

建成環境影響兒童通學方式與 運具選擇之研究：臺北市文山區 國小兒童之實證分析¹

BUILT ENVIRONMENT IMPACTS ON CHILDREN'S SCHOOL
TRAVEL: EMPIRICAL ANALYSIS OF ELEMENTARY SCHOOL
STUDENTS IN TAIPEI WENSHAN DISTRICT

林楨家 Jen-Jia Lin²

張孝德 Hsiao-Te Chang³

(96年7月28日收稿，97年1月11日第一次修改，97年2月22日
第二次修改，97年8月22日定稿)

摘 要

本研究目的在實證分析建成環境特性對兒童通學方式與運具選擇的影響，根據實證結果，地方政府可以鼓勵兒童獨自或步行通學為目標，研提可行的都市規劃策略。研究選擇臺北市文山區指南、景美、興華等三所國小學生進行問卷調查，利用巢式羅吉特模式進行分析。研究結果發現，在兒童的上學旅次中，土地使用混合程度、運具多樣性指標以及人行道比例，對於兒童獨自或步行上學均為正向影響，而街廓規模、車道寬度與交叉路口數則是呈現負向影響關係；另外，在兒童的放學旅次中，正向影響兒童獨自或步行放學的建成環境特性為建物密度與道路車輛密度，而負向影響

-
1. 本研究承行政院國家科學委員會專題計畫補助 (NSC 96-2628-H-305-001-MY3)，特此致謝。
 2. 國立臺北大學都市計劃研究所教授 (聯絡地址：104 臺北市建國北路 2 段 69 號國立臺北大學都市計劃研究所；電話：02-25009715；E-mail：jenjia@mail.ntpu.edu.tw)。
 3. 國立臺北大學都市計劃研究所碩士、兼任研究助理。

的特性則有街廓規模和車道寬度。

關鍵詞：建成環境；兒童；通學方式；運具選擇；巢式羅吉特模式

ABSTRACT

The purpose of this study is to empirically analyze the influences of built environments on children's school travel. Based on the empirical findings, local governments can develop urban planning strategies to encourage children to go to school independently or by walking. The study chose the students of three elementary schools, Chinan, Jingmei, and Xinhwa, in Taipei, Wenshan District, as samples and used questionnaire surveys. The sample data was analyzed using the nested logit model. The results of this study indicate that mixed land use, mode diversity and length percentage of sidewalks encourage children to go to school independently or by walking, while block size, road width and number of intersections discourage children from going to school independently or by walking. Furthermore, building density and vehicle density encourage children to leave school independently or by walking, but block size and road width discourage children from leaving school independently or by walking.

Key Words: Built environment; Children; School travel pattern; Mode choice; Nested logit model

一、前言

過去在進行都市規劃時，所考量的對象多以一般正常的成年人以及汽車旅次的旅運行為為主，相較起來，兒童、老人或身心障礙等弱勢族群之旅運需求，以及非機動運具的旅次，則是經常性地受到忽略。兒童由於在年齡上與心智上均未成熟，尚不足以自己進行決策，是故其旅運行為多具有親屬代為決定或輔助陪伴的特性^[1]；同時，也因為兒童身體的脆弱性以及注意力不容易集中等因素，使其被認為在交通事故中成為最容易死亡或是受傷的族群^[2]。由此可見，兒童在運輸系統的分析中，其實扮演著非常重要的角色，所以最近兒童旅運行為的相關議題逐漸獲得重視。根據洪玉蕙^[3]調查，兒童的日常生活當中，住家與學校間是最常發生的旅次，亦即通學路程為現實生活中兒童最常面對的交通環境，所以兒童在住家與學校之間往返的通學方式與運具選擇，兒童旅運行為的研究中顯得相形重要。

近年來，由於層出不窮的社會新聞事件，使得家長對於兒童的人身安全與交通安全尤其注重；因此，為了減少兒童受到傷害的機會，家長接送兒童上下學的比例也隨之日漸升高。根據陳文慧^[4]對於臺北市學童步行環境的問卷調查發現，士林地區國小學童的通學方式中，有 35% 的兒童是由家長所接送；而在兒童放學回家的通學方式，家長接送的比率則為 11%。然而，在國外的研究中曾發現，父母親長期接送兒童上下學，容易使得兒童對家

長產生依賴的心理，個性上也難以獨立，影響將來長大後的人格發展；另外一方面，雖然接送兒童上下學，增加了家長陪伴兒童的時間，卻也相對減少了兒童與同儕之間相處的時間，使得兒童缺乏磨練社交技巧的機會，並且對於道路旅行技巧（如等紅綠燈、過馬路等）容易感到陌生，如此一來，將對兒童身心發展造成嚴重的影響^[5]。另一方面，隨著機動車輛持有率的增加，國人出門也多以汽機車代步，相對地，也影響了兒童通學的運具選擇。根據陳文慧^[4]的研究指出，士林地區國小兒童上學步行的比例占 55%、公車 9%、機車與汽車各為 10%，其餘則為其它運具（如安親班交通車），因此由親屬使用個人運具接送兒童的比例，已達總通學旅次的五分之一。親屬使用機動運具接送兒童上下學的行為，會減少兒童的身體活動量，因而影響到兒童的身體健康，過去已有一些研究發現此關係，例如：黃文俊^[6]在臺北縣金山鄉的調查，發現國小學童以步行或自行車通學者，其體適能優於搭乘公車或家長開車接送者。另外有些對成人的調查同樣發現此關係，例如：Hayashi 等人^[7]調查大阪的成年男性，發現以步行通勤可降低高血壓疾病的風險；Hu 等人^[8]在天津的調查，發現以步行或自行車通勤的成人有較低的血脂質。

兒童的通學方式和運具選擇，其實與我們生活周遭的建成環境⁴是息息相關的，如 McMillan^[10] 便曾經針對兒童通學旅運行為與建成環境之間的關係，提出了一個概念性的架構，顯示建成環境因素可能會直接或者透過其它社會經濟因素間接影響家長決策，進而改變兒童的通學的方式與運具選擇行為。這些可能產生影響的建成環境因素包括如陳文慧^[4] 以及蘇昭銘與陳雅慧^[11] 所提出的行人設施、Bradshaw^[12] 提出在住家與學校之間有無公車路線數，以及 McMillan^[10] 所提出的街廓規模、土地使用混合程度等；另外，在社會經濟因素方面，像是生活型態的改變、人身安全的觀念，以及日漸增加的通學距離與個人運具持有率等，也都是家長可能接送兒童上下學的原因之一^[2]。有鑑於此，為了規劃一個良好的兒童通學環境，並且讓家長能夠安心地讓兒童獨自上下學，有必要針對兒童的通學方式與運具選擇情形進行深入瞭解，同時探討建成環境對兒童通學方式與運具選擇所產生的影響。根據國外研究指出，透過協調土地使用以及學校方面的規劃，將能夠增加學生步行的機會，例如在設立學校時考量兒童願意步行的距離等，然而要縮短學校與住家的距離，只有在土地使用密度高的地方較具可行性^[10]；另外，透過完善的人行空間或自行車道規劃，也能夠提升步行以及騎乘自行車的便利性與安全性，因而改變兒童通學旅次的運具選擇行為^[10]。

因此本研究之目的在於實證分析各項建成環境特性對於兒童通學方式與運具選擇的影響，根據實證結果的發現，地方政府可以鼓勵兒童獨自通學的方式，以及使用非機動運具為目標，研提可行的都市規劃策略。文章分為五個部分，在本段說明動機與目的後，第二段說明研究設計，包括假說關係推論以及驗證方法說明等內容；接著在第三段說明樣本

4. 建成環境是對應 built environment 的中文名詞，依據 Transportation Research Board^[9] 的定義，廣義的建成環境包括土地使用形態、運輸系統以及跟旅運及身體活動有關的設計特徵。其中，土地使用形態意指人類活動的空間分佈，運輸系統則為提供空間連結或連接活動之實質基盤設施及服務，而設計特徵則為建成環境之美觀、實質與功能之品質，如建築、公共空間與鄰里環境之設計。

資料的調查方法、過程與結果，在第四段校估巢式羅吉特模式、驗證假說關係並且進行結果討論；最後，在第五段提出研究結論以及後續研究方向建議。

二、研究設計

本段首先界定研究問題，包括兒童通學方式與通學運具、可能影響通學方式與運具選擇的建成環境特性以及其它重要的控制因素；其次經由文獻歸納與討論，提出影響關係假說；最後說明驗證方法的設計，包括模式認定、變數定義以及校估與檢定方法。

2.1 問題界定

過去對兒童學校旅次的研究，國外實證調查較著重於運具選擇，例如英國的 Bradshaw^[12]、Jone 與 Bradshaw^[13] 以及 Mackett^[5]，美國的 Isebrands 等人^[14]、McDonald^[15] 與 Rhoulac^[16]，加拿大的 Stefan 與 Hunt^[17]；臺灣的文化背景造成他人接送兒童上下學非常普遍，因此像蘇昭銘與陳雅慧^[11] 以及陳文慧^[4] 的研究均將通學方式納入調查，不過與運具選擇分開討論，且只作敘述統計分析。臺灣另一個特性是安親班在放學旅次的角色；陳文慧^[4] 調查發現，超過兩成國小學童在放學之後會前往學校附近的安親班，在課程結束之後再由安親班或家屬接送回家。由於學校到安親班的旅次多為短途步行旅次，或是長途的交通車旅次，與建成環境較無關係，因此本研究之上學旅次界定為由住家到學校，放學旅次界定為由學校或安親班回到住家，學校到安親班間的旅次不納入分析。

兒童可以選擇的運輸工具與通學方式有關，例如獨自上下學的兒童就不可能選擇汽車為運具，但兩種通學方式均可選擇步行。綜合前段文獻，兒童通學旅次的選擇結構如圖 1 所示，至少包含通學方式與運具選擇兩個巢層，與兒童獨自上下學有關的運具選擇包括步行、自行車以及公共運具（包含公車、捷運）等，與他人接送上下學有關的運具選擇包括步行、自行車、汽車、機車以及公共運具（包含公車、捷運與計程車），而放學旅次又會增加交通車（由安親班提供）的選項。此外，在運具選擇的部分，有可能再區分為兩個以上巢層，例如：他人接送上學之下先區分為非機動運具、大眾運具與個人機動運具，非機動運具下再區分為步行與自行車，個人機動運具下再區分為汽車與機車。本研究先以將運具選擇視為同一層的結構來校估模式，接著再嘗試其它可能結構，選擇配適度較好且係數較合理的模式進行分析。

那些建成環境特性會影響旅運行為？過去已累積了許多研究，讀者可參考 Handy^[18]、Crane^[19] 以及 Boarnet 與 Crane^[20] 的完整回顧，或者 Lin 與 Hsiao^[21] 跟林楨家與楊恩捷^[22] 對臺北的調查研究。過去研究多根據 Cervero 與 Kockelman^[23] 所界定的密度 (density)、多樣性 (diversity) 以及設計 (design) 之 3-D 因素來決定變數，我們再將之區分為土地使用與運輸系統兩個面向進行討論。首先，在「密度」方面的土地使用密度，所指的是一個地區土地利用的密集程度，例如人口密度與建物密度等，即表示有多少居民在使用該塊土

