

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 子計畫三：微觀動態車流模型開發與驗證(1)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC93-2218-E-009-045-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

執行單位：國立交通大學運輸科技與管理學系(所)

計畫主持人：吳水威

計畫參與人員：徐立新、鄧乃晨、王郁凱、沈彥宏

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 10 月 27 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫  成果報告  
 期中進度報告

子計畫三：微觀動態車流模型開發與驗證(I)

Development and Validation of Micro-Dynamic Traffic Flow

Models(I)

計畫類別： 個別型計畫  整合型計畫

計畫編號：NSC93-2218-E009-045

執行期間：93年8月1日至94年7月31日

計畫主持人：吳水威

共同主持人：

計畫參與人員：徐立新、鄧乃晨、王郁凱、沈彥宏

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告  完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、  
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年  二年後可公開查詢

執行單位：國立交通大學

中華民國 94 年 7 月 31 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 子計畫三：微觀動態車流模型開發與驗證(I)

### Development and Validation of Micro-Dynamic Traffic Flow Models(I)

計畫編號：NSC93-2218-E009-045

執行期限：93年8月1日至94年7月31日

主持人：吳水威 國立交通大學運輸科技與管理學系

計畫參與人員：徐立新、鄧乃晨、王郁凱、沈彥宏

國立交通大學運輸科技與管理學系

#### 摘要

智慧型運輸系統 (Intelligent Transportation Systems, ITS) 乃為當前世界各國對改善交通問題之有效措施。ITS 發展影響所及非常廣，其中微觀車流模式開發後有助於建立即時控制策略，而跟車行為及變換車道行為是微觀車流模式重要部份之一。本研究基於微觀理念、近微觀理念、刺激-反應原理、跟車理論、行為門檻、駕駛行為理論 (變換車道) 等理論基礎，採用文獻評析法、攝影調查法、實車測試法、統計分析法、及分類元法等，構建與驗證高快速公路微觀車流模式，以供整體微觀車流模型之基礎。然而本研究之高快速公路微觀車流模式包括有跟車模式及變換車道模式，其中跟車模式主要係利用實車測試法蒐集駕駛者跟車資料，分析跟車行為特性，構建 GM 跟車行為門檻模式，了解 GM 跟車模式之影響範圍，改善 GM 跟車模式之缺失。同時，並利用分類元法來構建跟車模式，變換車道模式則是以攝影調查法蒐集高速公路變換車道資料，分析變換車道行為特性，以構建變換車道偏向角模式以及加速度模式，並以所構建之變換車道偏向角模式及加速度模式為基礎，進一步建立變換車道決策模式。因此，經由本研究結果將可供高快速

公路智慧型運輸系統中，控制與管理所需之微觀車流模式。

關鍵字：智慧型運輸系統、微觀車流、跟車、變換車道。

#### ABSTRACT

The intelligent transportation system(ITS) is the countries all over the world to improving the problem effective measure of the traffic at present. ITS development is influenced very widely in one's power. The traffic flow model can be as the traffic administrator's decision and analysis tools and can offer the service of the traffic road conditions information immediately. Hence, the microscopic traffic flow model is importance of intelligent transportation system to contribute to setting up instant control strategy. The car following and lane changing are one of the important parts of microscopic traffic flow model.

The research object is a passenger car on freeway and highway in Taiwan, and the research's theory is the microscopic concept (or approximate microscopic concept), stimulus-response principle, car follow theory, behavioral threshold model, drive behavior, etc. It's to structure and verify the microscopic traffic flow model on the freeway and highway for the foundation of the whole

microscopic traffic flow model with the literature review, video investigation method, car following experiment method, statistics analytic approach, and parameter calibration, etc., However, the microscopic traffic flow model on freeway and highway includes with the car follow model and lane change model. The data of car following for the car follow model is collected by the car following experiment method, and analyses the behavior characteristic of car following behavior to set up GM car following threshold model which could improve the defect of GM car follow model by understanding the coverage of GM car follow model. The data of lane changing on freeway is collected by the video investigation method, and analyses the behavior characteristic of lane changing to set up lane change angle model and acceleration model. Lane change angle model and acceleration model are the foundation to set up lane change decision model. So, the result of study for microscopic traffic flow model can be supported in the intelligent transportation system on freeway and highway for control and management.

Keywords: Intelligent transportation system, microscopic traffic flow, car follow, lane change.

