

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中精簡報告

即時交通資訊攫取技術與融合演算(1/3)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2211-E-002-082-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立臺灣大學土木工程學系暨研究所

計畫主持人：張堂賢

計畫參與人員：黃琳桂、賈毓虎

報告類型：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 5 月 12 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

即時交通資訊攫取技術與融合演算(I)

Real-Time Traffic Data Acquisitions and Fusion Techniques (I)

計畫類別： 個別型計畫  整合型計畫

計畫編號：NSC91-2211-E002-082

執行期間：九十一年八月一日 至 九十四年七月三十一日

計畫主持人：張堂賢 教授

共同主持人：

計畫參與人員：黃琳桂、賈毓虎等

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告

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

執行單位：國立臺灣大學土木工程學系暨研究所

中 華 民 國 九 十 二 年 五 月 十 一 日

## 摘要

即時之交通資料蒐集為一切運輸智慧化發展的核心與基礎，本研究為達到以點、線交通參數來進一步達到交通預測之目的，分三個單元進行研究。第一單元針對環路線圈式之佈設方式與交通估算參數進行檢討，並研究如何使環路線圈車輛偵測器發揮最大之效用，準確辨識不同車種並作計數。第二單元係運用交通探測車的觀念，利用 GPS 定位系統追蹤其所在道路區位之座標資料，進而轉換為預測道路車輛旅行時間等資料。研究之第三單元將透過主動及被動交通資訊之融合技術，發展出點線資料融合技術於旅次起迄倒推及旅行時間推估模式。本研究經由準確的交通資料蒐集、優質的分析技術與預測邏輯法則，將可有效作為交通改善之應用。

**關鍵詞：**環路線圈偵測器佈設、交通探測車、動態旅行時間預測、資料融合

## Abstract

Real time traffic data acquisition has been the nucleus and basis of all the development of ITS. For the aim at predicting traffic by spot and linear parameters, there are 3 parts in this study. The first one, we not only concentrated on reviewing the layout of loop detectors, as well as estimation for traffic parameters, but also paid attention to investigating how to make the use of loop detectors and improving the identification of traffic flows. The second, the concept of probe car was employed to tracking the position of floating cars by GPS system, and then, transferring this location data to prediction of travel time. The third, by the technique of the fusion of active & passive traffic information, we adopted the spot and linear traffic data for estimation of OD matrices from traffic counts. This application study is well to improve the traffic efficiently by accurate data searching, sophisticated analysis skill and forecasting framework.

**keyeord :** loop detector layout, probe car, prediction of dynamic travel time, data fusion

# 目 錄

第一章 背景說明 .....	1
1.1 前言 .....	1
1.2 研究目的 .....	2
1.3 研究方法 .....	2
1.4 研究內容 .....	3
第二章 文獻回顧 .....	5
2.1 環路線圈偵測器之佈設與應用 .....	5
2.1.1 環路線圈偵測基本原理 .....	5
2.1.2 國內常使用之環路線圈形狀 .....	6
2.1.3 環路線圈偵測器的交通參數一般演算式 .....	7
2.2 旅行時間預測與交通探測車之應用 .....	9
2.2.1 旅行時間預測方法 .....	9
2.2.2 交通探測車技術應用 .....	10
第三章 偵測器佈設位置與參數演算問題探討 .....	12
3.1 偵測器佈設位置 .....	12
3.2 交通參數之演算與佈設方式探討 .....	12
3.2.1 流量計數 .....	12

3.2.2 速率計算.....	13
3.2.3 佔有率計算.....	19
3.2.4 車輛長度計算.....	19
3.3 小結.....	20
第四章 環路線圈偵測器之最佳佈設方式.....	22
4.1 雙線圈偵測器之佈設位置.....	22
4.2 實驗設計案例.....	23
4.2.1 現場調查與資料收集方式.....	24
4.2.2 資料統計.....	26
4.3 測試結果評量.....	31
第五章 計程車即時行逕追蹤系統架構.....	37
5.1 系統功能.....	37
5.2 系統需求.....	38
5.3 系統規劃.....	39
5.4 車輛旅運資料運算模式構建.....	40
5.4.1 車輛轉向預測模組.....	41
5.4.2 車輛旅行時間推估模組.....	41
5.4.3 車輛旅次推估模組.....	42
5.5 車輛通訊問題探討.....	43

第六章 計畫成果與後續研究 .....	44
---------------------	----

參考文獻

## 圖目錄

圖 2.1	環路線圈偵測系統示意圖 .....	5
圖 2.2	雙矩形環路線圈佈設 .....	7
圖 3.1	不同長度線圈示意圖 .....	14
圖 3.2	偵測邏輯推演 ( $L_1=L_2$ ) .....	15
圖 3.3	偵測邏輯推演 ( $L_1>$ 平均車輛長度) .....	16
圖 3.4	偵測邏輯推演( $L_2>$ 平均車輛長度).....	17
圖 3.5	偵測邏輯推演(平均車輛長度 $>L_1>$ 車輛間距).....	18
圖 3.6	偵測邏輯推演(車輛間距 $>L_1>L_2$ 長度).....	19
圖 4.1	環路線圈設置示意圖 .....	22
圖 4.2	路口幾何型態示意圖 .....	25
圖 4.3	偵測區塊與臨近車道關係圖 .....	27
圖 4.4	各車道之偵測失敗率比較 .....	29
圖 4.5	車輛停等機率比較 .....	31
圖 4.6	第一車道之偵測失敗指標 .....	32
圖 4.7	第二車道之偵測失敗指標 .....	32
圖 4.8	第三車道之偵測失敗指標 .....	32
圖 4.9	第四車道之偵測失敗指標 .....	33
圖 5.1	系統架構 .....	39
圖 5.2	定位資料擷取之操作流程 .....	40

## 表目錄



表 2.1	國內常用環路線圈形狀之比較.....	6
表 3.1	A 車與 B 車進入線圈的時間( $L_1 >$ 平均車輛長度).....	16
表 3.2	A 車與 B 車進入線圈的時間( $L_2 >$ 平均車輛長度).....	17
表 3.3	A 車與 B 車進入線圈的時間(平均車輛長度 $> L_1 >$ 車輛間距).....	18
表 3.4	A 車與 B 車進入線圈的時間(車輛間距 $> L_1 > L_2$ 長度).....	19
表 4.1	尖峰時段歷史交通量.....	26
表 4.2	偵測失敗率計算值(F).....	28
表 4.3	車輛等候出現機率.....	30
表 4.5	預測模式係數統計檢定表(第一車道).....	33
表 4.6	預測模式係數統計檢定表(第二車道).....	34
表 4.7	預測模式係數統計檢定表(第三車道).....	34
表 4.8	預測模式係數統計檢定表(第四車道).....	34
表 4.9	數值分析結果.....	35
表 4.10	建議佈設位置.....	36

# 第一章 背景說明

## 1.1 前言

隨著資料偵蒐技術的發展，運用先進之交通量測技術來擷取基本交通資料，進而預測車輛在特定時空範圍的交通分佈情形，長久以來一直是衡量交通設施與旅運服務績效的重要參考指標，它不但可用以反映交通現狀，亦適合做為交通規劃模式之構建基礎。

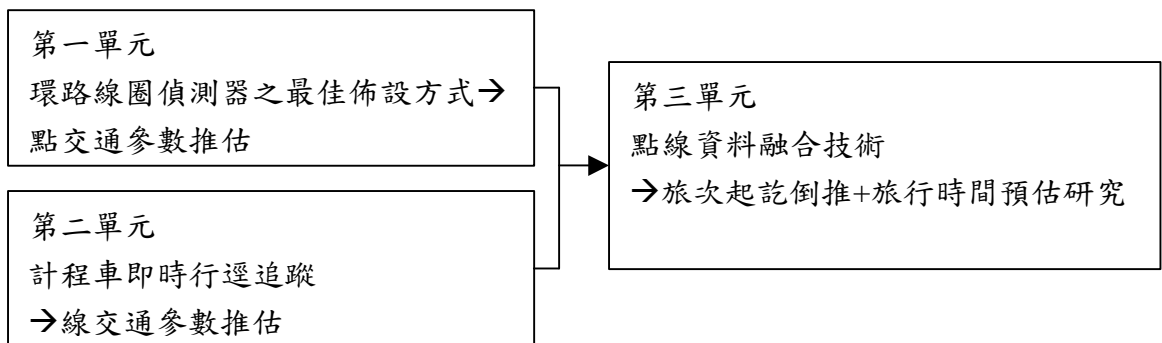
以都市地區而言，一般交控設施運作所需之交通參數多仰賴車輛偵測器或其他監控設備來獲取，然車輛偵測器的種類繁多，自最早的壓力管式、雷達式及超音波式偵測器，到後來發展之環路線圈式、磁力計、紅外線式偵測器與影像辨識技術等，各偵測器的特性、準確率、安裝成本、維修成本等皆不盡相同。目前國內應用最廣泛的莫過於環路線圈偵測器，除可量測道路交通流量外，尚能提供速率、佔有率及辨識車種等功能，其在技術應用、使用經驗、佈設成本等條件均相當成熟，惟使用上最大問題在於國內道路開挖頻仍，維護不易，故多半處於待修狀態；另國內在偵測器佈設方面，多援用國外設計案例，參數卻未能與國內車流特性相吻合，致使其交通估算準確性並未如預期。

以交通資料的性質區分，偵測器為交通量測被動元件，所得資料屬靜態的「點」交通參數，如欲取得即時、預測且連續變化的交通訊息，則須透過主動式交通量測元件進行動態的「線」交通參數推估。以旅行時間為例，過去的研究多半係以靜態模式來作旅行時間預測，研究者只要依據尖峰流量資訊就可估算出一個較差情況下的旅行時間，其旅行時間預測之可靠度必然不佳；然而，近一、二十年來傳統旅行時間預測的方法起了重大變革，為了肆應交通流動即時分析、導引、車輛設備與交通控制設施制動（enable）等需求，動態、即時（real-time）的旅行時間推估方法自有其迫切性。另由於國內交控設施之運作並未完全依據學理與現況需求作設計，且迄無解決對策以有效改善及管理都會區交通現狀，因此，倘國內能以主動性交通資料蒐集觀念彌補傳統旅運資料被動性偵搜之不足，並考量以隨機運行車輛之動態過程來推估車行績效，以提高旅行時間與旅行速率預測之可靠度，則將可有效地達成交通分散與控制之目的。

根據前兩方式所得之交通資訊各有其優缺點，如前所述，被動式重心是點式（spot）資訊，而主動式則是線型（linear）資訊；兩者資訊之時點未必有一致性，甚至不一定有持續（連續）性資料，於是要提供準確的交通資訊便需要有詳實的推演法則，因此如何展現高度知識運用是本案的關鍵。

## 1.2 研究目的

本研究係屬一整合型計畫，將以三年的時間分三個階段性單元來完成；研究之主要目的在藉由準確的交通資料收集、優質的分析與預測邏輯法則，以作為先進之交通管理與控制參考。其中，第一單元以探討改善環路線圈的設置方式為主，藉由環路線圈佈設邏輯與參數演算之探究，找出環路線圈偵測器最佳佈設方案。研究之第二單元係運用交通探測車的觀念，利用 GPS 定位系統追蹤其所在道路區位之座標資料，進而轉換為預測道路車輛旅行時間等資料。研究之第三單元將針對主動及被動交通資訊之融合問題，發展出點線資料融合技術於旅次起訖倒推及旅行時間推估模式。三項研究關聯如下圖：



各年度計畫執行重點如下：第一年將針對環路線圈偵測器深入探討，包括施工、佈設、資料演算等；第二年則依前期偵測器佈設方式進行該點交通參數推估研究，並執行試驗性實作，以及探討主動及被動交通資訊之融合問題；於第三年將以前兩年之成果發展出點線資料融合技術於旅次起訖倒推及旅行時間推估模式，並以台北市作實務性系統架設與測試之。

## 1.3 研究方法

由於環研究路線圈的大小、形狀及幾何佈設方式會隨著使用目的的不同而改變，故本研究第一單元重點在如何佈設車輛偵測器，使之發揮良好的偵測績效。其中包括底下各種需求與佈置：

- 小區域偵測(Small Area Detection)
- 大區域偵測(Large Area Detection)
- 長形環路線圈(Long Loops)
- 連續短線圈(Sequential Short Loops)
- 左轉專用道偵測
- 穿越性車道偵測

- 高速的點偵測
- 方向偵測

本單元針對國內外已發展之環路線圈偵測器進行檢討，並藉由改變偵測器佈設形狀與組合方式，推演偵測邏輯，以尋求最佳偵測績效。使用的方法有電磁感應原理、平滑曲線法、狹義與廣義迴歸分析、可靠度分析等。

第二單元研究係運用交通探測車的原理，於都市地區的範圍，以計程車搭載車機單元（on-board unit）的方式，利用 GPS 定位系統追蹤其所在道路區位之座標資料，再透過模式加以預測道路車輛旅行時間。研究重點雖以推估路段旅行時間為主，但相關交通參數之推估如旅行速率與延滯等資料將可一併藉由旅行時間資料而求出。另囿於探測車所擷取的定位資料量十分龐大，需以資料庫管理系統來予以適當之管理規劃，並據以構建一資料處理平台，以協助資料終端運用與決策分析。而 GPS 系統在都市地區常因環境干擾因素，導致衛星定位接收不易，故反映在車輛速率上會有急遽變化之現象，因此，為有效地進行改善，本單元引用資料平滑技術來加以克服。在車輛移動方面，為掌握車輛在道路空間之微觀動態轉向特性，本研究採馬可夫鏈（Markov Chains）隨機性質來推估車輛之位置狀態遞移分布情形，並依旅行速率預估車輛到達下一目標地點預期的旅行時間。

由於國內道路路側偵測器尚有不足之處，因此本研究前半段專門研究傳統環路線圈較佳的佈設方式，使得偵測器的穩定性及精確性能提高，其次再透過 GPS 之定位資訊裝設於計程車上來預估車輛之旅行時間，對車輛旅行時間之推估係透過 GPS 歷史資料蒐集，依資料融合的方式將偵測器得到之點資料與 GPS 定位系統推估出之線資料相融合，最後結合動態 O-D 推估之適應性控制方法，計算區內之 O-D 矩陣。目前，國內外有關交通量預測的相關研究成果仍處於發展階段，故第三單元針對交通量預測模式架構與方法論進行回顧與分析，並擬運用晚近興起之資料融合技術，推估出較佳之交通量資料，達到動態預估適應控制策略要求之目的，作為後續研究發展方向與實務推動執行之基礎。

