

# 第一章 緒論

## 1-1 研究背景與動機

在現代繁忙及講求效率的社會中，時間的重要性與日俱增，對於工作通勤旅次而言時間準點的價值更顯重要。由於工作通勤旅次都有到達時間的限制，然而很多工作旅次通勤常因平面路網的號誌、路況等因素影響，導致無法於預定的時間到達目的地，諸如：薪資減少、遭上司責罵、與客戶約定時間無法準點所造成之損失...等，從而使通勤者的通勤成本增加，所以，工作旅次通勤者會根據其可回憶的經驗逐日調整其出發時間直到滿足在預定時間內到達工作地點為止【9】。1986年時 MAHMASSANI, 等人以實驗方法分析美國德州奧斯汀通勤者的逐日出發時間調整行為、通勤者到達工作地點偏好的到達時間、可容忍到達時間誤差值與通勤者個體不同的選擇會產生的出發旅次型態三者間的互動關係【8,9】。

上述研究大都針對出發時間調整的特性而單一直線道路來探討，並未對號誌路口以及號誌時制對出發型態之影響作較深入的分析。由於家戶至工作區域的車流分配型態會隨旅次出發型態的逐日改變，而產生變化致使到達號誌路口之車流型態也產生不預期的變異，進而對路口的績效產生衝擊，此衝擊的影響越大，則越會改變逐日經驗下的出發型態。因此如何在號誌路口與在旅次出發型態逐日改變下設計有效率之號誌時制實為一重要課題。

## 1-2 研究目的

工作通勤者於上班時段會因道路上諸多因素干擾而無法於預定時間內到達目的地，使通勤成本增加；因此通勤者會不斷根據其昨日的工作旅次經驗調整其出發時間，使每日通勤旅次出發型態不斷調整至滿足期望為止【8, 9, 10】但以往相關文獻中對通勤者的出發時間調整機制都未關聯到號誌路網的影響，本研究在兼顧通勤成本的降低與號誌路網各時制設計最佳的考量之下。研究目的如下：

1. 以一簡化的路網設計，界定通勤旅次到達與出發時間之間的調整機制，並模擬各路網節點對應網路的號誌時制設計與作業。
2. 在通勤旅次出發型態逐日演變下，採用號誌時制號誌隨著通勤旅次各種不同的出發型態逐日，調整的過程，以便找出最佳時制並分析其績效。

## 1-3 研究範圍



在道路上有諸多因素如：號誌、用路人的路徑選擇、天候、道路幾何型態等因素會干擾用路人，會導致用路人無法在預期或限制的時間內到達目的地；對於上班通勤者而言，無法於限制的時間內到達目的地所產生之成本相當可觀，因此通勤者會依據經驗進行調整通勤旅次即使是在目的地相同，但出發時間不相同的情形下也會產生不同的出發型態，且出發時間又會因出發區域不同、距離遠近、每個通勤者抱持的心態，以及用路習慣等，使問題極度趨於複雜，且本研究因加入了號誌路網的影響與號誌最佳時制設計工作，使問題複雜度更高，為減化起見本研究假設如下列：

1. 居住區域至工作地區之旅次產生與吸引量為已知之固定值。
2. 每一居住區域至工作區域之通勤者皆有習慣路徑。
3. 工作區域的限制到達時間對所有通勤者都為固定值。
4. 僅考慮號誌路網對通勤旅次到達時間的影響，不考慮其他天候、道路幾何型態等因素，且路網上各節點均為獨立號誌路口。
5. 起始出發型態以機率模式產生，出發的車流相互獨立，出發時間調整機制採用

均勻分配方式。

6. 系統模擬只納入由居住區域往工作區域單一方向。
7. 模擬時間為一連續工作日，不考慮期間之週末假日。

## 1-4 研究流程

本研究藉由參考通勤者出發時間逐日調整機制[10]、Newell[17]號誌時制最佳化模式及車流模式等文獻，分析號誌路網各節點在出發時間逐日調整機制與不同的出發型態之下的最佳時制，主要工作流程如圖1.1，各步內容詳述如下：

1. 確定研究主題與範圍：了解號誌路口出發時間調整機制之影響，進一步計算對應之號誌時制，並分析於此號誌管理策略下的效益。
2. 文獻回顧：號誌路網時制設計對行車績效有深切的影響；本章以號誌時制設計、車流模式以及出發時間逐日調整機制各相關文獻的回顧為主。
3. 模式建構：本研究由號誌最佳時制模式、車流模式以及出發時間逐日調整機制建構。
4. 實驗路網測試與分析：將模式應用於實驗路網中，測試所產生的效果與趨勢，並以進行不同出發型態或機制的比較。
5. 結論與建議：依分析結果提出實務上可行的因應策略，並建議後續可進一步探討的課題。

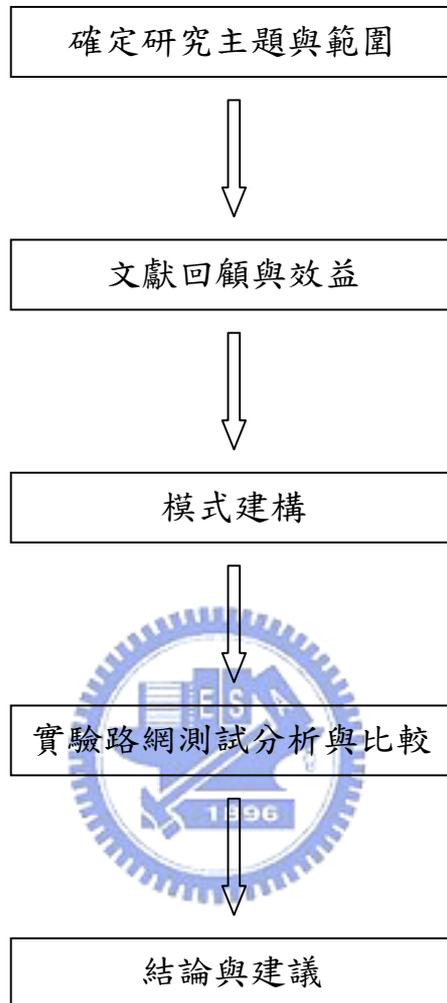


圖1.1 研究流程圖

## 第二章 文獻回顧

行駛順暢的道路及準時到達目的地是每個通勤者所樂見的，但是由於經濟的成長，私人運具的使用迅速發展，上下班尖峰時間大量車輛擁入通勤目的地使交通負荷日益嚴重，通勤時間成本增加，除均衡道路資源外，可信賴的交控策略也可促使駕駛者在考慮旅次特性及自身之通勤經驗後，能夠於自身可容忍的範圍內到達目的地。

路口號誌之時制設計對行車效率有密切的影響，甚而對幹道全線及路網之車行績效也有關連。本研究為路口號誌與出發旅次逐日調整機制間的互動與系統績效最佳，故文獻的收集亦以號誌時制設計為對象，但發現時制設計對於時段的劃分視皆由交通工程師直接以尖峰小時為劃分時段基礎；甚少發現有關於定時號誌時段劃分課題的探討，因此在收集文獻中將由號誌時制設計方法為出發，再探討時制設計追求的目標、績效。最後，收集交通反應式控制策略號誌及定時號誌對於時制轉換時機等相關文獻，以引發本研究思維及構想。本章將於2-1 節中回顧號誌設計相關文獻；2-2 節中探討並回顧出發時間調整機制及其相關研究。

### 2-1 預設號制時制與績效

#### 2-1-1 號誌時制設計方法

1. 定時號誌控制在美國交通控制系統手冊【31】之定義為：「依事前確定的排程指定路權」。林良泰之定義為：「事先藉由交通流量之調查、整理、分析及交通流量推估【32】，將每日劃分成若干時段，經由離線（off-line）作業方式，選擇適當之交控軟體，產製最佳的時制計畫，每日並按劃分時段執行該時制計畫」。

獨立交叉路口號誌時制計畫之設計參數有週期長度及各個車流流動的分配綠燈時間。在設計方法上，主要可分下列三類：

1. 方程式法(Formula)：以既有公式設計綠燈時間及週期，這些公式通常須先用一些實際資料加以驗證。Webster【33, 34】以最小延滯為目標，推導最佳週期，如(2.1)式所示：

$$C = \frac{1.5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^n Y_i} \quad (2.1)$$

式中，

C：週期長度(秒)

L：每週期總損失時間(秒)

Yi：各時相之臨界路口(Critical Approach)飽和率，即最大流量對飽和流量之比值

n：時相數

此方法在時制設計簡單易懂，但在運算時尚有部分的程序必須人工判斷處理，如時相選擇、流量時間長短，因此Webster 方程式僅在確定的號誌時相及某一特定時段下求算最佳號誌週期，對於號誌時段劃分則無法直接由公式求算。

2. 數學規劃法(Mathematical Programming)：列出目標式及相關的限制式，以數學規劃模式求解時制計畫。依蔡輝昇【35】之整理，可再分為下列四項：

