居民，並同時可根據平日與假日的差異及趨勢推測大直內湖生活圈之居住人口則約為 12 萬上下。

萬華生活圈內部旅次與外部旅次之比例如大直內湖生活圈一樣，極高的旅次佔比為外部旅次(62.2%)，然而觀察其活動人口的日夜變化，可以發現萬華生活圈的活動人口日夜差異極小。配合通勤冷熱區的空間區位，則可發現其與衛星生活圈一樣，於範圍內擁有明顯的住宅與工作聚集區，並且呈現職住平衡的狀態。由此得知其多數外部旅次可能來自於過境性旅次。最後，萬華區位於核心生活圈西南側，為新北市進入臺北市之重要門戶地區，其內部包含的重要交通幹線除國道客運外，亦有台北市捷運藍線、桃園機場捷運等，因此成為進入臺北市都市系統的重要樞紐，作為進入此都市空間結構的重要節點。

三、衛星生活圈

衛星生活圈顧名思義擁有較低的程度中心度，內部機能充足且住宅及工作比例相對平衡，使其與核心商業區的連結度較低，包含士林生活圈、天母生活圈、南港經貿園區生活圈及北投生活圈。其中，北投生活圈及士林生活圈之日夜活動人口差異均高達 13%，且北投生活圈的內部旅次比例為衛星生活圈之首，檢視其都市土地功能分類亦多為純住宅屬性，推測可能因空間區位的因素，使其成為一個高度獨立生活圈。士林生活圈與前者相似，白天活動人口大幅降低，顯示其同樣為住宅功能為主的衛星生活圈。

天母生活圈及南港經貿園區生活圈的空間特性則類似，兩者皆以商業屬性為生活圈核心，差別在於天母生活圈的中央商業混合了商辦與零售功能，擁有較多元混合的機能；南港經貿園區生活圈則以商辦功能為生活圈核心，蒐集生活圈邊緣之住宅地區人口前往工作，並且在中央商業地區周圍圍繞著住宅混合零售地區，整體符合地租理論模式，而從整體空間結構亦可看出其商業中心不只服務生活圈內部居民，亦包含了 CBD 東側之居民。

表 4-7 臺北市生活圈特性一覽表

分群 編號	生活圈	等級	平日							假日							生活圈定位
			白天平均 活動人口 (人)	夜晚平均 活動人口 (人)	白天 增長率 (%)	單日 總流量 (人次)	加權程度 中心度 (萬)	內部旅次 比例 (%)	外部旅次 比例 (%)	白天平均 活動人口 (人)	夜晚平均 活動人口 (人)	白天 增長率 (%)	單日 總流量 (人次)	加權程度 中心度 (萬)	內部旅次 比例 (%)	外部旅次 比例 (%)	
2	中山松山	核心生活圈	61.3	46.9	+30.8	290,258	97.60	45.2	54.8	47.2	44.1	+6.9	176,085	40.45	42.6	57.4	商務性質為主的核心生活圈
5	大安信義	核心生活圈	51.1	42.7	+19.6	265,630	87.72	46.2	53.8	43.4	39.6	+9.6	162,714	35.17	46.2	53.8	商務性質為主的核心生活圈 並肩負核心生活圈的休閒娛樂機能
1	文山	次生活圈	16.3	19.6	-16.8	124,947	29.85	61.0	39.0	18.6	20.0	-6.8	90,273	16.13	59.0	41.0	住宅為主的次生活圈 並成為重點支援和心生活圈的地區
4	萬華	次生活圈	21.5	21.1	+2.1	104,854	44.07	37.8	62.2	25.2	23.7	+6.5	103,377	24.80	40.1	59.9	住宅功能的次生活圈 具有大量過境旅次
3	大直內湖	次生活圈	19.5	15.6	+24.3	108,358	43.01	35.1	64.9	12.8	12.6	+1.2	53,192	13.42	36.9	63.1	商辦為主的次生活圈
7	士林	衛星生活圈	14.6	16.9	-13.6	88,087	30.02	44.9	55.1	12.8	14.1	-9.7	64,225	13.48	47.5	52.5	住宅為主的衛星生活圈
8	天母	衛星生活圈	14.7	16.0	-8.3	77,949	23.15	51.0	49.0	14.5	15.1	-3.8	53,433	10.50	50.9	49.1	職住平衡的衛星生活圈
6	南港經貿 園區	衛星生活圈	12.4	12.5	-1.0	80,048	24.77	48.6	51.4	9.1	9.7	-6.5	46,370	9.84	47.0	53.0	職住平衡的衛星生活圈
9	北投	衛星生活圈	10.6	12.2	-13.6	30,407	6.90	62.6	37.4	10.2	11.2	-9.5	21,624	3.05	64.9	35.1	住宅為主的衛星生活圈