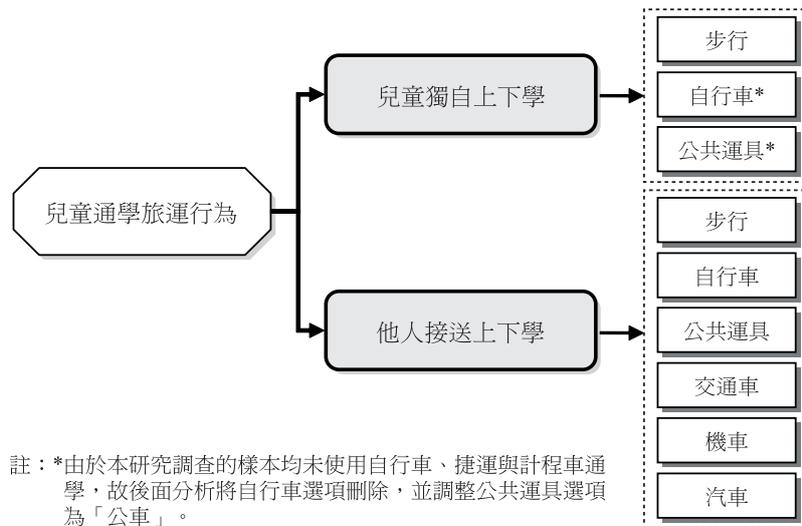


圖 1 通學方式與運具選擇結構

地，以及該塊土地上建物樓地板面積的多寡；而運輸系統密度則是指一個地區運輸路網發展之密集程度，包括道路車輛密度與路網密度等，一個地區的運輸系統密度越高，則表示該地區具有較高的交通可及性與易達性。其次，在「多樣性」因素中的土地使用多樣性，乃是表示土地混合使用的情形，土地使用的種類及其數量越多，則代表其土地使用越趨多樣性，為了能夠瞭解多種土地使用對於混合土地使用指標的貢獻程度，採用「熵 (entropy)」指標來衡量土地混合使用的程度，而土地使用的種類包括如住宅、商業、工業、文教設施、醫療設施與休閒設施等與兒童生活相關之類別；運輸系統多樣性則指一個地區所能夠提供運具選擇之種類多寡，其中可供兒童使用的運具種類包含公車、捷運與交通車等。最後，在「設計」面向的土地使用設計，是指一個地區的外在實質環境條件，如街廓規模等；而運輸系統設計則是包括人行系統與車行系統的外觀及品質，例如車道寬度、人行道寬度以及行道樹的數量等，運輸系統設計的優劣，也會對於使用者的舒適程度與使用意願造成影響。

另一方面，由於建成環境並非決定旅運需求的唯一因素，因此需要將重要的非建成環境因素作為模式的控制變數。可能影響旅運需求的非建成環境因素主要包括人口特性與社會經濟條件兩部分，在考量兒童特性後，我們將之區分為社區環境特性、學校特性、家戶特性、兒童特性與家長特性五個部分進行考量。其中，社區環境特性主要為兒童居住地區現況的治安條件、交通安全以及坡度等因素；學校特性表示各個學校在設施提供方面的差異，包含導護義工的設置與家長接送區的規劃等；家戶特性為兒童家庭中可能影響通學方式與運具選擇之因素，如家戶所得、家中就學兒童人數以及家戶汽機車數量等；兒童特性為兒童的個人基本屬性，如年齡、性別等；而在家長特性的部分，則是強調家長的通勤旅運行為對兒童通學方式與運具選擇可能產生影響的因素，例如家長的就業情況、使用的通

勤運具以及上下班是否順路經過兒童的學校等。本研究所考量影響因素，示意如圖 2。

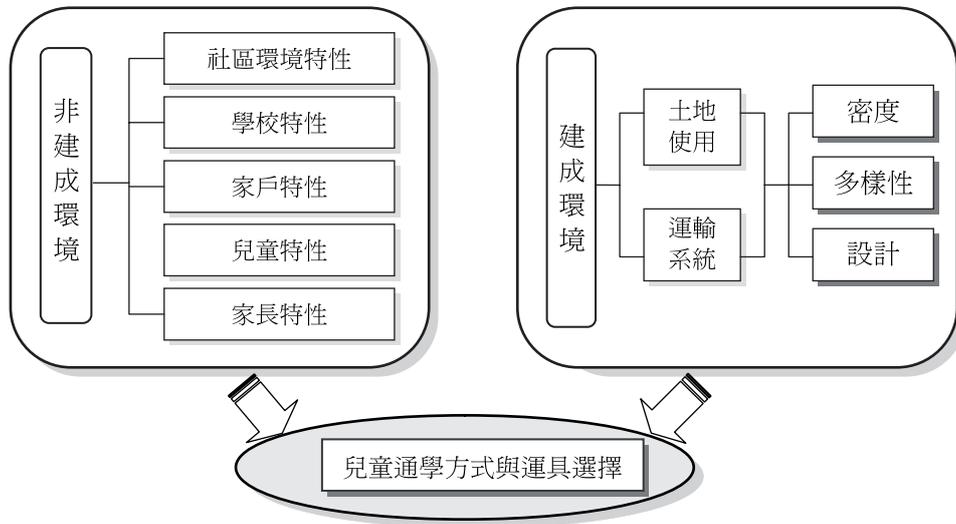


圖 2 影響兒童通學旅運需求之因素

2.2 假說關係

前述因素對兒童通學方式與運具選擇之可能影響討論如下：

2.2.1 密度

在土地使用密度方面，一個地區的人口密度越高，則個人運具使用的比例會隨之降低^[24-30]，而及業密度越高，同樣也會減少個人運具的使用比例^[25-27,30,31]。因為當一個地區的人口數或是及業人數越多時，尖峰時間會產生大量的旅運需求，如此一來，便容易造成道路壅塞，降低個人運具的使用意願，但是由於旅運需求並未減少，因此會轉而增加非機動運具與公共運具的使用機會。然而，兒童步行上下學，只有在距離較近的情況下才有可能發生，若是通學距離較遠時，則難以步行方式到達目的地，而必須選擇自行車或公共運具。由此可知，人口密度與及業密度對於家長開車接送兒童為負向影響，而對於兒童獨自使用非機動或公共運具上下學則為正向影響。除了人口密度與及業密度外，相關文獻^[25,29,31,32]也指出，建物密度對於運具選擇行為將產生顯著的影響。所謂建物密度是指單位土地面積上的建築物樓地板面積，當一個地區的建築物興建越密集時，可能反映出當地人口眾多的現象，而根據上述所言，人口密度越高，則會降低個人運具的使用，並且提高非機動運具與公共運具的使用比例。其中 Reilly 與 Landis^[29]的研究更發現，提高 50% 的建物密度，將可增加 40% 的步行旅次。因此我們可以得知，建物密度對於家長開車接送兒童是為負向

影響關係，而對於兒童獨自使用非機動或公共運具則為正向影響關係。

在運輸系統密度方面，道路車輛密度是指一個地區單位道路面積上的機動車輛數，若是當地道路車輛密度越高，表示每單位道路面積上必須要容納較多的車輛，則產生道路擁擠的機率也相對較高。為了避免因使用汽車而遭遇塞車所延誤的時間，居民的通勤運具可能會轉而使用非機動運具、公共運具或靈活性較好的機車，而當汽車使用的比例降低時，家長以汽車接送兒童上下學的情形也將隨之減少。但是因為非機動運具與公共運具的使用比例增加，家長接送的方便程度下降，因此有助於提高兒童獨自通學的可能性。此外，一個地區的路網密度越高，代表著當地的道路系統越發達，如此一來，對於車行便利性較可能產生正面的助益，因而提高汽車或機車等個人運具的使用情形，則家長使用汽機車接送兒童上下學的情形會隨之增加；而個人運具使用的增加，同時意味著非機動運具與公共運具使用比例的減少。然而，由於兒童獨自通學所能夠使用的運具不是非機動運具就是公共運具，因此，對於兒童獨自通學的旅次，也可能會產生負向的影響關係。

2.2.2 多樣性

在土地使用多樣性方面，若一個地區內的土地使用越趨多樣，並且縮短與其他土地使用之間的距離，亦即在步行可到達的範圍內，土地使用的種類越多，則越能夠藉由步行的方式，滿足不同的土地使用需求，且個人運具使用的比例也將隨之降低^[25,26,28,30-34]，因此可以判定土地使用混合程度對於家長開車接送兒童應為負向影響關係。然而，陳文慧^[4]在研究兒童通學的情形時卻發現，學校附近地區的攤販或商店，容易吸引兒童在步行途中聚集與逗留，因而增加交通事故發生的可能性，故建議在學校周圍應盡量避免商業行為的干擾。所以父母在考量土地混合使用對兒童通學安全的影響時，可能會減少兒童獨自通學的情形，由此可知，土地使用混合程度對於兒童獨自步行上下學的旅次，可能為正向影響，也可能為負向影響。

在運輸系統多樣性方面，從 Mackett^[5]的研究中可以發現，家長開車接送兒童的原因之一，即為居住地點缺乏其他運具可供使用，這也就是說除了個人運具外，若是有其他運具（如公車、捷運或交通車等）能夠讓兒童方便地從住家到達學校，將有可能降低家長使用個人運具接送兒童的比例。首先，在本研究中兒童所可能使用的公共運具僅有公車一項，而公車除了要有從住家通往學校的路線及班次外，公車站牌也必須位於住家的步行範圍之內，才能夠獲得充分地利用，因為當大眾運具車站或站牌與住家的距離越近時，使用的機率將會隨之提高^[24]；其次，安親班的交通車也提供兒童放學時多一項的運具選擇機會。因此，在運具多樣性指標越高的情況下，將可能會增加兒童獨自上下學的可能性，並且同時提升公共運具的使用比例。這也就是說，運具多樣性指標，對於兒童獨自上下學與公共運具的使用，是為正向影響，相對地，對於非機動運具與個人運具的使用，則會呈現負向的影響關係。

2.2.3 設計

在土地使用設計方面，Cervero 與 Duncan^[34] 發現街廓規模越大，將降低行人的步行意願，因此對於步行旅次越不利，而在兒童通學方式與運具選擇方面，同樣也可能受到街廓規模的影響，因而減少兒童使用非機動運具的比例，並且轉而搭乘公共運具或個人運具。是故街廓規模對於兒童獨自步行或騎乘自行車上下學將產生負向影響，而對於公共運具與個人運具的使用，則具有正向的影響關係。除此之外，McMillan^[35] 則是透過研究發現，道路兩旁房屋窗戶面向街道的比例，與非機動運具的使用具有正向影響關係，藉由房屋設計所提供的安全感以及親近感，將能夠增加步行或騎乘自行車等非機動運具使用的機會。但是在臺灣地區，房屋的設計方式與國外有所差異，街道兩旁房屋窗戶面向道路乃是非常普遍的現象，因此，難以藉由該變數得知其對於兒童通學方式與運具選擇之影響關係。

在運輸系統設計方面，行人設施對於兒童步行上下學而言，不論步行距離的長短，都是相當重要的考量因素，其中人行道的完整性（如鋪面或寬度），以及人行道占全區道路總長度的比例越高，步行的比例也會隨之增加^[4,11,25,36]。是故人行道的寬度，以及人行道占道路長度的比例，對於兒童獨自步行上下學會呈現正向的影響，而人行設施的增加，也可能因而縮減原有的車道寬度，對於車輛的使用造成不便，因此降低公共運具與個人運具的使用機會。當人行系統的安全性提高時，家長也會比較放心讓兒童獨自步行上下學，而免於擔心兒童獨自上下學時受到路上行駛車輛的威脅，因此增加兒童獨自通學的比例。其次，雖然交叉路口密度在過去文獻中被認為對於通勤或購物旅次沒有顯著的影響關係^[18,27,29]，但是對於兒童而言，交叉路口常是發生交通事故的高危險地點，兒童步行上下學途中所經過的交叉路口數越多，也就越容易發生意外，如此一來，將減少兒童獨自步行上下學的比例，轉而由家長開車接送，或者搭乘公共運具。另一方面，在車行系統的部分，當住家通往學校的道路越寬敞時，由於提供了較大的道路容量，車輛行駛順暢，將因此增加個人運具與公共運具的使用比例^[24]；但是車輛的快速行駛，卻可能對行人造成相當程度的危害，成人尚且如此，更何況是反應能力較低的兒童，發生事故的機會勢必比成人高出許多，為了避免兒童獨自通學可能發生的危險，則兒童使用非機動運具的比例將隨之降低，同時也提高了家長接送兒童上下學的可能性；而道路兩旁植栽或行道樹的種植，不僅能夠增加步行的舒適程度，更具有人車隔離、提升兒童步行安全的效果^[4]，進而增加兒童獨自步行上下學的機會，並且減少公共運具使用與家長開車接送的行為。再者，過去研究^[24,30,33] 曾發現，目的地停車空間的數量，與個人運具使用的比例呈現正向影響關係，然而，家長開車接送兒童上下學的過程中，車輛並非長時間在學校停留，是故停車空間對於兒童通學運具選擇的影響程度較小；而囊底路的比例雖然也被認為會增加步行的困難程度^[28]，但是在本研究調查的國小學區中，鮮少出現囊底路的街道設計，也較不容易影響兒童的步行行為，因此不考慮將這兩個變數納入研究。