### 一、緒論

智慧型運輸系統 ( Intelligent Transportation Systems, ITS ) 乃當前世界各國對交通改善的重要措施, ITS 發展影響所及非常廣, 其中微觀車流模式開發後有助於建立即時控制策略, 而跟車行為及變換車道行為是微觀車流模式重要部份之一, 跟車行為方面, 本研究將以實車測試法蒐集 GM 跟車模式門檻資料並分析特性, 以構建合乎國內高快速公路現況之 GM 跟車模式門檻。另外, 應用演化式計算法之分類元方法於跟車模式, 冀望能應用分類元所具有之高適用性及快速

反應性在車流模型上, 於可接受的時間內得到一具實用性的高速公路微觀車流之跟車模式。變換車道方面, 本研究考慮車輛在變換車道過程中, 目的在於改善變換車道前之行車速度, 並且在安全之前提下, 採取變換車道, 所考慮的因素包括有: 本車與前車、鄰近車道前車及鄰近車道後車之間相互影響之關係, 故本研究將藉由攝影調查方式, 分析目前台灣高快速公路之變換車道行為特性, 構建符合現況之變換車道行為模式及變換車道決策模式。本研究之主要目的係透過分析國內高快速公路跟車行為特性及變換車道行為特性, 構建 GM 跟車模式門檻以及變換車道模式以及應用分類元法於跟車模式, 以做為建立微觀動態車流模型之基礎。研究路段為高快速公路主線無坡度路段, 並以內車道及以中車道之小客車為研究對象, 以區分其它非改變行車速率為目的之變換車道車輛。

### 二、文獻回顧

過去在跟車研究方面主要包括有四大限制方程式、刺激-反應方程式、行為門檻模式, Lewis, R.M., H.L. Michael(1963)[17] 假設車流在推進過程中, 考慮四種限制: 間隔限制、加速限制、停止限制及轉彎限制。GM group(1959)[15][18] 以「刺激-反應」方程式作為後車反應的機制, 共發展五代的跟車模型, 其中一至四代模型都是五代的特例。Wiedemann(1974)[19] 構建行為門檻模式, 界定跟車行為影響之範圍, 改善刺激-反應方程式: 無論距離多遠, 兩車都會互相影響之缺點。其它相關研究則是以 GM 跟車模式為基礎加以改善, 包括有劉英標 (民 85)[2] 考慮不同冒險度行為對跟車間距之影響, 構成完整之本土化跟車模式。Kikuchi and Chakroborty(1993)[13] 結合模糊理論, 構建模式跟車模式以描述駕駛行為不確定性, 林鄉鎮 (民

85)[1]利用倒傳遞類神經網路構建跟車模式。在變換車道決策方面，張家祝(民 78)[4]訂定車輛變換車道門檻準則做決策條件，當車輛符合準則，則可變換車道。胡順章(民 83)[8]利用二元羅吉特模式所建立之變換車道決策模式，其模式之預測率為 85.85%。陳奕志(民 87)[5]利用類神經網路來構建變換車道之決策模式，預測變換車道的準確率高達 95.19%。變換車道行為方面，胡順章(民 83)[8]以統計方法分析影響變換車道行為之影響因素，並以迴歸方法構建變換車道之偏向角模式及加速度模式。然而在過去的跟車行為研究，大部份跟車模式皆以 GM 跟車模式為基礎，但 GM 跟車模式無法說明前後兩車之影響範圍，變換車道決策方面，大部份之車流模擬模式，係以訂定變換車道條件做為變換車道之決策模式，其條件是否適用，有待進一步探討。變換車道行為方面，過去文獻說明偏向角主要是受到本車車速所影響，但其研究範圍皆以市區道路車輛為主，其模式無法適用於高快速公路，演算法方面，演化式計算 (Evolutionary Computation) 逐漸成為人工智慧的一個重要研究領域，且被廣泛的運用於各領域中需要雜運算過程的研究中，具有機器學習 (machine learning) 的特色、可解決許多領域問題之彈性 (flexibility) 與適應性 (adaptability)，並具有全城解搜尋 (global search) 的能力，適合應用於複雜問題。

### 三、理論基礎與研究方法

本研究之理論基礎包括有微觀車流理論以及運動學原理，交通運輸領域中，車流理論乃是最先發展之理論基礎，其中微觀車流理論主要是探討車輛於道路上行駛時自身與車輛間相互影響之特性，由分析個別車輛或個別車輛與其它車輛交互作用之運行特性對整體車流所造成之影響，運動學

原理主要係考量車輛於高快速道路之跟車或變換車道行為皆以直線運動前進。因此考慮運動學原理做為本研究之理論基礎。本研究之研究方法係以文獻評析法蒐集、分析國內外等有關微觀車流模式及分類元法於其他領域應用等相關文獻，探究理論與內涵，以作為本研究之理論基礎。攝影調查法蒐集高速公路變換車道行為特性資料，以做為變換車道模式之基礎。實車測試法蒐集車輛跟車資料，做為構建 GM 跟車模式門檻之基礎。統計分析法分析跟車行為及變換車道行為之特性，並應用分類元法於跟車行為，構建跟車模式。