註：白天為 7a.m. - 7p.m. / 夜晚為 7p.m. - 7a.m.

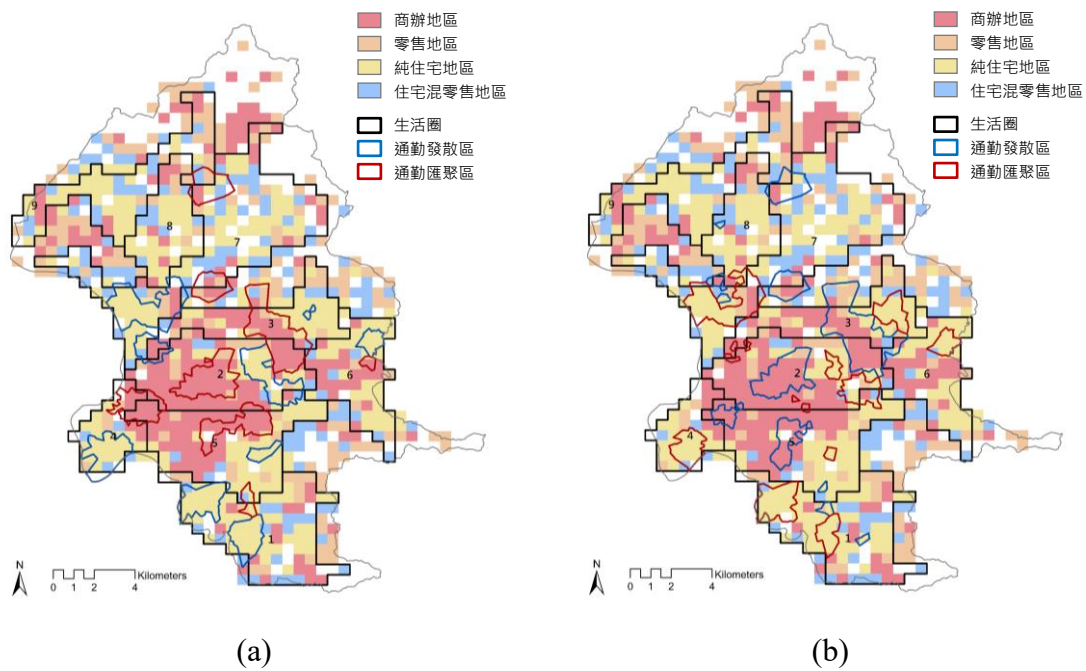


圖 4-40 臺北市平日都市空間結構

(a) 晨峰通勤圈 (b) 昏峰通勤圈

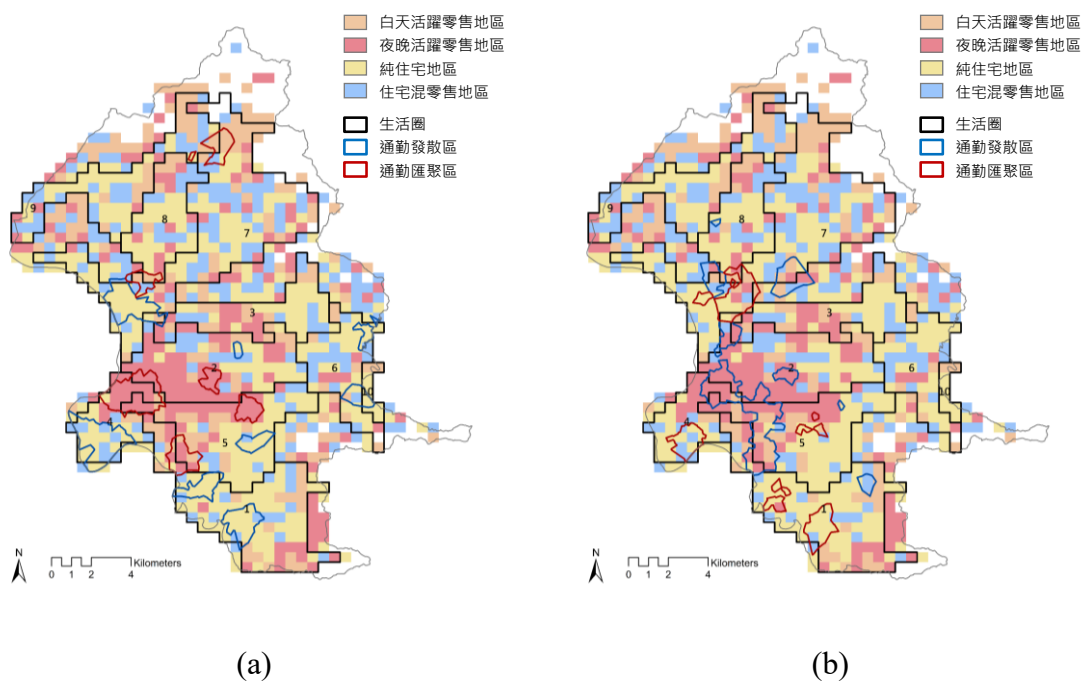


圖 4-41 臺北市假日都市空間結構

(a) 晨峰通勤圈 (b) 昏峰通勤圈

肆、綜合評析

整體而言，臺北市都市空間結構符合 R·D·Mckenzie 於 1933 年提出的多中心理論，該理論除了強調都市內會有多個商業核心外，一個主要的商業區將成為都市的主要核心，其餘為次核心。這些核心將會在都市化的過程中發揮著成長中心的作用，並逐漸朝向住、商混合邁進，形成地區性的各個生活圈。生活圈的功能結構則符合鄰里單元理論，內部具有足夠支持地區之商業、遊憩、工作性質，並且商業屬性位於生活圈周遭，使鄰近的生活圈共用商業設施，如此以達到整體的居住就業平衡。