(1). Martin-Lof (1967)以動態規劃法(Dynamic Programming)發展交叉路口號誌最佳控制模式，此模式運作的著眼點為等候車隊的紓解，但對交叉路口號誌時制計畫所產生的延滯、週期長短均未加以評估，無法提出良好的時制計畫。

(2). Allsop (1971)所發展的數學規劃模式，能獲得獨立路口週期長度及各階段綠燈時間最佳解以使延滯最低，但此模式只能在時相數目固定且時相出現之順序不變的條件下運作，無法處理時相數目及順序變動之問題。

(3). Import 和 Cantarella (1984)發展一套混合0-1 整數之線性規劃模式(Binary-mixed-integer-linear-programming Model)求解交叉路口最佳號誌

時制計畫，以交叉路口容量最大或週期時間最小或交叉路口延滯最小為目標函數，再根據各方向車流的車流率和彼此的衝突性來設計交叉路口號誌時制，相當具有彈性，但模式的架構十分複雜，不易了解，求解過程甚為耗時，且須根據規劃結果，配合設計時制計畫之時相數和時相順序，並不適合於作即時的電腦號誌控制。

(4). Sakita (1986) 以線性規劃法 (Linear Programming) 設計交叉路口最佳號誌時制，以週期長度最短為目標函數，限制式要求各車流流動飽和度必須小於一。其優點為模式簡單，容易了解，且能作不同時相的選擇，但由於限制式無法保證在選擇時相時，不會重複選到彼此互相排斥的時相，故模式的應用受到限制。上述的數學規劃法中，其主要優點為可明確列出目標函數及限制式，使有限道路及時間資源作最有效的應用；在缺點方面則有(1)將號誌時相及時段分割視為外生變數，由人工以經驗作設計或分割，(2)模式架構複雜，求解過程甚為耗時。

3. 搜尋程序法(Search Procedure)：事先設定評估的標準，然後對各種可能情況加以比較，逐步捨棄較差設計，直到最後找出最佳的時制計畫。此法主要在透過一連串的搜尋程序，以路口績效值為檢視標準，逐一淘汰較差的部份，獲得路口號誌時制。此種搜尋程序的方法以套裝軟體SOAP(Signal Operation Analysis)

【36】較受歡迎，該軟體以交叉路口延滯值最低為目標，透過如圖2.1 七步驟及下列說明，求解路口號誌最佳週期、時比、時相等時制參數，並且可對時制計畫進行評估。

搜尋程式法的優點為具有彈性，且可依使用者的需求制定一相關的程序而求最佳解；缺點則為搜尋過程無法對每一時制設計均進行搜尋，只能在一定範圍內針對相等時距的時間點進行搜尋，因此其時制計畫只是接近最佳解的一個解，非最佳化的號誌時制設計。另外，SAOP84 軟體在搜尋程序中，已將全日交通車流量所因應的號誌控制策略納入評估，以類比指數做為控制策略的歸類，但其時段劃分的方式仍由人工判斷，且各控制策略時制並非依各時間單元流量計算而得，係以平均數流量代之，忽略了同一控制策略內各時間單元流量之變異。

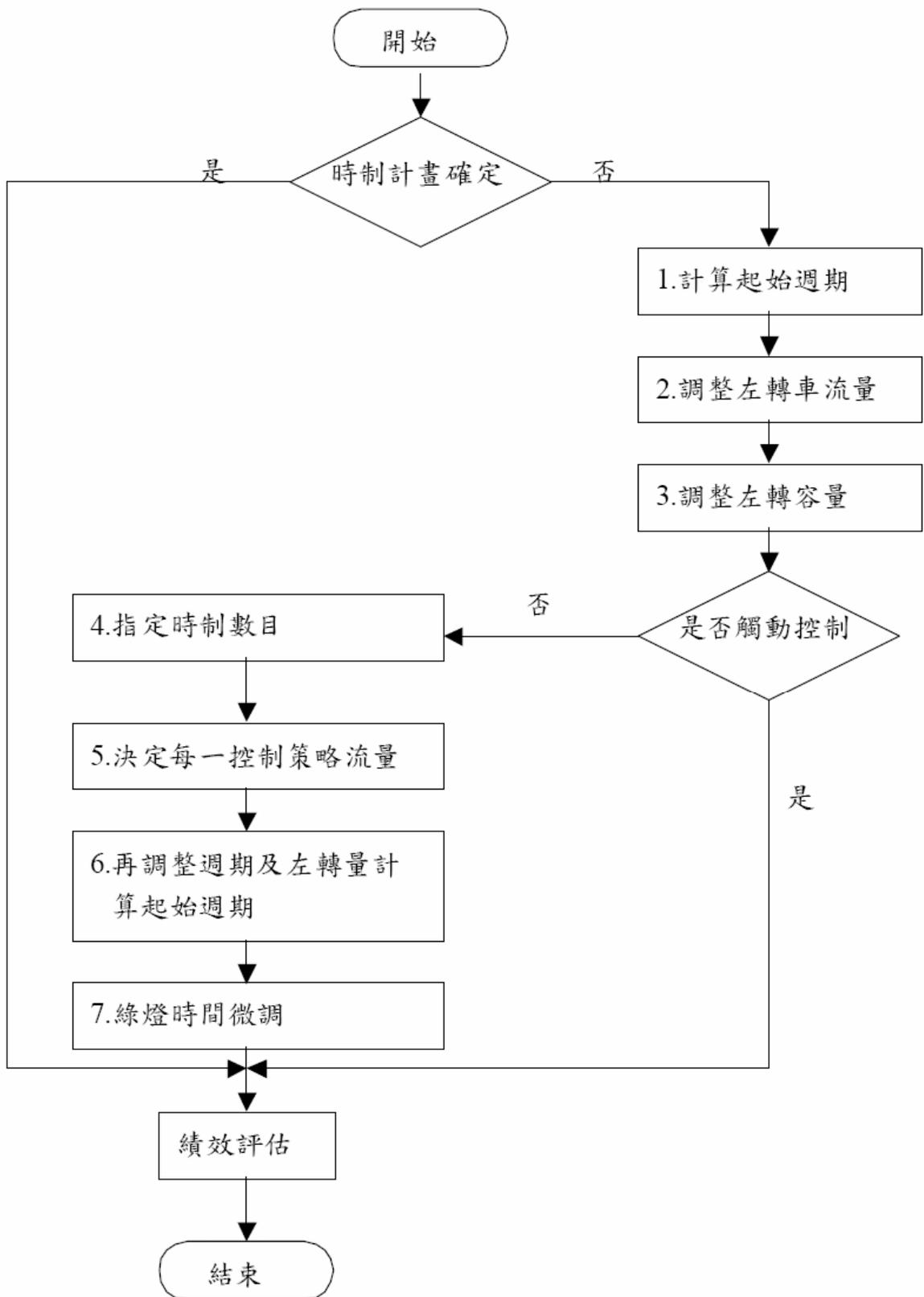


圖 2.1 SOAP84 號誌時制設計程序

## 2-1-2 號誌控制績效

都市道路系統常以號誌時制指定路口各方向通行的權利，以維護行車安全，然號誌化路口易阻斷車流連續性，產生交通瓶頸，因此評估路口號誌之績效時，必須同時考慮路口的安全及效率性。本研究主要在探討時制時段劃分的課題，係在考慮安全因素下完成時相設計後，再安排時制轉換的時機，所以主要以效率為績效指標。一般對於號誌化路口效率的績效指標大多採延滯時間為主，1985年及1994年美國公路容量手冊(Highway Capacity Manual, HCM)【37】均以延滯為號誌化路口服務水準評估的主要指標，至於台灣地區公路容量手冊亦以延滯為我國評估號誌化路口服務水準的基礎，故在號誌化路口的效率指標以路口延滯為範疇。車輛行經號誌化交叉路口所產生的「延滯」，較為狹義定義為「車流在路段上行駛時，被某種因素，如車流間的摩擦干擾及交通管制設施等所影響或阻滯，以致使行駛時間發生阻延和失誤」【38】；而廣泛定義為「車輛駕駛者或乘客行經一路口或路段，除合理通行時間外，所額外增加的行車時間」。May【39】將號誌化交叉路口總延滯定義為當車輛在路口受干擾與不受干擾的旅行時間差，其包括停等延滯和加減速所產生的損失時間。McShane 等人【40】則將延滯分為四種，如圖2.2所示，有（1）停等延滯：當路口號誌為紅燈，一車輛所必須停止的總時間，即車輛輪胎鎖定不動的延時；（2）臨近路段延滯或路口延滯：包括停等延滯和加減速所產生的損失時間；（3）旅行時間延滯：駕駛者行經一路口所期望總時間與實際需要時間的差距和（4）等候延滯：一車輛加入路口等候車隊到離開停止線的總時間，其只能以追蹤方式求得。有關號誌化交叉路口之車輛延滯模式的描述可為：1. 確定型(deterministic)及2. 機率型(stochastic)兩大類【40】。確定型模式，係將車輛的到達及離開視為連續型態，再以車流理論估計車輛延滯時間，其估計過程有二項基本的假設：1. 綠燈時相結

