

## 定時時制時段劃分之邏輯分析

林良泰\* 李宗憶\*\* 陳閔閔\*\*

### 摘要

定時時制之控制係依據既定的時程變動號誌控制之時制計畫，變動的順序與時間的長短乃依過去的交通變化型態預先設定，其特色為將每日劃分成不同時段，每一時段依其交通型態採用特有的時制並且周而復始。而如何將一天的交通流量變化做最適當的分割，本為交通工程師依其經驗加以判斷之結果，故其缺乏客觀之準則作為依循。所以，本研究期望能制定一套客觀的時段劃分準則，供交通工程師作參考，以減低人為判斷所造成的錯誤，並提昇定時時制之控制績效。

本研究以單日交通量做為探討主題，並先將流量資料予以偵錯及平滑，其次以時間數列分析方式，先檢視數列的穩定性，再以自我相關係數間的相關性判定是否切斷，即本研究採用「巴特雷特(M.S.Bartlett)漸近法」逐步找出各個區段之範圍，並將上述方法以電腦程式加以覆算，以使交通工程師能獲得快速且正確的定時時制時段劃分結果。

### 一、前言

於設定定時時制的控制參數前，須先調查該路口各流向的尖峰時段及非尖峰時段之交通量，再依此類流量（直行、左轉及右轉）、速度、路口幾何特性、交通特性及號誌時制等參數，利用電腦號誌軟體的模擬，以得到最佳時制計畫，並依此最佳時制計畫控制該時段內各種流向之交通流動，亦即定時時制之控制係依據既定的時程(Time Schedule)變動號誌控制之時制計畫(Timing Plan)，變動的順序與時間的長短乃依過去的交通變化型態(Traffic Patterns)預先設定，其特色為將每日劃分成不同時段，每一時段依其交通型態採用特有的時制並且周而復始。。

然由於各個路口特性不同，因此各時段之交通需求也有所差異，為了避免判斷錯誤，使得號誌系統於運作途中，因時段劃分的不理想，而降低各個路口的運作績效，甚者可能產生延滯、溢流或某方向綠燈時無車輛通行的窘境。而

---

\* 林良泰係逢甲大學交通工程與管理學系副教授  
(聯絡地址：台中市文華路100號 電話及傳真：(04)4513062)

\*\* 李宗憶係逢甲大學交通工程與管理學系學生

\*\* 陳閔閔係逢甲大學交通工程與管理學系學生

如何將一天的交通流量變化做最適當的分割，本為交通工程師依其經驗加以判斷之結果，故其缺乏客觀之準則作為依循。所以，本研究期望能制定一套客觀的時段劃分準則，供交通工程師作參考，以減低人為判斷所造成的錯誤，並提昇定時時制之控制績效。

## 二、文獻回顧

### 2.1 電腦號誌系統之控制策略

研究電腦號誌系統之控制策略時，常以美國之都市交通系統（Urban Traffic Control System, UTCS）作為代表。UTCS 係由美國聯邦公路總署（FHWA）自 1970 年代發展至今，其間可分成三代系統及 1.5 代系統，而參照國內之發展經驗，可將控制策略分成定時時制控制、動態查表、動態計算及適應性控制等四項【1,5,6】。而所謂定時時制控制，即是事先藉由交通流量之調查整理分析及交通流量推估，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，其主要特色如下：

- 未利用偵測器所蒐集之即時性車流資料，因此更新時制時須藉由流量之重新調查方能產製新時制計畫，如此則較欠缺運作之彈性，即無法因應交通流量之更迭變化及時實施適宜的時制計畫。
- 無法掌握路口之突發狀況而從事特殊事故之處理。
- 時制計畫選擇之方式為：
  - (1) 採用固定時段（Time of Day, TOD）方式，即將一天分成若干時段，每一時段均有其特定的時制計畫，然後按照此一預定時間表，每天週期性地執行此固定時制計畫。
  - (2) 由控制中心值班之交通工程師，經判斷後以手動的操作方式加以選擇。
  - (3) 根據最近一時段（如 15 分鐘）由偵測器所收集到之交通資料，從已知的時制計畫中選出最合適的一套時制。
- 時制計畫變換的頻率，最快為 15 分鐘一次。
- 可採用臨界路口控制方式（Critical Intersection Control, CIC），即某一群組中，若有少數路口經常達到飽和，或接近飽和的狀態，則該路口即脫離原有時制計畫的控制。在不變動週期長度的條件下，以調整時比（Split）方式，來疏解該路口的壅擠情形。
- 時制更迭時，必需經過時制計畫轉換，此係經由某一轉換程式逐漸完成，以避免因某些時制參數變化太大而造成交通混亂。