觀察平日的都市空間結構，在商辦功能分類的顯著表現下，臺北市具有一個強烈的核心商業區，以及周圍的西門商業中心、首都核心、信義國際金融特區、內湖/南港產業特區等所建構而成。假日則呈現混合機能，其生活圈的區劃在萬華一帶產生明顯的變化，並且可以發現臺北市面臨著兩極分化的空間發展型態，西區為夜間活躍的商業型態，而東區則為日間較活躍的商業型態，兩者呈現截然不同的功能屬性。

第五章 結論與建議

第一節 結論

壹、基於公車刷卡資料之劃分臺北市都市生活圈

本研究以使用者角度觀察空間交互作用，並以此推斷都市生活圈，以基於交流強度的 Infomap 所劃分出的生活圈，對於地區型的人口活動範圍具有解釋力，並藉由程度中心度及流量比例等指標體現生活圈之間的差異，進一步探討生活圈的功能定位，按其屬性又可再分為核心生活圈、次生活圈及周圍生活圈：核心生活圈位於臺北市西南側，以核心商業區為中心並為臺北市重要的心臟地帶，與各個次生活圈都有強烈的聯繫並負擔全域型的機能；次生活圈則分布在核心生活圈周遭並與其有強烈的聯繫，進一步觀察各個次生活圈的度中心度於平日與假日有明顯的不同，也間接顯示其分別扮演著臺北市空間結構中的不同角色；衛星生活圈則多位於臺北市之東北地區，其與核心生活圈之聯繫較為薄弱。