### 四、跟車模式及變換車道模式之構建

#### 4.1 GM 跟車模式門檻之構建

本研究以 GM 跟車模式之理念，構建跟車模式門檻，以改善 GM 跟車模式之缺失。

##### 4.1.1 GM 跟車模式門檻資料特性分析

本研究邀請三十位駕駛者以實車測試方法蒐集資料，並選擇車流量少及性質與高速公路相似之完全出入管制快速道路做為測試地點。本研究以統計檢定法，檢定影響 GM 跟車門檻值之主要因素，統計檢定結果顯示，僅車速對於受測者 GM 跟車門檻值的影響在顯著水準為 0.05 下，有顯著關係。本研究將透過群落分析 (cluster analysis) 利用駕駛人 GM 跟車門檻值為依據，將駕駛人分為相對具冒險性與相對不具冒險性二個族群，利用簡單線性迴歸分別構建相對不具冒險性及相對具有冒險性之 GM 跟車模式門檻：

(1) 相對不具冒險性之 GM 跟車模式門檻：

$$d_v = -41.920 + 4.050V_A \quad (R=0.731)$$

$d_v$ ：駕駛者 GM 跟車門檻值(公尺)

$V_A$ ：本車車速(公尺/秒)

(2) 相對具冒險性之 GM 跟車模式門

檻：

$$d_v = -84.754 + 5.040V_A \quad R=0.840)$$

$d_v$ ：駕駛者 GM 跟車門檻值(公尺)

$V_A$ ：本車車速(公尺/秒)

#### 4.2 分類元跟車模式架構

分析現場攝影法所得車流資料後發現攝影所能涵蓋的範圍有限，在短距離內難觀察到同一駕駛的連續駕駛行為，無法確實判斷觀察範圍內的駕駛行為優劣，故在應用分類元法中的桶隊接力法分配功勞機制上有所困難，故在實際系統架構設計時僅採用一層的 Rule 結構。另外本研究於 Rule 間的組合及先後應用上主要依據駕駛行為的考量，將環境條件分成三個部份分別是本車條件(本車道代碼 | 本車車種 | 本車車速)、前車條件(前車車種 | 前車車速 | 前車車距)及後車條件(後車車種 | 後車車速 | 後車車距)，進行數種不同的組合模式間的比較研究，發現數種模式間各有優缺點，於此列舉出較具代表性的四種模式，其餘模式其結果大都類似或劣於這四種模式，故不予討論。

1. 模式一：考量本車、前車及後車環境條件，此模式為最初構想模式，因為其參考的環境條件最多，故理論上最終準確率也應該較高，但也同樣的會使所需的分類元規則數變多。Rule 格式：本車道代碼 | 本車車種 | 本車車速 | 前車車種 | 前車車速 | 前車車距 | 後車車種 | 後車車速 | 後車車距。Action1：加速、減速、等速。
2. 模式二：同模式一，考量本車、前車及後車環境條件，但於前車車速及後車車速部份改採用相對車速的概念，冀望藉此減少可能解的空間，縮短尋解的時間。其中「本車車速-前車車速」及「本車車速-後車車速」分成大於 0(本車車速大於前後車)、小於 0(本車車速小於前後車)及等於 0(本車與前後車車速相等)三種情

況。Rule 格式：本車道代碼 | 本車車種 | 本車車速 | 前車車種 | 本車車速-前車車速 | 前車車距 | 後車車種 | 本車車速-後車車速 | 後車車距。Action1：加速、減速、等速。

3. 模式三：考量到駕駛者本身如果是受到前後車的影響而進行被動的加、減速影響，則本車的條件對於決策反應的影響不大，故本模式省略本車環境條件。Rule 格式：前車車種 | 本車車速-前車車速 | 前車車距 | 後車車種 | 本車車速-後車車速 | 後車車距。Action1：加速、減速、等速。
4. 模式四：同模式三的考量，大多數情況下，駕駛本身於跟車行為中受到前車的影響最為直接，故將本車、後車環境條件同時省略而建構出本模式以同模式三作比較。Rule1 格式：前車車種 | 本車車速-前車車速 | 前車車距。Action1：加速、減速、等速。

上述各模式一、二、三及四間雖有不同的 Rule 規則，然而其在演算法方面皆採取相同的訓練、驗證與預測流程，相關流程概念與範例主要如圖 1 及圖 2 所示。

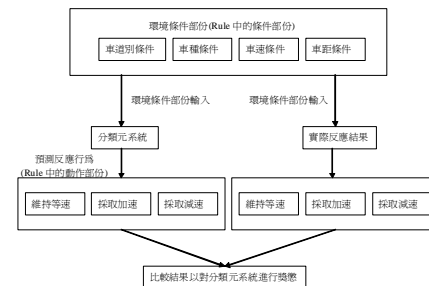


圖 1 系統運作流程示意圖

#### 4.2 變換車道模式

本研究構建變換車道行為模式，其中包括有研析駕駛者如何決定變換車道之偏向角、加速度，並以變換車道行為模式為基礎，進一步構建變換車道決策模式，預測駕駛者在各種情況下是否會變換車道。本研究假設駕駛者完成變換車道以車輛橫向移動距離為一個車道寬度為準則，車輛行駛