## 2.2 時段劃分原則

美國聯邦公路署 (FHWA) 在 1983 年出版之 “Traffic Control Devices Handbook” 【2】，對獨立路口號誌時制設計中需有多少套時制計畫，提出下列概念。即每一路口至少需準備兩套時制計畫，一為尖峰時刻使用，另一用於非尖峰時間。然而大部份之交叉路口均需兩套以上之時制計畫，尤其是目前的控制器均係屬於微電腦型式，因此可以放入更多的時制計畫，所以使用者往往要求設定較多的時制計畫，以供應用如依一天交通流量變化趨勢，通常考慮有下列幾個時段：

1. 上午尖峰時間
2. 非尖峰時間
3. 下午尖峰時間
4. 晚上時間
5. 週末
6. 特別或重大活動

再者蔡輝昇【5】根據FHWA於1985年出版之“Traffic Control Systems Handbook”【1】之實証資料顯示，在同週期下每小時流量差距超過300輛時，其延滯值會劇增，所以當期的平均5分鐘流量與預測期的平均5分鐘流量，其差距大於25輛必須產生新時制計畫來因應流量變化。若差距小於10輛時，因流量變動微小，則可維持現行時制計畫。至於平均5分鐘流量差距在10輛與25輛之間，則加入預測期的佔有率及速度以衡量是否維持現有時制。

## 2.3 綜合評析

1. 美國聯邦公路署 (FHWA) 在 1983 年出版之 “Traffic Control Devices Handbook” 對時段的劃分僅提出上、下午尖峰、非尖峰等一般性的原則，但缺乏對於確切時間點之確立。於實務上，惟賴有經驗之交通工程師主觀之認定，如此則可能導致偏頗。再者，並非所有的路口均有上、下尖峰時間之特性；不當或不必要的時制轉換，反而導致控制系統績效下降。
2. 美國聯邦公路署 (FHWA) 在 1985 年出版之 “Traffic Control Systems Handbook” ，由實證資料所得之數據，其未考慮不同地區間、車種組成及公路幾何條件時之差異性，其數據之可靠度應再加以證實。再者，於定時時制控制中，大都未利用偵測器蒐集即時性車流資料，改變固定之時制計畫，何況更需蒐集佔有率及速度等數據，故此法無法為定時時制控制所採用。

### 三、定時時制時段劃分邏輯

#### 3.1 邏輯分析流程

本研究所確立之定時時制時段劃分邏輯如圖1所示，首先係收集全日交通量，並判斷該類交通量中是否具有變異較大之離群值，以避免引用錯誤之交通資訊，再者將該資料予以平滑及納入全日交通量資料中，其次針對全日之交通量資料透過巴特雷特(M.S. Bartlett)漸近法劃分定時時制之控制時段，圖1中各主要步驟之內容詳見於下列各節中。