貳、基於信令數據識別都市功能分區

以活動人口變化趨勢分群所得的功能分區，本研究將平日分為 5 個集群、假日分為 4 個集群作解釋，對照國土利用可發現其對於土地功能具有一定的解釋力，確認基於大數據下所辨識的功能屬性具可信度，同時詮釋活動人口在相同的功能屬性上具有類似的日常規律。除此之外，以大數據為基礎之功能分類不僅能清楚呈現住宅機能與商業機能於都市中的分布狀態，並且能夠更進一步地對機能細分，如商業又分為商辦地區與零售地區，住宅又可分為純住宅、住宅混合零售等功能分類，對後續基於人類移動大數據下的空間結構表徵訂下良好的基礎。

參、多元大數據下的都市空間結構特徵

觀察土地功能屬性於各生活圈的分布，於平日可發現商業區作為生活圈之空間劃分邊界，而純住宅屬性則位於生活圈之核心，縱觀來講臺北市都市空間結構符合多核心理論。另外，微觀層面又可將各生活圈的功能分布套用鄰里單元理論，並可發現其功能分布上具有相互依存及相對的空間結構關係，在機能混合的多核心結構下，平日之空間結構具關係強烈並具有規律性，而假日則較為混合交雜，但於住宅及商業屬性均有良好的表徵。相對於國土利用調查，顯現更詳細之分類及結構。

臺北市近年積極推動大眾運輸導向型發展(Transit-oriented Development, TOD)，透過多元大數據檢視的臺北市都市空間結構亦可關注到部分成效。於空間交互作

用的結果呈現，可以看到平日的網絡系統地域性高，許多短距離交通運輸旅次促成空間高度結構化，而假日大眾運輸系統之有效串連，使臺北市成為一高度連通的網絡系統，並能妥善連接各種都市功能。

另一方面，於都市功能的空間分布上，各種都市功能仍有明顯之區位關係，混合效果於平日較為不彰，核心商業區仍負擔重要的商業價值。但若以旅次呈現空間結構關係，可發現旅次流量與重要都市功能有深刻連結，商業地區與住宅地區的緊密聯繫代表居民旅運願意使用大眾運輸的機率上升，且都市的整體發展大體隨大眾運輸沿線開發，雖然沒有高度混合之機能及降低通勤距離的效果，但大量的向心通勤旅次等特徵皆證明便捷之大眾運輸為臺北市都市空間結構之重要角色，並且在 TOD 政策下有良好的表彰。

綜上所述，於平日，都市空間流動以大眾運輸為重要載體，於生活圈範圍內具有密集聯繫的子網絡，除了核心生活圈之商業功能位於生活圈之中央外，其餘地區商業功能的商辦地區及零售地區均位於生活圈周邊，同時服務多個生活圈，都市區劃明確並呈現高度結構化的都市系統；假日則有高度混合的機能，並能歸功於便捷的大眾運輸系統使整體都市連通性高，複雜的活動促進強烈的空間交互作用，空間劃分效果減弱但機能混合程度增加，符合 TOD 發展所訴求之成效。

肆、多元大數據下之都市空間結構辨識之研究架構

本研究係基於表徵使用者活動之大數據探究都市空間結構，並對都市空間結構產生進一步解釋。總結過往相關研究，以人類行為模式推論都市空間結構在學術界已有一定的歷程及共識，而都市大數據在近十年的成熟發展則為空間結構的深入探討帶來契機，相關研究在國外已有部分基礎，然而多數研究拘泥於單一數據的使用。故本研究嘗試綜合並適性利用多元大數據，以其資料特性適當代表複雜都市系統內的活動，作為空間結構的分析基礎。研究結果不但驗證了人類的活動是高度可預測的，並具有強烈的時空規律，故可借由個體行為的集體規律逆向瞭解都市空間結構；另外，本研究建立了一套基於多元大數據的都市空間結構辨識流程，其不僅適用於實證地區，亦可透過本研究之流程作為其他地區空間分析之架構。其成果不但能取代過往人工調查耗時費力的過程，並由更接近母體的數據解釋都市系統。

