99-141-5366
MOTC-IOT-98-IDB008

動態交通資訊之技術開發與應用研究(三)

影像偵測技術應用於既設閉路攝影機之功能測試評估

著者：吳炳飛、瞿忠正、陳昭榮、王晉元
楊錚諺、高志忠、陳侯諭、黃奕勳、鍾孟良、古閔宇、
蕭文淵、劉育均、邱勝鎰、陳柏均、羅慶同
曹瑞和、李　霞

交通部運輸研究所

中華民國 99 年 12 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

動態交通資訊之技術開發與應用研究. 三, 影像偵測技術應用於既設閉路攝影機之功能測試評估 / 吳炳飛等著. – 初版.– 臺北市 : 交通部運研所, 民 99.12
面 ; 公分
ISBN 978-986-02-6317-6(平裝)

1. 交通管理 2.自動化 3.管理資訊系統

557.15029 99025153

動態交通資訊之技術開發與應用研究(三)
影像偵測技術應用於既設閉路攝影機之功能測試評估

著 者：吳炳飛、瞿忠正、陳昭榮、王晉元
楊錚諺、高志忠、陳侯諭、黃奕勳、鍾孟良、古閔宇、蕭文淵、劉育均、邱勝鎰、陳柏均、羅慶同
曹瑞和、李 霞
出版機關：交通部運輸研究所
地 址：10548 臺北市敦化北路 240 號
網 址：www.iot.gov.tw (中文版＞圖書服務＞本所出版品)
電 話：(02)23496789
出版年月：中華民國 99 年 12 月
印 刷 者：有限責任臺北縣原住民印刷勞動合作社
版(刷)次冊數：初版一刷 90 冊
本書同時登載於交通部運輸研究所網站
定 價：200 元
展 售 處：
交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：(02)23496880
五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號•電話：(04)22260330
國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號•電話：(02)25180207

GPN：1009904658 ISBN：978-986-02-6317-6（平裝）
著作財產權人：中華民國（代表機關：交通部運輸研究所）
本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部分內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：動態交通資訊之技術開發與應用研究(三)－影像偵測技術應用於既設閉路攝影機之功能測試評估

國際標準書號（或叢刊號）	政府出版品統一編號	運輸研究所出版品編號	計畫編號
ISBN 978-986-02-6317-6(平裝)	1009904658	99-141-5366	98-IDB008

本所主辦單位：運輸資訊組
主管：曹瑞和
計畫主持人：曹瑞和
研究人員：李霞
聯絡電話：（02）23496886
傳真號碼：（02）25450426

合作研究單位：國立交通大學
計畫主持人：吳炳飛
協同主持人：瞿忠正、陳昭榮、王晉元
地址：新竹市大學路 1001 號
聯絡電話：（03）5710657

研究期間
自 97 年 12 月
至 98 年 12 月

關鍵詞：車輛偵測器、事件偵測、影像處理

摘要：

國內交通管理單位已普遍建置CCTV來監控路況，若能將影像偵測器整合於CCTV系統，在有限經費及人力下，對於交通管理自動化及路況資訊之擴充將帶來莫大助益。本計畫以自行研發的影像式偵測系統為基礎，以臺北市、臺北縣及桃園縣交控中心的CCTV影像為測試對象，並運用變異數分析（ANOVA）方式，來探討在不同CCTV之影像品質、幅率、架設高度、角度、時段、天候條件及車流特性下，系統所呈現的偵測與辨識能力，實測結果證明幅率、照明及影像品質對於系統偵測的準確率影響最顯著。另外，影像式車輛偵測器結合雙攝影機系統，並完成掉落物、逆向行駛車輛、事故車及違規停車等事件偵測，同時，將車牌偵測技術運用於追蹤車牌位置，試作結果也驗證雙攝影機系統與執法系統整合確實可行，使交通管理自動化進一步提升至交通執法自動化。

出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
99 年 12 月	368	200	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。

機密等級：

□密 □機密 □極機密 □絕對機密

（解密條件：□ 年 月 日解密，□公布後解密，□附件抽存後解密，
□工作完成或會議終了時解密，□另行檢討後辦理解密）

■普通

備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: Technology Development and Application for Dynamic Traffic Information (III) -- The assessment of ~~Applying~~ applying image detection technologies to CCTV systems

ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER	PROJECT NUMBER
ISBN 978-986-02-6317-6 (pbk.)	1009904658	99-141-5366	98-IDB008

DIVISION: Information Systems Division
DIVISION DIRECTOR: Ray-Her Tsaur
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Ray-Her Tsaur
PROJECT STAFF: Hsia Lee
PHONE:（02）23496886
FAX:（02）25450426

PROJECT PERIOD
FROM December 2008
TO December 2009

KEY WORDS: vehicle detector, incident detection, image-processing

ABSTRACT:

CCTV systems have been widely constructed through traffic control departments and spread in domestic arteries to monitor and manage traffic conditions. Under limited budgets and man power the integration of vision-based vehicle detectors and CCTV systems is beneficial for collecting traffic information automatically. In this project, the CCTV test images are captured from the traffic control centers in Taipei City, Taipei County, and Taoyuan County, and testified the detection results through the vehicle detection system developed in the previous project. In order to analyze the factors that may influence the accuracy rate of vehicle detection including image quality, frame rates, altitudes and angle of the installed CCTV camera, period, weather, and traffic flows, a statistical technique called analysis of variance (ANOVA) is applied to analyze the correlation of the factors. The experimental results have shown that image quality, frame rates, and illumination have a great influence on the accuracy rate of vehicle detection. Additionally, a dual-camera detection system combined with a license plate tracking system is proposed to identify the vehicles which violate traffic regulations. According to the experimental results, the dual camera system employed to enforce the laws is verified as feasible. Furthermore, the projects have shown that the level of automated traffic management is promoted to the level of automated traffic law enforcement.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE	CLASSIFICATION
December 2010	368	200	☐RESTRICTED ☐CONFIDENTIAL ☐SECRET ☐TOP SECRET ■UNCLASSIFIED

The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.

目錄

目錄 III

圖目錄 V

表目錄 VIII

第一章　緒論 1-1

1.1 研究背景與動機 1-1

1.2 研究目的 1-2

1.3 研究範圍 1-2

1.4 問題描述與現況探討 1-2

1.5 研究內容 1-4

1.6 研究流程 1-5

第二章　實測系統架構 2-1

2.1 前期架構與關鍵技術回顧 2-1

2.1.1 前期系統架構回顧 2-1

2.1.2 前期關鍵技術回顧 2-2

2.2 本期實測系統架構 2-4

第三章　實測計畫說明 3-1

3.1 實測項目 3-1

3.2 影響準確率因子探討 3-6

3.2.1 光源特性 3-7

3.2.2 車流行為特性 3-9

3.2.3 路段環境特性 3-10

3.2.4 攝影機架設特性 3-11

3.3 實測環境介紹 3-12

3.3.1 交控中心架構 3-12

3.3.2 影像取得方式 3-18

3.4 實測項目分類 3-24

3.5 小結 3-27

第四章　實測評估分析 4-1
4.1 評估指標說明 4-1
4.2 穩定度分析 4-3
4.3 準確率分析 4-8
4.3.1 總量分析 4-9
4.3.2 時段準確率分析 4-14
4.3.3 氣候影響準確率分析 4-19
4.4 影響準確率之變項分析 4-21
4.5 新增功能試作－多攝影機同時於單一主機運作 4-38
4.6 事件偵測測試結果 4-40
4.7 誤判影像分析 4-42
4.8 小結 4-59
第五章　雙攝影機偵測系統功能試作 5-1
5.1 前期架構與關鍵技術回顧 5-1
5.2 本期系統運作原理 5-4
5.3 試作項目與環境說明 5-19
5.4 試作成果探討 5-21
5.5 小結 5-27
第六章　結論與建議 6-1
6.1 結論 6-3
6.2 建議 6-8
參考文獻 參-1

附錄 A 簡報 A-1
附錄 B 期中、期末審查會議紀錄暨意見回覆 B-1
附錄 C 前期影像式車輛偵測系統規格及架設環境 C-1
附錄 D 前期影像式車輛偵測系統演算流程 D-1
附錄 E 車輛辨識流程之視覺車長與車寬 E-1
附錄 F 車輛交疊切割流程 F-1
附錄 G 前期雙攝影機系統架設環境 G-1
附錄 H 實驗數據分析 H-1

圖目錄

圖 1.6-1 研究流程圖 1-6
圖 2.1.1-1 前期系統單元架構圖 2-1
圖 2.1.1-2 影像處理軟體架構圖 2-2
圖 2.2-1 本期系統單元組成架構 2-5
圖 2.2-2 影像式車輛偵測系統實測流程 2-6
圖 2.2-3 系統演算法修正前後示意圖 2-6
圖 3.3.1-1 臺北市交控系統整體架構 3-13
圖 3.3.1-2 臺北市交控系統之影像處理區架構 3-14
圖 3.3.1-3 臺北縣交控系統架構圖 3-16
圖 3.3.1-4 桃園縣交控系統架構 3-18
圖 3.3.1-1 本研究系統功能測試現場連線架構 3-19
圖 3.3.1-2 矩陣式視訊開關暨視訊端子 3-19
圖 3.3.1-3 桃園縣交控中心參訪 3-21
圖 3.3.1-4 臺北縣交控中心參訪 3-23
圖 4.2-1 不分時段準確率比較圖 4-4
圖 4.2-2 尖峰時段準確率比較圖 4-4
圖 4.2-3 辛亥快新生南路段(3 號機)週流量曲線圖(光纖環境) 4-5
圖 4.2-4 淡水民權路段(17 號機)單日流量曲線圖(ADSL 環境) 4-7
圖 4.2-5 敬業樂群三路(11 號機)單日流量曲線圖(Wimax 環境) 4-7
圖 4.2-6 淡水民權路段不同幅率單日流量曲線圖 4-7
圖 4.3.1-1 車流總量準確率比較直條圖 4-10
圖 4.3.1-2 車種準確率比較直條圖 4-12
圖 4.3.1-3 車道示意圖 4-13
圖 4.3.1-4 車道準確率比較直條圖 4-14
圖 4.3.2-1 區塊效應導致車型無法辨識示意圖 4-15
圖 4.3.2-2 白晝及夜間時段準確率比較直條圖 4-16
圖 4.3.2-3 日出與日落時段比較直條圖 4-18
圖 4.3.2-4 尖峰時段比較直條圖 4-19

圖 4.3.3-1 氣候比較直條圖 4-21
圖 4.5-1 多執行緒執行流程 4-38
圖 4.5-2 雙攝影機運作於單一主機示意圖 4-39
圖 4.6-1 壅塞事件示意圖 4-41
圖 4.7-1 車輛前燈示意圖 4-43
圖 4.7-2 對向車燈示意圖 4-44
圖 4.7-3 炫光影像示意圖 4-45
圖 4.7-4 影像模糊示意圖 4-46
圖 4.7-5 幅率不足示意圖 4-47
圖 4.7-6 汽機車交雜示意圖 4-48
圖 4.7-7 物件太小示意圖 4-49
圖 4.7-8 車道歪斜示意圖 4-50
圖 4.7-9 車輛遮蔽示意圖 4-51
圖 4.7-10 鏡頭晃動示意圖 4-52
圖 4.7-11 雨天示意圖 4-53
圖 4.7-12 下雨影像起霧示意圖 4-54
圖 4.7-13 夜間下雨影像示意圖 4-55
圖 4.7-14 白平衡影像變化示意圖 4-56
圖 4.7-15 影像過曝示意圖 4-57
圖 5.1-1 架設於本所前之雙鏡頭攝影機 5-1
圖 5.1-2 系統事件偵測功能模組運作流程圖 5-2
圖 5.1-3 車牌定位流程示意圖 5-3
圖 5.2-1 影像式車輛偵測系統與雙鏡頭事件偵測系統關係圖 5-5
圖 5.2-2 掉落物偵測流程 5-7
圖 5.2-3 逆向行駛車輛偵測流程 5-8
圖 5.2-4 路邊違規停車偵測流程 5-10
圖 5.2-5 事故車輛偵測流程 5-12
圖 5.2-6 攝影機座標與影像座標的關係 5-14
圖 5.2-7 攝影機座標和世界座標的關係 5-15
圖 5.2-8 攝影機架設示意圖 5-17
圖 5.2-9 PTZ 攝影機鎖定違規停車進行車牌辨識試作圖 5-18

圖 5.2-10 PTZ 攝影機執行違規車輛錄影示意圖 5-18
圖 5.3-1 交通部運輸研究所試作地點示意圖(a)空照圖；(b)位置圖；(c)固定式攝影機攝向圖；(d)PTZ 攝影機放大影像示意圖 5-20
圖 5.4-1 掉落物偵測示意圖 5-22
圖 5.4-2 逆向行駛車輛偵測示意圖 5-23
圖 5.4-3 路邊違規停車示意圖 5-24
圖 5.4-4 事故車偵測示意圖 5-25
圖 5.4-5 機踏車偵測示意圖 5-26
圖 6.1-1 攝影機架設畫面示意圖 6-6
圖 6.1-2 系統介面示意圖 6-7

表目錄

表 3.1-1 偵測參數關係對照表 3-2
表 3.1-2 事件偵測功能對照表 3-2
表 3.1-3 交通參數定義及公式對照表 3-2
表 3.1-4 事件參數定義說明對照表 3-3
表 3.1-5 評估項目定義說明對照表 3-5
表 3.2-1 影響準確率因子分類對照表 3-6
表 3.2.1-1 光源形態對照表 3-8
表 3.2.3-1 環境型態對照表 3-10
表 3.2.4-1 縣市攝影機架設高度對照表 3-12
表 3.3.2-1 臺北市選取的攝影機 3-20
表 3.3.2-2 桃園縣選取的攝影機 3-22
表 3.3.2-3 臺北縣選取的攝影機 3-23
表 3.4-1 分析項目類別表 3-25
表 3.4-2 分析項目指標說明表 3-25
表 3.4-3 實測攝影機特性分類表 3-26
表 4.1 變異數分析表 4-2
表 4.2-1 穩定度影像分析時數對照表 4-3
表 4.2-2 尖峰時段標準差比較表 4-5
表 4.2-3 不分時段標準差比較表 4-5
表 4.3-1 實測影像分析時數對照表 4-8
表 4.3.1-1 車流總量分析比較表-1 4-9
表 4.3.1-1 車流總量分析比較表-2 4-9
表 4.3.1-1 車流總量分析比較表-3 4-10
表 4.3.1-2 車種分析比較表-1 4-11
表 4.3.1-2 車種分析比較表-2 4-11
表 4.3.1-2 車種分析比較表-3 4-11
表 4.3.1-2 車種分析比較表-4 4-12
表 4.3.1-3 車道分析比較表-1 4-13

表 4.3.1-3 車道分析比較表-2 4-13
表 4.3.1-3 車道分析比較表-3 4-14
表 4.3.2-1 白晝與夜間時段分析比較表-1 4-15
表 4.3.2-1 白晝與夜間時段分析比較表-2 4-16
表 4.3.2-1 白晝與夜間時段分析比較表-3 4-16
表 4.3.2-2 日出與日落時段分析比較表-1 4-17
表 4.3.2-2 日出與日落時段分析比較表-2 4-17
表 4.3.2-2 日出與日落時段分析比較表-3 4-17
表 4.3.2-3 尖峰時段分析比較表-1 4-18
表 4.3.2-3 尖峰時段分析比較表-2 4-19
表 4.3.2-3 尖峰時段分析比較表-3 4-19
表 4.3.3-1 氣候分析比較表-1 4-20
表 4.3.3-1 氣候分析比較表-2 4-20
表 4.3.3-1 氣候分析比較表-3 4-20
表 4.4-1 影像傳輸變項之描述性統計表-1 4-22
表 4.4-1 影像傳輸變項之 ANOVA 檢定表-2 4-22
表 4.4-2 道路類型變項之描述性統計表-1 4-23
表 4.4-2 道路類型變項之 ANOVA 檢定表-2 4-23
表 4.4-3 高度變項之描述性統計表-1 4-24
表 4.4-3 高度變項之 ANOVA 檢定表-2 4-24
表 4.4-4 角度變項之描述性統計表-1 4-25
表 4.4-4 角度變項之 ANOVA 檢定表-2 4-25
表 4.4-5 位置變項之描述性統計表-1 4-26
表 4.4-5 位置變項之 ANOVA 檢定表-2 4-26
表 4.4-6 震動條件變項之描述性統計表-1 4-27
表 4.4-6 震動條件變項之 ANOVA 檢定表-2 4-27
表 4.4-7 夜間照明變項之描述性統計表-1 4-28
表 4.4-7 夜間照明變項之 ANOVA 檢定表-2 4-28
表 4.4-8 車流特性變項之描述性統計表-1 4-29
表 4.4-8 車流特性變項之 ANOVA 檢定表-2 4-29
表 4.4-9 影像品質變項之描述性統計表-1 4-30

表 4.4-9 影像品質變項之 ANOVA 檢定表-2 4-30
表 4.4-10 影像傳輸變項與高度變項之交叉分析表-1 4-32
表 4.4-10 影像傳輸變項與角度變項之交叉分析表-2 4-32
表 4.4-10 影像傳輸變項與夜間照明變項之交叉分析表-3 4-32
表 4.4-10 影像傳輸變項與車流特性變項之交叉分析表-4 4-33
表 4.4-10 影像傳輸變項與影像品質變項之交叉分析表-5 4-33
表 4.4-11 高度變項與角度變項之交叉分析表-1 4-34
表 4.4-11 高度變項與夜間照明變項之交叉分析表-2 4-34
表 4.4-11 高度變項與車流特性變項之交叉分析表-3 4-34
表 4.4-11 高度變項與影像品質變項之交叉分析表-4 4-35
表 4.4-12 角度變項與夜間照明變項之交叉分析表-1 4-35
表 4.4-12 角度變項與車流特性變項之交叉分析表-2 4-36
表 4.4-12 角度變項與影像品質變項之交叉分析表-3 4-36
表 4.4-13 夜間照明變項與車流特性變項之交叉分析表-1 4-37
表 4.4-13 夜間照明變項與影像品質變項之交叉分析表-2 4-37
表 4.4-14 車流特性變項與影像品質變項之交叉分析表 4-38
表 4.6-1 事件偵測結果 4-40
表 4.7-1 誤判影像成因彙整表 4-42
表 5.3-1 雙攝影機偵測項目對照表 5-19
表 5.3-2 雙攝影機模擬方式對照表 5-19
表 5.4-1 事件試作新增情境對照表 5-21
表 6-1 前期計畫成果對照表 6-2
表 6.2-1 與 CCTV 整合的架設條件對照表 6-9
表 6.2-2 對實測單位建議事項對照表 6-10
表 6.2-3 準確率範圍適用偵測項目對照表 6-11
表 6.2-4 攝影機架設成本與用途考量對照表 6-14

第一章　緒論

1.1 研究背景與動機

動態交通資訊是用路人十分重要的參考資訊，藉由動態交通資訊的發布，用路人可規劃適切之旅運計畫，以因應隨時變化之交通條件，達到節省旅運時間之目的，因此，適時地運用動態交通資訊，對於減少交通壅塞及增進交通便利上，具有莫大助益，而車輛偵測器為國內外取得路況資訊之重要工具。

近年來，我國為提升動態交通資訊之蒐集能力及交通路網之管理效率，政府單位積極投入車輛偵測器之佈設建置，然而，所採用之車輛偵測器多屬國外產品，價格及技術受限於國外廠商，功能上亦無法符合國內特殊之交通環境，因此衍生許多後續維護問題。

環視國內交通管理單位，為進行路況監視而建置有多處之 CCTV，未來將持續擴充，然監視人力有限，因此亟須一套自動化之偵測系統以減輕相關人員之負擔。影像偵測技術應用於既設閉路攝影機，以自動偵測交通參數及事件之可行性，曾於前期「影像式車輛偵測器擴充模組研發－事件偵測功能模組研發與試作」案中進行測試，經實測其偵測能力可達九成以上，證實國內之影像辨識技術除可應用於專為偵測交通參數而架設之攝影機外，對於一般交通管理單位為監視車流而架設之 CCTV，亦具一定的辨識能力，在現今交通單位有限之經費及人力下而言，上述技術對於交通管理之自動化及路況資訊之擴充將帶來相當大的助益。

此外，影像偵測技術對於執法人員而言，亦可用為一項重要利器。現階段執法人員對於違規停車、掉落物偵測、機慢車入侵高快速公路、龜速車偵測等，皆有賴人工監看與照像方式執行，惟現有人力無法負荷長時間監視及舉證之責，往往造成第一線執行單位嚴重負擔。因此，本年度計畫開發進階之雙攝影機偵測系統，將影像偵測相關技術導入固定式及 PTZ 雙攝影機系統中，除了保有原本系統對於事件的偵測能

力，另提供事件之清晰畫面，供後續自動辨識系統進行辨識，期使國內交通管理自動化進一步提升至交通執法自動化。

1.2 研究目的

本所在過去 4 年間投注許多研發能量，在影像式車輛偵測器與影像式事件偵測器，並且於「影像式車輛偵測器擴充模組研發－事件偵測功能模組研發與試作」案中進行測試，將所開發系統實際安裝於高速公路局坪林行控中心及臺北市交控中心，就擷取既有 CCTV 之影像進行辨識分析，惟該測試處（雪山隧道及臺北市）之通訊以光纖環境為主，而一般省道及縣市政府之頻寬多為 ADSL，相關之影像辨識技術，是否仍可適用於不同影像畫質？須進一步測試評估。有鑑於此，本年度研究整合過去在影像式車輛偵測器與事件偵測器之研究經驗，就不同架設環境進行測試，以期提出在不同影像品質、架設高度及角度下，影像辨識能力之測試評估報告，作為後續研發及交通管理單位應用時之參考。

1.3 研究範圍

本研究首先針對近年所開發之影像式車輛偵測雛型系統，與各縣市既設之 CCTV 系統進行整合試作，目的在了解其在不同影像品質、天候及架設條件下，與 CCTV 系統整合之成效。此外，當事件偵測系統偵測到事件時，若能進一步看清楚車輛及車牌畫面，則有助於與執法系統整合。爰此，本研究主要範疇有二：

一、探討不同 CCTV 影像品質(頻寬)、架設條件、天候因素及車流特性下之影像偵測與辨識能力。

二、評估影像辨識技術應用於雙攝影機偵測(1 台固定式攝影機，1 台 PTZ 攝影機)系統之可行性。

1.4 問題描述與現況探討

本期研究以前期開發系統作為主要測試工具，探討系統在不同架

設環境下之偵測能力。雖然前期系統已在光纖環境路段下的部分時段完成測試，然因本期須於更多不同條件及環境下測試，因此系統需面對包含每秒影像幅數較低、每秒影像幅數不穩、影像來源品質不佳、架設方式不同等課題，故本期研究中仍須對系統適應能力有所精進。茲就本期測試所要面臨及克服之問題分述如下：

1. 每秒影像幅數（FPS）低：由於畫面連續性降低，增加車輛比對與追蹤之不利因素，造成車輛偵測難度提高，直接以前期研究之演算邏輯與方式較無法全般勝任。

2. 攝影機架設高度不一：攝影機架設高度與系統功能設定有一定的相關性，不同的功能需求組合，會有不同的架設高度，並時常受限於外在環境。當攝影機架設越高，可偵測範圍越大，受到車燈影響相對變小，但架設成本、安全及景觀等成為另外重要考量因素。

3. 攝影機架設角度不理想：攝影機有左右轉動角度（Pan-Angle）及傾斜角（Tilt-Angle）等兩種轉動角度，當 Tilt-Angle 讓道路面積占影像畫面一半以上比例時，車輛遭受大型車輛遮蔽的問題會相對輕微；當攝影機架設於路側造成 Pan-Angle 過大，使得道路外側大型車輛容易遮蔽道路內側車輛，造成偵測上的困難，而 Pan-Angle 愈小，也就是接近正向拍攝的角度，則造成車輛遮蔽愈少。

4. 攝影機內部參數自動調校：攝影機在不同光源或色彩環境下，為了使擷取的影像更能讓人眼舒服地接受，攝影機內建了許多自動調校功能，來適應影像環境的變化，包含自動增益控制（AGC）及自動白平衡等，這些內建功能雖然增強影像的彩度及銳利度，但因參數為動態調整，並非固定值，使得偵測系統的演算邏輯遭遇更多挑戰。

5. 影像傳輸環境不佳：在 ADSL 之傳輸環境下，影像並非以光纖系統下之 NTSC 影像格式傳遞，而會以數位壓縮檔案方式處理，因此，在進行偵測前必須將影像解碼軟體模組整合至系統，如此才能正常運作，這部分需要花費許多人力及時間，與交控中心 CCTV

系統廠商進行研討，並取得廠商在 CCTV 系統上之相關參數，以利本研究完成系統整合之任務。

1.5 研究內容

本研究內容包含以下工作：

1. 分析 CCTV 影像品質與系統介面：目前國內 CCTV 系統之傳輸介面分為光纖、ADSL 與無線傳輸系統，除光纖環境外，必須先就畫面每秒傳輸幅數、控制中心之影像接收介面與影像格式進行了解。
2. CCTV 攝影機架設方式類別整理：架設方式整理為架設地點與車流特性兩大分類。架設地點又分為道路類型、攝影機架設高度、架設角度與方向等類別進行分析。
3. 車輛與事件偵測系統演算流程整合：除了針對 CCTV 影像進行車流偵測外，亦須啟動事件偵測功能，對於壅塞、掉落物及異常車速等事件一併進行偵測。
4. 與交通管理單位協調系統測試事宜：考量本研究需求，並經與實務單位協調，本研究擇臺北市、臺北縣及桃園縣進行 CCTV 傳輸環境之系統測試，其中臺北市具有光纖、ADSL 及 Wimax 傳輸環境；而臺北縣及桃園縣則為單一的 ADSL 傳輸環境，另外，亦將桃園縣警察局的天羅地網系統納入試作評估。
5. 與 CCTV 整合測試進行結果整理與分析：整理分析相關測試項目，以及過程中所遭遇之問題，並檢討整體之測試成效。
6. 雙攝影機系統功能規劃：針對雙攝影機系統與事件偵測、執法系統之整合構想進行規劃。
7. 雙攝影機系統之規格確認與建置：針對前項所規劃之系統功能，確認所需之攝影機設備規格，並且依照功能特性，選定本所前方進行系統建置。
8. 雙攝影機系統功能之演算邏輯：針對所規劃之系統功能，進行必要之演算法與邏輯推導。

9. 雙攝影機系統試作與成果分析：在所選定之試作點，進行各項規劃功能試作，並就試作成果、過程與遭遇問題進行檢討分析。

1.6 研究流程

本研究流程如圖 1.6-1 所示：首先界定本研究目標與範圍，其次進行影像式車輛偵測器與 CCTV 系統整合測試，以及雙攝影機事件偵測系統之各項試作。

在影像式車輛偵測器與 CCTV 整合部分，首先針對 CCTV 各種傳輸介面之影像特性進行分析，其次針對 CCTV 攝影機架設方式進行分類，另為求系統在不同類別 CCTV 之穩定性，必須就相關之演算法與邏輯推導進行調整改善。接著，尋求有意願提供協助之實務單位進行測試，以期評估系統在不同架設環境下之運作狀況，最後提出測試評估報告。

在雙攝影機事件偵測系統部分，首先規劃各項事件偵測之功能，並依照功能需求建置適當之硬體設備於本所大樓前，接著進行各項規劃功能之試作，並將試作成果整理分析。

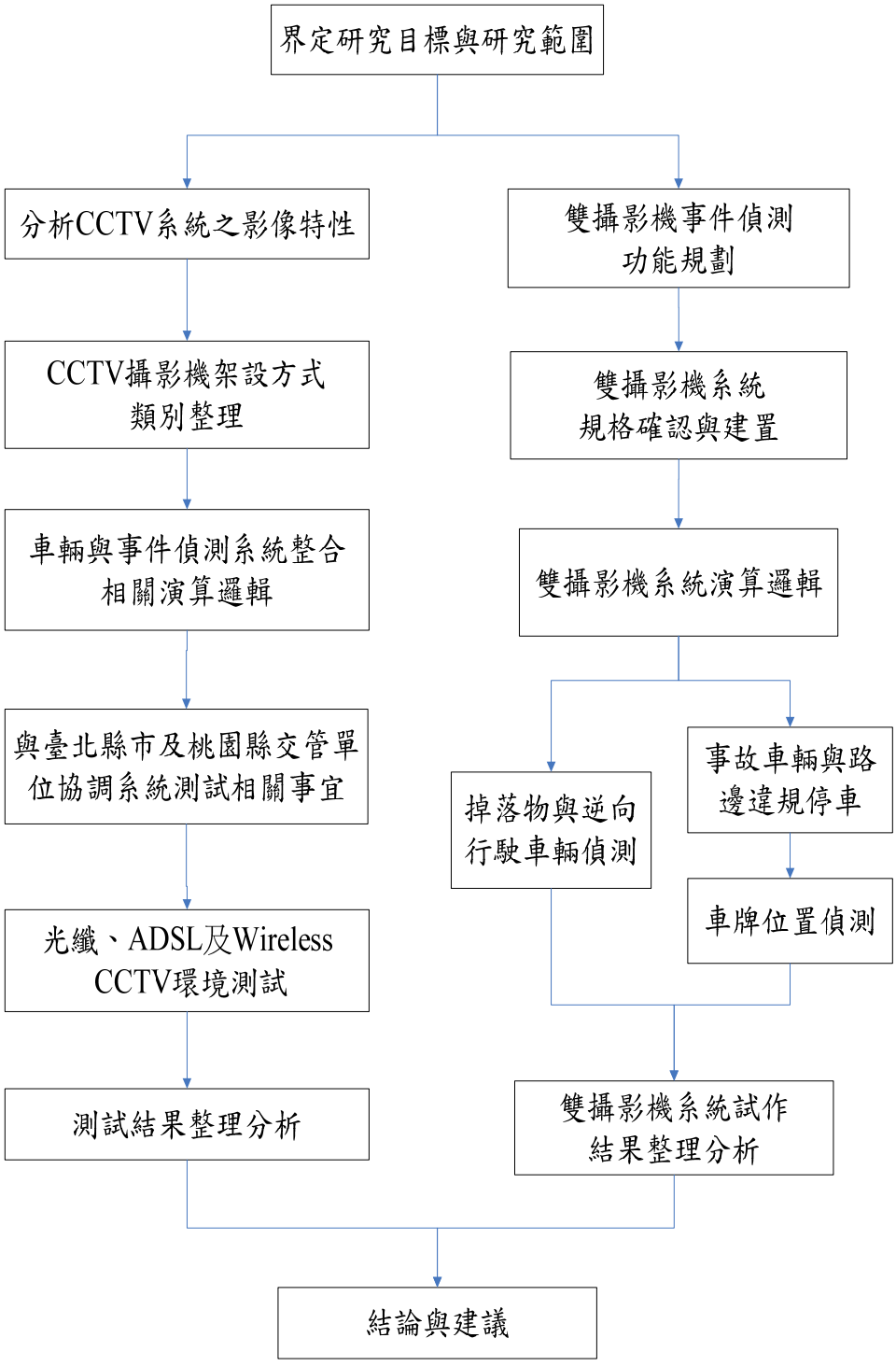

界定研究目標與研究範圍
分析CCTV系統之影像特性
CCTV攝影機架設方式
類別整理
車輛與事件偵測系統整合
相關演算邏輯
與臺北縣市及桃園縣交管單
位協調系統測試相關事宜
光纖、ADSL及Wireless
CCTV環境測試
測試結果整理分析
雙攝影機事件偵測
功能規劃
雙攝影機系統
規格確認與建置
雙攝影機系統演算邏輯
掉落物與逆向
行駛車輛偵測
事故車輛與路
邊違規停車
車牌位置偵測
雙攝影機系統試作
結果整理分析
結論與建議

圖 1.6-1 研究流程圖

第二章　實測系統架構

根據第一章說明，瞭解影像式車輛偵測系統雖然在前期已完成部分地區及路段的 CCTV 影像整合試作，然而前期成果尚無法涵括一般實務單位建置的 CCTV 環境，因此，本研究以前期所開發的偵測系統為基礎，擴大測試地點及環境。

本章首節先針對前期的系統架構及關鍵技術作一回顧，其次說明本期的實測架構與精進方法。

2.1 前期架構與關鍵技術回顧

影像式車輛偵測器主要由攝影機及控制處理器組成，其偵測器系統功能在於利用現行道路用之監視攝影機，來拍攝路面的連續影像，再經由控制處理器依影像處理及電腦視覺之概念運用，偵測出於道路上行駛的車輛，同時加以辨識與分析，控制處理器除了對各車道車輛精確的計數外，亦可依照辨識出的車輛，計算出各種車輛的車速、車種、車間距等交通資訊，同時提供直觀式之即時影像畫面。