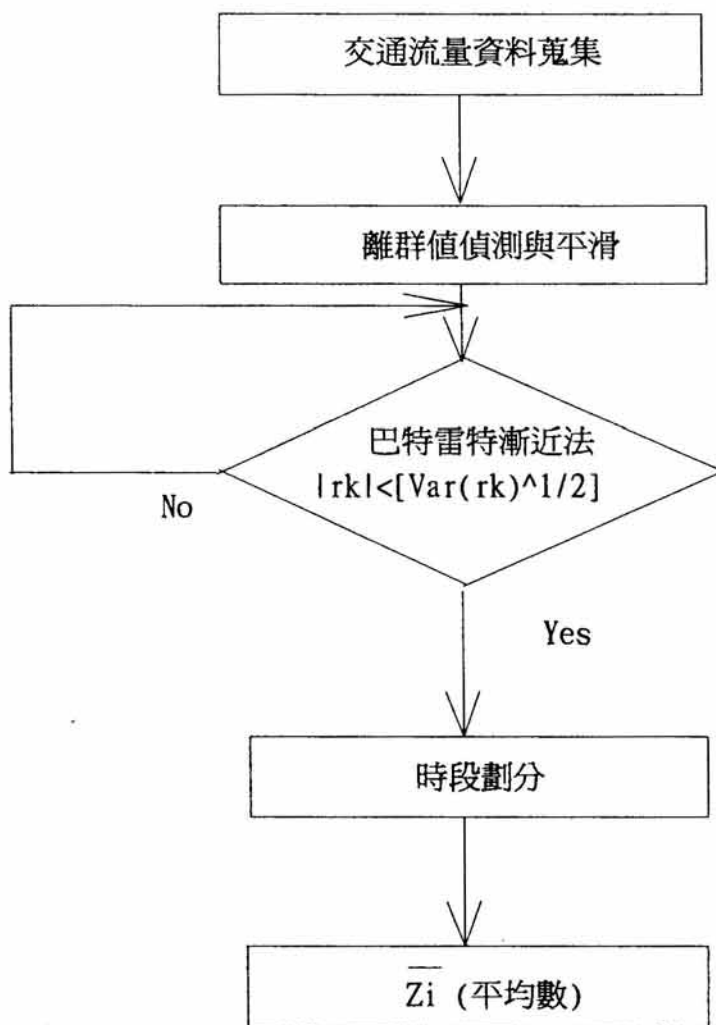


圖1 定時時制時段劃分邏輯

### 3.2 離群值的偵測與平滑

時間數列觀測值有時會受干擾事件之影響，諸如調查人員的疏忽、偶發的意外肇事、或偵測器的偵測傳送等過程發生錯誤等，因而造成某些觀測值與其它的觀測值極為不同；若此類有所偏差之觀測值，如果不加以修正調整，而予以直接引用計算，將可能對資料處理結果發生嚴重的扭曲失真，所以在資料處理使用前對離群值的偵測與修正有其絕對的必要性。

針對離群值之偵測，Brown【10】認為在資料處理系統中，要建立GIGO(Garbage In ,Garbage Out)的精神，。然截至目前為止，並無一種過濾方法能夠真正的檢測出所有的可疑值，也無法保證所剔除或修正的資料是正確的；概因一旦過濾方法被使用時，則難保原使資料不會被扭曲。

為了達到偵測變異較大之觀測值及減少對原始資料的過份修正而扭曲，本研究提出以下的離群值的偵測與修正方法，即本研究假設交通流量隨時間的變化具有遞增、遞減或穩定等趨勢。並採用寬限度(Tolerance Limit)法，做為離群值的偵測的基本原則，但於應用上稍有修正。所謂之寬限度法如下所述：

步驟1：若樣本集合為 $\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_t\}$ ，則分別計算其平均值及標準差

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^T X_i / T \quad S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^T (X_i - \bar{X})^2}{T-1}}$$

步驟2：於指定的信賴度 $p_1$ 和落在 $\bar{x} \pm ks_x$ 內的百分比 $p_2$ 下，利用觀察數並配合查(表1)，即可求得適當的K值。

步驟3：求出x值的上下界限

$$x_{low} = \bar{X} - ks_x$$

$$x_{high} = \bar{X} + ks_x$$

步驟4：任何超出界限的 $x_i$ 均判定為離群值

表1 常態分配下的寬限因素(K)