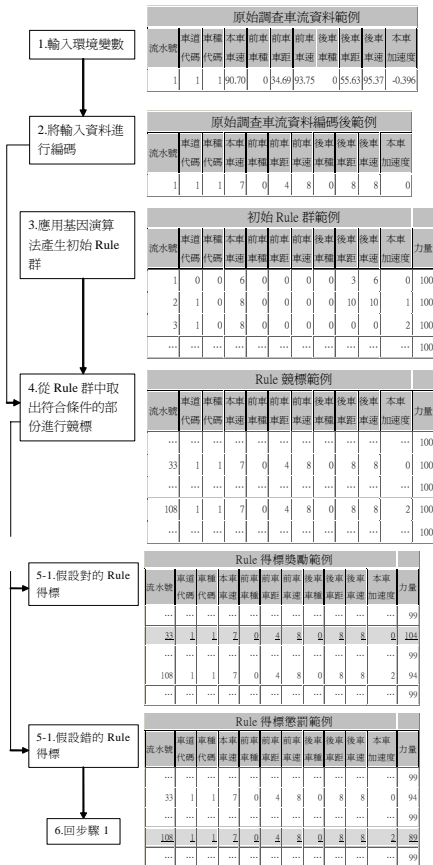


圖 2 分類元運作範例圖

路段為平直之路段，變換車道之車輛與前車、目標車道前車以及目標車道後車之相對距離小於 GM 跟車模式門檻，而模式符號及定義如表 1：

#### 4.2.1 變換車道行為模式

決定駕駛者變換車道的行為的主要因素包括有變換車道偏向角、變換車道之加速度。又本研究採取攝影調查法蒐集車流資料，再經由室內作業方式，間接取得本研究所需之車流相關資料。

表 1 模式符號說明表

$\theta$ ：本車變換車道之偏向角(角度)	$X_A$ ：本車位置
$\alpha$ ：敏感度參數	$X_B$ ：前車位置
$L$ ：本車變換車道所行經之距離	$X_C$ ：目標車道前車位置
	$X_D$ ：目標車道後車位置
	$a_A$ ：本車變換車道

(公尺)	之加速度(公尺/秒平方)
$t_0$ ：本車開始變換車道之時	$a_A^X$ ：本車變換車道之縱向加速度(公尺/秒平方)
$t$ ：為完成變換車道所需之時間	$a_B$ ：前車之加速度(公尺/秒平方)
$V_A$ ：本車速度(公尺/秒)	$a_C$ ：目標車道前車之加速度(公尺/秒平方)
$V_A^X$ ：本車縱向速度(公尺/秒)	$a_D$ ：目標車道後車之加速度(公尺/秒平方)
$V_B$ ：前車速度(公尺/秒)	
$V_C$ ：目標車道前車速度(公尺/秒)	
$V_D$ ：目標車道後車速度(公尺/秒)	

#### (一) 變換車道之偏向角模式

本研究首先探討偏向角特性得知，變換車道偏向角之影響因素為本車車速( $V_A$ )、本車和目標車道前車之相對距離( $X_C - X_A$ )等二個主要影響因素，本研究利用迴歸方程式分別構建沒有目標車道前車與有目標車道前車之二種變換車道偏向角模式：

(1) 無目標車道前車(僅有目標車道後車)之變換車道偏向角模式：

$$\theta = -2.08 + 0.491916V_A - 0.01191V_A^2$$

(R=0.703)

$\theta$ ：變換車道偏向角(度)

$V_A$ ：本車車速(公尺/秒)

(2) 有目標車道前車(僅有目標車道前車或在有目標車道前、後車)之變換車道偏向角模式：

$$\theta = 5.188 - 0.08695V_A - 0.009569(X_C - X_A)$$

(R=0.842)

( $X_C - X_A$ )：本車與目標車道前車之相對距離(公尺)

#### (二) 加速度模式

本研究考慮目標車道前車及目標

車道後車分別構建加速度模式。

然而根據[7]、[20]可知小客車之加速度限制，如下式所示

$$\begin{cases} 22.3m/s \leq V_A < 26.8m/s, -2.04m/s^2 \leq a_A < 1.385m/s^2 \\ 26.8m/s \leq V_A, -2.04m/s^2 \leq a_A < 0.894m/s^2 \end{cases}$$