2.1.1 前期系統架構回顧

前期研發之影像式車輛偵測系統，分別由影像擷取、資料數位化及中央運算處理與演算核心等 3 個主要單元所組成（如圖 2.1.1-1 所示）。

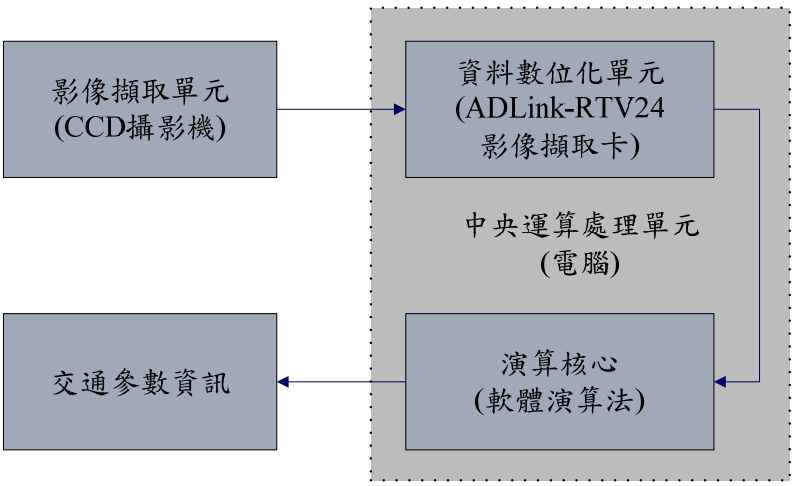


圖 2.1.1-1 前期系統單元架構圖

影像擷取單元使用影像感測裝置為 1/3 吋 CCD 攝影機與 8mm 鏡頭，資料數位化單元則是搭配 ADLink-RTV24 即時影像擷取卡，以每秒 30 張影像的速度進行即時影像擷取，中央運算處理單元則是使用個人電腦執行演算核心，系統設備詳細規格請參閱附錄 C。

車輛偵測演算原理包含 3 個主要步驟：彩色影像背景擷取、物件切割與辨識及車輛追蹤，而整體架構如圖 2.1.1-2 所示，至於流程回顧如附錄 D。

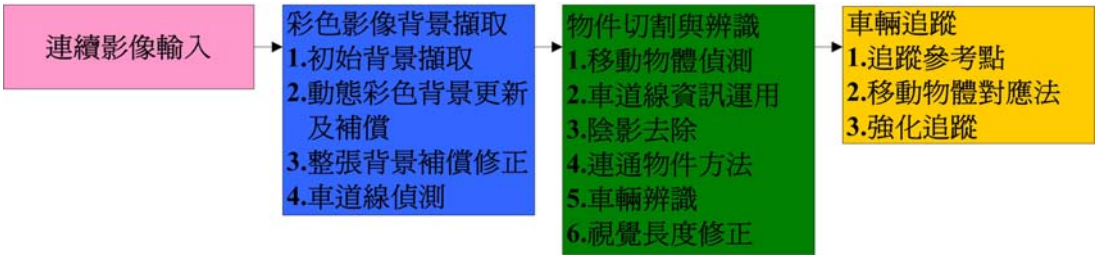


圖 2.1.1-2 影像處理軟體架構圖

在「彩色影像背景擷取」部分，除了基本的背景擷取以及動態背景更新外，還針對環境的瞬間光線變化，推導出整張背景補償修正方法，以克服瞬間光線變化的狀況。在背景資訊擷取完成後，立即進行車道線偵測工作，車道線資訊將提供後續偵測工作一個重要的參考指標。在「物件切割與辨識」部分，除了原有移動物體之偵測外，尚利用車道線資訊來適度的切割物件，最後利用視覺長度修正來加強車輛辨識的準確率。在「車輛追蹤」部分，則是由參考點追蹤、移動物體對應法以及強化追蹤程序來完成。

2.1.2 前期關鍵技術回顧

本期計畫雖以前期系統為基礎，但在研發工作上並未停止。鑑於本期重點係在不同傳輸環境之測試，故在測試構想上，並非只是單純完成測試評估報告，而是希望系統在既有環境下，透過演算邏輯之精進，去克服實測環境的難題，包含每秒影像幅數較低、每秒影像幅數不穩、影像來源品質不佳、架設方式差異極大等，期望能以較穩定的偵測系統，進行不同地點的測試評估，因此，持續掌握近期國內外先進的車輛偵測與車牌偵測關鍵技術實屬必要。

偵測移動物件是影像式車輛偵測系統或任何一種影像式監控與辨識系統中，必定含有的一個重要程序，在文獻[1]－[4]中，Yung 等人以預先儲存的一段連續影像資訊，以統計的方式對影像進行靜態背景點的估測與背景模型的建立，在背景影像完成後，以影像兩兩相減的方式，進行移動車輛偵測與辨識。在文獻[5]－[7]中，Ikeda 等人以預先取得的背景影像，配合後續每張輸入的影像資訊，更新背景模型的各項參數，以解決路口車輛壅塞與事件影像的偵測。在文獻[8]中，Tseng 等人提出利用手動建立虛擬線(Virtual Line)的方式，來判斷移動物體位置及大小的變化。在文獻[9][10]中，Kim 等人先在一段連續交通偵測影像內，藉由統計車輛行進方向與流量的大小，來估算車道可能的位置，再從所估算的車道位置內，藉由影像兩兩相減之移動物件變化，進行車輛的辨識與偵測。綜上方法，有關偵測移動物件的方式可以歸納為兩類：連續影像差值法(Temporal Difference)[11] － [13] 與背景相減法 (Background Subtraction)。

連續影像差值法的原理，是在連續影像中利用兩兩影像一對一的像素相減，若兩像素點顏色差異較小，表示此像素點不屬於移動物件的像素點，反之，則此像素點為移動物件的像素點。

背景相減法則以事先建立好的背景模型，完成初始背景影像的收斂後，將背景建立後的新輸入影像與建立好的背景，做兩兩影像像素點之顏色差異比對，藉此偵測出移動物件。背景相減法為目前影像式車輛偵測系統中，普遍且廣泛被使用的方法，主要原因除了該方法可以完整的擷取出移動物件形狀外，同時也有效降低雜訊與移動物件陰影的干擾。但如何建立一個好的初始背景影像是一重要的關鍵。

背影相減法主要分為初始背景擷取及物件切割 2 個主要程序。在初始背景擷取的過程中，需考量記憶體的使用、瞬時光線變化、背景物件的變化與如何適應環境變化自動調整收斂門檻值的大小。在物件切割的過程中，如何適應影像組成的內容而自動調整物件切割門檻值大小與背景更新，為主要考量重點。

Stauffer[14][15]所提出的混合高斯法(MoG)及 Vceraraghavan 等人[16]－[21]所提出的改良型混合高斯法，主要是在連續輸入的 n 張背景影像中，依其每個像素點的灰階值來建立 1 個或數個高斯模型，來偵測影像中每個像素點在高斯模型中所對應的密度值大小，當像素點所對應的密度值超過於所設定的門檻值，則視該像素點為物件點。Li[22]與 Huang[23]則在改良了 Stauffer 的方法後，增加了像素點其它顏色的比對資訊，雖使背景更能適應複雜的環境，但所使用的像素點資訊越多，相對所使用的記憶體空間也越大。

Chien[24]提出 1 個混合背景相減和連續影像差異為基礎的背景登記切割演算法。和其它之前所提出演算法不同處，在於 Chien 使用時間上的分析工具來收集背景點的顏色資訊，再利用連續影像差異的改變產生物件遮罩，Chien[25]又以同樣方法為基礎，加入陰影消除技術、全域移動補償及門檻值參數的分析技術，有效去除小面積區域內的雜訊干擾。

在完成移動物件的偵測後，下一步為辨識移動物件與分類交疊物件，並將交疊物件切割成個別車輛，由於交疊車輛的問題會影響車流量計算與車輛辨識的準確度，Pang[2]提出以立方體模型的方式偵測與切割交疊車輛，雖然此一方法可以獲得較好的偵測與切割結果，但其演算法需要先確認所輸入的移動物件影像，必需在不受陰影或雜訊干擾的前提下進行推算，因此要實際運用在即時交通狀況的偵測上有一定的困難。Forest 等人[26]－[28]提出以事先建立所要辨識的車輛外觀模型，藉由形態學來解決物件辨識方面的問題，然而這類方法仍然無法符合交通監控環境中車輛多樣化的需求，Song[29]同樣利用事先建立的車輛外觀模型，配合 CCD 攝影機的校正及地面資訊來偵測、追蹤在連續影像中交疊的車輛。本期系統則延續前期影像式車輛偵測系統，以視覺車長及車寬的觀念(如附錄 E)，依序辨識每一物件邊界區塊內之車輛大、小及交疊車輛，假如邊界區塊內有交疊物件存在，系統將無法成功的辨識出區塊內之連通物件，但透過交疊切割(如附錄 F)即可完成車辨及交通參數計量。

2.2 本期實測系統架構

本期研究承繼前期針對雪山隧道及本所大樓前道路所發展之辨識系統及相關測試經驗，將前期系統中自行設置及調校之影像擷取單元部分，改以目前各縣市政府既有之 CCTV 系統所攝得之影像代替，因此現行已完成 CCTV 系統在高度、攝影角度及攝影機之內部參數等均無法另作更動調整，因此，本期研究團隊將調動系統測試架構(如圖 2.2-1 及圖 2.2-2 所示)，對一般省道及縣市政府之現有 CCTV 影像進行辨識，以測試評估系統對於已經完成建置 CCTV 系統影像畫質的辨識結果，並進一步瞭解系統在現有已完成架設 CCTV 高度及角度下，對影像辨識之影響，以作為後續管理單位應用之參考。

相較於前期系統，本期特別針對背景擷取與更新及物件切割的演算流程作部分修正(修正成果如圖 2.2-3)，俾使系統在本期複雜的測試環境下，偵測的準確率可以有所提昇，相關修正程序說明如後：

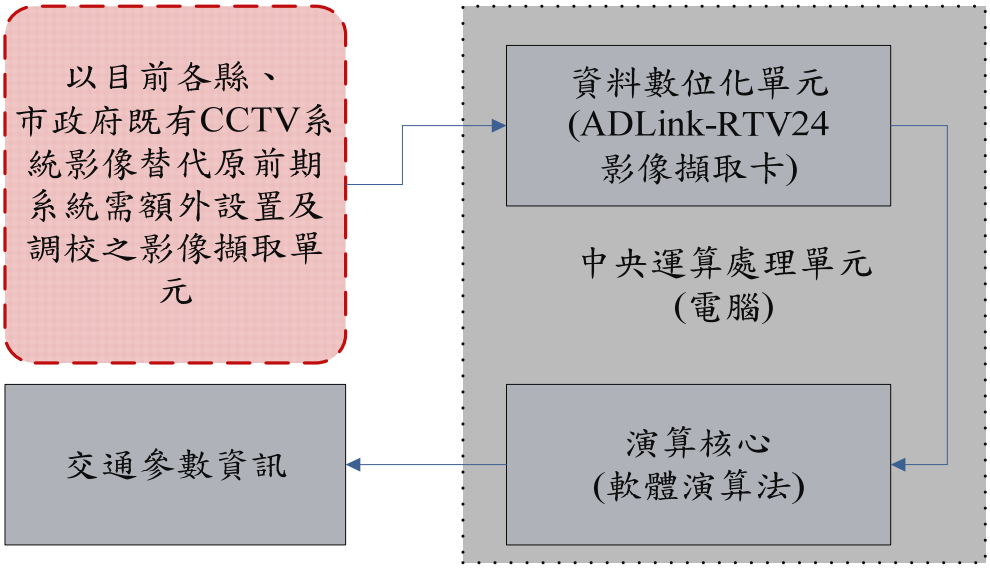


圖 2.2-1 本期系統單元組成架構

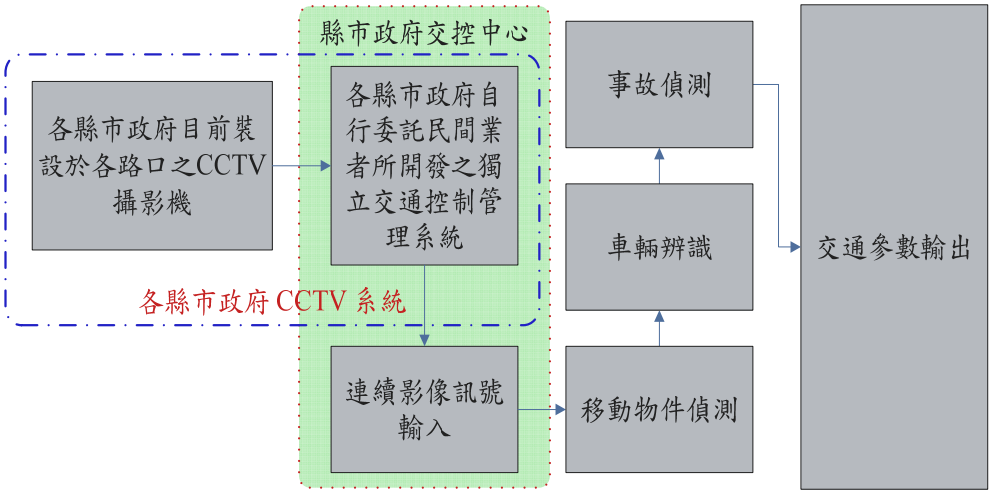


圖 2.2-2 影像式車輛偵測系統實測流程

(a)背景收斂失敗(系統修正前)



Frame n　Frame n+2　Frame n+4　Frame n+6

(b)背景收斂成功(系統修正後)



Frame n　Frame n+2　Frame n+4　Frame n+6

(c)物件切割失敗(系統修正前)



Frame n　Frame n+2　Frame n+4　Frame n+6

(d)物件切割成功(系統修正後)



Frame n　Frame n+2　Frame n+4　Frame n+6

圖 2.2-3 系統演算法修正前後示意圖

1. 彩色影像背景擷取流程修正：

一般來說，由固定式攝影機(CCD, Charge-Coupled Device)所拍攝的連續影像中，即內含背景及移動物件的資訊，而連續影像中大部分的背景點均為靜止，而背景點的顏色資訊，在初始背景擷取過程中甚少因為連續影像的輸入而有所改變。但在本期複雜的交通監控影像下並非如此單純，系統往往在初始背景擷取過程中，會有大量的移動物件經過及背景會受光線變化的影響，因而背景點的顏色資訊 RGB 值，將會在初始背景擷取過程中受到干擾。因此，本期系統在實際初始背景擷取過程中，依背景點顏色資訊變化區分為許多候選類別，並依其機率值來決定背景點顏色的初始資訊，以避免在初始背景擷取過程中，因大量的移動物件經過及背景光線變化造成背景收斂的錯誤。另外，在初始背景擷取的過程中，往往需要大量的記憶體及處理時間，因此，本期系統統計各背景點機率值來完成背景擷取，依輸入影像特性自動調整所需之背景影像收斂機率門檻值，大幅降低記憶體耗損及縮短背景收斂處理時間。系統初始背景擷取之程序如下：

先定義 $f_i(x,y)$為第 i 張輸入影像中在 x 與 y 座標位置之顏色資訊，其輸入影像的尺寸大小為 $M \times N$ (Pixels)，$f_i(x,y)$像素點的顏色資訊分別由紅($R_i(x,y)$)、綠($G_i(x,y)$)及藍 ($B_i(x,y)$) 色值所組成，並介於 0 到 255 之間。n_{xy} 為像素點依顏色資訊予以區分之類別，$C(x,y,n_{xy})$為在(x,y)像素點的第 n_{xy} 類的總數，$R(x,y,n_{xy})$、$G(x,y,n_{xy})$與 $B(x,y,n_{xy})$為在(x,y)像素點上第 n_{xy} 類的顏色資訊值。

程序 1：依序輸入第一張影像(i = 1)之各像素點，並預設第一張輸入影像各像素點 $f_1(x,y)$顏色資訊、類別及類別總數。

程序 2：持續輸入後續影像之像素點 i = i + 1。

程序 3：假如第一張輸入影像之各像素點，在完成顏色資訊、類別及類別總數的初始設定後，則進入程序 2，進行第二張影像 fi+1(x,y)像素點分類。否則將持續程序 1，直到完成第一張輸入影像各像素點之顏色資訊、類別及類別總數的初始設

定，fi(x,y) = {Ri(x,y), Gi(x,y), Bi(x,y)}, x = 0,1,2, ..., M-1 and y = 0,1,2, ..., N-1。

程序 4：計算第二張以後輸入影像之像素點(x,y)顏色資訊與該像點已完成群集類別之顏色資訊差異。

程序 5：計算輸入影像之像素點(x,y)顏色資訊與該像點已完成群集類別之顏色資訊差異 $D_i(x,y,n_{xy})$ 的最小值 $D_i(x,y,m)=\min_{\forall n_{xy}} D_i(x,y,n_{xy})$, *where* $m \subset n_{xy}$ 。

程序 6：計算輸入影像之像素點(x,y)類別，當 $D_i(x,y,m) \le TH\_D$ 時，其該像素點之色彩資訊則歸於第 m 類別，並同時累計該類別總數，並同時更新該類別的色彩資訊，並進入程序 7。當 $D_i(x,y,m) > TH\_D$ 時，則代表該像素點不屬於該點先前所群集之類別，將重新定義新的類別並返回程序 3。

程序 7：當 $i \ge F_n$ 時，F_n 初始背影收斂門檻值，計算像素點(x,y) 類別中之最大機率值 $P_i^{\max}(x,y)$，並進入程序 8。若當 $i < F_n$ 時，則重新返回程序 3。

程序 8：當 $P_i^{\max}(x,y) > TH\_E$，TH_E 背景點固定收斂門檻值，則表示該像素點(x,y)的顏色資訊是其所擁有的類別中，擁有最多群集個數的類別，該像素點(x,y)將會被判定為已完成收斂之背景點，並在全幅初始背景完成收斂前，該像素點(x,y)不在執行群集的動作，以大幅節省演算法之運算量。但不幸的是，並非所有像素點(x,y)均可在所期望的輸入張數內完成初始背景收斂，而在動態背景並具移動物件的環境中，所需的收斂張數往往超出所期望範圍的數十位或數百倍。因此，系統在收斂過程中，逐次調整各像素點(x,y)收斂之門檻值，以加速初始背景點的收斂。

程序 9：當所有的背景點完成擷取，系統將停止上述程序。否則，重新返回程序 3 依續執行至全幅背景完成收斂。

當收斂門檻值越高時，所需的記憶體也就越高，背景影像要在

短時間內完成也就越不容易，即使所設之固定收斂門檻值降低，要在於固定範圍內完成收斂也不容易，因此，為克服背景點收斂時所遇到的記憶體需求與收斂完成時間的問題，系統採用動態門檻值使系統在背景點收斂品質、時間及記憶體的損耗上做一權衡。

2. 物件切割與背景更新流程修正：

為使系統有效適應各種環境變化及克服光線改變所造成的前景切割錯誤，移動物件切割門檻值必須可隨環境變化而自動調整大小，並適時將前景物陰影移除、空洞補償與雜訊消除，以確保偵測物件形狀的完整性。系統中物件切割與背景更新之程序修正如下：

先定義 $f_b(x,y)$為輸入之背景影像中在 x 與 y 座標位置之顏色資訊，其輸入影像的尺寸大小為 $M \times N$ (Pixels)，$f_b(x,y)$像素點的顏色資訊分別由紅($R_b(x,y)$)、綠($G_b(x,y)$)及藍 ($B_b(x,y)$) 色值所組成，並介於 0 到 255 之間。

程序 1：依序輸入影像 $f_i(x,y)$之各像素點，參數 i 為輸入影像張數，參數($R_i(x,y)$)、綠($G_i(x,y)$)及藍($B_i(x,y)$)為輸入影像 $f_i(x,y)$各像素點顏色資訊。

程序 2：分別計算輸入影像 $f_i(x,y)$之各像素點與背景點之顏色差異直方圖 H_{i_R} ($\Delta R(x,y) = R_i(x,y) - R_B(x,y)$) 、 H_{i_G} ($\Delta G(x,y) = G_i(x,y) - G_B(x,y)$) 與 H_{i_B} ($\Delta B(x,y) = B_i(x,y) - B_B(x,y)$)， x = 0,1, 2,..., M-1 和 y = 0,1,2,..., N-1。在經過大量實驗結果發現，系統為了減少雜訊的干擾，會在完成輸入影像 $f_i(x,y)$各像素點與背景點之顏色差異直方圖統計後，對 H_{i_R}、H_{i_G}與 H_{i_B}進行平滑處理，經平滑處理之直方圖重新定義為 H_{i_sR}、H_{i_sG} 與 H_{i_sB}。

程序 3：影像大部分都是由背景點所組成，其直方圖會以高斯分佈呈現，簡言之，移動物件則會出現在直方圖峰值處(值為零)的左右兩側，因此，系統分別對輸入影像計算出其各顏色在直方圖內之高(HR_i、HG_i、HB_i)、低(LR_i、LG_i、LB_i)轉點(Turning Values)，決定輸入影像動態物件切割高低門檻值

$SH_i = HR_i + HG_i + HB_i$ 和 $SL_i = LR_i + LG_i + LB_i$。

程序 4：使用連通物件標記的方式，將相鄰切割點 $Q_O(x,y)$逐一標記為 $Q_C(x,y)$物件。

程序 5：去除連通物件之陰影，本研究依據 Bevilacqua[34]所提之概念，利用陰影所遮蔽區域之特性，將連通物件中每個像素點之 RGB 值除以所對應之背景點之 RGB 值，如果所求得的值介於所設定門檻範圍內，則此一像素點視為陰影，並從連通物件中去除。

程序 6：使用連通物件標記資訊，將物件內部空洞填補，並濾除總點數太少或長寬條件不符者之物件，經處理後之物件定義為 $Q_F(x,y)$。

程序 7：系統對移動物件切割完所剩餘之背景點採以較大的權重值更新背景影像。

在上述演算程序中，系統以動態方式來計算物件切割的門檻值，除大幅提升物件切割的正確性，並同時簡化物切割時計算的複雜度。

3. 車輛追蹤演算流程強化

當移動車輛進入偵測區完成偵測與辨識後，系統會將每一連通物件的左上端點定義為追蹤參考點，當參考點於第 i 張影像建立後，系統將記錄參考點相關資訊與第 i+1 張影像所建立的所有參考點相互比對，以確認參考點在 i+1 張時的確切位置，為了強化車輛追蹤流程，降低移動物件追蹤遺漏對準確率的影響，本研究在 3 個比對參數上作了更明確的規範，做為參考點間相互比對的重要資訊。

(1)距離比對

在連續輸入的影像間，距離 Dis 為在第 n 張影像，參考點與預測參考點間之距離並定義為公式(2.1)，其中 $\left(x_n^{'}, y_n^{'}\right)$與 $\left(x_n, y_n\right)$ 分別代表預測參考點與參考點在第 n 張影像時的位置，當移動車輛進入監視區時，即開始在連續影像張數間比對兩張影像間參考點的距離，而變量最少者的參考點將視為預測參考點。

$$Dis = \sqrt{\left(x_n^{'} - x_n\right)^2 + \left(y_n^{'} - y_n\right)^2} \tag{2.1}$$

(2)顏色比對

我們以鄰近參考點區域內所有像素點的 RGB 像素平均值 R_{avg} 、G_{avg} 、B_{avg} 作為顏色比對的指標，如公式(2.2)，其中 m、n 分別代表區域的範圍，x、y 則代表參考點的位置。

$$R_{avg}(x,y) = \sum_{\Delta x=0}^{n-1}\sum_{\Delta y=0}^{m-1}\frac{R(x+\Delta x, y+\Delta y)}{nm}$$
$$G_{avg}(x,y) = \sum_{\Delta x=0}^{n-1}\sum_{\Delta y=0}^{m-1}\frac{G(x+\Delta x, y+\Delta y)}{nm}$$
$$B_{avg}(x,y) = \sum_{\Delta x=0}^{n-1}\sum_{\Delta y=0}^{m-1}\frac{B(x+\Delta x, y+\Delta y)}{nm} \tag{2.2}$$

(3)車頂長度比對

以移動物件的視覺車頂長度，做為預測參考點與參考點間相互比對的參考資訊。而參考點與預測參考點的位移量可以用做參考點加速度的速度估算，在第 n 張影像之預測參考點位置 $(x_n^{'}, y_n^{'})$ 之位移量，如公式(2.3)，其中 (x_{n-1}, y_{n-1}) 為第 n-1 張影像的參考點位置，$(\Delta S_n(x))$ 與 $(\Delta S_n(y))$ 為參考點分別在 x 與 y 向量上之位移量，如公式(2.4)。

$$(x_n^{'}, y_n^{'}) = (x_{n-1}, y_{n-1}) + (\Delta S_n(x), \Delta S_n(y)) \tag{2.3}$$

$$\Delta S_n(A) = v_{n-1}(A)\cdot(t_n - t_{n-1}) + \frac{1}{2}a_{n-1}(A)\cdot(t_n - t_{n-1})^2$$
$$where \quad v_{n-1}(A) = (A_{n-1} - A_{n-2})/(t_{n-1} - t_{n-2}),$$
$$a_{n-1}(A) = (v_{n-1}(A) - v_{n-2}(A))/(t_{n-1} - t_{n-2}),$$
$$and\ A = x\ or\ y \tag{2.4}$$

$v_{n-1}(A)$ 及 $v_{n-2}(A)$ 為第 *n*-1 張及第 *n*-2 張輸入影像中參考點的速度，$a_{n-1}(A)$ 為第 *n*-1 張輸入影像中參考點的加速度，t_n、t_{n-1} 與 t_{n-2} 為第 *n* 張、第 *n*-1 張及第 *n*-2 張影像之輸入時間。經由明確的車輛比對規範，使得車輛追蹤偵測的正確率不因複雜測試環境而出現顯著改變。

第三章　實測計畫說明

前期以事件偵測擴充模組的角度，進行影像式車輛偵測器的功能擴充，藉由執行『影像式車輛偵測器擴充模組研發—事件偵測功能模組研發與試作』研究計畫，將事件偵測功能建構於車輛偵測器之上，並且進行影像偵測系統與 CCTV 影像結合之可行性（試作地點為雪山隧道與建國高架橋）。

本期則延續過去在影像式車輛與事件偵測器的研究經驗[55-58]，將研究成果整合至既有之 CCTV 系統，針對不同建置條件、道路條件及交通狀況的影像，進行交通參數與事件偵測，期能評估系統在既設攝影機條件下，可達到的偵測程度。

3.1 實測項目

前期測試環境以光纖為主，然而一般省道及縣市政府之頻寬多為 ADSL，相關之影像辨識技術是否仍可適用於不同影像畫質，仍須進一步測試評估，因此本研究期望提出不同影像品質、架設高度及角度下影像辨識能力之測試評估報告，作為後續研發或交通管理單位之參考。

本研究在於探討不同 CCTV 之攝影機品質、架設高度、角度、震動、影像傳輸方式、影像品質、天候、道路幾何特性及上下午尖離峰等條件下，其功能準確率、穩定度及適用性等之差異，系統測試功能包含交通參數偵測（交通量、速率、佔有率，如表 3.1-1 所示）及事件偵測（含壅塞、掉落物、異常車速等功能之偵測、警示、錄影，如表 3.1-2 所示）等功能，此外，本研究亦嘗試將多攝影機畫面集中於單一主機運作。

有關本研究所要進行測試之交通參數及事件參數定義，參見表 3.1-3 及表 3.1-4，須評估項目定義陳述於表 3.1-5。其中，因本次測試的 CCTV 攝影機多架設於縣市主要幹道，考量人員作業安全，所以本期計畫中不執行速率及佔有率的準確率驗證。

表 3.1-1 偵測參數關係對照表

交通參數	穩定度	準確率	適用性
交通量	v	v	v
平均速率	v	N/A	v
平均佔有率	v	N/A	v
事件偵測	v	v	v

[註]：v 為本期評估項目

表 3.1-2 事件偵測功能對照表

事件參數	偵測	警示	錄影
壅塞	v	v	v
掉落物	v	v	v
異常車速	v	v	v
事故車輛	v	v	v

[註]：v 為本期評估項目

表 3.1-3 交通參數定義及公式對照表

交通參數	定義說明	公式說明
交通量	1. 車種：分為大型車、小型車及機車。 2. 車輛數：車輛通過偵測器所設定的偵測區段，偵測器對各型車輛累加統計單位時間內通過之車輛數。 3. 流量：當車輛通過偵測器時，可由偵測器之影像辨識單元加以運算，若其車輛視覺長度及寬度資訊符合所設之門檻值，即視為一輛車通過，若累計一定時間長度，則可獲得單位時間的流量率（Flow Rate）。	$N_{total} = N_{large} + N_{small} + N_{motor}$ N_{total}：總車輛數 N_{large}：大型車輛之累加數 N_{smaill}：小型車輛之累加數 N_{motor}：機車之累加數 $Q = \frac{N}{T}$ N：於某定點量測到之車輛數 T：單位時間 Q：流率（輛/小時）

平均速率	單位時間內車輛行駛距離，如 km/hour。	$V=\frac{\Delta S}{\Delta t}$ V：平均速率 ΔS：每 1 部車輛進入偵測區，其參考點於每 1 frame 間變化之像素位置移動量，經換算為視覺長度。 Δt：每 1 frame 之時間間距量。
平均佔有率	1. 一般佔有率為車輛壓佔在偵測區域上的時間與總偵測時間比。 2. 系統實際作法則以車輛物件像素點與偵測區域總像素點的比例來估算，惟此作法仍須搭配物件平均速度與停留時間等參數較準確。	佔有率的計算方法為： $\theta=\frac{\sum_{i=1}^{N}T_i}{T}$ θ：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 N：於偵測時段內之量測車輛數

表 3.1-4 事件參數定義說明對照表

事件參數	一般定義說明	系統參數條件說明
壅塞	凡因為車流量過大而超過道路所能負荷之容量，導致平均行車速度逐漸變低，甚至到車輛回堵，則定義為車輛壅塞。	1. 偵測區佔有率>門檻值。 2. 物件平均速度<門檻值。 3. 物件停留時間>門檻值。
掉落物	當非移動物件由移動物件中產生脫離，並靜止於偵測範圍內一段時間，則該非移動物件定義為掉落物。舉凡紙箱、報紙或大塑膠袋等符合最小成像面積之物件，皆屬於掉落物偵測演算法之偵測目標。	1. 物件無固定行進軌跡。 2. 物件<一般車輛大小。 3. 物件停留時間>門檻值。

逆向行駛	系統在偵測移動物件之交通參數時，若發現所追蹤車輛其行進路徑未依規定方向行駛，稱之為逆向行駛車輛。系統在辨識車輛違規逆向行駛判斷方面，將以移動物體運動方向、移動位置，作為車輛是否違規逆向行駛之依據。	物件連續移動座標為負值。
異常車速	異常車速偵測的目標，是針對車流中目標車輛之車速與平均速度差異過大，舉凡過快或過慢，皆屬於異常車速偵測討論之範疇。異常車速是採用相對速度之概念分析出過快或過慢的目標車輛，並非採用絕對速度進行偵測，其中，絕對速度的偵測方式是比較車輛速度是否大於某一特定高速度或低於某一特定低速度。	1. 物件瞬間速度=原速度±門檻值。 2. 異常速度持續時間 > 門檻值。
事故車輛	用路人在行駛途中，因為車輛爆胎、拋錨、過熱等車輛故障因素導致車輛行駛中斷，並停止於路邊；或是因為碰撞與擦撞等因素導致必須暫停，皆屬於事故車輛偵測討論之範疇。因此，事故車輛針對車輛停止之特徵進行分析，舉凡車輛故障、車禍事故或甚至是工程車施工與車輛回堵，只要滿足車輛停止之特徵，皆定義為事故車輛。	1. 物件判斷為車輛。 2. 物件停留時間>門檻值。 3. 物件靜止於內車道(若於外車道則視為違規停車)。

表 3.1-5 評估項目定義說明對照表

評估項目	定義說明
穩定度	以長時測試方式來了解系統在不同環境下是否能持續維持合理的偵測趨勢。
準確率	經由人工計數與系統偵測數的比較，來確認不同環境條件下，車輛偵測系統的準確率變化。
適應性	觀察各路段架設環境的變項及準確率的實測結果，評估系統在不同變項的影像環境下的適應能力。

3.2 影響準確率因子探討

CCTV 之建置主要係為區域監控功能而存在，並非為了自動偵測車輛而佈設，因此在攝影機等級、傳輸頻寬、架設方式及內部參數等，對於影像辨識而言，往往不是理想的設定值，導致 CCTV 影像在影像偵測上的準確率有較多變數。有關影響準確率的因子在[54]已有初步歸納，本小節進一步以光源、車流行為、路段環境及攝影機位置等 4 個因素為出發點(如表 3.2-1 所示)，試圖歸納實務單位既有 CCTV 影像具有的特性，以期瞭解影響準確率的相關因子。