綜上，本研究在確認以都市大數據為基礎之空間結構驗證後，提出一套基於多元大數據的都市空間結構辨識架構。研究成果於學術上建立了都市大數據應用之可行方向，於實務上則提供計畫檢討之架構及方向，並可於動態分析、即時資料呈現上產生進一步之應用。

第二節 研究建議

壹、使用資料之突破

本研究以公車上、下車刷卡資料作為流動人口來源，雖能夠清楚地捕捉旅次流動之方向、時間，惟其起訖點受限於公車站點的分布，旅次流動亦受到公車行駛路線影響。國外研究上亦有使用信令數據作為資料來源，其透過詳細記錄手機訊號位置，提取電話用戶的家庭和工作地點，從通勤網絡中檢測生活圈的空間區劃，未來若能進一步提取信令資料中流動人口的詳細訊息，必能產生更貼近現實之空間結構。

貳、都市空間結構之多面向探討

都市空間結構包含功能、型態及聯繫三個面向，而本研究以都市大數據為基礎，考量研究時程著重於描繪都市的功能及型態。後續研究若能以其他數據、資料對都市型態有所分析，可以產出更加完整之都市空間結構描述，並使之交互比對全面解析都市空間結構之特徵。

參、研究進程之推進

本研究在以活動人口變化辨識功能分類的步驟上，在以土地使用分類檢視活動人口變化，以及活動人口逆向推論都市功能分類雙向解析後，可辨識住宅屬性與商業屬性細分類之功能分類。然而，都市內機能多元，如遊憩、學校等功能在本研究未能被良好體現，其原因則來自於空間研究單元的大小限制。若後續進行相關的研究，可以考慮以較小之單元規模作為研究基礎，以利更詳細之功能區分。

參考文獻

中文文獻參考

- 龍瀛、張宇、崔承印 (2012)。利用公交刷卡數據分析北京職住關係和通勤出行。《地理學報》，67(10)，1339-1352。 <https://doi.org/10.11821/xb201210005>
- 李子璋 (2019)。社會網路分析觀點下臺北公共自行車使用所呈現的空間結構。 <http://ir.lib.ncku.edu.tw/handle/987654321/203164>
- 楊喜平、方志祥 (2018)。移動定位大數據視角下的人群移動模式及城市空間結構研究進展。《地理科學進展》，37，880-889。 <https://doi.org/10.18306/dlkxjz.2018.07.002>
- 周志龍 (2003)。後工業臺北多核心的空間結構化及其治理政治學。《地理學報》，34，1-18。
- 周易陵、陳則銘與鄭書恒。(2020)。手機信令應用於捷運路網規劃。《中興工程》，146，65-71。 [doi: 10.30154/SE](https://doi.org/10.30154/SE)
- 秦蕭、甄峰、熊麗芳、朱壽佳 (2013)。大數據時代城市時空間行為研究方法。《地理科學進展》，32(9)，1352-1361。 <https://doi.org/10.11820/dlkxjz.2013.09.005>