本研究由變換車道加速度特性可得知，車輛在各種變換車道狀之加速度主要是受到本車與目標車道前車或後車之相對速度影響，而且其相對距離越遠，則影響越小。

### 1. 僅有目標車道後車之變換車道加速度模式(無目標車道前車)：

經由加速度特性可得知，車輛在變換車道時，會考慮目標車道後車與本車之間的相對距離及相對速度，如果目標車道後車之車速快於本車車速，則本車在變換車道之過程中變會採取加速行為，避免在變換車道時遭受目標車道後車追撞，然而在距離越近的情況下，其加速度則越快，加速度受到相對速度之刺激影響，並且相對距離越遠，則刺激越小，故本研究則以刺激-反應理念為基礎，構建在僅有目標車道後車(無目標車道前車)之情況下變換車道加速度模式如下式

$$\text{當 } V_A^X(t_0) - \lambda \cdot V_D(t_0) \leq 0,$$

$$a_A(t_0 + \Delta t) = -\frac{\alpha}{\cos \theta [X_A(t_0) - X_D(t_0)]} [V_A^X(t_0) - \lambda \cdot V_D(t_0)]$$

當  $V_A^X(t_0) - \lambda \cdot V_D(t_0) > 0$ ，不受目標車道後車之影響

上式參數  $\lambda$ ，係駕駛者對於目標車道後車車速之感受調整因子。

### 2. 僅有目標車道前車之變換車道加速度模式(無目標車道後車)：

經由變換車道行為特性分析及實際駕駛經驗可發現，駕駛者在變換車道的過程中，受到目標車道前車之速度及相對距離的影響以調整行為。

因此本研究將僅有目標車道前車(無目標車道後車)之情況下變換車道行為視為一種斜向刺激-反應，故在僅

有目標車道前車的情況下，變換車道之加速度模式為：

$$a_A(t_0 + \Delta t) = \frac{a_A^X(t_0 + \Delta t)}{\cos \theta} = \frac{\alpha}{\cos \theta [X_C(t_0) - X_A(t_0)]} [V_C(t_0) - V_A^X(t_0)]$$

### 3. 目標車道前、後皆有車之變換車道加速度模式：

由加速度特性可了解到，當目標車道前、後皆有車之前段加速度主要是受到目標車道後車的影響，而後段加速度則是受到目標車道前車的影響。因此，變換車道前段過程加速度及後段過程加速度模式如下：

a. 當  $V_A^X(t_0) - \lambda \cdot V_D(t_0) > 0$ ,

$$a_{A,1}(t_0 + \Delta t) = \frac{a_A^X(t_0 + \Delta t)}{\cos \theta} = \frac{\alpha}{\cos \theta [X_C(t_0) - X_A(t_0)]} [V_C(t_0) - V_A^X(t_0)]$$

b. 當  $V_A^X(t_0) - \lambda \cdot V_D(t_0) \leq 0$ ,

■ 前段加速度：

$$a_{A,1}(t_0 + \Delta t) = -\frac{\alpha}{\cos \theta [X_A(t_0) - X_D(t_0)]} [V_A^X(t_0) - \lambda \cdot V_D(t_0)]$$

■ 後段加速度：

$$a_{A,2}(t_0 + t_1 + \Delta t) = \frac{a_A^X(t_0 + t_1 + \Delta t)}{\cos \theta} = \frac{\alpha}{\cos \theta [X_C(t_0 + t_1) - X_A(t_0 + t_1)]} [V_C(t_0 + t_1) - V_A^X(t_0 + t_1)]$$

$t_0$ ：本車開始變換車道之時間

$t_1$ ：本車完成前段變換車道之時間

### 4.2.2 變換車道決策模式

本研究將針對駕駛者在變換車道決策過程中應考慮：(一)駕駛者變換車道之動機。(二)駕駛者如何比較目前車道與目標車道之車流情況，以做為是否要變換車道之依據。(三)駕駛者要變換車道必須要與前車保持之變換車道最小安全距離。(四)預測駕駛者完成變換車道後是否會與目標車道之前車及後車碰撞，以判斷駕駛者是否會變換車道。分別探討。

#### (一) 變換車道之動機

本研究以前車車速低於本車車速，則駕駛者產生變換車道之動機，根據本研究所蒐集之變換車道資料可得，當前車車速低於本車車速 0.82 公尺/秒時，有 80% 車輛會採取變換車道，故本研究則訂定駕駛者變換車道



之動機條件為：

$$V_A - V_B > 0.82m/s, 20.25m/s < V_A, V_B < 32.21m/s$$

(二) 比較目前車道與目標車道之車流情況(如圖 3)