表 3.2-1 影響準確率因子分類對照表

特性	計畫分析項目	舉例說明
光源	天候、時段、照明	1. 夜間車流影像中，一些白天車流影像中所輕易可見的特徵（如車長、車寬、車體面積等）會由於照明度較差的結果，導致系統無法正確偵測。 2. 白天下雨時，攝影機對於明亮顏色的車體（如：白色或黃色等）執行大面積的白平衡，加上鏡頭霧氣的影響，使得影像畫面中的車體變成一片霧狀光影，致使系統執行移動物件切割時出現破碎或大面積物件，產生系統誤判。
車流	車流	1. 當攝影機鏡頭拉得較遠，則車輛在影像畫面中偏小，影響系統對於車型在長寬上的辨識；另外，當車流量壅塞，則會出現車輛交疊及切割錯誤的問題。 2. 車流交織情形頻繁及路燈、路樹等複雜的路段環境，由於陰影或光影的擺動，都會造成背景收斂錯誤的問題。
環境	震動、雜訊	1. CCTV 攝影機長期架設於交通要道，容易因污染產生鏡頭髒污情形，使得車輛偵測影像出現較多雜訊。

		2. CCTV 影像在下方皆標示著攝影機編號、路段、日期及時間等資料，雖然有助於操作人員對監控資料的了解，但是這些文字資訊的變化，也會造成背景收斂及物件切割的問題。
攝影機架設	高度、角度	1. CCTV 影像攝影機通常架設於路側，會造成畫面上某些車道歪斜，使得偵測區域被壓縮，使系統不易偵測。 2. 隧道內的 CCTV 攝影機有高度上的限制，會造成車道歪斜，增加偵測難度。
影像品質	頻寬	頻寬不足會影響影像連續性，當每秒幅率過低，所需偵測的車輛物件會出現跳動的情形，導致系統不易追蹤與辨識。

3.2.1 光源特性

所有會發亮的光源如路燈、車燈、車體反光及商家的招牌燈等，皆可視為車流影像處理的首要目標。光源對於車流影像明顯重要，但要分辨大小不等亮點屬哪些物件（如哪些屬於靜態不動的光源？哪些又屬於動態的車燈？哪些是屬於車輛的車前燈或車尾燈？）為相當困難工作，如進一步要將動態移動的光點，區分成大車或小車，在辨識工作上更為複雜。

考量影像的諸多光源及其所發出的眾多亮點，因此在建構偵測模式之前，勢必要對影像中「光源」所具有的特性，作一個徹底的分析與探討。經由觀察所拍攝的影像，本研究所歸納出的影像光源型態如表 3.2.1-1 所示，詳細說明如後。

表 3.2.1-1 光源形態對照表

光源型態	夜間路口光源(四周商家招牌燈光、路燈)偏暗
	車燈、路燈等照射在地面上所形成的路面反光
	車燈、路燈等照射在車輛上所形成的車體反光
	光線照射物體造成地面上的陰影
	車燈對攝影機的泛光

1.夜間光源偏暗

研究中所指的夜間光源，乃為四周商家的招牌燈光及路燈等，這些光源往往照明度不足，無法為夜間車流影像提供充足的光源。

2.車燈、路燈等照射在地面上所形成的路面反光

無論是白色或是黃色的車燈、路燈照射到路面，皆會產生路面反光的現象，而不同的路面材質或是路面環境情況，會產生不同影響程度的路面反光。路面反光對影像處理過程容易造成特徵切割的錯誤發生，對後續車輛追蹤、車種分類等工作影響甚大。

3.車燈、路燈等照射在車輛上所形成的車體反光

研究中車燈的光源包括有車頭燈、角燈、側方向燈、煞車警示燈與車牌小燈等，其中又以車頭燈照射在路面上所造成的反光最為明顯，對車輛特徵切割演算法的影響也最為嚴重，除了可能造成的車輛特徵誤判外，也容易使數個相鄰甚近的車輛特徵形成一整個區塊。

4.光線照射物體造成地面上的陰影

雖然物體（車輛、路燈、路樹等）阻擋光線會有陰影的情形發生，但是對夜間的環境而言，陰影部分的灰階值往往較路面灰階值來的低，因此，須透過演算流程處理，將陰影部分視為背景而予以消去。

5.車燈對影像偵測器的泛光

隨者攝影機架設高度或角度的差異，導致車燈泛光對影像偵測系統準確率的影響。

目前各縣市交通單位的 CCTV 攝影機，在架設時並未考量架設高度、角度及位置對於系統偵測準確率的問題，因此，整合既有 CCTV 拍攝的影像對於偵測系統是一大挑戰。

3.2.2 車流行為特性

以路段車輛而言，一般都具有行為規律、方向大致相同、瞬時變動少等特性，然而，車輛之行為在主要交通幹道上瞬息萬變，增加車流偵測的困難，再者，在路段照明度不佳、車燈炫光與車體反光情況惡劣的環境下，想要完整且穩定地切割出車輛的特徵並不容易。

在如此紊亂的交通情況下，會出現許多難以處理及辨識的情況，因此在進行後續辨識、追蹤之前，必須先探討車流特性，分析出會影響系統偵測之因素，進而找尋解決之道。本研究歸納的車流行為特性如下：

1. 路段車流交織

無論在高架道路或是平面路段，在進行偵測工作時，皆會受到對向車輛及鄰近方向車輛的車頭燈炫光所導致的車體反光與地面反光等之影響，故增加偵測技巧上的困難度與車輛偵測的誤判率。

2. 超車

在進行車輛追蹤時，必須要有一個良好的紀錄機制，以避免當後車超越前車時，發生車輛標記錯誤的情形。

3. 違規逆向行駛或路邊停等

若偵測區中發生車輛違規逆向行駛或是違規路邊停車行為，勢必導致系統處理過程中的誤判，除了造成車輛記錄流程的錯

誤，亦會直接影響到輸出結果的正確性。

4. 車輛間之遮蔽

研究中所謂車輛間的遮蔽，是指大車遮蔽小車、小車遮蔽小車、大小車遮蔽機車等情況的發生，即使是在日間偵測的環境下，車輛間遮蔽的問題依舊存在。車輛遮蔽所導致的問題包括：

(1)當較小的車輛被較大的車輛完全遮蔽時，由於影像偵測器無法偵測到較小的車輛，故會造成資訊的遺失。

(2)當較小的車輛被較大的車輛部分遮蔽時，影像偵測器可能會將大小兩輛車合併為同一輛車處理，造成交通流量及車種分類的誤判。

雖然車輛遮蔽的問題可以經由升高攝影機架設高度，或調整拍攝角度的方式加以改善，然而，由於本研究對象是 CCTV 影像，故在研究中無法透過硬體調整與修正，來改善車輛間遮蔽的現象。

3.2.3 路段環境特性

除了上述路段光源與車流行為等因素，會影響影像偵測準確率，隨著環境的改變亦會造成偵測工作上的複雜程度，本研究所歸納出來的路段環境如表 3.2.3-1 所示，詳細說明如後。

表 3.2.3-1 環境型態對照表

環境型態	路燈、路樹等造成路面的遮蔽
	標線、路面積水等的影響
	路段幾何的不規則形狀
	車體、安全帽、機車騎士衣服之顏色

1. 路燈、路樹等造成路面的遮蔽

由於既有攝影機有架設空間上的限制，因此在選取適合偵測的 CCTV 上，盡量避免擷取影像遭遇路樹、號誌、燈架等物體遮蔽路面，導致偵測上遮蔽的問題。

2. 路面積水的影響

一般而言，標線屬於靜態的物件，且其反光效果並不強烈，可以經由簡單的影像處理技術消除，如背景相減法等。然而，路面積水所造成的反光效果嚴重，容易被誤判為車輛的特徵，加上光源的不穩定，造成反光現象變化頻繁，增加影像處理上較多之不確定性。

3. 路段幾何的不規則形狀

部份影像的取樣點並非都是直線路段，有些位於轉彎處，幾何設計的不同，直接關係到偵測區域的設定，如果偵測區域的設定可以用矩形涵蓋之，在處理上還不甚困難，但當必須使用多邊形偵測區域的佈設時，便會增加處理過程的困難度與複雜度。

4. 車體、安全帽、機車騎士衣服之顏色

在夜間偵測下，當車體顏色接近於路面顏色時，由於影像偵測器對於車輛灰階值的敏感度較差，可能會造成判讀不到的情形；此外，安全帽與機車騎士衣服的顏色亦會影響反光的程度，故在研究中將其視為車輛特徵的一部份。

3.2.4 攝影機架設特性

過去對於攝影機架設高度及角度的理論研究並不多，大部分架設的方式都是根據經驗法則，當攝影機高度夠高時，可容許斜角取景，但若架設高度較低，受光源干擾愈多，偵測誤差則愈大。但攝影機之架設高度並非愈高愈好，所拍攝之動態車流影像中的車輛影像，在儘可能不發生影像重疊的情況之下，應力求欲偵測之車流影像清晰，以增加車輛之可辨識性，降低偵測時可能發生的誤差。

然而，高度與角度往往取決於應用的類型，據陳一昌等[53]在車牌辨識應用的研究上提及，當車輛在動態測試的環境中，攝影機的高度以 12～15 公尺，攝影機角度在上下 30 度，左右 18 度的範圍最為理想；然而，當車輛在動態測試的環境中，攝影機的高度降低至 5～8 公尺，也可以維持不錯的偵測效果。

過高的高度於實際攝影機架設上不易達到，而過低的高度會使得觀測範圍過於狹小，以本研究實際訪談臺北縣市及桃園縣交控中心承辦人員提供的資訊，如表 3.2.4-1 所示，除了附掛於號誌燈號的攝影機外，立桿的平均高度多在 6 公尺以上，至於角度則以能涵蓋所有車道為原則。

表 3.2.4-1 縣市攝影機架設高度對照表

架設位置	臺北市	臺北縣	桃園縣
號誌(附掛)	4 米 6	4 米 6	6 米
立桿	6 米	6 米或 10 米	10 米
VD	約 8 米	10 米	6 米

3.3 實測環境介紹

目前交通管理單位之交控中心，除了高公局及臺北市相關單位的 CCTV 影像具有光纖環境外，其他地點的傳輸皆無法達到 30 FPS 的速度，因此，在結合車輛偵測器及事件偵測器於 CCTV 影像的過程中，必須探討每秒最低幅數的限制條件，否則偵測器的功能將無法達到。

ADSL 與無線網路介面在影像上之取得，並無法達到太高的 FPS，由於受限頻寬的數位傳輸方式，不但有幅數降低問題，而且影像資料為降低傳輸資料量，在前端即已進行數位壓縮，而在壓縮過程中，影像的品質也同樣被犧牲。對於控制中心以及本案之事件偵測系統而言，在取得壓縮影像後，必須對該數位影像進行解碼的動作，才能得到系統所需之影像資訊，以進行影像之偵測。

本期的測試地點及影像皆來自於縣市的交通控制中心，因此，必須先對於交控中心的軟、硬體及網路架構有初步認知。

3.3.1 交控中心架構

Ⅰ、臺北市交控中心架構

臺北市交通控制系統為全國規模最大之都市交通控制系統，

CCTV 散佈於各行政區域的主要路段，並且依據設置地點，將交通資訊匯集於各區域的收集系統，臺北市交控系統可分成 4 個細部區塊（如圖 3.3.2-1 所示），分別是對外服務區（DMZ 網域）、交控處理區（交控內部網域）、影像處理區（影像處理網域）及交工處區（松德網域），各個網段或區塊透過超高速路由器連接（超高速路由器可以說是交控內網的核心基礎）管理，該設備目前有兩種介面，分別是電介面（RJ-45）及光介面（光纖）。交控中心辦公室、資料處理室、機房、控制臺與防火牆等設備，都透過 1Gbps 網路採用電介面的方式和路由器連接。

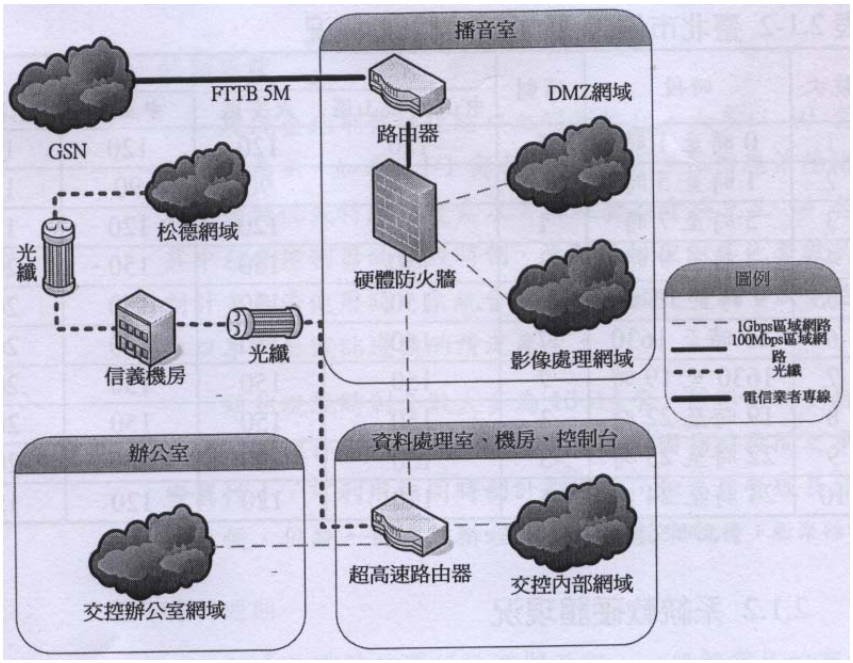


圖 3.3.1-1 臺北市交控系統整體架構

本研究主要處理的影像資訊，來自於影像處理區（如圖 3.3.2-2 所示），該區是交控系統提供影像服務之基礎，負責管理臺北市 CCTV 攝影機拍攝及回傳的影像資訊，不但可以作為交控中心管理資料之用，也可以提供給民眾了解路況，或交換給其他單位加值應用。

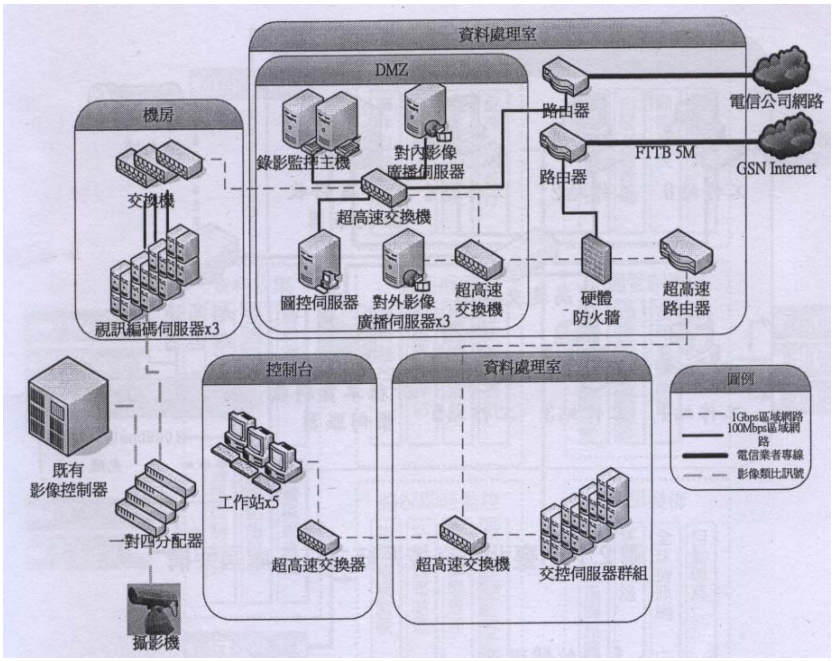


圖 3.3.1-2 臺北市交控系統之影像處理區架構

Ⅱ、臺北縣交控中心架構

臺北縣交通控制中心日前安裝 ACTi 網路監控系統，監控整個臺北縣的交通狀況，並能提供民眾即時且精確的交通實況。

臺北縣的交通流量向來都很大，交通壅塞的狀況也是司空見慣，為了取得即時畫面，臺北縣採用 IP 架構的監控系統，如此不僅可以滿足路況即時監控的需求，同時也可以將即時的交通狀況，運用電視或網路進行播放。

該監控專案選用 ACTi 的網路伺服器 SED-2120。設置於各路口的高速球型攝影機可藉由 ACTi SED-2120 將各路口影像即時傳回交控中心；另一方面，交控中心的相關人員也可以在交控中心內，針對任何一個高速球型攝影機進行 PTZ 控制。

整個臺北縣交通監控的架構，是在各監控路段安裝類比的高速球型攝影機，並串接 ACTi SED-2120，再連上 ADSL 集線器（Hub），將所有 ADSL 集線器串連回控制中心的伺服器。交通控制中心的機房，有一個專門做廣播應用的伺服器，ACTi NVR 實現他們在相關網站進行各交通路口現場直播的概念，讓相關人員藉由網站，就可

以取得當時交通實況的影像。ACTi 的 Streaming Engine（內建於 ACTi NVR）在此架構中扮演舉足輕重的角色，因為有了 Streaming Engine，可以減少分別存取各網路伺服器的頻寬，同時減輕 NVR 伺服器運算的負擔。

臺北縣交通控制系統架構如圖 3.3.2-3 所示，共區分為交控系統、資訊發佈與處理、數位監控系統、設備通訊、大螢幕畫面輸出及網際網路等 6 部分。

1. 交控系統：目前有 6 台伺服器，分別為中央主控伺服器、資料庫伺服器、交通資訊系統整合伺服器、檔案伺服器及維修車輛動態顯示管理與 C2C 即時線上資料庫伺服器。

2. 資訊發佈與處理：目前有 2 台伺服器，分別是交通資訊整合系統伺服器與 C2C 即時線上資料庫與即時維修車輛動態顯示管理伺服器。

3. 數位監控系統：包含 1 台影像圖控伺服器（負責整合中心所有路況監視影像的顯示、控制與管理），及 2 台整合用廣播伺服器（負責處理影像監視器之影像收集與提供），另外包含影像錄影系統磁碟陣列 1 台及 3 台 LCD 影像畫面投影顯示功能。

4. 設備通訊：負責現場設備通訊之通訊伺服器共有 9 台，另外 2 台資料轉傳電腦，通訊伺服器與轉傳電腦間利用多埠控制器連接。

5. 大投影幕畫面輸出：投影畫面輸出有 1 台投影伺服器、1 台投影轉接伺服器。

6. 中心網路：包含 1 台硬體式防火牆及負載平衡器，將所有外部網路（包含網際網路及 VPN，共 2 路 4M/1M ADSL）全部納入防火牆保護，負載平衡器則負責既有影像之 VPN ADSL，共 3 路 4M/1M ADSL 頻寬管理使用。

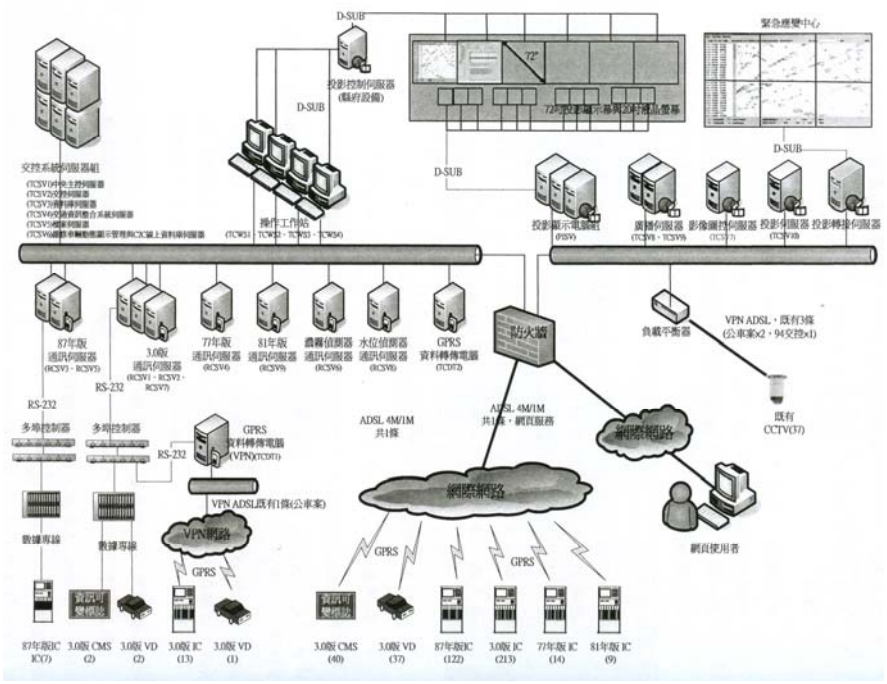


圖 3.3.1-3 臺北縣交控系統架構圖

Ⅲ、桃園交控中心架構

桃園縣交控中心系統架構，如圖 3.3.2-4 所示，共區分為交通控制中心、現場路側設備、通訊傳輸系統、外部系統及網際網路等部分。

1. 交通控制系統：

(1) 中央控制電腦系統：主要功能之伺服器電腦設備規劃叢集（Cluster）架構，分為資料庫伺服器、交控伺服器、網際網路伺服器及通訊電腦設備等叢集。

(2) 數位影像系統：主要透過 CCTV 攝影機提供即時影像至交控中心，讓交控中心人員掌握即時路況及下達交控指令。

(3) 大螢幕顯示系統：以網路集線器將網路上的圖控工作站、數位影像監控伺服器及視訊主機，透過多螢幕顯示伺服器，將交通畫面投影於大螢幕系統。

2. 路側設備：包含路口數位影像攝影機、號誌控制器、資訊可變標

誌、緊急車輛優先號誌、小型資訊可變標誌及電子式車輛辨識器等。

(1) 設置目的：路口攝影機主要將道路交通現況回傳至交通管制中心，以作為中心人員下達控制策略之依據。

(2) 系統構成：路口數位攝影機系統主要包含攝影機、影像伺服器、視訊圖控伺服器、數位影像監視伺服器、廣播伺服器、圖控工作站、網路儲存系統及多螢幕投影伺服器所組成。

(3) 攝影機單元：包含彩色攝影機、伸縮鏡頭、攝影機防護罩、水平/垂直旋轉臺及遙控控制器等構成。

(4) 攝影機視野範圍：依所配置的攝影機元件尺寸及伸縮鏡頭涵蓋不同的視野範圍，如使用 1/3 吋 CCD 攝影機與 15mm~180mm 伸縮鏡頭，視野涵蓋角度為 1.53 度至 18.18 度；如使用 1/2 吋 CCD 攝影機與 15mm~180mm 伸縮鏡頭，視野涵蓋角度為 2 度至 24 度。

(5) 影像傳輸：視訊影像透過 ADSL 通訊以影像壓縮方式，傳送至交控中心。

(6) 架設方式：路口數位影像攝影系統之設置，可採用共桿、附桿或立桿等方式，共桿係利用既有之號誌桿；附桿則設於人行道、天橋或高架道路位置上；立桿則立於無適當之共桿或附桿位置，目前全縣路口攝影機之架設以附桿架設為主。

3. 通訊傳輸系統：為交控中心與路側設備間之連線方式，以 ADSL 或無線傳輸為主，通訊協定採用 TCP/IP。

4. 外部系統及網際網路：

(1)外部系統：整合警察局所建置之天羅地網系統，可下達攝影機編號指令，將影像傳至交控系統。「天羅地網」監控系統由桃園縣警察局負責建置，該系統設置於桃園縣各鄉鎮市治安要點、交通要道、重要路口建立監視錄影系統，執行 24 小時即時監控錄影，發揮犯罪偵查與預防功效。

(2)網際網路：網際網路伺服器叢集部署全球資訊網軟體、線上資訊資料庫及資訊交換軟體，負責對外交通資訊的發佈及伺服器間資料交換使用。

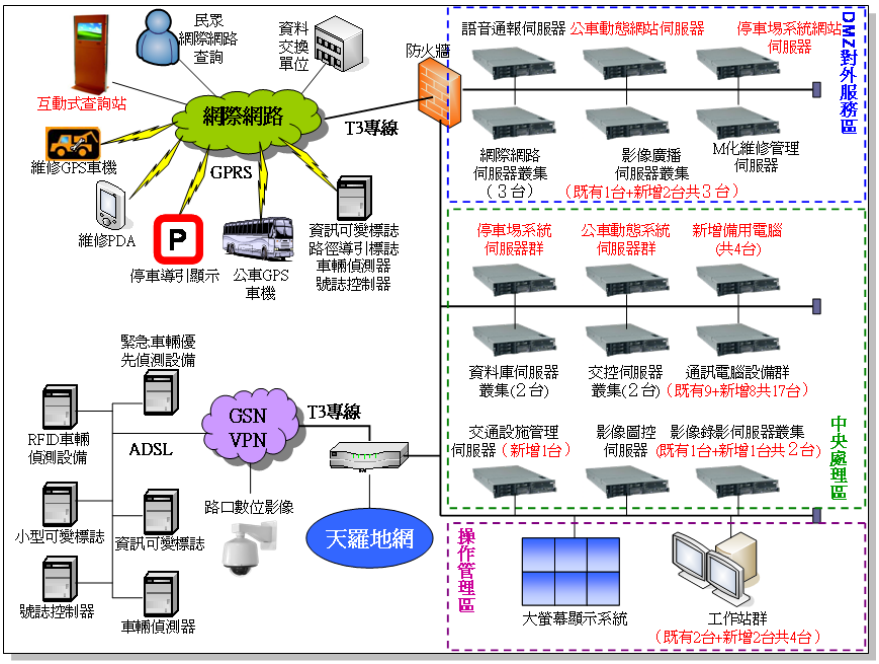


圖 3.3.1-4 桃園縣交控系統架構

3.3.2 影像取得方式

在了解實測單位之交控中心架構後，其次分別說明在各單位實測及影像獲得的過程。

Ⅰ、臺北市影像取得方式

有關本研究影像偵測系統與既設閉路攝影機之測試架構如圖 3.3.2-1 所示，係透過前端 CCTV 攝影機拍攝的影像，經由終端控制器先收容於各路段的控制機房後，陸續回傳至交控中心機房顯示輸出及備份，本研究所測試系統必須在不影響控制中心既有之監控任務下進行，分接所需影像資訊至影像偵測系統進行相關測試。

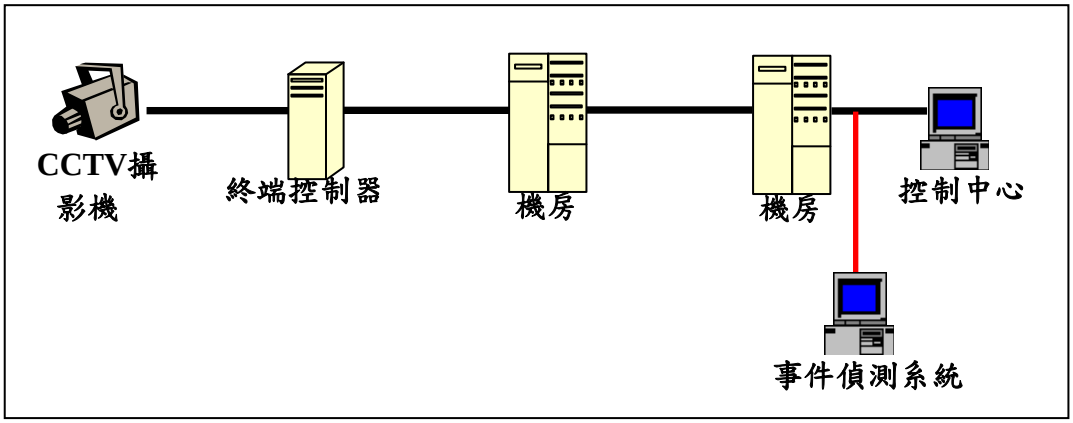


圖 3.3.2-1 本研究系統功能測試現場連線架構

目前國內 CCTV 系統之傳輸介面，分為光纖系統、ADSL 與無線傳輸系統，除光纖系統之外，對於傳輸系統畫面每秒的傳輸幅數(FPS)、交控中心之影像接收介面及影像格式等必須先行了解，如圖 3.3.2-1 中紅線部份。而以光纖傳輸環境之單位，其影像訊號是 NTSC 規格，透過如圖 3.3.2-2 之矩陣式視訊開關暨視訊端子設備之備用輸出埠，即可設定跨接輸出之攝影機影像。光纖系統之幅率達 30FPS，且影像沒有失真，對於偵測器的需求而言絕對足夠，透過視訊類比數位轉換卡(俗稱影像擷取卡)即可取得即時影像資訊進行偵測。

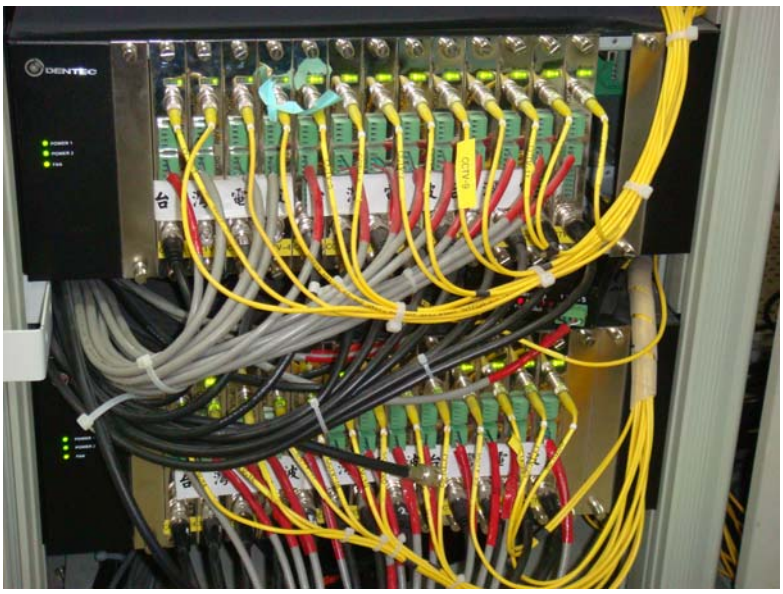
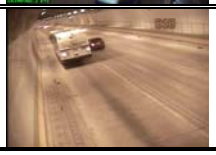


圖 3.3.2-2 矩陣式視訊開關暨視訊端子

臺北市有近百支 CCTV 攝影機，攝影機選取重點在考量不影響交控人員操作、車行狀況(壅塞或車種)、路況照明及攝影機清析度及影像角度等因素下，篩選實測所需的攝影機如表 3.3.2-1。其中臺北市部分路段雖然有 CCTV 影像以 ADSL 作為傳輸介質，然而，因該等路段取景的角度多為路口影像，經轉動攝影機評估後，並無適合納入系統測試的攝影機，故本期未將臺北市 ADSL 攝影機納入測試對象。

表 3.3.2-1 臺北市選取的攝影機

項次	攝影機地點	頻寬特性	道路類型	FPS	白晝影像	夜間影像
1	環快光復橋	光纖	高架	30		
2	辛亥快汀州	光纖	平面	30		
3	辛亥快 新生南	光纖	高架	30		
4	建國快信義	光纖	高架	30		
5	環河北敦煌	光纖	平面	30		
6	環東快進城	光纖	高架	30		
7	洲美快福國	光纖	高架	30		
8	洲美快 13	光纖	高架	30		
9	象山隧道	光纖	隧道	30		

10	松高松智	Wimax	平面	10		
11	敬業樂群三路	Wimax	平面	10		
12	民權行愛	Wimax	平面	10		

Ⅱ、桃園縣影像取得方式：

1. 聯繫協調：

本研究於 4 月 24 日至桃園縣交通控制中心進行參訪（如圖 3.3.2-3），進一步了解桃園縣交控中心架構、CCTV 攝影機運作情形及影像相關參數，並取得測試同意。同時，桃園縣警察局也在 5 月 12 日來函同意影像調閱，提供本案研究分析所需影像。



圖 3.3.2-3 桃園縣交控中心參訪

2. 攝影機挑選：

桃園縣 CCTV 攝影機設置於縣內主要的交通幹道，每支攝影機都有一組專屬的 IP 位址，可以由交控人員透過網際網路進行操控，所拍攝的影像主要透過 ADSL 以影像壓縮方式傳送，每秒影像幅數預設值為 5 張以下，這與臺北市每秒幅數 30 張相去甚遠，也增加系

統測試的難度。

桃園縣目前於全縣佈建近百支 CCTV 攝影機，攝影機選取重點在考量不影響交控人員操作、車行狀況(壅塞或車種)、路況照明及攝影機清析度及影像角度等因素下，篩選測試攝影機如表 3.3.2-2，其中項次 1 至項次 4 為桃園交控中心的影像，而項次 5 至項次 8 為桃園警察局擷取的影像，由於本期系統尚不能支援十字路口類型的影像偵測，因此，警察局提供的影像不納入本期試作對象，未來，針對車行方向偵測的演算流程作修正，即可解決路口偵測的問題。

表 3.3.2-2 桃園縣選取的攝影機

項次	攝影機地點	頻寬特性	道路類型	FPS (壓縮比)	白晝影像	夜間影像
1	中山路 國際路	ADSL	平面	5 (50)		
2	文中路 龍安街	ADSL	平面	5 (50)		
3	中山路 國際路	ADSL	平面	10 (50)		
4	文中路 龍安街	ADSL	平面	10 (50)		
5	中山路 育樂街	ADSL	十字路口	15		
6	縣府路 中山北路	ADSL	十字路口	15		
7	三民路 成功路	ADSL	十字路口	15		
8	中正路 成功路	ADSL	十字路口	15		