束時無停等車隊, 2. 週期內車輛為均一的到達率( $q$ )及以均一的離開率( $S$ )疏散車流, 且到達的車輛數不得大於車道的容量, 如圖2.3 及2.4。從圖中可看出每車平均延滯時間(總延滯除以週期內到達車輛數)、停等的車輛數( $Q_s$ )、最大的車輛停等數( $Q_{max}$ )及平均車隊長度( $Q_{avg}$ )等績效值。確定型的延滯時間模式, 適用於低流量/容量比(約小於0.5)的路口, 因流量/容量比大於0.5 時將使綠燈時相結束仍然有車隊現象, 打破原始假設無車隊的狀況。

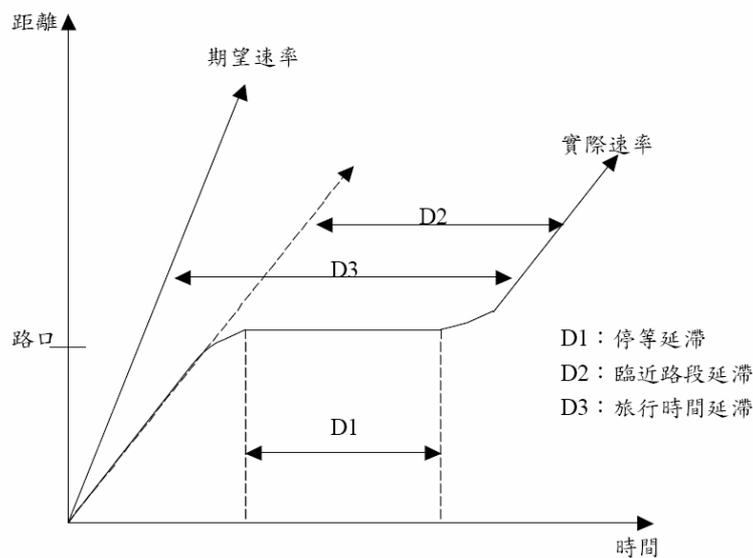


圖 2.2 停等延滯、臨近路段延滯和旅行時間延滯【13】

當車流強度逐漸增加時, 將使得綠燈結束時仍有車隊的問題, 造成週期失靈 (cycle failure)。車隊形成則因流量大於容量的情形隨機產生, 所以延滯時間的描述即出現機率型態(stochastic)的模型。對於機率型的延滯模式又可分為兩類如下說明。

1. 穩定延滯模式(Steady-state Delay Models)：車輛的到達率及離開率過程可用統計分配(distribution)確實代表, 再利用等候理論(例如M/D/n/FIFO)推算延滯時間。
2. 時間基礎延滯模式(Time-Dependent Delay Models)：在低流量容量比的情況下, 車流之運作尚可以某特殊統計分配表示, 並以穩定延滯模式求得車輛延滯,

但當車流量大於容量時，車流之穩定狀況將下降，因此用合理的時間函數代表車輛到達率及離開率，再估算分析時段內車輛的延滯時間及車隊長度，即稱時間基礎延滯模式。

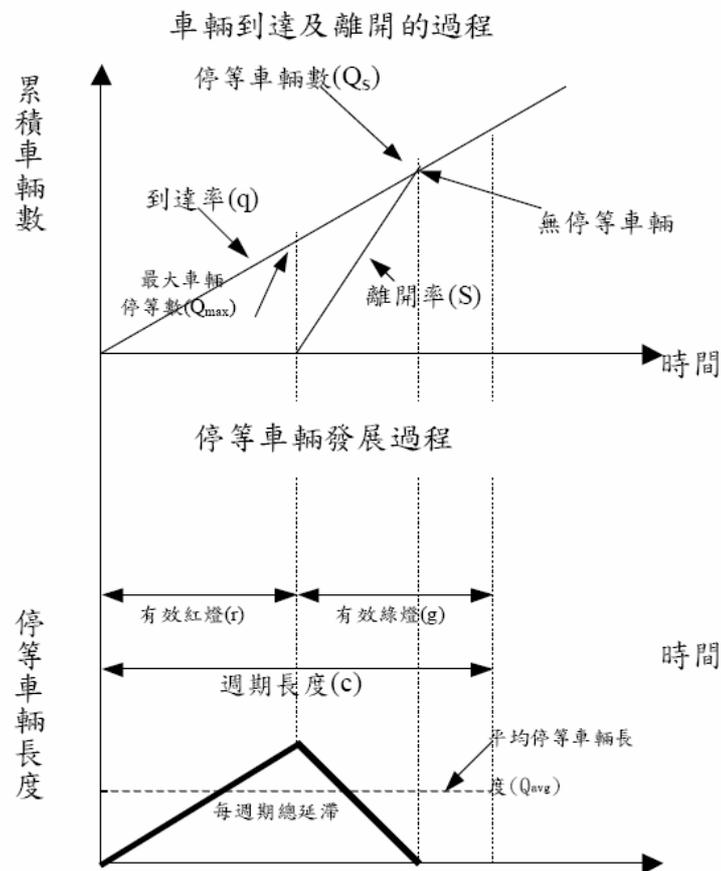


圖 2.3 確定型(deterministic)車輛延滯模式

確定型模式，因模式中忽略車輛到達率及路口容量對車輛的隨機影響，產生延滯被低估的現象，因此較適用在飽和度遠小於1( $x \ll 1$ )或遠大於1( $x \gg 1$ )的狀況。穩定延滯模式，其透過等候理論推導車輛延滯時間，假設車流到達率及離開率服從某特定分配，且到達率/離開率比小於1，所以較適用在飽和度小於1 的狀況。為解決上述適用性的問題，Catling【41】以同等轉換(Coordinate Transformation)技術發展出時間基礎的延滯模式，如圖2.5 說明。在圖中以交通強度區分為三部分：

1. 低飽和度( $x \ll 1$ )，當車流強度是均一時，車輛的延滯幾乎相等。
2. 高飽和度( $x \gg 1$ )，車輛延滯具有確定型模式(deterministic)，延滯時間(d) 如

(2.8)式:

$$d = d1 + \frac{T}{2}(X - 1)$$

3. 當飽和度為1(x=1)時, 穩定延滯模將趨近於Y 軸(x=1), 即為延滯值有一定的限制, 運用同等轉換技術將穩定延滯模式曲線轉換為時間基礎延滯模式以趨近於確定型模式延滯, 即為 (2.8) 式之第二項。時間基礎延滯模式與確定型模式間的水平距離與穩定延滯模式及X=1 之水平距離相同。

而在同時考慮均勻到達及隨機到達的延滯值方面Webster[34], 以電腦模擬方式得出延滯公式, 而模式如式2.9

$$D = \frac{C(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda X)} + \frac{X^2}{2q(1-X)} - 0.65\left(\frac{C}{q^2}\right)^{1/3} X^{(2+5\lambda)} \quad (2.9)$$

D: 臨近路段上平均每車平均延滯(秒)。

C: 週期時間(秒)。

$\lambda$ : 有效綠燈佔周期之比率。

X: 飽和度, 每周期平均到達率與每週期最大離去率之比。

q: 每個路段平均到達率 (車/秒)。



(2.9)式中係在假設車流抵達為卜瓦松分配(Poisson Distribution)條件下推導而得, 共包含三個部份, 第一部份  $\frac{C(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda X)}$  屬於週期性延滯, 稱為均勻延滯(Uniform delay), 第二部份  $\frac{X^2}{2q(1-X)}$ , 主要是為了調整車輛隨機到達所產生的延滯(Random delay), 而第三部份  $-0.65\left(\frac{C}{q^2}\right)^{1/3} X^{(2+5\lambda)}$  係屬於經驗調整部分, 以使均勻延滯與隨機研製的總和, 更能符合實際延滯值。但當X超過1時, 延滯就會出現負值, 乃此模式最被詬病之處。

而在1985年HCM(Highway Capacity Manual)[37]中, 也有一為考慮均勻到達及隨機到達延滯模式, 模式如下:

$$D = 0.38C \frac{[1-\lambda]^2}{1-(\lambda X)} + 173X^2 [(X-1)^2 + \sqrt{(X-1)^2 + (16X/C)}] \quad (2.10)$$

