

我國貨運需求模式建構方法之初探

A Preliminary Method Study of Freight Transport Demand Model

運輸計畫組 張舜淵 楊幼文 楊國楨 陳穎瑋

研究期間：110 年 6 月至 110 年 12 月

摘要

我國的貨運需求模式係以程序性運輸需求模式為架構，依循 4 步驟規劃程序，將貨運旅次分為進出口貨、本島貨（公路、鐵路、海運貨運旅次）與空車等 3 個模組分析。

本計畫藉由回顧我國第 5 期整體運輸規劃研究系列-城際運輸需求模式，以及美國 2019 年快速反應貨運方法第三版(Quick Response Freight Methods, Third Edition)四種貨運需求預測分析方法，針對我國貨運需求模式提出包含於旅次產生與吸引階段、旅次分布階段、貨運量與貨車之轉換關係以及導入貨物供應鏈旅程預測法提出初步建議，做為後續本所辦理貨運運輸規劃等研究參考，並供交通部及相關單位做為決策依據。

關鍵字(Key word)：

貨運需求模式、供應鏈

我國貨運需求模式建構方法之初探

A Preliminary Method Study of Freight Transport Demand Model

一、前言

建立貨運需求模式，首要工作係將貨物分類，目前我國貨物類型 139 種，種類繁多，採人工分類，花費時間及成本；且推估旅次分布係以弗拉塔(Fratar)成長率法。弗拉塔(Fratar)為假設性成長因子，一旦未來年社會經濟因子、土地使用或運輸設施有所改變，預測恐失精準。

本計畫針對貨運需求模式之分析方式進行檢視與探討，我國部分回顧第 5 期整體運輸規劃研究系列-城際運輸需求模式。國外以美國 2019 年快速反應貨運方法第三版(Quick Response Freight Methods, Third Edition)為主。針對我國貨運需求模式提出初步建議，作為後續本所辦理貨運運輸規劃等研究參考，並供交通部及相關單位作為決策依據。

二、文獻回顧

2.1 Quick Response Freight Methods(Third Edition 2019)

美國聯邦公路管理局在 2019 年出版快速反應貨運方法第三版，針對該報告內容，說明如下：

一、資料型態

美國在貨運資料方面，共有三種資料分析架構：分別為商品運輸調查(Commodity Flow Survey, CFS)、貨運分析架構(Freight Analysis Framework, FAF)及 Transearch 資料庫。貨運分析架構(FAF)為最常被引用之資料，包括：貨物類型、查詢單位(如噸、價值、平均運距)、O-D 資料、商品類型、不同年度查詢等維度，其中包含 131 個起點資料(Origin)、131 個迄點資料(Destination)、43 個商品類別資料及 7 個運具資料。

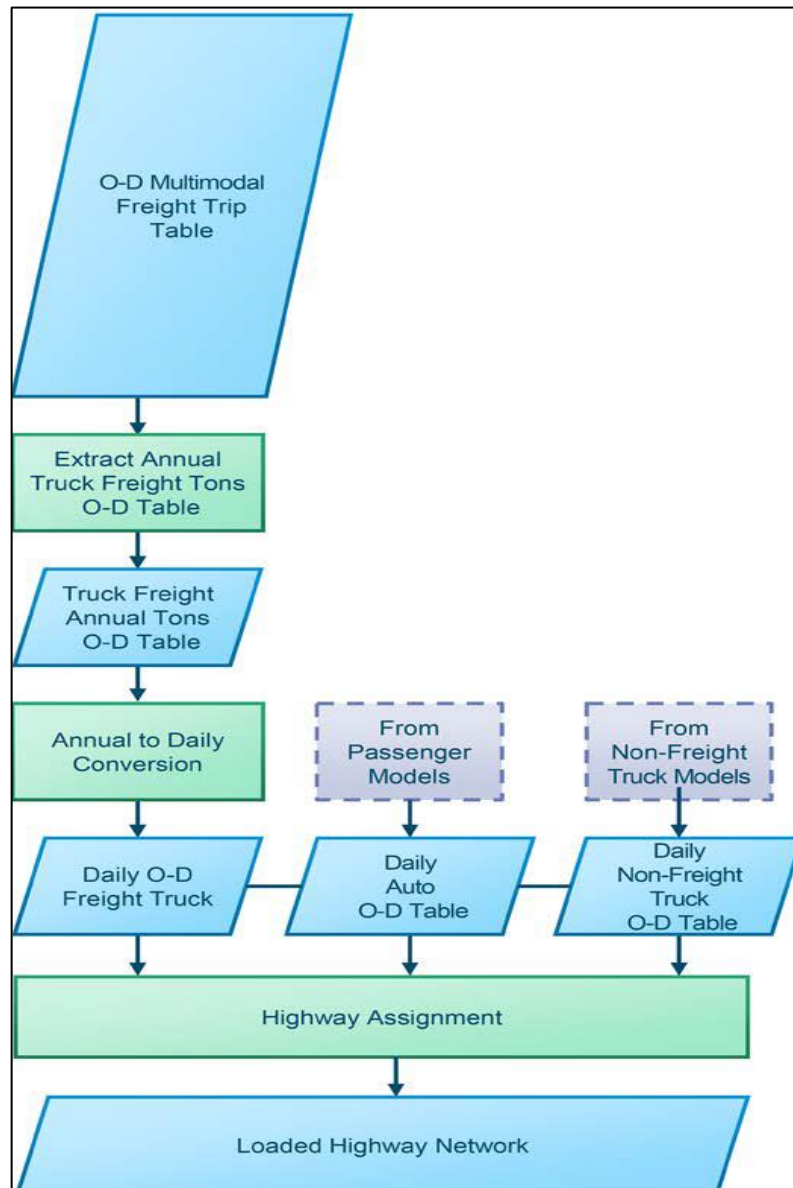
二、貨運需求預測方法

本報告書共介紹四種預測方法：包含直接蒐集商品運輸方法(Direct Acquisition of commodity flows)、成長因子法(Growth Factor Methods)、旅次基礎貨運預測法(Trip-Based Freight Forecasting)及貨物

供應鏈旅程預測法(Freight Supply Chain Tour Forecasting)。各預測方法說明如下：

(一)直接蒐集商品運輸方法(Direct Acquisition of Commodity Flows)

透過既有貨物起/迄點(O/D)資料，計算不同起/迄點(O/D)的貨運量及貨車旅次數，計算方便且直覺，但易忽略不同地區經濟特性，造成整體貨物與當地貨物經濟特性不一致。圖 1 為直接蒐集商品運輸方法之分析流程。



資料來源[Quick Response Freight Methods(Third Edition)，2019]

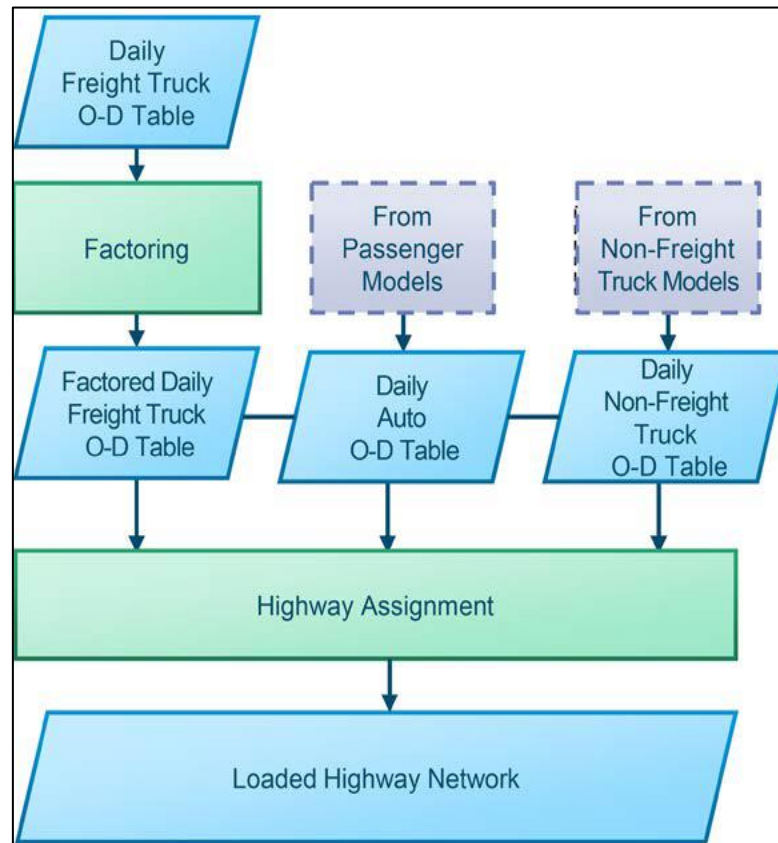
圖 1 直接蒐集商品運輸方法之分析流程

(二)成長因子法(Growth Factor Methods)