Ⅲ、臺北縣影像取得方式：

1. 聯繫協調：

本研究於 9 月 14 日至臺北縣交通控制中心進行參訪（如圖 3.3.2-4），進一步了解臺北縣交控中心架構、CCTV 攝影機運作情形及影像相關參數，俾利整合臺北縣 CCTV 影像進行測試。



圖 3.3.2-4 臺北縣交控中心參訪

2. 攝影機挑選：

臺北縣 CCTV 攝影機設置於縣內主要的交通幹道，每支攝影機都有一組專屬的 IP 位址，可以由交控人員透過網際網路進行操控，所拍攝的影像主要透過 ADSL 通訊以影像壓縮方式傳送，每秒影像幅數為 10 張，這與臺北市每秒幅數 30 張相去甚遠，也增加系統測試難度。

臺北縣也有近百支 CCTV 攝影機，攝影機選取重點在於不影響交控人員操作、車行狀況(壅塞或車種)、路況照明及攝影機清析度及影像角度等因素下，所篩選攝影機如表 3.3.2-3：

表 3.3.2-3 臺北縣選取的攝影機

項次	攝影機地點	頻寬特性	道路類型	FPS (位元率)	白晝影像	夜間影像
1	淡水民權路	ADSL	平面	6 (750k/bps)		

2	板橋 浮洲橋	ADSL	高架	6 (750k/bps)		
3	板橋 萬板路	ADSL	高架	6 (750k/bps)		
4	中和 錦和路	ADSL	平面	6 (750k/bps)		
5	淡水 民權路	ADSL	平面	15 (256k/bps)		
6	板橋 浮洲橋	ADSL	高架	15 (256k/bps)		
7	板橋 萬板路	ADSL	高架	15 (256k/bps)		
8	中和 錦和路	ADSL	平面	15 (256k/bps)		

3.4 實測項目分類

根據過去測試經驗，影像式偵測易受天候、光線及日夜變化影響，一般而言，外在天候及環境因素對影像品質影響最大，對準確率的良窳影響也最大，在光線足夠且氣候良好的白天，能擁有較高的偵測準確率，而在較惡劣的天候環境，則偵測誤差相對就較大；另外夜間偵測結果亦受有無現場光線與車頭燈泛光的影響，其偵測結果較日間差。

本研究要探討影響準確率的因子眾多，包含不同攝影機品質、架設高度、角度、震動、影像傳輸方式、影像品質、天候、道路幾何特性及上下尖離峰下系統偵測的準確率、穩定度及適用性之差異性，因子分類方式採巨觀方式執行，分析項目歸納整理如表 3.4-1，對應之測試評估指標及其定義說明如表 3.4-2，而本研究所挑選攝影機特性如表 3.4-3。

表 3.4-1 分析項目類別表

架設環境因子	分析項目		
頻寬	每秒幅數	壓縮比	傳輸介質
高度	平面/高架	6 米以上/6 米以下	NA
角度	路中/路側	順光/逆光	NA
天候	晴	陰	雨
時段	日/夜	尖峰/離峰	日出/日落
車流	複雜	普通	單純
震動	劇烈	普通	輕微
照明	不佳	普通	良好

表 3.4-2 分析項目指標說明表

分析項目	指標	定義說明
影像品質	光纖/ADSL/WiMax	依訊號傳輸材質定義之
高度	高/低	高：攝影機離地面高度>6 公尺 低：攝影機離地面高度< 6 公尺
角度 (俯角)	大/小	大：車道間分隔線段數量< = 6 小：車道間分隔線段數量> 6
天候	晴/陰/雨	依當時實際天候定義之。
車流	複雜/簡單	複雜：大車、小車、機車流量多且交織頻繁。 簡單：大車、小車、機車出現車種單純。
震動	劇烈/普通/輕微	劇烈：影像有顯著晃動 普通：影像有稍微晃動。 輕微：影像近乎無晃動。
位置	路中/路側	路中：攝影機位於分隔島或道路中央。 路側：攝影機位於人行道或道路側邊。
道路	高架/平面/隧道	依實際道路形態定義之。
照明	佳/普通/不佳	佳：夜間影像清晰 普通：夜間影像較暗，但可辨識車型。 不佳：夜間影像昏暗，無法辨識車型。

表 3.4-3 實測攝影機特性分類表

項次	攝影機地點	影像傳輸	影像幅率(fps)	道路類型	車流特性	高度	角度	位置	震動	天候	照明
1	環快光復橋	光纖	30	高架	複雜	高	小	路中	普通	晴	普通
2	辛亥快汀州	光纖	30	平面	簡單	高	大	路中	輕微	晴陰雨	不佳
3	辛亥快新生南	光纖	30	高架	簡單	高	大	路側	普通	晴	普通
4	建國快信義	光纖	30	高架	簡單	高	大	路側	普通	晴	普通
5	環河北敦煌	光纖	30	平面	複雜	低	大	路側	輕微	晴	普通
6	環東快進城	光纖	30	高架	簡單	高	大	路側	劇烈	晴陰	普通
7	洲美快福國	光纖	30	高架	簡單	高	小	路側	劇烈	晴	普通
8	洲美快13	光纖	30	高架	簡單	高	小	路側	劇烈	晴	普通
9	象山隧道	光纖	30	隧道	簡單	低	大	路中	輕微	晴	佳
10	松高松智	Wimax	10	平面	複雜	高	小	路中	輕微	晴	不佳
11	敬業樂群三路	Wimax	10	平面	複雜	高	大	路中	輕微	晴	普通
12	民權行愛	Wimax	10	平面	複雜	高	大	路中	輕微	晴	普通
13	中山路國際路	ADSL	1	平面	複雜	低	大	路中	普通	晴	不佳
14	文中路龍安街	ADSL	1	平面	複雜	低	大	路中	普通	晴	不佳
15	中山路國際路	ADSL	6	平面	複雜	低	大	路中	普通	晴	不佳
16	文中路龍安街	ADSL	6	平面	複雜	低	大	路中	普通	晴	不佳
17	淡水民權路	ADSL	6	平面	複雜	高	大	路中	輕微	晴	普通
18	板橋浮洲橋	ADSL	6	高架	簡單	高	小	路中	輕微	晴	普通
19	板橋萬板路	ADSL	6	高架	簡單	高	小	路側	輕微	晴	普通

20	中和 錦和路	ADSL	6	平面	複雜	高	大	路側	輕微	晴	普通
21	淡水 民權路	ADSL	15	平面	複雜	高	大	路中	輕微	晴	普通
22	板橋 浮洲橋	ADSL	15	高架	簡單	高	小	路中	輕微	晴	普通
23	板橋 萬板路	ADSL	15	高架	簡單	高	小	路側	輕微	晴	普通
24	中和 錦和路	ADSL	15	平面	複雜	高	大	路側	輕微	晴	普通

3.5 小結

本研究係以前期開發的影像式偵測系統為基礎，在既設攝影機下進行測試評估，計畫實測項目包含攝影機品質、架設高度、角度、震動、影像傳輸方式、影像品質、天候、道路幾何特性等，而系統產生的數據包括交通量、速率、佔有率等交通參數，另外，對於事件（如：壅塞、掉落物、異常車速等）也能進行偵測，而系統的穩定度、準確率及適應性則會因測試環境不同而異。

對於影像式偵測器而言，影響準確率的主因包含光源、車流行為、路段環境及攝影機位置等，在光源部分計有路燈、車燈、車體反光及商家的招牌燈；在車流行為部分則因駕駛的個人行車習慣或行為而有不同型態的交通車流；在路段環境部分則因攝影機拍攝區域不同的點、線及面的空間變化而有不同的影像型態；另外，攝影機架設的方式也是影響準確率的主因。

本研究分別從臺北市、臺北縣及桃園縣等縣市的交控中心挑選攝影機進行實測，由於每個縣市的影像擷取、壓縮、傳輸及解壓縮儲存的方式不同，因此，從每個縣市不同的攝影機獲得的影像也都有不同的特性，本次採巨觀方式將攝影機品質、架設高度、角度、震動、影像傳輸方式、影像品質、天候及道路幾何作分類，共計規劃 24 支不同特性的攝影機進行實測。

第四章　實測評估分析

依據第三章實測計畫，本研究於臺北市、臺北縣及桃園縣等交控中心共計挑選 24 支不同特性的 CCTV 攝影機進行實測與分析。本章先就評估偵測良窳的指標參數進行說明，其次針對 24 支攝影機的實測結果進行比較，並將實測計畫規劃分析的項目，以矩陣式的對應關係交叉比對，找出最佳的架設項目組合。有關系統容易誤判的影像也將加以分析，作為未來系統精進的參考。

4.1 評估指標說明

為了瞭解所開發系統之偵測能力，本節先定義車流量偵測誤差率與準確率，如公式 4.1-1 及公式 4.1-2 所示：

1. 第 i 時段的車流量偵測誤差率 $ER_{f,i}$

$$ER_{fi} = \frac{\left|D_{a,i} - D_i\right|}{D_i} \times 100\% \qquad \text{公式 4.1-1}$$

$D_{a,i}$：第 i 時段透過偵測系統自動計數的車流量。

D_i：第 i 時段透過人工計數的車流量。

2. 第 i 時段之車流量偵測準確率 $DR_{f,i}$

$$DR_{fi} = (1 - ER_{fi}) \qquad \text{公式 4.1-2}$$

另外，為找出影響車流偵測之變項，本研究針對影像傳輸方式、攝影機架設方式(高度、角度、位置)、震動條件、夜間照明、車流特性及影像品質等變項，探討其與系統準確率之關係。在 4.4 節本研究利用統計方法中的變異數分析（ANOVA），來檢定系統準確率的改變，是否受該變項影響而達到統計上的顯著差異。

以影像傳輸方式(光纖、Wimax、ADSL)為例，其顯著性檢定如下：

1. 統計假設：

$$\begin{cases} H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 \\ H_1 : \mu_1, \mu_2, \mu_3 \text{不全等} \end{cases}$$

虛無假設 H_0 為車流偵測於3種傳輸方式下其準確率沒有差異。

對立假設 H_1 為3種傳輸方式至少有1種傳輸方式具差異。

2. 檢定統計量：$F = \dfrac{MSE}{MSB}$ 。

3. 檢定規則：若 $F > F_\alpha(k-1, n-k)$ 或 $p-value < \alpha$ ，則拒絕 H_0 ，表示至少有1種傳輸方式具差異，即傳輸方式為準確率的影響變項。本研究訂顯著水準 $\alpha = 0.05$ 。

4. 變異數分析如表4.1所示。

表4.1 變異數分析表

變異來源 Source Variation	平方和 (S.S.)	自由度 (D.F.)	均方和 (M.S.)	F 值	$p-value$
組間變異 (Between)	SSB	$k-1$	$MSB = \dfrac{SSB}{k-1}$	$F = \dfrac{MSE}{MSB}$	$\Pr ob(F > F_\alpha(k-1, n-k))$
組內變異 (Within)	SSE	$n-k$	$MSE = \dfrac{SSE}{n-k}$		
總變異 (Total)	SST	$n-1$			

完成上述顯著性檢定後，即可得知車流偵測是否受到該變項影響，而造成各觀測路段系統準確率有不一致現象。

4.2穩定度分析

本節主要進行系統長時運作之穩定度分析，因此，實測分析挑選已完成長時測試的第2、3、4、6、7號機進行比較，如表4.2-1所示，其中4號及6號機因影像實測期間有2日的拍攝角度被轉動，因此該2攝影機僅包含5日之實測數據。鑑於長時測試所產生之資料量相當大，以下分析先以日為單位，觀察系統在一星期不同日之偵測狀況，以確認系統偵測不同日（旅次特性）及應用於不同攝影機之準確趨勢。

表4.2-1 穩定度影像分析時數對照表

編號	分佈地區	攝影機地點	影像傳輸	實測分析時數
2	臺北	辛亥快汀州	光纖	7天
3	臺北	辛亥快新生南	光纖	7天
4	臺北	建國快信義	光纖	5天
6	臺北	環東快進城	光纖	5天
7	臺北	洲美快福國	光纖	7天

圖4.2-1為5支攝影機在不分時段下平均準確率的實測結果，系統在各支攝影機的應用平均準確率皆可維持在八成以上，不同攝影機偵測結果差異不大。此外，由於尖峰時段車流量較大，故本研究另擷取尖峰時段資料，觀察其平均準確率之趨勢變化（如圖4.2-2所示），約維持在75%~85%間，其中3號機及6號機的曲線變化較平緩，4號機及7號機的曲線變化較大，究其原因主要有光源、氣候及震動等變項影像準確率。

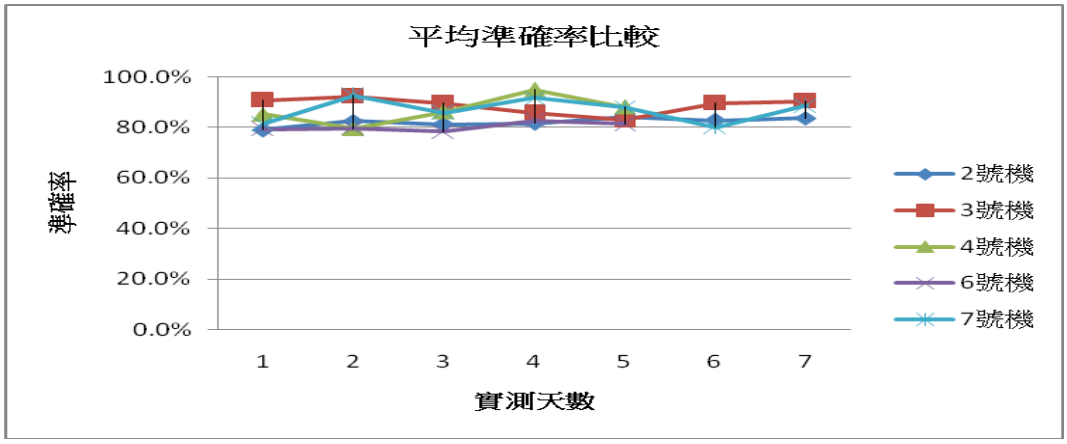


圖4.2-1不分時段準確率比較圖

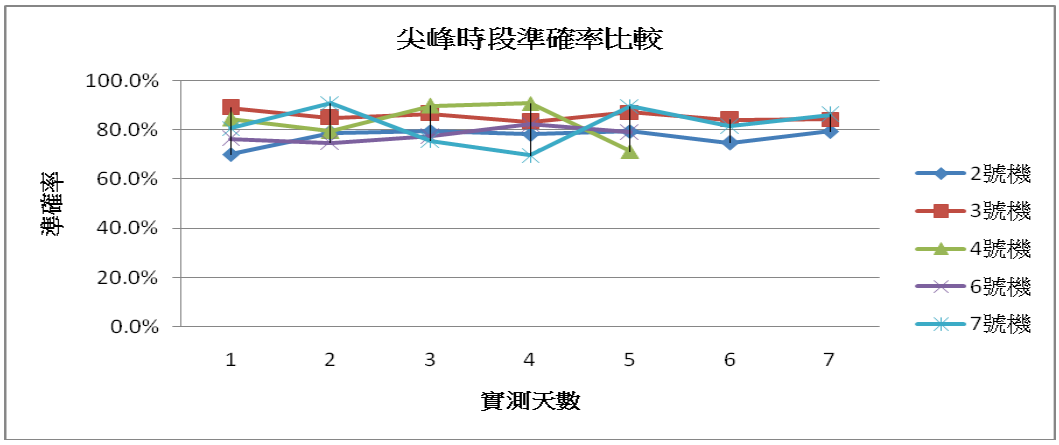


圖4.2-2 尖峰時段準確率比較圖

為求精確，本研究同時使用平均準確率的標準差作為評估系統穩定性指標之輔助判別因子，當標準差愈大，代表系統穩定性較差，反之，當標準差愈小，代表系統穩定性較佳。分析結果如表4.2-2及表4.2-3所示，標準差較小的為2號、3號及6號機，標準差較大的為4號及7號機，不同攝影機在不同日之偵測標準差，雖有相對大小之區別，但整體而言，標準差之變化差異並不大，由此推知，系統在本次所選取之攝影機上，偵測準確率的表現有其一致性。

另外，本研究進一步挑選3號機來觀察系統與人工計數在一週期間每30分鐘的流量變化趨勢，實驗結果如圖4.2-3所示，系統在每日的流量均呈現尖峰時段車流較多，離峰時段車流較少的週期變化，且與人工計數比較也呈現較高的偵測準確率，系統並沒有出現異常跳動情形，其流量趨勢亦隨尖離峰呈現合理的變化。綜上分析，可以瞭解系統在光纖環境下之偵測有一定的穩定性。

表4.2-2 尖峰時段標準差比較表

	個數	最小值	最大值	平均數	標準差
2號機	7	.70	.79	.7709	.03557
3號機	7	.83	.89	.8554	.02007
4號機	5	.71	.91	.8311	.08031
6號機	5	.75	.82	.7787	.02889
7號機	7	.70	.91	.8192	.07581

	個數	最小值	最大值	平均數	標準差
2號機	7	.70	.79	.7709	.03557
3號機	7	.83	.89	.8554	.02007
4號機	5	.71	.91	.8311	.08031
6號機	5	.75	.82	.7787	.02889

表4.2-3 不分時段標準差比較表

	個數	最小值	最大值	平均數	標準差
2號機	7	.79	.84	.8210	.01730
3號機	7	.83	.92	.8874	.03252
4號機	5	.79	.95	.8674	.05575
6號機	5	.78	.83	.8027	.01746
7號機	7	.80	.93	.8686	.04817

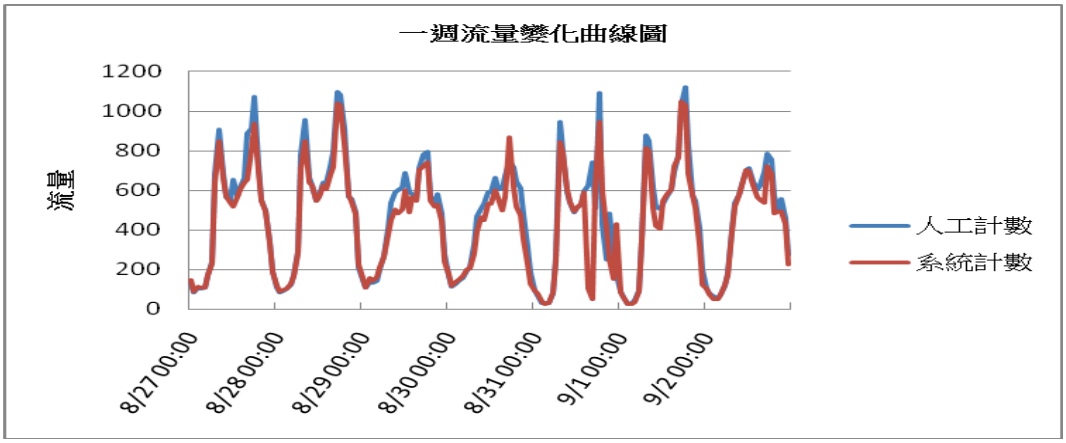


圖4.2-3 辛亥快新生南路段(3號機)週流量曲線圖(光纖環境)

至於當影像的幅率改變，亦即影像傳輸介質由光纖換成ADSL時，系統是否仍然能夠維持偵測的穩定，亦為本研究關心課題，因此，在穩定性的分析部分，本研究選取幅率只為6的淡水民權路段(17號機)為測試對象，系統以分車道的方式來觀察流量在尖離峰的變化，實驗結果如圖4.2-4所示，雖然本測試在低幅率的環境，但系統的偵測結果沒有異常跳動的流量變化，且仍具區別尖離峰流量的能力。另在相同時段但不同車道的環境，由於車流複雜情形不同，尖峰時段仍會出現流量差異較大的情形，說明車流的複雜度為影響系統準確率的重要因素。

另外，為觀察影像的傳輸介質由ADSL再換成Wimax時系統測的穩定度，本研究選取敬業樂群三路(11號機)作為本測試對象，實驗結果如圖4.2-5所示，根據不同車道的流量變化的結果，由於該路段車流較單純，系統在相同時段的流量差異不大，顯然系統在Wimax環境偵測仍維持穩定。

其次，當相同路段但是幅率不同時，系統呈現的穩定性如圖4.2-6所示，系統雖然仍可區別尖離峰的變化，但系統在尖峰時段的流量差異較大，顯然系統會因不同幅率的變化而使系統呈現較顯著的流量差異。

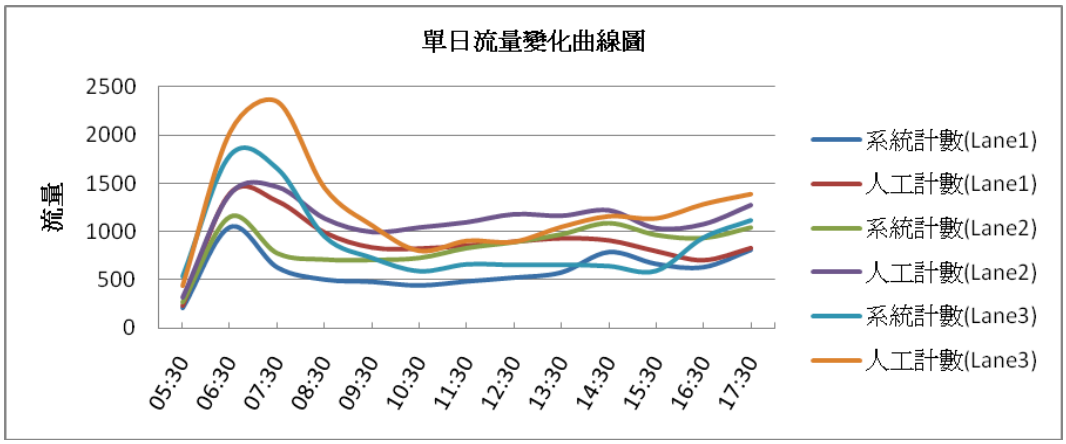


圖4.2-4 淡水民權路段(17號機)單日流量曲線圖(ADSL環境)

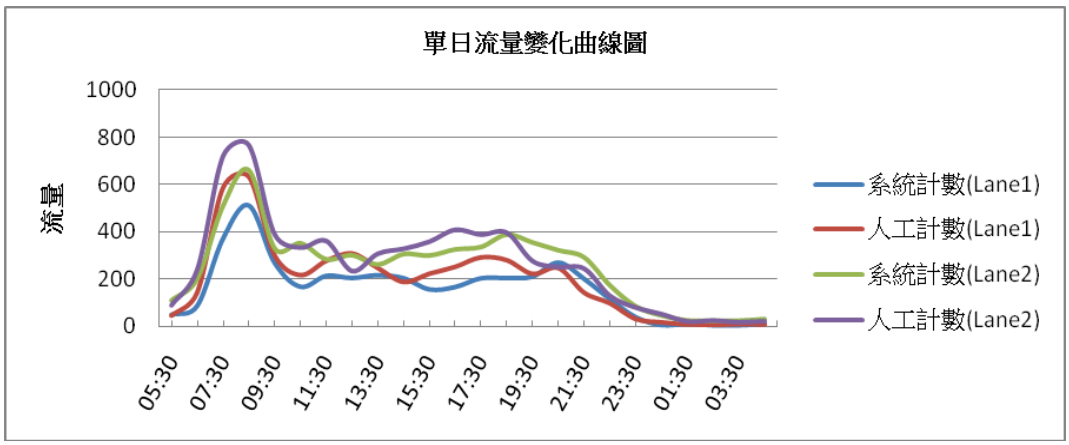


圖4.2-5 敬業樂群三路(11號機)單日流量曲線圖(Wimax環境)

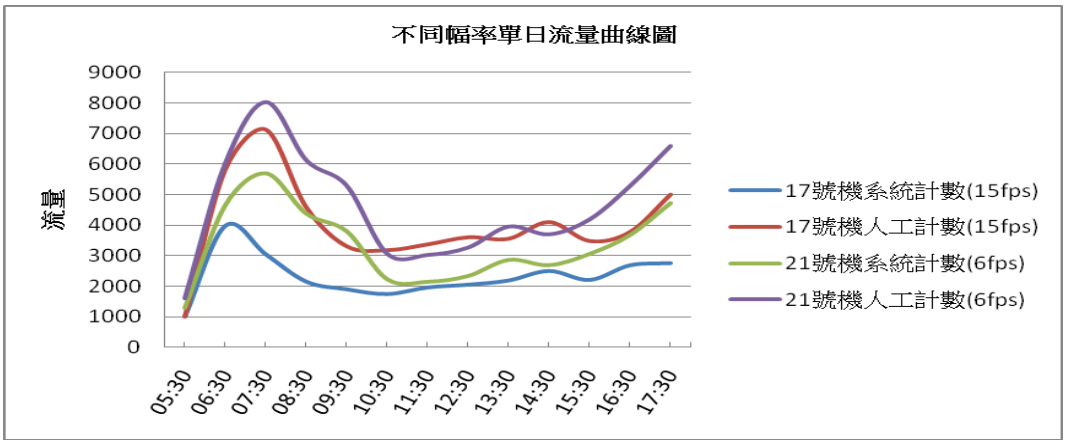


圖4.2-6 淡水民權路段不同幅率單日流量曲線圖

4.3準確率分析

前一節主要觀察系統長時運作下之穩定度分析，亦即以巨觀的角度來觀察其趨勢變化；本節則以微觀角度切入，以準確率來分析不同因子對於系統之影響程度。

本次取樣計有24支CCTV影像，如表4.3-1所示，實測分析時數以7日（計有2、3、4、6、7號機）及1日（計有1、5、8、9、11、12號機）為主，另外實測未滿1日者計有13至24號機，車流統計以分車道與分車種方式進行車流量之計數，並與人工計數方式比較，車流量準確率計算方式如公式4.1-1及公式4.1-2所示（原始資料的分析與統計詳如附錄H），若表內無相關數據則以N/A表示。鑑於本研究所選取之CCTV僅為眾多CCTV中之一部分，故以下實測分析結果以統計概念來觀察不同架設條件對於系統準確率之影響現象，故僅作趨勢上之推論，不對個別CCTV之準確率數據作細部探究，後半部再以統計方法判別影響因子對系統影響之顯著性。

表4.3-1 實測影像分析時數對照表

編號	分佈地區	攝影機地點	影像傳輸	實測分析時數
1	臺北	環快光復橋	光纖	1天
2	臺北	辛亥快汀州	光纖	7天
3	臺北	辛亥快新生南	光纖	7天
4	臺北	建國快信義	光纖	5天
5	臺北	環河北敦煌	光纖	1天
6	臺北	環東快進城	光纖	5天
7	臺北	洲美快福國	光纖	7天
8	臺北	洲美快13	光纖	1天
9	臺北	象山隧道	光纖	1天
10	臺北	松高松智	Wimax	6小時
11	臺北	敬業樂群三路	Wimax	1天
12	臺北	民權行愛	Wimax	1天
13	桃園	中山路國際路	ADSL	2小時

14	桃園	文中路龍安街	ADSL	2小時
15	桃園	中山路國際路	ADSL	2小時
16	桃園	文中路龍安街	ADSL	2小時
17	北縣	淡水民權路	ADSL	13小時
18	北縣	板橋浮洲橋	ADSL	9小時
19	北縣	板橋萬板路	ADSL	13小時
20	北縣	中和錦和路	ADSL	13小時
21	北縣	淡水民權路	ADSL	13小時
22	北縣	板橋浮洲橋	ADSL	12小時
23	北縣	板橋萬板路	ADSL	13小時
24	北縣	中和錦和路	ADSL	13小時

4.3.1總量分析

1. 車流總量分析

巨觀來說，不分車種、車道及時段的車流量統計如表4.3.1-1及圖4.3.1-1所示，具較高的準確率為3、4及7號機（八成八左右），其影像特性為影像品質較高（30fps）、車流簡單且照明較佳；而較低的準確率為13、14號機及16號（低於五成），究其原因為影像品質過低（1fps）且車流複雜所致。

表4.3.1-1 車流總量分析比較表-1

攝影機編號	1	2	3	4	5	6	7	8
人工	48761	214726	80419	208444	32310	124533	265918	32093
VD	34567	176370	71494	183985	21453	100133	233945	20233
準確率	70.9%	82.1%	88.9%	88.3%	66.4%	80.4%	88.0%	63.0%

表4.3.1-1 車流總量分析比較表-2

攝影機編號	9	10	11	12	13	14	15	16
人工	12451	3538	11361	22160	4773	1469	2883	2666
VD	9937	1842	9901	12565	2335	454	1397	1319
準確率	79.8%	52.1%	87.1%	56.7%	48.9%	30.9%	48.5%	49.5%

表4.3.1-1 車流總量分析比較表-3

攝影機編號	17	18	19	20	21	22	23	24
人工	51809	11508	8889	5461	60226	17801	24159	14520
VD	30216	6415	4865	3346	43558	13787	17663	10583
準確率	58.3%	55.7%	54.7%	61.3%	72.3%	77.5%	73.1%	72.9%

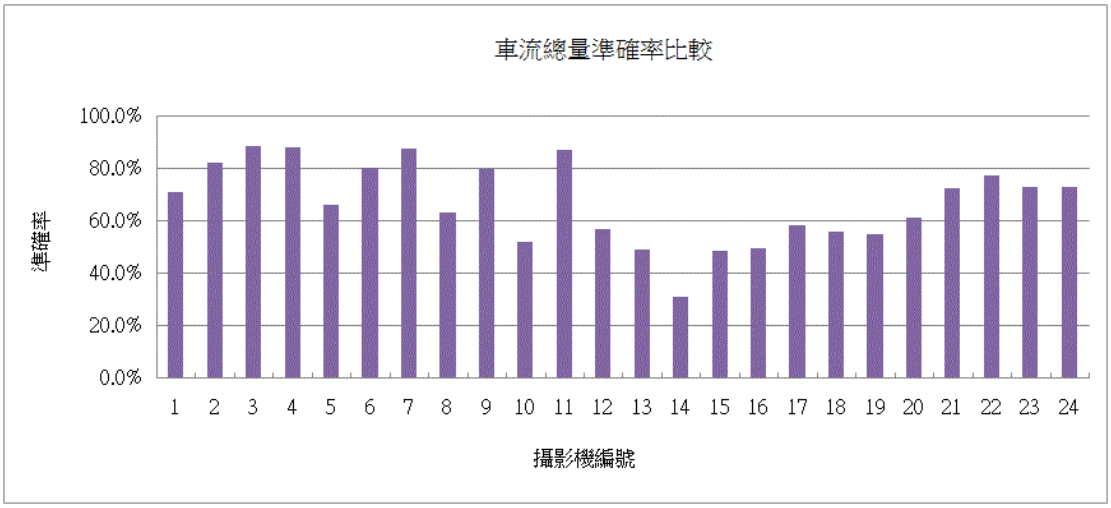


圖4.3.1-1 車流總量準確率比較直條圖

2. 車種分析

為了觀察車輛種類對於系統準確率的影響，本研究將車種區分為大型車、小型車及機車3類分析，如表4.3.1-2及圖4.3.1-2所示，小型車的準確率較高者為具較高的準確率為3、4及7號機（八成八左右），其影像特性為影像品質較高（30fps）、車流簡單且照明較佳；而較低準確率者為13、14號機及16號（低於五成），究其原因為影像品質過低（1fps）且車流複雜所致。

大型車準確率較高者為8號機及12號機（高於九成五），其影像特性為大型車車流較簡單所致；而2號機因攝影機內部參數調整不佳且景深調整不當，使得大車出現的影像比例過大且車頂的反光導致過曝現象，造成系統偵測大型車的能力失效；另外，14號機則因為影像幅率過低，導致準確率低於三成。

而機車偵測準確率較高者為4號機（約九成八），其影像特性為影像品質（30fps）及攝影機高度較高，較無遮蔽問題；其中有部分攝影機發生無法辨識機車的情形，究其原因為影像品質因壓縮有區塊效應

（19、20、23及24號機）、攝影機角度不佳導致機車物件過小（5號機），另外8、9及10號機因機車樣本數過少，不納入討論。

表4.3.1-2 車種分析比較表-1

攝影機編號		1	2	3	4	5	6
小型車	人工	11715	212913	79538	207002	30983	120883
	VD	8106	176185	70668	183381	20757	96172
	準確率	69.2%	82.7%	88.8%	88.6%	67.0%	79.6%
大型車	人工	603	1548	652	1194	1199	3153
	VD	444	0	564	1255	738	3465
	準確率	73.6%	0.0%	86.5%	94.9%	61.6%	90.1%
機車	人工	36443	265	229	248	128	497
	VD	26019	185	272	251	0	524
	準確率	71.4%	69.8%	81.2%	98.8%	0.0%	94.6%