當駕駛者產生變換車道之動機後，此時便要考量目標車道車流情況是否符合期望或是比目前車道之車流情況佳，經由高速公路錄影資料可得知，變換車道之車輛在完成變換車道時，其車速未必大於變換前之車速，但一定大於變換前之前車車速。故本研究利用變換車道之加速度模式，來預測本車在完成變換車道後是否大於變換前之前車車速做為比較目前車道與目標車道之車流情況優劣準則。

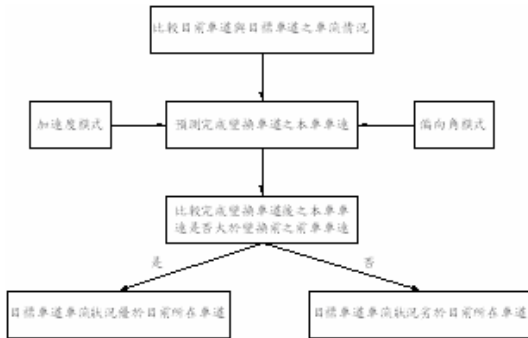


圖 3 比較目前車道與目標車道之車流情況流程图

(三) 本車與前車之變換車道最小安全距離(如圖 4)

本研究定義車輛在變換車道時與前車應保持之變換車道最小安全距離為本車在偏向角  $\theta$  變換車道時，當前車採取  $a_B$  加速度行駛，本車變換車道之過程中不致與前車發生碰撞所需是最小安全距離，其模式如下：

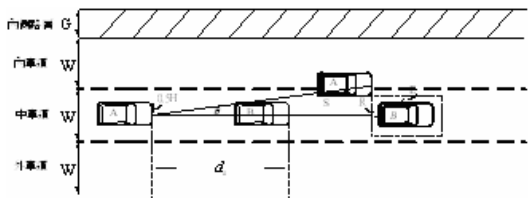


圖 4 本車與前車之變換車道最小安全距離圖

$$d_s = V_A(t_0)t_c + \frac{1}{2}[a_A^x(t_0 + \Delta t)]t_c^2 - V_B(t_0)t_c - \frac{1}{2}[a_B(t_0 + \Delta t)]t_c^2$$

$d_s$ ：本車與前車之最小變換車道安全距離

K：車長(公尺)，E：車輛橫向安全間距(公尺)

R：車輛縱向安全間距(公尺)

其中藉由下式可得  $t_c$ ：

$$X_A(t_0 + t_c) - X_A(t_0) = \frac{0.5H + 0.5H + E}{\tan \theta} = \frac{H + E}{\tan \theta} = V_A(t_0)t_c + \frac{1}{2}a_A^x(t_0 + \Delta t)t_c^2$$

(四) 預測完成變換車道後與目標車道前車及後車之距離

本研究以駕駛者變換車道行為模式為基礎，並考慮目標車道後車之反應，預測在變換車道的過程中是否會與目標車道車輛發生碰撞，以做為變換車道決策依據(如圖 5)。其中目標車道後車之反應，本研究假設本車完成變換車道一半過程後，目標車道後車則視本車為新的跟車對象，而開始對本車產生跟車行為。

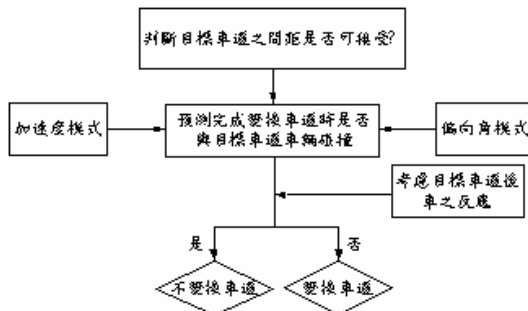


圖 5 目標車道接受間距流程图

## 五、模式參數校估與驗證

### 5.1 變換車道加速度模式參數校估

本研究以最小平方方法校估敏感度參數  $\alpha$ ，校估結果為  $\alpha = 10.349$ 、目標車道後車速度調整因子  $\lambda$ ，其結果得到為  $\lambda = 1.055$ 。

### 5.2 變換車道模式驗證

#### 5.2.1 變換車道行為模式驗證

本研究將分別對三種變換車道之狀況驗證其偏向角模式及加速度模式，則偏向角及加速度之平均誤差百分比分別為 6.4%、34.7%，有 88.3% 樣本加速度差距在 0.4 公尺/秒平方以

下。不論是偏向角模式或加速度模式皆與實際值差異不大。本研究也利用統計檢定方法，分別檢定偏向角模式及加速度模式所得之值與實際值差異性是否顯著。證明模式是否有代表性，由統計檢定結果得知，在顯著水準 0.05 下，不論是偏向角模式或加速度模式皆具有代表性。