## 1.4 研究內容

第一單元環路線圈偵測器之最佳佈設方式研究與點交通參數推估之研究內容如下：

- 文獻之蒐集與回顧
- 車輛偵測器的種類與比較
- 環路線圈偵測器參數與佈設方案研擬
- 實驗設計

- 現場測試及結果評量

- 點交通參數估算研究

第二單元為計程車即時行逕追蹤系統架構與計程車即時行逕追蹤之線交通參數推估，其研究內容包括：

- 研究問題界定

- 文獻回顧

- 系統架構研究

- 實驗系統架設、實驗車裝機及測試

- 車輛位置運算模式構建

- 車輛位置座標資料庫構建

- 交通推估

第三單元以點線資料融合技術應用於旅次起訖倒推及旅行時間推估研究，研究內容涵蓋：

- 研究問題界定

- 文獻回顧

- 模式方法論介紹及定性評估

- 交通資料源分析

- 確立交通預測模式

- 模式驗證

- 資訊補遺工作

- 動態 O-D 推估研究

- 旅行時間預測研究

## 第二章 文獻回顧

### 2.1 環路線圈偵測器之佈設與應用

在交通控制系統中，車輛偵測器係設置於各交通重要據點，以偵測車種、車速、佔有率等資料，並傳回控制站或中心加以處理，作為擬定控制策略之用。車輛偵測器的種類很多，較常用的有(1)環路線圈偵測器；(2)壓力式偵測器；(3)磁力式偵測器；(4)微波式偵測器；(5)超音波式偵測器；(6)紅外線式偵測器；(7)影像辨識式偵測器等[1,2,10]，而各種車輛偵測器中，又以環路線圈偵測器的應用最為普遍，故本研究選用該類偵測器進行點交通參數推估。

環路線圈式偵測器的線圈組，依其線圈匝數的多寡、線圈尺寸的大小、幾何形狀的不同、裝設方式的調整等，而有不同的靈敏度與精確度。目前國內偵測邏輯多仰賴國外引進，裝設時宜考量本土車流特性，並進行相關參數校估後始能援引適用，故有關環路線圈偵測器之佈設及其交通參數之推演，是為文獻回顧重點。

#### 2.1.1 環路線圈偵測基本原理

環路線圈偵測器整個系統可分成三大部分[10]：控制箱內的電子單元、導入線，及埋在鋪面下之一圈或一圈以上的金屬絕緣線路，系統之示意圖如圖 2.1 所示。

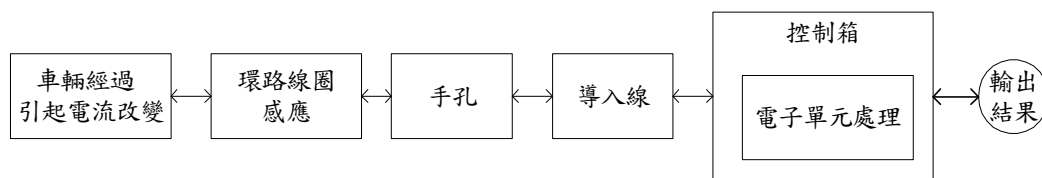


圖 2.1 環路線圈偵測系統示意圖

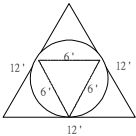
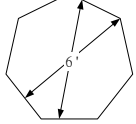
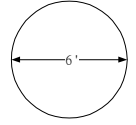
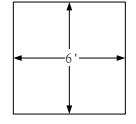
偵測器上的電子單位透過頻率在 10kHz 至 200kHz 內的信號供給環路系統能量[2,10]。當車輛通過或停留在線圈上時，將降低其電感量，使其送出一脈衝波至控制箱，以示偵得車輛的出現或通過，之後再藉由脈衝波形的不同來辨識經過車輛的種類，同時可利用車輛通過兩組環路線圈的時間差，求得車速或車長。線圈部分的設計有幾種選擇，一為將一圈或一圈以上的金屬線，置入由封膠劑填滿鋪面的切割鋸槽中，另一為在線圈置入鋪

面上的切割鋸槽前，先將線圈置入塑膠筒中。環路線圈埋設於車道下，其大小、形狀及幾何佈設方式會隨著使用目的的不同而改變，多介於 1.8 m x 1.8 m 至 1.8 m x 12-21 m 之間。正因其在設計上富有彈性，故其在偵測車輛的適用範圍最廣，加上精確度高，是目前應用最廣泛的偵測器，但受道路鋪面施工，或路基移位等影響，該類偵測器常有維護不及之困擾，導致整個偵測系統佈局完全喪失功能。

## 2.1.2 國內常使用之環路線圈形狀

環路線圈之幾何形狀並無一定種類之規定，但在工程應用上各個形狀皆有其優缺點，茲比較如表 2.1 所示[3]。

表 2.1 國內常用環路線圈形狀之比較

形狀	幾何樣式	特性
三角形		施工方便，但要求寬度較大
多邊形		切割路面與安裝線圈需要較多的工作時間
圓形		可得最好的偵測角度，唯安裝較困難。
矩形/菱形		安裝與施工容易，較不適用於寬車道。菱形則於較寬之車道有較佳之偵測效果。

基於線圈的形狀對偵測績效有不同程度的影響，菱形與方形為目前國內最常採用的形式，在佈設時皆採直線切割鋪面處理。圓形線圈在偵測時可得最好的偵測角度，惟安裝較困難，故應用不普遍，雖然目前已有切割機問市，但仍具大小固定無法配合路幅寬度調整之缺點。實際佈設上，快速道路因路寬較一致，故常採用圓形線圈，而一般道路則依道路路幅寬度變化情形，一般較常選擇採用菱形、矩形或方形。其中，雙矩形線圈的佈設方式，適合在混合車流的台灣地區裝設，其係採增加一條縱鋸縫於車道中央，如圖 2.2 所示[10]，如此一來中央部分之線圈將與車流方向相同，可增加對超小型車輛的偵測能力，且兩側線圈的電流方向與中央方向不同，會產生對消作用，使得兩側線圈的偵測敏感度降低，減少偵測得鄰近車道

車輛的可能性。通常 1-2-1 單組線圈佈設(指一條線圈位於兩側凹槽內，兩條線圈位於中央凹槽內)用於偵測車輛、卡車或重型機車；若欲偵測機踏車的數量則建議使用 2-4-2 雙組線圈佈設。

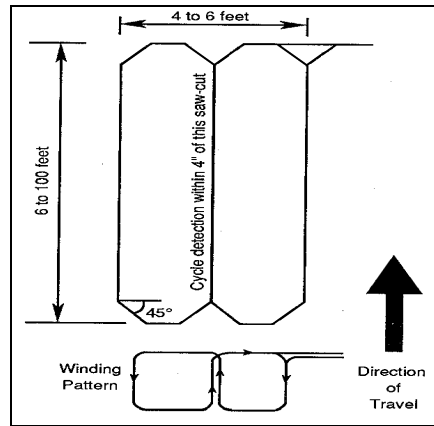


圖 2.2 雙矩形環路線圈佈設

### 2.1.3 環路線圈偵測器的交通參數一般演算式

交通參數資料蒐集後的運算方式隨環路線圈偵測器數目的不同而有所差異 [4,10]。一般常見的佈設方式有單線圈與雙線圈，單線圈可用以偵測車流量，而在計算車輛速度時須假設車輛平均長度；雙線圈則可利用車輛通過兩線圈間的時間差，推算車輛速度與車輛長度。

#### 1. 流量(flow)

當偵測器成功辨識通過道路上某一點的移動車輛時，會將資料傳送到交通號誌控制器或其他交通設施，並更新車流資料。依物理變量的量測，其偵測方式可分為兩種，一為通過(passage)偵測，即利用兩個或兩個以上的環路線圈，量測車輛通過感測區的時間，可識別車輛行進的方向與通過數。但當車流可能出現緩慢移動或停等在觸動式號誌化交叉路口的情形時，則可使用出像(presence)偵測，利用單一環路線圈來量測車輛通過感測區與否，操作上利用車輛壓過線圈時，因車體引起磁通量變化而輸出不同強度之波形訊號後，計算車輛出現的次數。

#### 2. 速率(speed)

由偵測器所量測之速率為現點速率(Spot Speed)，係指某一瞬間內某一特定點之某一車輛的行駛速率，在實務作業上，常以算術平均數來顯現其



於特定時段內所代表之速率水準，但是，在整個交通控制子系統的設計過程中，所引用之平均速率均為空間平均速率，故需由時間平均速率估算空間平均速率[2]：

$$SMS = TMS - \frac{\sigma_T^2}{TMS} \quad (1)$$

其中，SMS = 空間平均速率(公里/小時); TMS = 時間平均速率(公里/小時);  $\sigma_T$  = TMS 之標準差。

以單線圈偵測器收集速率資料時，需先設定「平均車長」，利用距離(平均車長與偵測器長度之和)，除以車輛到達與離開偵測區域的時間差，求得車輛之現點速率：

$$V = \frac{\bar{L}_v + L_d}{t} \quad (2)$$

其中，V = 車輛的點速度(公尺/秒);  $\bar{L}_v$  = 假設之平均車輛長度(公尺);  $L_d$  = 單線圈偵測器之長度(公尺); t = 單線圈偵測器起始感應到結束感應之時間(秒)。

利用雙線圈偵測器收集速率資料，是以第一個線圈長度與第二個線圈間的距離，及車輛到達二個線圈之先後時間差，求算車輛現點速率：

$$V = \frac{L_1 + L_{12}}{t_3 - t_1} \quad (3)$$

其中  $L_1$  = 雙線圈偵測器中第一個線圈的長度(公尺);  $L_{12}$  = 雙線圈偵測器中第一個線圈與第二個線圈間的距離(公尺);  $t_1$  = 車輛進入第一個線圈之起始時間(秒);  $t_3$  = 車輛進入第二個線圈之起始時間(秒)。

### 3. 佔有率(occupancy)

在交通中之要直接量測密度參數是困難的，故在實務上多透過佔有率之量測來推導。佔有率指車輛壓佔在偵測器上的時間對總偵測時間的百分比，可用以判斷該路段是否有擁擠產生，或是評斷道路服務水準。佔有率的計算方法為：

$$\bar{e} = \frac{100}{T} \sum_{i=1}^N T_i \quad (4)$$

其中，佔有率(%); T = 偵測器所量測的時間範圍;  $T_i$  = 第 i 部車在偵測器上所壓佔之時間。

### 4. 車輛長度 (vehicle length)

在單線圈偵測器的邏輯推演中，所使用的車輛長度為事前假設之長度，因此需先調查交通車種分佈或比例，以為車長校估之用。而在雙環路線圈的計算中，乃利用車輛通過線圈的時間差來反推車輛長度(需假設車輛在通過兩線圈時維持一樣的速度)。因此，當車流行進為自由流狀況時，車長的計算較為精確，在交通壅塞(bumper-to-bumper)的情況下所測得的車長將有誤差。車長的計算式為：

$$L_v = V \times (t_2 - t_1) - L_1 \quad (5)$$

其中， $L_v$  = 即時推估之車輛長度(公尺);  $t_2$  = 車輛離開第一個線圈之離去時間(秒)。

## 2.2 旅行時間預測與交通探測車之應用

旅行時間與旅行速率等交通資料預測為先進交通管理系統之基礎研究課題，透過車輛旅行時間預測模式之回顧，有助於對國內外相關研究成果與經過之瞭解，並藉文獻回顧與整理的過程，以淬煉出本研究預測模式之構思方法與提增模式可靠度之良策。

其次，為捕捉車流在時間與空間變化之動態特性，以提供適當之交通管理與控制參數，進而導引車流、紓解擁擠，本研究對於運用交通探測車(Probe Vehicle)擷取即時交通資料之前端資料蒐集技術，以及資料傳輸至後端處理的相關應用論述，將藉以下文獻一窺堂奧。

### 2.2.1 旅行時間預測方法

以研究範圍區分，旅行時間預測可分成城際與市區旅行時間預測。在城際旅行時間預測方面，推估方法係以基本交通參數來推估旅行時間，並大致分成二種：一是以車行速度來估算，利用車輛位於區段之起點與迄點之速度，由區段距離除以車速來計算區段的旅行時間；另一是車流量平衡來估算，利用路段起、迄點之車流量平衡來估算路段中因壅塞而滯流的車輛數，當區段中有滯流的車輛，則使用車流紓解率計算為了疏散區段內滯留車輛所需時間，此紓解時間加上自由車流路況下之旅行時間即為估算區段旅行時間。

在市區旅行時間預測模式方面，由於市區旅次亦受到其他運具以及路口號誌影響，其考慮因素較多較城際旅次之旅行時間預測，模式複雜度亦較城際旅次者為高。其代表性的預測方法以隨機性動態模式之旅行時間推估及以探測車輛之旅行時間推估，為近期研究所採用。隨機性動態模式方面，李俊賢[5]引用 L.Fu 與 L.R. Rilett 所提之動態隨機最短路徑問題，重新

推導性隨機動態旅行時間模式，並將旅行時間的平均值、變異數與不確定性加入計算邏輯中，以了解變異數如何影響旅行時間推估。另外，早期 Box & Jenkins[11]亦利用時間序列中的自我迴歸移動平均整合模式(Autoregressive Integrated Moving Average, ARIMA)模式，建立一個包括自我迴歸項(AR)、移動平均項(MA)與差分處理等三部分的長期旅行時間預估模組。在探測車輛做為旅行時間工具之應用上，Dipl.-Ing 等[12]透過模糊類神經方法，融合地區性交通設施及探測車蒐集的資料，進行旅行時間、速度之估算；Jarjee & Drane[13]以自身發展出的修正型線性車輛旅行時間預估模式為主軸，藉由 GPS 強大的資料蒐集能力，來獲取更精準的旅行時間預估能力，並配合即時路口號誌的修正，使得預測能力更為提昇。

國內近期中，張耀明君[6]曾對台灣地區城際旅行時間可靠度進行分析與量測，發現影響公路客運整體旅行時間可靠度最為嚴重的是行駛時間，而行駛時間延滯的原因通常是路線上的交通狀況，若交通狀況堵塞愈嚴重，則產生的延滯相對增加，另外路線上的交通號誌、交通設施狀況、旅客上下車數量、停靠站次數，及路線長度亦是影響因素。張修榕君[7]則利用即時交通資訊預測旅行時間，並分兩階段進行，第一階段利用模擬方式，產生交通資料，作為資料的產生器，並且作為研究之最後旅行時間驗證部分，第二階段則是採用三層、完全連結及前向式的網路架構，配合倒傳遞演算法來建立不同交通車流型態下之旅行時間預測模式，期望能透過偵測器所偵測之交通資料，提供精準的旅行時間預測，經由反覆的校估與測試，於高速公路旅行時間預測效果良好。