在無法得知既有貨物起迄點資料時，可透過成長因子法，假

設成長因子情境，以預測未來年貨運量。在此研究預測方法中，許多情況須假設不變，例如基年和未來年運輸路網交通量及路網型態不會改變，或是社會經濟因子為固定比例成長。

本預測方法優點為易使用且好理解，相關條件可透過假設方式取得。但缺點為易容易產生過多誤差且不具移轉性(Transability)。未來如新增交通設施或道路時，無法考慮新設施或道路對於路網的績效服務水準。

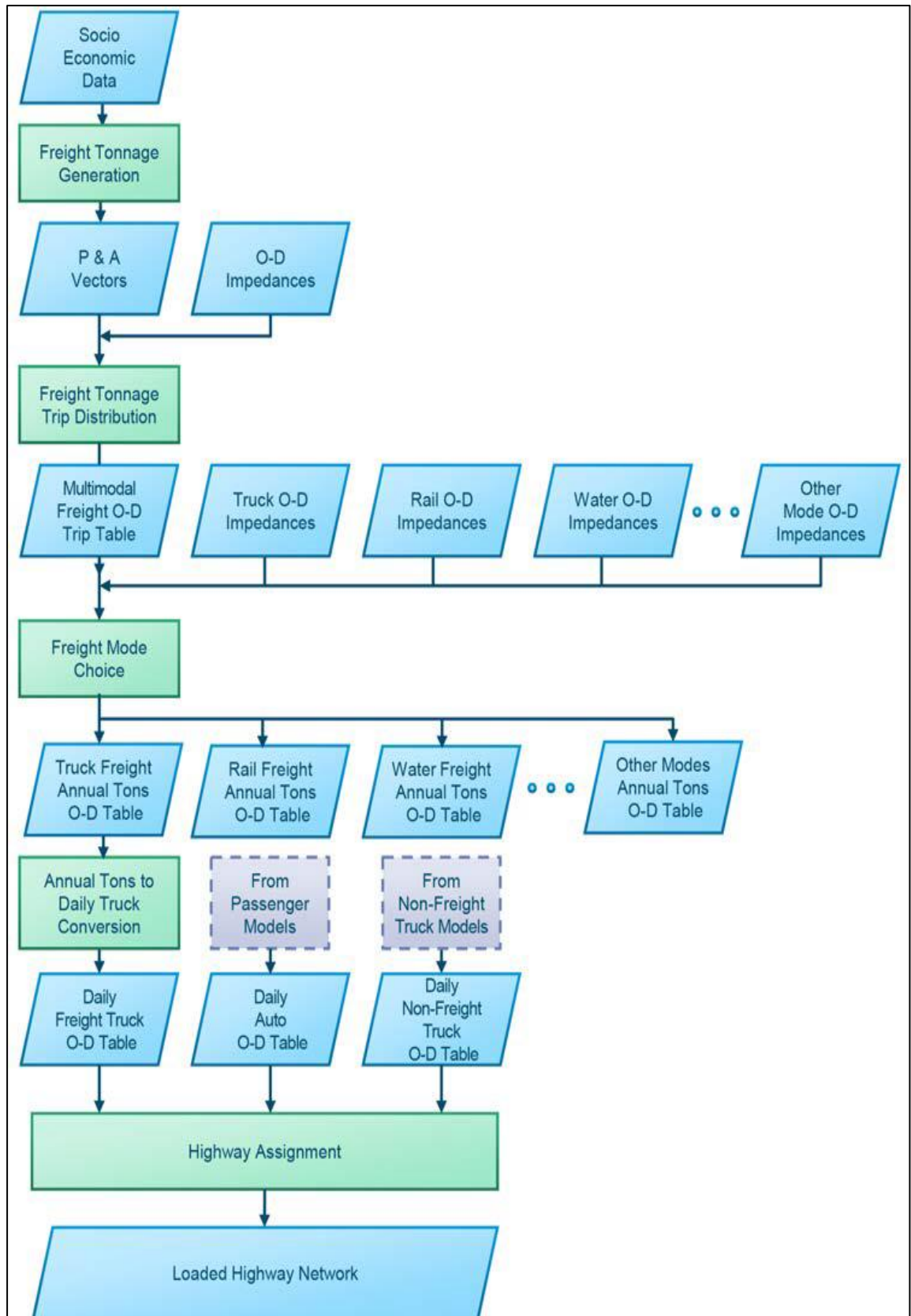


資料來源[Quick Response Freight Methods(Third Edition)，2019]

圖 2 成長因子法之分析流程

(三)旅次基礎貨運預測法(Trip-Based Freight Forecasting)

旅次基礎貨運預測法係參照旅次發生(Trip Generation)、旅次分布(Trip Distribution)、運具分配(Mode Split)及路網指派(Traffic Assignment)四階段步驟進行模式建構。



資料來源[Quick Response Freight Methods(Third Edition) , 2019]

圖 3 旅次基礎貨運預測法之分析流程

在表 1 的旅次差異比較表中，不同符號代表不同意義。客運旅次需求模式(Passenger)中，Production(P)代表旅次產生數，Attraction(A)代表旅次吸引數；旅次基礎貨運預測法當中，Production(P)代表貨物產生量，Attraction(A)為貨物消費量。茲將客運旅次需求模式與旅次基礎貨運預測法之差異性整理如表 1。

表 1 客運旅次(Passenger)與貨物旅次(Freight)差異比較

程序階段	項目	客運旅次需求模式(Passenger)	旅次基礎貨運預測法(Freight)
旅次發生	目的	旅次目的(trip purpose)	商品類型(Commodities)
	計算基礎	個人每日的旅次數	貨運量(年或月)
	產生(P_i)	旅次產生數	貨物產生量
	吸引(A_j)	旅次吸引數	貨物消費量
	分析 方法	類目分析法	1. 商品流向的調查 2. 商用車隊為單位調查
		迴歸分析法	應變數：貨運產生量及消費量 自變數：產業及業人口數
旅次分布	旅次(trip)	單一目的、使用單一運具行程	單一類型貨物、使用單一運具的行程。
	旅程(tour)	以人為單位，完成一日社會經濟活動的行程。	1. 以貨物為單位，分析完整貨物從起點到迄點的行程 2. 供應鏈觀點探討貨物流向 3. 貨車旅程(truck tours)
	計算單位	不同交通分區的人旅次	各起迄點之間的貨運量
		不同交通分區旅次產生率	各起迄點的貨車數
	分析方法	重力模式	重力模式、弗拉塔法
運具分配	特性	以載客運具為主	具一定的貨物乘載能量
	單位	不同運具的旅次比例	1. 不同貨物量在不同運具的分配比例 2. 各起迄點之間運具貨運量
	分析方法	羅吉特模式，建立運具分配模式。	羅吉特模式，建立公路系統的貨車類型
交通量指派	車輛單位	車流量資料(PCU)	1. 路線貨車或商用車流量 2. 轉換成 PCU 車旅次
	時間單位	每日尖峰小時的路網車旅次資料	所得到的為年或月貨運量資料，必須透過係數換算成「單日」的貨車旅次數量

資料來源[本研究整理]

(四)貨物供應鏈旅程預測法(Freight Supply Chain Tour Forecasting)

貨物供應鏈旅程預測法係分析託運者(shipper)到收貨者(receiver)的貨物流向，掌握貨物流動方式(包括貨物起迄點、轉運點所使用之運具等)。貨物供應鏈旅程預測法之分析基礎為旅程(tour)，以多個 O-D 組合概念，包含中間節點及貨物交通分區。

1.中間節點(Node)