Number of Observation s	$p_1 = 0.95$		$p_1 = 0.99$		Number of Observations	$p_1 = 0.95$		$p_1 = 0.99$	
	$R_2$		$R_2$			$R_2$		$R_2$	
	0.99	0.999	0.99	0.999		0.99	0.999	0.99	0.999
10	4.43	5.65	5.59	7.13	50	3.13	3.99	3.38	4.32
15	3.88	4.96	4.60	5.88	60	3.07	3.92	3.29	4.21
20	3.61	4.61	4.16	5.31	70	3.02	3.86	3.22	4.12
25	3.46	4.41	3.90	4.99	80	2.99	3.81	3.17	4.05
30	3.35	4.28	3.73	4.77	90	2.96	3.78	3.13	4.00
35	3.27	4.18	3.61	4.61	100	2.93	3.74	3.10	3.95
40	3.21	4.10	3.52	4.49	$\infty$	2.58	3.29	2.58	3.29
45	3.16	4.04	3.44	4.40					

但由於交通流量具有時間性，即某觀測值在某時間點上可能為非離群值，但在其它時間點則可能是為離群值，例如，每5分鐘10PCU之交通流量，在深夜低交通流量的情況下，可能屬於非離群值，但在尖峰時段內，此一觀測值即可能為一筆錯誤的資料，應被偵測與修正。而寬限度法並不能區別不同時間點下相同觀測值的差異性。故本研究將原本寬限度法中以偵測資料群組中所有離群觀測值，修正為檢定某觀測值在該資料群組中是否為離群值的角度，以期藉由群組間的差異，解決上述問題，其方法圖2所示，並說明如下：

步驟1：定義兩集合A、B，即

A=尚未檢測之交通量資料所形成之集合

B=已檢測完成之交通量資料所形成之集合

起始運作時A={X1,X2,...,Xn}，B=φ

步驟2：計算全日交通之平均值  $\bar{X} = \sum_{i=1}^T X_i / T$

步驟3：由集合A找出與平均數差異最大之時點，並判斷此時點之Xi是否為離群值，且均使Xi∈B及Xi∉A，此即令檢定過後之觀測值不再重覆檢定，至於檢定方法則如下所述：

a. 取Xi前後之15個時點作為檢定範圍，即檢定之集合為 {X<sub>i-15</sub>, ..., X<sub>i</sub>, ..., X<sub>i+15</sub>}

b. 檢視Xi是否落於寬限度法之上下限中。若Xi落於上下限中則Xi為非離群值，且回至步驟2，若Xi落於上下限外，則Xi為離群值，且利用前後兩期之資料加以平滑，即  $x_i = (1 - \alpha)x_{i-1} + \alpha x_{i+1}, 0 \leq \alpha \leq 1$