### 2.2.2 交通探測車技術應用

國內在利用探測車蒐集交通資料方面，吳佳峰君[8]透過全球定位系統之車輛歷史旅行資料預估車輛旅行時間，設定車輛運行路線分段以及車輛歷史旅行資料劃分時段之準則，使模式能夠同時適用於城際間長途旅次以及市區內旅次，模式將預估車輛旅行時間分隔為車輛運行時間以及車輛停等時間。同時為了補強運用車輛歷史旅行資料預估無法有效反應車輛實際遭遇非預期性運行狀況之改變，模式將運用車輛實際運行時所傳之 GPS 定位訊號。模式從車輛實際之平均運行速度、前車經過前方路段所傳之該路段最近旅行時間資訊，調整預估車輛運行時間；另外模式從車輛實際停等時間，判斷預估車輛停等時間是否有超估或低估之現象，並調整之。為了測試預估模式之適用性，並以實際國內客運業者車輛旅行資料對預估模式作實例之測試。從測試結果發現模式在未遭遇非重現性之壅塞時，預估旅行時間有著相當不錯之準度，而當遭遇壅塞時，模式之預估旅行時間誤差亦能透過模式預估旅行時間之調整機制而控制在可接受之誤差範圍內。

林世傑君[9]則以北部區域路段為研究範圍，整合中華顧問公司交通千里眼（E-traffic）所提供之即時交通播報資訊（如事件、施工、交通偵測器等），再加上高速公路幾何、交通量之調查與客運車輛 GPS 等資料，盡可能呈現真實的行車環境，主要以都市交流道為預測對象，此外有鑑於道路使用者之起迄點不同，若要發展個別的單獨預測模式太過複雜，引此將研究範圍分成數個群組，構建多個預測模式，且範例資料考慮實際應用未來時間的觀念，分別進行類神經網路之訓練與測試工作，並評選績效較佳的模式進行最後實證分析。

在國外方面，英國 ITIS 組織從 2000 年 2 月起開始蒐集並儲存主要道路上游動車交通資料（Floating Car Data,FCD）[14]，初期即以有限對某些道路提供足夠有效得交通資訊，並且於 2001 年將探測車數量逐漸擴充到足以產生二千一百萬筆車輛定位資料。雖然剛開始的探測車數量並無法符合統計的信賴水準，但 ITIS 究指出，透過融合（fusion）即時（real time）與歷史（historic）的 FCD 資料以及日誌（journalistic）資料，只要掌握資料使用者最希望知道的路段與最希望知道的時段，即可提出有效的資訊，而無須全天候、以大規模車隊去搜集即時交通資料。

Nikhil Bhandari[15] 等人利用複合資料來源（Data from Multiple Sources）來進行資料融合以推估幹道事件，資料來源可為固定偵測器、探測車、其他方式，蒐集之資料分別為每五分鐘的特定區段的路鏈車流量，車輛自由流率、旅行時間，以及利用其他方式所得到資訊如發生意外事件的路段，駕駛者經過該路段時通報中心或由救護人員通告，由此事件偵測系統可估計預期事件，與其所影響該路鏈之旅行時間值。

綜合以上文獻回顧，無論線圈偵測器、交通探測車，其技術其實已相當成熟，且用於交通資料的分析上亦有一定程度之成效，關鍵在於如何提高所蒐集資料的正確性以從事更精確之相關預測，以及資料終端處理與應用上的問題。

## 第三章 偵測器佈設位置與參數演算問題探討

### 3.1 偵測器佈設位置

環路線圈偵測器鋪設時，會先在鋪面上切割一個凹槽，再置電線於槽內，並覆以密封劑後將電線接至電纜上，續接電纜至控制箱內的電子單元。雖然安裝工作的機械性高、複雜度低，但卻是成功偵測的重要關鍵。正確的安裝可確保操作時的有效性，不合適的安裝則會大幅提升故障率。一般常發生於偵測器的安裝與維修過程中遭遇到的問題有以下數點：

1. 鋪面之破裂和移動
2. 線圈隔離被因濕度溫度變化或磨損而破壞
3. 不良的密封劑遭到腐蝕
4. 不適當的導入線與導入電纜間的接合
5. 專業技術人員缺乏

上述工程問題僅能在材料設計和施工中加強監督以改善之。本研究將不多著墨於此。底下吾人將著重於設置的非工程問題—參數演算與佈設邏輯之探討。

應用環路線圈偵測器求算的交通參數主要有：出像(presence)、流量(flow)、速度(speed)與佔有率(occupancy)等，各參數之演算方法已於前節說明。出像資料主要用於觸動式號誌與適應性號誌控制系統，目的在調查車輛之停等時間、起動時間或此路段目前處於有車/無車之狀態；偵測流量、速率、佔有率等交通參數，目的則在於收集完整的交通狀況，提供號誌時制演算之基本資料。目前台灣尚無適應性號誌系統之設置，且只有少部分觸動號誌。而在所謂的連鎖號誌、網路號誌及動態查表的號誌控制系統中，流量、速率、佔有率皆為基本交通控制資料。既然正確的交通資料對控制策略的影響甚鉅，以下將詳細探討交通參數的演算邏輯與佈設方式，希望能找出現行方式未盡考慮之處，以提升偵測時的準確度。

### 3.2 交通參數之演算與佈設方式探討

#### 3.2.1 流量計數

通常以設定之電感門檻決定是否為出像(presence)，當車輛通過時所造成的電感變化大於門檻值，則計數為出像一次，累計得出於單位時間內的車流量。依環路線圈的偵測法則，誤差的發生可能源自以下幾項因素：

1. 電感門檻值設定問題：當電感門檻設定過高時，可能會因為車體本身的因素，使得車輛壓佔線圈所引起的電感量變化較低而被忽略，造成低估流量的情形；反之，門檻設定過低則容易高估車流量。
2. 長型偵測器的設置：當佈設線圈的長度過長，可能有兩部或多部車輛同時壓佔一個偵測器，使得線圈無法辨識各車輛離開或到達的時間，造成流量的低估。一般較易發生於車流量過大、交通壅塞處。車速較低時，由於前後車之間距過小，使得偵測資料不準。
3. 受到隔壁車道大型車的影響而高估流量：大型車輛的車體具有較多的鐵質，車輛寬度較大，若緊鄰車道線行進，可能引起隔壁車道線圈的電流感應，造成流量數的錯誤計數。

### 3.2.2 速率計算

利用單一線圈偵測時會先假設平均車長(公式(2))，將其運用在車輛組成單純的車道，如大型巴士之專用車道或是小客車專用車道較為適用；但車種組成眾多時，平均車長的假設會相對擴大誤差，況且不同時段車輛組成也不盡相同。故欲運用此結果於交通控制上並不切實際。單一線圈式的偵測器只適用於「出像」的計數，若要計算即時速率，則採用雙線圈偵測器較為合適。

雙線圈偵測器所面臨的問題(公式(3))為：

1. 兩環路線圈間的間隔( $L_{12}$ )不宜過長，以免造成兩部或多部車輛同時離開第一個環路線圈，但未進入第二個環路線圈，引起計算邏輯上的錯亂，因此， $L_{12}$  應小於最小車輛長度。依據監理處的資料，目前依市面上較為常見的車款資料中最小長度為 2.5 公尺，故建議  $L_{12}$  不應大於 2.5 公尺。
2. 若第一個環路線圈的長度( $L_1$ )或第二個環路線圈的長度( $L_2$ )過長，當車輛行駛速率較低時，可能有兩部車或多部車同時壓佔一個偵測器，如此一來，只能偵得第一部車輛分別進入兩線圈的時間，這時顯然只有第一部車輛的交通資料能被正確計算，並可能造成其他車輛演算方式上的錯亂。故需要用正確的邏輯判斷以決定偵測資料的有效或無效。

一般利用雙線圈偵測器量測交通資料時，多使用兩相同長度的線圈，並假設車輛在通過兩環路線圈間保持相同的速率。但若改採兩不同長度的線圈，使得  $L_1$  與  $L_2$  的長度不同的時候(如圖 3.1)，可抓取單一車輛進入與離開兩線圈間不同的時間差，得到在交通策略上較為實用的速率資料，計算如(6)所示。

$$V' = \frac{L_1 + L_{12}}{t_3 - t_1}, \quad V'' = \frac{L_2 + L_{12}}{t_4 - t_2} \quad (6)$$

其中， $V'$  = 單一車輛通過第一個線圈時的點速率(m/sec);  $V''$  = 單一車輛

通過第二個線圈時的點速率(m/sec);  $t_1$ =車輛進入第一個線圈之起始時間(sec);  $t_2$ =車輛離開第一個線圈之離去時間(sec);  $t_3$ =車輛進入第二個線圈之起始時間(sec);  $t_4$ =車輛離開第二個線圈之離去時間(sec)。當  $V' = V''$  時，表示車流速率穩定；而當  $V' \neq V''$  時，表示車流速率有變動，此時，若  $V' > V''$ ，表示車流速率可能正在逐漸減小，而若  $V' < V''$  時，表示車輛可能處於起動加速狀態，或是車流速率逐漸增加。

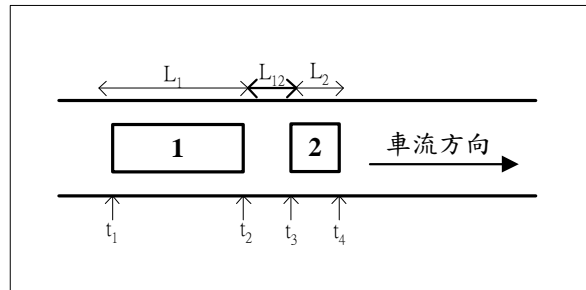


圖 3.1 不同長度線圈示意圖

下面將以圖示方式，推演當  $L_1$  或  $L_2$  長度變化時，可能發生的量測誤差與修正方式。各圖示上方以粗體線標明車道，以方形框簡示偵測器位置，並以小寫英文字母標示不同的階段，即說明隨著時間經過，車輛移動的相對位置。在邏輯推演的過程中，以幾個臨界值為評定的標準，(1)原始設定之偵測器長度以 1.8 公尺(6 呎)為準；(2)低速時車輛所保持的最小間距。依本研究調查路段之實地觀測顯示，即使在低速行駛(在此設定為 20 km/hr)的情況下，車輛間仍會維持一定的距離，最小保持間距約為 3 公尺左右；(3)平均車輛長度。依據黃泰林君[民國 83 年]的研究顯示，小客車的平均車輛長度約在 4.0 ~ 4.5 公尺之間。

狀況(I)：當兩偵測器長度相等時，發生如下程序：(見圖 3.2)

- a. → A 車通過偵測器 1。
- b. → A 車在進入偵測器 2 時，未完全離開偵測器 1。
- c. → A 車離開偵測器 2。

此時速率計算方式係利用車輛通過兩偵測器的時間差，在假設車輛通過偵測器時速率一致的情況下推算速率，如公式(3)所列。

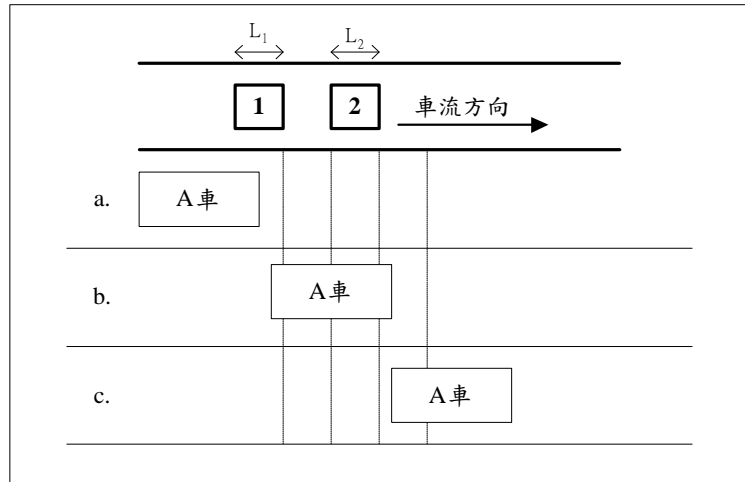


圖 3.2 偵測邏輯推演( $L_1=L_2$ )

狀況(2)：當兩偵測器的長度不同， $L_1$  長度較長且  $L_1 >$  平均車輛長度時，發生程序：(見圖 3.3)

- a. → A 車進入偵測器 1。
- b. → 在 A 車尚未離開偵測器 1 時，B 車也進入偵測器 1。
- c. → A 車離開偵測器 1，進入偵測器 2，B 車尚未離開偵測器 1。
- d. → A 車離開偵測器 2 時，B 車尚未進入偵測器 2。
- e. → B 車進入偵測器 2 後離開。

在這種情況下，需先判斷是否可偵知車輛進入線圈的時間，以認定如何推算正確的交通參數。對於偵測時間的量測情形，茲分析如表 3.1 所示，從表中可以看出此時無法偵知 A 車離開第一個線圈的時間，與 B 車進入第一個線圈的時間，故在推算 A 車的交通資料時，需採用 A 車進入兩線圈的時間差；而在推算 B 車的交通資料時，則需改採 B 車離開兩線圈的時間差進行計算。此時速率的計算公式需做些許調整：

$$V_1 = \frac{L_1 + L_{12}}{t_3 - t_1}, \quad V_2 = \frac{L_2 + L_{12}}{t_4 - t_2} \quad (7)$$

其中， $V_1$ ：第一部車輛之點速度(m/sec);  $V_2$ ：第二部車輛之點速度(m/sec)。



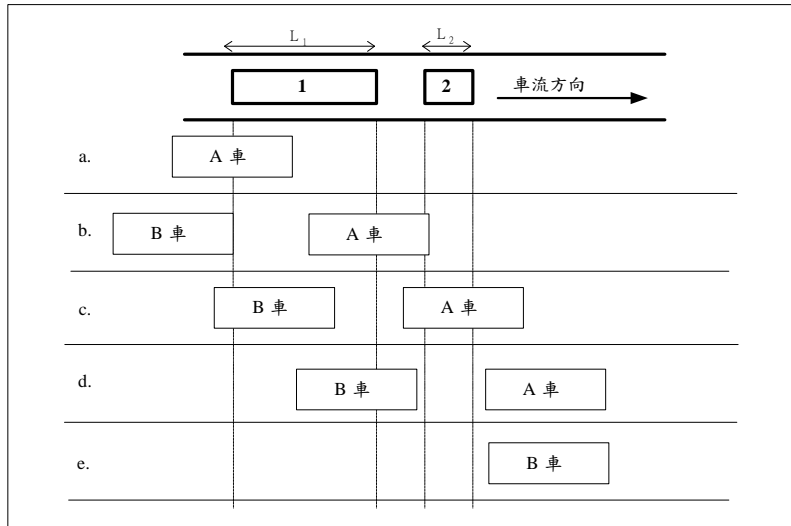


圖 3.3 偵測邏輯推演( $L_1 >$  平均車輛長度)

表 3.1 A 車與 B 車進入線圈的時間( $L_1 >$  平均車輛長度)

	第一個環路線圈		第二個環路線圈	
	進入時間	離開時間	進入時間	離開時間
A 車	可偵知	無法偵知	可偵知	可偵知
B 車	無法偵知	可偵知	可偵知	可偵知

狀況(3)：當兩偵測器的長度不同， $L_2$  長度較長且  $L_2 >$  平均車輛長度時，發生程序：(見圖 3.4)