1985HCM延滯公式可分為兩部份，第一部份  $0.38C \frac{[1-\lambda]^2}{1-(\lambda X)}$  係用來計算均勻延滯 (Uniform Delay)，當車輛到達型態呈均勻分佈時，則會產生延滯。第二部份  $173X^2[(X-1)^2 + \sqrt{(X-1)^2 + (16X/C)}]$  為計算漸增延滯 (Incremental Delay)，此延滯產生係由於車輛的隨機到達及設計不良的時制計畫，因此，由求得這兩部分的延滯公式可以看出不良的時制計畫對延滯的影響程度。而Webster與1985HCM此兩者的延滯公式，對於高飽和流量時，均會高估延滯值，且上述模式不符合本研究的情境。且本研究再考慮隨機到達的影響下，對於車輛延滯模式以自行推導方式產生，較能符合本研究的背景與情境。

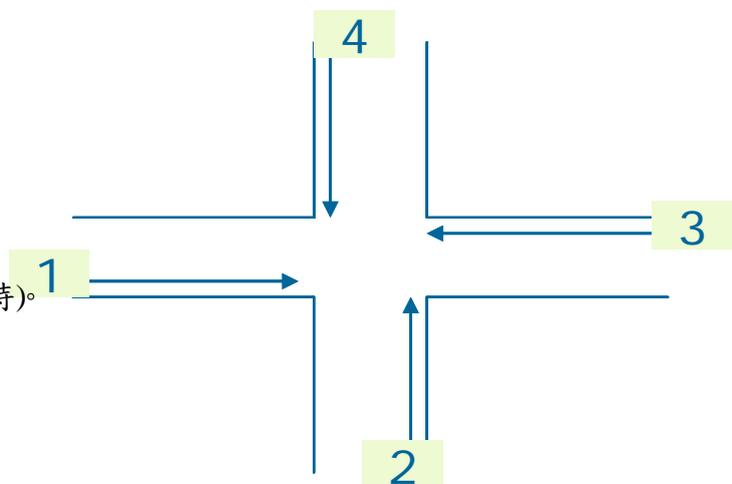
## 2-1-3 考慮變異量之號誌最佳週期模式

由於車流於到達號誌化路口時，會因隨機方式抵達號誌化路口，由於因隨機的因數，會使到達每週期抵達號誌路口的量變異甚大，因此Newell以逼近的方式推導出考量到變異的號誌最佳週期模式，與最小綠燈時間。模式如下

$$C = \left[ \frac{L}{1 - (q_1/s_1) - (q_2/s_2)} \right] \left\{ 1 + \left[ \frac{I_1 s_2}{L q_2 (s_1 + s_2)} \right]^{1/2} + \left[ \frac{I_2 s_1}{L q_1 (s_1 + s_2)} \right]^{1/2} \right\}$$

而模式中符號定義為：

- $L$ : 每周期損失時間(秒)。
- $C$ : 最佳週期長度(秒)
- $q_i$ : 方向  $i$  之流量(輛/時)。
- $s_i$ : 方向  $i$  之飽和紓解流率(輛/時)。
- $I_i$ : 方向  $i$  之變異量。



模式中每週期的每方向變異量為  $I$ ，而  $I = I_A + I_D$ 。

$$I_A = \frac{\text{每週期到達車輛之變異數(Variance)}}{\text{每週期平均到達車輛數(Mean)}}$$

$$I_D = \frac{\text{每週期離開車輛之變異數(Variance)}}{\text{每週期平均到達車輛數(Mean)}}$$

無變異產生此號誌最佳週期模式當就可簡化為  $C = \left[ \frac{L}{1 - (q_1/s_1) - (q_2/s_2)} \right]$  而此項

代表了號誌路口所需最小週期，隨者變異產生，週期長度也隨之增加。

由此模式也推導出每一時相最小綠燈時間

$$\text{最小綠燈時間 } G_1 = \left[ \frac{(q_1/s_1)L}{(1 - 2q_1/s_1)} \right] \left[ 1 + 2\left(\frac{I}{Ls_1}\right)^{1/2} \right]。$$

綜觀上述文獻，獨立路口號誌時制設計在已知的時相分配及特定時段下，以路口延滯最小、停等車隊最短及路口容量最大為目標，計算特定時段內最佳號誌週期長度及各時相的綠燈時間。



## 2-2 出發時間調整機制及個體選擇行為

在尖峰通勤旅次中，出發時間的不同對於路網流量會產生影響，對於通勤旅次的使用者，會每日調整其出發時間直到使用者感到滿意，關於出發時間影響文獻中的可分為以個體選擇模式來探討以及探討出發時間調整習慣的模式。

### 2-2-1 以個體旅運行為選擇模式探討出發時間之影響

在都市運輸計畫程序中傳統旅次產生視都市內每個體為同質，忽略其個體不同之社經背景所造成之旅運行為差異，可是個體運輸需求之對象應為家庭而非區域，故應以代表家庭特徵之各種變數去推估未來運輸之需求。總體分析掩蓋了家戶社經差異所造成之不同旅行行為，並隱藏了這些社經差異與旅行行為間之關係。影響家戶或個體旅運行為包含外在環境限制與內在社經背景因素。外在環境限制包括土地使用型態、運輸系統供給、與居住區位等外在環境因素，都市中不

同之土地使用型態會對個人產生不同之活動參與，大眾運輸可及性和運輸系統之型態會改變旅行時間花費、旅行距離及運具之選擇性，進而直接影響到個人活動之參與。其與政府規劃及法規相關，並且少有客觀直接影響之分析變數與單位，因此個體旅行行為分析通常多使用其社經背景變數以顯示其差異性。不論是利用迴歸方程式作為旅次及活動產生之預測，或是旅運效用方程式，皆根據不同條件假設選擇所需之社經變數，並多視為外因變數輸入模式中，或單獨做假設之統計檢定。

對於出發時間的選擇行為研究以探討調整工作開始時間對於交通之管理。此類研究多以多項羅吉特模式及巢式羅吉特模式分析出發時間的選擇。選取時間延誤、旅行時間、總旅行成本、總旅行成本/家戶所得、總旅行成本/個人所得作為變數。旅行時間的改變對出發時間具敏感性，職業與所得也是出發時間的重要影響因素。Caplice 與 Mahmassani 更進一步加入了交通資訊的使用影響【30】，其研究於美國德州奧斯汀地區進行交通資訊的使用及路線、出發時間的選擇傾向來探討通勤者之旅運行為。在資訊之使用（收聽廣播）的部分使用二項羅吉特模式，並以最大概似法校估，考慮年齡、性別、旅行時間、工作結束時間及偏好到達時間為變數，結果得知：年紀越大之通勤者、女性、旅行時間越長者、偏好早到者及工作結束時間剛好為尖峰時刻者，有收聽廣播的偏好。而在出發時間和路線選擇的研究部分則採多項羅吉特模式，以資訊之使用、旅行時間、工作容忍遲到與否偏好到達時間、可選路線是否充裕、擁有房子與否、性別、速度為考慮變數。對於動態交通量指派中也在指派模式中加入出發時間的影響，Ennio Cascetta and Giulio Erberto Cantarella 描述在 Day-to-day 及 Within-day 這兩種指派模式運作機制下，路網流量變化情形，而指派模式也加入了出發時間的選擇，而出發時間是以效用函數來做為其選擇模式【12】，模式如下：

$$\bar{V}^t_{hk} = -\beta_{1i} \bar{C}^t_{hk} + [-MAX\{\beta_{2i}((D_i - \delta_{1i}) - B^t_{hk}), 0\} - MAX\{\beta_{2i}(B^t_{hk} - (D_i + \delta_{1i})), 0\}]$$

$\bar{C}_{hk}^t$  : 第t天在路徑P上之平均預測旅運成本

$\bar{B}_{hk}^t$  : 第t天在路徑P上之平均預測到達時間

$D_i$  : 在起迄對i上之預期抵達時間

$\beta_{1i}, \beta_{2i}, \beta_{3i}$  : 參數

$\delta_{1i}, \delta_{2i}$  : 通勤者之可容忍誤差值

而Dick Ettma以效用函數探討在旅行時間不確定下以模擬方式探討出發時間以及路徑選擇，在這篇提到了出發時間會隨使用者的實際旅行經驗而影響其當日所作選擇，還包括了最小旅行時間(min travel time)、最小的延滯(min schedule delay)、以及預期到達時間(prefer arrival time)這些因素引響個人選擇模式以及個人使用者會隨者過去以往經驗而有學習的機制境而改變隔日的決策，圖2.3.1為個體做出決策之流程圖，圖2.3.2為學習機制及改變隔日選擇行為架構圖【11】。