貨物供應鏈旅程預測法，涉及物流中心或零售商，此中間節點稱為交通物流節點(Transportation Logistic Node, TLN)。

節點的改變或選擇會影響貨物運輸的路徑規劃(Path)。

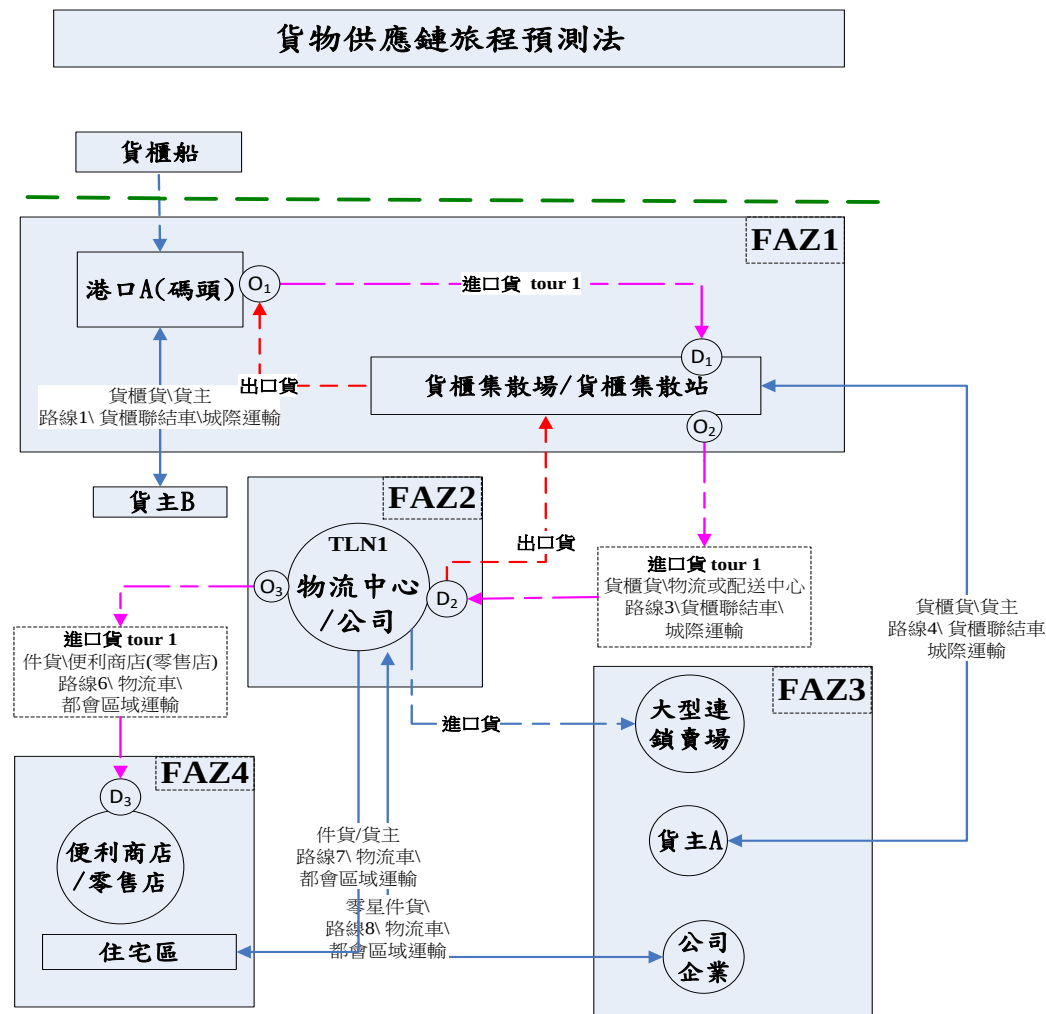
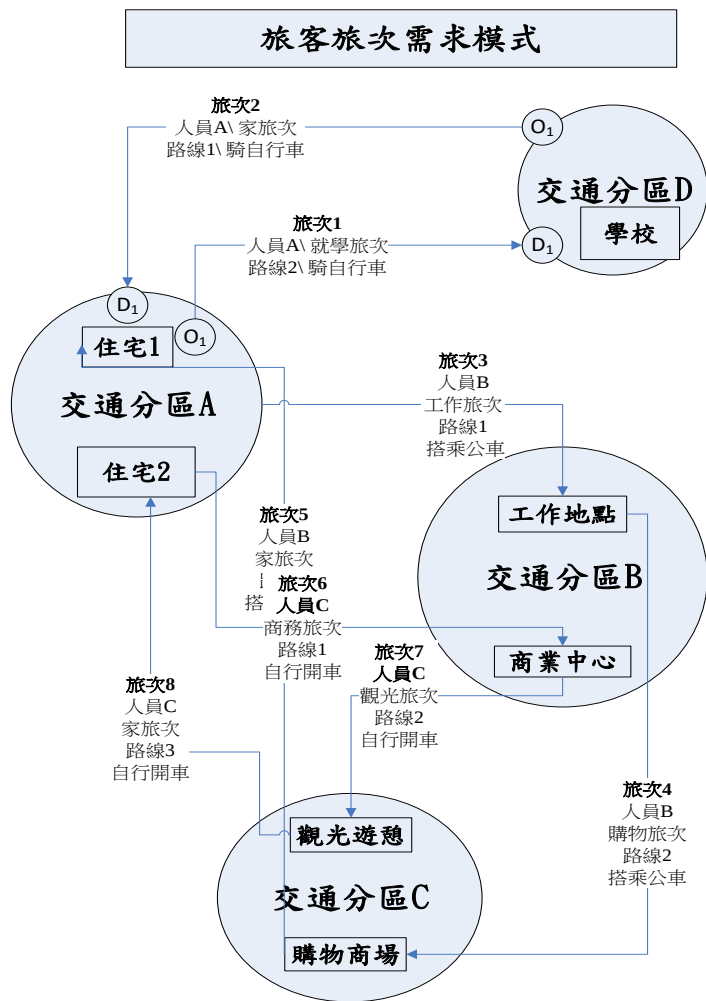
2.貨物交通分區(Frieght Analysis Zone, FAZ)：

透過貨運分析架構(FAF)的調查資料與調查區域，將調查區域再細分為不同的貨物交通分區(Frieght Analysis Zone, FAZ)，此貨物交通分區可作為分析貨運產生量、貨物消費量及貨物流動行為的基礎。

圖 4 說明客運旅次需求模式和貨物供應鏈旅程預測法的差異性。客運旅次需求模式，探討單一運具且單一旅次目的，以圖 4 左邊的上學旅次為例，早上從住宅區騎自行車到學校為 1 個旅次；下午從學校返家算返家算 1 個旅次，故計算為 2 個旅次，以此類推共有 8 個旅次。

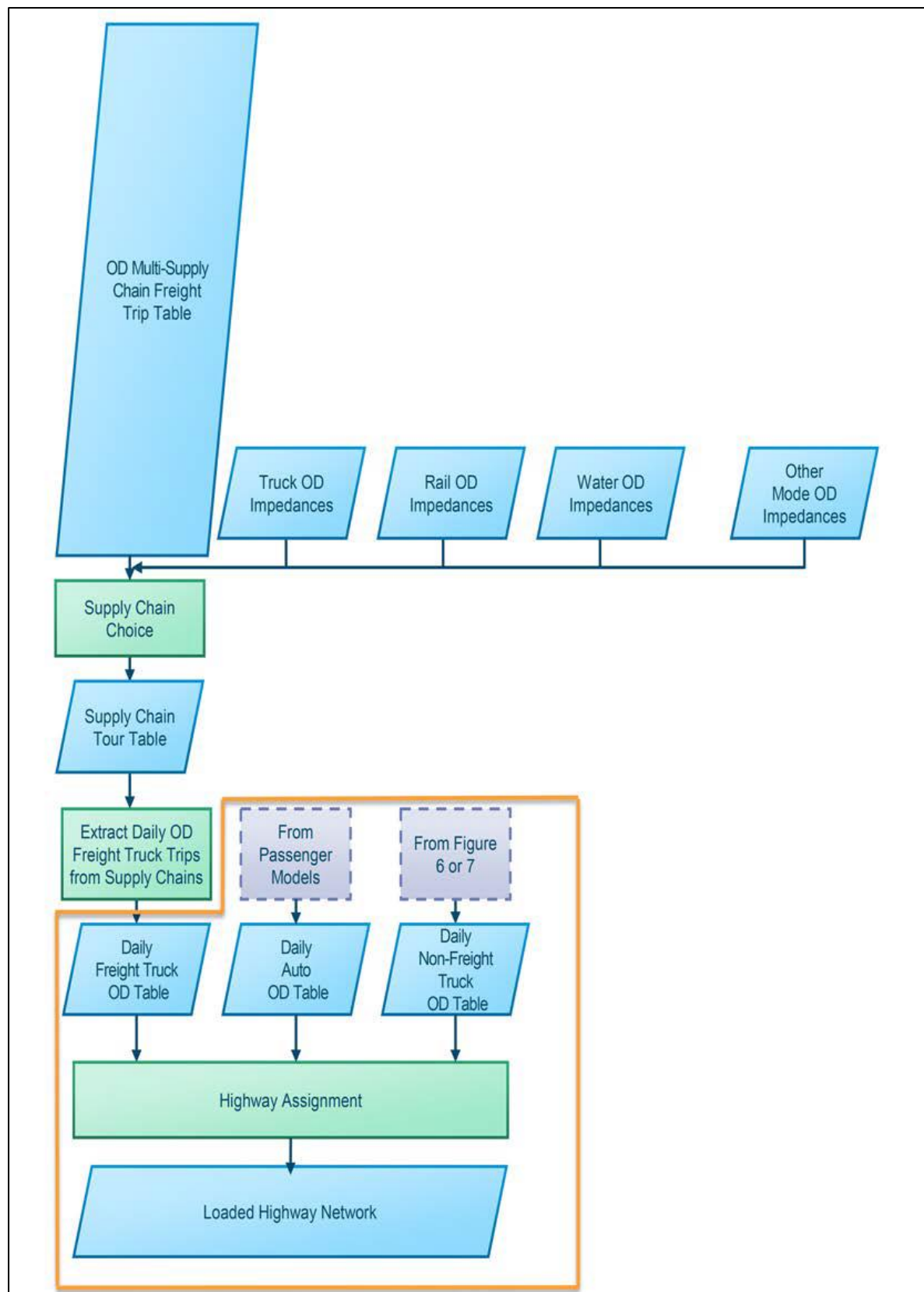
貨物供應鏈旅程預測法係以旅程(tour)為基礎的分析單位，如圖 4 右邊的進口貨為例：港口 A(O₁)透過貨櫃車運送到貨櫃集散站(D₁)，此為 1 個旅次；再由貨櫃集散站(O₂)送到物流配送中心(D₂)，此為第 2 個旅次；從物流中心(O₃)轉換轉換乘其他車輛(如廂型車或一般物流車隊)，送至當地(local)端的零售商或便利商店(D₃)，此為第 3 個旅次。但這 3 個旅次總合起來為一個旅程。