- a. → A 車進入偵測器 1。
- b. → A 車離開偵測器 1，進入偵測器 2。B 車進入偵測器 1。
- c. → B 車進入偵測器 2 但尚未離開偵測器 1。另 A 車仍在偵測器 2。
- d. → A 車離開偵測器 2，B 車尚於偵測器 2 內。
- e. → B 車離開偵測器 2。

A 車與 B 車進入線圈的時間分析如表 3.2 所示。在此種情形下，無法偵知 A 車離開第二個線圈的時間，與 B 車進入第二個線圈的時間，故應採用 A 車進入兩線圈的時間差來推算 A 車的速率，及採用 B 車離開兩線圈的時間差進行演算，才不會造成計算上的誤差。速率的計算公式如(7)。

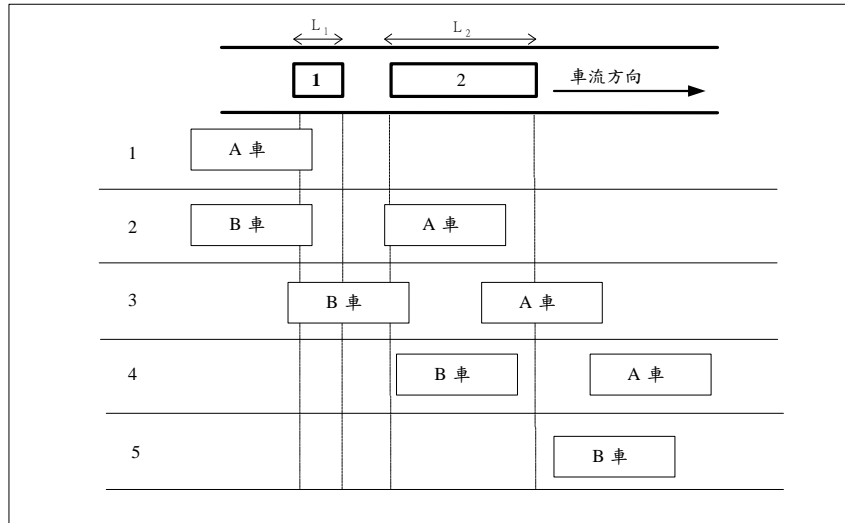


圖 3.4 偵測邏輯推演( $L_2 >$  平均車輛長度)

表 3.2 A 車與 B 車進入線圈的時間( $L_2 >$  平均車輛長度)

	第一個環路線圈		第二個環路線圈	
	進入時間	離開時間	進入時間	離開時間
A 車	可偵知	可偵知	可偵知	無法偵知
B 車	可偵知	可偵知	無法偵知	可偵知

以下將變動  $L_1$  的長度，來進行速率偵測邏輯的推演， $L_2$  長度則固定為 1.8 公尺。

狀況(4)：兩偵測器的長度不同， $L_1$  較長且平均車輛長度  $> L_1 >$  車輛間距時，發生：(見圖 3.5)

- a. → A 車進入偵測器 1。
- b. → A 車尚未離開偵測器 1，進入偵測器 2。B 車進入偵測器 1。
- c. → A 車離開偵測器 2。B 車未離開偵測器 1，未進入偵測器 2。
- d. → B 車進入偵測器 2，離開偵測器 2。
- e. → B 車離開偵測器 2。

A 車與 B 車進入線圈的時間分析如表 3.3 所示，此時仍有可能發生兩部車輛壓佔在同一偵測器上。在此種情形下，無法偵知 A 車離開第一個線圈的時間，與 B 車進入第一個線圈的時間，故應採用 A 車進入兩線圈的時間差來推算 A 車的速率，及採用 B 車離開兩線圈的時間差進行演算，故在計算兩車的速率時須採取不同的時間差，演算式如(7)。

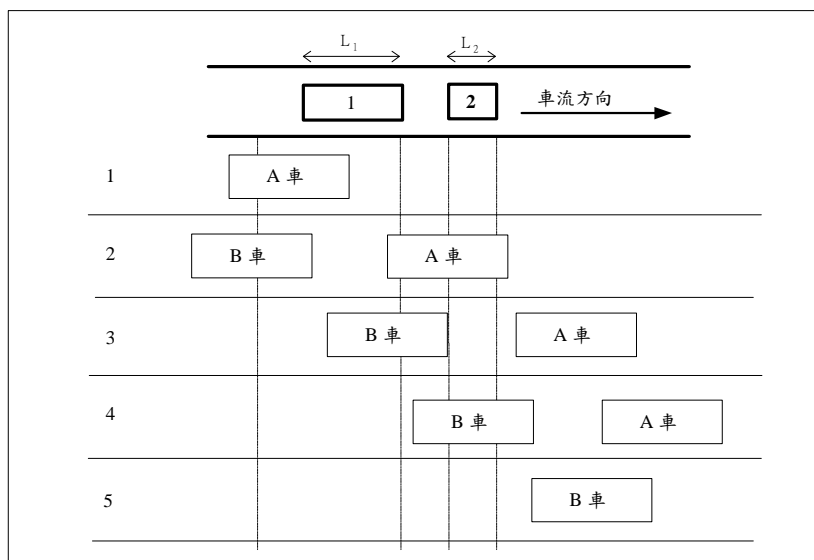


圖 3.5 偵測邏輯推演(平均車輛長度 $>L_1>$ 車輛間距)

表 3.3 A 車與 B 車進入線圈的時間(平均車輛長度 $>L_1>$ 車輛間距)

	第一個環路線圈		第二個環路線圈	
	進入時間	離開時間	進入時間	離開時間
A 車	可偵知	無法偵知	可偵知	可偵知
B 車	無法偵知	可偵知	可偵知	可偵知

狀況(5)：當兩偵測器長度不同， $L_1$  較長且車輛間距 $>L_1>$ 時，發生：(見圖 3.6)

- a. → A 車進入偵測器 1。
- b. → A 車進入偵測器 2，離開偵測器 2。B 車進入偵測器 1。
- c. → B 車進入偵測器 2 但未離開偵測器 1。唯 A 車仍在偵測器 2。
- d. → A 車離開偵測器 2，B 車仍位於偵測器 2 內。
- e. → B 車離開偵測器 2。

由於線圈的長度小於車輛所保持的最小間距，此時於路段中車輛若維持低速行駛，也可減少車輛發生同時壓佔在同一偵測器上的情形。A 車與 B 車進入線圈的時間分析如表 3.4 所示。計算式可維持(3)也可以是(7)。

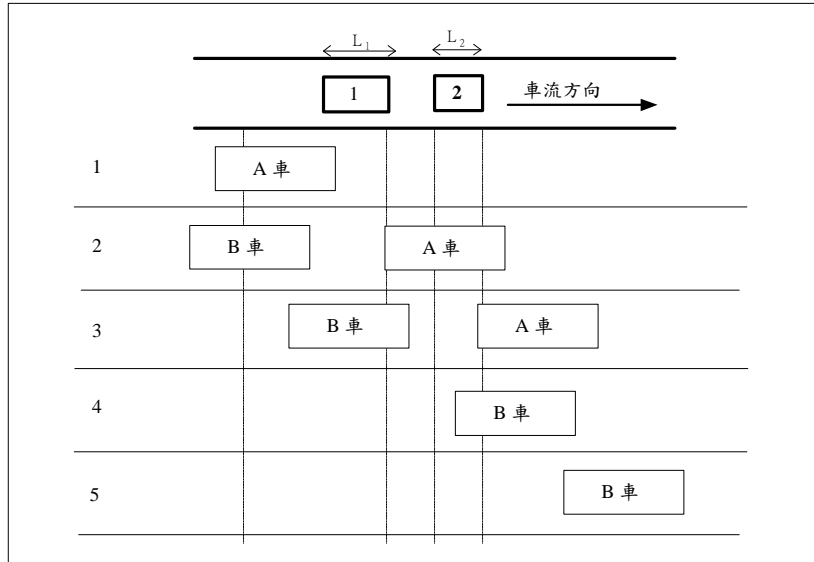


圖 3.6 偵測邏輯推演(車輛間距 $>L_1 > L_2$ 長度)

表 3.4 A 車與 B 車進入線圈的時間(車輛間距 $>L_1 > L_2$ 長度)

	第一個環路線圈		第二個環路線圈	
	進入時間	離開時間	進入時間	離開時間
A 車	可偵知	可偵知	可偵知	可偵知
B 車	可偵知	可偵知	可偵知	可偵知

綜觀上述之偵測邏輯推演分析，顯然在車輛推演速度時，採用公式(7)較適當。也就是說，對 1,3,5,...來車用進入兩線圈的時間差來推算速率，2,4,6,...來車採離開兩線圈的時間差進行演算。

### 3.2.3 佔有率計算

以偵測器量測佔有率時，係以車輛壓佔在偵測器上的時間與總偵測時間之比計算之。佔有率的量測方式較簡單，也較準確。但須注意盡量將偵測器佈設在車流之自由流區，減少壓佔時間過久的現象。

### 3.2.4 車輛長度計算

從公式(3)中可見，推算車長時需抓取車輛通過與離開同一線圈的時間，但在前段探討速率計算時提到，當有兩台以上的車輛壓佔同一線圈時，不一定可以同時量測到兩個時間資料，故若要量測更精確的車長資料需採用其他方式。

而在車流模式中，常以車流量、速率與密度三者的關係來表示車流情形，其中，車流量與速率較容易由量測得知。因佔有率為車流之時間量測

值，而密度重視車流之空間量測，兩者間的關係推導如下。由前面得知，

$$\theta = \frac{100 \sum t_i}{T} \quad \text{及已知} \quad Q = \frac{N}{T} = K \times V \quad (8)$$

則

$$\theta = \frac{100 \times N \times (L_d + L_v)}{1000 \times \frac{N}{K}} = \frac{K \times (L_d + L_v)}{10}$$

推得

$$K = \frac{10 \times \theta}{(L_d + L_v)} \quad (9)$$

其中，Q：流量(輛/小時); N：於偵測時段內之車輛總數; K：密度(輛/公里); V：速率(公里/小時)，由(7)經(1)轉換計得。又由(8)，故由前式可推得

$$L_v = \frac{10 \times \theta \times V}{Q} - L_d$$

### 3.3 小結

針對上節所探討之參數演算與佈設邏輯，整理下列可行之改善方法，以為後續研究環路線圈最佳佈設方式之參考。

#### 1. 在流量計數方面

- (1)環路線圈偵測器在設置時，需先校估門檻值，而門檻值的訂定會隨區域性車輛組成的不同有所調整，即路段特性不同，偵測器的應用情形也不盡相同，應針對不同路段特性加以考量。
- (2)為減少兩台以上的小型車同時壓佔同一偵測器，引起偵測時的誤差，建議將長型偵測器改為連續短線圈，且線圈長度應介於一般底盤長度(1.8公尺)與低速時車輛所保持的最小間距之間。本研究定義車輛的低速為20km/hr，最小車輛間距則採用實地調查的量測值(調查內容請參閱第四章)。
- (3)建議設置於路段的各車道皆埋設兩組偵測器，一組偵測器為單線圈偵測器，設置於停止線前，且與停止線間的距離不應大於平均車輛長度，如此可確保在車隊等候時，只有一台車輛壓佔於線圈之上；另一組偵測器則為雙線圈偵測器，建議放置於路段中之車流自由流區，避免車輛停等於偵測器上的時間過久，如此可收集得到更準確的交通資料。

(4)為減少大型車輛對鄰近車道的偵測產生影響，建議可在大型車輛較多的路段改採雙矩形線圈，如此一來中央部分之線圈將與車流方向相同，可增加對小型車輛的偵測能力，且兩側線圈的電流方向與中央方向不同，可能會產生對消現象，減少偵測得鄰近車道車輛的可能性。

## 2. 在速率計算方面

(1)若採單一線圈計算速率，需預先假設車輛長度，將增加與現實情況間的差距。故當偵測的目的在進行交通控制策略的研擬時，建議採用雙線圈偵測，可較正確量測交通資料。

(2)若欲佈設雙線圈偵測器，則在決定線圈長度時，需先將車輛平均長度納入考量。一般車道均以小客車為主，建議線圈長度應以符合小客車底盤長度為最基本的考量。

(3)雙線圈偵測器可採用兩個不同長度的線圈，以單一車輛通過兩線圈時不同之時間差，推測目前車流情形，增加交通策略研擬的彈性。

(4)兩線圈之間的距離宜小於最小車輛長度，避免有兩部以上車輛同時離開第一個線圈卻未進入第二個線圈。目前市面上最小之車輛長度為 2.5 公尺。

## 3. 在車輛長度計算方面

在交通控制應用上，時以車輛長度作為判定大型車或小型車的標準，若能提高車輛長度量測的精確度，將可輔助相關交通措施的訂定。本研究建議用車流量、速率等資料，配合佔有率與密度函數間的關係來推測車輛長度，因為車流量與佔有率資料皆為可偵測較準確的交通參數，速率則經由良好的演算邏輯校正，如此推估得的車長資料較為準確。

## 第四章 環路線圈偵測器之最佳佈設方式

### 4.1 雙線圈偵測器之佈設位置

環路線圈偵測得到的資料在反應真實車輛數上時有差距，除了偵測器本身發生故障或環路線圈不夠靈敏外，埋設地點不佳、車輛壓佔在偵測器上的時間過久、交通參數演算時的誤差，或是車輛等候線長度超過偵測器設立位置等，都會導致偵測器回傳的交通參數被低估或高估。

從第三章的討論得知，在討論環路線圈於道路上的佈設位置時，可從兩個方面進行討論：若欲將交通資料運用於觸動式號誌或適應性號誌控制時，可在停止線附近佈設線圈，用以偵測車輛數、停等或起動時間；另一則建議設置在路段中，以取得車輛在行進中的車流資料，如流量、速率、佔有率與車輛長度等，且前文中提到，為了交通資料偵測的正確性，將偵測器置於車流之自由流區較為妥適。茲將偵測器建議佈設位置如圖 4.1 所示，圖中以矩形 1、2 和 3 表示擬放置環路線圈的位置，以  $L_i$  ( $i = 1, 2, 3, 4, 5$ ) 表示特定距離或線圈長度。