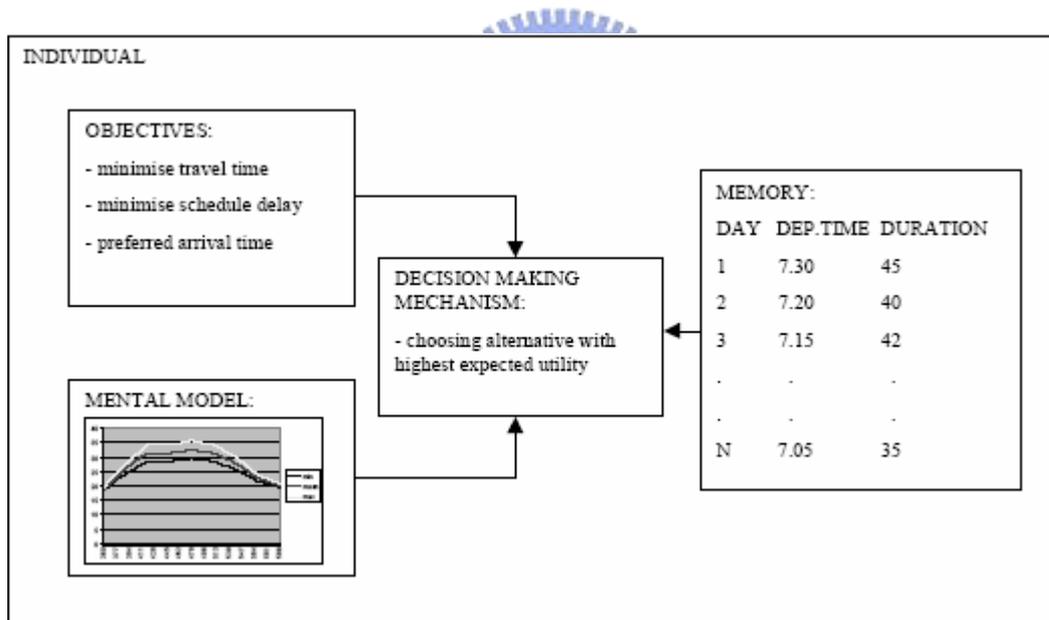


圖2.4. 個體決策模式流程圖

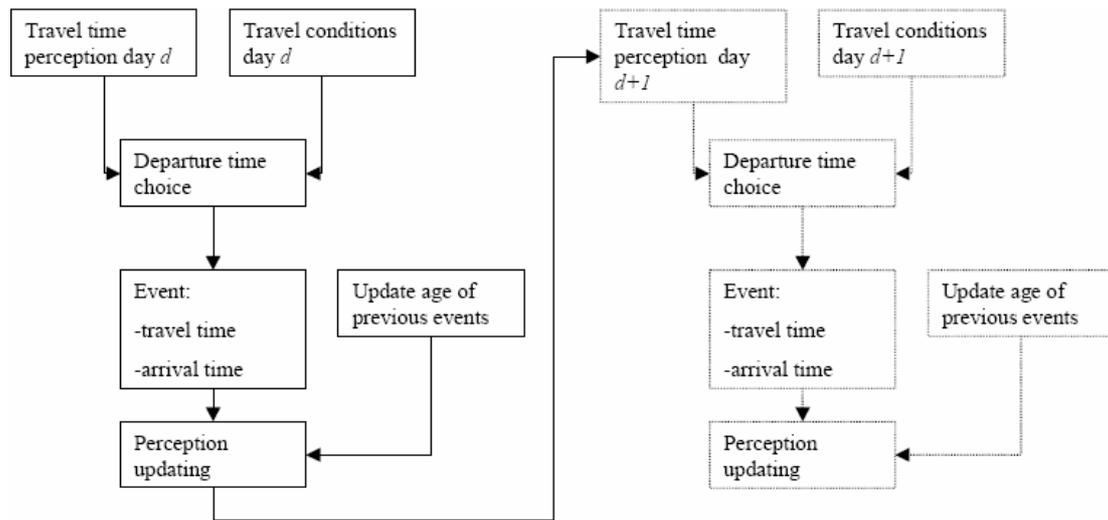


圖2.5 學習機制及改變隔日選擇行為架構圖

## 2-2-2 通勤旅次每日出發時間調整機制

在都會通勤旅次中，通勤者往往在出發前會先根據自身所期望之到達時間來推估應該出發之時間，而當到達時間不能滿足自身期望時，便會於隔日調整出發時間，直至調整到自身滿足其所想要到達之條件。Mahmassani H. S. and Chang G. L. 探討了出發時間的初步架構，以及使用者的學習機制和選擇模式的相互作用

【8, 9, 10】，而出發時間的架構模式為：

$$D_{i,t} = A_i - \tau_{i,t}$$

$D_{i,t}$ ：使用者  $i$  在第  $t$  天的出發時間

$A_i$ ：使用者  $i$  預計的到達時間

$\tau_{i,t}$ ：使用者  $i$  在第  $t$  天的有效影響時間

$$\tau_{i,t} = T_{i,t} + E_{i,t}$$

$T_{i,t}$ ：使用者  $i$  在第  $t$  天的預測旅行時間

$E_{i,t}$ ：使用者  $i$  在第  $t$  天的超額時間

他們認為實際到達時間與預估到達時間的差異也就是Schedule delay，在Schedule delay超過一可容忍的範圍時即會調整其出發時間而其判斷機制為：

$$\delta_{i,t} = \begin{cases} 1, & \text{if } 0 \leq A_i - A_{i,t}^* \leq \Delta_{i,t}^e \text{ or } 0 \leq A_{i,t}^* - A_i \leq \Delta_{i,t} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$A_{i,t}^*$ : 使用者*i*在第*t*天的實際到達時間

$\Delta_{i,t}$ : 使用者*i*在第*t*天的可容忍延滯時間值

Mahmassani 與 Chang 又更進一步的發現都會上班通勤旅次的調整模式，每位通勤旅次產生者都有其可回憶的經驗(own experience)這些包含了可回憶的旅行時間(recallable travel time)及schedule delay，通勤旅次產生者則根據這些資訊來每天尋找他們感到最滿意的出發時間。此篇作者也利用此出發時間來推估旅行時間，而出發時間調整機制如圖2.6所示：

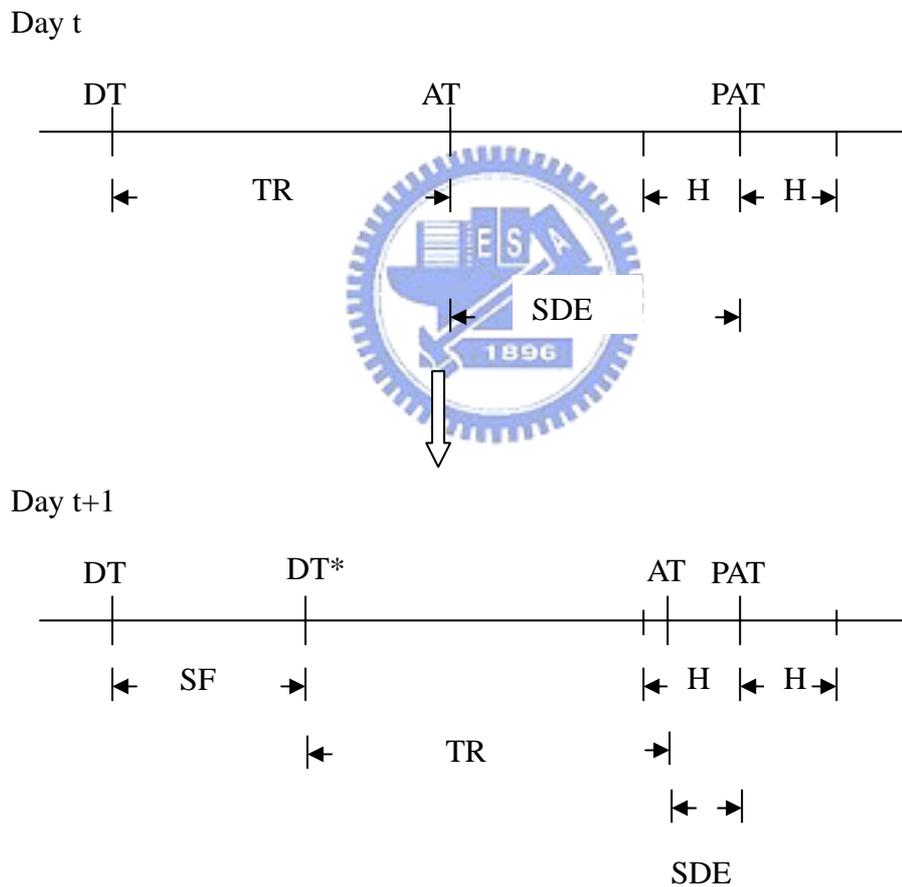


圖2.6. 出發時間調整機制

上圖顯示說明了在第*t*天時出發時間為DT，而在經過旅行時間TR後為實際到達時間為AT，然而跟通勤者預期到達時間(PAT)過早到達，而變產生誤差(SDE)，因過早到達所產生的誤差值大於通勤者可容忍的誤差範圍值H，便會於隔日做出調