完成平滑工作後，亦回至步驟2

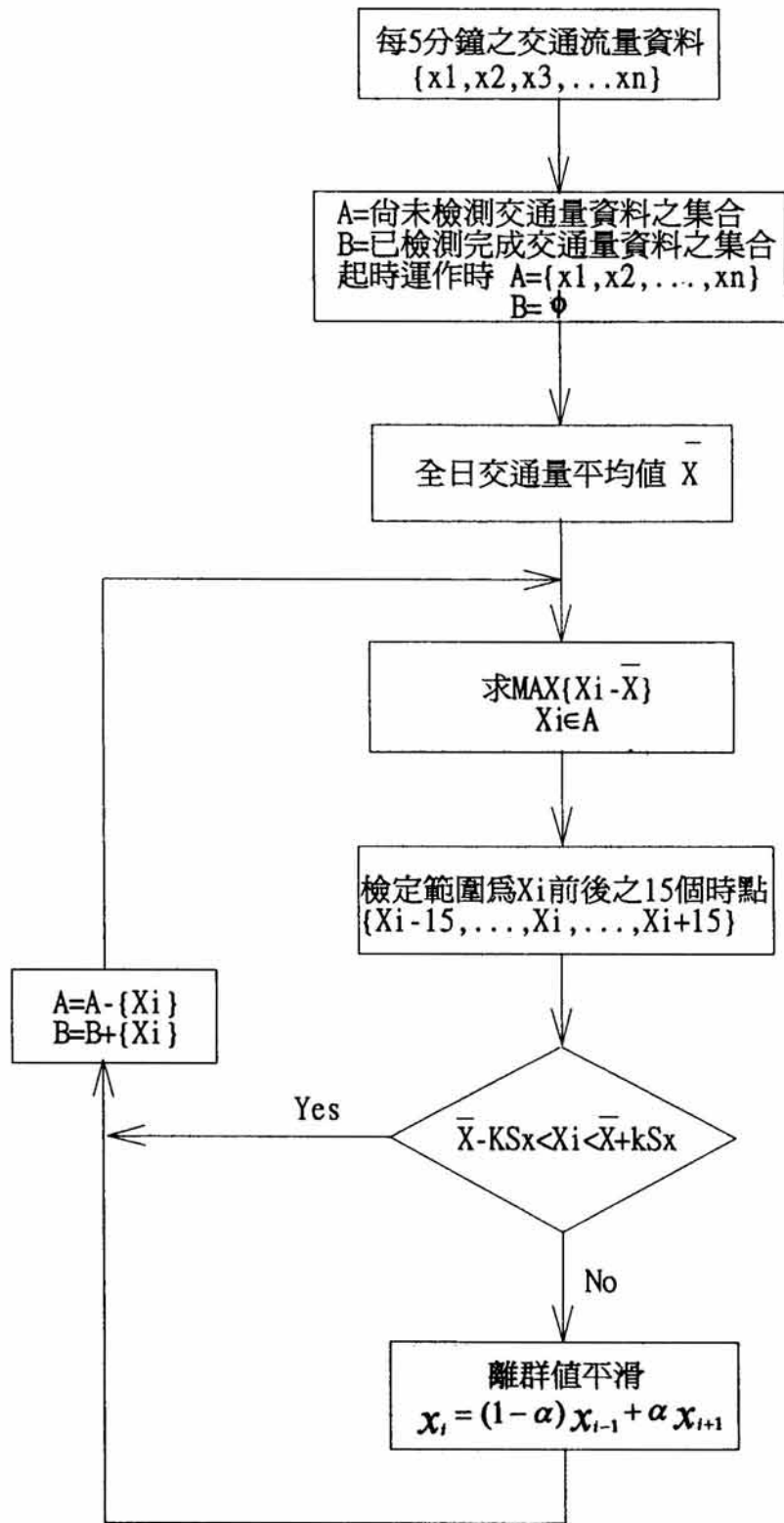


圖2 資料偵錯與平滑流程

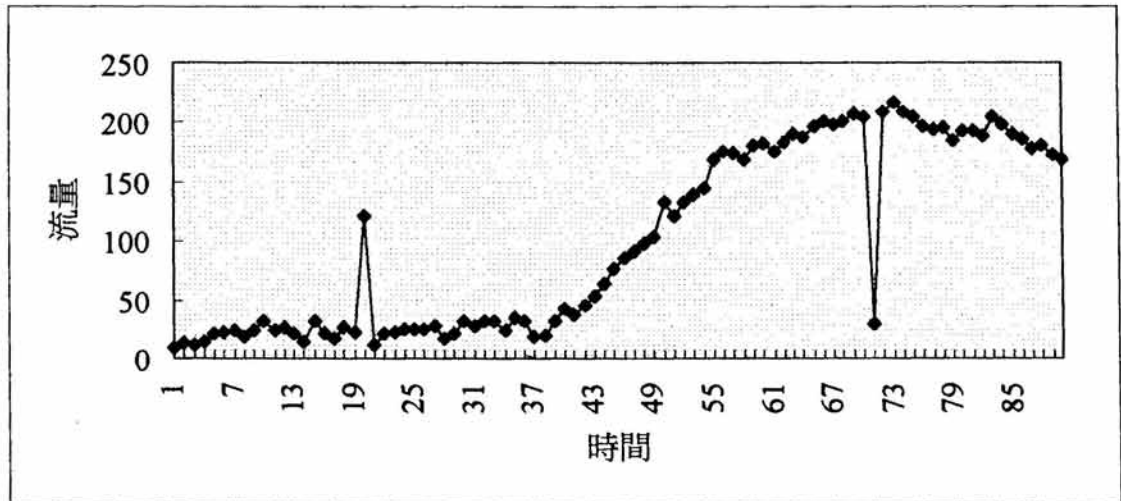


圖3 離群值之偵測與平滑實例

以下即以實例說明本研究所提出之修正寬限度法較能檢測交通量之離群值，此項資料如圖 3 所示。

(一)寬限度法

信賴度  $p_1=0.99$  ,  $p_2=0.99$

(1)平均值  $\bar{x} = 100.6$  ,  $s_x = 77.90$

(2)使用  $T=90$  , 查表 1 可得  $K \approx 2.96$

(3)界限值：  
 $X_{high} = 100.6 + 2.96 \times 77.90 = 331.2$   
 $X_{low} = 0$  (因為  $100.6 - 2.96 \times 77.90 = -130$ )