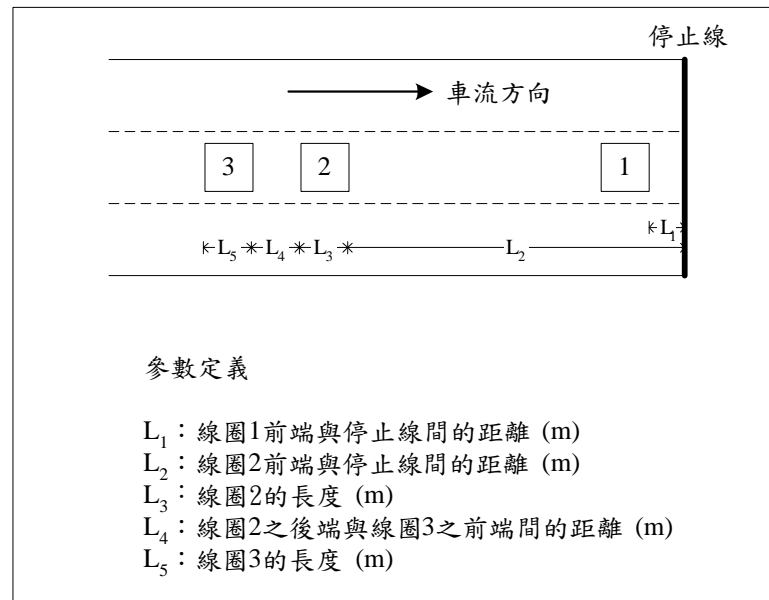


圖 4.1 環路線圈設置示意圖

$L_1$ 、 $L_3$ 、 $L_4$  與  $L_5$  的長度已在第三章中詳盡探討； $L_1$  的長度不宜超過車輛平均長度，以確保只有一部車輛壓佔在線圈上； $L_3$  與  $L_5$  則應隨著地區性車輛組成的不同妥善規劃，減少有兩部以上車輛同時壓佔的機會；而  $L_4$  以不超過最小車輛長度為宜。以下段落將討論決定雙線圈偵測器的佈設位置，即圖 4.1 中  $L_2$  之長度決定，其中考量因素應與蒐集資料的準確度與本土車流特性有關。

在衡量  $L_2$  長度時，應將以下限制條件納入考量：

1. 線圈設置不宜離上游路口過近，應盡量位於車流之自由流區

車輛離開上游路段後多依路口長度進行車道變換，以進入下個路段，此時車流交織現象頻繁，故線圈不宜距上游路口過近。且當車輛停等時，壓佔在偵測器上的時間過久，將影響量測計算的準確性，故線圈置應設於自由流區。

2. 減少變換車道帶來的影響

車輛轉換車道時，不會連續通過兩個環路線圈，造成行進軌跡無法被完整偵測，或由於車體偏離線圈，線圈感應的電感量變化將可能低於門檻值而造成流量低估，故選擇將線圈置於變換車道次數最少的路段。

3. 不同車道可能所需的長度不同

各車道的車流特性皆不盡相同，如最內側車道由於車流組成較一致，故車流行為較穩定；越靠近外側車道的車流組成較複雜，可能受到機踏車變換車道、公車靠站、停車場出入口、加油站出入口或車輛進出巷弄等干擾而造成延滯，故應依車道別的不同來考量偵測器設置的位置。

4. 應考慮道路段長度的限制

路段長度不同，可能會使得車輛所需之起動時間、加速或煞車所需距離也不盡相同，故應納入考量。

5. 考慮號誌週期及時制長度，尤其是紅燈時間

號誌週期長度影響車輛通過路口的數量，在綠燈時相之車輛通過率小於紅燈時的車輛抵達率的情況下，將與車輛停等長度有直接的關係，故在考量線圈位置時也應考慮號誌時制週期，若號誌控制不當，則可能影響車輛之行進。

## 4.2 實驗設計案例

由於各路口的交通狀況迥異，因此  $L_2$  的決定應因地制宜。在本研究將實地進行車流觀察，測量交通資料，並以數值分析與統計迴歸的方式，決定本研究所調查路段之  $L_2$ 。本節將詳細介紹現場調查的方式，包括調查對象的選擇、調查地點現況簡介，與資料收集方法等，其次對就所收集的資料進行統計比較，最後是分析討論的結果。

### 4.2.1 現場調查與資料收集方式



## 1. 調查對象選擇原則

### (1) 號誌化交叉路口

如前所述，紅燈停等時將引起車輛等候，號誌化交叉路口的車輛受到號誌時相的控制，在路口停止線前方常有停等的現象。故在選擇號誌化路口進行調查，觀測由時制控制對車流造成的影響。

### (2) 道路與車流型態完整

調查路段應與一般道路狀況相符，故不應排除路旁設施所帶來的干擾，且應包含各式車流型態，如機車、汽車與大型車之車流行為。

## 2. 調查時間

由於交通具有明顯的尖離峰特性，若欲使偵測器之佈設能滿足最嚴苛的交通狀況，則宜選擇一般上班日交通量較高之尖峰時段進行調查。爰此，選定以台北市辛亥路與和平東路間的新生南路北向路段為研究案例，並於民國 91 年 4 月 23 日至 25 日(星期二至星期四)的上午 7:30 至 8:30 實地觀測。

## 3. 調查方式

調查時於附近建築的頂樓架設攝影機拍攝車流畫面，再回實驗室以電視放映，採人工讀值的方式，進行觀測資料的取得。於高樓拍攝可減少因角度造成的誤差，但是由於樓高的限制，使得攝影畫面無法一次涵蓋較長之路段，需多部攝影機同步連續拍攝。調查前先在本路段安全島上之定點放置施工樁，以利未來在觀測時能有效確定參考位置。而在讀取資料時，應先找尋參考位置，並標記在透明投影片後，貼於電視螢幕上以進行觀測。

## 4. 調查資料

由 4.1 節的決策準則與文獻中得知，車流量、車道轉換次數、車輛等候線長度為一般認為最可能影響偵測器準確率的因素，故本研究選擇於觀測時記錄的交通資料有：

- (1) 車流量。
- (2) 各車道別之車輛變換車道數。
- (3) 紅燈停止時之等候線長度。

## 5. 調查地點簡介

### (1) 路段幾何概況

本調查範圍為新生南路介於和平東路口與龍安國小前號誌之路段，總長約為 210 公尺。此路段共有四車道(在此定義最內側車道為第一車道，最外外側車道為第四車道，餘類推)，並於距下游路口 50 公尺處增闢為五車道，此時最內側車道為左轉專用道(在此定義為左轉車道)，平均車道寬度約為 3 公尺。第二、三車道在停止線處設有機車停車區，路側共有三個巷弄出入口，(分別位於距離路口停止線 48 公尺、98 公尺、149 公尺處)，一個國小出入口(約距路口停止線 200 公尺處)，一個加油站出入口(約距路口停止線 28 公尺)，以及公車站牌等候處(約距路口停止線 68 至 82 公尺處)。本路段幾何型態如圖 4.2 所示。

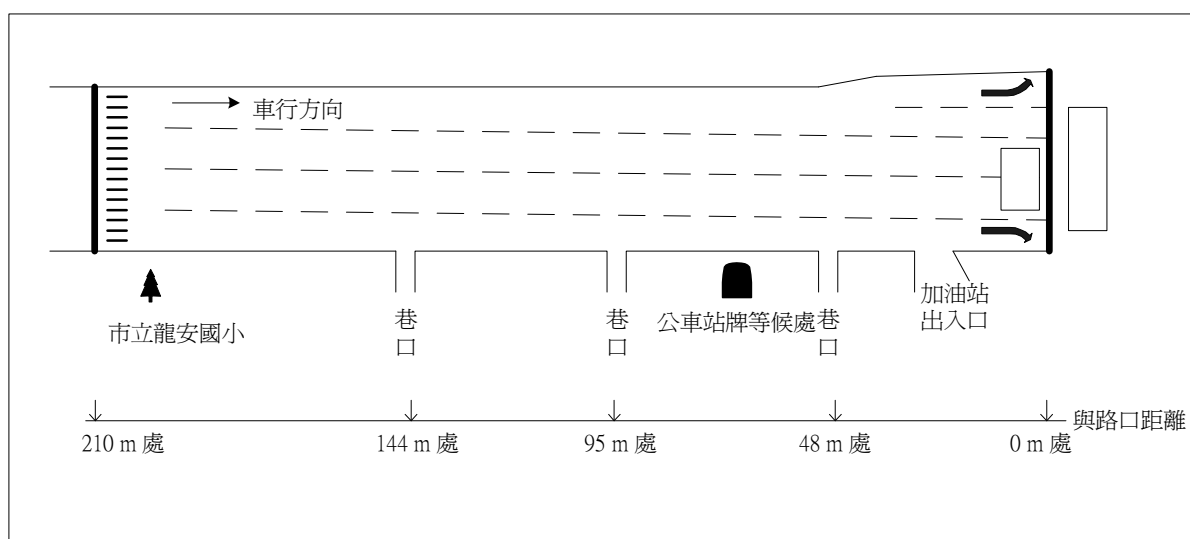


圖 4.2 路口幾何型態示意圖

## (2) 號誌時制設定

在本調查時段之號誌週期長度為 200 秒，其綠燈開放時間分為兩階段：車輛直進(含右轉)時間為 75 秒(含黃燈 3 秒，全紅 2 秒)，左轉專用時相(含右轉)時間為 25 秒(含黃燈 3 秒，全紅 3 秒)。

## (3) 尖峰時段的歷史交通量

本路段之歷史交通量係參考中華顧問工程司於民國九十年所進行的調查，其上午尖峰時段的車流量如表 4.1 所示。

表 4.1 尖峰時段歷史交通量

車輛行為 車種	左轉	直進	右轉
上午 7:00-8:00 之車流量			
大型車	5	74	14
小型車	272	1034	74
機車	0	2055	85
上午 8:00-9:00 之車流量			
大型車	7	73	16
小型車	359	1388	78
機車	0	4677	90

## 4.2.2 資料統計

4.2.1 節中提到，觀測時應量測車流量、各車道別之車輛變換車道數及紅燈停止時之車輛等候線長度。本節將介紹如何統計這些調查資料，以利進一步分析。

依個別車道之觀測，將在實驗室讀值時所記錄的資料，轉換為以下兩種參數進行資料統計，參數之定義如下所示。

### 1. 偵測失敗率(以 $f$ 表示)

由於雙線圈偵測器於佈設時之長度特性，因而選擇以 10 公尺為一觀測單位，於實驗室讀值時對四個車道分別進行觀察，以每隔 10 公尺劃分一個區塊，此時各車道皆有 20 個區塊等待觀測。觀測的目的在分析了解各偵測區塊內車輛之車道變換情形。

一般而言，同一車輛需連續通過兩個線圈，其車流行為始被完整記錄，得以推算車輛速率及長度等交通資料，若由於車輛的轉換車道行為，未通過兩個線圈而有漏失偵測的情況發生，將造成電感變化量的低估，影響偵測之準確率。因此，必須考量各偵測區塊受到鄰近車道車輛之進入與離開行為，所產生偵測時的失敗。

本段所討論之偵測區塊和鄰近車道關係與應用參數如圖 4.3 所示，在求取各偵測區塊因變換車道而引起的偵測失敗率( $f$ )時，應先取得進入區塊車輛之偵測失敗率( $f'$ )與離開區塊車輛之偵測失敗率( $f''$ )，茲說明如下：

(1)  $f'$  的計算：

在同一車道中，以離開偵測區塊進入鄰近車道之車輛數( $n'_o$ 、 $n''_o$ )，除以由前一區塊進入此偵測區塊之車輛數( $N_i$ )求得，目的在了解已進入偵測區塊的車輛，卻未被正確偵測到的比率有多少，故在觀測時須計算通過本偵測區塊上游測量線之車輛數，與由本偵測區塊轉入其他車道之車輛數。

(2)  $f''$  的計算：

亦以自鄰近車道進入偵測區塊之車輛數( $n'_i$ 、 $n''_i$ )，除以由偵測區塊進入下一區塊之車輛數( $N_o$ )求得，目的在評估離開本偵測區塊的車輛，卻未在區塊內被正確偵測的車輛比率，故在觀測時須計算通過本偵測區塊下游測量線之車輛數，與其他車道轉入本偵測區塊的車輛數。

得到  $f'$  與  $f''$  值後，再求取兩者的平均值，即為欲求之  $f$ ，偵測失敗率的公式見(式 4.1)至(式 4.3)所列。

分別計算各個調查日的  $f$  後，再除以調查天數，得到本路段中各分隔區塊之偵測失敗率的平均值，計算結果見表 4.2。將各個車道偵測失敗率，依區塊分隔作一比較，如圖 4.4 所示。

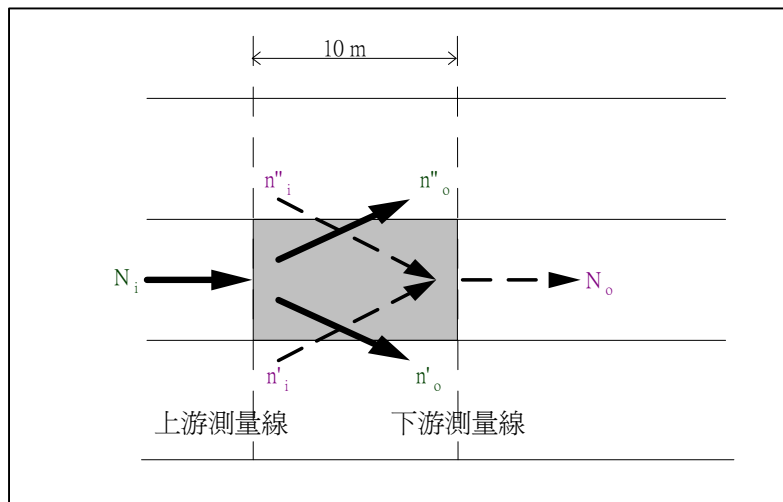


圖 4.3 偵測區塊與臨近車道關係圖

計算：

$$f' = \frac{n'_o + n''_o}{N_i} \quad (\text{式 4.1})$$

$$f'' = \frac{n'_i + n''_i}{N_o} \quad (\text{式 4.2})$$

$$\text{得 } f = \frac{f' + f''}{2} \quad (\text{式 } 4.3)$$

其中， $f$ ：偵測失敗率

$f'$ ：進入區塊車輛之偵測失敗率

$f''$ ：離開區塊車輛之偵測失敗率

$N_i$ ：同一車道中，由前一區塊進入偵測區塊之車輛數

$N_o$ ：同一車道中，由偵測區塊進入下一區塊之車輛數

$n'_o$ 、 $n''_o$ ：離開偵測區塊之車輛數

$n'_i$ 、 $n''_i$ ：進入偵測區塊之車輛數

表 4.2 偵測失敗率計算值(f)

車道 \ 區塊分隔 (與停止線距離)	車道			
	第四車道	第三車道	第二車道	第一車道
200-190 公尺	0.111	0.061	0.069	
190-180 公尺	0.039	0.048	0.058	
180-170 公尺	0.040	0.068	0.037	
170-160 公尺	0.018	0.064	0.023	
160-150 公尺	0.008	0.073	0.039	
150-140 公尺	0.026	0.031	0.007	
140-130 公尺	0.005	0.005	0.005	
130-120 公尺	0.014	0.061	0.039	
120-110 公尺	0.044	0.064	0.046	
110-100 公尺	0.048	0.040	0.030	
100-90 公尺	0.027	0.054	0.035	
90-80 公尺	0.039	0.036	0.006	
80-70 公尺	0.010	0.045	0.032	
70-60 公尺	0.075	0.109	0.047	
60-50 公尺	0.049	0.087	0.021	
50-40 公尺	0.042	0.079	0.027	
40-30 公尺	0.036	0.025	0.014	
30-20 公尺	0.017	0.039	0.018	
20-10 公尺	0.055	0.056	0.027	
10-0 公尺	0.007	0.026	0.014	