2.2.4 非建成環境因素

在社區環境特性方面，兒童通學時的人身安全與交通安全，是家長接送兒童上下學的重要原因，而一個地區若是擁有良好的治安條件，以及較佳的交通安全環境，將能夠減少家長接送兒童的行為^[5,11,12]。因此，治安條件（犯罪發生率）與交通安全（交通事故發生率），對於兒童獨自使用非機動運具與公共運具上下學會呈現負向的影響關係。另外，為了維護兒童的通學安全，家長開車接送兒童的比例也將隨之提高。而非機動運具的使用，還可能會受到地區坡度大小的限制，亦即坡度越陡的地區，由於步行或自行車使用的困難度提高，因而減少非機動運具的旅次^[34,36,37]。故坡度對於兒童獨自上下學的步行與自行車旅次，也將造成負向的影響關係；相對地，對於公共運具的使用或家長開車接送的行為，則會產生正向的影響。

在學校特性方面，為了維護兒童步行或騎乘自行車通學時的交通安全，學校附近交叉路口常有導護義工的設置，而根據研究^[5,11,13]指出，導護義工由於提供安全的非機動運具使用環境，因此對於兒童獨自使用非機動運具通學的旅次，會產生正向的影響效果，並且同時降低個人運具與公共運具的使用比例。另外，蘇昭銘與陳雅慧^[11]也認為，學校周邊規劃家長接送區，由於提高家長接送兒童時的便利性與安全性，因此將增加家長使用個人運具接送兒童上下學的情形，但是卻會因而對兒童獨自使用非機動運具與公共運具通學的情形造成負向影響。

在家戶特性方面，住家到學校的距離是最常被用來探討兒童通學旅運行為的自變數之一，而其對於兒童通學方式與運具選擇也具有相當顯著的影響。當住家與學校之間距離越遠時，兒童搭乘個人運具或公共運具的比例越高^[5,11,12]；當距離越近時，則兒童獨自步行或騎乘自行車的比將越高^[18,27,32]。通學之旅行時間對於兒童通學旅運行為也可能產生相當程度的影響，而其先驗預期符號與通學距離相同。此外，大多數的文獻^[1,5,12,13,15]均認為，家戶汽車數量對於家長開車接送兒童上下學的情形呈現正向影響，亦即家庭所擁有的汽車數量越多，家長開車接送兒童上下學的比例越高；另一方面，當家長開車接送兒童的比例增加時，則兒童獨自使用非機動運具或公共運具通學的情形則會因此減少。然而，在臺灣地區，機車在個人運具中也占有相當高的使用比例，因此將家戶機車數量加入本研究作為自變數，而其預期影響效果與家戶汽車數量相同。此外，家戶自行車數量的多寡，也會對非機動運具的使用產生正向的影響，相對地，當使用非機動運具的比例越高時，將因而降低公共運具與個人運具的使用機會。再者，擁有高所得的家庭，由於較能夠支付個人運具的使用成本，因此個人運具的使用比例會越高，而非機動運具與公共運具使用的比例相對而言則會越低^[1,15,35]。是故所得對於兒童獨自使用非機動運具與公共運具的通學旅次，將呈現負向影響關係，而對於家長開車接送兒童上下學的行為，則會產生正向的影響。家中就學的兒童人數，對於兒童的通學方式與運具選擇，也具有顯著的影響關係；當兒童人數越多時，家長使用個人運具接送的可能性越高^[35]，並且較不容易發生兒童獨自使用非機動運具或公共運具的機會。家中其他長輩（如爺爺、奶奶等）人數越多，越可能產生他

人接送的通學旅次，但是對於他人接送旅次所使用的運具則是無法判定；同樣的道理，生活在單親家庭中的兒童，則獨自上下學的機率會越高，也因為是由兒童獨自上下學，因此個人運具使用的可能性將越低，而使用非機動運具與公共運具的可能性則會越高。

在兒童特性方面，年齡為影響兒童通學方式與運具選擇的重要因素，過去文獻^[15,17]指出，隨著兒童年齡的增長，逐漸具有獨立自主的能力，獨自上下學的比例也越來越高，兒童年級也是相同的道理；在運具使用方面，相較於非機動運具與公共運具旅次的增加，個人運具旅次則有減少的趨勢。由上述可以得知，年齡對於兒童獨自使用非機動運具與公共運具，是為正向影響關係，而對於家長開車接送兒童上下學的行為，則為負向影響關係。其次，在 Zwerts 與 Wets^[11]的研究中，則提出了性別對於兒童運具選擇的影響；由於女性在傳統認知中被認為遭遇危險的機會高於男性，也較需要受到保護，故在家長開車接送兒童通學的情形中，女生的比例明顯高於男生。因此當兒童性別為女性時，獨自使用非機動運具或公共運具通學的比例會越低，而搭乘個人運具上下學的比例則會越高。另外，在兒童跨區就讀方面，由於臺北市國小的學區劃分多是依照鄰里範圍加以區隔，因此通常所屬學區的國小應該距離住家不遠，然而若有跨區就讀的情形，則其通學距離必然大於其他未跨區就讀的兒童，是故在通學旅運行為中，較可能為他人利用個人運具進行接送，或搭乘公共運具，而由兒童獨自使用非機動運具上下學的機率則較小。

在家長特性方面，家長通勤時所使用的運輸工具，對於兒童的通學方式與運具選擇，具有關鍵性的影響^[5,13]，若是家長習慣於使用汽車或機車通勤，並且當學校位於家長上下班所會經過的路徑，或學校鄰近家長的工作地點時，將會增加家長使用個人運具接送兒童上下學的可能性^[5,11-13]；然而，由於家長接送的比例增加，因此對於兒童獨自使用非機動運具或公共運具上下學的行為，將會呈現負向的影響關係。但是在家長工作順路的情況下，兒童的通學運具將依照家長通勤運具而決定，亦即兒童可能使用非機動運具、公共運具或個人運具，所以對於兒童通學運具選擇的影響效果無法明確判定。另外，在 Mackett^[5]的研究中也指出，傳統的美國家庭，出門工作賺錢通常是父親的責任，而母親則是負責照顧小孩與處理家務，當母親有工作或必須上班時，由於減少親自接送兒童的機會，因此將增加兒童獨自使用非機動運具或公共運具通學的比例。

將上述先驗影響關係歸納為以下六項假說：H1，建成環境之密度因素對兒童通學方式具有顯著影響；H2，建成環境之多樣性因素對兒童通學方式具有顯著影響；H3，建成環境之設計因素對兒童通學方式具有顯著影響；H4，建成環境之密度因素對兒童通學運具選擇具有顯著影響；H5，建成環境之多樣性因素對兒童通學運具選擇具有顯著影響；以及，H6：建成環境之設計因素對兒童通學運具選擇具有顯著影響。上述關係因為個別變數的影響方向不同，故無法事先斷定為正或負，必須透過實證結果加以確認。其次，每個學校之環境背景與風氣會有不同，也可能對兒童通學方式與運具選擇造成不同程度的影響效果，因此提出第七個假說如下：H7，兒童通學方式與運具選擇會因學校不同而有顯著差異。最後，根據 Cervero^[32]的研究指出，建成環境雖然可分為密度、多樣性與設計三方面加以探討，但是其中密度因素對於運具選擇的行為，相較於多樣性與設計因素，卻呈現較為顯著

的影響效果，而多樣性與設計因素也被認為和密度因素具有某種程度的關聯性，例如一個地區在土地使用上，朝向較小的街廓規模設計，以及擁有較高的土地使用混合程度，則隱含著該地區可能屬於密集的土地使用型態。因此提出第八個假說：H8，建成環境密度因素之影響程度明顯大於多樣性與設計因素。

2.3 驗證方法

依據圖 1 的選擇結構，因為我們先使用兩層巢式羅吉特模式進行校估，作為其它選擇結構的比較基礎，故以此為例說明。模式包含 2 個巢 ($j=1$ 為兒童獨自上下學， $j=2$ 為他人接送上下學)，第 j 個巢內有 k_j 種運具選擇 ($k_1=3$ ， $k_2=6$)，則運具 k 被選擇的機率為 P_k ，機率公式如下：

$$P_k = P_j \times P_{k|j} = \frac{e^{(V_j + \mu_j I_j)}}{\sum_{j=1}^2 e^{(V_j + \mu_j I_j)}} \times \frac{e^{V_k}}{\sum_{k \in k_j} e^{V_k}} \quad (1)$$

$$I_j = \ln \sum_{k \in k_j} e^{V_k} \quad (2)$$

其中， P_j 為選擇通學方式 j 的邊際機率； $P_{k|j}$ 為在通學方式 j 的條件下選擇運具 k 的條件機率； V_j 為通學方式 j 的效用函數； V_k 為巢 j 中選擇運具 k 的效用函數； I_j 為巢 j 的包容值變數， μ_j 為巢 j 的包容值係數。包容值係數應該介於 0~1 之間， μ_j 愈接近 0，表示巢內方案相關性愈高； μ_j 愈接近 1，表示巢內方案相關性愈低；若 μ_j 等於 1，則表示巢式羅吉特模式與多項羅吉特模式無異；另外，當 μ_j 大於 1 或小於 0 時，代表巢式羅吉特模式與隨機效用理論不一致，將造成不合理的結果，此時模式必須重新認定。

(1) 式與 (2) 式之效用函數所使用自變數，係根據圖 2 所界定因素而產生，定義如表 1 所示，樣本單元為每一位兒童個體。其中，旅行時間為共用變數，其餘均為方案特定變數。理論上每個自變數對每個選擇都會有直接或間接關係，但其解釋力的顯著性會有不同，故我們先使用所有自變數對上下兩層分別進行二項羅吉特與多項羅吉特模式的校估，並觀察每個自變數的顯著性，據以判斷每個方案特定變數用於那些方案，再進行巢式羅吉特模式校估。

在完成模式校估後，根據各個建成環境自變數係數的 t 檢定值，可以判斷假說 H1 到 H6 受實際資料支持的程度；而假說 H7 部分，則是觀察學校虛擬變數係數之 t 檢定值是否顯著來作判斷；假說 H8 的部分，則是在於比較建成環境中的密度、多樣性與設計因素，何者對於兒童通學方式與運具選擇會產生較大的影響，故藉由巢式羅吉特模式中的「彈性分析」，比較各個自變數對選擇機率之彈性係數值，即可檢驗此假說是否被實際資料所支持。

表 1 模式自變數定義

變數代號	變數名稱	定 義	單位
建成環境之密度特性			
X_{POP}	人口密度	住家所在地區每單位住宅與商業土地面積的人口數。	人/m ²
X_{EMP}	及業密度	住家所在地區每單位工商用地面積的及業人口數。	人/m ²
X_{BUILD}	建物密度	住家所在地區每單位土地面積的建築物樓地板面積。	m ² /m ²
X_{RCD}	道路車輛密度	住家所在地區每單位道路面積上的機動車輛數。	輛/m ²
X_{NET}	路網密度	住家所在地區每單位土地面積的道路長度。	m/m ²
建成環境之多樣性特性			
X_{MIX}	土地使用 混合程度	住家所在地區各土地使用別所占的面積比例之「熵(entropy)」值，熵值越大，則土地使用越趨多樣性。 $X_{MIX} = -\sum_h [D_h \ln(D_h)]$ 其中， $\sum_h D_h = 1$ ， D_h 為第 h 種用地的面積比例。	-
X_{MODIV}	運具多樣性指標	將住家到學校可使用公車路線數、有無交通車接送、家戶汽車持有數、機車持有數以及自行車持有數等變數正規化在 [0,1] 範圍內，再予以加總，代表兒童通學可能使用運具之綜合性指標。	-
建成環境之設計特性			
X_{BLOCK}	街廓規模	住家所在地區的平均街廓面積。	m ²
X_{SWID}	人行道寬度	通學路徑所會經過的人行道平均寬度。	m
X_{SPRO}	人行道比例	通學路徑兩公尺以上人行道占道路總長度的比例。	%
X_{INTER}	交叉路口數	通學路徑所會經過的交叉路口數量。	個
X_{RWID}	車道寬度	通學路徑所會經過的車道平均寬度。	m
X_{GREEN}	植栽比例	通學路徑平均每公尺種植的行道樹棵數。	棵/m
非建成環境變數			
X_{SEC}	治安條件	住家所在地區每月發生的刑事案件數。	次/月
X_{TRAF}	交通安全	住家所在地區每月發生的交通事故案件數。	次/月
X_{SLOPE}	坡度	住家所在地區的平均坡度。	%
X_C 、 X_H	學校虛擬變數	代表無法量測之學校相關因素，以及學校附近地區建成環境特性 ($X_C = 0, X_H = 0$ ，表示指南國小； $X_C = 1, X_H = 0$ ，表示景美國小； $X_C = 0, X_H = 1$ ，表示興華國小)。	-
X_{VOLUN}	設置導護義工	學校是否在校門口設置導護義工 (有 = 1，無 = 0)。	-
X_{AREA}	規劃家長接送區	學校是否在校門口規劃家長接送區 (有 = 1，無 = 0)。	-
X_{DIS}	通學距離	從住家到學校或從非住家地點到住家的旅行距離。	m