### 5.2.2 變換車道決策模式驗證

本研究蒐集 104 筆樣本來驗證變換車道決策模式，其中包括 64 筆不變換車道樣本以及 40 筆變換車道樣本，驗證結果顯示，變換車道決策模式預測率為 92%，故模式具有代表性。

### 5.3 分類元跟車模式實作與驗證

模式一所列為綜合所有模式優點後所得到之適用性、準確率及使用彈性較高者，為本研究的最佳模式。模式二及三較模式四採用較多的環境條件作為分類元中的規則，而於驗證及預測的最高準確率上確實有所提升，然而其所相對需要的分類元數卻大幅度的增加，模式四下僅採用前車條件即可應用少量的分類元規則作出高度的驗證及預測率。故可知於分類元規則中所採用的環境資訊越多越能作出正確的判斷，同時也會造成分類元規則間的差異性變大，需要用更多的規則來達到相同的準確率。各模式於驗證及預測時所採用方法如前節所提，於模式驗證時，所採用之訓練及準確率判斷時所採用之樣本一樣為 100%(400 筆)。訓練時採用樣本為前 75%(前 300 筆)，驗證預測準確率時所用樣本為後 25%(後 100 筆)，而結果如表 2 及表 3 所示。

## 六、結論與建議

### 6.1 結論

1. 本研究利用實車測試法蒐集 GM 跟車模式門檻資料，考慮本車車速構建 GM 跟車模式門檻，以改善 GM 跟車模式無法確定跟車影響範圍

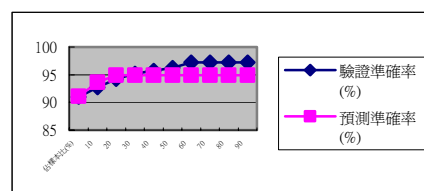
之缺失。

表 2 分類元數與驗證準確率相關表

分類元數	4	8	1	1	2	2	2	3	3	40
	0	0	2	6	0	4	8	2	6	0
			0	0	0	0	0	0	0	
佔樣本比(%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
準確率(%)	9	9	9	9	9	9	9	9	9	97
	0.	2.	4.	5.	5.	6.	7.	7.	7.	.2
	9	7	2	2	7	2	2	2	2	4
	8	3	4	4	4	4	4	4	4	

表 3 分類元數與預測準確率相關表

分類元數	4	8	1	1	2	2	2	3	3	4
	0	0	2	6	0	4	8	2	6	0
			0	0	0	0	0	0	0	
佔樣本比(%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
										0
準確率(%)	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	1.	3.	4.	4.	4.	4.	4.	4.	4.	4.
	1	6	9	9	9	9	9	9	9	9
	4	7	4	4	4	4	4	4	4	4



2. 分類元法在尋求可行解及分配各可行解的比重上具有相當不錯的能力，且適用性高，唯與其他演算法間的優劣比較(如尋解時間、所得解的品質等)礙於所需資料的取得不易，無法輕易下定論(可能因樣本性質不同、程式寫法不同、執行電腦不同等而得到不同的結果)。

3. 分類元法中各 Rule 群格式的定義、Rule 間的互動關係、初始狀態、獎懲規則及目標解的樣本空間大小等因數，彼此間的關聯密切，且對解的品質影響相當大，需依應用目標對象的不同特性而研析設計，無一種固定的組合方式保證適用於所有的問題。
4. 應用分類元法的規則力量分配原理，配合車流資料樣本特性與考量實務上所需將分類元法間的運算規則予以調整，以使模式可以依樣本特性的不同、所應用目的不同(需高準確率、低分類元規則數或一平衡點)進行調整。綜合以上所述，由本研究應用分類元法所得到的結果可證實，分類元法應用在構建高速公路微觀車流模式上確實具有可行性。
5. 變換車道偏向角模式方面，本研究考慮本車車速及目標車道前車與本車之相對距離兩個影響因素，構建偏向角模式。
6. 變換車道加速度模式方面，主要受到本車與目標車道前車或後車之相對速度的影響，且相對距離越遠，則影響越小，並經由驗證發現 88.3% 樣本加速度差距在 0.4 公尺/秒平方以下。並在顯著水準 0.05 下，經由統計檢定，模式具有代表性。
7. 變換車道決策模式方面，本研究以變換車道偏向角模式及加速度模式為基礎，構建變換車道決策模式，其變換車道決策模式預測率為 92%。

## 6.2 建議

1. 本研究受限於時間關係，僅邀請 30 位駕駛人作實車測試，而且年齡集中在 20~30 歲，建議未來研究可增加實車測試的樣本數，並且增大抽樣範圍，使其樣本更具隨機性，以增加樣本的可信度。