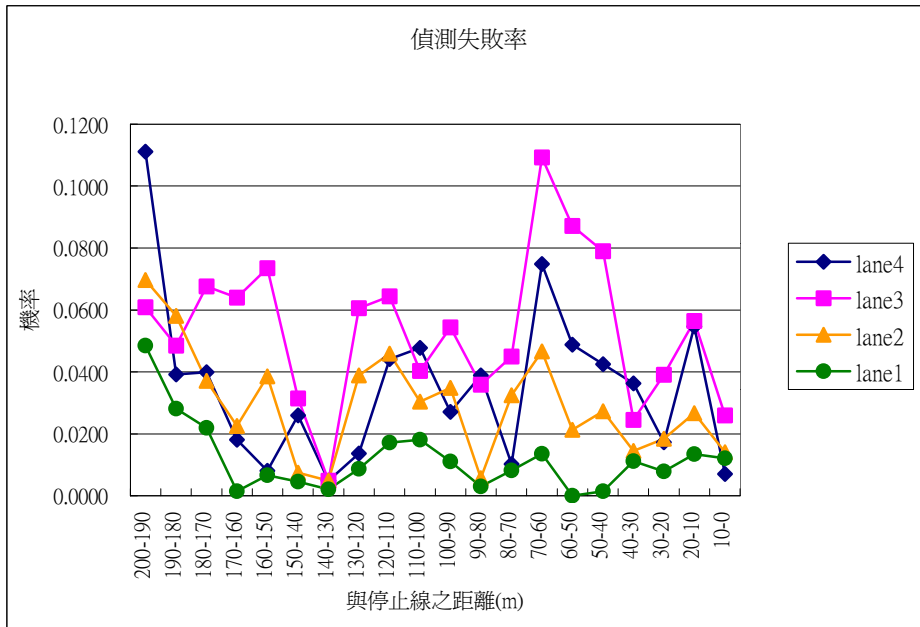


圖 4.4 各車道之偵測失敗率比較

從圖 4.4 中可以看到，各車道的偵測失敗率約有三個高峰區間，一為車輛初入調查路段時，二為距離路口停止線 130 公尺至 100 公尺處，三為距離停止線 70 公尺至 40 公尺處。而第一車道的圖形較為平緩，可能是由於多數進入內側車道的駕駛者在進入路段之時已決定行進方向，第二車道圖形的平緩度次之；雖然第四車道位於最外側，最容易受到路旁設施的干擾影響，但第三車道圖形的曲折程度較第四車道為大，可能原因是在第四車道距停止線 56 至 82 公尺處設有公車站位，當有公車停靠上下乘客時，將使得跟隨在後的車輛停等，或是被迫轉換車道，因此第三車道受到車輛變換車道的影響程度反而較第三車道來得多。

## 2. 車輛等候線長度

號誌化交叉路口的車輛，因受號誌分配路權和車輛起動延誤等影響，在路口停止線前方常有停等的現象，因而產生等候線長度。等候線的長短將影響路口的服務水準，若號誌控制不當，則可能影響到附近路口車輛之行進。

在本研究中所定義的車輛等候線長度意指於某號誌化交叉路口中，於紅燈時相開始後，上游還未有車輛進入本路段的時間，於某一車道上最後一部靜止車輛距離路口停止線有多遠，即定義為等候線長度。

等候線長度可用公尺或車輛數來表示，本研究以長度單位來分析。

因車輛等候線長度屬於延續性性質，舉例來說，於同一紅燈時相內，偵測之等候線長度為 155 公尺，則由停止線至 155 公尺處所涵蓋的所有區塊皆發生車輛停等之行為，此時從 160 公尺至停止線間每一區塊之車輛停等數皆計數為一次(若無車輛停等的區塊則計數為零)，如此可忠實記錄每一區塊發生車輛停等的次數。在計算上是以調查時段內，每一區塊的累計停等次數，除以總調查之紅燈週期數，即得到各偵測區塊之車輛等候發生機率。

分別計算各個調查日道的車輛等候線長度後，再轉換為發生等候現象之機率值，除以調查天數，得到本路段中各分隔區塊的等候機率平均值，計算結果如表 4.3 所示。將各個車道中，各偵測區塊的等候機率比較如圖 4.5 所示。

表 4.3 車輛等候出現機率

車道 區塊分隔 (與停止線距離)	車道			
	第四車道	第三車道	第二車道	第一車道
200-190 公尺	0.000	0.000	0.000	0.000
190-180 公尺	0.000	0.000	0.000	0.039
180-170 公尺	0.000	0.000	0.020	0.078
170-160 公尺	0.000	0.039	0.118	0.157
160-150 公尺	0.000	0.118	0.176	0.275
150-140 公尺	0.039	0.118	0.216	0.392
140-130 公尺	0.098	0.157	0.333	0.490
130-120 公尺	0.176	0.176	0.529	0.667
120-110 公尺	0.314	0.294	0.647	0.765
110-100 公尺	0.431	0.471	0.745	0.804
100-90 公尺	0.608	0.784	0.843	0.824
90-80 公尺	0.706	0.843	0.961	0.961
80-70 公尺	0.922	0.961	1.000	1.000
70-60 公尺	0.941	0.980	1.000	1.000
60-50 公尺	1.000	1.000	1.000	1.000
50-40 公尺	1.000	1.000	1.000	1.000
40-30 公尺	1.000	1.000	1.000	1.000
30-20 公尺	1.000	1.000	1.000	1.000
20-10 公尺	1.000	1.000	1.000	1.000
10-0 公尺	1.000	1.000	1.000	1.000

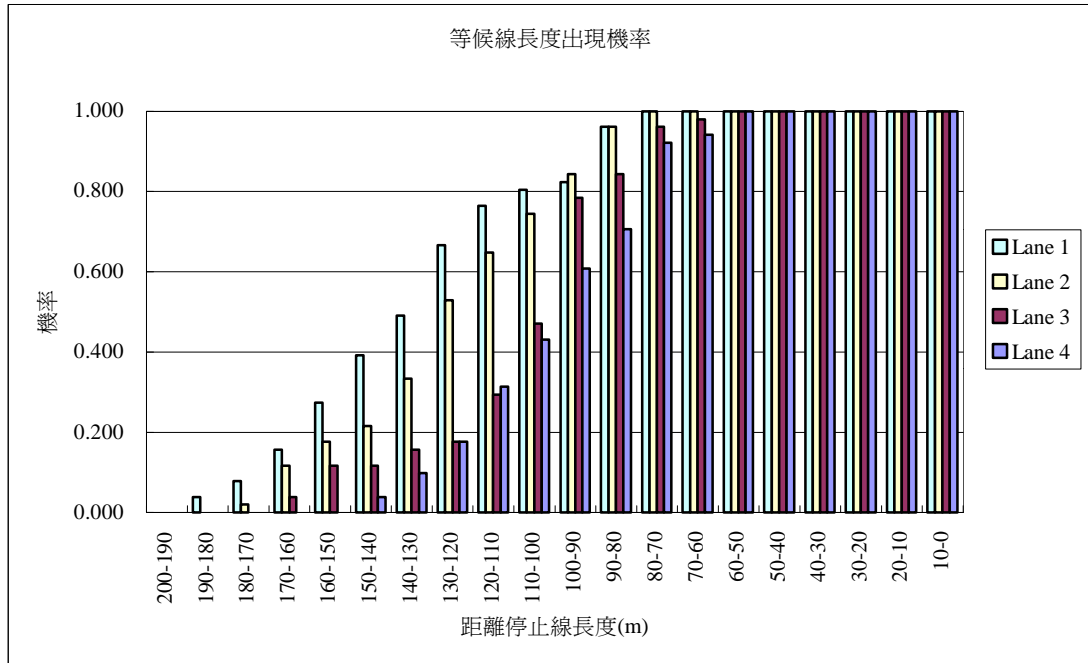


圖 4.5 車輛停等機率比較

從圖 4.5 中可見，較內側的車道之車輛等候線長度較長，較外側的車道之車輛等候線較短，這是由於已決定行進方向的駕駛者，在進入路段時會設法切入符合行進方向的车道中。在本調查路段中，左轉與直進的車輛佔所有車輛數的九成以上，如表 4.1 所示，故於第一、第二車道有較長的車輛等候線長度。

### 4.3 測試結果評量

為使環路線圈有較高的準確率與偵測數，在分析時首先考慮因車輛轉換車道而對偵測造成的影響，這是因為當車輛有變換車道的行為時，雙環路線圈無法完整抓取其行進軌跡，將造成偵測上的誤判；其次，在考慮偵測失敗率的同時，也應減少車輛壓佔在線圈上時間過久的發生機率，故應考慮車輛等候線長度，推估車道中最少被車輛長時間壓佔的位置。因此，在分析時依偵測器佈設時的長度特性，於各車道以每 10 公尺為一分隔區塊，計算偵測失敗機率與車輛等候出現機率，再將兩者相加得另一機率值，稱為偵測失敗指標，表現偵測誤差發生的可能性。各區塊分隔之偵測失敗指標分佈圖形，見圖 4.6 至 4.9 所示。



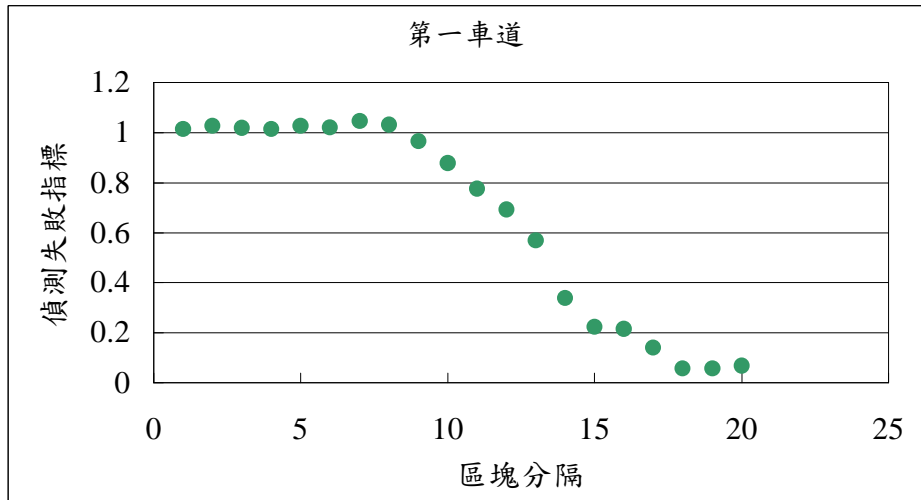


圖 4.6 第一車道之偵測失敗指標

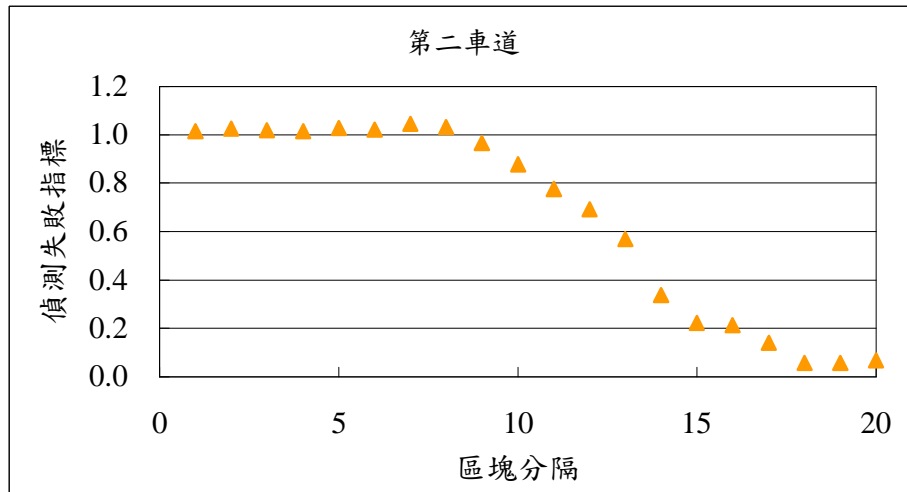


圖 4.7 第二車道之偵測失敗指標

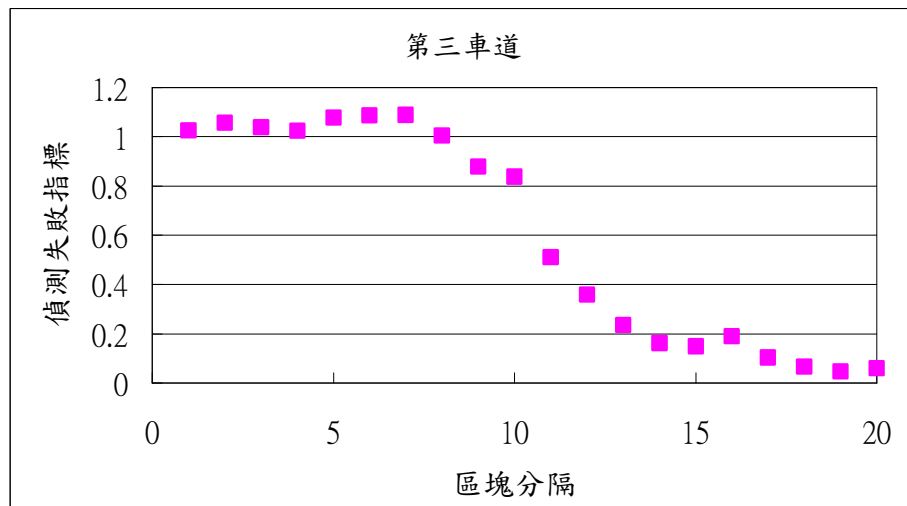


圖 4.8 第三車道之偵測失敗指標

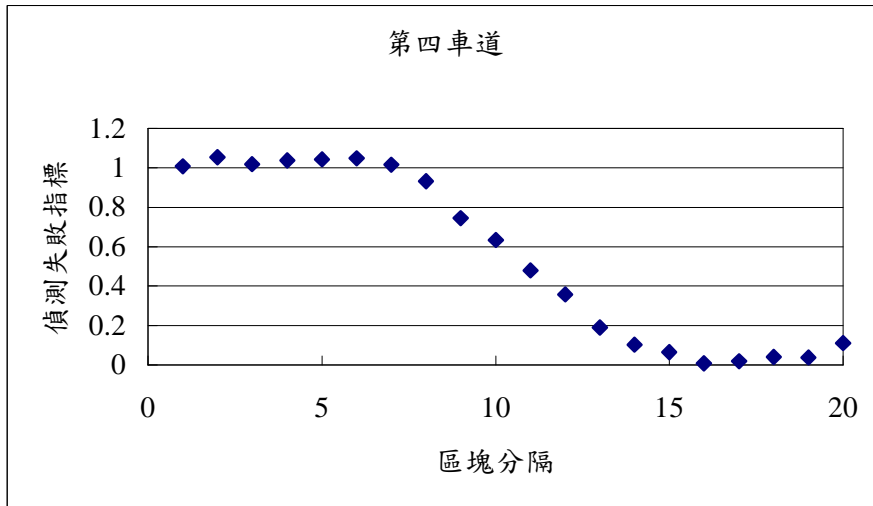


圖 4.9 第四車道之偵測失敗指標

從上列四個圖形中，可以看出第一車道的趨勢最為平緩，資料分佈情況為最小，第二車道次之，越外側車道的變動範圍越大，但第三車道又較第四車道有更多的變異性，理由如前所述，這是由於駕駛者在進入路段時會盡量靠往行進路線行駛，使得內側車道的車種組成較為一致，且不受到路側設施或機車的干擾，第三車道變異性較大的原因為第四車道設有公車等候站位，因此當公車靠站上下乘客時，跟隨在後的車輛會產生停等或變換車道的行為，故實際上第三車道的流動與轉換車輛較多。由此可以看出，在預測偵測器位置時，較內側車道的預測值將較為準確。