表4.3.1-2 車種分析比較表-2

攝影機編號		7	8	9	10	11	12
小型車	人工	259153	31762	11596	3100	7005	16645
	VD	227829	19888	9341	1595	6128	17279
	準確率	87.9%	62.6%	80.6%	51.5%	87.5%	96.2%
大型車	人工	6287	329	849	438	637	1339
	VD	5780	345	610	240	597	1282
	準確率	91.9%	95.1%	71.8%	54.8%	93.7%	95.7%
機車	人工	478	NA	NA	NA	3719	17588
	VD	567	NA	NA	NA	3176	6175
	準確率	81.4%	NA	NA	NA	85.4%	35.1%

表4.3.1-2 車種分析比較表-3

攝影機編號		13	14	15	16	17	18
小型車	人工	3321	1242	2019	1844	29757	4187
	VD	1619	401	987	916	21174	2515
	準確率	48.8%	32.3%	48.9%	49.7%	71.2%	60.1%
大型車	人工	232	61	40	108	1129	336
	VD	126	17	19	60	1073	178
	準確率	54.3%	27.9%	47.5%	55.6%	95.0%	53.0%
機車	人工	1220	166	824	714	20923	6985
	VD	593	34	391	345	7969	3722
	準確率	48.6%	20.5%	47.5%	48.3%	38.1%	53.3%

表4.3.1-2 車種分析比較表-4

攝影機編號		19	20	21	22	23	24
小型車	人工	8624	5333	37185	5788	23414	14179
	VD	4723	3273	27925	4416	17159	10432
	準確率	54.8%	61.4%	75.1%	76.3%	73.3%	73.6%
大型車	人工	252	119	1486	640	714	298
	VD	143	91	963	498	507	151
	準確率	56.7%	76.5%	64.8%	77.8%	71.0%	50.7%
機車	人工	13	9	21555	11373	31	43
	VD	0	0	14639	7894	0	0
	準確率	0.0%	0.0%	67.9%	69.4%	0.0%	0.0%

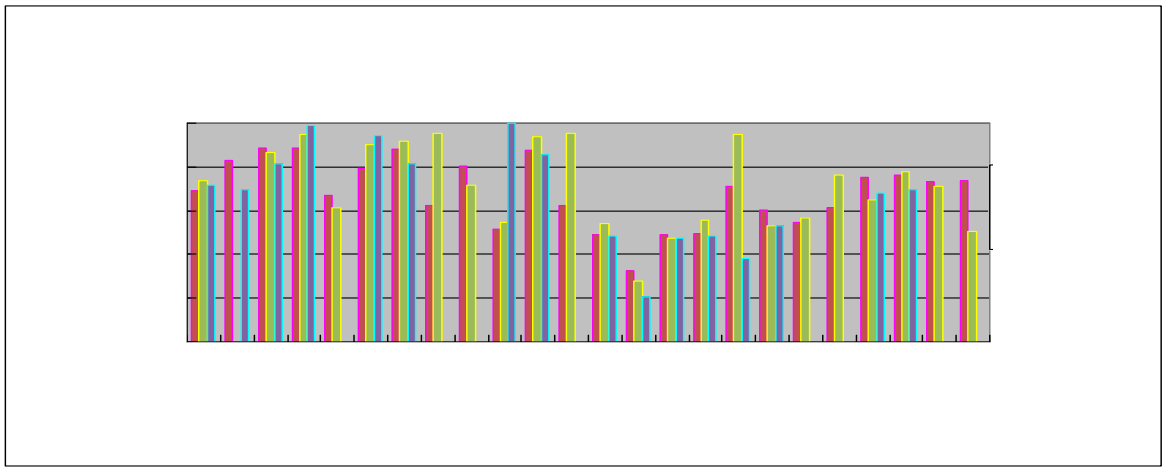


圖4.3.1-2 車種準確率比較直條圖

3. 車道分析

為了分析車道對於系統準確率的影響，本研究將車道由內而外區分為第1、第2及第3車道等3類（如圖4.3.1-3），統計結果如表4.3.1-3及圖4.3.1-4所示，第1車道的準確率高於八成五者為3、4號機，低於四成者為8、12、14號機；第2車道的準確率高於九成者為3、4、7號機，低於四成者為14號機；第3車道的準確率最高者為7號機（約九成），最低者為17號機（約四成四），其中第2車道較其他車道準確率為高，其可能原因為第1車道受對象車道車燈干擾較多，而第3車道受路燈干擾較多所致。



圖4.3.1-3 車道示意圖

表4.3.1-3 車道分析比較表-1

攝影機編號		1	2	3	4	5	6	7	8
第1車道	人工	12530	76289	44767	99265	15326	58937	74817	9085
	VD	9272	62645	38930	86185	9600	49433	59816	2977
	準確率	74.0%	82.1%	87.0%	86.8%	62.6%	83.9%	79.9%	32.8%
第2車道	人工	36231	76087	35652	109179	16984	65596	110716	13075
	VD	25295	63041	32564	97800	11853	50700	102107	9588
	準確率	69.8%	82.9%	91.3%	89.6%	69.8%	77.3%	92.2%	73.3%
第3車道	人工	N/A	62350	N/A	N/A	N/A	N/A	80385	9933
	VD	N/A	50686	N/A	N/A	N/A	N/A	72022	7668
	準確率	N/A	81.3%	N/A	N/A	N/A	N/A	89.6%	77.2%

表4.3.1-3 車道分析比較表-2

攝影機編號		9	10	11	12	13	14	15	16
第1車道	人工	1614	1769	4763	9085	1428	365	1011	800
	VD	2129	1016	3909	2977	711	121	497	403
	準確率	68.1%	57.4%	82.1%	32.8%	49.8%	33.2%	49.2%	50.4%
第2車道	人工	10837	1769	6598	13075	3345	1104	1872	1866
	VD	7808	826	5992	9588	1624	333	900	916
	準確率	72.0%	46.7%	90.8%	73.3%	48.6%	30.2%	48.1%	49.1%
第3車道	人工	N/A	N/A	N/A	9933	N/A	N/A	N/A	N/A

	VD	N/A	N/A	N/A	7668	N/A	N/A	N/A	N/A
	準確率	N/A	N/A	N/A	77.2%	N/A	N/A	N/A	N/A

表4.3.1-3 車道分析比較表-3

攝影機編號		17	18	19	20	21	22	23	24
第1車道	人工	11487	4026	6295	3036	14475	6044	15718	7984
	VD	7721	2512	3464	1864	10841	4209	11789	5638
	準確率	67.2%	62.4%	55.0%	61.4%	74.9%	69.6%	75.0%	70.6%
第2車道	人工	14456	7482	2594	2425	17050	11757	8441	6536
	VD	11041	3903	1401	1482	12787	8578	5874	4945
	準確率	76.4%	52.2%	54.0%	61.1%	75.0%	73.0%	69.6%	75.7%
第3車道	人工	25866	N/A	N/A	N/A	28701	N/A	N/A	N/A
	VD	11454	N/A	N/A	N/A	19930	N/A	N/A	N/A
	準確率	44.3%	N/A	N/A	N/A	69.4%	N/A	N/A	N/A

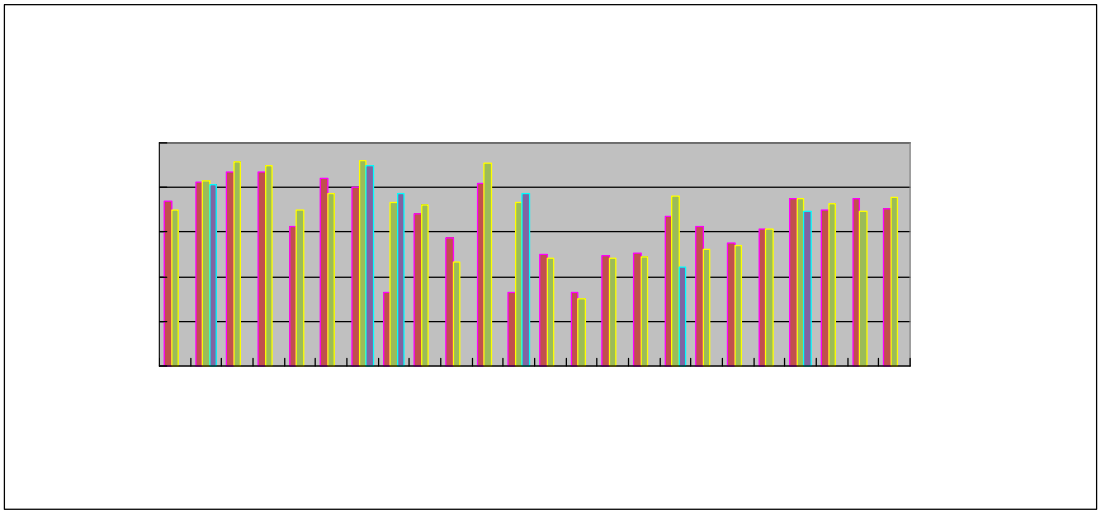


圖4.3.1-4 車道準確率比較直條圖

4.3.2 時段準確率分析

1. 白晝(0530-1830)與夜間(1900-0500)時段：

為了觀察白晝及夜間對於系統準確率的影響，本研究將時段區分為白晝的0530~1830及夜間的1900~0500，如表4.3.2-1及圖4.3.2-2所示，白晝準確率較高者為4號機（約九成），較低者為14號機（僅三成左右）；夜間的準確率較高者為3號機（約八成八），而17至24號機夜間影像因壓縮比過大，導致影像畫質區塊效應及雜訊干擾嚴重；而10

號及13至16號機也因夜間影像照明不佳及區塊效應，使車型破碎無法辨識（如圖4.3.2-1所示），為避免影響整體準確率評估，因此，該等路段夜間影像不納入實測。



Frame n



Frame n+4



Frame n+8



Frame n+12



Frame n+16



Frame n+20

圖4.3.2-1區塊效應導致車型無法辨識示意圖

表4.3.2-1 白晝與夜間時段分析比較表-1

攝影機編號		1	2	3	4	5	6	7	8
白晝	人工	36803	169022	56570	131000	23653	94722	180257	21432
	VD	26457	138731	50439	118665	15982	76627	155503	10437
	準確率	71.9%	82.1%	89.2%	90.6%	67.6%	80.9%	86.3%	48.7%

夜間	人工	11958	45704	23849	77444	8657	29811	85661	10661
	VD	8110	32684	21055	66187	5471	23506	78442	9796
	準確率	67.8%	71.5%	88.3%	85.5%	63.2%	78.9%	91.6%	91.9%

表4.3.2-1 白晝與夜間時段分析比較表-2

攝影機編號		9	10	11	12	13	14	15	16
白晝	人工	9854	3538	8772	21432	4773	1469	2883	2666
	VD	7901	1842	7078	10437	2335	454	1397	1319
	準確率	80.2%	52.1%	80.7%	48.7%	48.9%	30.9%	48.5%	49.5%
夜間	人工	2597	N/A	2589	10661	N/A	N/A	N/A	N/A
	VD	2036	N/A	2823	9796	N/A	N/A	N/A	N/A
	準確率	78.4%	N/A	91.0%	91.9%	N/A	N/A	N/A	N/A

表4.3.2-1 白晝與夜間時段分析比較表-3

攝影機編號		17	18	19	20	21	22	23	24
白晝	人工	51809	11508	8889	5461	60226	17801	24159	14520
	VD	30216	6415	4865	3346	43557	13787	17663	10583
	準確率	58.3%	55.7%	54.7%	61.3%	72.3%	77.5%	73.1%	72.9%
夜間	人工	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	VD	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	準確率	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

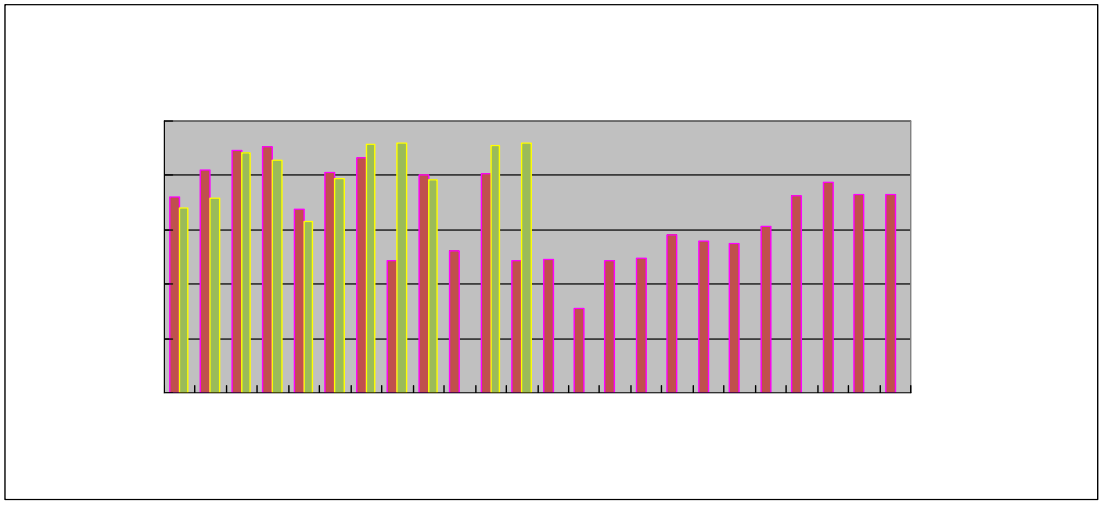


圖4.3.2-2 白晝及夜間時段準確率比較直條圖

2. 日出(0500~0600)、日落(1800~1900)時段：

車輛的陰影是物件切割錯誤導致系統誤判的原因之一，而陰影最

長的時段出現在日出及日落，陰影方向則與路段走向有關，本研究將時段區分為日出的0500~0600及日落的1800~1900，如表4.3.2-2及圖4.3.2-3所示，日出時段的準確率較高者為4號機（約九成七），該路段為南北走向，陰影位於車輛左右兩側，較低者為19號機（僅三成四左右），該路段為東南走向，陰影與車行方向相同；日落時段的準確率較高者為11號機（約八成六），該路段為南北走向，較低者也是19號機（僅二成四左右），顯然系統對於處理車行南北向的陰影能力較佳，當陰影與車行方向一致時，則容易使陰影成為車輛物件的一部分，而造成車型辨識錯誤。另外10、13、14、15、16、18號機因樣本影像未包含日出及日落時段，因此不予討論。

表4.3.2-2 日出與日落時段分析比較表-1

攝影機編號		1	2	3	4	5	6	7	8
日出	人工	965	8160	1065	2281	449	990	3335	375
	VD	757	6473	946	2207	285	788	3095	266
	準確率	78.4%	79.3%	88.8%	96.8%	63.5%	79.6%	92.8%	70.9%
日落	人工	2418	16603	6579	14227	1855	8580	17082	2261
	VD	1448	12343	5513	11952	1193	7135	14118	1074
	準確率	59.9%	74.3%	83.8%	84.0%	64.3%	83.2%	82.6%	47.5%

表4.3.2-2 日出與日落時段分析比較表-2

攝影機編號		9	10	11	12	13	14	15	16
日出	人工	91	N/A	68	650	N/A	N/A	N/A	N/A
	VD	71	N/A	79	360	N/A	N/A	N/A	N/A
	準確率	78.0%	N/A	83.8%	55.4%	N/A	N/A	N/A	N/A
日落	人工	877	N/A	670	2175	N/A	N/A	N/A	N/A
	VD	756	N/A	579	1312	N/A	N/A	N/A	N/A
	準確率	86.2%	N/A	86.4%	60.3%	N/A	N/A	N/A	N/A

表4.3.2-2 日出與日落時段分析比較表-3

攝影機編號		17	18	19	20	21	22	23	24
日出	人工	264	N/A	137	85	509	N/A	228	245
	VD	295	N/A	47	33	393	N/A	192	158
	準確率	88.3%	N/A	34.3%	38.8%	77.2%	N/A	84.2%	64.5%
日落	人工	2349	N/A	780	441	3449	1088	2349	926
	VD	984	N/A	186	140	2479	738	984	667

	準確率	41.9%	N/A	23.8%	31.7%	71.9%	67.8%	41.9%	72.0%

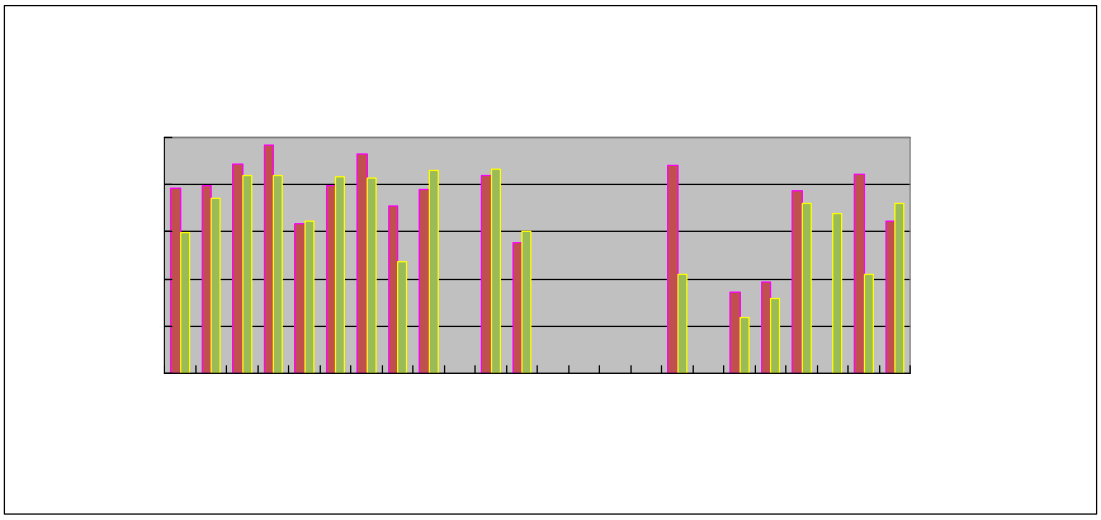


圖4.3.2-3 日出與日落時段比較直條圖

3. 白晝尖峰(0700~0900)、夜間尖峰(1700~1900)時段

車輛交疊經常是物件切割錯誤的原因之一，而複雜的車輛交疊，多發生在上班及下班的交通尖峰時刻，因此本研究將可能發生壅塞時段區分為0630~0930及1630~1930，如表4.3.2-3及圖4.3.2-4所示，白晝尖峰準確率較高者為4號機（約九成），較低者為17號機（僅約四成八）；夜間尖峰的準確率較高者為11號機（約八成五），較低者為8、12號機（僅約四成九）；而觀察準確率低的攝影機，除了部分車輛交疊的問題外，車道歪斜及攝影機晃動劇烈，也是準確率偏低的原因。另外13、14、15、16號機因樣本影像未包含白晝尖峰及夜間尖峰時段，因此不予討論。

表4.3.2-3 尖峰時段分析比較表-1

攝影機編號		1	2	3	4	5	6	7	8
白晝尖峰	人工	12587	58764	9564	23077	4971	21556	30292	4065
	VD	9100	48679	8202	20772	3187	17041	24361	2302
	準確率	72.3%	82.8%	85.8%	90.0%	64.1%	79.1%	80.4%	56.6%
夜間尖峰	人工	4742	39118	12678	26397	3647	17285	33507	1239
	VD	2903	28081	10812	22467	2328	14129	28543	610

	準確率	61.2%	71.8%	85.3%	85.1%	63.8%	81.7%	85.2%	49.2%

表4.3.2-3 尖峰時段分析比較表-2

攝影機編號		9	10	11	12	13	14	15	16
白晝尖峰	人工	2594	992	2462	4065	N/A	N/A	N/A	N/A
	VD	2141	504	1728	2302	N/A	N/A	N/A	N/A
	準確率	82.5%	50.8%	70.2%	56.6%	N/A	N/A	N/A	N/A
夜間尖峰	人工	423	N/A	333	1239	N/A	N/A	N/A	N/A
	VD	336	N/A	284	610	N/A	N/A	N/A	N/A
	準確率	79.4%	N/A	85.3%	49.2%	N/A	N/A	N/A	N/A

表4.3.2-3 尖峰時段分析比較表-3

攝影機編號		17	18	19	20	21	22	23	24
白晝尖峰	人工	13010	4258	1653	1428	15095	4879	4099	3072
	VD	6274	2351	867	896	10910	3780	3030	2274
	準確率	48.2%	55.2%	52.5%	62.7%	72.3%	77.5%	73.9%	74.0%
夜間尖峰	人工	4995	N/A	731	401	6597	2112	1852	1245
	VD	2759	N/A	408	252	4725	1546	1326	970
	準確率	55.2%	N/A	55.8%	62.8%	71.6%	73.2%	71.6%	77.9%

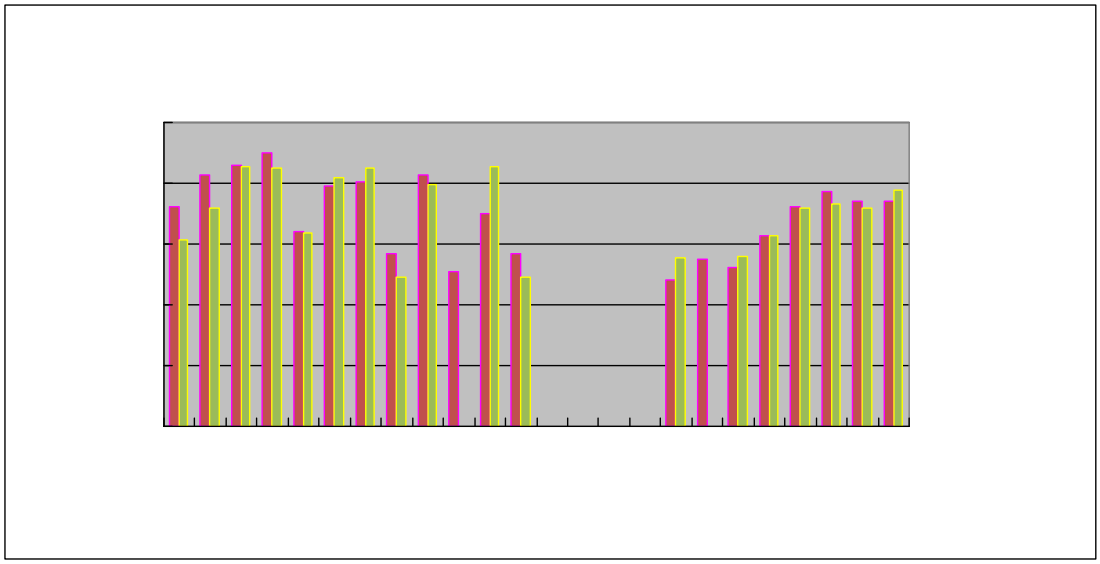


圖4.3.2-4 尖峰時段比較直條圖

4.3.3氣候影響準確率分析：

為了分析氣候對於系統準確率的影響，本研究將天候區分為晴天、陰天及雨天等3類，如表4.3.3-1及圖4.3.3-1所示，晴天的準確率最

高者為3號機（約八成九），最低者為14號機（僅約三成一左右）。本次影像樣本多數為晴天，而陰天及雨天樣本數較少，因此僅提供實測數據，但不予探討。

表 4.3.3-1 氣候分析比較表-1

攝影機編號		1	2	3	4	5	6	7	8
晴天	人工	48761	152647	77152	170378	32310	124533	265170	32093
	VD	34567	131068	68732	146295	21453	100133	233378	20233
	準確率	70.9%	85.9%	89.1%	85.9%	66.4%	80.4%	88.0%	63.0%
陰天	人工	N/A	28874	1044	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	VD	N/A	25543	893	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	準確率	N/A	88.5%	85.5%	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
雨天	人工	N/A	33105	2223	N/A	N/A	N/A	748	N/A
	VD	N/A	19759	1869	N/A	N/A	N/A	567	N/A
	準確率	N/A	59.7%	84.1%	N/A	N/A	N/A	75.8%	N/A

表4.3.3-1 氣候分析比較表-2

攝影機編號		9	10	11	12	13	14	15	16
晴天	人工	12451	3538	11361	22160	4773	1469	2883	2666
	VD	9937	1842	9901	12565	2335	454	1397	1319
	準確率	79.8%	52.1%	87.1%	56.7%	48.9%	30.9%	48.5%	49.5%
陰天	人工	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	VD	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	準確率	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
雨天	人工	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	VD	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	準確率	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

表4.3.3-1 氣候分析比較表-3

攝影機編號		17	18	19	20	21	22	23	24
晴天	人工	51809	11508	8889	5461	60226	17801	24159	14520
	VD	30216	6415	4865	3346	43558	13787	17663	10583
	準確率	58.3%	55.7%	54.7%	61.3%	72.3%	77.5%	73.1%	72.9%
陰天	人工	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	VD	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	準確率	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
雨天	人工	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	VD	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

	準確率	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

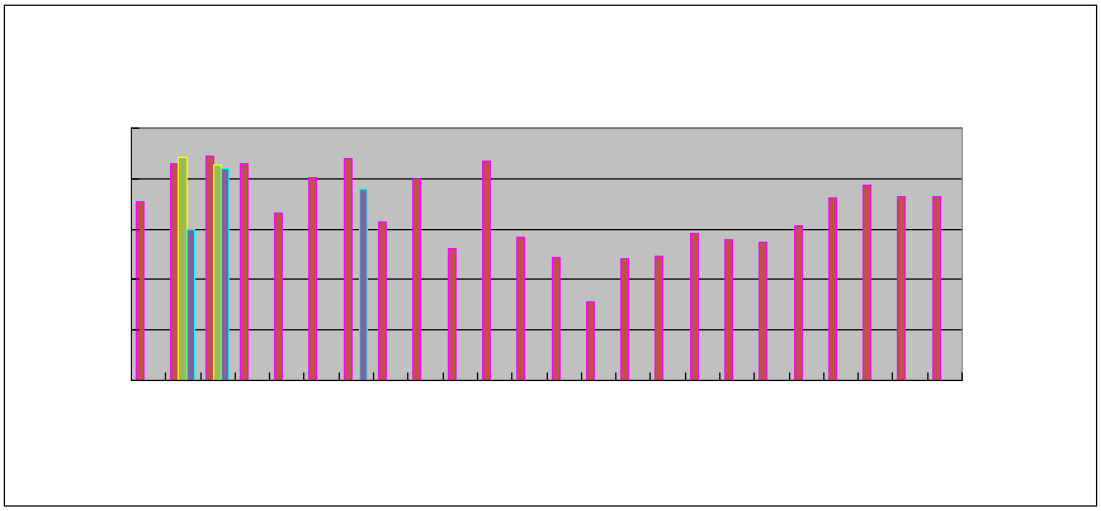


圖4.3.3-1 氣候比較直條圖

4.4 影響準確率之變項分析

依據前述之研究架構與假設，可能影響系統準確率之變項包括：影像傳輸、道路類型、高度、角度、位置、震動條件、夜間照明分析、車流特性及影像品質等，本節以適當之統計方法，就所蒐集資料進行上述變數之分析與探討。

以下針對各影響變項，分為2部分加以分析：1.描述性統計與單因子變異數分析(Analysis of Variance， ANOVA)，瞭解各研究變項之資料分佈，並分別探討平均準確率、上午尖峰準確率、下午尖峰準確率、日出準確率及日落準確率等在不同的影響變項下是否有顯著差異。2.各影響變項間的交叉分析。

1. 描述性統計與單因子變異數分析(ANOVA)：

(1)影像傳輸變項：

由表 4.4-1 可看出不同影像傳輸方式的確會影響準確率，以光纖傳輸方式在不同時段所得到的準確率均優於Wimax及ADSL，而Wimax在日落時段的準確率較ADSL傳輸方式為佳。變異數分析結果為影像傳輸方式在平均準確率、上午尖峰準確率及日落準確率均達到

統計上的顯著差異(p-value=0.008<0.05)，而下午尖峰時段及日出時段則沒有顯著差異。

表4.4-1 影像傳輸變項之描述性統計表-1

影像傳輸		平均準確率	上午尖峰準確率	下午尖峰準確率	日出準確率	日落準確率
光纖	平均數	.7865	.7707	.7365	.8091	.7398
	個數	9	9	9	9	9
Wimax	平均數	.6530	.5921	.6726	.6960	.7337
	個數	3	3	2	2	2
ADSL	平均數	.5863	.6454	.6689	.6455	.5016
	個數	12	8	7	6	7

表4.4-1 影像傳輸變項之ANOVA檢定表-2

		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
平均準確率	組間	.207	2	.103	6.179	.008
	組內	.352	21	.017		
	總和	.559	23			
上午尖峰準確率	組間	.103	2	.052	4.304	.031
	組內	.204	17	.012		
	總和	.307	19			
下午尖峰準確率	組間	.020	2	.010	.607	.558
	組內	.248	15	.017		
	總和	.268	17			
日出準確率	組間	.100	2	.050	1.771	.206
	組內	.397	14	.028		
	總和	.497	16			
日落準確率	組間	.241	2	.120	4.226	.035
	組內	.427	15	.028		
	總和	.668	17			

(2)道路類型變項：

由表 4.4-2 可看出高架道路類型在不同時段所得到的準確率比平面道路的準確率高，平均準確率甚至高出將近15%，雖然在隧道的準確率是所有道路類型中最高，但因只有一筆資料，故無法判定其準確率是否確實優於其他兩種道路類型。變異數分析結果也因隧道的資料均未達到統計上的顯著差異(p-value>0.05)，若忽略此筆資料，再做變異數分析結果發現，平均準確率在高架與平面兩種道路類型達到統計上的顯著差異。

表4.4-2 道路類型變項之描述性統計表-1

道路類型		平均準確率	上午尖峰準確率	下午尖峰準確率	日出準確率	日落準確率
高架	平均數	.7405	.7232	.7204	.7823	.6384
	個數	10	10	9	8	9
平面	平均數	.6054	.6465	.6722	.6885	.6287
	個數	13	9	8	8	8
隧道	平均數	.7981	.8254	.7943	.7802	.8620
	個數	1	1	1	1	1

表4.4-2 道路類型變項之ANOVA檢定表-2

		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
平均準確率	組間	.120	2	.060	2.885	.078
	組內	.438	21	.021		
	總和	.559	23			
上午尖峰準確率	組間	.046	2	.023	1.505	.250
	組內	.260	17	.015		
	總和	.307	19			
下午尖峰準確率	組間	.019	2	.009	.561	.582
	組內	.249	15	.017		
	總和	.268	17			
日出準確率	組間	.037	2	.019	.565	.581
	組內	.460	14	.033		
	總和	.497	16			
日落準確率	組間	.050	2	.025	.602	.561
	組內	.618	15	.041		
	總和	.668	17			

(3)高度變項：

由表 4.4-3 變異數分析結果發現，只有平均準確率在攝影機高度變項上達到顯著差異(p-value=0.015<0.05)。故攝影機高度調高後會使平均準確率增加，大約為七成左右，雖然上午尖峰與日落準確率在攝影機調低高度時，會有較佳的準確率，但因樣本數太少，未達到統計上的顯著差異。

表4.4-3 高度變項之描述性統計表-1

高度		平均準確率	上午尖峰準確率	下午尖峰準確率	日出準確率	日落準確率
高	平均數	.7130	.6894	.7014	.7421	.6332
	個數	18	18	16	15	16
低	平均數	.5399	.7332	.7163	.7075	.7526
	個數	6	2	2	2	2

表4.4-3 高度變項之ANOVA檢定表-2

		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
平均準確率	組間	.135	1	.135	6.993	.015
	組內	.424	22	.019		
	總和	.559	23			
上午尖峰準確率	組間	.003	1	.003	.205	.656
	組內	.303	18	.017		
	總和	.307	19			
下午尖峰準確率	組間	.000	1	.000	.024	.880
	組內	.268	16	.017		
	總和	.268	17			
日出準確率	組間	.002	1	.002	.064	.803
	組內	.495	15	.033		
	總和	.497	16			
日落準確率	組間	.025	1	.025	.631	.439
	組內	.642	16	.040		
	總和	.668	17			

(4)角度（俯角）變項：

由表 4.4-4 可得到不論在任何時段，角度小的攝影機所得到的準確率皆高於攝影機角度大者，平均準確率甚至高出將近13%，變異數分析結果中，平均準確率對於攝影機角度大小有顯著差異(p-value=0.044<0.05)，由此顯示調整攝影機的角度較小時，確實可使系統準確率增加。

表4.4-4 角度變項之描述性統計表-1

角度		平均準確率	上午尖峰準確率	下午尖峰準確率	日出準確率	日落準確率
小	平均數	.7386	.7141	.7250	.7406	.6961
	個數	11	11	11	11	11
大	平均數	.6115	.6689	.6686	.7334	.5685
	個數	13	9	7	6	7

表4.4-4 角度變項之ANOVA檢定表-2

		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
平均準確率	組間	.096	1	.096	4.580	.044
	組內	.462	22	.021		
	總和	.559	23			
上午尖峰準確率	組間	.010	1	.010	.614	.443
	組內	.296	18	.016		
	總和	.307	19			
下午尖峰準確率	組間	.014	1	.014	.856	.369
	組內	.254	16	.016		
	總和	.268	17			
日出準確率	組間	.000	1	.000	.006	.939
	組內	.497	15	.033		
	總和	.497	16			
日落準確率	組間	.070	1	.070	1.865	.191
	組內	.598	16	.037		
	總和	.668	17			