2. 本研究於應用分類元法於跟車模式研究由於為國內初次應用分類元法於車流模式，故已知於編碼方式、Rule 間的權重、基因演算法中的演算規則、程式執行邏輯上的最佳化、模式組合、車流資料的蒐集等方面尚有改善空間。
3. 變換車道資料蒐集方面，本研究係根據攝影調查蒐集變換車道資料，因此僅能蒐集攝影資料所能觀察之變數，對於駕駛者因素，則完全無法得知，故建議未來研究可利用實車測試的方法，以蒐集變換車道資料，使其資料更具完整性。

## 七、計畫成果自評

本研究之高快速公路微觀車流模式包括有跟車模式及變換車道模式，其中跟車模式主要係利用實車測試法蒐集駕駛者跟車資料，分析跟車行為特性，構建 GM 跟車行為門檻模式，了解 GM 跟車模式之影響範圍，改善 GM 跟車模式之缺失。同時，並利用分類元法來構建跟車模式，變換車道模式則是以攝影調查法蒐集高速公路變換車道資料，分析變換車道行為特性，以構建變換車道偏向角模式以及加速度模式，並以所構建之變換車道偏向角模式及加速度模式為基礎，建立變換車道決策模式。可知本研究之理論基礎與研究方法可行。本計畫已符合計畫研究內容與預期目標，所得結果可供高快速公路智慧型運輸系統中，控制與管理所需之微觀車流模式。

### 參考文獻

1. 林鄉鎮，「高速公路小汽車駕駛者跟車行為之研究-以虛擬實境(VR)技術所構建之駕駛模擬系統為工具」，博士論文，成功大學交通管理科學研究所，民國八十六年七月。
2. 劉英標，「汽車駕駛人行車控制指示系統之模式構建研究」，博士論文，成

- 功大學交通管理科學研究所，民國八十五年二月。
3. 藍武王、王日昌、江勁毅，「模糊控制跟車模式之探討」，運輸，第二十五期，頁 43-55，民國八十三年九月
  4. 張家祝、柯松澤，「台灣地區高速公路進口匝到加速車道設計標準之研究」，運輸計劃季刊，第十八卷第一期，1-36 頁，民國 78 年 3 月。
  5. 陳奕志，「含類神經網路變換車道的高速公路微觀車流模擬模式之研究」，碩士論文，成功大學交通管理科學研究所，民國 87 年 6 月。
  6. 李樑堅，「建立微觀車流模擬模式以發展交通適應性號誌控制邏輯之研究」，博士論文，國立成功大學交通管理(科學)研究所，民國八十一年
  7. 傅耀南，「以混合車流模擬方法設計單一交叉路口號誌時制之研究」，碩士論文，國立臺灣大學土木工程研究所，民國七十七年。
  8. 胡順章，「高速公路雙車道路段變換車道行為之研究」，碩士論文，淡江大學土木工程研究所，民國八十三年六月。
  9. 黃榮助，「模糊分類元系統及其應用」，國立交通大學資訊科學研究所碩士論文，民國八十六年。
  10. 陳兆芳，「一個以分類元系統建構之動態適應式網路路徑決定方法」，國立交通大學資訊科學研究所碩士論文，民國八十九年。
  11. 黃崇源，「分類元系統構成中之長期記憶形成與類推式認知學習研究」，國立交通大學資訊科學研究所碩士論文，民國八十九年。
  12. 李志哲，「應用模糊分類元系統於股票技術分析」，國立交通大學資訊管理學程碩士論文，民國九十二年。
  13. Kikuchi, S. and P. Chakroborty, "Car-Following Model Based on Fuzzy Inference System," TRR, Vol.1395, pp.82-91, 1993.
  14. May, A.D., Traffic Flow Fundamentals, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1990.
  15. Gazis, D. C., R. Herman, and R. B. Potts, "Car-Following Theory of Steady-State Traffic Flow", Operations Research, Vol. 7, pp.499-505, 1959.
  16. Herman, R., E. W. Montroll, R. B. Potts, and R. W. Rothery, "Traffic Dynamics: Analysis of Stability in Car Following", Operations Research, Vol. 7, pp.499-505, 1959.
  17. Lewis, R.M., H.L. Michael, "Simulation of Traffic Flow to Obtain Volume Warrants for Intersection Control", HRR 15, pp.1-43, 1963
  18. Hoefs, D.H., Untersuchung des Fahrverhaltens in Fahrzeugkolonnen, Forschungsberichte des Institut fur Verkehrswesen, Heft 140, Universitat Karlsruhe, 1972.
  19. Widemann, R., Simulation de Strassenverkehrsflusses, Schriftenreihe des Instituts fur Verkehrswesen, Heft 8, Universitat Karlsruhe, 1974.
  20. Ajay K. Rathi, B.E. (Hons.), M.S., "Development of a Microscopic Simulation Model For Freeway Lane Closures", The Ohio State University, 1983.