整，那麼因為人常有惰性，通勤者會根據昨日早到的經驗，於 $t+1$ 天產生出發緩衝區(SF)，在 $t+1$ 天時出發時間可由DT至DT\*這一區間內出發，而 $t+1$ 天的實際到達時間與預期到達時間的差值(SDL)小於可容忍範圍(H)內於是便不會在調整其出發時間。對於出發時間以及通勤旅次的探討，此項機制並無說明於 $t+1$ 天時通勤者的調整會以何種方式來做變動，所以無法明確的了解通勤者的決策為何，但通勤者的決策會影響 $t+1$ 天的出發型態，這點值得後續加以探討。

## 第三章 系統定義與模式建構

本章節將針對系統定義與模式的發展做一說明與以介紹，3-1節為系統定義與說明，3-2節為模式建構方式以及系統輸入參數說明。

### 3-1 系統定義



本章將主要針對在號誌化路網影響下逐日演變的通勤旅次，號誌最佳週期及管理方式進行探討，問題的特徵在於：(1) 通勤旅次會依據是否滿足通勤者在其工作地點預訂時間內到達以及過去的經驗做出調整，除了考量通勤旅次型態逐日演變過程外，尚需考慮在號誌化路網影響下通勤旅次型態逐日演變過程，與找出最佳號誌週期與時制並評估實施之後可降低的通勤成本。(2) 在號誌週期與時制方面，因通勤旅次會逐日調整使到達各號誌化路口的流量變異甚大，因此以往傳統號誌週期模式無法反映出變異的特性。所以本研究引用Newell所建構之號誌週期最佳化模式來計算號誌週期與時制，此模式將到達號誌化路口的變異量與離開號誌路口的變異項納入考量，使號誌週期隨著變異量而做出更動，提升路口績效，降低通勤成本。而本研究系統架構為由每日工作通勤旅次出發型態在每分鐘陸續出發後，經由個別號誌干擾，可得到抵達號誌路口流量與離開號誌路口之流量與到達目的地的時間，進而可求得抵達路口以及離開號誌路口之變異量以及抵達目的地時間是否有在限制時間內，若不符合所限制的時間，則通勤者會根據經

驗於隔日做出調整;若符合於限制時間內到達目的地，則隔日不做出調整。圖3.1 為本分析究之架構圖。

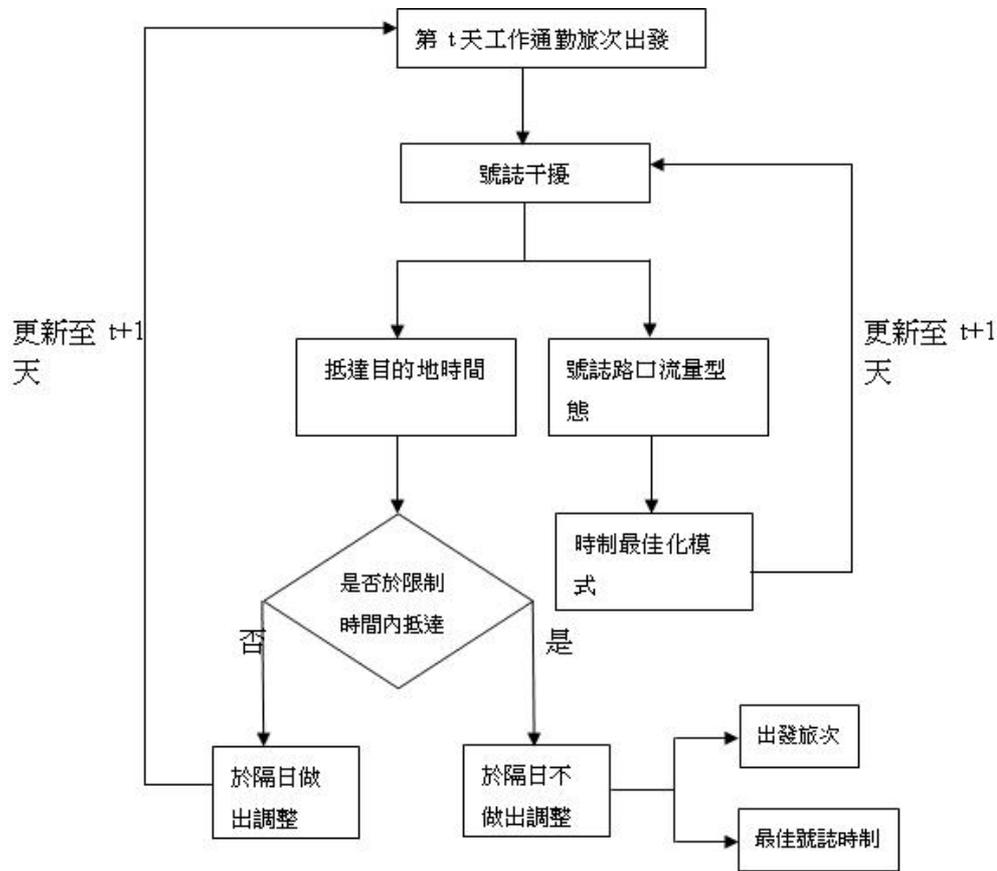


圖3.1 系統架構圖

## 3-2 模式建構

本章節分為兩部份第一部分為通勤旅次出發型態逐日調整模式，第二部份為探討依據通勤旅次出發型態逐日調整影響下，號誌最佳化模式。

### 3-2-1 通勤旅次出發型態逐日調整模式

通勤旅次出發的型態會隨 $t-1$ 天是否於限制的期間內到達，如通勤者無在限制期限內抵達目的地於第 $t$ 天則會隨經驗去調整當日出發的時間，而每一通勤者依其預期目標與經驗做出的決策，會產生新的出發型態。在出發時間調整機制中

圖3.2，說明了在第t天時出發時間為DT，在經過旅行時間TR後為實際到達時間為AT，期早於通勤者預期到達時間(PAT)，因而變產生誤差(SDE)，因此過早到達所產生的誤差值大於通勤者可容忍的誤差範圍值H，便會於隔日做出調整，通勤者會根據昨日早到的經驗，於t+1天產生出發緩衝區(SF)，若t+1天時出發時間可由DT至DT\*這一區間內出發，而t+1天的實際到達時間與預期到達時間的差值(SDL)小於可容忍的誤差範圍H內便不會再調整其出發時間。本研究以出發時間逐日調整的機制為基礎將通勤旅次出發型態逐日調整在號誌化路口的干擾下，並以數學條件式加以模式化如下。

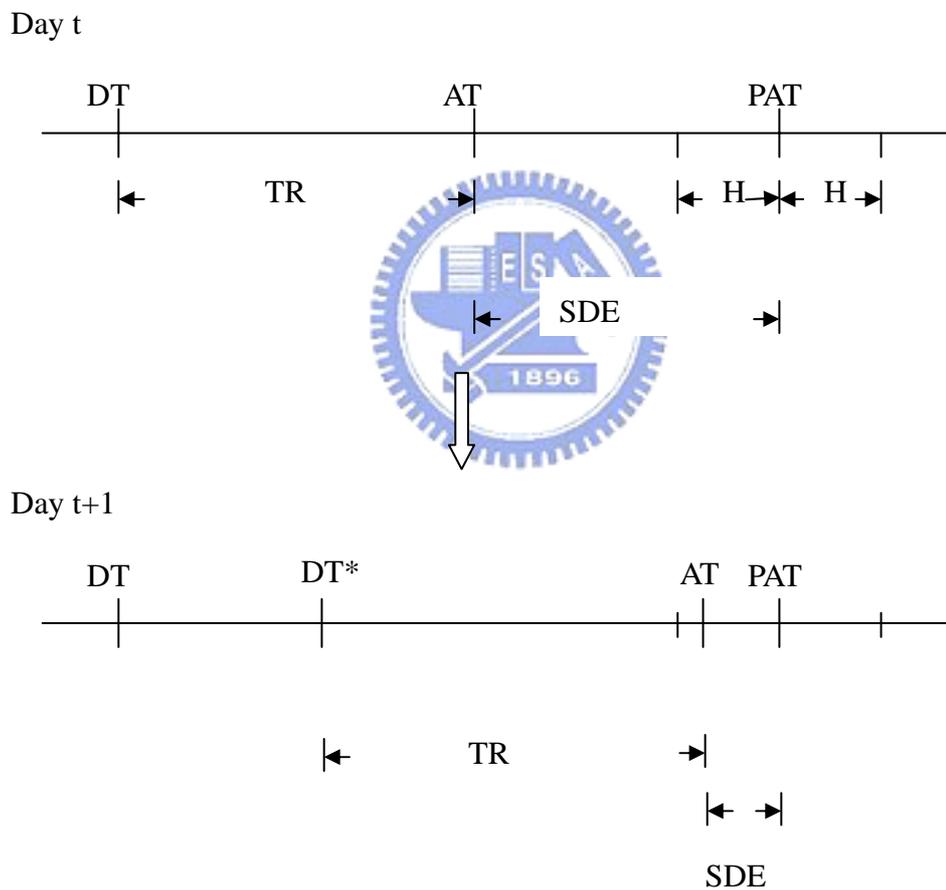


圖 3.2 出發時間調整機制

而模式則如下述：

$$f_{t+1}^{n_o, O}(i) = \sum_{k=0}^W [q_t^{n_d, O}(k) \cdot p_k^{t, o}]$$

$$p_k^{t,o} = \begin{cases} \frac{1}{|\Delta_k^{t-1}| + 1} & , i \text{ 若 } k \leq i \leq k + \Delta_k^{t-1} \text{ 或 } k - \Delta_k^{t-1} \leq i \leq k, \text{ 且 } |\Delta_k^{t-1,0}| > \varepsilon \\ 1 & , \text{ 若 } i = k, \text{ 且 } |\Delta_k^{t-1,0}| \leq \varepsilon \\ 0 & , \text{ 其他} \end{cases}$$