(5)位置變項：

由表 4.4-5 變異數分析結果，在不同時段準確率，攝影機擺放位置未達到統計上的顯著差異(p-value>0.05)，由此推知不同攝影機的擺設位置對於系統準確率影響不大，不論放置路中或路側，本研究實測數據準確率約可達七成左右。

表4.4-5 位置變項之描述性統計表-1

位置		平均準確率	上午尖峰準確率	下午尖峰準確率	日出準確率	日落準確率
路中	平均數	.6217	.6685	.6838	.7721	.6860
	個數	14	10	8	7	8
路側	平均數	.7370	.7191	.7186	.7142	.6149
	個數	10	10	10	10	10

表4.4-5 位置變項之ANOVA檢定表-2

		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
平均準確率	組間	.078	1	.078	3.547	.073
	組內	.481	22	.022		
	總和	.559	23			
上午尖峰準確率	組間	.013	1	.013	.786	.387
	組內	.294	18	.016		
	總和	.307	19			
下午尖峰準確率	組間	.005	1	.005	.328	.575
	組內	.263	16	.016		
	總和	.268	17			
日出準確率	組間	.014	1	.014	.428	.523
	組內	.483	15	.032		
	總和	.497	16			
日落準確率	組間	.022	1	.022	.556	.467
	組內	.645	16	.040		
	總和	.668	17			

(6)震動條件變項：

由表 4.4-6震動條件普通的狀況下，準確率平均為60.83%，即使在部分震動劇烈時段，準確率仍優於震動輕微的時段，然而，根據變異數的分析結果，由於震動條件變項未達到統計上的顯著差異(p-value>0.05)，因此，雖然影像的晃動已夠劇烈，但系統並不會只因單純劇烈晃動的影響而使準確率偏低，顯然，應該有其他的變項對於準確率的影響更顯著。

表4.4-6 震動條件變項之描述性統計表-1

震動條件		平均準確率	上午尖峰準確率	下午尖峰準確率	日出準確率	日落準確率
劇烈	平均數	.7714	.7203	.7205	.8111	.7110
	個數	3	3	3	3	3
普通	平均數	.6083	.8269	.7720	.8801	.7590
	個數	7	3	3	3	3
輕微	平均數	.6786	.6596	.6815	.6794	.6023
	個數	14	14	12	11	12

表4.4-6 震動條件變項之ANOVA檢定表-2

		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
平均準確率	組間	.059	2	.029	1.229	.313
	組內	.500	21	.024		
	總和	.559	23			
上午尖峰準確率	組間	.072	2	.036	2.592	.104
	組內	.235	17	.014		
	總和	.307	19			
下午尖峰準確率	組間	.021	2	.010	.630	.546
	組內	.247	15	.016		
	總和	.268	17			
日出準確率	組間	.114	2	.057	2.093	.160
	組內	.383	14	.027		
	總和	.497	16			
日落準確率	組間	.074	2	.037	.934	.415
	組內	.594	15	.040		
	總和	.668	17			

(7)夜間照明變項：

由表 4.4-7 夜間照明普通的狀況下，平均準確率為71.97%高於夜間照明不佳的狀況51.99%，變異數分析結果，平均準確率在夜間照明變項上，達到統計上的顯著差異(p-value=0.004<0.05)，由此推知夜間照明不佳的狀況會使平均準確率下降，雖然，本次測試的結果出現日落時段照明不佳的準確率略高於照明普通時段的準確率，然而日落準確率的樣本並未達到統計上的顯著差異(p-value=0.629>0.05)，因此，應該有其他的變項相較於照明對於準確率的影響更顯著。

表4.4-7 夜間照明變項之描述性統計表-1

夜間照明分析		平均準確率	上午尖峰準確率	下午尖峰準確率	日出準確率	日落準確率
普通	平均數	.7197	.6966	.7022	.7346	.6408
	個數	18	18	17	16	17
不佳	平均數	.5199	.6682	.7179	.7933	.7434
	個數	6	2	1	1	1

表4.4-7 夜間照明變項之ANOVA檢定表-2

		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
平均準確率	組間	.180	1	.180	10.415	.004
	組內	.379	22	.017		
	總和	.559	23			
上午尖峰準確率	組間	.001	1	.001	.086	.773
	組內	.305	18	.017		
	總和	.307	19			
下午尖峰準確率	組間	.000	1	.000	.014	.908
	組內	.268	16	.017		
	總和	.268	17			
日出準確率	組間	.003	1	.003	.098	.758
	組內	.494	15	.033		
	總和	.497	16			
日落準確率	組間	.010	1	.010	.242	.629
	組內	.658	16	.041		
	總和	.668	17			

(8)車流特性變項：

由表 4.4-8 車流特性簡單的狀況下，不論尖離峰或日出日落時段，準確率皆優於車流複雜的狀況，而平均準確率為75.6%，高於車流特性複雜狀況的59.67%，由變異數分析結果，平均準確率在車流特性變項上有顯著差異(p-value=0.009<0.05)，由此推知在車流特性簡單的狀況下，會有較高的準確率。

表4.4-8 車流特性變項之描述性統計表-1

車流特性		平均準確率	上午尖峰準確率	下午尖峰準確率	日出準確率	日落準確率
複雜	平均數	.5967	.6348	.6590	.6874	.6106
	個數	13	9	8	8	8
簡單	平均數	.7560	.7421	.7384	.7831	.6752
	個數	11	11	10	9	10

表4.4-8 車流特性變項之ANOVA檢定表-2

		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
平均準確率	組間	.151	1	.151	8.155	.009
	組內	.408	22	.019		
	總和	.559	23			
上午尖峰準確率	組間	.057	1	.057	4.112	.058
	組內	.250	18	.014		
	總和	.307	19			
下午尖峰準確率	組間	.028	1	.028	1.868	.191
	組內	.240	16	.015		
	總和	.268	17			
日出準確率	組間	.039	1	.039	1.270	.278
	組內	.458	15	.031		
	總和	.497	16			
日落準確率	組間	.019	1	.019	.458	.508
	組內	.649	16	.041		
	總和	.668	17			

(9)影像品質變項：

由表 4.4-9 不論尖離峰或日出日落時段，準確率皆在影像品質每秒30幅數的狀況下最高，平均準確率為78.65%，且幅數與準確率的關係為正相關，即幅數越高準確率亦越高，由變異數分析結果， 平均準確率 (p-value=0.000<0.05) 、上午尖峰時段準確率 (p-value=0.002<0.05)及日落時段準確率(p-value=0.004<0.05)在影像品質變項上皆有顯著差異，由此推知若影像品質每秒幅數越高，則會有越高的準確率。

表4.4-9 影像品質變項之描述性統計表-1

影像品質(每秒幅數)		平均準確率	上午尖峰準確率	下午尖峰準確率	日出準確率	日落準確率
30fps	平均數	.7865	.7707	.7365	.8091	.7398
	個數	9	9	9	9	9
15fps	平均數	.7394	.7442	.7358	.7530	.6341
	個數	4	4	4	3	4
10fps	平均數	.6530	.5921	.6726	.6960	.7337
	個數	3	3	2	2	2
6fps	平均數	.5467	.5466	.5796	.5380	.3249
	個數	6	4	3	3	3
1fps	平均數	.3991				
	個數	2				

表4.4-9 影像品質變項之ANOVA檢定表-2

		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
平均準確率	組間	.380	4	.095	10.123	.000
	組內	.178	19	.009		
	總和	.559	23			
上午尖峰準確率	組間	.181	3	.060	7.706	.002
	組內	.125	16	.008		
	總和	.307	19			
下午尖峰準確率	組間	.062	3	.021	1.401	.284
	組內	.206	14	.015		
	總和	.268	17			
日出準確率	組間	.170	3	.057	2.247	.131
	組內	.327	13	.025		
	總和	.497	16			
日落準確率	組間	.404	3	.135	7.171	.004
	組內	.263	14	.019		
	總和	.668	17			

2. 影響變項間對平均準確率的交叉分析

由上述變異數分析結果可得,影響平均準確率之變項分別為影像傳輸、高度、角度、夜間照明分析、車流特性、及影像品質，故進一步探討這些影響變項對平均準確率的交互影響作用。

(1)影像傳輸與各變項之交叉分析：

相關分析如表 4.4-10，茲歸納如下：

- 以光纖傳輸：當攝影機高度較高時，平均準確率為80.23%；攝影機角度較小時，平均準確率為80.76%；夜間照明不佳時，平均準確率為82.14%；車流特性簡單時，平均準確率為81.51%；影像品質每秒30幅數時，平均準確率為78.65%。
- 以Wimax傳輸：當攝影機高度較高時，平均準確率為65.3%；攝影機角度較小時，平均準確率為71.93%；夜間照明不佳時，平均準確率為52.06%。
- 以ADSL傳輸：當攝影機高度較高時，平均準確率為65.73%；攝影機角度較小時，平均準確率為66.2%；夜間照明不佳時，平均準確率為44.44%;車流特性簡單時,平均準確率為65.26%。

由此推知，不論採用何種傳輸方式，將攝影機的高度調高或角度調小，都能獲得較佳的準確率，而當夜間照明不佳或車流特性簡單時，建議採用光纖傳輸方式，會比Wimax傳輸方式或ADSL傳輸方式的平均準確率高出許多。

表4.4-10 影像傳輸變項與高度變項之交叉分析表-1

影像傳輸	高度		平均準確率	上午尖峰準確率	下午尖峰準確率	日出準確率	日落準確率
光纖	高	平均數	.8023	.7814	.7422	.8381	.7362
		個數	7	7	7	7	7
	低	平均數	.7310	.7332	.7163	.7075	.7526
		個數	2	2	2	2	2
Wimax	高	平均數	.6530	.5921	.6726	.6960	.7337
		個數	3	3	2	2	2
ADSL	高	平均數	.6573	.6454	.6689	.6455	.5016
		個數	8	8	7	6	7
	低	平均數	.4444				
		個數	4				

表4.4-10 影像傳輸變項與角度變項之交叉分析表-2

影像傳輸	角度		平均準確率	上午尖峰準確率	下午尖峰準確率	日出準確率	日落準確率
光纖	小	平均數	.8076	.8029	.7908	.8133	.8030
		個數	5	5	5	5	5
	大	平均數	.7601	.7305	.6686	.8038	.6609
		個數	4	4	4	4	4
Wimax	小	平均數	.7193	.6341	.6726	.6960	.7337
		個數	2	2	2	2	2
	大	平均數	.5206	.5081			
		個數	1	1			
ADSL	小	平均數	.6620	.6432	.6690	.6720	.5439
		個數	4	4	4	4	4
	大	平均數	.5485	.6476	.6687	.5926	.4452
		個數	8	4	3	2	3

表4.4-10 影像傳輸變項與夜間照明變項之交叉分析表-3

影像傳輸	夜間照明分析		平均準確率	上午尖峰準確率	下午尖峰準確率	日出準確率	日落準確率
光纖	普通	平均數	.7821	.7635	.7388	.8111	.7394
		個數	8	8	8	8	8
	不佳	平均數	.8214	.8284	.7179	.7933	.7434
		個數	1	1	1	1	1
Wimax	普通	平均數	.7193	.6341	.6726	.6960	.7337
		個數	2	2	2	2	2
	不佳	平均數	.5206	.5081			
		個數	1	1			
ADSL	普通	平均數	.6573	.6454	.6689	.6455	.5016
		個數	8	8	7	6	7
	不佳	平均數	.4444				
		個數	4				

表4.4-10 影像傳輸變項與車流特性變項之交叉分析表-4

影像傳輸	車流特性		平均準確率	上午尖峰準確率	下午尖峰準確率	日出準確率	日落準確率
光纖	複雜	平均數	.6864	.6820	.6253	.7096	.6210
		個數	2	2	2	2	2
	簡單	平均數	.8151	.7961	.7682	.8375	.7738
		個數	7	7	7	7	7
Wimax	複雜	平均數	.6530	.5921	.6726	.6960	.7337
		個數	3	3	2	2	2
ADSL	複雜	平均數	.5532	.6432	.6690	.6720	.5439
		個數	8	4	4	4	4
	簡單	平均數	.6526	.6476	.6687	.5926	.4452
		個數	4	4	3	2	3

表4.4-10 影像傳輸變項與影像品質變項之交叉分析表-5

影像傳輸	影像品質(每秒幅數)		平均準確率	上午尖峰準確率	下午尖峰準確率	日出準確率	日落準確率
光纖	30fps	平均數	.7865	.7707	.7365	.8091	.7398
		個數	9	9	9	9	9
Wimax	10fps	平均數	.6530	.5921	.6726	.6960	.7337
		個數	3	3	2	2	2
ADSL	15fps	平均數	.7394	.7442	.7358	.7530	.6341
		個數	4	4	4	3	4
	6fps	平均數	.5467	.5466	.5796	.5380	.3249
		個數	6	4	3	3	3
	1fps	平均數	.3991				
		個數	2				

(2)高度變項與各變項之交叉分析

相關分析如表 4.4-11，茲歸納如下：

- 與角度之交叉分析：當攝影機高度較高時，攝影機的角度大小對平均準確率的影響不大；但當攝影機高度較低時，攝影機角度小者平均準確率為74.03%，比攝影機角度大者的平均準確率為44.44%約高出30%；
- 與照明之交叉分析：當夜間照明不佳時，攝影機高度越高，可以得到較佳的準確率，比高度低的攝影機約可多出20%。
- 與車流之交叉分析：當車流特性簡單時，攝影機高度影響準確率不大，但當車流特性複雜時， 攝影機高度越高，可以得到較佳的準確率，比高度低的攝影機約可多出18%。

- 與影像品質之交叉分析：在影像品質每秒幅數相同條件下，攝影機高度對準確率的影響不大。

表4.4-11 高度變項與角度變項之交叉分析表-1

高度	角度		平均準確率	上午尖峰準確率	下午尖峰準確率	日出準確率	日落準確率
高	小	平均數	.7403	.7099	.7270	.7480	.6836
		個數	9	9	9	9	9
	大	平均數	.6857	.6689	.6686	.7334	.5685
		個數	9	9	7	6	7
低	小	平均數	.7310	.7332	.7163	.7075	.7526
		個數	2	2	2	2	2
	大	平均數	.4444				
		個數	4				

表4.4-11 高度變項與夜間照明變項之交叉分析表-2

高度	夜間照明分析		平均準確率	上午尖峰準確率	下午尖峰準確率	日出準確率	日落準確率
高	普通	平均數	.7182	.6921	.7003	.7385	.6259
		個數	16	16	15	14	15
	不佳	平均數	.6710	.6682	.7179	.7933	.7434
		個數	2	2	1	1	1
低	普通	平均數	.7310	.7332	.7163	.7075	.7526
		個數	2	2	2	2	2
	不佳	平均數	.4444				
		個數	4				

表4.4-11 高度變項與車流特性變項之交叉分析表-3

高度	車流特性		平均準確率	上午尖峰準確率	下午尖峰準確率	日出準確率	日落準確率
高	複雜	平均數	.6645	.6340	.6619	.6949	.6060
		個數	8	8	7	7	7
	簡單	平均數	.7518	.7338	.7322	.7834	.6545
		個數	10	10	9	8	9
低	複雜	平均數	.4883	.6411	.6383	.6347	.6431
		個數	5	1	1	1	1
	簡單	平均數	.7981	.8254	.7943	.7802	.8620
		個數	1	1	1	1	1

表4.4-11 高度變項與影像品質變項之交叉分析表-4

高度	影像品質(每秒幅數)		平均準確率	上午尖峰準確率	下午尖峰準確率	日出準確率	日落準確率
高	30fps	平均數	.8023	.7814	.7422	.8381	.7362
		個數	7	7	7	7	7
	15fps	平均數	.7394	.7442	.7358	.7530	.6341
		個數	4	4	4	3	4
	10fps	平均數	.6530	.5921	.6726	.6960	.7337
		個數	3	3	2	2	2
	6fps	平均數	.5752	.5466	.5796	.5380	.3249
		個數	4	4	3	3	3
低	30fps	平均數	.7310	.7332	.7163	.7075	.7526
		個數	2	2	2	2	2
	6fps	平均數	.4897				
		個數	2				
	1fps	平均數	.3991				
		個數	2				

(3)角度變項與各變項之交叉分析

相關分析如表 4.4-12，茲歸納如下：

- 與夜間照明之交叉分析：當夜間照明不佳且攝影機角度大者，其平均準確率只有51.99%。
- 與車流特性之交叉分析：不論車流特性簡單或複雜，角度小者平均準確率皆優於角度大者，當車流特性簡單時，角度小的攝影機均有八成以上的準確率。
- 與影像品質之交叉分析：當影像品質為10fps，攝影機角度小者平均準確率為71.93%，攝影機角度大者平均準確率為52.06%差距最大。

表4.4-12 角度變項與夜間照明變項之交叉分析表-1

角度	夜間照明分析		平均準確率	上午尖峰準確率	下午尖峰準確率	日出準確率	日落準確率
小	普通	平均數	.7386	.7141	.7250	.7406	.6961
		個數	11	11	11	11	11
大	普通	平均數	.6899	.6692	.6604	.7214	.5393
		個數	7	7	6	5	6
	不佳	平均數	.5199	.6682	.7179	.7933	.7434
		個數	6	2	1	1	1

表4.4-12 角度變項與車流特性變項之交叉分析表-2

角度	車流特性		平均準確率	上午尖峰準確率	下午尖峰準確率	日出準確率	日落準確率
小	複雜	平均數	.6786	.6403	.6657	.6735	.6123
		個數	7	7	7	7	7
	簡單	平均數	.8435	.8434	.8289	.8580	.8429
		個數	4	4	4	4	4
大	複雜	平均數	.5012	.6155	.6122	.7845	.5988
		個數	6	2	1	1	1
	簡單	平均數	.7060	.6842	.6780	.7232	.5634
		個數	7	7	6	5	6

表4.4-12 角度變項與影像品質變項之交叉分析表-3

角度	影像品質(每秒幅數)		平均準確率	上午尖峰準確率	下午尖峰準確率	日出準確率	日落準確率
小	30fps	平均數	.8076	.8029	.7908	.8133	.8030
		個數	5	5	5	5	5
	15fps	平均數	.7260	.7315	.7477	.7085	.7195
		個數	2	2	2	2	2
	10fps	平均數	.7193	.6341	.6726	.6960	.7337
		個數	2	2	2	2	2
	6fps	平均數	.5980	.5548	.5904	.6354	.3682
		個數	2	2	2	2	2
大	30fps	平均數	.7601	.7305	.6686	.8038	.6609
		個數	4	4	4	4	4
	15fps	平均數	.7528	.7570	.7240	.8421	.5486
		個數	2	2	2	1	2
	10fps	平均數	.5206	.5081			
		個數	1	1			
	6fps	平均數	.5210	.5383	.5581	.3431	.2385
		個數	4	2	1	1	1
	1fps	平均數	.3991				
		個數	2				

(4)夜間照明變項與各變項之交叉分析

相關分析如表 4.4-13，茲歸納如下：

- 與車流特性之交叉分析：當車流特性複雜時，夜間照明不佳者平均準確率為45.96%，夜間照明普通者平均準確率為68.24%，故車流特性複雜時，增加照明可提高準確率。
- 與影像品質之交叉分析：在較佳的影像品質條件下，照明變項影響不大，但當影像品質為10fps，普通照明者平均準確率為

71.93%，照明不佳者平均準確率只有52.06%，故影像品質不佳的狀況下，建議增加照明來提升準確率。

表4.4-13 夜間照明變項與車流特性變項之交叉分析表-1

夜間照明分析	車流特性		平均準確率	上午尖峰準確率	下午尖峰準確率	日出準確率	日落準確率
普通	複雜	平均數	.6824	.6506	.6590	.6874	.6106
		個數	8	8	8	8	8
	簡單	平均數	.7494	.7335	.7407	.7818	.6676
		個數	10	10	9	8	9
不佳	複雜	平均數	.4596	.5081			
		個數	5	1			
	簡單	平均數	.8214	.8284	.7179	.7933	.7434
		個數	1	1	1	1	1

表4.4-13 夜間照明變項與影像品質變項之交叉分析表-2

夜間照明分析	影像品質(每秒幅數)		平均準確率	上午尖峰準確率	下午尖峰準確率	日出準確率	日落準確率
普通	30fps	平均數	.7821	.7635	.7388	.8111	.7394
		個數	8	8	8	8	8
	15fps	平均數	.7394	.7442	.7358	.7530	.6341
		個數	4	4	4	3	4
	10fps	平均數	.7193	.6341	.6726	.6960	.7337
		個數	2	2	2	2	2
	6fps	平均數	.5752	.5466	.5796	.5380	.3249
		個數	4	4	3	3	3
不佳	30fps	平均數	.8214	.8284	.7179	.7933	.7434
		個數	1	1	1	1	1
	10fps	平均數	.5206	.5081			
		個數	1	1			
	6fps	平均數	.4897				
		個數	2				
	1fps	平均數	.3991				
		個數	2				

(5)車流特性變項與影像品質變項之交叉分析

由表 4.4-14 可知，當影像品質為30fps時，車流特性簡單者平均準確率為81.51%，較車流特性複雜者之準確率68.64%高，其餘影像品質在不同的車流特性差異不大。

表4.4-14 車流特性變項與影像品質變項之交叉分析表

車流特性	影像品質(每秒幀數)		平均準確率	上午尖峰準確率	下午尖峰準確率	日出準確率	日落準確率
複雜	30fps	平均數	.6864	.6820	.6253	.7096	.6210
		個數	2	2	2	2	2
	15fps	平均數	.7260	.7315	.7477	.7085	.7195
		個數	2	2	2	2	2
	10fps	平均數	.6530	.5921	.6726	.6960	.7337
		個數	3	3	2	2	2
	6fps	平均數	.5438	.5548	.5904	.6354	.3682
		個數	4	2	2	2	2
	1fps	平均數	.3991				
		個數	2				
簡單	30fps	平均數	.8151	.7961	.7682	.8375	.7738
		個數	7	7	7	7	7
	15fps	平均數	.7528	.7570	.7240	.8421	.5486
		個數	2	2	2	1	2
	6fps	平均數	.5524	.5383	.5581	.3431	.2385
		個數	2	2	1	1	1

4.5 新增功能試作－多攝影機同時於單一主機運作

本研究在系統功能部分，運用多執行緒（multi-thread）的概念（如圖4.5-1）進行開發。所謂多執行緒是指應用程式在一個行程中可以同時處理多項工作，而每一個行程都是各自獨立的，不會互相干擾。利用多執行緒可以讓應用程式的行程，共享CPU記憶體空間與時間，善加利用CPU的閒置時間，有效率的執行程式。

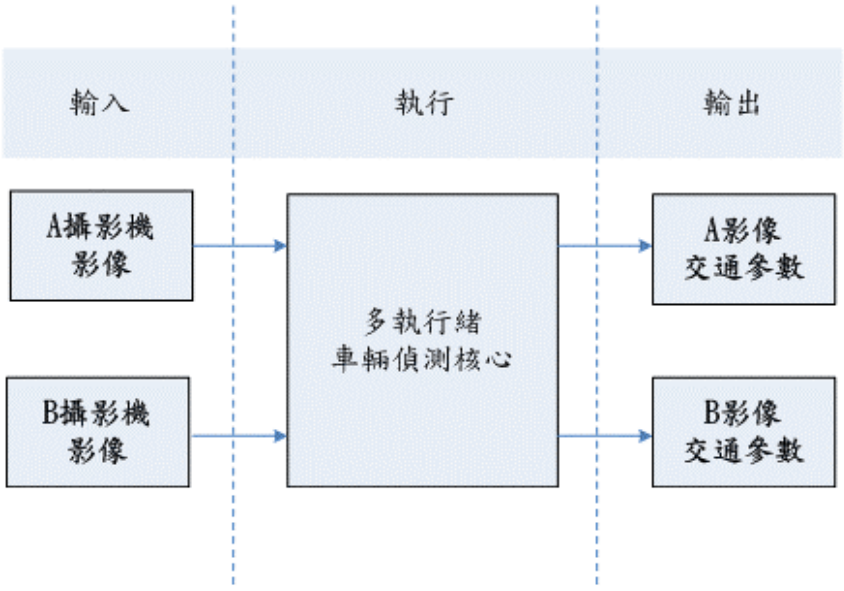
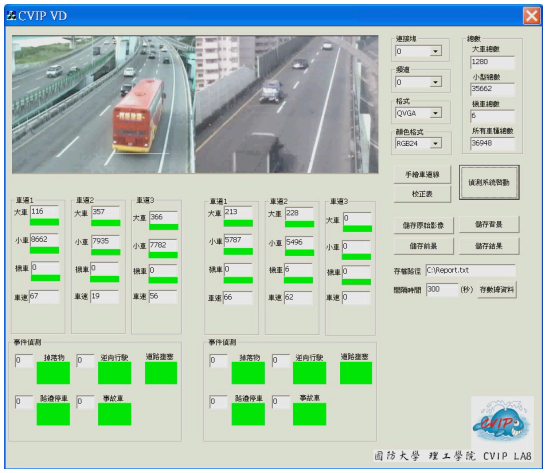


圖4.5-1 多執行緒執行流程

將多（雙）攝影機的影像同時於單一主機擷取、運算及輸出偵測的結果，如圖4.5-2所示，本研究的系統於同一時間擷取7號機及8號機影像，並即時進行不同路段的流量偵測與累計偵測結果，實測結果驗證這項功能試作確實可行。



Frame n



Frame n+4



Frame n+8



Frame n+12



Frame n+16



Frame n+20

圖4.5-2雙攝影機運作於單一主機示意圖

4.6事件偵測測試結果

本研究針對車輛壅塞、掉落物、異常車速與事故車等事件進行偵測，並在偵測到事件的同時發出警報燈號，以警示交通監控人員。雖然本次研究測試地點有24處之多，但多數路段於實測期間之有效事件數量相當少。

事件的統計方式是以每5分鐘記錄1次量測的結果，當系統偵測到事件發生時，5分鐘內若事件未排除，則僅記錄1次，本次事件偵測的結果如表4.6-1所示，而實際發生次數則由人工檢核確認。

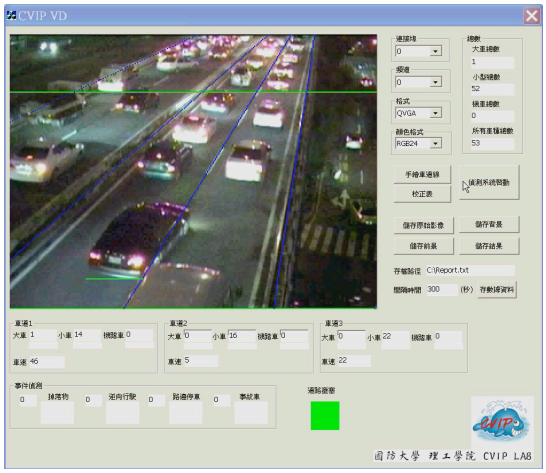
表4.6-1 事件偵測結果

事件種類	實際發生次數	系統偵測次數
壅塞	23	29
掉落物	0	0
異常停止車輛	0	0
異常車速	0	0

在壅塞事件偵測方面，由於最長發生壅塞的時段，為星期五的下班時段，因此，本研究特別選擇該時段來檢視壅塞的發生次數及系統偵測的情形，經人工檢視確定發生壅塞的路段為3號機（辛亥快新生南）及4號機（建國快信義），該時段系統偵測的壅塞事件為13次，而實際發生的次數為13次。

另外，本研究也檢視其他幅率較低路段，經人工檢視發生壅塞的路段為22號機（板橋浮洲橋）及23號機（板橋萬板路），該路段系統偵測的壅塞事件為16次，而實際發生的次數為10次。其中誤判的壅塞情形發生在22號機（板橋浮洲橋），由於車輛停等交通號誌所造成的短暫回堵，系統仍將其視為壅塞。

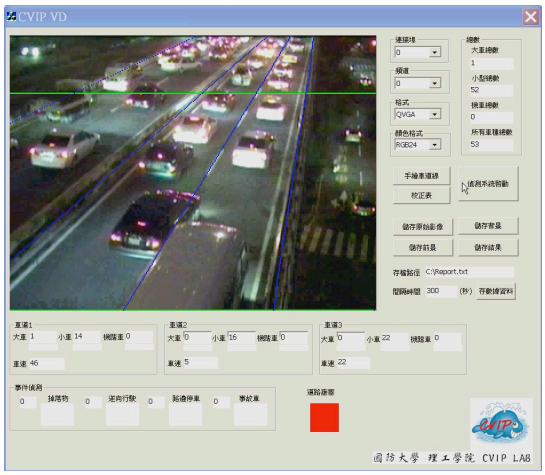
至於其他事件偵測方面，測試期間發生有效的事件為0次，系統也正確地偵測0次，未有誤報情形發生。



Frame n



Frame n+4



Frame n+8



Frame n+12



Frame n+16



Frame n+20

圖4.6-1壅塞事件示意圖

4.7誤判影像分析

本次挑選的24支攝影機各有不同的架設條件及環境變數，因此，系統的背景更新、前景切割與辨識較前期更加複雜，導致系統面對異常物件時無法辨識而誤判，本研究將誤判影像情境分類如表4.7-1所示，在實測過程中影響最大的誤判原因，分別是光源干擾及影像品質不佳所致。有關誤判原因及圖例說明整理如圖4.7-1~圖4.7-15，該資料可作為後續系統建置及開發時之參考。

表4.7-1 誤判影像成因彙整表

種類	原因	受影響攝影機數量
光源	車輛前燈	11
	對向車燈	7
	炫光	3
影像品質	影像模糊	4
	幅率不足	11
車流	汽機車交雜	6
角度	車輛物件太小	2
	車道歪斜	4
	物件被遮蔽	3
震動	鏡頭晃動	2
氣候	雨天	2