圖 5 為貨物供應鏈旅程預測法之分析流程。



資料來源[本研究繪製]

圖 4 客運旅次需求模式與貨物供應鏈旅程預測法之概念比較



資料來源[Quick Response Freight Methods(Third Edition) , 2019]

圖 5 貨物供應鏈旅程預測法

針對貨運需求模式四種預測方法，整理各自優點、限制、適合的應用情境及建模的難易度整理成表 2。

表 2 貨運需求模式四種預測方法說明表

項目	直接蒐集 商品運輸方法	成長因子法	旅次基礎 貨運預測法	貨物供應鏈旅程 預測法
說明	直接透過原始資料，分析現況及預測未來年起迄點(OD)資料	假設其他情況不變，針對單一因子進行成長率的設定和計算	參照旅次四階段概念，分不同階段建構模式。	參照物流以及供應鏈觀點，分析不同貨物商品的流向，
優點	直覺、簡單且好用	直覺、簡單且好用	掌握不同交通分區間的貨車旅次量，分析路網績效。(適合 <u>城際運輸</u>)	能夠具體掌握託運者到受貨者的貨物流動行為，針對 <u>區域型物流型態</u> ，有較高預測精準度
限制	較難準確分析各區域的經濟差異性。	由於許多因子為假設情境，無法針對複雜的變動環境做及時的預測與反應。	僅能分析旅次起點和迄點的產生量以及貨物量，無法具體描述貨物的真實流動行為。	1. 建構模式需較多資料，相對資料取得難度高，須花較多的人力、物力。 2. 物流中心節點較多且複雜的地方，建立模式恐不符合成本效益比。
適合應用的情境	如個別區域的經濟因子不會相異太大，可考慮此模式。	外在環境影響不大的區域，可考慮此模式。	物流中心、產業區域或港口明顯集中於某交通分區時，進行交通量指派時，較能獲得準確度高的貨車旅次。	交通分區的區域中，易區分物流、產業、工廠等屬性時，採用供應鏈模式較能準確預估該區域的貨運需求量。
建模複雜度	易	中等	次高	高

資料來源[本研究整理]

三、個案探討：

(一)紐約市貨運需求模式

紐約都會區模式(New York Best Practice Model, NYBPM)，由紐約大都會運輸局(New York Metropolitan Transportation Council, NYMTC)於 2005 年辦理。該模式使用貨運分析架構(FAF)的商品流向的特性資料，針對商品貨車需求進行評估及預測。此外，由於交通分區的旅行時間及車輛數均以日為單位計算，故 NYBPM 需將貨運分析架構(FAF)的年貨運量資料，透過貨車承載因子轉換成每日商品的貨車資料，並納入空櫃車的數量來計算空櫃車的旅次數。

(二)亞利桑那州貨運需求模式

亞利桑那以貨物供應鏈旅程為基礎所建立的預測方法，稱為馬里科帕政府協會模式(Maricopa Association of Governments Model)。模式中分為 7 大模組：研究區域模組、公司集合模組、供應商選擇模組、貨物流動分析模組、物流路徑選擇模組、貨車型態選擇模組、貨車旅程模組，以旅程(tour)為分析單位，探討貨物流動行為。

(三)加州貨運需求模式

California Statewide Freight Forecasting Model(CSFFM)係以四階段(four-step)步驟，分析商品流向。以貨運分析架構(FAF)提供的資料為分析來源，採用貨物供應鏈旅程預測法預測 2020 年、2040 年及 2050 年的貨運量資料。

在旅次產生及旅次分布方面，透過線性結構方程式(Structural Equation Modeling, SEM)建立不同地區貨物之間的關聯性，分析不同貨物之間的 O-D 分布狀況。

(四)佛羅里達州的貨運需求模式

佛羅里達州在 2000 年建立的模式(Florida Statewide Model, FLSWM)係以旅程為基礎(Tour-based)，並以貨運分析架構(FAF)的貨運資料及調查區域為分析基礎，建構模式。模式共分為七大模組：公司的選擇集合模組、公司的選擇集合模組、供應商的選擇集合模組、商品需求模組、公司區位模組、分配中心管道的選擇集合模組、運具及轉運模組、交通指派模組、商品需求模組、公司區位模組、分配中心管道的集合模組、運具及轉運模組及交通指派模

組。

針對四種個案，整理各自模式名稱、模式核心基礎、分析資料的來源、O-D 推估方式、運具分配以及路網指派，如表 3 所示。

表 3 美國貨運需求模式之個案比較

項目	紐約市	亞利桑那州	加州	佛羅里達州
模式的核心基礎	活動基礎模式 (ABM)	貨物供應鏈 旅程預測	四階段程序性 需求模式	貨物供應鏈 旅程預測
分析單位	Tour-based	Tour-based	Tour-based	Tour-based
資料來源	貨運分析架構 (FAF)	貨運分析架構 (FAF)	貨運分析架構 (FAF)	貨運分析架構 (FAF)
起迄點 (O-D)推估方式	以貨運分析架構 (FAF) 的資料為基礎，重力模式推估未來年的 O-D	以貨運分析架構 (FAF) 的貨運起迄點資料為基礎，透過供應商和買主的距離和路線，推估起迄點	線性結構方程式	以貨運分析架構 (FAF) 的貨運起迄點資料為基礎，推估起迄點
運具分配	羅吉特模式	巢式羅吉特模式	羅吉特模式	羅吉特模式
路網指派	計算出貨車旅程，以及總貨車旅次數，分析一天不同時段的貨車的分布情況	計算出不同重量類型的貨車旅程，以及總貨車旅次數，分析一天不同時段的貨車的分布情況	1. 透過卡車載貨的重量、卡車里程數的分類等因子換算每日平均貨車數量。 2. 使用使用者均衡的原理指派貨車於道路路網；全有或全無指派法針對鐵路進行指派。	分析貨車從供應端經物流中心到當地零售商的旅行時間、旅行成本。

資料來源[本研究整理]

2.2 第 5 期整體運輸規劃研究系列-城際運輸需求模式檢討及參數更新研究

本所於 101~103 年出版的「第 5 期整體運輸規劃研究系列-城際運輸需求模式檢討及參數更新研究」系列研究中，針對貨運需求模式進行建立與預測，說明如下：

一、貨運需求模式整體架構

模式架構以第 4 期整體運輸規劃模式中的國際海運及國際空運模組進行整合，分為本島貨運、國際進出口及空車預測 3 大模式，架構如圖 6 所示。

二、使用資料類型

(一)社會經濟資料

沿用 4 期模式中所採用之社經資料，利用 99 年國民生產毛額、各生活圈人口數、各生活圈一、二級產業人口數及各生活圈家戶所得，主要作為總貨運量預測及產生吸引模式解數變數。