$$q_t^{n,o}(i) = f_t^{n\phi,o}(i - T_{t,i}^{mn}) \cdot \Omega^{mn}$$

$$Tq_t^n(i) = \sum_{o=1}^O [q_t^{n,o}(i)] \quad \forall o$$

$$f_t^{n\phi,o}(i) = \begin{cases} 0 & , \text{ if 當 } i \text{ 時階的號誌燈號為紅燈時離開節點 } n \text{ 的流量。} \\ \min\{Q_t^{n\phi,o}(i-1) + q_t^{n\phi,o}(i), S_i^{n\phi}(i)\} & , \text{ if 當 } i \text{ 時階的號誌燈號為綠燈的離開節點 } n \text{ 的流量。} \end{cases}$$

$$Q_t^{n\phi,o}(i) = \max\{Q_t^{n\phi,o}(i-1) + q_t^{n\phi,o}(i) - S_i^{n\phi}(i), 0\}$$

符號定義：

$f_t^{n,o}(i)$ : 第  $t$  天於時階  $i$  由  $o$  出發，離開節點  $n$  的流量(輛/秒)。

$Tq_t^n(i)$ : 第  $t$  天於時階  $i$  進入節點  $n$  之總流量(輛/秒)。

$q_t^{n,o}(i)$ : 第  $t$  天於時階  $i$  由  $o$  出發，進入節點  $n$  上的之流量(輛/秒)。

$S_i^{n\phi}(i)$ : 第  $t$  天於時階  $i$  由節點  $n$  時相  $\phi$ ，綠燈時間紓解率(輛/秒)。

$Q_t^{n\phi,o}(i)$ : 第  $t$  天時階  $i$  由  $o$  出發，節點  $n$  上的時相  $\phi$  車隊長度。

$AT_i^{t,o}$ : 第  $t$  天於時階  $i$  由  $o$  出發後，到達目的地之時間(秒)。

$PAT$ : 通勤者期望到達時間(秒)。

$\Delta_i^{t,o}$ : 第  $t$  天於時階  $i$  由  $o$  出發後抵達目的地流量的實際到達時間與預計到達時間的差值(秒)。

$$\Delta_i^t = PAT - AT_i^t.$$

$\varepsilon$ : 平均可容忍遲到或早到的誤差值(秒)。

$T_{t,i}^{mn}$ : 第  $t$  天於時階  $i$  由節點  $m$  至節點  $n$  之旅行時間(秒)。

$W$ : 時間窗範圍(sec),  $i = 0 \sim W$ ,  $i$  為時階  $i$ 。

$o$ : 起點  $o$ 。

$O$ : 起點節點數,  $o = 1 \sim O$ 。

$n$ : 節點  $n$ 。

$n_d$ : 迄點節點。

$n_o$ : 起點節點。

$N$ : 路網節點數,  $n = 1 \sim N$ 。

$P_k^t$ : 第  $t$  天於時階  $k$  出發的旅次，通勤旅次調整比率因子。

$\Omega^{mn}$ : 節點指標，當節點  $m$  為節點  $n$  之上游節點時為 1，若否則為 0。

式  $f_{t+1}^{n_d, O}(i) = \sum_{k=0}^I [q_t^{n_d, O}(k) \cdot p_k^{t-1}]$  表示於第  $t+1$  天於時階  $i$  出發旅次是由第  $t$  天由起點

0 進入迄點節點  $n_d$  之流量來做出調整，假使其第  $t$  天抵達目的地時間與期望時間之差異值落在可容忍的誤差範圍內，此部分的流量於隔日不做出調整，但當第  $t$  天抵達目的地時間與期望時間之差異值超過可容忍的範圍時，於隔日將出現調整。本研究對於調整的機制採取將旅次均分至每個出發時間內，也就是乘上一調整比例因子  $P_k^t$ ，而調整比例因子  $P_k^t$ ，本研究則假設以均一分配來作為調整機制。而到達目的地的時間會有過早到達與遲到等兩種不同的誤差因子，隨著誤差因子的不同，調整方式也會隨之不同。在第  $t$  天早到  $n$  分鐘的情況下 ( $n > \varepsilon$ )，在第  $t+1$  天會有  $n$  分鐘的緩衝區間供通勤者出發，亦即將  $t$  天出發的時間延後至  $n$  分鐘內的時間內出發，本研究將以均勻分布方式旅次調整分配於  $n$  分鐘內；當於第  $t$  天遲到  $M$  分鐘情況下 ( $M > \varepsilon$ )，因在第  $t+1$  天依據第  $t$  天的出發時間提早  $M$  分鐘出發，旅次調整機制也採用均勻分配至每一個出發時間內。而式

$q_t^{n, o}(i) = f_t^{m\phi, o}(i - T_{t,i}^{mn}) \cdot \Omega^{mn}$  表示於第  $t$  天  $i$  時階由起點 0 出發於時相  $\phi$  離開節點  $m$  的流量  $f_t^{m\phi, o}(i)$ ，經過時階  $i$  由節點  $m$  至節點  $n$  的旅行時間  $T_{t,i}^{mn}$  後進入節點  $n$ ，因此可求得於第  $t$  天  $i$  時階由起點 0 出發進入節點  $n$  的流量  $q_t^{n, O}(i)$ ，(節點  $m$  為節點  $n$  之上游節點)，再由遞迴運算可求解路網上各節點的進入流量與離開流量，而進入節點  $n$  的流量  $q_t^{n, o}$ ，在 3-2-2 節中的號誌時制模式則可轉換為  $q_i$ 。

### 3-2-2 最佳號誌時制模式

通勤旅次出發型態會因是否在通勤者期望或是工作限制時間內抵達目的地而變動因此出發型態的不同會使每日到達號誌路網的流量產生變異，本研究將採 Newell 所建構之週期最佳化模式，如下：

$$C = \left[ \frac{L}{1 - (q_1/s_1) - (q_2/s_2)} \right] \left\{ 1 + \left[ \frac{I_1 s_2}{L q_2 (s_1 + s_2)} \right]^{1/2} + \left[ \frac{I_2 s_1}{L q_1 (s_1 + s_2)} \right]^{1/2} \right\}$$

其中

$L$ : 損失時間(秒)  
 $C$ : 最佳週期長度(秒)  
 $q_i$ : 臨界方向  $i$  之流量(輛/時)  
 $s_i$ : 臨界方向  $i$  之飽和紓解流率(輛/時)  
 $I_i$ : 臨界方向  $i$  之變異量。

$I = I_A + I_D$  ,  $I_A$  為每週期抵達號誌路口車輛數的變異數,  $I_D$  為離開號誌化路口車輛數的變異數。配合出發型態逐日調整的變數定義, 上列模式修正為:

$$C_j^t = \left[ \frac{L}{1 - (q_1/s_1) - (q_2/s_2)} \right] \left\{ 1 + \left[ \frac{I_{1,j}^{t-1} s_2}{L q_2 (s_1 + s_2)} \right]^{1/2} + \left[ \frac{I_{2,j}^{t-1} s_1}{L q_1 (s_1 + s_2)} \right]^{1/2} \right\}$$

則號誌路口方向 1 為臨界方向, 則第  $t$  天方向 1 所需最小綠燈時間為

$$G1_j^t = \left[ \frac{(q_1/s_1)L}{(1 - 2q_1/s_1)} \right] \left[ 1 + 2 \left( \frac{I_{1,j}^{t-1}}{L s_1} \right)^{1/2} \right]$$

其中

$L$ : 損失時間(秒)  
 $C_j^t$ : 第  $t$  天,  $j$  時段最佳週期長度(秒)  
 $q_i$ : 臨界方向  $i$  之流量(輛/時)  
 $s_i$ : 臨界方向  $i$  之飽和紓解流率(輛/時)  
 $I_{i,j}^{t-1}$ : 第  $t-1$  天方向  $i$  時段  $j$  之變異量。