表 1 模式自變數定義 (續)

變數代號	變數名稱	定 義	單位
X_{TIME}	旅行時間	從住家到學校或從非住家地點 (學校或安親班) 到住家, 使用特定運具所需花費的時間。	分鐘
X_{CAR}	家戶汽車數量	兒童家庭可供使用的汽車數量。	輛
X_{MOTOR}	家戶機車數量	兒童家庭可供使用的機車數量。	輛
X_{BICY}	家戶自行車數量	兒童家庭可供使用的自行車數量。	輛
X_{INC}	家戶所得等級	兒童家庭的年收入屬於臺北市所得六等分位之等級, 以 5 個虛擬變數作區分。	-
X_{CHILD}	家中兒童人數	家中就讀幼稚園 (3歲) 到高中 (18歲) 之間的兒童人數。	人
X_{ELDER}	家中長輩人數	家中除了父母親以外的長輩人數。	人
X_{SINGLE}	單親家庭	兒童是否生活於單親家庭 (是 = 1, 否 = 0)。	-
X_{GRADE}	兒童年級	兒童現在所就讀的國小年級。	年級
X_{SEX}	兒童性別	兒童之性別 (男 = 1, 女 = 0)。	-
X_{CROSS}	跨區就讀	兒童是否跨區就讀 (是 = 1, 否 = 0)。	-
X_{HOME}	直接回家	兒童放學是否直接回家 (是 = 1, 否 = 0)。	-
X_{NON} 、 X_{PUB} 、 X_{PRIV}	家長通勤運具	父親與母親上班所使用的交通工具 ($X_{NON} = 1, X_{PUB} = 0, X_{PRIV} = 0$ 表示非機動運具; $X_{NON} = 0, X_{PUB} = 1, X_{PRIV} = 0$ 表示公共運具; $X_{NON} = 0, X_{PUB} = 0, X_{PRIV} = 1$ 表示個人運具; $X_{NON} = X_{PUB} = X_{PRIV} = 0$ 表示其它運具)。	-
X_{ALONG}	工作順路	父親或母親上下班地點與兒童學校是否順路 (順路 = 1, 不順路 = 0)。	-
X_{MOEMP}	母親就業	兒童母親是否擁有固定工作 (有 = 1, 無 = 0)。	-

註：住家所在地區是指所在「里」，樣本分布於 32 個里。因為有跨區就讀與開放大學區制 (指南國小) 的情形，故這些里超過次頁表 2 所示學區範圍。

三、樣本資料

我們以問卷調查、二手資料整理以及實地調查三種方式取得樣本資料。問卷調查對象為臺北市文山區的國小學童，為了考量不同的建成環境條件與獨特的學校特性，因此選定郊區、舊市區與新市區三種不同發展程度地區的國小進行調查，分別為指南國小、景美國小以及興華國小，其背景資料整理如表 2。指南國小地處偏遠，位於貓空山區，地理環境特殊，大眾運輸設施服務也較為不便，且為班級與學生人數稀少的小型學校，符合郊區學校的特性；景美國小為整個文山區建校最早的學校，創立於民國前 15 年，且景美國小所在的位置，鄰近早期的景美商圈，也就是現在的景美夜市附近，經過長時間的演變，不僅土地發展密度高，土地使用的種類也相當眾多，故適合作為舊市區國小的代表；而興華國

小由於鄰近捷運萬芳醫院站，其所在地區也因為民國 85 年捷運木柵線的通車而逐漸繁榮，周圍除了擁有早期的大型住宅社區外，更引進許多商業活動，與景美商圈同為文山區人潮聚集的地點，再加上創校不過十餘年，故選定為新市區國小的代表。

表 2 調查學校背景與樣本數

背景資料	指南國小	景美國小	興華國小
建校時間	民國 64 年	民國前 15 年	民國 81 年
校地面積 (m ²)	2,575	15,507	21,889
班級數	6	25	42
學生數	135 人	592 人	1,290 人
導護義工	無	有 (兩處)	有 (兩處)
家長接送區	無	有 (一處)	有 (兩處)
學區範圍	指南里 1、2、4~17 鄰 (開放大學區制)	景美里 1~10、17 鄰； 景行里；景東里 1、2、 24、25 鄰	興家里；興得里 12~27 鄰；興光里 5~16 鄰
學校地形	山坡	平地	緩坡
到達學校公車路線數	2	7	16
最近捷運站距離	3,771 公尺	546 公尺	405 公尺
學校周圍人行道寬度	無	3.5~5 公尺	1.5~5 公尺
學校前面臨車道寬度	指南路三段 (8 公尺)	景文街 (12 公尺)	興隆路三段 (22 公尺)
學校附近 土地使用種類	5 種 (一般住宅、學 校、郵局、廟宇、綠地)	12 種 (公共建築、一般 住宅、學校、廟宇、市 場、加油站、郵局、綠 地公園、百貨公司、停 車用地、戲院、旅館)	8 種 (公共建築、一般 住宅、學校、市場、郵 局、綠地、捷運站、醫 院、加油站)
發放問卷數 (回收率)	135 (72.59%)	149 (99.33%)	173 (100.00%)
回收問卷有效率	86.73%	57.43%	92.49%
有效樣本數	85	85	160

樣本選擇是採用「分層群集抽樣」的方式，從 1 到 6 年級中隨機挑選各一個班級，針對該班級內的全體學生進行問卷調查，亦即每個學校會有 6 個班級，3 個學校共 18 個班級，總共發放 457 份問卷。問卷調查時間為民國 95 年 12 月 25 日至民國 96 年 1 月 19 日，調查的方式為「留置法問卷調查」，填答過程可分為兩個階段，第一階段為問卷初填階段，將問卷發給三所國小的兒童，由兒童帶回家給家長填寫後，與校方約定一個星期後的時間回收問卷。透過問卷初填階段，先對問卷加以過濾，如果家長有遺漏填答的問項時，則必須再次進行第二個階段的問卷補答，同樣是給予一個星期的時間，然後另外約定時間前往

學校取回問卷。回收問卷計 419 份，整體回收率為 91.68%，其中指南國小之回收率較低，其餘兩個國小幾乎全數回收。由於研究範圍限定為臺北市文山區，但景美國小因為鄰近臺北縣新店市，從新店市來此跨區就讀之學童人數甚多，考量臺北縣資料蒐集不易的限制，決定將樣本中非居住於臺北市文山區以及填答不完整的問卷剔除，使有效問卷數量為 330 份，整體有效率為 78.89%，詳如表 2 所列。

問卷調查獲得的資訊包括兒童通學方式、兒童通學運具選擇、家長與兒童特性以及家戶基本資料等，並根據樣本所回答居住地點所在里以及通學路線所經過道路，藉由二手資料與實地調查整理完成所有變數資料。其中，自戶政事務所取得居住人口數，自文山區公所取得各類土地使用面積，自臺北市政府交通局^[38]取得及業人口數、機動車輛數、各種運具時速，自臺北市政府都市發展局地理資訊系統取得樓地板面積、土地面積、道路面積、道路長度、街廓規模、植栽比例、交叉路口數、坡度以及通學距離，自臺北市稅捐稽徵處取得房屋稅資料整理各類樓地板面積，自臺北市政府警察局刑事警察大隊與交通大隊分別取得刑事案件與交通事故統計；而人行道比例與寬度以及學校是否設置導護義工與家長接送區則是經由實地調查取得資料。配合問卷調查時間，所有資料均以民國 95 年 12 月底為基準，但若二手資料之時間無法配合，則以最接近基準時間的數據為準，因此實際資料時間分布於民國 90 年到 95 年底之間。

圖 3 顯示樣本選擇之比例分配，兒童獨自上下學的比例分別只占 35% 與 40%，通學方式以他人接送為主，且皆以母親為主要接送者；父親在上學接送也占很高比例，但放學接送則有明顯降低，降低的比例係轉移到其他親屬與安親班接送。兒童使用運具以步行為主，約占 40%，其次依序為汽車、機車與公車，放學使用汽機車比例有明顯減少，減少部分係轉移到公車與交通車上。三個學校樣本之選擇比例有些差異，位於舊市區的景美國小樣本有明顯較高的獨自上下學 (45 ~ 47%) 與步行 (68 ~ 69%) 比例，但位於山區的指南國小樣本則有相當低的步行比例 (1.18%) 以及相當高的公車 (31 ~ 41%) 與汽車 (37 ~ 48%) 比例。上述差異顯示，三個學校間不僅有相異的環境背景，同時樣本間的通學旅運行為也有明顯差異。

本研究並且觀察樣本在各個自變數的敘述統計量、自變數之間以及自變數與選擇之間的相關性，為節省篇幅，詳細分析內容請參閱張孝德^[39]論文的說明。由樣本特性歸納出與模式校估有關的重要討論有以下四項：首先是兒童通學運具選擇必須縮減，原本上學旅次設定之運具有步行、自行車、公車、捷運、計程車、機車以及汽車，放學旅次則較上學旅次多了交通車，但是經過實際調查後發現兩個旅次均無使用自行車、捷運與計程車之樣本。其中，自行車在臺北市本來就屬於比較少見的運輸工具，計程車通常是在趕時間或特殊情況下才會使用，而本研究所蒐集樣本可能因通學距離不足以搭乘捷運，或者雖然通學距離遙遠，但無捷運可連結其通學路徑，所以沒有搭乘捷運通學的樣本。因此，上學旅次可選擇運具調整為步行、公車、機車與汽車，放學旅次則調整為步行、公車、交通車、機車與汽車。第二是部分連續數值的變數需要重新分類，我們發現部分連續數值變數的數值分佈範圍並不大，且極端值的樣本數量也不多，因此為了避免變異性不足，將這些變數予

以分類調整為類別變數，這些自變數包括家戶汽車數量、家戶機車數量、家戶自行車數量、家中就學兒童人數以及家中其他長輩人數，我們使用兩個虛擬變數區隔數值為 0、1 以及 2 以上三種類別。第三是學校虛擬變數所代表的意義，我們原來使用學校虛擬變數、設置導護義工以及規劃家長接送區等三項變數來反映學校特性，但調查發現除了指南國小無導護義工與家長接送區外，景美國小與興華國小同樣都是既有導護義工，也有家長接送區，而這樣的結果與學校虛擬變數所區隔的意義並無差異；另外，由於調查樣本均集中於三所國小，因此學校地區建成環境的變數也只會有三種數值，在變異數過小的情況下，無法進行量化模式的分析。因此我們單獨以學校虛擬變數代表學校資源與風氣，並且反映是否設置導護義工與規劃家長接送區，以及學校附近地區之建成環境條件。最後是家長通勤運具的重新歸類，由於調查發現家長通勤運具種類有八樣之多，必須使用七個虛擬變數來反映，為節約變數，我們將相似的運具整併重新歸類為非機動運具、公共運具、個人運具及其它，利用三個虛擬變數來反映其影響。