(二)貨物統計資料

公路汽車貨運調查報告、各港務分公司統計資料、民航局統計資料、臺鐵貨運統計資料、商港整體發展規劃等相關資料，作為構建基年貨運模式及進行模式校估。

(三)運輸系統資料

系統供給面資料，包含公路系統、鐵路系統及主要港埠等，作為貨運分布、運具選擇之參考依據及未來交通量指派基礎。

三、本島貨運模式架構

蒐集 99 年汽車貨運調查資料、臺鐵貨運起迄統計資料及各港埠環島海運統計資料建立基年貨運起迄分布資料作為模式構建基礎。

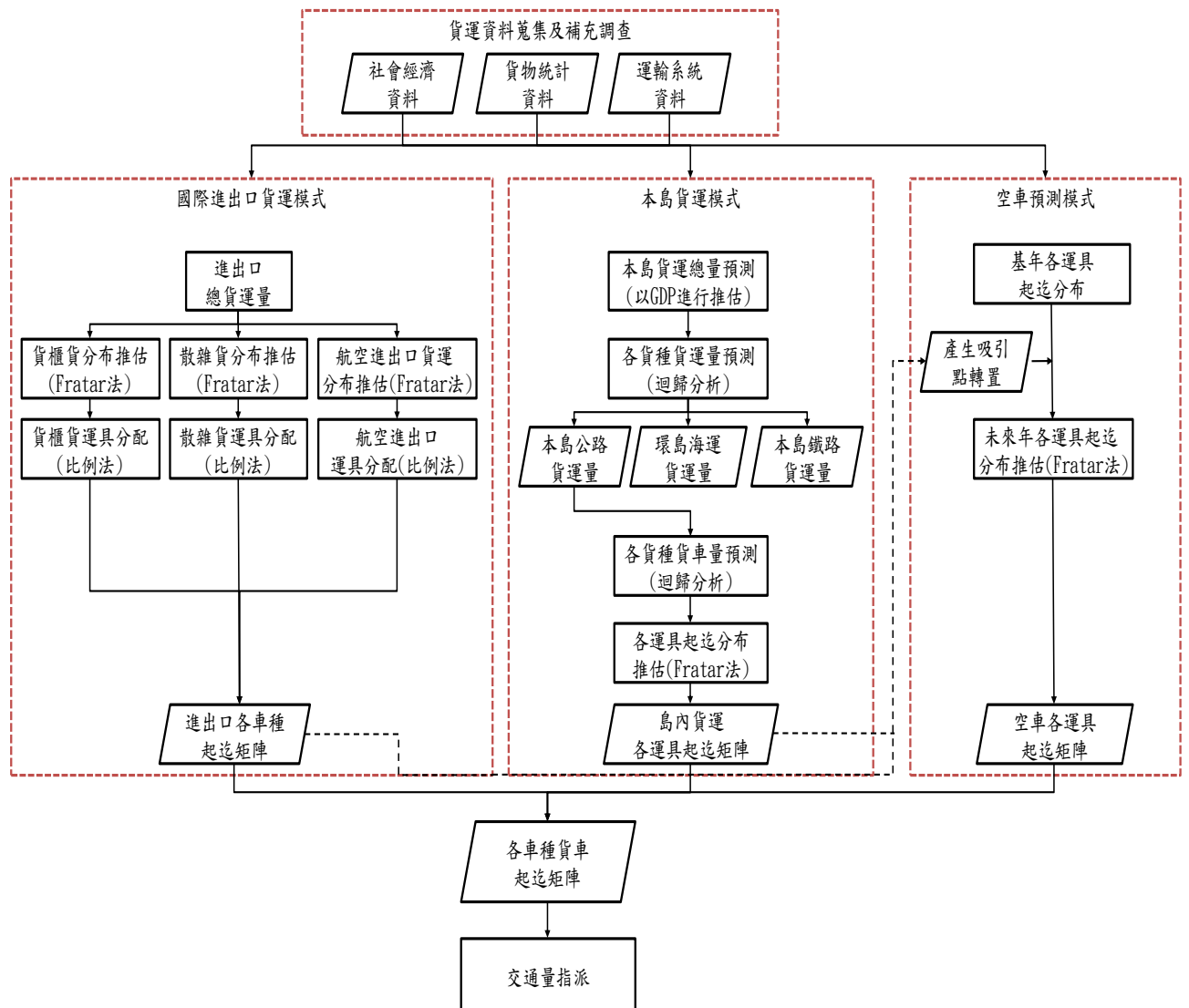
四、國際進出口貨運模式

國際進出口模式部分利用民國 99 年各港埠進出口統計資料及民航局統計資料為基礎，配合汽車貨運調查原始資料及臺鐵貨運統計資料建立貨種產生吸引量、貨運起迄分布及運具選擇之模組。

五、空車貨運模式

空車與貨物運輸活動及貨運公司貨車調度行為相關性較高，較難透過模式進行分析，故本計畫空車需求模式部分擬透過未來年載重車

之成長率進行未來年空車總量預測。



資料來源[交通部運輸研究所，「第5期整體運輸規劃研究系列-城際運輸需求模式檢討及參數更新研究(2/3)」，2013年]

圖6 第5期貨運需求模式之分析架構

2.3 綜合探討

以下針對不同模式進行綜合性探討。

表 4 我國與美國貨運需求模式之探討

模式類型	特性	限制條件	模式應用探討
美國各地區模式	以旅程 (tour) 為基礎，以貨物的流動行為基礎，預測未來貨運需求量。	各州地區特性不同，需對各地區特性客製化建模，轉換貨車後，分析路網服務績效。	適合針對貨運需求特性差異大的地區建構模式。
本島貨運模式	可分析及預測城際公路的貨運量。	1. 迴歸分析：建立貨車與貨運量發生吸引量預測模式。 2. 弗拉塔法 (Fratar) 推估旅次分布	臺灣貨物大部分以城際公路運輸為主，此模式可評估城際貨車對公路路網之績效評估。
進出口貨運模式	海運及空運資料為主，分析城際公路運輸未來年貨運量。	1. 兩階段運具分配。 2. 弗拉塔法 (Fratar) 法推估旅次分布	1. 適合分析海運及空運貨物對臺灣的陸運貨運量影響。 2. 針對城際運輸分析
空車貨運模式	透過貨物運輸活動及貨運公司之貨車調度行為為基礎進行模式分析。	貨物運輸活動以及貨車調度行為相關性較高，較難透過模式進行分析	空車除了與貨主選擇行為有關之外，更牽扯到貨車調度行為，因此僅能透過成長率轉置預測未來年資料。

資料來源[本研究整理]

三、我國貨運需求模式之探討與建議

3.1 城際貨運需求模式探討與建議

我國城際貨運需求模式以「第 5 期整體運輸規劃研究系列-城際運輸需求模式檢討及參數更新研究」為主。以程序性運輸需求模式為分析架構，分析及預測貨車數量，茲將我國與美國分析方法進行比較。