(4)離群值：無

(二)修正寬限度法

檢定  $x_{20} = 120$  是否為離群值

資料：取  $x_{20}$  前後 15 個時點即  $\{x_5, x_6, \dots, x_{20}, \dots, x_{35}\}$

信賴度： $p_1 = 0.99, p_2 = 0.99$

(1)平均值  $\bar{x} = 29.45$  ,  $s_x = 17.98$

(2)使用  $T=31$  , 查表 1 可得  $K \approx 3.34$

(3)界限值：  
 $X_{high} = 29.45 + 3.34 \times 17.98 = 89.52$   
 $X_{low} = 0$  (因為  $29.45 - 3.34 \times 17.98 = -30 < 0$ )

(4)離群值： $x_{20}$

檢定  $x_{71} = 30$  是否為離群值

資料：取  $x_{71}$  前後 15 個時點即  $\{x_{56}, x_{57}, \dots, x_{71}, \dots, x_{86}\}$

信賴度： $p_1 = 0.99, p_2 = 0.99$

(1)平均值  $\bar{x} = 187.54$  ,  $s_x = 31.4$

(2)使用  $T=31$  , 查表 1 可得  $K \approx 3.34$

(3)界限值：  
 $X_{high} = 187.54 + 3.34 \times 31.4 = 292.4$   
 $X_{low} = 82.7$  (因為  $187.54 - 3.34 \times 31.4 = 82.7$ )

(4)離群值： $x_{71}$



由以上可知，原本寬限度法無法偵得之離群值  $x_{20}$ 、 $x_{71}$ ，藉由群組間差異，並利用修正寬限度法即可成功過濾出該離群值。

### 3.3 巴特雷特(M.S. Bartlett)漸近法

時間數列可分成平穩型時間數列與無定向型時間數列。而平穩型時間數列係指此數列為對固定均值上下隨機波動；而無定向型時間數列是指該數列無固定平均數。而全日之交通量分佈係屬於無定向型時間數列，然無定向型時間數列亦可劃分成數個平穩型時間數列；亦即不同之平穩型時間數列可合併成一個無定向型時間數列。平穩型時間數列又可從平穩型隨機過程求得，此平穩型隨機過程是指多變量常態機率密度函數之第一階動差(平均數)及第二階動差(互變異數)來說明，即

$$\text{母體平均數： } \mu = E(Z_t) \qquad \text{樣本平均數： } \bar{Z} = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N Z_t$$

$$\text{母體變異數： } \sigma_Z^2 = E(Z_t - \mu)^2 \qquad \text{樣本變異數： } \hat{\sigma}_Z^2 = \frac{\sum_{t=1}^n (Z_t - \bar{Z})^2}{N-1}$$

至於自我互變異數  $\gamma_k$  為測度二個隨機變數間其相隔一個固定期間或時間落後  $k$  期之線性相依情形。其數學式如下所述：

$$\gamma_k = \text{Cov}(z_t, z_{t+k}) = E[(z_t - \mu)(z_{t+k} - \mu)]$$

在此式中， $\mu = E(Z_t)$  對所有  $t$  值皆有相等值，此為平穩型隨機過程之特性。再者，由定理可知隨機變數  $Z_t$  與  $Z_{t+k}$  在相隔  $k$  期之自我相關係數  $\rho_k$  之數學式為

$$\rho_k = \frac{\text{Cov}(Z_t, Z_{t+k})}{[\text{Var}(Z_t)]^{1/2} [\text{Var}(Z_{t+k})]^{1/2}} = \gamma_k / \gamma_0$$