英文文獻參考

- Batty, M. (2013). Big data, smart cities and city planning. *Dialogues in Human Geography*, 3(3), 274-279. <https://doi.org/10.1177/2043820613513390>
- De Montis, A., Caschili, S., & Chessa, A. (2013). Commuter networks and community detection: A method for planning sub regional areas. *The European Physical Journal Special Topics*, 215(1), 75-91. <https://doi.org/10.1140/epjst/e2013-01716-4>
- Deitrick, W., Valyou, B., Jones, W., Timian, J., & Hu, W. (2013). Enhancing Sentiment Analysis on Twitter Using Community Detection. *Communications and Network*, 05(03), 192-197. <https://doi.org/10.4236/cn.2013.53022>
- Fortunato, S. (2010). Community detection in graphs. *Physics Reports*, 486(3-5), 75-174. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2009.11.002>
- Grigg, D. (1965). THE LOGIC OF REGIONAL SYSTEMS. *Annals of the Association of American Geographers*, 55(3), 465-491. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1965.tb00529.x>
- Guande, Q., Xiaolong, L., Shijian, L., Gang, P., Zonghui, W., & Daqing, Z. (2011). Measuring social functions of city regions from large-scale taxi behaviors.
- Hao, J., Zhu, J., & Zhong, R. (2015). The rise of big data on urban studies and planning practices in China: Review and open research issues. *Journal of Urban Management*, 4(2), 92-124. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jum.2015.11.002>
- Hipp, J. R., Faris, R. W., & Boessen, A. (2012). Measuring ‘neighborhood’: Constructing network neighborhoods. *Social Networks*, 34(1), 128-140. <https://doi.org/10.1016/j.socnet.2011.05.002>
- Kang, C., Liu, Y., Ma, X., & Wu, L. (2012). Towards Estimating Urban Population Distributions from Mobile Call Data. *Journal of Urban Technology*, 19(4), 3-21. <https://doi.org/10.1080/10630732.2012.715479>
- Kong, X., Xia, F., Ma, K., Li, J., & Yang, Q. (2019). Discovering Transit-Oriented Development Regions of Megacities Using Heterogeneous Urban Data. *IEEE Transactions on Computational Social Systems*, 6(5), 943-955. <https://doi.org/10.1109/tcss.2019.2919960>
- Kong, X., Xia, F., Wang, J., Rahim, A., & Das, S. K. (2017). Time-Location-Relationship Combined Service Recommendation Based on Taxi Trajectory Data. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 13(3), 1202-1212. <https://doi.org/10.1109/tii.2017.2684163>
- Liu, L., Hou, A., Biderman, A., Ratti, C., & Chen, J. (2009, 2009). Understanding individual and collective mobility patterns from smart card records: A case study in Shenzhen.

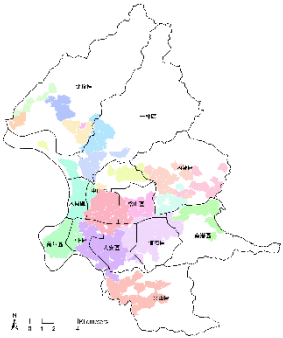
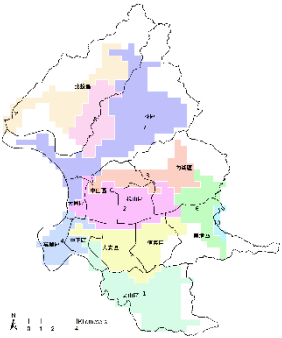
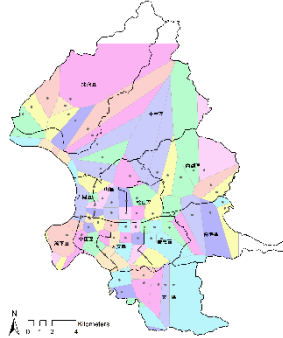
- Liu, S., Zhang, L., Long, Y., Long, Y., & Xu, M. (2020). A New Urban Vitality Analysis and Evaluation Framework Based on Human Activity Modeling Using Multi-Source Big Data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(11), 617. <https://doi.org/10.3390/ijgi9110617>
- Liu, X., Gong, L., Gong, Y., & Liu, Y. (2015). Revealing travel patterns and city structure with taxi trip data. *Journal of Transport Geography*, 43, 78-90. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.01.016>
- Liu, X., Kang, C., Gong, L., & Liu, Y. (2016). Incorporating spatial interaction patterns in classifying and understanding urban land use. *International Journal of Geographical Information Science*, 30(2), 334-350. <https://doi.org/10.1080/13658816.2015.1086923>
- Liu, X., Yan, X., Wang, W., Titheridge, H., Wang, R., & Liu, Y. (2021). Characterizing the polycentric spatial structure of Beijing Metropolitan Region using carpooling big data. *Cities*, 109, 103040. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.103040>
- Liu, Y., Kang, C., Gao, S., Xiao, Y., & Tian, Y. (2012). Understanding intra-urban trip patterns from taxi trajectory data. *Journal of Geographical Systems*, 14(4), 463-483. <https://doi.org/10.1007/s10109-012-0166-z>
- Liu, Y., Wang, F., Xiao, Y., & Gao, S. (2012). Urban land uses and traffic ‘source-sink areas’: Evidence from GPS-enabled taxi data in Shanghai. *Landscape and Urban Planning*, 106(1), 73-87. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.02.012>
- Newman, M. E. J. (2006). Modularity and community structure in networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(23), 8577-8582. <https://doi.org/10.1073/pnas.0601602103>
- Newman, M. E. J., & Girvan, M. (2004). Finding and evaluating community structure in networks. *Physical Review E*, 69(2). <https://doi.org/10.1103/physreve.69.026113>
- Ning, - X., Ling, - Y., & Jinxing, - H. (2014). - Identifying Home-Work Locations from Short-term, Large-scale, and Regularly Sampled Mobile Phone Tracking Data. - *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, - 39(- 6), - 750. <https://doi.org/-10.13203/j.whugis20140085>
- Niu, X., Ding, L., & Song, X. (2015). Understanding Urban Spatial Structure of Shanghai Central City Based on Mobile Phone Data [Article]. *China City Planning Review*, 24(3), 15-23. <http://er.lib.ncku.edu.tw:2048/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=126823237&lang=zh-tw&site=eds-live>
- Openshaw, S., & Veneris, Y. (2003). Numerical Experiments with Central Place Theory and Spatial Interaction Modelling. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 35(8), 1389-1403. <https://doi.org/10.1068/a35295b>