一、美國與臺灣本島貨運模式之比較

(一)美國與臺灣本島貨運模式相同處

1.旅次發生階段

旅次發生階段當中，分析貨運產生量及消費量，美國和臺灣皆透過線性迴歸模式，分析貨運產生量。變數以產業的人口數為基準。

2. 交通指派階段

美國和臺灣將貨運量轉換成貨車數量，進行交通指派。

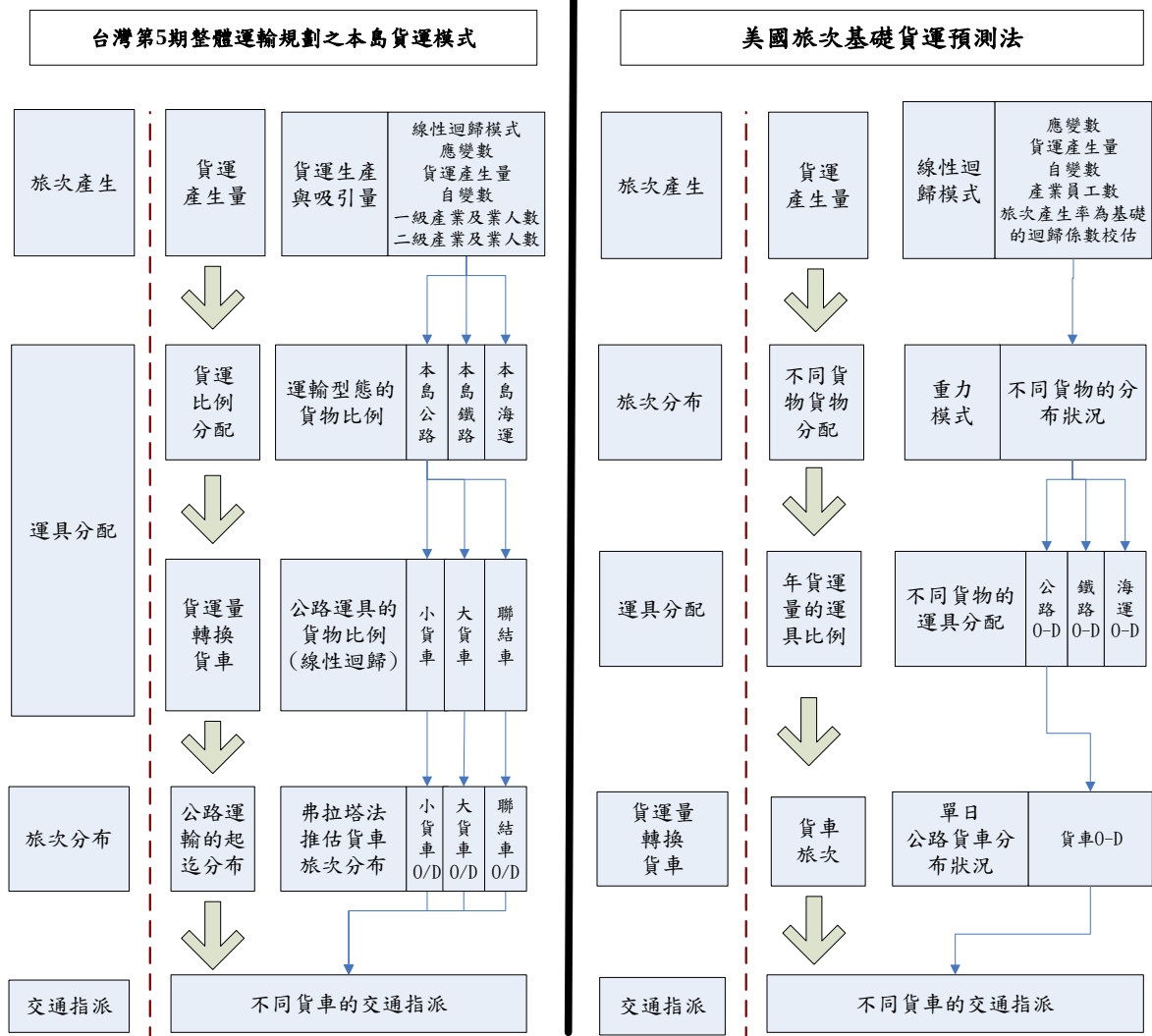
(二) 美國與臺灣本島貨運模式之相異之處

1. 旅次分布階段

美國部分以旅次分布為基礎，計算出不同地區的貨運量狀態；我國本島貨先得出不同運具型態貨物比例，之後透過弗拉塔(Fratar)法，制定一個成長因子，透過此成長因子預測未來年的貨物車輛的旅次分布量。

2. 運具分配階段

美國部分納入不同運具型態的起迄點(O-D)資料，分析不同貨運量在不同地區運具比例，並將年貨運量轉換成日貨運量，平均拆分至不同地區運具貨運量；我國根據不同的運具型態(海運、公路及鐵路)，分配各自貨物運輸比例。透過線性迴歸模式，建立貨運量與貨車的轉換關係。



資料來源[本研究繪製]

圖 7 臺灣第 5 期本島貨運模式與美國旅次基礎貨運預測法之比較

二、美國與臺灣進出口貨運模式之比較

(一)美國與臺灣進出口貨運模式之相同處

美國與臺灣將貨運量轉換成貨車數量，進行交通指派。

(二)美國與臺灣進出口貨運模式之相異處

1.旅次產生階段

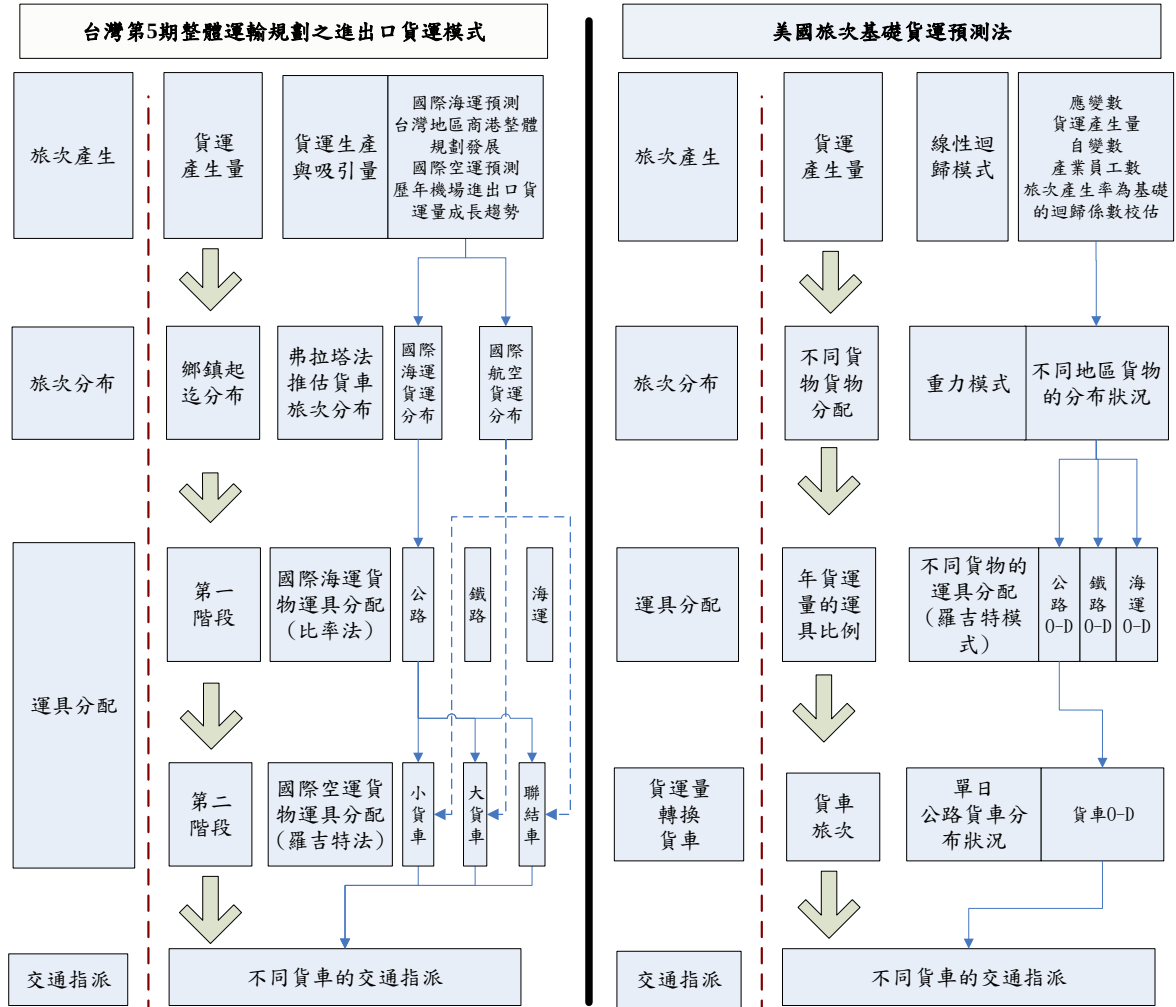
透過臺灣地區商港整體規劃發展報告之資料及歷年機場進出口貨運量成長趨勢資料作為進出口貨運量的基礎。

2.旅次分布階段

弗拉塔法(Fratar)制定成長因子，預測未來年貨車旅次分布。

3.運具分配階段

二階段運具分配，第一階段採比率法，將公路、鐵路以及海運貨運量依據比例進行分配；第二階段則納入空運分配至大貨車、小貨車及聯結車，兩階段資料融合，分析進出口的貨車分配。