在了解 F 的分佈趨勢後，對調查資料進行迴歸分析，分析時將區間分隔視為 X，F 機率值作為 Y，由統計軟體 SPSS 逐步迴歸分析，找出最適迴歸方程式次數。下列各表即為各車道統計檢定的結果。

表 4.5 預測模式係數統計檢定表(第一車道)

模式	未標準化係數		t 值	$\alpha=0.05$ 臨界 t 值	f 值	$\alpha=0.05$ 臨界 f 值	調整後 R <sup>2</sup> 值
	估計值	標準誤					
常數	0.866	0.061	14.301	2.093	224.643	3.239	0.972
X <sub>1</sub>	1.256E-02	0.003	4.779				
X <sub>2</sub>	-1.858E-04	0.000	-6.082				
X <sub>3</sub>	5.071E-07	0.000	5.050				

表 4.5 為第一車道的係數統計檢定表。從表中可以看出，當 X 的指數達到三次方時，R<sup>2</sup> 值達到 0.972，顯示模式具有不錯的解釋能力。此時各係數之 t 值皆大於  $\alpha=0.05$ (信賴區間為 95%) 時之臨界 t 值，代表拒絕 H<sub>0</sub> 假設，各變數之係數皆為顯著。

表 4.6 預測模式係數統計檢定表(第二車道)

模式	未標準化係數		t 值	$\alpha=0.05$ 臨界 t 值	f 值	$\alpha=0.05$ 臨界 f 值	調整後 R <sup>2</sup> 值
	估計值	標準誤					
常數	0.866	0.061	14.299	2.093	224.534	3.239	0.971
X <sub>1</sub>	1.256E-02	0.003	4.780				
X <sub>2</sub>	-1.857E-04	0.000	-6.083				
X <sub>3</sub>	5.073E-07	0.000	5.051				

表 4.6 為第二車道的係數統計檢定表。從表中可以看出，當 X 的指數達到三次方時，R<sup>2</sup> 值達到 0.971，顯示模式具有不錯的解釋能力。此時各係數之 t 值皆大於  $\alpha=0.05$ (信賴區間為 95%) 時之臨界 t 值，代表拒絕 H<sub>0</sub> 假設，各自變數的係數皆為顯著。

表 4.7 預測模式係數統計檢定表(第三車道)

模式	未標準化係數		t 值	$\alpha=0.05$ 臨界 t 值	f 值	$\alpha=0.05$ 臨界 f 值	調整後 R <sup>2</sup> 值
	估計值	標準誤					
常數	0.882	0.078	11.367	2.093	161.257	3.239	0.962
X <sub>1</sub>	1.524E-02	0.003	4.524				
X <sub>2</sub>	-2.582E-04	0.000	-6.596				
X <sub>3</sub>	8.191E-07	0.000	6.363				

表 4.7 為第三車道的係數統計檢定表。從表中可以看出，當 X 的指數達到三次方時，R<sup>2</sup> 值達到 0.718，雖然較前兩車道為小，但已在超過可接受的標準仍，具有不錯的解釋能力。此時各係數之 t 值皆大於  $\alpha=0.05$ (信賴區間為 95%) 時之臨界 t 值，代表拒絕 H<sub>0</sub> 假設，各自變數的係數皆為顯著。

表 4.8 預測模式係數統計檢定表(第四車道)

模式	未標準化係數		t 值	$\alpha=0.05$ 臨界 t 值	f 值	$\alpha=0.05$ 臨界 f 值	調整後 R <sup>2</sup> 值
	估計值	標準誤					
常數	0.878	0.045	19.353	2.093	489.942	3.239	0.987
X <sub>1</sub>	1.503E-02	0.002	7.631				
X <sub>2</sub>	-2.738E-04	0.000	-11.961				
X <sub>3</sub>	9.086E-07	0.000	12.072				

表 4.8 為第四車道的係數統計檢定表。從表中可以看出，當 X 的指數達到三次方時，R<sup>2</sup> 值達到 0.849，顯示模式具有不錯的解釋能力。此時各係數之 t 值皆大於  $\alpha=0.05$ (信賴區間為 95%) 時之臨界 t 值，代表拒絕 H<sub>0</sub> 假設，各自變數的係數皆為顯著。

在得到各車道之迴歸式後將迴歸式微分，利用極值發生處切線斜率等於零的理論，找尋可能發生極值的區域，以評定於偵測器於路段中之最適佈設位置。故在數值分析時，選擇最接近於零的區位，數值分析結果見表 4.9。表 4.9 可看出在第一車道中，最小極值可能發生區位在距停止線 190-200 公尺之區塊；第二車道的最小值發生於距停止線 180-190 公尺處；第三車道發生於距停止線 170-180 公尺處；第四車道的發生於距停止線 170-180 公尺處。最後將建議佈設之線圈位置歸納如表 4.10。若依建議位置佈設，可由迴歸模式計算出此時第一車道的線圈偵測失敗率為 14.14%，第二車道的失敗率為 12.70%，第三車道的失敗率為 15.85%，第四車道的失敗率為 16.76%，可見越內側車道於線圈偵測時的準確率越高。

表 4.9 數值分析結果

車道 區塊分隔 (距離停止線)	車道			
	第一車道	第二車道	第三車道	第四車道
200-190 公尺	<b>0.000315</b>	0.00379	0.007981	0.017324
190-180 公尺	-0.00205	<b>0.001078</b>	0.003807	0.011897
180-170 公尺	-0.00412	-0.00133	<b>0.000125</b>	0.007015
170-160 公尺	-0.00588	-0.00413	-0.00307	<b>0.002678</b>
160-150 公尺	-0.00734	-0.0059	-0.00577	-0.00111
150-140 公尺	-0.00849	-0.00736	-0.00797	-0.00436
140-130 公尺	-0.00934	-0.00852	-0.00969	-0.00706
130-120 公尺	-0.00988	-0.00938	-0.01091	-0.00922
120-110 公尺	-0.01012	-0.00993	-0.01165	-0.01083
110-100 公尺	-0.01005	-0.01019	-0.01189	-0.0119
100-90 公尺	-0.00969	-0.01014	-0.01164	-0.01242
90-80 公尺	-0.00901	-0.00978	-0.0109	-0.01239
80-70 公尺	-0.00803	-0.00913	-0.00967	-0.01182
70-60 公尺	-0.00675	-0.00817	-0.00794	-0.01071
60-50 公尺	-0.00517	-0.00691	-0.00573	-0.00905
50-40 公尺	-0.00328	-0.00535	-0.00302	-0.00684
40-30 公尺	-0.00108	-0.00348	0.000176	-0.00409
30-20 公尺	0.001418	-0.00132	0.003866	-0.0008
20-10 公尺	0.004221	0.001153	0.008047	0.003044
10-0 公尺	0.007328	0.003925	0.012719	0.007429

表 4.10 建議佈設位置

車道別	建議佈設位置(與停止線距離)	失敗率
第 1 車道	190-200 公尺處	14.14%

第 2 車道	180-190 公尺處	12.70%
第 3 車道	170-180 公尺處	15.85%
第 4 車道	160-170 公尺處	16.76%

## 第五章 計程車即時行逕追蹤系統架構

即時交通資料之搜集與管理為先進交通管理系統之基礎研究課題，運用先進之交通量測技術擷取交通資料，以捕捉車流在未來時間與空間變化之動態特性，可用以提供適當之交通控制與管理參考，進而導引車流行駛替代道路，消弭車流過度擁擠情形。

以都市地區而言，壅塞路段經常為重現性車流瓶頸之所在，以解決道路壅塞問題所需現況交通資訊來看，一般交控設施運作所需之交通參數多仰賴線圈偵測器或監控設備來獲取，然而此等車流資訊蒐集須被動地等候車輛通過以後，才能進行資料偵搜動作，所得交通資訊雖透過即時傳輸、處理等操作，仍可發揮即時交通改善作用，然因不具預測未來一定時間範圍內交通變化之功能，故無法預防車流發生壅塞，一旦駕駛人依即時資訊行駛建議路段後始發現路況並非如預期，卻已身陷車陣中，則此時「即時」交通資訊就僅能疏緩而不能預防交通壅塞了。

為求得道路「線」交通參數，本研究第二單元嘗試以交通探測車(Probe Car)作為動態交通資料蒐集工具，其原理係在車流中以一定數量的車輛作為交通資料蒐集的工​​具，這些車輛需裝置如通訊傳輸及定位系統等裝備，將所搜尋的交通資料及時傳輸至中央處理中心，作資料重整、運算及相關邏輯控制等。本研究運用交通探測車的觀念，以都市地區為範圍，以計程車裝載車機單元的方式，利用 GPS 定位系統追蹤其所在道路區位之座標值，進而轉換為預測道路車輛旅行時間等資料。研究重點雖以推估路段旅行時間為最終目標，但相關交通參數如旅行速率與 OD 推估等將可一併求出。研究之主要內容包括：系統功能與需求研擬、車輛旅行時間模式構建、實驗系統架設與實驗車裝機、測試，以及旅運資料分析等。

### 5.1 系統功能

本研究旨在構建車輛動態旅行時間之推估系統，從邏輯分析的觀點，整體方式係透過擷取車輛的動態行為軌跡，來達到某路線車輛旅行時間的預測；其中，描述車輛的運動軌跡係利用定位的技術，為充分掌握定位資訊所顯現的旅運特性，須藉由無線通訊傳輸為媒介，將資料送到具有處理大量資料的中心電腦資料庫系統進行相關演算與儲存，故車輛動態旅行時間推估系統之建立，在於完成一系列資料的定位、通訊傳輸、運算與儲存等動作。

經初步系統分析結果，欲達到旅行時間推估之目的，本研究系統運作須能執行或具有以下功能：

- 車輛定位資料接收/傳送
- 旅運資料儲存與整合分析
- 模式庫操作運算

其中，為掌握車輛動態軌跡之時空變化，車輛位置資料的產生須透過定位裝置定時將車輛最新抵達位置以數值座標系統顯現，以利後續定位資料分析。在伺服器端，因交通探測車所擷取的位置座標資料量十分龐大，資料存取需求可觀，同時考量透過無線通訊傳輸，系統得以結構化查詢方式讀取資料，故選用結構化查詢語言（SQL）撰擬資料庫伺服器應用程式做為系統作業平台，以對路段資料、定位資料及旅運資料進行系統化的分類儲存。在使用者端規劃方面，本資料管理庫系統所存放之旅運資料，為提供即時動態旅行時間查詢或終端運用，未來可經由良好的資料傳輸界面作相關連結，以滿足使用者端不同資訊需求管道，而資料在不同界面間轉譯、交換之需求需透過資料閘道（gateway）功能來完成；惟此部分不在本研究範圍。

## 5.2 系統需求

系統為達上述功能須配置相關實體設施，其單元組成可分為二部份：

- 車上單元(on-board unit)－本單元在以 GPS 為定位技術的系統架構下，接收器僅能產生車輛本身的位置資料，提供車載電腦處理，其與資料處理中心間之資料傳遞則須仰賴無線通訊技術之進一步整合。基本運用方式為記錄車輛位置座標、行車速度、行車路線…等資訊，本單元內容包括：
  1. 車上 GPS 定位系統（GPS 接收器、車載電腦）
  2. 無線通訊傳輸系統（GPRS 模組）
- 中央處理單元(Central Process Unit)－本單元透過無線通訊傳輸系統來接收行車資訊，主要工作為車輛旅運特性與定位資料處理、車輛轉向預測、旅行時間與旅次起迄推估，以及路段屬性資料建立。本單元內容包括：
  1. 旅運資料庫
  2. 路段屬性資料庫
  3. 模式庫各系統單元擬定之運作方式如下：
- 車上單元：
  1. 記錄系統啟動時間、關機時間、GPS 座標、行車速度…等基本資訊。
  2. 自動偵測訊號強弱及自動重新定位，以提供穩定可靠之車輛定位。
  3. 以 GPRS 模組傳輸定位資訊至中央處理單元。
- 中央處理單元：

1. 設定定位資訊之相關資料庫格式，以及定時紀錄回傳之時間和條件。
2. 查詢定位系統回傳之時間狀態。
3. 支援自動資料回傳，使不漏失任何資訊。
4. 具備錯誤偵測及篩選功能，以確保使用正確定位資料。
5. 提供定位資料缺損、漏失補遺功能。

### 5.3 系統規劃

系統之運作方式主要結合了衛星定位系統（GPS，Global Position System）、無線通訊系統（GPRS，General Packet Radio Service）和地理資訊系統（GIS，Geographical Information System）等技術，利用探針車原理在都市地區計程車上裝置 GPS 接收儀，車機藉由 GPS 衛星定位接收訊號，以取得車輛目前所在的時間、空間位置資訊；再透過車機的無線通訊設備，以 GPRS 的通訊技術將車輛的定位資訊、速度、旅運時間等基本資料回傳至控制中心匯入資料庫，經融合車輛轉向機率及車輛之旅行時間歷史資料進行演算處理，進而求得旅行時間預估資料。整個系統組成架構及定位資料擷取之操作流程詳如下圖 5.1、5.2 所示。