- Pei, T., Sobolevsky, S., Ratti, C., Shaw, S.-L., Li, T., & Zhou, C. (2014). A new insight into land use classification based on aggregated mobile phone data. *International Journal of Geographical Information Science*, 28(9), 1988-2007. <https://doi.org/10.1080/13658816.2014.913794>
- Poorthuis, A. (2018). How to Draw a Neighborhood? The Potential of Big Data, Regionalization, and Community Detection for Understanding the Heterogeneous Nature of Urban Neighborhoods. *Geographical Analysis*, 50(2), 182-203. <https://doi.org/10.1111/gean.12143>
- Ratti, C., Frenchman, D., Pulselli, R. M., & Williams, S. (2006). Mobile Landscapes: Using Location Data from Cell Phones for Urban Analysis. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 33(5), 727-748. <https://doi.org/10.1068/b32047>
- Rinzivillo, S., Mainardi, S., Pezzoni, F., Coscia, M., Pedreschi, D., & Giannotti, F. (2012). Discovering the Geographical Borders of Human Mobility. *KI - Künstliche Intelligenz*, 26(3), 253-260. <https://doi.org/10.1007/s13218-012-0181-8>
- Rodrigue, J.-P., Comtois, C., & Slack, B. (2016). *The Geography of Transport Systems*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315618159>
- Shevky, E., & Bell, W. (1955). *Social area analysis; theory, illustrative application and computational procedures*. Stanford University Press.
- Sun, J. B., Yuan, J., Wang, Y., Si, H. B., & Shan, X. M. (2011). Exploring space-time structure of human mobility in urban space. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 390(5), 929-942. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2010.10.033>
- Šveda, M., Madajová, M. S., Barlík, P., Križan, F., & Šuška, P. (2020). Mobile phone data in studying urban rhythms: Towards an analytical framework. *Moravian Geographical Reports*, 28(4), 248-258. <https://doi.org/10.2478/mgr-2020-0018>
- Thiemann, C., Theis, F., Grady, D., Brune, R., & Brockmann, D. (2010). The Structure of Borders in a Small World. *PLoS ONE*, 5(11), e15422. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0015422>
- Tu, W., Cao, J., Yue, Y., Shaw, S.-L., Zhou, M., Wang, Z., Chang, X., Xu, Y., & Li, Q. (2017). Coupling mobile phone and social media data: a new approach to understanding urban functions and diurnal patterns. *International Journal of Geographical Information Science*, 31(12), 2331-2358. <https://doi.org/10.1080/13658816.2017.1356464>
- Wang, C., & Hess, D. B. (2021). Role of Urban Big Data in Travel Behavior Research. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2675(4), 222-233. <https://doi.org/10.1177/0361198120975029>
- Yang, X., Fang, Z., Yin, L., Li, J., Zhou, Y., & Lu, S. (2018). Understanding the Spatial Structure of Urban Commuting Using Mobile Phone Location Data: A Case Study of Shenzhen, China. *Sustainability*, 10(5), 1435.