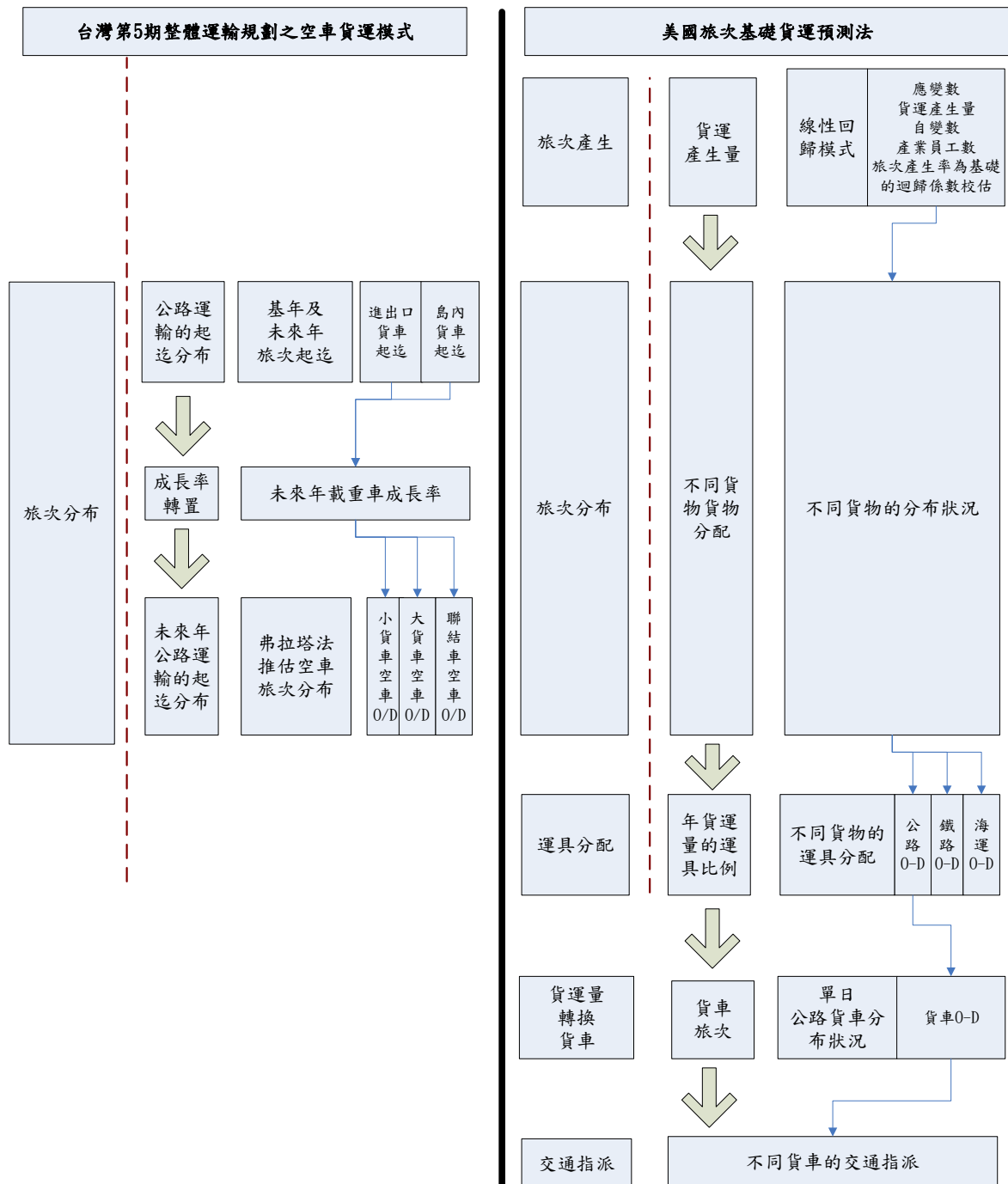


資料來源[本研究繪製]

圖 8 臺灣第 5 期進出口貨運模式與美國旅次基礎貨運預測法之比較

三、美國與臺灣空車模式之比較

我國空車部分由於模式較難建構，透過未來年載重車成長率進行未來年空車總量預測。



資料來源[本研究繪製]

圖 9 臺灣第 5 期空車貨運模式與美國旅次基礎貨運預測法之比較

表 5 我國第 5 期整體貨運模式與美國旅次基礎貨運預測法之比較

階段\模式	第 5 期整體運輸規劃貨運模式			美國旅次基礎 貨運預測法
	本島貨運模式	進出口貨運模式	空車模式	
旅次發生 階段	線性迴歸模式	線性迴歸模式	無	線性迴歸模式
旅次分布 階段	1. 不同運具型態的 貨物比例 2. 弗拉塔法推估未 來年旅次分布	弗拉塔法(Fratar)	1. 成長率轉 置 2. 弗拉塔法	重力模式
運具分配 階段	不同的運具型態， 分配各自的貨物運 輸比例	1.第一階段：公 路、鐵路及海 運貨運量依據 比例進行分配 2.第二階段：空 運分配大貨 車、小貨車及 聯結車	無	1. 輸入不同 運具型態 O-D 資料 2. 羅吉特模 式分析不 同運具比 例
貨運量轉 換貨車階 段	線性迴歸模式，建 立貨運量與貨車關 係	無	無	年貨運量轉換 成日貨運量， 拆分至不同地 區運具貨運量
交通指派 階段	交通指派階段：美國和臺灣都是將貨運量轉換成貨車數量，再進行交通路網指派。			

資料來源[本研究整理]

四、綜合探討

(一)旅次發生階段

在旅次發生階段中，我國第 5 期及美國旅次基礎貨運預測法採用線性迴歸模式，以產業的及業人口數作為自變數，預測未來年的貨物產生以及消費量。但迴歸分析當自變數之間的關聯性不高時，判定係數(R^2)降低，反而影響模式解釋能力。

原本第 5 期已針對貨物進行分類與歸納，但在多變量分析當中，有許多資料簡化的方法，例如因素分析或集群分析等。因素分析常用於資料簡化或者篩選變數，例如在線性迴歸分析前，可使

用因素分析找出共線性較高因素，將共線性較高的因素歸類為同一類群，進行迴歸分析可降低誤差，提高判定係數。建議建立貨運需求模式，可參考相關多變量分析之方法，評估是否可提高模式的解釋能力。

(二)運具分配階段

第 5 期分為本島貨運模式及進出口貨運模式，先針對不同的運輸型態(例如公路、鐵路及海運)進行運具比例分配，之後針對公路的小貨車、大貨車及聯結車進行運具分配，仍採用原本方法即可。

在貨運量轉換貨車時，美國透過車種平均載重因子(Payload)，將貨運量平均轉換至車輛單位，獲取貨車單位資料，以利進行交通指派。

第 5 期透過線性迴歸模式，針對貨運量和貨車建立關係。在汽車貨運調查報告中，有「平均每日噸數」資料，建議可同時納入各車種平均載重(payload)因子，與既有分析方式進行比較，探討模式適合度及解釋能力。

(三)旅次分布階段

第 5 期在本島貨運需求模式、進出口貨運需求模式及空車貨運需求模式旅次分布當中，都是採用弗拉塔法(Fratar)。

1.弗拉塔法(Fratar)之探討

弗拉塔法(Fratar)屬於成長率分析法，其優點為：運算收斂較快且穩定、理論簡單且不必應用旅次分布的阻礙因子、可用於調整更新以獲取最新旅次起迄資料。

缺點：無法顧及都市地區的重大改變，不能有效預測因土地使用與運輸設施重大改變對於旅次分布的影響，以籍成長率需要精確估計。

佛羅里達州雖然於 1977 年採用弗拉塔法(Fratar)進行旅次分布，但是近幾年由於旅程(Tour)概念的興起，佛羅里達州也傾向採用貨物供應鏈旅程預測法，建構一系列選擇模組(包括公司的選擇集合模組、供應商的選擇集合模組、商品需求模組、公司區位模組、分配中心管道的選擇集合模組、運具及轉運模組及交通指派模組等)。

雖然文獻中並沒有指出佛羅里達州於旅次分布採何種方式，但可以確定，以旅程(Tour)為基礎的貨運需求模式，已經成為美

國的模式主流，透過活動基礎模式 ABM(Activity Based Model) 的選擇集合，提供貨物流動行為更多資訊和預測能力。

2.重力模式之探討

美國旅次基礎貨運預測法採用重力模式，貨物交通分區之間的阻礙因子包括貨物的平均運距、貨物起迄之間的距離，並採用自然對數(e)的指數分配。

重力模式相較於成長率因子法，主要是能反應交通分區之間旅行時間對旅次分布敏感度影響、以及土地使用與運輸設施變化對於旅次分布的影響。

但其缺點為包含旅次長度分配在整體都市地區不能維持固定常數以及當兩交通區距離(或旅行時間)接近於零時，估計的旅次數將接近無限大等限制。

3.線性結構方程式或多元線性迴歸之探討

加州(California)採用線性結構方程式，探討不同交通分區之間貨物分配量。該方程式變數包括：貨物起迄點社經變數、變數之間交互作用、於其他貨物類型的關係、兩地之間距離函數、貨物旅運成本的效用函數、誤差項。