Frame n



Frame n+4



Frame n+8



Frame n+12



Frame n+16



Frame n+20

圖4.7-1 車輛前燈示意圖



Frame n



Frame n+4



Frame n+8



Frame n+12



Frame n+16



Frame n+20

圖4.7-2 對向車燈示意圖



Frame n



Frame n+4



Frame n+8



Frame n+12

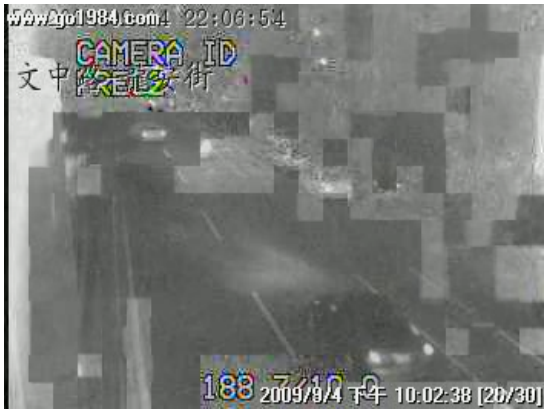


Frame n+16



Frame n+20

圖4.7-3 炫光影像示意圖



Frame n



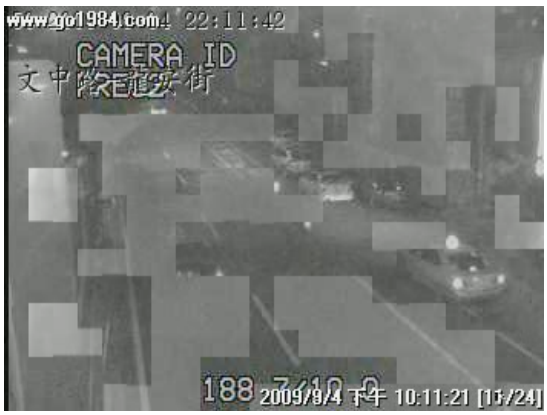
Frame n+4



Frame n+8



Frame n+12



Frame n+16



Frame n+20

圖4.7-4 影像模糊示意圖



Frame n



Frame n+4



Frame n+8



Frame n+12

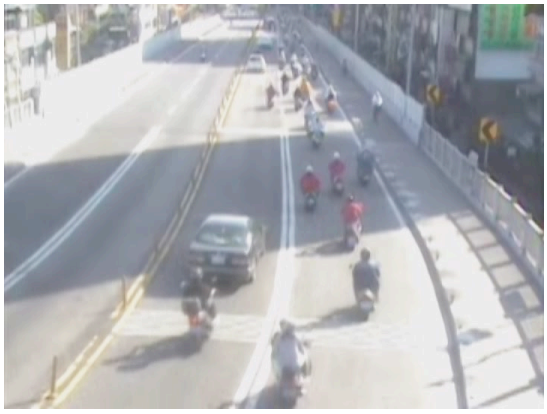


Frame n+16

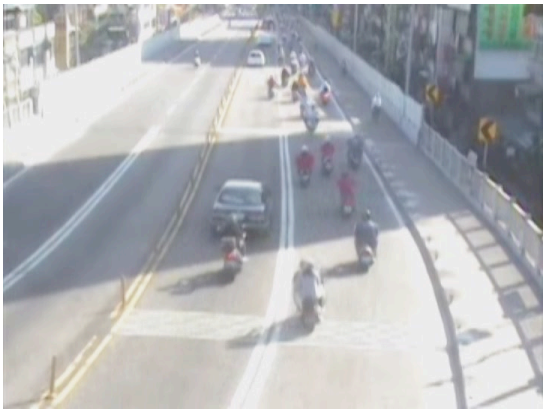


Frame n+20

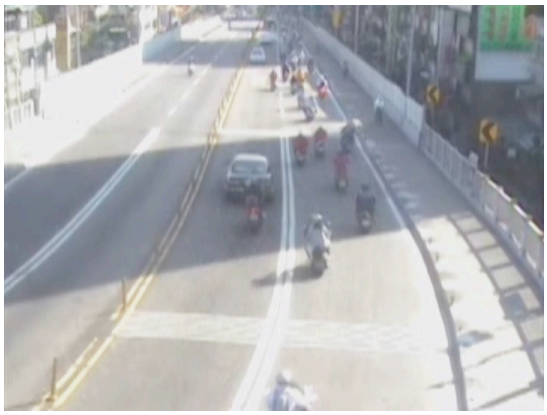
圖4.7-5 幅率不足示意圖



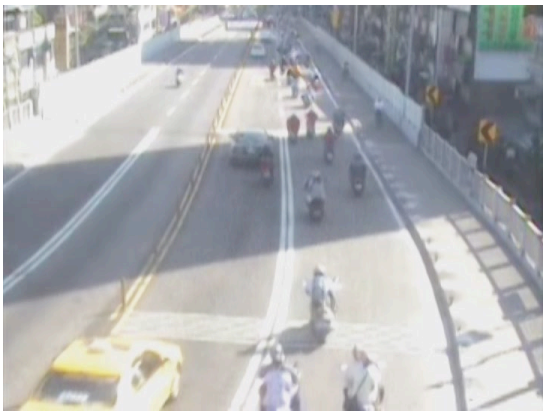
Frame n



Frame n+4



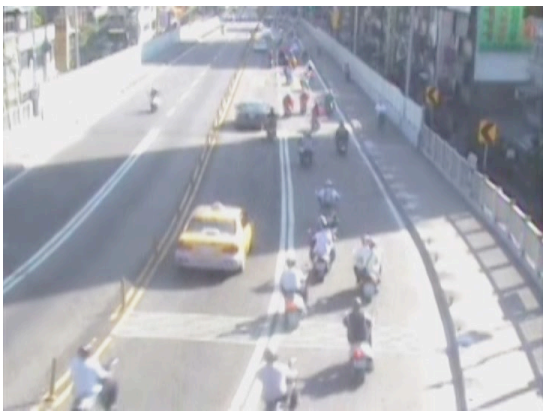
Frame n+8



Frame n+12



Frame n+16



Frame n+20

圖4.7-6 汽機車交雜示意圖



Frame n



Frame n+4



Frame n+8



Frame n+12



Frame n+16



Frame n+20

圖4.7-7 物件太小示意圖



Frame n



Frame n+4



Frame n+8



Frame n+12



Frame n+16



Frame n+20

圖4.7-8 車道歪斜示意圖



Frame n



Frame n+4



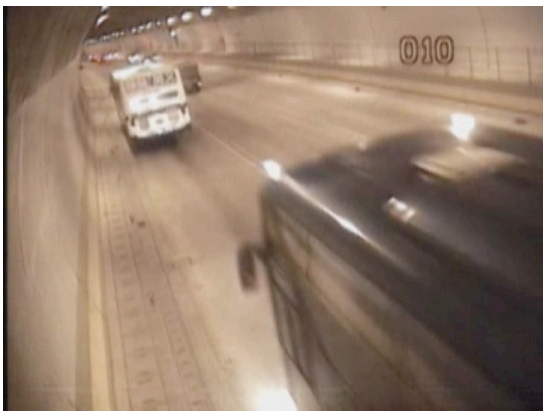
Frame n+8



Frame n+12



Frame n+16



Frame n+20

圖4.7-9 車輛遮蔽示意圖



Frame n



Frame n+4



Frame n+8



Frame n+12



Frame n+16



Frame n+20

圖4.7-10 鏡頭晃動示意圖



Frame n



Frame n+4



Frame n+8



Frame n+12



Frame n+16



Frame n+20

圖4.7-11 雨天示意圖



Frame n



Frame n+4



Frame n+8



Frame n+12



Frame n+16



Frame n+20

圖4.7-12 下雨影像起霧示意圖



Frame n



Frame n+4



Frame n+8



Frame n+12



Frame n+16



Frame n+20

圖4.7-13 夜間下雨影像示意圖



Frame n



Frame n+4



Frame n+8



Frame n+12



Frame n+16

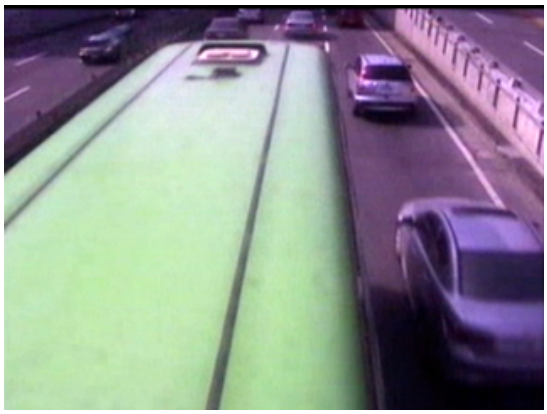


Frame n+20

圖4.7-14白平衡影像變化示意圖



Frame n



Frame n+12



Frame n+24



Frame n+36



Frame n+48



Frame n+60

圖4.7-15 影像過曝示意圖

綜觀以上造成系統誤判的原因，除了外在環境的變化外，攝影機本身參數設定不佳，使得鏡頭對於光源過度敏感，也是造成系統誤判的主因之一，例如：當下雨時，鏡頭可能會出現霧氣，同時攝影機對於明亮顏色車體（如：白色或黃色等）執行大面積的白平衡（white balance）時，會使得影像出現霧狀光影，致使系統執行移動物件切割時，出現破碎或大面積物件，產生車種或是車數的誤判；攝影機為因應環境光源變化自動補償照明亮度的變化，也由於攝影機本身自動調控訊號的放大特性，使得連續影像出現突然的明亮變化，導致系統進行物件切割時出現錯誤；而當大型車出現時，由於車輛色彩鮮豔，且影像面積較大，導致攝影機自動進行色彩調和，造成影像出現過曝情形而導致系統誤判。

因此，除了提升影像品質、增加幅率及補充必要的光源，並挑選較佳的攝影機架設位置、角度及高度外，請攝影機廠商適度地調整攝影機參數，也能降低系統誤判發生的機率。

4.8小結

本章共計挑選24支分布於臺北市、臺北縣及桃園縣等地不同特性的CCTV攝影機，進行實測與分析，本研究主要以系統偵測的準確率，作為評估實測地點良窳的指標，並運用變異數分析的統計方法，分析不同的攝影機架設條件及實測環境。

在穩定度分析部分，實測分析挑選已完成長時測試的第2、3、4、6、7號機比較，本研究分別以尖峰時段及不分時段平均準確率的趨勢變化，來觀察系統的穩定度，由於4號機及7號機於實測期間有較多干擾準確率的因子，因此 4號機及7號機的曲線變化較其他顯著；另外本研究也以標準差分析實測路段系統的穩定度，其分析結果系統在2號、3號及6號機表現較穩定。

在準確率分析部分，本次取樣的24支CCTV實測分析時數有7日（計有2、3、4、6、7號機）、1日（計有1、5、8、9、11、12號機）及未滿1日的有13至24號機等，在巨觀分析上，採取總量分析的方式，比較每支攝影機在車種、車道及不分車種車道的平均準確率；而在微觀分析上則以時段及氣候分析，來觀察不同時段或天候對準確率造成的影響，實測結果顯示影像品質及幅率較高且照明較佳的攝影機其平均準確率較高（例如：3號機），反之其平均準確率較低。而經由變異數分析的結果，也可以歸納出影響準確率變項的趨勢大小分別是：影像每秒幅數 > 照明 > 影像傳輸方式 > 車流特性 > 高度 > 角度。

在適應性分析部分，由於複雜的架設條件及環境變數，可能導致系統無法辨識異常的切割物件而誤判，本研究將誤判影像分類，發現影響最大的誤判原因，為光源干擾及不佳的影像品質。至於解決誤判的方式除提升影像品質及增加幅率外，適度地調整攝影機參數及系統演算流程，也能降低系統誤判發生的機率。

而對於多攝影機運作於單一主機與事件偵測的功能，經實測後驗證這兩項功能在CCTV路段確實可行。

第五章　雙攝影機偵測系統功能試作

前期研究「影像式車輛偵測器擴充模組研發－事件偵測功能模組研發與試作」中，曾就影像辨識應用於雙攝影機違規停車偵測功能進行系統試作，本期除賡續驗證系統的強健性外，更新增車牌位置偵測之功能，提供執法者建置相關系統參考。

本章首先針對前期的系統架構及關鍵技術作一回顧，其次說明本期的實測架構與精進方法；另外，雙攝影機偵測系統的試作成果也將於本章加以說明。

5.1 前期架構與關鍵技術回顧

雙攝影機事件偵測系統主要是將固定式影像偵測系統與雲台移動式（PTZ）攝影機加以整合。固定式攝影機先對道路進行交通參數之偵測，如圖 5.1-1 所示，利用影像處理技術，在分析車流影像與自動計算交通參數時，透過物件追蹤技術偵測異常事件，一旦偵測到事件，自動啟動另一支旋轉雲台攝影機系統，指定旋轉至異常事件發生地點進行近距離事件拍攝，使交通監控人員可以透過系統管理介面的操作，除進行交通狀況之監控與管理外，必要時並將事件完整影像紀錄立刻傳送至相關管理單位，以加速救援處理，有助於責任釐清。



圖 5.1-1 架設於本所前之雙鏡頭攝影機

依前期試作經驗，固定式攝影機在偵測到事件 3~7 秒後，自動控制 PTZ 旋轉雲台監視鏡頭至事件發生地點，進行事件監控與拍攝畫面存檔，雙攝影機系統運作的基本構想，是藉由固定式攝影機所取得的影像做移動物件的偵測分析，再利用分析得到的事件資訊，來判斷是否要驅動 PTZ 高速旋轉雲台做高解析影像的拍攝，固定式攝影機的偵測運作流程與 PTZ 高速旋轉雲台攝影機間之控制流程如圖 5.1-2 所示，本期系統運作之硬體單元如附錄 G。

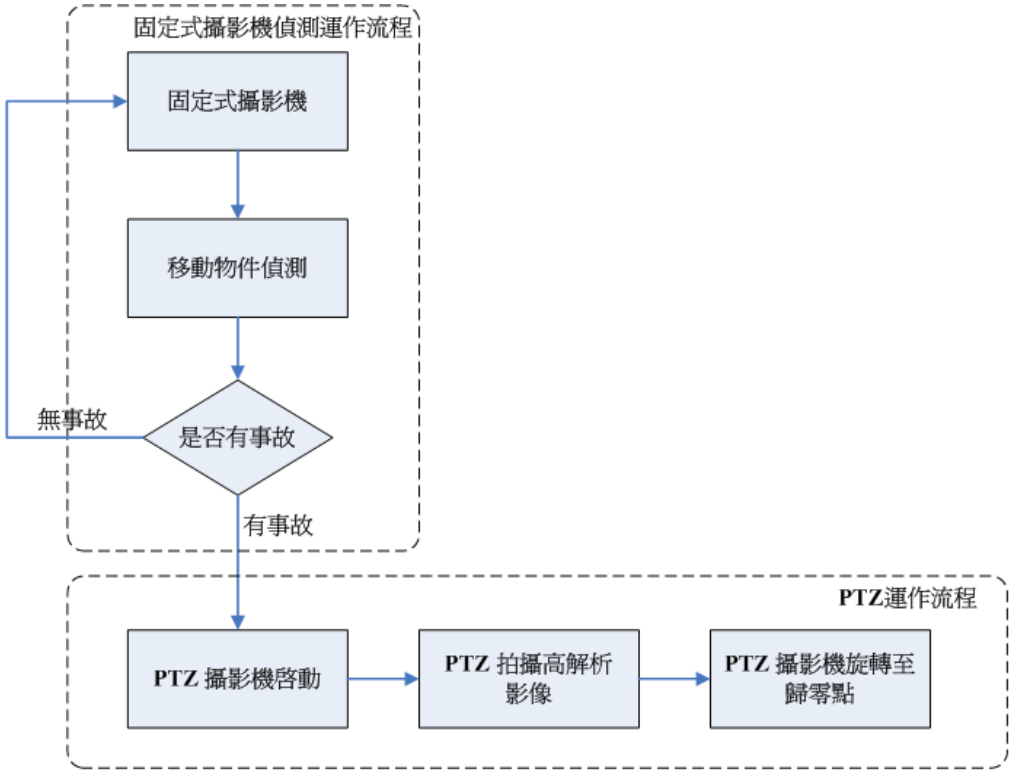


圖 5.1-2 系統事件偵測功能模組運作流程圖

除上述功能外，本期新增車牌偵測模組，以下茲就車牌偵測的相關關鍵技術作一回顧。

車牌偵測系統主要由車牌定位、字元萃取及字元辨識等 3 大部分組成，其中又以車牌定位最為重要，因為找到正確的車牌位置才較易萃取出正確的車號，至於字元萃取及字元辨識 2 部分，因已屬成熟技術並具相當多市售產品，故在後續系統執行上，可直接採購相關產品整合，本研究不就該部分作進一步探討。

車牌定位偵測研究係指針對牌框特性或車牌字元特性進行車牌位

置定位，此方面的研究主要以影像切割技術及特徵擷取的方式，來找出車牌位置，如圖 5.1-3 所示，其中最常使用車牌定位技術是邊緣點偵測，因為車牌所在的區域一定有劇烈、密集的灰階變化，利用這些相關判斷法則，即可萃取出車牌區域，相關文獻擇要敘述如下。

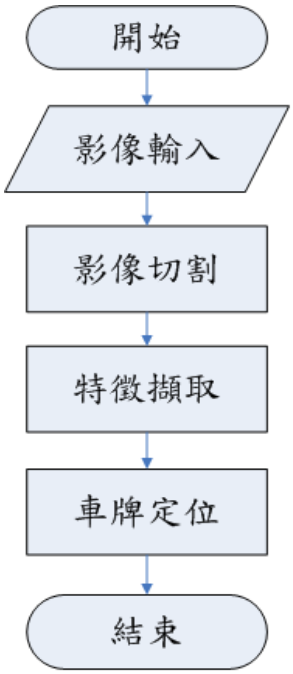


圖 5.1-3 車牌定位流程示意圖

希臘 NTUA 大學 Christos Nikolaos E. Anagnostopoulos[35]提出利用兩個大、小不同的視窗比值掃描全圖，以固定的門檻值(T)作區分，大於 T 者設成亮點、小於 T 者設成暗點，得到二值化的影像後與原灰階圖作點對點的相加，也就是對於同一個像素點而言，若二值化後的影像與原圖皆存在，則會被顯示出來，這個動作也可以濾除雜訊，簡言之就是利用邊緣的觀念。

泰國曼谷 KMITL 大學 Preemon Rattanathammawat[36]提出利用車牌底面與字元顏色對比度較高的特性，先進行 Sobel 演算法以增強邊緣，以該篇的取像範圍比例來訂，車牌區域為 45×24 像素點，作者用此矩形尺寸再以 5×3 像素點，每次跳 5 點的方式，由左而右、由上而下的掃描全圖，將掃描完後標示最密集的 3 大區塊來作比較，以車牌字元分佈特性為考量，找出車牌位置。

澳洲雪梨大學 Qiang Wu, Huaifeng Zhang 等人提出[37] 使用 Sobel 垂直梯度對全圖作處理，以濾掉大部份的雜訊，因車牌字元以垂直邊緣特徵居多，故可利用梯度密度的變異性來篩選出車牌，該篇提到因車牌字元的像素點通常會分佈的很均勻，利用變異性的最小值可以找出車牌位置。

泰國 NSTDA 機構 Premnath Dubey 提出[38] Accumulative Intensive Morphing (AIM)演算法，先對全圖作垂直的邊緣偵測，再使用車牌牌框的特徵來篩選候選區塊。首先，找出連續的線段，以上、下、左、右次序找垂直線段，透過自訂的公式將相關的線段包入同一區，用意在形成一個疑似車牌牌框的矩形區域，再輔以牌框特性作篩選，以定位出車牌。

臺灣師範大學機電科技研究所依[38] AIM 的技巧提出改良研究[39]，同樣以佈線演算法來製作一個矩形區域，依事先定義的起始點、終止點為條件，以設定的門檻值來作判斷，將結束點與起始點連成直線，再以連通方式，判斷是否符合車牌區域。

Feng WeiXing 等人提出[41]利用彩色的比對方式，以定位出車牌，並以藍白色的車牌為測試目標，先將全圖轉成灰階，再以 Gauss-Laplacian 得出邊緣，以定位出車牌候選區，再依此區域作水平、垂直的投影，以便再確認車牌位置。

其他還有許多不同的應用方法，如模糊理論[42-45]、小波轉換[46]、型態學[47]、霍夫轉換法[48、49]、類神經網路[50、51、52]等在作車牌區域的定位上各有其優缺點。

5.2 本期系統運作原理

本期研究主要的系統偵測運作，除原先架設於本所前之固定式攝影機外，另有一台安裝的 PTZ 高速旋轉雲台作為近距離影像拍攝。為了將兩攝影機整合為具追縱異常事件之雙攝影機事件偵測系統，故將固定式與 PTZ 攝影機搭配產生共通的演算邏輯（如圖 5.2-1 所示），使系統同時具備交通參數與事件偵測警示功能，兩套系統平台搭配將可

發揮相得益彰的成效。本期研究中，進一步整合車牌偵測的演算邏輯在雙鏡頭事件偵測系統，必要時並可將事件完整影像及車牌紀錄傳送至相關管理單位，以加速救援處理，有助於責任釐清。

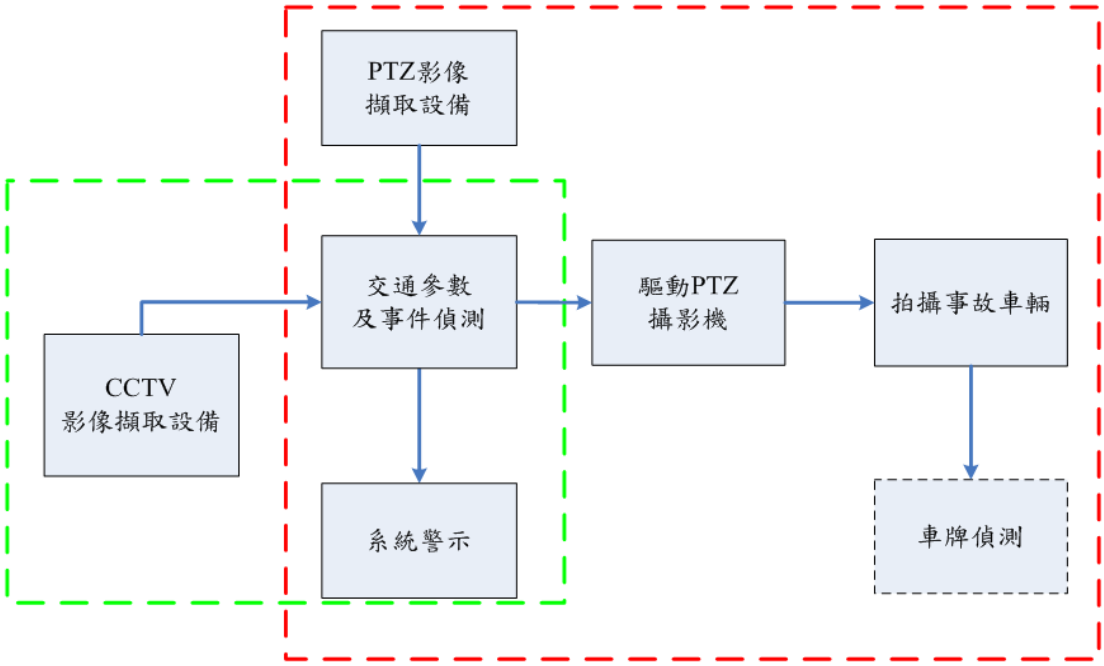


圖 5.2-1 影像式車輛偵測系統與雙鏡頭事件偵測系統關係圖

本期系統將道路異常事件區分為行進中車輛的掉落物偵測、車輛違規逆向行駛、車輛違規路邊停車、事故車輛及車牌偵測（執法系統的核心功能）等 5 類，系統相關演算邏輯詳述於後：

1. 行進中車輛的掉落物偵測：

系統在偵測移動物件交通參數時，若發現所追蹤之車輛離開原路段地點，但仍有物體長時存在於路面時，稱之為「掉落物」。掉落物在影像畫面中目前測試最小可保持 8 x 8 Pixel 大小的物件，而系統在辨識掉落物時，除依據物件大小進行判斷，同時會參考掉落物體在路面的位置與時間、移動的速度、顏色對比資訊等，作為判斷是否為掉落物進而警示之依據。

在實際道路監控影像上，當車道上突然有異物自行駛中之車輛分離並停滯在車道上，根據過去實驗經驗得知，分離之停滯物件可依據停滯物件「位置」、「速度」及「面積大小」等 3 種元素進行判斷。

因此當行駛中之車輛分離出停滯物件時，系統會依物件切割所取出之停滯物件的啟始位置，判斷物件是否位於所預設之車道偵測區與停滯物件的面積是否滿足 8x8 像素的大小，當停滯物件的位置及面積滿足上述條件，系統將依持續輸入的同一前景影像，累記其物件停留在影像中的影像張數，當物件累記時間超過系統的預設門檻值，系統即啟動 PTZ 高速旋轉雲台，將雲台攝影機中心位置旋轉至物件的參考點，進行高解析畫面拍攝，拍攝畫面共計 30 張，在 PTZ 高速旋轉雲台攝影機完成各解析畫面拍攝後，PTZ 高速旋轉雲台將會繼續等待下一次事件的拍攝，系統並同時取消掉落物件時間標記與解除系統警示，因此 PTZ 高速旋轉雲台攝影機只會對同一掉落物件拍攝 1 回，並不會持續對同一掉落物件做拍攝，避免讓 PTZ 高速旋轉雲台攝影機在產生掉落物件卻沒有迅速排除時，一直持續做拍攝的動作。掉落物偵測流程如圖 5.2-2 所示。

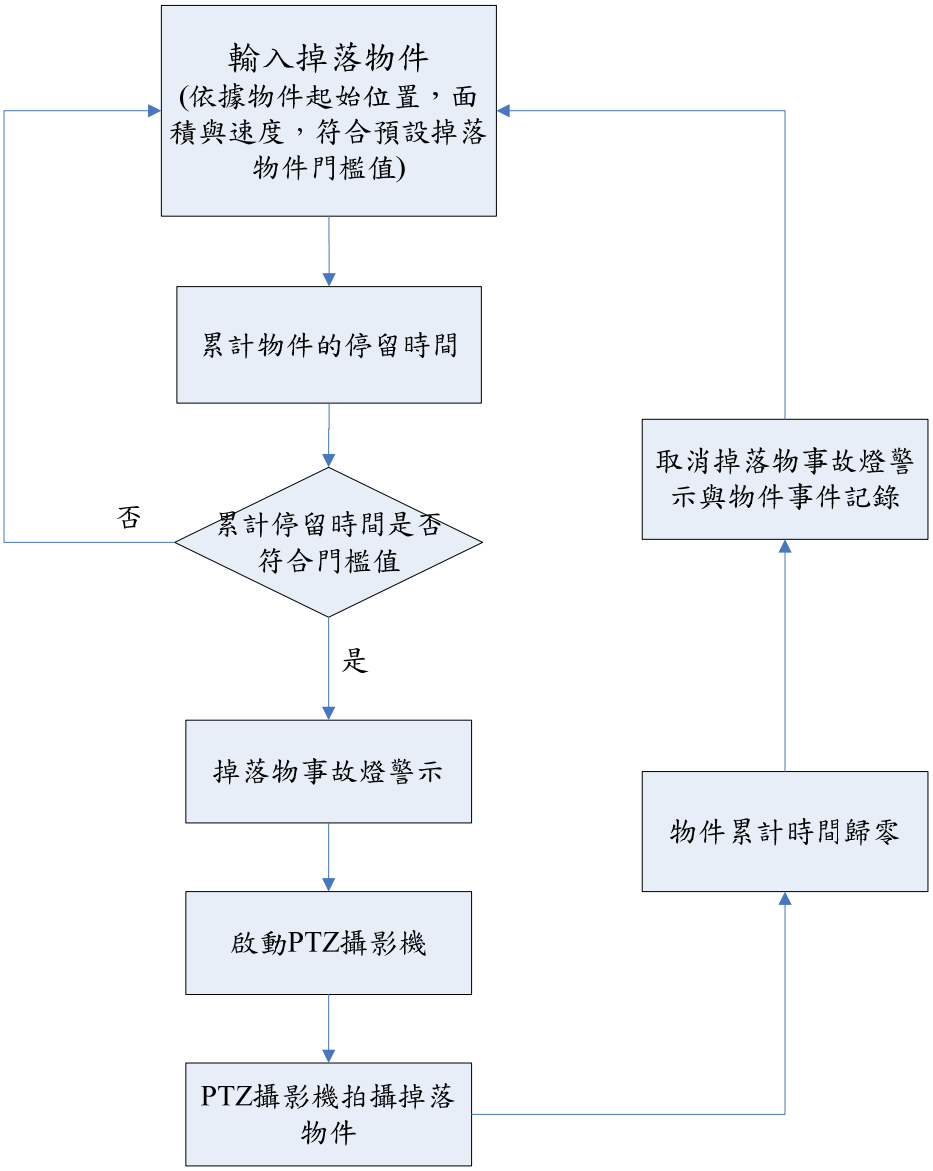


圖 5.2-2 掉落物偵測流程

2. 車輛違規逆向行駛：

系統在偵測移動物件交通參數時，若發現所追蹤之車輛行進路徑未依規定行駛之方向行進，稱之為「逆向行駛車輛」。系統在辨識車輛違規逆向行駛判斷方面，係以移動物體「運動方向」及「移動位置」作為車輛是否違規逆向行駛之依據。

在實際道路監控影像上，以本所前道路來看，當車道上有車輛未依規定行進方向行駛時，根據過去經驗得知，物件逆向行駛可依據「物件大小」、「物件移動位置」及「移動時之方向」等 3 種元素進行判斷。

因此系統先判斷行駛於所預設之外側車道偵測區內的物件，是否滿足系統所預設的車輛大小，符合的物件進一步判斷其速度是否符合系統所預設的門檻值，若物件大小和移動量的條件都符合，系統將依其持續輸入的同一前景影像，記錄下物件的運動方向與移動量，當物件運動方向與移動量符合系統的預設門檻值時，系統會驅動 PTZ 高速旋轉雲台攝影機，對逆向行駛的物件進行高解析畫面拍攝，拍攝畫面共計 30 張，在 PTZ 高速旋轉雲台攝影機完成各解析畫面拍攝後，PTZ 高速旋轉雲台會在等待下一次事件的拍攝，並將此物件所記錄的交通參數歸零，同時取消事件燈警示，逆向行駛車輛偵測流程如圖 5.2-3 所示。

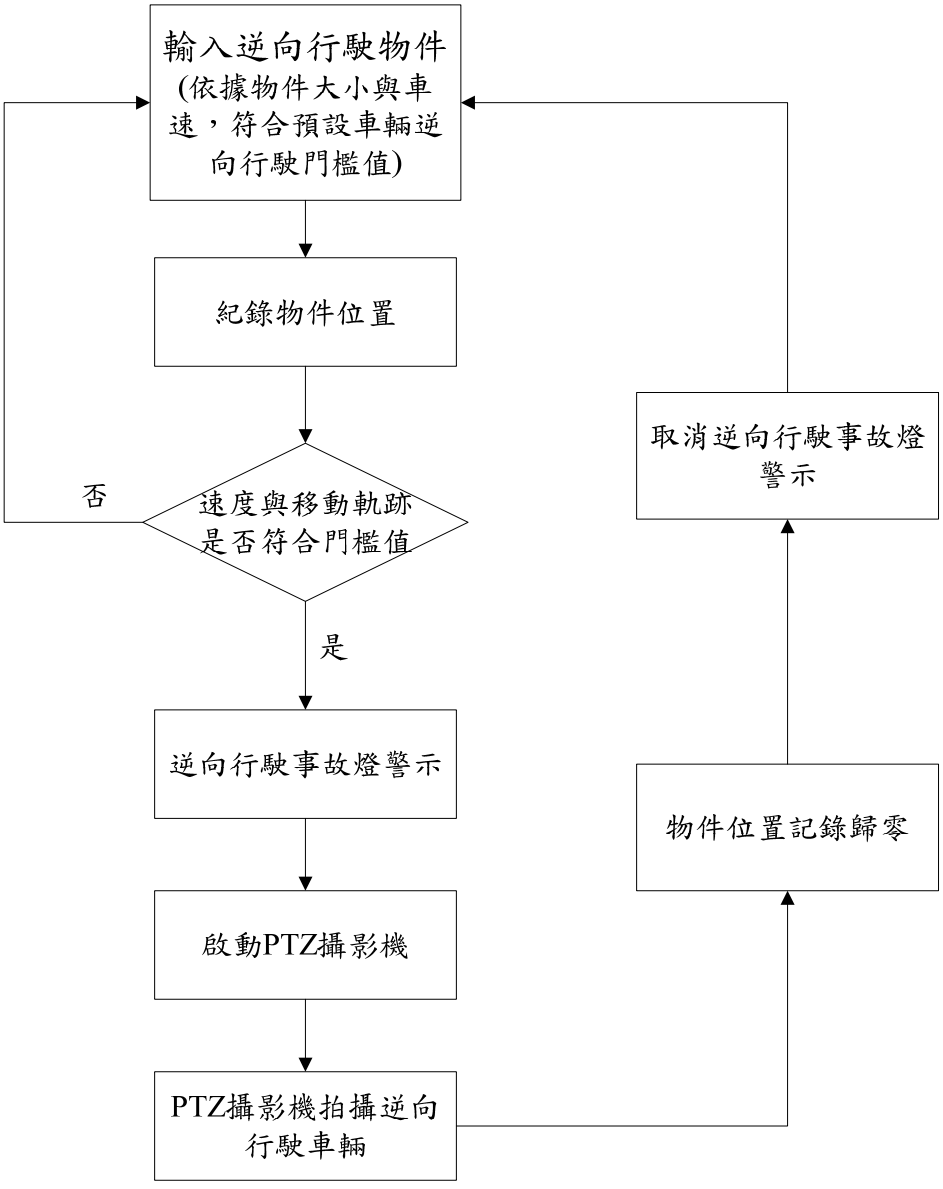


圖 5.2-3 逆向行駛車輛偵測流程

3. 車輛路邊違規停放:

車輛違規路邊停放主要依據移動「物體大小」、「位移方向」、「速度」及「停留時間」，來判定物件是否長時停留於系統在所預先設定的區域範圍，作為車輛違規路邊停放的警示，並自動控制旋轉雲台對事件進行拍攝。

在實際道路監控影像上，當外側車道（第 3 車道）上有車輛在此原地停滯時，根據過去經驗得知，車輛停滯可依據「物件大小」、「物件位置」及「速度」等 3 種元素進行判斷。

因此當行駛於所預設之外側車道偵測區內的物件，其物件大小及持續移動量符合所預設的門檻值，系統將累記持續輸入同一前景影像物件停留時間，當物件累記時間超過系統的預設門檻值，由於系統中的 PTZ 高速旋轉雲台攝影機只對同一事件物件做一次的高解析畫面拍攝，此時 PTZ 高速旋轉雲台攝影機會判斷這些符合條件的物件是否已拍攝過，對於尚未拍攝的物件，系統畫面的違規路邊停車警示燈將會亮起，並啟動 PTZ 高速旋轉雲台做高解析畫面的拍攝，系統將先雲台攝影機的中心位置旋轉至物件的相對應參考點，旋轉就定位後開始進行高解析畫面拍攝，拍攝的高解析畫面共計 30 張；反之，PTZ 高速旋轉雲台攝影機若是已經對此物件拍攝過，系統將清除此次紀錄的物件位置與停留時間等交通參數，並取消違規路邊停車的警示，而 PTZ 高速旋轉雲台攝影機將等待下一次事件的拍攝，偵測流程如圖 5.2-4 所示。