在出發型態逐日調整之下, 最佳號誌週期與時相長度也會逐日調整, 直至出發型態趨於穩定為止, 此時號誌時制亦為最佳。

### 3-2-3 延滯模式

由於因通勤旅次每日的出發型態都會因通勤者的選擇而產生調整, 改使到達號誌化路口的車流也產生變異, 因此各號誌路口的績效, 可以下列的延滯模式, 來表示:

$$D_p^t = \frac{\int_0^i A_p^t(T) - \int_0^i D_p^t(T)}{N_p}$$

而其中

符號定義：

$D_p^t$  : 第  $t$  天，號誌路口臨界方向 P 的平均每車延滯(秒)。

$A_p^t(T)$  : 第  $t$  天，號誌路口臨界方向 P 車輛抵達號誌路口函數。

$D_p^t(T)$  : 第  $t$  天，號誌路口臨界方向 P 車輛離開號誌路口函數。

$T$  : 時間。

$N_p$  : 方向 p 的總車輛數。

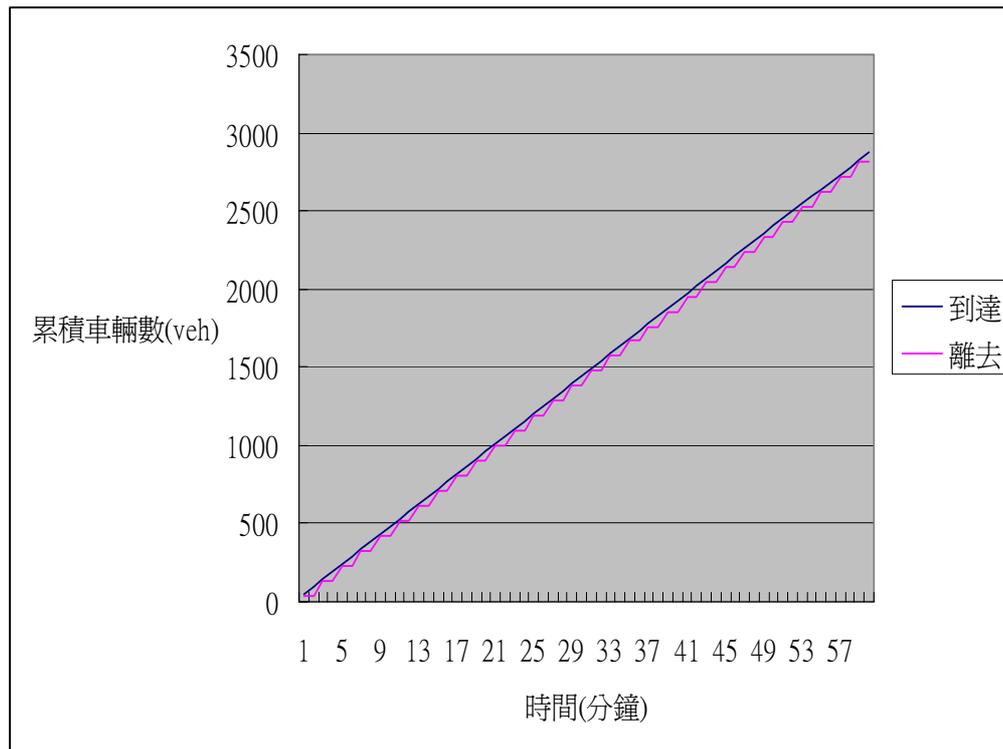


圖 3.3 號誌路口累積流量圖

由圖 3.3 可得知當車流到達號誌路口時，抵達號誌路口曲線(arrival)與離開號誌路口曲線(departures)，面積即為號誌路口某一方向等候通行的車輛數。求得此面積後再除以該方向的總車輛數即為每車平均延滯。

號誌的績效往往非以單一時相作為評量依據，而須將各時相的平均每車延滯值以一加權平均方式來求得路口平均延滯值，模式如下：

$$TD^t = \frac{\sum_{p=1}^n Q_p D_p^t}{\sum_{p=1}^n Q_p}$$

$TD^t$ : 第 $t$ 天路口平均延滯。

$Q_p$ : 路口臨界方向 $p$ 之流量。

$D_p^t$ : 第 $t$ 天，臨界方向 $P$ 的平均每車延滯(秒)。

$n$ : 時相數。

### 3-2-4 模式運作機制

本研究採用系統模擬之方法，為求解在出發旅次型態逐日演變的情形下對應之號誌時制。本模式輸入、模式運作，輸出項如表 3.2.2 所示：



表 3.1 模式輸入與輸出項目表

輸入項目	模式運作	輸出項目
工作旅次產生量。 起始出發旅次分佈型態。 需模擬時間範圍。 目的地限制時間。 可容許的到達時間誤差範圍。 模擬路網各節線長度。 起始號誌週期。 起始時比。 各路段臨界密度。 自由流率速度。 道路容量。	通勤旅次出發型態逐日 調整模式。 最佳號誌週期模式。 延滯計算模式。	每日號誌路口平均延滯 (秒)。 每日調整過後的旅次出 發型態。 每日時制計畫。

各輸入與輸出，變數間的關係流程圖如圖 3.1

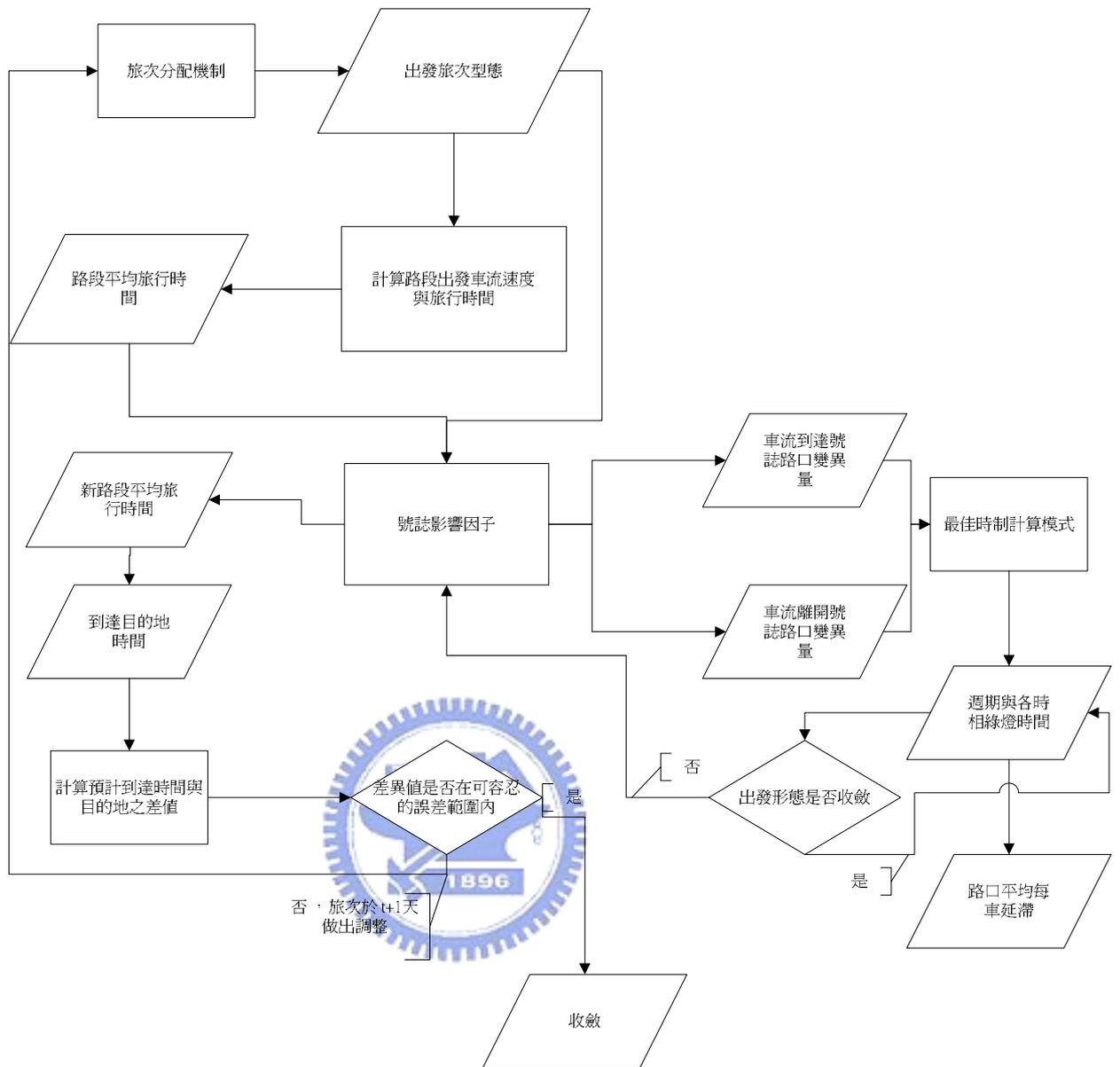


圖 3.4 關係流程圖