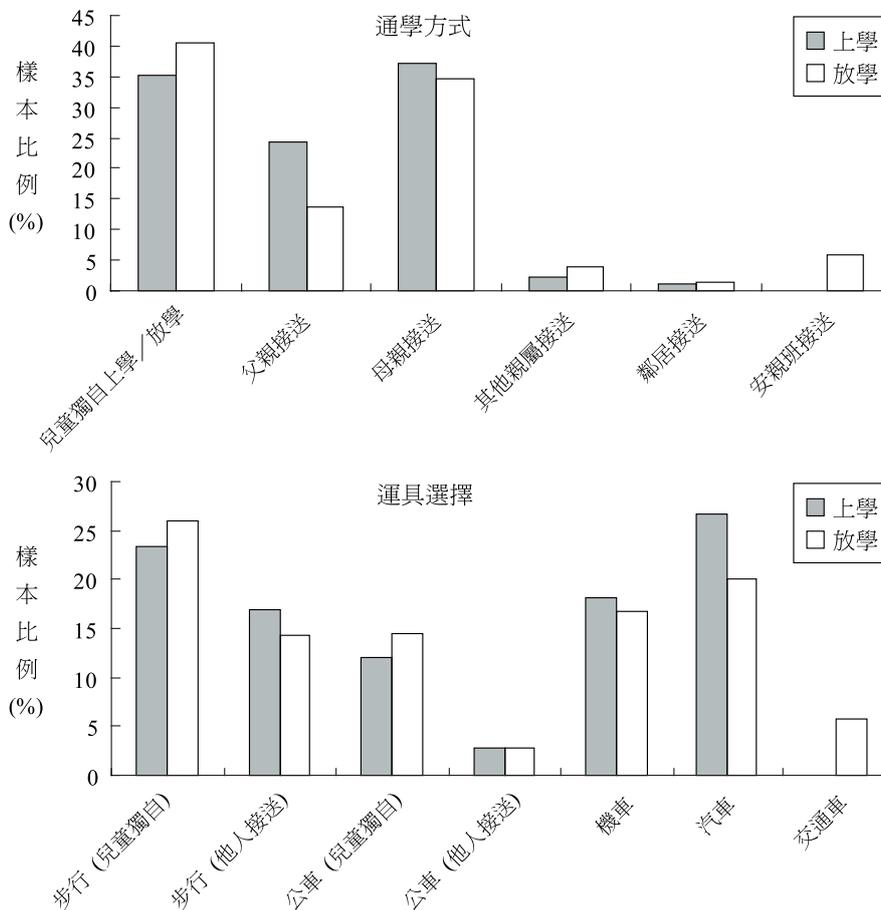


圖 3 樣本選擇比例分配

四、資料分析

本段首先說明模式校估過程與結果，繼而依據校估結果討論各項假說是否受實際資料支持，最後對實證結果進行深入討論，並據以提出都市規劃策略構想，以達到鼓勵兒童獨自或使用非機動運具上下學的目標。

4.1 模式校估

模式校估均使用 Limdep 8.0 軟體 (含 Nlogit 3.0 模組) 與最大概似法進行，首先進行變數篩選。由於巢式羅吉特模式結構較為複雜，且表 1 所列可能的自變數超過 35 個，為系統化地決定使用那些自變數來直接解釋那些方案的效用，我們先對上層選擇與下層選擇分別進行二項羅吉特與多項羅吉特模式校估，只在上層選擇顯著的自變數會留在 (1) 式 V_j 之函數中，在上下層選擇均顯著或只在下層選擇顯著者則會留在 (1) 式 V_k 之函數中。

根據篩選完成之變數進行巢式羅吉特模式校估，先由兩層選擇結構開始，分為上學旅次與放學旅次兩個模式；上層選擇 (兒童通學方式) 均以「他人接送上下學」為基準，解釋自變數對於「兒童獨自上下學」的影響情形；而下層 (兒童通學運具選擇) 則是根據自變數在何種運具中呈現顯著影響，便作為該項運具之方案特定變數。另外，「旅行時間」可依在不同運具有相同或相異的邊際效用假設，而被分別設定為共生變數或方案特定變數，端視問題背景需要與模式配適度來決定。依 Ben-Akiva^[40] 的討論，發現將旅行時間或成本視為方案特定變數或共生變數，配適度在二者間並無顯著差異。基於本研究重點在建成環境變數，故將旅行時間認定為共生變數，校估結果也顯示良好的解釋能力與配適度。校估過程中，首先放入非建成環境因素做為控制變數，是為「基本模式」，並且逐次刪除模式中較不顯著的變數，直到模式中所有變數的顯著性均達到 90% 的信賴水準；然後放入建成環境變數，是為「延伸模式」，重複相同動作排除不顯著的變數於模式之外，藉以觀察建成環境變數加入後，是否提升整體模式的配適度，以及巢層包容值是否位在適當的範圍內，亦即介於 0~1 之間，若巢層包容值未介於此範圍，則表示巢層結構認定不合理，應該重新調整巢層結構。

表 3 為二層選擇結構上學模式的校估結果，只有控制變數的「基本模式」之修正後 ρ^2 值為 0.3027，而加入建成環境變數後的「延伸模式」，修正後 ρ^2 值增加為 0.3921。使用概似比檢定發現，延伸模式之配適度顯著地超過基本模式，表示建成環境變數對於兒童通學方式與運具選擇存在著明顯的影響效果。在包容值方面，「基本模式」與「延伸模式」中兒童和他人巢層之包容值係數均介於 0~1 之間，且明顯異於 1，表示為合理的巢層設定。另外，兩者的 χ^2 值分別為 404.1744 以及 535.6342，皆達到 $\alpha=0.05$ 的顯著水準，也就說明了模式中所有變數對於依變數具有顯著的影響程度，並且能夠提供充分的解釋能力。其中，對於兒童通學方式與運具選擇的影響程度，達到 90% 信賴水準的建成環境變數包括道

路車輛密度 (他人機車)、土地使用混合程度 (他人步行)、運具多樣性指標 (兒童公車)、街廓規模 (兒童步行)、車道寬度 (兒童公車)、車道寬度 (他人汽車)、植栽比例 (他人機車)、植栽比例 (他人汽車)、人行道比例 (兒童步行) 以及交叉路口數 (兒童步行); 而有部分控制變數, 如治安條件 (他人接送) 與跨區就讀 (他人公車) 兩項變數, 在「延伸模式」中未達到與「基本模式」相同的信賴水準, 表示這些控制變數相較於建成環境變數加入前, 對於兒童的通學方式與運具選擇已不再具有顯著的影響效果。

為了探尋是否有較佳的上學模式認定, 利用表 3 之變數組合, 嘗試以不同的巢層結構, 進行巢式羅吉特模式分析, 茲將各種巢層結構的校估結果整理如表 4 所示。其中, 「上學其它巢層 A」雖然三個巢層之包容值係數介於 0~1 之間, 並且其修正後 ρ^2 值為三種巢層結構中最高者, 但是兒童巢層之包容值並未達到顯著異於 1 的信賴水準; 而在「上學其它巢層 B」中, 同樣是所有巢層的包容值係數均介於 0~1 之間, 不顯著異於 1 的包容值則是包括兒童巢層與步行公車巢層。是故經過三種巢層結構包容值的比較後, 仍舊以「上學原始巢層」做為本研究上學模式之巢層結構認定。

另一方面, 表 5 為二層選擇結構放學模式的校估結果, 「基本模式」的修正後 ρ^2 值為 0.2753, 而「延伸模式」的修正後 ρ^2 值為 0.4204。使用概似比檢定亦發現延伸模式的配適度顯著地較基本模式好, 表示建成環境因素對於兒童通學方式與運具選擇具有影響關係。在包容值方面, 雖然「基本模式」與「延伸模式」兩者兒童巢層和他人巢層之包容值均介於 0~1 之間, 但是可以發現「基本模式」中他人巢層的包容值 (0.9639) 並未顯著異於 1, 而在建成環境變數加入後的「延伸模式」, 兒童與他人之包容值則是均達到 $\alpha = 0.1$ 的顯著水準, 表示建成環境變數除了提高模式的配適度外, 也確實增進了巢層結構的合理性。另外, 兩個模式的 χ^2 值也都達到 $\alpha = 0.05$ 的顯著水準, 即表示模式中所有變數對於依變數具有顯著的影響程度, 同時也能夠提供充分的解釋能力。其中, 在 90% 的信賴水準下, 顯著影響兒童通學方式與運具選擇的建成環境變數包括及業密度 (他人汽車)、建物密度 (他人步行)、建物密度 (他人公車)、道路車輛密度 (他人步行)、運具多樣性指標 (他人交通車)、街廓規模 (他人步行)、車道寬度 (兒童公車) 以及車道寬度 (他人交通車), 而部分控制變數如坡度 (兒童步行)、家中有 1 輛機車 (他人交通車) 和參加安親班或補習班 (他人汽車), 在建成環境變數加入後, 均未達到 $\alpha = 0.1$ 的顯著水準。

為了探尋是否有較佳的放學模式認定, 利用表 5 之變數組合, 嘗試以不同的巢層結構, 進行巢式羅吉特模式分析, 茲將各種巢層模式校估的結果整理如表 6。在「放學其它巢層 A」中, 雖然兒童與他人巢層之包容值係數介於 0~1 之間, 並且顯著異於 1, 但是其修正後 ρ^2 值低於「放學原始巢層」; 而在「放學其它巢層 B」中, 除了他人巢層以外, 其餘包容值係數均未達到 $\alpha = 0.1$ 的顯著水準, 甚至公車交通車巢層的包容值 (1.0490) 還超出合理範圍, 因此判斷巢層結構不良, 無法加以採用。經過三種巢層結構包容值係數的比較, 「放學原始巢層」與「放學其它巢層 A」均為合理且良好的巢層結構, 然而由於「放學原始巢層」修正後 ρ^2 值略高於「放學其他巢層 A」, 是故仍選擇「放學原始巢層」作為放學模式之巢層結構認定。

表 3 上學旅次巢式羅吉特模式校估結果

自變數		模式類型	基本模式		延伸模式	
			係數估計值 (β_b)	t 值	係數估計值 (β_e)	t 值
共生變數						
旅行時間			-0.0927	-4.6390**	-0.1906	-3.6540**
方案特定變數						
上學方式	治安條件 (他人接送)		0.0933	2.1360**	0.0521	1.0310
	單親家庭 (兒童獨自)		1.0531	2.2430**	0.9191	1.9190*
	兒童年級 (兒童獨自)		0.5217	6.1730**	0.5626	6.3000**
	父親順路 (他人接送)		0.9897	2.7500**	1.1157	2.9920**
	母親順路 (他人接送)		0.8804	2.6690**	0.7784	2.2590**
上學運具選擇	舊市區學校變數 (兒童步行)		2.5043	4.6440**	4.2399	2.2530**
	舊市區學校變數 (他人步行)		3.2123	7.3310**	2.4921	2.8450**
	新市區學校變數 (他人步行)		2.4113	6.8800**	2.7356	3.5510**
	家中有 1 輛機車 (他人機車)		1.2579	4.0540**	1.8187	4.1110**
	家中有 2 輛以上機車 (他人機車)		2.3282	5.6210**	3.2975	5.4930**
	家中有 2 位以上就學兒童 (他人汽車)		1.3912	3.5900**	1.3723	3.1850**
	跨區就讀 (他人機車)		2.3256	4.0480**	2.1360	2.4110**
	跨區就讀 (他人汽車)		3.2140	5.6220**	2.8776	3.2110**
	跨區就讀 (他人公車)		1.3989	1.8690*	0.8851	1.0040
	母親使用非機動運具 (他人步行)		1.6097	2.2390**	2.1073	2.5750**
	母親使用個人運具 (他人汽車)		0.9209	2.7190**	0.9077	2.4330**
	道路車輛密度 (他人機車)				6.1109	2.0220**
	土地使用混合程度 (他人步行)				1.2286	1.7900*
	運具多樣性指標 (兒童公車)				2.3818	1.8100*
	街廓規模 (兒童步行)				-0.0001	-2.0020**
	車道寬度 (兒童公車)				-0.3199	-3.3650**
	車道寬度 (他人汽車)				0.1278	4.4700**
	植栽比例 (他人機車)				-28.1904	-2.6780**
	植栽比例 (他人汽車)				-43.0787	-3.7550**
	人行道比例 (兒童步行)				7.8512	1.9250*
	交叉路口數 (兒童步行)				-0.8576	-2.6440**
	包容值 (兒童獨自)			0.3951	-4.8356**	0.2410
包容值 (他人接送)			0.4340	-3.7898**	0.1309	-5.9792**
ρ^2			0.3357		0.4416	
修正後 ρ^2			0.3027		0.3921	
χ^2			404.1744**		535.6342**	
概似比檢定，統計量 = $-2(LL(\beta_e) - LL(\beta_b))$			統計量 = 131.4598** ($\chi^2_{d.f.=10, \alpha=0.05} = 18.307$)			

註：**表示達到顯著水準 $\alpha = 0.05$ ，*表示達到顯著水準 $\alpha = 0.1$ 。

表 4 上學模式不同巢層結構包容值整理

	上學原始巢層	上學其它巢層 A	上學其它巢層 B
巢層結構			
包容值	0.2410** (兒童); 0.1309** (他人)	0.3916 (兒童); 0.4461** (他人); 0.3240** (機車汽車)	0.3284 (兒童); 0.2633** (他人); 0.9268 (步行公車); 0.5162** (機車汽車)
ρ_A^2	0.3921	0.4413	0.3909