茲將上述概念整理如表 6。

表 6 我國貨運需求模式之建議方式

階段	核心概念	既有作法	方法說明	建議方式
旅次發生	貨運量產生與消費	既有貨物分類方式	1. 貨物種類繁多，需要進行分類。 2. 目前採用人工分類方式。	1. 多變量分析(如因素分析)，縮減變數，產生新的貨運分類。 2. 與既有方式做比較，探討兩者在建構模式的差適合度及解釋能力。
		線性迴歸模式	線性迴歸為成熟度較高之分析方式，且貨物類型分類適當，可提高模式適合度。	採用線性迴歸進行預測。
運具分配	貨運運具比例分配	不同運輸型態進行分配	針對海運、鐵路、公路進行運具比例分配。	目前方式並無不妥，採用既有方式即可。
		針對公路貨運進行羅吉特分析	針對公路的小貨車、大貨車及聯結車進行運具分配。	目前方式並無不妥，採用既有方式即可。
	貨運量轉換貨車	線性迴歸，針對貨運量和貨車建立關係	引用旅次產生吸引率概念，納入各車種的平均載重，建立迴歸模式。	1. 汽車貨運調查報告中，有蒐集「平均每日噸數」資料。 2. 建議可同時納入各車種平均載重(payload) 3. 與既有分析方式進行比較，探討模式適合度及解釋能力。
旅次分布	不同貨車分布狀況	弗拉塔法	假設路網固定，無法考量土地使用以及未來道路交通設施的變化。	方式一： 汽車貨運調查報告中的「貨車延噸公里」為阻礙因子，建立重力模式。
				方式二： 參照加州作法，採用線性結構方程式，納入起迄點貨物生產或消費量、兩地之間距離函數、貨物旅運成本的效用函數。

資料來源[本研究整理]

3.2 都市貨運需求模式探討與建議

都市型的貨物運輸型態與物流活動有密不可分的關係，相較於城際貨物運輸貨物，城市型的貨物運輸的運送地點有多種類型，例如物流中心、配送中心及零售商等，衍生出「交通物流節點」(Transportation Logistic Node, TLN)的規劃基礎。

在路徑(path)的選擇也較城際運輸有多條路徑選擇，例如幹道、一般市區的街道等；貨物運送型式偏向小型零散貨物；運送時段分散不同時段(例如便利商店或藥妝店的貨物，於夜間時段運送)；使用運具以廂型商用車隊為主；旅行長度(如旅行時間或貨運里程數)也較城際運輸短。茲將城際貨物與都市貨物運輸之特性進行比較，如表 7 所示。

表 7 城際貨物與都市貨物運輸之特性比較

項目\類型	城際貨物運輸型態	都市貨物運輸型態
貨櫃類型	貨櫃貨	零散件貨
貨物運輸時段 尖離峰特性	貨物的運送分布集中於 尖峰時段	貨物運送分布分散於不同時段
使用運具	貨櫃車	溫控車、箱型物流車
貨物停靠站	貨櫃集散站、貨櫃碼頭	物流中心、配送中心、物流倉庫、批發商、零售店
運送型態	南櫃北運、北櫃南運運輸型態，中間停靠站少	區域內或都市內運輸型態，中間停靠站多
旅次長度	較長、平均 2 個小時以上	運送站點距離相對較短，但運送貨物次數頻繁。

資料來源[本研究整理]

貨物流動過程中，會經過多個停留點、使用 2 種以上運具、以及多個路線等性質，國外應用貨物供應鏈旅程預測法，採用類似於活動基礎模式(ABM)的選擇集合模組，探討貨物整體流動行為。我國如採用貨物供應鏈旅程預測法，勢必得朝向旅程(tour)為基礎的模組開發，本研究建議相關性的模組功能以及所需的資料項目，整理如表 8，提供相關單位參考。

表 8 建構貨物供應鏈旅程預測法之模組項目以及功能說明

四階段	模組項目	模組功能說明
貨物產生量及吸引量	分區資料模組	建立貨物交通分區(FAZ)的資料劃分：例如貨櫃碼頭、空運港口編碼、貨櫃集散站分區編碼資料，重新建立貨物為主的分區資料。
	社經特性分析模組	平均每日國內貨物產生量及消費量員工特性資料、GDP、商品特性資料。
旅次分布階段	供應商的集合模組	1. 建立賣方資料，成為供應商清單。 2. 不同供應商的貨物資料，推估不同貨物起點。
	停留點選擇模組	例如物流中心、配送中心、大型連鎖賣場、餐飲、便利商店、批發商。
	商品需求資料	從公司企業對於供應商的訂單資料，便可建立歷史的貨運需求資料，透過此資料可做為預測未來年貨運需求基礎資料。 不同消費端的資料，推估不同貨物迄點資料。
	物流路徑的選擇模組	分析供應商和買主之間使用運具的比例，透過運具分析行駛的路徑、中間停留的位置、旅行時間。
運具分配階段	運具分配模組	根據不同貨物特性，建立的羅吉特模式，例如蔬菜、生鮮食品需要冷凍櫃裝卸。平板車一般車輛：3.5 噸、7.7 噸、20 呎/40 呎貨櫃車。
交通指派階段	貨車承載量轉換模組	全年貨運量轉換成每日貨車單位。
	貨運交通分區拆分模組	每日貨車單位資料拆分不同交通分區。
	貨車指派模組	不同交通分區之間貨車的旅行時間以及路徑。

資料來源[本研究整理]

3.3 新興物流型態之探討

「群眾物流(Crowdsourcing Logistics)」成為新的商業模式，亦即業者透過網路平台方式，將貨物外包給不特定的大眾群組，以利進行貨物運送模式。目前我國群眾物流發展類型，以 Uber Eats 及 Foodpanda 為大宗，貨物旅次特性如表 9 所示。新興物流型態之旅次長度大部分 30 分鐘以內，

未來如要針對機車快遞之類的新興貨物進行模式建構，交通分區可能須重新定義或調整。

表 9 群眾物流配送之貨物旅次特性

貨物旅次特性	說明
運送貨物類型	具有時效性的食品類、茶點類、生鮮雜貨類
貨物旅次發生時間	11:00~13:00、17:00~19:00
發生頻率	每日
旅次產生點	店家
旅次吸引點	住家、辦公場所、醫院、住商混合社區等
使用運具	機車
旅次長度	旅行時間：平均 15~20 分鐘

資料來源[本研究整理]

四、建議

本計畫蒐集我國及美國於貨運需求模式之文獻，針對我國貨運運輸需求模式提出建議，歸納如下：

一、旅次產生與吸引階段

目前建構貨運量的線性迴歸模式時，最大的問題在於貨運類型太多，本計畫建議可參照多變量分析法(如因素分析或集群分析)，將資料簡化，再進行迴歸分析，可降低誤差，提高判定係數。

二、旅次分布階段

美國旅次基礎貨運預測法採用重力模式，交通分區之間的阻礙因子包括貨物的平均運距、貨物起迄之間的距離，並採用自然對數(e)的指數分配，建議未來貨運需求模式可朝此方向建模。另外亦可考量採用線性結構方程式，探討不同交通分區之間貨物分配量。

三、貨運量與貨車之轉換關係

第 5 期採用線性迴歸模式，在汽車貨運調查報告中，有「平均每噸數」資料，建議可同時納入各車種平均載重(payload)與既有分析方式進行比較，探討模式適合度及解釋能力。

四、導入貨物供應鏈旅程預測法

貨物供應鏈旅程預測法最大特色在於分析整體貨物流動行為，其中包括多個停留點、使用 2 種以上運具以及多個路線等性質。國外建構類似活動基礎模式(ABM)的選擇集合模組，探討貨物整體流動行為。反觀我國如採用貨物供應鏈旅程預測法，勢必朝向旅程(tour)為基礎的模組開發，本計畫建議相關性模組功能，提供相關單位參考。

五、新興物流型態之探討

新興物流型態之旅次長度大部分 30 分鐘以內，建議未來如要針對機車快遞之類的新興貨物進行模式建構，交通分區可能須重新定義或調整。

參考文獻

1. 王慶瑞，「運輸系統規劃第三版」，正揚出版社，2001 年。
2. 游欣妤，「探索群眾物流餐飲外送平台之消費者行為與服務屬性」，淡江大學運輸管理學系，2010 年 1 月。
3. 交通部運輸研究所，「第 5 期整體運輸規劃研究系列-城際運輸需求模式檢討及參數更新研究(1/3)」，2012 年。
4. 交通部運輸研究所，「第 5 期整體運輸規劃研究系列-城際運輸需求模式檢討及參數更新研究(2/3)」，2013 年。
5. 交通部運輸研究所，「第 5 期整體運輸規劃研究系列-城際運輸需求模式檢討及參數更新研究(3/3)」，2014 年。
6. Quick Response Freight Methods(Third Edition)，2019