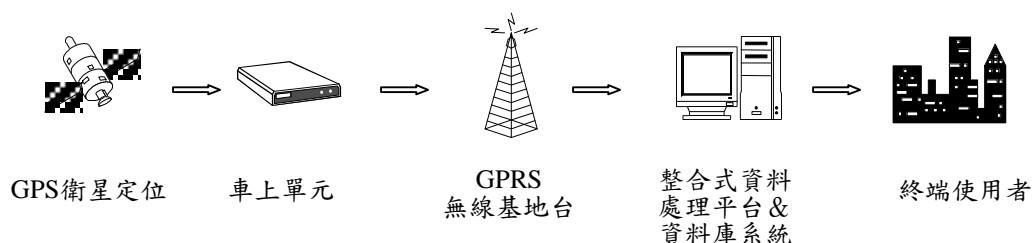


圖 5.1 系統架構



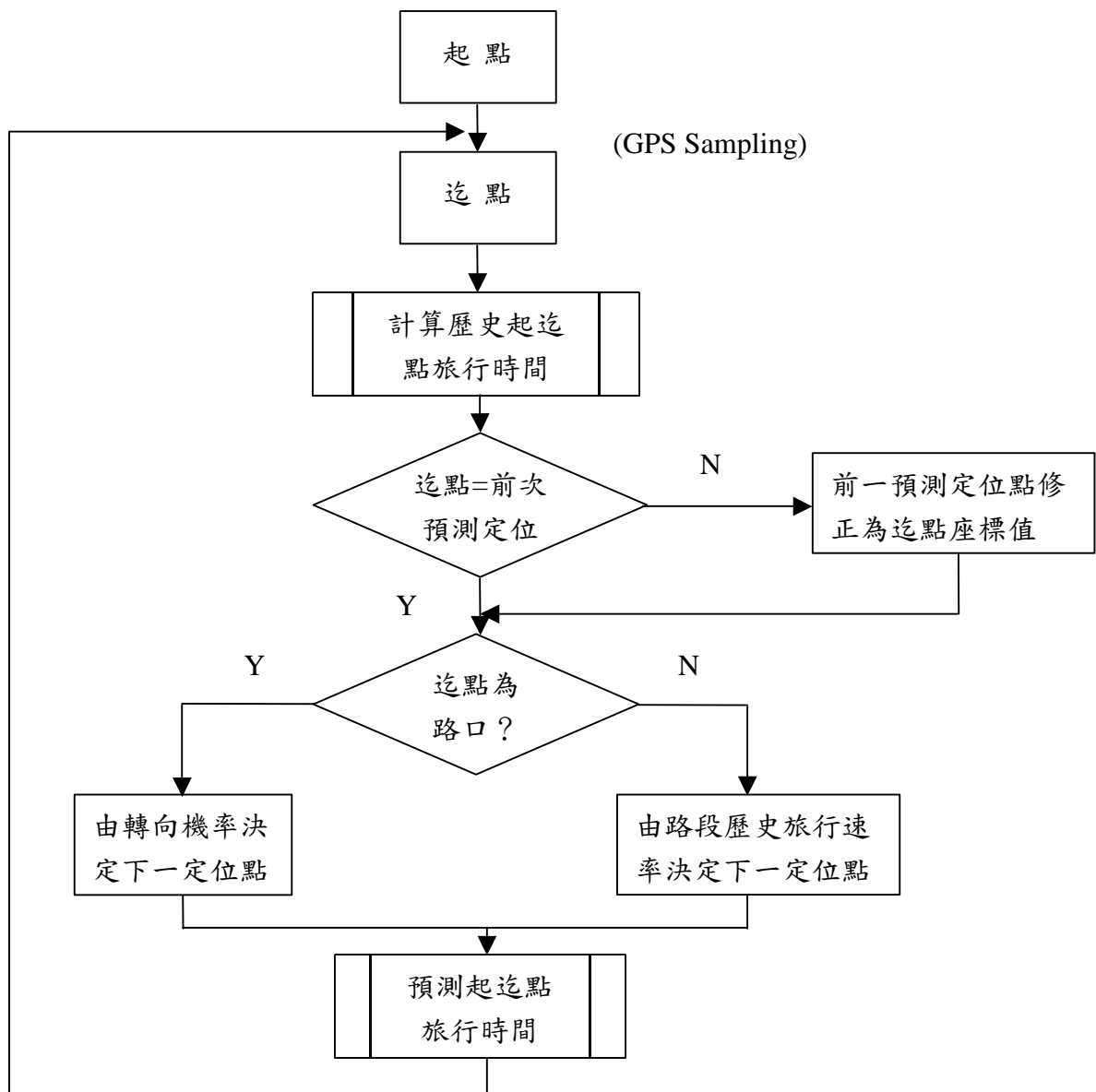


圖 5.2 定位資料擷取之操作流程

#### 5.4 車輛旅運資料運算模式構建

本研究預測車輛旅行時間的核心模式庫包括：車輛轉向預測模組及車輛旅行時間推估模組。車輛轉向預測模組主要利用探測車隨機轉向特性，予以事先推算車輛轉向定位點，以利即時輸入計算路段旅行時間，獲取行前之資訊參考。車輛旅行時間推估模組則考量以車輛在該路段先前的旅行時間，以及相鄰路段目前的旅行時間為依據，提供預測旅行時間的背景數據。此外，為輔助旅運行為分析，所得定位資料將可透過旅次推估模組而

得到車輛全程的起迄資訊。

#### 5.4.1 車輛轉向預測模組

本研究將微觀車流轉向問題，採馬可夫鏈 (Markov Chains) 隨機性質來求算未來交通在有限空間內之狀態遞移性，進而預測車輛集結趨勢。首先將車輛轉向機率定義如下：

$$P_{ij} = \frac{n_{ij}}{\sum_{j=1}^m n_{ij}}, P_{ij} \geq 0, \sum_{j=1}^m P_{ij} = 1 \quad \forall j=1,2,\dots,m$$

其中

$P_{ij}$ ：車輛由路段  $i$  轉向路段  $j$  的機率

$n_{ij}$ ：車輛由路段  $i$  轉向路段  $j$  的次數

$m$ ：路口路段數

整理所有可能轉向以矩陣型態表示，可得轉向機率矩陣：

$$A = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{m1} & P_{m2} & \dots & P_{mm} \end{bmatrix}$$

為一  $m \times m$  階矩陣，每一列總和為 1，矩陣內各機率值均大於或等於 0。

依據轉向機率矩陣可得馬可夫鏈的一個重要性質即： $L = \lim_{n \rightarrow \infty} A^n$ ， $L$  為平衡矩陣，即當矩陣重複自乘至無限次之後，矩陣內的各機率值將趨向一穩定值而不再變化（計算方式有兩種，一為利用向量空間之線性轉換的代數方法，另可利用規則轉變矩陣求得，此處不另探討）。因此，車輛轉向機率之理論趨勢值可以下列模式表之：

$$P = I \times L$$

其中

$I$ ：車輛於路口進入各路段之初始機率（依路口轉向交通量歷史資料得出此先驗機率）

$L$ ：平衡矩陣

#### 5.4.2 車輛旅行時間推估模組

依據 Jarjees, G & Drane, C 於第四屆 ITS 世界會議 (1997) 所發表的公車旅行時間預測方法，本研究加入車輛轉向考量後，定義車輛旅行時間之線性預測模式如下：

$$\hat{T}_l^N = \sum_{j=N-M-1}^{N-1} a_j \times T_l^j + \langle T_l \rangle_{\{N-M-1, \dots, N-1\}} \times \sum_{n \in N_L} \sum_{Z \in Z(n)} b_n^Z \times \frac{T_n^Z}{\langle T_n^Z \rangle_{Z(n)}} \times \hat{P}_n + V_l^N$$

模式之意義為：車輛旅行時間推估值等於車輛在該路段先前的旅行時間，加上車輛在相鄰路段目前的旅行時間。其中，

$\hat{T}_l^N$ ：車輛在時間  $N$  行駛路段  $l$  的預測旅行時間值

$M$ ：運算中所使用的點數

$a_j, b_n^Z$ ：模式係數，係採最小均方值的觀念，藉由使誤差項最小來推估

$V_l^N$ ：誤差項

$N_L$ ：鄰接路段子集

$Z$ ：所有先前已量測的路段之最近的旅行時間子集

$\langle X \rangle_m$ ：考量整個子集  $m, X$  的期望值

$\hat{P}_n$ ：為  $P_n$  矩陣對應之機率值

$P_n$ ：車輛轉向機率之理論趨勢值， $P_n = I \times L$

在旅行時間估算模式中，模式係數  $a_j, b_n^Z$  的決定係依最小平方原理使殘差的平方和為最小，即

$$\text{Min} \quad V_l^N = \begin{bmatrix} e(1) \\ \dots \\ e(m) \end{bmatrix}$$

為便於分析說明，將旅行時間預測模式表示為線性模型  $Y = \beta X + \nu$ ，其性能指標定義為：

$$\text{Min} \quad J = \sum_{i=1}^m e^2(i) = \nu^T + \nu, \text{ 求得 } \hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T Y, \text{ 為模式參數}$$

$\beta$  之最小平方推定子。

### 5.4.3 車輛旅次推估模組

近來旅次起迄推估技術不斷有新的主張，主要由路網上去獲取資訊，尤其以路段交通流量反推 OD 的方式，諸如 Bayesian 法、最大概似法、最小資訊法及均衡指派法……等；隨著 ITS 的發展，以往靜態的旅次推估型態已不符合需要，而需以動態的起迄矩陣資料作為動態路網指派的分析基礎，然先進的反推 OD 方法不論是牌照識別或直接偵測，仍不脫單一運輸走廊的分析模式，尚未擴展到整體路網之應用。

依照本研究前述車輛轉向預測方法，車輛位置狀態遞移如以巨觀的角

度觀之，係質點在時空的變化，由微觀的角度視之，則為車輛從一個路段進入另一個路段的過程，因此，本研究旅次起迄推估實為各路段鏈結後的旅次端點預測。首先，在旅次推估前為作業方便，須將路網座標系統進行轉換，亦即將衛星定位所採用之地球座標系統（現為 WGS84）對應轉換成 XY 座標系統，此時即可將車輛移動距離表為 X、Y 方向之分量。

假設車輛初始定位點為  $G^r(X_0, Y_0)$ ，則預測時間  $t + \Delta t$  之車輛位置座標為：

$$G^r \left\{ X_0 + [E(V_x) \times \Delta t], Y_0 + [E(V_y) \times \Delta t] \right\}$$

其中

$$E(V_x) = V_x \times f(V_x)$$

$f(V_x)$ ：車輛到達預估定位點之旅行速率分配

## 5.5 車輛通訊問題探討

車輛在移動過程中進行通訊，無疑只能運用無線的方式；本研究探測車蒐集旅行時間資料與中心最大溝通需求是傳回定位資料，為提供中心單元與探測車通訊需求，可以廣域無線通訊提供訊息交換機制。本研究係透過 GPRS 模組，提供無線、即時、可靠且具成本效益之資料傳輸功能，提供一理想之通訊平台，此模組主要係針對整合至車機系統，並與 GPS 衛星導航模組進行整合。

由於目前係以 GSM (Global System for Mobile Communications) 為世界上數位行動標準的主流。所使用的標準為 TDMA (Time Division Multiple Access) 無線介面。系統能在 900 MHz、1800 MHz 或 1900 MHz 頻帶上使用。網路的連線是以電路交換 (Circuit-Switch) 方式，而網際網路上的資料傳遞則以封包交換 (Packet-Switch) 的方式，不同的交換架構，導致彼此間的網路幾乎都是獨立運作，並不互相連接。GPRS 技術標準的制定與發展改變這兩種網路互相獨立的現況。GPRS 服務是在現有的 GSM 網路上，加上幾個數據交換節點，因為數據交換節點具有處理封包的功能，所以使得 GSM 網路能夠和網際網路互相連接，GSM 網路無線傳輸的便利與網際網路資訊的豐富都能彼此共享，並具有可以處理大量的封包資料之效能；目前通訊費率稍高，為本系統實作運用最大的問題。

## 第六章 計畫成果與後續研究

本研究第一單元之研究內容已大致完妥，並與原預估之工作目標相符。該單元回顧環路線圈偵測器原理，並探討目前實務上的應用問題，藉由實際觀察與模式推估的方式，研擬在不同交通資料蒐集目的下，偵測器之佈設方式與於路段中之位置、大小、形狀，並分析探討如何提升資料蒐集之準確率，以滿足交通控制的參數要求。後續工作內容包括第二單元車機系統之通訊模組裝機測試、中心端資料庫系統平台構建及「線」交通參數之估算研究，以及第三單元有關「點」、「線」資料融合技術於旅次起迄倒推與旅行時間推估等之研究。

另在成果發表方面，計有二篇完成學術發表，一則為投稿中華民國運輸學會 2002 運輸學刊，名為「環路線圈車輛偵測器之參數與佈設方式研究」，另一則為發表於中華民國運輸學會第 17 屆論文研討會，標題為「都市地區即時車輛動態旅行時間推估模組之實作架構」；其中，後者經評定具學術討論價值，並於大會中進行簡報發表與討論，獲得眾多寶貴意見與期許。

## 參考文獻

### 中文部分

1. 中華顧問工程司，車輛偵測器，民國 90 年。
2. 林豐福等，交通號誌控制系列叢書（十）--交通資料偵測與蒐集，交通部運輸研究所，民國 85 年。
3. 劉佳任，車輛偵測器之概說，中華技術，民國 90 年。
4. 蔣封文，應用車隊擴散理論於構建網路型號誌控制模式之研究，成功大學交通管理科學研究所博士論文，民國 83 年。
5. 李俊賢，在靜態模型中運用傅立葉轉換分析隨機性動態旅行時間之研究，國立台灣大學土木工程研究所博士論文，民國 83 年。
6. 張耀明、張新立，台灣城際旅行時間可靠度之分析與量測之研究，民國 88 年。
7. 張修榕、吳健生，高速公路旅行時間之預測，國立中央大學土木工程研究所碩論，民國 90 年。
8. 吳佳峰、王晉元，有 GPS 資訊提供下之車輛旅行時間預估模式之研究，國立交通大學運輸工程與管理研究所碩士論文，民國 90 年。
9. 林世傑、魏健宏，高速公路旅行時間預測之研究-類神經網路之應用，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國 90 年。

### 英文部分

10. Institute of Transportation Engineers, Traffic Detector Handbook, 2<sup>nd</sup> edition, 1991.
11. Box, G. E. P., and Jenkins, G., *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, Holden-Day, 1976.
12. Dipl.-Ing. Frank Offermann Heusch/Boesefeldt GmbH, Aachen, Germany, Fusion of Local Traffic Data and Floating Car Data for Travel Speed Estimation by a Neuro Fuzzy Approach, 8th World Congress on ITS 30 September-4 October 2001.
13. Ghassan Jarjees and Chris Drane, Methods for Predicting Bus Travel Times Using a Signpost Positioning System, 4th World Congress on ITS Proceeding, 21-24 October 1997.
14. Jonathan Burr, Nick Simmons, Floating Vehicle Data-Number of Probes for Real Time Coverage, ITIS Holdings Plc, 2001.

15. Nikhil Bhandari etc., Arterial Incident Detection Integrating Data from Multiple Sources , Transportation Research Record 1510.