註：**表示達到顯著水準 $\alpha=0.05$ ，*表示達到顯著水準 $\alpha=0.1$ 。

表 5 放學旅次巢式羅吉特模式校估結果

自變數		模式類型	基本模式		延伸模式	
			係數估計值 (β_B)	t 值	係數估計值 (β_e)	t 值
共生變數						
旅行時間			-0.0258	-1.7090*	-0.2159	-4.4990**
方案特定變數						
放學方式	兒童年級 (兒童獨自)		0.5300	6.5890**	0.6698	7.9160**
	單親家庭 (兒童獨自)		1.0190	2.1800**	0.9181	1.9550*
放學運具選擇	坡度 (兒童步行)		0.9448	5.3780**	-0.3021	-1.2420
	通學距離 (兒童步行)		-0.0026	-4.4790**	-0.0030	-2.5150**
	家中有 2 輛以上汽車 (他人汽車)		1.6133	5.2010**	1.4355	3.0360**
	家中有 1 輛機車 (他人機車)		1.0018	3.4920**	2.3110	4.1090**
	家中有 1 輛機車 (他人交通車)		-1.1150	-2.3110**	-0.5906	-0.9210
	家中有 2 輛以上機車 (他人機車)		1.7630	5.1880**	3.4552	5.1300**
	家中有 2 位以上就學兒童 (兒童步行)		2.1430	2.9960**	2.1187	2.2960**
	跨區就讀 (他人機車)		1.3073	3.6400**	1.6801	3.1990**
	跨區就讀 (他人汽車)		1.9246	5.8790**	3.1527	5.4480**
	參加安親班或補習班 (他人步行)		2.3335	5.8180**	1.2153	1.8680*
	參加安親班或補習班 (他人汽車)		0.8297	2.2490**	0.8534	1.3980
	參加安親班或補習班 (他人交通車)		2.3972	5.9420**	4.1915	3.4170**
	及業密度 (他人汽車)				-45.1219	-2.9510**
	建物密度 (他人步行)				2.5706	5.6700**
建物密度 (他人公車)				1.7896	3.8160**	

表 5 放學旅次巢式羅吉特模式校估結果 (續)

自變數		模式類型	基本模式		延伸模式	
			係數估計值 (β_B)	t 值	係數估計值 (β_e)	t 值
放學 運具 選擇	道路車輛密度 (他人步行)				7.7811	1.9770**
	運具使用多樣性 (他人交通車)				2.0614	3.1230**
	街廓規模 (他人步行)				-0.0001	-4.8730**
	車道寬度 (兒童公車)				-0.3876	-4.7630**
	車道寬度 (他人交通車)				-0.1516	-2.8670**
	包容值 (兒童獨自)		0.1466	-8.0253**	0.2789	-11.6750**
	包容值 (他人接送)		0.9639	-0.2211	0.3106	-9.1100**
	ρ^2		0.3020		0.4722	
	修正後 ρ^2		0.2753		0.4204	
	χ^2		384.7758**		591.9496**	
概似比檢定，統計量 = $-2(LL(\beta_e) - LL(\beta_b))$			統計量 = 207.1738** ($\chi^2_{d.f.=8, \alpha=0.05} = 15.507$)			

註：**表示達到顯著水準 $\alpha=0.05$ ，*表示達到顯著水準 $\alpha=0.1$ 。

表 6 放學模式不同巢層結構包容值整理

	放學原始巢層	放學其它巢層 A	放學其它巢層 B
巢層結構			
包容值	0.2789** (兒童); 0.3106** (他人)	0.2890** (兒童); 0.3950** (他人)	0.5893 (兒童); 0.3057** (他人); 1.0490 (公車交通車); 0.7140 (機車汽車)
ρ_A^2	0.4204	0.3940	0.4196

註：**表示達到顯著水準 $\alpha=0.05$ ，*表示達到顯著水準 $\alpha=0.1$ 。

4.2 假說檢定

上學模式中顯著的建成環境密度因素僅有道路車輛密度，其對於「他人機車接送」的方案具有正向影響。放學模式中顯著的建成環境密度因素包括及業密度、建物密度與道路車輛密度，其中及業密度對於「他人汽車接送」的方案為負向影響，而建物密度對於「他

人陪伴步行」與「他人陪伴搭乘公車」，以及道路車輛密度對於「他人陪伴步行」的方案則是均為正向的影響關係。因此，對於「H1：建成環境之密度因素對兒童通學方式具有顯著影響」，以及「H4：建成環境之密度因素對兒童通學運具選擇具有顯著影響」而言，可以判斷在道路車輛密度、及業密度以及建物密度等變數上獲得支持。

上學模式中顯著的建成環境多樣性因素包括土地使用混合程度與運具多樣性指標，其中，土地使用混合程度對於「他人陪伴步行上學」為正向影響，而運具多樣性指標則是對於「兒童獨自搭乘公車」具有正向的影響關係。在放學模式中顯著的建成環境多樣性因素只有運具多樣性指標，並且僅對於「他人交通車接送」方案呈現正向的影響效果。因此，針對「H2：建成環境之多樣性因素對兒童通學方式具有顯著影響」與「H5：建成環境之多樣性因素對兒童通學運具選擇具有顯著影響」而言，可以判斷在土地使用混合程度與運具多樣性指標等變數上獲得支持。

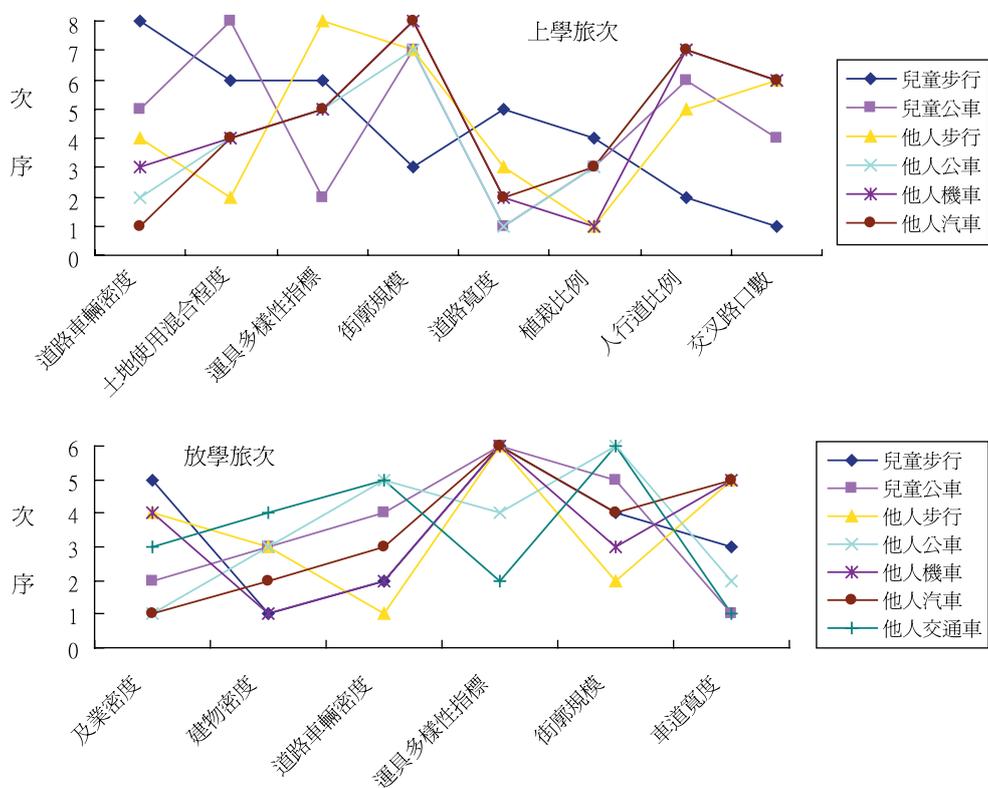
上學模式中顯著的建成環境設計因素包括街廓規模、車道寬度、植栽比例、人行道寬度以及交叉路口數。其中，街廓規模對於「兒童獨自步行」的方案為負向影響；車道寬度對於「兒童獨自搭乘公車」的方案為負向影響，對於「他人汽車接送」的方案為正向影響；植栽比例對於「他人機車接送」與「他人汽車接送」的方案為負向影響；人行道比例對於「兒童獨自步行」的方案為正向影響；而交叉路口數則是對於「兒童獨自步行」的方案呈現負向影響。表示越大的街廓規模、越寬的行車道路以及越多的交叉路口數，越容易減少兒童獨自上學的機會，而越高的人行道比例則是越增加兒童獨自上學的機會。放學模式中顯著的建成環境設計因素較上學模式來得少，只有街廓規模與車道寬度兩項變數，其中，街廓規模對於「他人陪伴步行」的方案為負向影響，車道寬度則是對於「兒童獨自搭乘公車」與「他人交通車接送」兩個方案呈現負向影響。因此街廓規模對於兒童放學旅次而言，街廓規模越大，由他人陪伴步行的可能性越低；車道愈寬愈不利於兒童獨自搭乘公車與他人交通車接送，顯示街道愈寬愈不利於兒童在無家人陪伴情形使用高承載運具。綜合來看，針對「H3：建成環境之設計因素對兒童通學方式具有顯著影響」與「H6：建成環境之設計因素對兒童通學運具選擇具有顯著影響」來說，可以判斷在街廓規模、車道寬度、植栽比例、人行道比例以及交叉路口數等變數上獲得支持。

在不同學校的差異方面，由學校虛擬變數校估結果可以發現，上學模式之舊市區學校變數對於兒童獨自步行與他人陪伴步行的方案，以及新市區學校變數對於他人陪伴步行的方案，均具有顯著的正向影響關係，此即表示位於舊市區與新市區的小學，由於其異於郊區小學的建成環境條件、兒童家庭狀況或是學校相關政策等因素，因此會增加他人陪伴步行上學的方案選擇機率；另外，舊市區的建成環境特性，對於兒童獨自步行上學的方案，也會正面提升其方案選擇機率。但是在放學模式中，則兩項學校虛擬變數對於兒童通學方式與運具選擇均無顯著的影響。是故針對「H7：兒童通學方式與運具選擇會因不同學校而有顯著差異」而言，可以判斷在上學旅次上是獲得支持。

為判斷密度因素之影響程度是否會大於多樣性與設計因素，本研究首先計算各自變數對各方案的彈性係數值，接著就各方案比較各項建成環境變數之彈性係數絕對值，若密度

特性內的所有變數，其彈性係數絕對值在各個方案中均大於多樣性特性與設計特性，則表示密度因素確實有較高的影響力。圖 4 顯示各個自變數對某個方案彈性係數絕對值由高而低的排序，上學模式中顯著的建成環境密度變數只有道路車輛密度，而其彈性係數絕對值，只有在「他人汽車接送」方案中是為最大值；在放學模式中，顯著的密度變數包括及業密度、建物密度與道路車輛密度，其中及業密度在「他人陪伴搭乘公車」與「他人汽車接送」兩個方案中具有最高的彈性係數絕對值，建物密度在「兒童獨自步行」與「他人機車接送」兩個方案的彈性係數絕對值為最大；而道路車輛密度對於「他人陪伴步行」方案的彈性係數絕對值，則是所有變數中最大者。由於建成環境密度特性並非在所有方案中均具有最高的彈性係數絕對值，因此可以判斷「H8：建成環境密度因素之影響程度明顯大於多樣性與設計因素」不受實際資料支持。

上述假說討論彙整如表 7。



註：次序愈小代表彈性係數絕對值愈高。

圖 4 彈性係數比較

表 7 研究假說檢核

假說	假說內容	實證結論	支持的變數
H1	建成環境之密度因素對兒童通學方式具有顯著影響	上學與放學旅次均支持	上學旅次：道路車輛密度 放學旅次：及業密度、建物密度、道路車輛密度
H2	建成環境之多樣性因素對兒童通學方式具有顯著影響	上學與放學旅次均支持	上學旅次：土地使用混合程度、運具多樣性指標 放學旅次：運具多樣性指標
H3	建成環境之設計因素對兒童通學方式具有顯著影響	上學與放學旅次均支持	上學旅次：街廓規模、車道寬度、植栽比例、人行道比例、交叉路口數 放學旅次：街廓規模、車道寬度
H4	建成環境之密度因素對兒童通學運具選擇具有顯著影響	上學與放學旅次均支持	上學旅次：道路車輛密度 放學旅次：及業密度、建物密度、道路車輛密度
H5	建成環境之多樣性因素對兒童通學運具選擇具有顯著影響	上學與放學旅次均支持	上學旅次：土地使用混合程度、運具多樣性指標 放學旅次：運具多樣性指標
H6	建成環境之設計因素對兒童通學運具選擇具有顯著影響	上學與放學旅次均支持	上學旅次：街廓規模、車道寬度、植栽比例、人行道比例、交叉路口數 放學旅次：街廓規模、車道寬度
H7	兒童通學方式與運具選擇會因不同學校而有顯著差異	上學旅次支持	上學旅次：舊市區學校變數、新市區學校變數
H8	建成環境密度因素之影響程度明顯大於多樣性與設計因素	不被支持	-