然因理論值  $\gamma_k$  與  $\rho_k$  均未知，故需要自行搜集的時間數列資料來估計其值。此類方法如下所述：

假設樣本自我相關係數為此  $r_k = C_k / C_0$   $k=1, 2, 3, \dots$

$$\text{式中 } C_k = \frac{1}{N} \sum (Z_t - \bar{Z})(Z_{t+k} - \bar{Z})$$

$$C_0 = \frac{\sum (Z_t - \bar{Z})^2}{N}$$

則透過  $C_k$  與  $C_0$  來表示  $r_k$ ，間接估計母體自我相關係數  $\rho_k$ ，且從平穩型隨機過程之理論中，自我相關函數有隨著時差之增加而漸漸消失 (die out) 之趨勢，或有在某一特殊時差  $k=q$  之後切斷 (cut off) 之趨勢 (當所有  $k>q$  時，

$\rho_k = 0$ )，亦即 $\rho_k = 0$ 時則自k期之後之資料即不具有穩定之特性。爲了鑑定平穩型過程之模式，以判斷 $\rho_k$  是否有效爲零，因此利用「巴特雷特 (M. S. Bartlett) 漸近法」作爲估計方法，此方法如下所述：

假設N個觀測值  $Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_N$  爲平穩型隨機過程之實現值，且N夠大時，

則自我相關係數  $r_k$  之變異數  $Var(\gamma_k) = \frac{1}{N} \left( 1 + 2 \sum_{i=1}^k r_i^2 \right), k > q$

若  $|r_k|$  值大於其標準差  $\sqrt{Var(\gamma_k)}$  時，則認爲相隔k期的自我相關係數  $r_k$  不爲零(即認爲母體之 $\rho_k$  不爲零)，因此該k期內之資料係屬於平穩型時間數列。

爲探討巴特雷特漸進法之有效性，本研究乃以實地之24小時交通量爲分析基礎，其流量分佈圖如圖4所示，該流向之交通量係以5分鐘流量整合爲全日24小時之交通量，故共有288個時點，而透過此時段劃分方法所得之時段亦如圖4所示，其定時時制劃分之時段如下所述，且其結果頗爲符合交通工程師之專業判斷。

時段1：X1~X32

時段6：X163~194

時段2：X33~X58

時段7：X195~X226

時段3：X59~X86

時段8：X227~X260

時段4：X87~X130

時段9：X261~X288

時段5：X131~X162

#### 四、結論與建議

1. 本研究建立定時時制時段劃分之邏輯架構，其透過離群值之檢測與平滑，而確保基本交通資料之正確性，再者以巴特雷特漸近法而求得各劃分時段之結果。
2. 本研究修正寬限度法，能配合交通流量的變化趨勢進行離群值之檢測工作，
3. 巴特雷特漸近法所得出之定時時制時段劃分結果，頗能符合交通工程師之專業判斷，故可加以推廣及應用。
4. 本研究所採用之交通需求係以某流向爲基礎考量因素，日後應用時應考量整體交叉路口或群組間各路口交通需求之變化情形。
5. 對於難以獲得全日交通需求的路段，宜建立以尖峰或非尖峰時段推估24小時交通需求之方法，如此方可進行時段劃分的工作。