<https://doi.org/10.3390/su10051435>

- Yongxi, G., Liu, Y., Yaoyu, L., Jian, Y., Zhongyuan, D., & Guicai, L. (2012). Exploring spatiotemporal characteristics of intra-urban trips using metro smartcard records.
- Yu, Q., Li, W., Yang, D., & Zhang, H. (2020). Mobile Phone Data in Urban Commuting: A Network Community Detection-Based Framework to Unveil the Spatial Structure of Commuting Demand. *Journal of Advanced Transportation*, 2020, 1-15. <https://doi.org/10.1155/2020/8835981>
- Yuan, Y., Raubal, M., & Liu, Y. (2012). Correlating mobile phone usage and travel behavior – A case study of Harbin, China. *Computers, Environment and Urban Systems*, 36(2), 118-130. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2011.07.003>
- Zaltz Austwick, M., O'Brien, O., Strano, E., & Viana, M. (2013). The Structure of Spatial Networks and Communities in Bicycle Sharing Systems. *PLoS ONE*, 8(9), e74685. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0074685>
- Zhong, C., Arisona, S. M., Huang, X., Batty, M., & Schmitt, G. (2014). Detecting the dynamics of urban structure through spatial network analysis. *International Journal of Geographical Information Science*, 28(11), 2178-2199. <https://doi.org/10.1080/13658816.2014.914521>

附錄一 各種運具 IC 卡數據分群劃分結果

	公共自行車 YouBike	公車客運 Bus ⁴	捷運 MRT
站點數量	400 站	1,796 站	131 站 ⁵
平均每日 出租/載客量	6.7 萬次	131.1 萬次	209.7 萬次
臺北市民眾 外出交通工 具市佔率	0.8 %	16.9%	15.4%
運具特性	▪ 短程接駁工具 ▪ 大眾運輸最後一哩路 ▪ 站點於臺北市西南側較密集	▪ 臺北市服務範圍最廣之大眾運輸 ▪ 平均站距遠之公共運輸	▪ 高載客量及班次穩定密集 ▪ 平均站距為 1.2 公里 ▪ 服務範圍僅限臺北市西南側
Infomap 分群數	18 群	10 群	9 群
Infomap 分群結果 及描述			
	YouBike 為短程接駁大眾運輸，以其所區分之生活圈範圍較小，且受站點分布限制生活圈多位於捷運站沿線。	公車站點分布相較其他兩者均勻，以其為基礎之社群檢測結果亦較為均勻，生活圈平均面積為 18.5 平方公里。	捷運為中、距離接駁大眾運輸，無法與鄰近站點形成緊密交流生活圈，相反的，與相聚 3 至 4 站的捷運站點有更大的流量鏈結，因此不適合作為生活圈劃分依據。

⁴ 臺北市公車包含市區公車、國道客運及一般公路客運等「汽車客運」。

⁵ 公車同站雙向計為一站；捷運古亭站、東門站共用站體計為一站。

附錄二 國土利用調查系統對照本研究分類一覽表

第二次國土利用調查土地使用分類系統			本研究分類	
大分類	代碼	類別	新編號	新分類
建成區	501	商業	01	商業
	50201	純住宅	02	純住宅
	50202	兼工業使用住宅	03	混合使用住宅
	50203	兼商業使用住宅		
	50204	兼其他使用住宅		
	503	工業	04	工業
	602	學校	05	學校
	504	其他建築用地	06	其他使用建築
	601	政府機關		
	603	醫療保健		
	604	社會福利設施		
	605	公用設備		
	606	環保設施		
非建成區	701	文化設施	07	遊憩使用土地
	702	休閒設施		
	其他		08	其他