4.3 結果與討論

本段分就密度、多樣性、設計以及非建成環境因素等部分對實證結果進行討論。

4.3.1 密度因素

及業密度如同過去建成環境影響運具選擇的文獻結果^[25-27,30,31]，對於兒童放學旅次「他人汽車接送」的方案選擇，具有顯著的負向影響關係；亦即在兒童居住的鄰里範圍內，平均可發展用地上的及業人口數越多，可能會產生下班時間的大量車潮，由於下班通勤時間與兒童放學時間有著部分的重疊，因此會減少他人駕駛汽車接送兒童的行為。其次，建物密度對於步行與大眾運具選擇機會具有正向影響的結果，在 Cervero^[32]、Cervero^[25]、Chatman^[31]以及 Reilly 與 Landis^[29]等學者針對建成環境與運具選擇的研究文獻中也有提及；而本研究則是同樣發現在兒童的放學旅次中，如果兒童居住地區每單位土地上平均樓

地板面積越大，會增加「他人陪伴步行」與「他人陪伴搭乘公車」的方案選擇機率。再者，道路車輛密度則是對於兒童的上學與放學旅次造成顯著的影響，根據巢式羅吉特模式的結果指出，兒童居住地區的登記機動車輛數對道路面積的比值越高，因為容易產生塞車的情形，對汽車的使用造成不便，是故若是通學距離近的話，將可能由他人以步行的方式接送兒童；而當通學距離較遠時，則可能以機車取代汽車接送兒童，主要原因可能是對於道路車輛密度高的地區而言，機車之靈活性較汽車好。

另外，土地使用密度中的人口密度，雖然在郭子齊^[24]、Cervero^[25]、Frank 與 Pivo^[26]、Greenwald 與 Boarnet^[27]、Rajamani 等人^[28]、Reilly 與 Landis^[29] 以及 Zhang^[30] 等研究中，認為會對於非機動與公共運具的使用產生正向的影響，並且同時對於個人運具的使用為負向影響；而運輸系統密度中的路網密度，則被推測會增加汽機車的使用。但是在本研究中卻並未發現這兩項變數對於兒童通學旅行為有顯著影響關係，表示兒童通學旅次與成人一般旅次所考量的因素不盡相同；也有可能是人口密度與路網密度跟其它變數間有相關性，致使二者的重要性被這些變數所取代。由相關係數來看，人口密度與道路車輛密度以及街廓規模間的相關係數分別為 0.732 與 -0.881，且均達 $\alpha=0.01$ 的顯著水準；而路網密度與街廓規模間的相關係數為 -0.501，亦達 $\alpha=0.01$ 的顯著水準。

4.3.2 多樣性因素

土地使用混合程度屬於土地使用多樣性的變數，而運具多樣性指標則為關於運輸系統多樣性的變數，兩項變數在上學與放學模式中分別有著不同程度的顯著影響效果。首先，土地使用多樣性中的「土地使用混合程度」，對於兒童上學時的步行旅次具有正向影響關係，同樣地，在蕭博正^[33]、Cervero^[25,32]、Cervero 與 Duncan^[34]、Chatman^[31]、Frank and Pivo^[26]、Rajamani 等人^[28] 以及 Zhang^[30] 等研究中，也發現一般成人的運具選擇行為與本研究有著相同的影響效果；這也說明了當土地的使用越趨混合，家長接送兒童上學時，越能夠在較短的距離內，使用步行的方式到達學校，同時順便完成其它的旅次目的（如上班或採買等），因此可能會增加他人陪伴兒童步行上學的方案選擇機會。運輸系統多樣性中的「運具多樣性指標」，其中所衡量的運具包括機車、汽車、公車以及交通車，過去 Mackett^[5] 曾指出若是有其它交通工具，能夠使得兒童方便地在住家與學校之間往返，將可能減少家長接送兒童的情形，而在本研究中的確也發現了相同的結果；亦即在兒童的上學旅次中，若是運具多樣性指標越高，兒童獨自搭乘公車上學的方案選擇機率也會隨之增加；然而在放學旅次中，運具多樣性指標越高，則會提高他人交通車接送的比例。

4.3.3 設計因素

街廓規模屬於土地使用設計的範圍，而運輸系統設計則包括車道寬度、植栽比例、人行道寬度、人行道比例以及交叉路口數。首先，Cervero 與 Duncan^[34] 在過去的研究，曾指出街廓規模對於一般成人的步行意願會產生負向影響；而本研究透過巢式羅吉特模式校估的結果，則是同樣發現當兒童居住地區平均街廓面積越大時，分別會在上學與放學模式，

降低兒童獨自步行與他人陪伴步行的方案選擇機率。其次，運輸系統設計中的車道寬度，在郭子齊^[24]針對消費性旅次運具選擇的相關研究中，發現與機動運具的使用是為正向影響關係；而根據表 3 與表 5 的校估結果，車道寬度越寬，家長使用汽車接送兒童上學的機率愈高，並且兒童獨自搭乘公車放學的情形則會隨之降低，同時他人交通車接送放學的比例會隨之減少。接著，兒童通學路徑的植栽比例與人行道比例越高，亦即種植越多的行道樹，以及兩公尺以上人行道所占道路的比例越高，由於提高了兒童步行的安全性與舒適性，再加上無論是行道樹或人行道，均可能因而占用原本的車道，使得車道寬度相對縮短；因此，對於兒童上學時他人使用機動運具的接送行為呈現負向影響，並且同時正向增加兒童獨自步行上學的方案選擇機率；關於這項結論，在過去陳文慧^[4]對於兒童通學旅運行為的研究，以及 Cervero^[25]和 Joo^[36]對於一般成人運具選擇的研究中也都有提及。最後，交叉路口數雖然過去只有在建成環境影響運具選擇的相關文獻^[18,27,29]使用這個變數，但是本研究認為，對於兒童通學旅次而言，交叉路口數會造成兒童交通的危險，而本研究模式校估的結果，同樣也發現兒童上學時行經的交叉路口數越多，將會減少兒童獨自步行上學的情形。

另外，人行道寬度雖然在陳文慧^[4]以及蘇昭銘與陳雅慧^[11]等研究中，認為有助於提升兒童獨自步行通學的機會，但是經過本研究模式校估的結果，卻發現該變數並不會顯著影響兒童的通學方式與運具選擇行為。可能的原因有二，其一是因為人行道寬度與車道寬度之間屬於高度顯著相關（相關係數為 0.810，達 $\alpha=0.01$ 顯著水準），以致於在校估的過程中，排除了較為不顯著的人行道寬度，並且留下具有顯著影響程度的車道寬度；其二是因為人行道寬度的大小，並不足以表示人行空間的舒適程度，當兒童通學路徑中大部分的人行道寬度均非常狹窄，而只有其中一段特別寬敞，則可能因而拉高人行道寬度的平均數值，但是實際上對於步行旅次而言並不舒適，相對地，人行道比例所指的是兩公尺以上人行道所占通學路徑的長度，其數值越大，即表示步行環境越為舒適，因此在家長進行兒童通學旅運行為的決策時，人行道比例的確較人行道寬度能夠反映並且影響兒童的通學方式與運具選擇行為。

4.3.4 非建成環境因素

顯著的非建成環境變數包括學校特性中的「舊市區學校變數」與「新市區學校變數」，家戶特性中的「通學距離」、「家中有 2 輛以上汽車」、「家中有 1 輛機車」、「家中有 2 輛以上機車」、「家中有 2 位以上就學兒童」、與「單親家庭」，兒童特性中的「兒童年級」、「跨區就讀」與「參加安親班或補習班」，以及家長特性中的「父親上班順路」、「母親上班順路」、「母親使用非機動運具通勤」、「母親使用個人運具通勤」，而社區特性中的相關變數對於兒童通學方式及運具選擇，則是均無顯著的影響關係。

模式校估結果顯示大部分變數的符號與預期相符，然而其中也存在幾項有趣的現象。首先，「舊市區學校變數」與「新市區學校變數」只在兒童上學時對於其通學方式與運具選擇呈現顯著的影響，而在放學時，則可能因為並非所有樣本均由學校回到住家，也可能

從其它非住家地點（如安親班或補習班等）回到住家，因此學校特性所代表的意義在放學模式中不如上學模式來得重要；然而，本研究也發現「舊市區學校變數」與「新市區學校變數」均會正向影響他人陪伴步行的行為，而「舊市區學校變數」又另外對於兒童獨自步行具有正向的影響效果；學校虛擬變數所代表的意涵除了無法量化的非建成環境特性外，也包括學校所在地區的建成環境特性，其中市區學校明顯優於郊區學校的建成環境條件包括高密度、複雜的土地混合使用、小型的街廓規模以及寬廣的校地面積等，如此一來，學校虛擬變數的顯著效果，則可以說明在上述的學校地區建成環境條件下，將會增加他人陪伴步行的旅次；而舊市區學校的建成環境又較新市區更為密集，因此在他人陪伴步行之外，更有助於兒童獨自步行的行為。

其次，過去對於兒童通學旅運行為的研究，多認為「通學距離」是主要的關鍵因素，雖然在本研究中也證實了通學距離的確會對於兒童獨自步行的行為造成負向影響，但是卻只有在放學模式中始呈現顯著的結果。或許這也代表了在兒童的上學旅次中，可能有其它因素的影響程度較通學距離來得更為重要，如兒童步行環境的安全性與舒適性，或者他人接送的便利性等；除此之外，也可能是因為有其它變數與通學距離之間具有高度的關聯性，如跨區就讀（與通學距離間的列聯表檢定 χ^2 值為 161.548，達 $\alpha=0.01$ 顯著水準）與交叉路口數（與通學距離間的相關係數為 0.672，達 $\alpha=0.01$ 顯著水準），以致於通學距離在上學模式校估的過程中遭到刪除。同樣地，「家戶所得」在過去相關文獻中，也被認為會對兒童搭乘個人運具通學的行為呈現正向的影響關係，然而，在本研究中，無論是上學或放學模式，均未發現該變數與兒童通學旅運行為之間的顯著影響關係，其原因可能在於樣本不願透露真實家戶所得情形，導致該變數在本研究中無法獲得預期的影響效果。

另外，雖然 McMillan^[35] 發現家中兒童人數愈多時，家長使用個人運具接送的可能性愈高；但本研究發現「家中有 2 位以上就學兒童」變數則是在上學與放學模式中分別呈現不同的結果，家中就學兒童人數越多，在兒童上學時，對於他人開車接送的行為會產生正向影響，而在放學時卻反而增加兒童獨自步行的方案選擇機率。本研究推測可能是因為兒童的上學時段與家長上班通勤時段較為接近，均介於上午七至八時之間，因此家長能夠順路帶兒童一起上學；但是由於兒童放學時間大約在下午四時左右，然而家長的下班時間多半為下午五至七時之間，並且不可能為了配合兒童的放學時間提早下班，再加上家中就學兒童人數越多，反而可以結伴同行，是故提高了兒童獨自步行回家的機會。

最後，放學後「參加安親班或補習班」的兒童，在他人陪伴步行、他人汽車接送以及他人交通車接送的方案選擇上，則會呈現顯著的正向影響關係，由於安親班（含補習班）乃是臺灣地區兒童所特有的課後活動，因此其對於兒童通學旅運行為所產生的影響，也格外值得重視。根據這樣的結果顯示，參加安親班的兒童，接受交通車接送的機率自然也越大，然而在住家距離較近的情況下，家長可能會選擇自己步行陪伴兒童回家，或者當住家距離較遠時，家長寧可以開車的方式接送兒童。