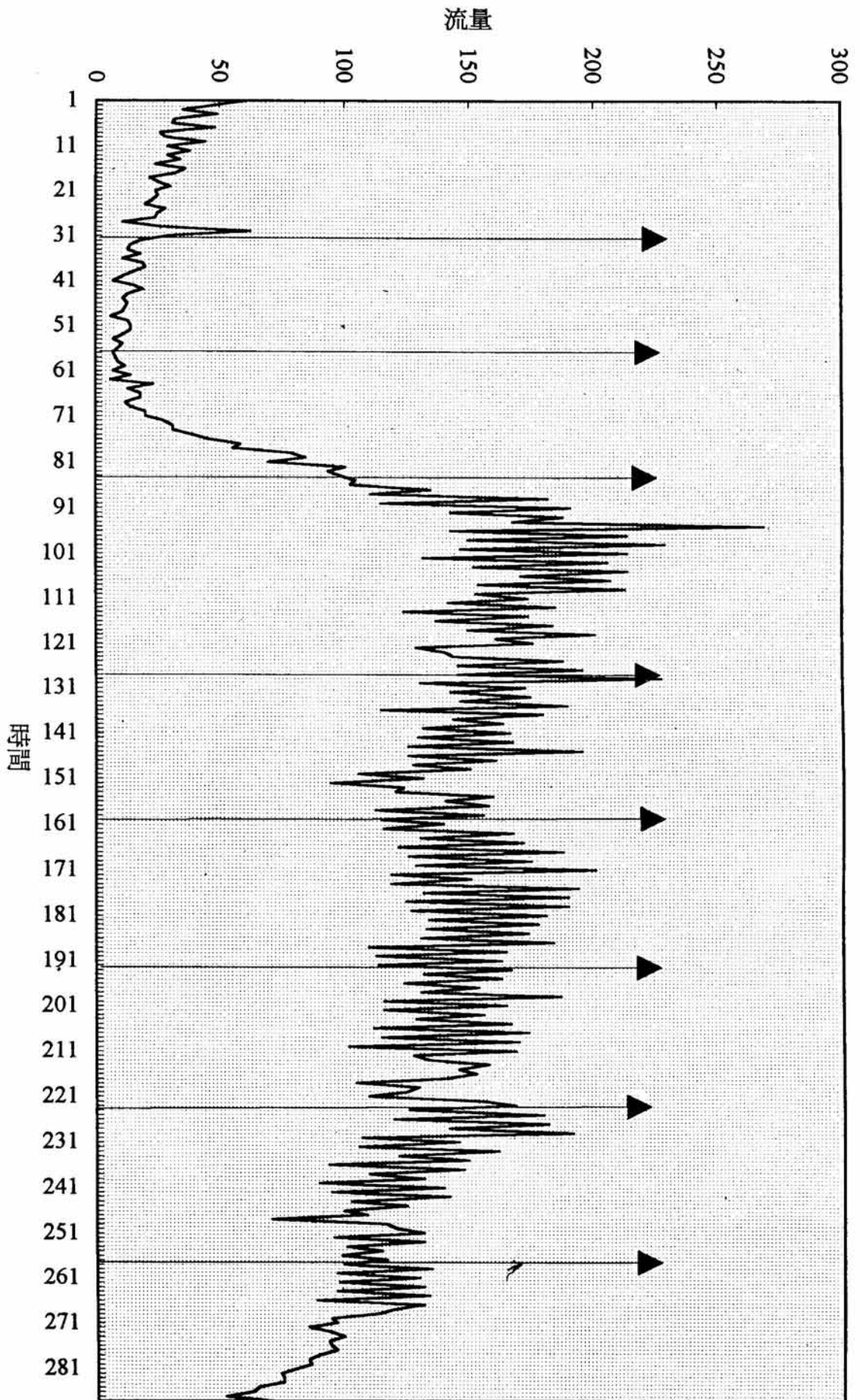


圖 4 24小時交通量時段劃分之實例

## 參考文獻

1. Federal Highway Administration, "Traffic Control Systems Handbook", April 1985.
2. Federal Highway Administration, "Traffic Control Devices Handbook: Part IV Signals", U.S. Department of Transportation, 1983.
3. Federal Highway Administration, "Computer Controlled Traffic Signal Systems", December 1982.
4. C.W.J. Granger, Paul Newbold "Forecasting Economic Time Series", 1986.
5. 蔡輝昇，交通控制理論與實務，生合成出版社，民國七十九年四月。
6. 交通部運輸研究所，台灣地區電腦化都市交通號誌控制系統軟體工程、通訊及評鑑手冊研究，1991年11月。
7. 顏月珠，應用數理統計學，三民書局，民國82年8月
8. 林茂文，時間數列分析與預測，華泰書局，民國81年11月
9. Anderson, Sweeney, Williams，商用統計學，滄海書局，民國83年3月
10. 林聰明、吳水丕，指數平滑之選擇與應用，華泰書局，民國70年10月