五、結論與建議

過去對於建成環境與運具選擇之間的影響關係，已有不少理論與實證結果的發現，並且也發展出許多相關的都市規劃概念，如「大眾運輸導向發展 (transit-oriented development)」、「緊密都市 (compact city)」以及「智慧型成長 (smart growth)」等，均提出透過改善建成環境的方式，引導人們使用非機動運具或大眾運具，但是討論的對象多以一般成人為主。最近學者才開始注意到兒童的通學旅次，並且針對其通學旅運行為進行研究。這幾年兒童上下學由家長開車接送的情形，有日漸增加的趨勢；然而，家長開車接送的行為，不但會減少兒童身體活動的機會，因而影響身體健康，也可能使得兒童對父母產生較為強烈的依賴心理，對兒童的身心發展均會造成不良影響，除此之外，上下學時間在學校附近湧入的大量車潮，除了容易造成交通堵塞的情形外，對兒童通學的交通安全，也產生了相當程度的威脅。

有鑑於此，本研究選擇學校特性豐富且地區發展程度具有差異性的臺北市文山區國小學童，利用巢式羅吉特模式進行實證分析，釐清建成環境中的密度、多樣性及設計因素中，那些特性對於國內兒童通學方式與運具選擇會有什麼樣的影響關係。實證結果可能達到以下三方面的貢獻：一是確認國內兒童通學旅運行為與建成環境之間的關係，並在研究過程中考量臺灣地區特有的環境背景因素，例如機車的持有與使用以及放學後參加安親班的行為。二是發現與國外相關研究結果之間存在的部分差異，本研究實證結果大致與國外相關文獻沒有太大的差異，但在交叉路口數、所得以及母親就業等三項變數的影響上有明顯不同。第三個可能貢獻則是提供地方政府在研提建成環境改善策略時的參考資訊，例如實證結果發現街廓規模愈小以及交叉路口數愈少，愈能夠增加兒童獨自步行與他人陪伴步行的機率，為了縮小街廓規模以提升步行的便利性，同時又減少交叉路口數以避免車輛對於兒童步行所造成的危害，在大型街廓中規劃公共性的穿越通道便成為可能有效的鼓勵兒童步行通學的環境設計策略。由於策略研提必須考量規劃對象的背景條件以及所有規劃目標，因此本文實證結論在規劃實務上的應用，有待後續進行個案性的探討與驗證。

由於兒童通學旅運行為是相當重要的研究議題，但過去卻被長期忽略，對於有興趣繼續研究的學者，本文提議以下三個可能方向供作參考。首先是擴大調查學校的數量與多樣性。本研究在經費與時間限制下挑選三所國小，再針對國小內的學童進行抽樣問卷調查。一般在探討運具選擇行為的文獻中，多半會區分起迄點（住家與學校）的環境特性加以探討，但是由於本研究的樣本只分布在三所國小之中，因此在學校鄰近地區的建成環境特性，僅會產生三個數值；在考量到變異數過小的情況下，只能夠以虛擬變數的方式來反映學校附近建成環境特性對兒童通學旅運行為的影響。是故建議後續相關研究能夠擴大樣本調查的對象，如此一來，在研究過程中才能夠更深入且詳細地瞭解可能影響兒童通學旅運行為的各項起迄點建成環境因素。其次是擴大調查不同身份背景的學生，本研究只調查國小學童的通學方式與運具選擇行為，但是不同求學階段的學生，可能有著不同的通學旅運

行為，如國小、國中、高中學生在上下學所使用的交通工具應該具有差異性；因此，本研究建議未來可針對不同階段的學生，分析其通學旅運行為與建成環境之間的關係。另外，在研究過程中，也發現了許多值得研究的研究對象，雖然同樣是為國小學童，但是由於家庭背景的影響，其通學旅運行為可能會異於一般的通學兒童，如生長在單親家庭的兒童或母親為外籍配偶的新臺灣之子等，也都是後續研究值得著墨的主題。最後的建議是更深入地探討間接的影響關係，建成環境與兒童通學旅運行為之間的關係，除了建成環境因素可能直接影響家長的決策行為外，建成環境因素也可能透過其它非建成環境因素，間接影響家長的決策行為，如兒童通學路徑行經的交叉路口數越少，並且擁有寬敞的人行道，將會因此提升兒童步行的安全性，減少交通意外事故發生的機率；另外，像是街廓規模越小的地區，兒童的步行通學距離也會對縮短。以上建成環境因素均可能透過非建成環境因素間接改變家長的決策，讓家長能夠比較放心兒童獨自步行通學。然而，在本研究中僅探討建成環境與兒童通學旅運行為的直接關係，而並未探討其透過非建成環境所產生的間接影響關係，是故建議後續研究可以針對此部分加以補強，使得建成環境與兒童通學旅運行為的研究能夠更為完整與細緻。

參考文獻

1. Zwerts, E. and Wets, G., "Children's Travel Behavior: A World of Difference", Transportation Research Board 86th Annual Meeting, Transportation Research Board, 2006, CD-ROM.
2. Morris, J., Wang, F., and Lilja, L., "School Children's Travel Patterns: A Look Back and a Way Forward", The 24th Australasian Transport Research Forum, Melbourne, Planning and Transport Research Centre, 2001, CD-ROM.
3. 洪玉蕙，「臺北市國小通學步道規劃制度之研究—以北投國民小學為例」，國立臺北大學都市計劃研究所碩士論文，民國九十三年。
4. 陳文慧，「鄰里通學道路設施與學童步行活動環境之調查研究—以臺北市為例」，中國文化大學建築及都市計畫研究所碩士論文，民國九十年。
5. Mackett, R., "Increasing Car Dependency of Children: Should We be Worried?", Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Municipal Engineer, Vol. 151, No. 1, Institution of Civil Engineers, 2002, pp. 29-38.
6. 黃文俊，「國小五年級男童通學方式與身體活動在健康體適能之分析研究」，國立臺灣師範大學體育學系碩士論文，民國八十八年。
7. Hayashi, T., Tsumura, K., Suematsu, C., Okada, K., Fujii, S., and Endo, G., "Walking to Work and the Risk of Hypertension in Men: The Osaka Health Survey", *Annals of Internal Medicine*, Vol. 130, 1999, pp. 21-26.
8. Hu, G., Pekkarinen, H., Hanninen, O., Tian, H., and Guo, Z., "Relation between Commuting, Leisure Time Physical Activity and Serum Lipids in a Chinese Urban Population", *Annals of*

- Human Biology*, Vol. 28, No. 4, 2001, pp. 412-421.
9. Transportation Research Board, *Does the Built Environment Influence Physical Activity? Examining the Evidence*, Transportation Research Board, Washington, D.C., 2005.
 10. McMillan, T., "Urban Form and a Child's Trip to School: The Current Literature and a Framework for Future Research", *Journal of Planning Literature*, Vol. 19, No. 4, 2005, pp. 440-456.
 11. 蘇昭銘、陳雅慧，「國小學童上下學交通安全管理措施之研究」，中華民國第六屆運輸安全研討會論文集，中華民國運輸學會，民國八十八年，頁 129-139。
 12. Bradshaw, R., "Why Do Parents Drive Their Children to School", *Traffic Engineering and Control*, Vol. 36, No. 1, 1995, pp. 16-19.
 13. Jones, P. and Bradshaw, R., *The Family and the School Run: What Would Make a Real Difference*, AA Foundation for Road Safety Research, University of Westminster, London, 2000.
 14. Isebrands, H., Hallmark, S., and Liu, X., "School Transportation Modes for Urban and Suburban Elementary School in Iowa", Transportation Research Board 85th Annual Meeting, Transportation Research Board, 2006, CD-ROM.
 15. McDonald, N., "Children's Travel Patterns: Evidence from the 2001 National Household Travel Survey", Transportation Research Board 85th Annual Meeting, Transportation Research Board, 2006, CD-ROM.
 16. Rhoulac, T., "Bus or Car: The Classic Choice in the Context of School Transportation", *Transportation Research Record*, No. 1922, 2005, pp. 98-104.
 17. Stefan, K. and Hunt, J., "Age-based Analysis of Travel by Children in Calgary, Canada", Transportation Research Board 85th Annual Meeting, Transportation Research Board, 2006, CD-ROM.
 18. Handy, S., "Urban Form and Pedestrian Choice: Study of Austin Neighborhoods", *Transportation Research Record*, No. 1552, 1996, pp. 135-144.
 19. Crane, R., "The Influence of Urban Form on Travel: An Interpretive Review", *Journal of Planning Literature*, Vol. 15, No. 1, 2000, pp. 3-23.
 20. Boarnet, G. M. and Crane, R., *Travel by Design: The Influence of Urban Form on Travel*, Oxford University Press, New York, 2001.
 21. Lin, J. J. and Hsiao, P. C., "Strategy Development of Mixed Land-use for Restraining Trip Generation in Taipei City", *Transportation Research Record*, No. 1983, 2006, pp. 167-174.
 22. 林楨家、楊恩捷，「都市型態對旅運需求影響之結構化分析」，*運輸學刊*，第十八卷，第四期，民國九十五年，頁 391-418。
 23. Cervero, R. and Kockelman, K., "Travel Demand and the 3Ds: Density, Diversity, and Design", *Transportation Research D*, Vol. 2, No. 3, 1997, pp. 199-219.
 24. 郭子齊，「都市土地使用型態對消費性旅次運具選擇行為之影響」，國立成功大學都市計劃研究所碩士論文，民國八十九年。
 25. Cervero, R., "Built Environment and Mode Choice: Toward a Normative Framework", *Transportation Research D*, Vol. 7, No. 4, 2002, pp. 265-284.

26. Frank, L. and Pivo, G., "Impacts of Mixed Land Use and Density on Utilization of Three Modes of Travel: Single-occupant Vehicle, Transit, and Walking", *Transportation Research Record*, No. 1466, 1994, pp. 44-52.
27. Greenwald, M. and Boarnet, M., "The Built Environment as a Determinant of Walking Behavior: Analysis Non-work Pedestrian Travel in Portland, Oregon", Department of Urban and Regional Planning, University of California, Irvine, 2001.
28. Rajamani, J., Bhat, C., Handy, S., Knaap, G., and Song, Y., "Assessing Impact of Urban Form Measures on Nonwork Trip Mode Choice after Controlling for Demographic and Level-of-Service Effects", *Transportation Research Record*, No. 1831, 2003, pp. 158-165.
29. Reilly, M. and Landis, J., "The Influence of Built-form and Land Use on Mode Choice: Evidence from the 1996 Bay Area Travel Survey", Research Paper, University of California Transportation Center, 2002.
30. Zhang, M., "The Role of Land Use in Travel Mode Choice", *Journal of the American Planning Association*, Vol. 70, No. 3, 2004, pp. 344-360.
31. Chatman, D., "The Influence of Workplace Land Use and Commute Mode Choice on Mileage Traveled for Personal Commercial Purposes", Transportation Research Board 82nd Annual Meeting, Transportation Research Board, 2003, CD-ROM.
32. Cervero, R., "Mixed Land-uses and Commuting: Evidence from the American Housing Survey", *Transportation Research A*, Vol. 30, No. 5, 1996, pp. 361-377.
33. 蕭博正，「臺北市土地混合使用特性對旅運需求之影響」，國立臺北大學都市計劃研究所碩士論文，民國九十二年。
34. Cervero, R. and Duncan, M., "Walking, Bicycling, and Urban Landscapes: Evidence from the San Francisco Bay Area", Working Paper, University of California Transportation Center, 2003.
35. McMillan, T., "The Relative Influence of Urban Form on a Child's Travel Mode to School", *Transportation Research A*, Vol. 41, No. 1, 2007, pp. 69-79.
36. Joo, J., "Local Transit Access: The Relevance of the Local Environment in Predicting Travel Mode Choice", A Master Project of the University of North Carolina, 2002.
37. Schwanen, T. and Mokhtarian, P., "What Affects Commute Mode Choice – Neighborhood Physical Structure or Preferences toward Neighborhood", *Journal of Transport Geography*, Vol. 13, No. 1, 2005, pp. 83-99.
38. 臺北市政府交通局，「臺北都會區整體運輸規劃基本資料之調查與驗校(二)」，民國九十年。
39. 張孝德，「建成環境對兒童通學方式與運具選擇之影響—臺北市文山區國小學童之實證研究」，國立臺北大學都市計劃研究所碩士論文，民國九十六年。
40. Ben-Akiva, M. and Lerman, S. R., *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*, The MIT Press, Cambridge, MA, 1985.