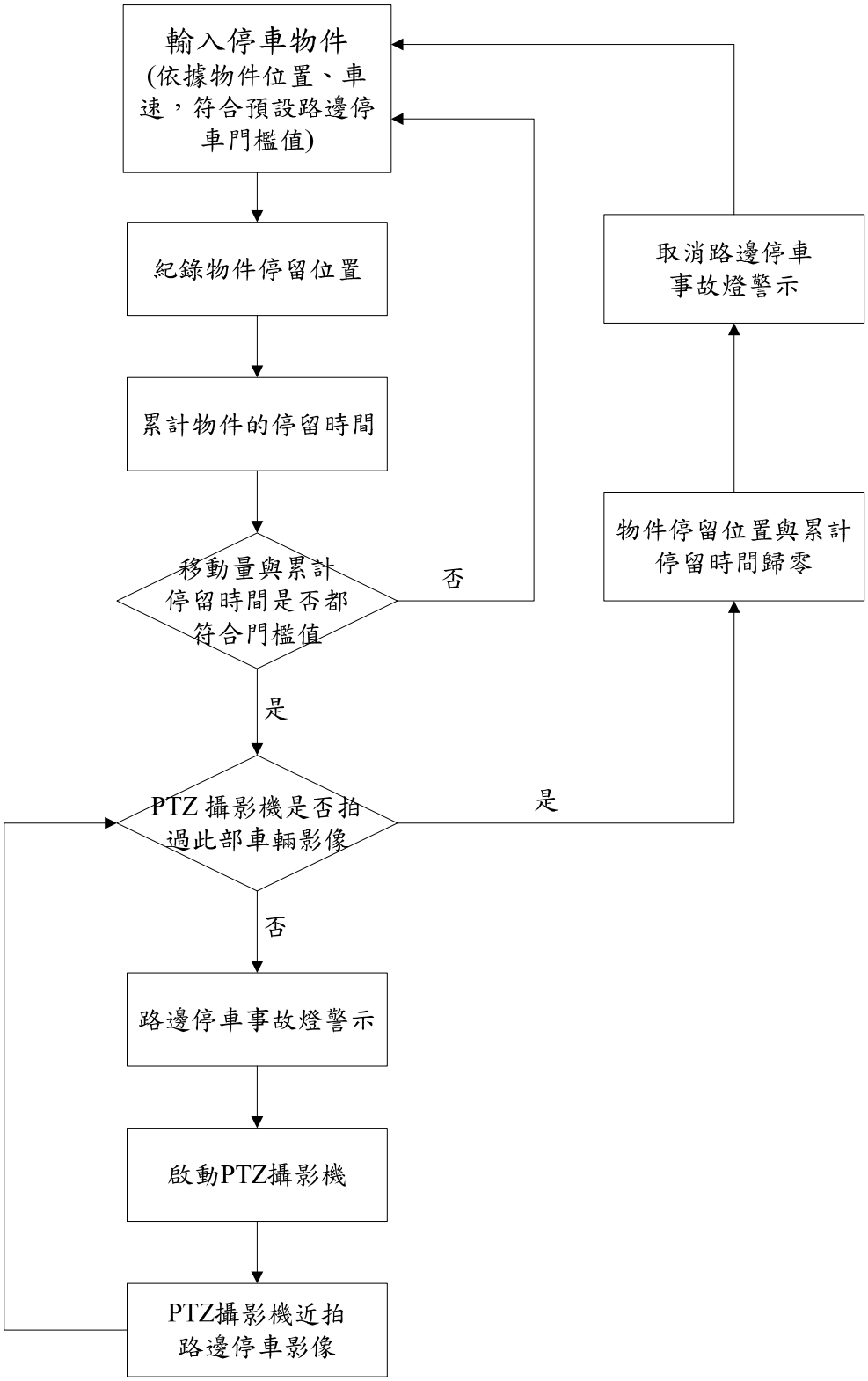


圖 5.2-4 路邊違規停車偵測流程

4. 事故車輛：

系統在偵測移動物件交通參數時，行進的車輛若在速度上有異常變化，並持續停留在車道（第 1 車道和第 2 車道）一段時間，則屬本研究所定義之「事故車輛」，相關判別資訊包含「移動物件大小」、移動物件的「速度」與「停留時間」等，當判定為事故車輛時，系統會發出警示聲響，並自動控制旋轉雲台對事件進行拍攝。

根據過去在交通部運研所前的實作經驗，物件發生事故時可依據「物件大小」、「位置」及「速度」進行判別。因此當行駛於第 1 車道及第 2 車道偵測區內的物件，其物件大小滿足預設門檻，並且持續判斷其速度上有突然變化且不再有回復現象，系統便開始對後續的影像做移動量與停留時間的判斷，當物件在速度上有異常變化後其移動量未超過所預設的門檻值，便會開始累計物件的停留時間，若符合移動量不超過門檻值及物件的累計停留時間超過所預設的門檻值，且符合條件的物件尚未拍攝過，則系統畫面的事故警示燈將亮起，並且開始啟動 PTZ 高速旋轉雲台，系統先把雲台攝影機的中心位置旋轉至物件的相對應參考點，在旋轉就定位後就開始對指定物件進行高解析畫面拍攝，拍攝的高解析畫面共計 30 張；反之，PTZ 高速旋轉雲台攝影機若是已經對此物件拍攝過，系統將清除此次紀錄的物件位置與停留時間等交通參數，並取消違規路邊停車的警示，而 PTZ 高速旋轉雲台攝影機將等待下一次事件的拍攝，偵測流程如圖 5.2-5。

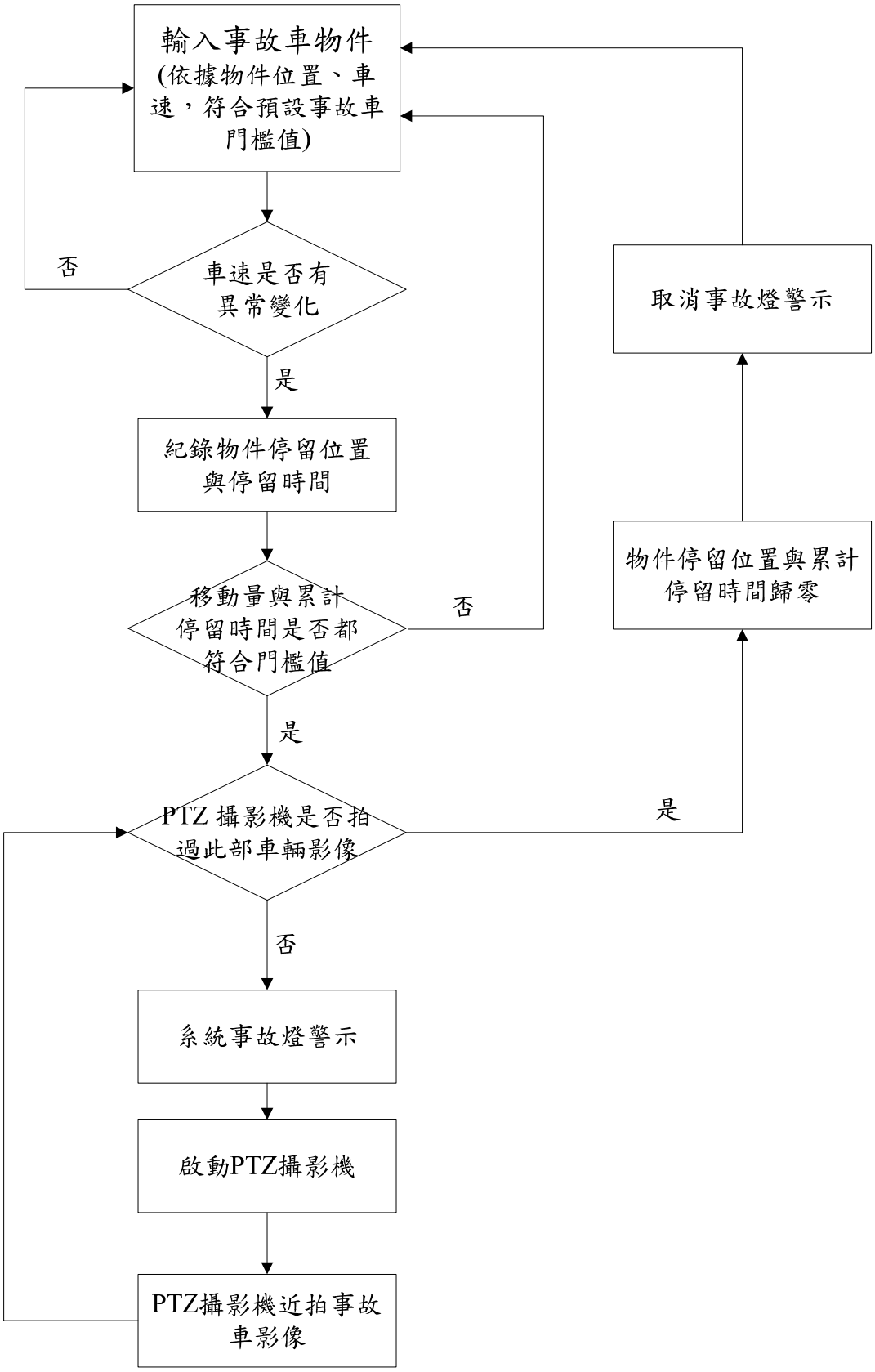


圖 5.2-5 事故車輛偵測流程

5. 車牌偵測（執法系統之核心功能）：

現階段執法人員對於違規停車、掉落物偵測、機慢車入侵快速公路、事故車等都有舉證之責，因此，若能將 PTZ 系統結合車牌偵測技術將成為執法人員一項重要利器。在舉證違規車輛時，因為固定式攝影機影像為全域性影像，車牌在影像中所占比例將不足以用於辨識車號，而造成舉證上困難。因此，透過固定式攝影機畫面偵測異常車輛，再搭配一台 PTZ 攝影機，用於鎖定異常車輛之車牌並加以追蹤，將有助於車牌辨識及釐清責任。

固定式攝影機取得違規車輛之畫面，經由事件偵測系統可偵測出事件位置（u,v），再利用轉換方程式推導出真實世界座標(X_r,Y_r,Z_r)，進而計算出 PTZ 攝影機轉動平掃角及俯仰角之控制角度，即可拉近功能將物件鎖定。以下將說明由影像座標（u,v）轉至世界座標(X_r,Y_r,Z_r)之過程。

首先，利用投影原理將攝影機座標的點(X_cY_c,Z_c)投影到影像座標平面（u,v），如圖 5.2-6 的 X_c 對應到影像中的 u 座標，攝影機座標的 Z_c 對應到影像中的 v 座標，因使用單一攝影機，故會損失攝影機座標的 Y_c，也就是視深，這就是影像沒有立體感的原因。

利用透視原理 $\frac{udu}{f}=\frac{x}{y}$，整理後得到 $u=e_u\frac{x}{y}$，寫成通式為：

$$u=e_u\frac{X_c}{Y_c} \qquad \text{公式 5.2-1}$$

同理，

$$\frac{vdv}{f}=\frac{Z_c}{Y_c}\Rightarrow v=e_v\frac{Z_c}{Y_c} \qquad \text{公式 5.2-2}$$

其中，

$$e_u=\frac{f}{du}\ \text{ and }\ e_v=\frac{f}{dv} \qquad \text{公式 5.2-3}$$

其中影像中一個像素 du 和 dv，對應在世界座標中實際的寬度和高度，f 為攝影機焦距。

由公式 5.2-1 和公式 5.2-2 可知，Y_c 和 u、v 相關，然而公式 5.2-1 和公式 5.2-2 是從攝影機座標 R^3 轉換到影像座標 R^2。

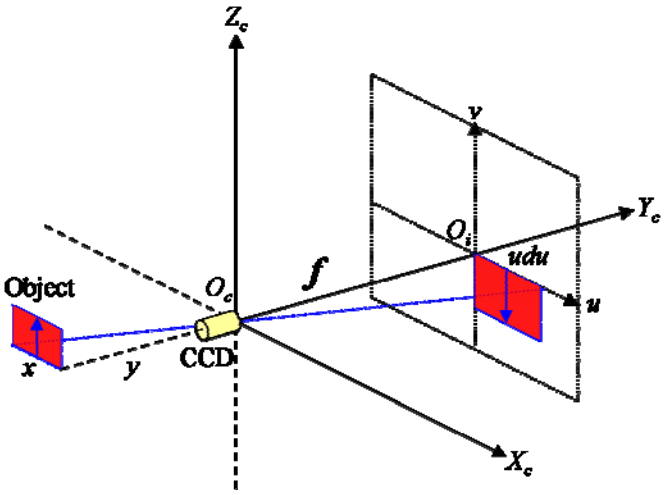


圖 5.2-6 攝影機座標與影像座標的關係

令 $\mathbf{P}_{proj}$ 為一個 4×4 透視轉換矩陣，如公式 5.2-4 所示，

$$\mathbf{P}_{proj}=\begin{bmatrix} e_u & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & e_v & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad \text{公式 5.2-4}$$

該式目的是將攝影機座標轉換到影像座標，並且以矩陣的形式表示之，如公式 5.2-5 式所示：

$$\vec{I}_h=\mathbf{P}_{proj}\vec{C}_h \qquad \text{公式 5.2-5}$$

其中 $\vec{I}_h=\begin{bmatrix} x_i & y_i & z_i & 1 \end{bmatrix}'$ 是影像齊次座標，$\vec{C}_h=\begin{bmatrix} X_c & Y_c & Z_c & 1 \end{bmatrix}'$ 是攝影機齊次座標。

轉換後可以得到：

$$\vec{I_h}=\begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \\ 1 \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} e_u X_c \\ Y_c \\ e_v Z_c \\ 1 \end{pmatrix} \qquad \text{公式 5.2-6}$$

而齊次影像中的座標可以由式公式 5.2-7 還原：

$$u=\frac{x_i}{y_i},\ v=\frac{z_i}{y_i} \qquad \text{公式 5.2-7}$$

其結果與公式 5.2-1、公式 5.2-2 式相同。

接著，推導攝影機座標和世界座標的關係，如圖 5.2-7 所示，(X_c, Y_c, Z_c) 組合成攝影機座標，(X_r, Y_r, Z_r) 組合成世界座標。而為了有系統的運算，以矩陣的形式表示，因此令齊次世界座標系為

$\vec{W}_h = \begin{bmatrix} X_r & Y_r & Z_r & 1 \end{bmatrix}'$，齊次攝影座標為$\vec{C}_h = \begin{bmatrix} X_c & Y_c & Z_c & 1 \end{bmatrix}'$。

通常齊次攝影機座標和齊次世界座標間的關係，係將齊次世界座標平移、再旋轉，便得到齊次攝影機座標，如公式 5.2-8 所示：

$$\vec{C}_h = \mathbf{R}_r(\vec{W}_h - \vec{T}) \qquad \text{公式 5.2-8}$$

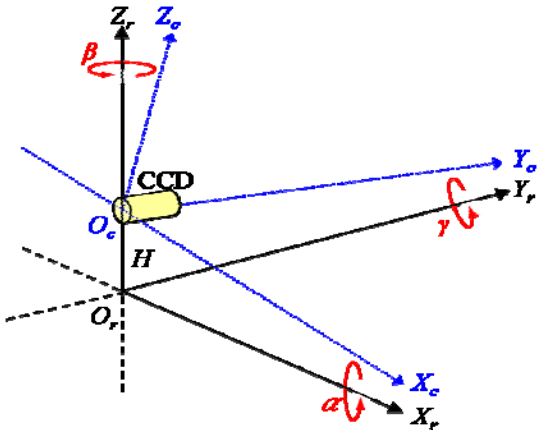


圖 5.2-7 攝影機座標和世界座標的關係

R_r 是 4×4 齊次世界座標和齊次攝影機座標的旋轉矩陣，而$\vec{T}$是 4×1 齊次攝影機座標原點和齊次世界座標原點的平移矩陣，從世界座標的原點O_r移動到影像座標的原點O_c，以圖 5.2-7 所示，H 表示O_r和O_c間的距離，因此平移矩陣可以用公式 5.2-9 所示：

$$\vec{T} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & H & 0 \end{bmatrix}' \qquad \text{公式 5.2-9}$$

通常旋轉矩陣$\mathbf{R}_r$可以分解成 3 種旋轉矩陣，$\mathbf{R}_\alpha$、$\mathbf{R}_\beta$和$\mathbf{R}_\gamma$，即

$$\mathbf{R}_r = \mathbf{R}_\alpha \mathbf{R}_\beta \mathbf{R}_\gamma \qquad \text{公式 5.2-10}$$

α、β、γ 分別是繞 X 軸、Z 軸、Y 軸，從點O_r分別看向$+X_r$，$+Z_r$，和$+Y_r$軸的逆時針旋轉角度。繞 X 軸的旋轉矩陣如公式 2.3-11 所示，這個角度便是在實作中的俯仰角(tilt angle)。

$$\mathbf{R}_\alpha = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & -\sin\alpha & 0 \\ 0 & \sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad \text{公式 5.2-11}$$

繞Z軸的旋轉矩陣如5.2-12所示，這個角度是在實作中的平掃角(pan angle)

$$\mathbf{R}_{\beta}=\begin{bmatrix}\cos\beta & -\sin\beta & 0 & 0\\ \sin\beta & \cos\beta & 0 & 0\\ 0 & 0 & 1 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 1\end{bmatrix} \qquad \text{公式 5.2-12}$$

繞Y軸的旋轉為擺盪角(swing angle)，其矩陣如公式5.2-13所示，

$$\mathbf{R}_{\gamma}=\begin{bmatrix}\cos\gamma & 0 & -\sin\gamma & 0\\ 0 & 1 & 0 & 0\\ \sin\gamma & 0 & \cos\gamma & 0\\ 0 & 0 & 0 & 1\end{bmatrix} \qquad \text{公式 5.2-13}$$

通常繞Y軸的旋轉角度γ便是攝影機自己旋轉的角度，以此事件追蹤應用而言，我們不會旋轉這個角度，也就是我們假設這個角度為0度，因此，把公式5.2-14改寫成：

$$\mathbf{R}_{r}=\mathbf{R}_{\alpha}\mathbf{R}_{\beta}=\begin{bmatrix}\cos\beta & -\sin\beta & 0 & 0\\ \cos\alpha\cdot\sin\beta & \cos\alpha\cdot\cos\beta & -\sin\alpha & 0\\ \sin\alpha\cdot\sin\beta & \sin\alpha\cdot\cos\beta & \cos\alpha & 0\\ 0 & 0 & 0 & 1\end{bmatrix} \qquad \text{公式 5.2-14}$$

將上述的攝影機座標、世界座標和影像座標整合在一起，$\vec{C}_h$為齊次攝影機座標，$\vec{I}_h$為齊次影像座標，兩者間存在著公式 5.2-11的轉換式。利用公式 5.2-8 可以知道齊次世界座標$\vec{W}_h$與齊次攝影機座標$\vec{C}_h$的關係。於是將公式5.2-4、公式5.2-8代入公式5.2-5可以得到公式5.2-15。

$$\vec{I}_h=\begin{pmatrix} e_u\cdot(\cos\beta\cdot X_r-\sin\beta\cdot Y_r)\\ \cos\alpha\cdot\sin\beta\cdot X_r+\cos\alpha\cdot\cos\beta\cdot Y_r-\sin\alpha\cdot(Z_r-H)\\ e_v\cdot(\sin\alpha\cdot\sin\beta\cdot X_r+\sin\alpha\cdot\cos\beta\cdot Y_r+\cos\alpha\cdot(Z_r-H)\\ 1\end{pmatrix} \qquad \text{公式 5.2-15}$$

再利用公式 5.2-13，將齊次影像座標 還原成影像座標(u, v)。最後世界座標(X_r, Y_r, Z_r)轉換到影像座標(u, v)可以用公式5.2-16與

公式 5.2-17 描述：

$$u = \frac{x_i}{y_i} = e_u \frac{\cos\beta \cdot X_r - \sin\beta \cdot Y_r}{\cos\alpha \cdot \sin\beta \cdot X_r + \cos\alpha \cdot \cos\beta \cdot Y_r - \sin\alpha \cdot (Z_r - H)} \quad \text{公式 5.2-16}$$

$$v = \frac{z_i}{y_i} = e_v \frac{\sin\alpha \cdot \sin\beta \cdot X_r + \sin\alpha \cdot \cos\beta \cdot Y_r \quad + \cos\alpha \cdot (Z_r - H)}{\cos\alpha \cdot \sin\beta \cdot X_r + \cos\alpha \cdot \cos\beta \cdot Y_r - \sin\alpha \cdot (Z_r - H)} \quad \text{公式 5.2-17}$$

令 $\beta = 0$，上面之公式可以改寫成公式 5.2-18、公式 5.2-19：

$$u = e_u \frac{(X_r)}{\cos\alpha \cdot Y_r - \sin\alpha \cdot (Z_r - H)} \quad \text{公式 5.2-18}$$

$$v = e_v \frac{(\sin\alpha \cdot Y_r \quad + \cos\alpha \cdot (Z_r - H))}{\cos\alpha \cdot Y_r - \sin\alpha \cdot (Z_r - H)} \quad \text{公式 5.2-19}$$

其中令 Z_r=0，則 $Z' = (Z_r - H) = -H$ ，整理可得下列公式 5.2-20：

$$\begin{cases} X_r = \dfrac{u}{e_u}\left(\cos\alpha \dfrac{-H(\cos\alpha + \dfrac{v}{e_v}\sin\alpha)}{\dfrac{v}{e_v}\cos\alpha - \sin\alpha} + \sin\alpha H\right) = \dfrac{-HU}{\dfrac{v}{e_v}\cos\alpha - \sin\alpha} \\ Y_r = \dfrac{-H(\cos\alpha + \dfrac{v}{e_v}\sin\alpha)}{\dfrac{v}{e_v}\cos\alpha - \sin\alpha} \end{cases} \quad \text{公式 5.2-20}$$

由於固定式攝影機與 PTZ 攝影機架設的位置十分接近，在此將兩者視為架設於同一點，經由固定式攝影機畫面中的(*u*, *v*)，由公式 5.2-20 計算可得世界座標(X_r, Y_r, Z_r)，如圖 2.3-3 所示再利用 X_r、Y_r、Z_r 之間之三角關係如公式 5.2-21 和公式 2.3-22 得到 PTZ 攝影機所需要之平掃角與俯仰角，藉由此兩參數的獲得來進行事件追蹤的目的。

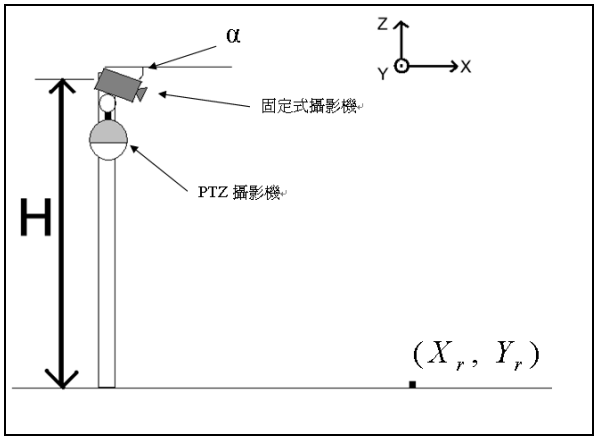


圖 5.2-8 攝影機架設示意圖

$$Tilt_{cmd} = \tan^{-1}\frac{H}{Y_r} \qquad \text{公式 5.2-21}$$

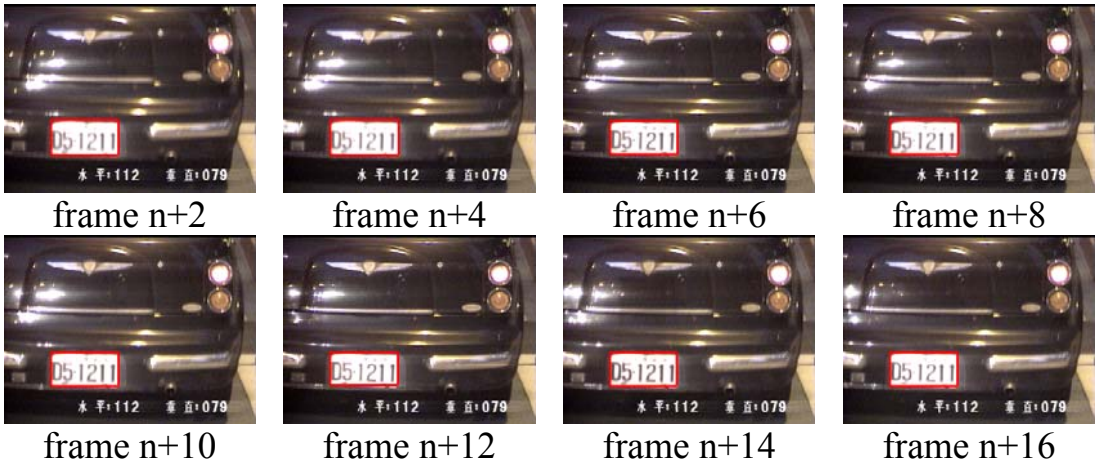
$$Pan_{cmd} = \tan^{-1}\frac{X_r}{Y_r} \qquad \text{公式 5.2-22}$$

當事件發生後，系統會根據固定攝影機影像中所偵測到之掉落物件在影像中的(u, v)座標（如圖 5.2-8），利用公式 5.2-20 計算出(X_r, Y_r)，所得到的物件世界座標再由公式 5.2-21 與公式 5.2-22 推出$Tilt_{cmd}$、Pan_{cmd}，由系統下命令給 PTZ 旋轉雲台轉至正確位置並進行車牌位置偵測，如圖 5.2-9(a)(b)，執行錄影工作，保存事件之記錄，如圖 5.2-10，必要時並可將事件完整影像紀錄立刻傳送至相關管理單位，以加速救援處理，同時有助於責任釐清。未來結合市售或自行研發的車牌辨識軟體，將本研究系統所偵測出的車牌影像，作為車牌辨識軟體的輸入影像，並轉換為該軟體可使用的影像大小(如：320×240 像素)，由於本研究系統已偵測出車牌位置，將更有助於接下來車牌號碼解析工作之進行，如圖 5.2-9(c)。



(a)鎖定違規停車　　(b)偵測車牌位置　　(c)辨識車號

圖 5.2-9 PTZ 攝影機鎖定違規停車進行車牌辨識試作圖



frame n+2　frame n+4　frame n+6　frame n+8

frame n+10　frame n+12　frame n+14　frame n+16

圖 5.2-10 PTZ 攝影機執行違規車輛錄影示意圖

5.3 試作項目與環境說明

雙攝影機系統功能試作分為功能穩定及車牌偵測等 2 部分，前者主要在前期系統架構的基礎下，修改掉落物偵測（含可偵測之掉落物規格）、車輛違規逆向行駛、車輛異常停止（包含事故車輛及路邊違規停車）之演算流程，使其功能更加穩定；車牌偵測則屬本年度新增功能，由於受限於 PTZ 攝影機雲台轉速問題，本期以車輛異常停止作為試作功能對象，相關偵測項目如表 5.3-1。另雙攝影機系統的試作主要採用情境模擬方式（如表 5.3-2）來驗證，基於自行車專用道的完工，本研究也嘗試開發機踏車偵測模組來偵測自行車道上的機踏車輛（含機車與自行車）。

表 5.3-1 雙攝影機偵測項目對照表

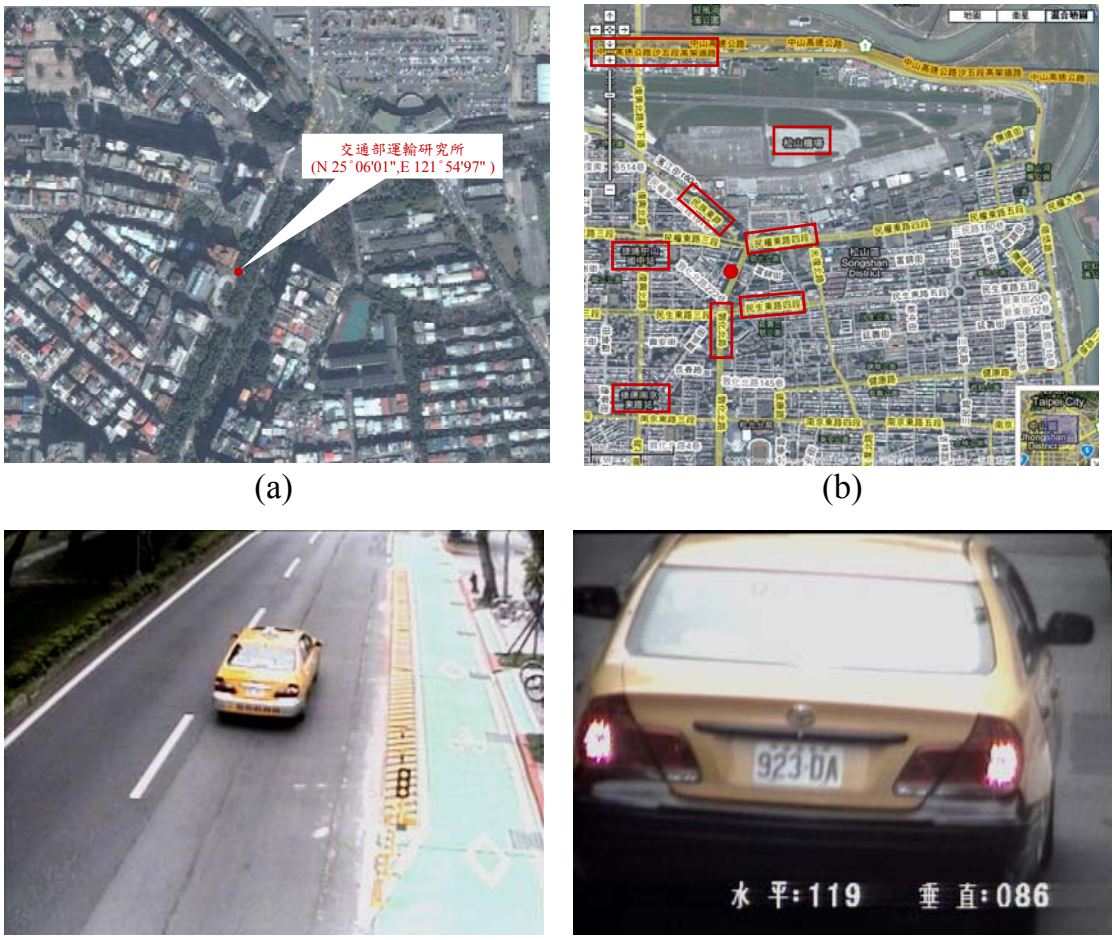
偵測項目	偵測	警示	錄影
掉落物	V	V	v
逆向行駛	V	V	v
異常車速（違規停車）	V	V	v

表 5.3-2 雙攝影機模擬方式對照表

模擬項目	情境說明
掉落物	以佔有率為判斷指標
逆向行駛	變化掉落物紙箱大小
異常車速	違規停止於車道
機踏車偵測	偵測自行車道上的機踏車

為了試作雙攝影機事件偵測的功能，本研究以臺北市松山區敦化北路 240 號本所(N 25°06'01",E 121°54'97")大樓右前方（面向大樓）車行道入口為試作環境；該地點距民權東路、敦化北路及松山機場出口交匯口以南 120 公尺處，攝影機監控畫面為敦化北路南向慢速車道及

近日完工的自行車道，車道混行機(踏)車、小型車、大客車及少量的大貨車，設置點車流來自松山機場進出旅客車輛、中山高速公路南、北行進入市區車輛及內湖科學園區進入機場及市政中心之車輛，為連繫機場、科學園區及高速公路之重要樞紐，尖峰時段會呈現壅塞停滯現象，相關設置點位置如圖 5.3(a)~(b)，攝影機拍攝影像如圖 5.3(c)~(d)所示。



(a) (b)

(c) (d)

圖 5.3-1 本所試作地點示意圖(a)空照圖；(b)位置圖；(c)固定式攝影機攝向圖；(d)PTZ 攝影機放大影像示意圖

5.4 試作成果探討

本期試作地點雖與前期相同，然而因自行車專用道的完工，使得試作場地的車流及環境較前期更加複雜，與前期情境差異比較如表 5.4-1 所示：

表 5.4-1 事件試作新增情境對照表

項次	事件	前期情境	本期特色
1	掉落物	實測時段為白晝	實測時段為夜間
2	逆向行駛	車尾倒車模擬	車頭逆向行駛模擬
3	違規停車	無車牌偵測	新增車牌偵測追蹤
4	事故車輛	無車牌偵測	新增車牌偵測追蹤
5	機踏車計數	無自行車道	新增機踏車計數功能

1. 掉落物偵測試作流程（如圖 5.4-1）：

(1) 將紙箱（30cm x 40cm）拋入自行車道。

(2) 紙箱停留時間超出系統預設門檻值，掉落物事件燈警示。

(3) 系統框出掉落物座標，並啟動 PTZ 攝影機。

(4) PTZ 攝影機往掉落物座標移動。

(5) PTZ 攝影機停留在掉落物座標，確定為紙箱。

(6) 系統取消掉落物事件燈；PTZ 攝影機回原待命座標。



(1)



(2)



(3)



(4)



(5)



(6)

圖 5.4-1 掉落物偵測示意圖

2. 逆向行駛偵測試作流程（如圖 5.4-2）：

(1) 車輛自巷口開上自行車道。

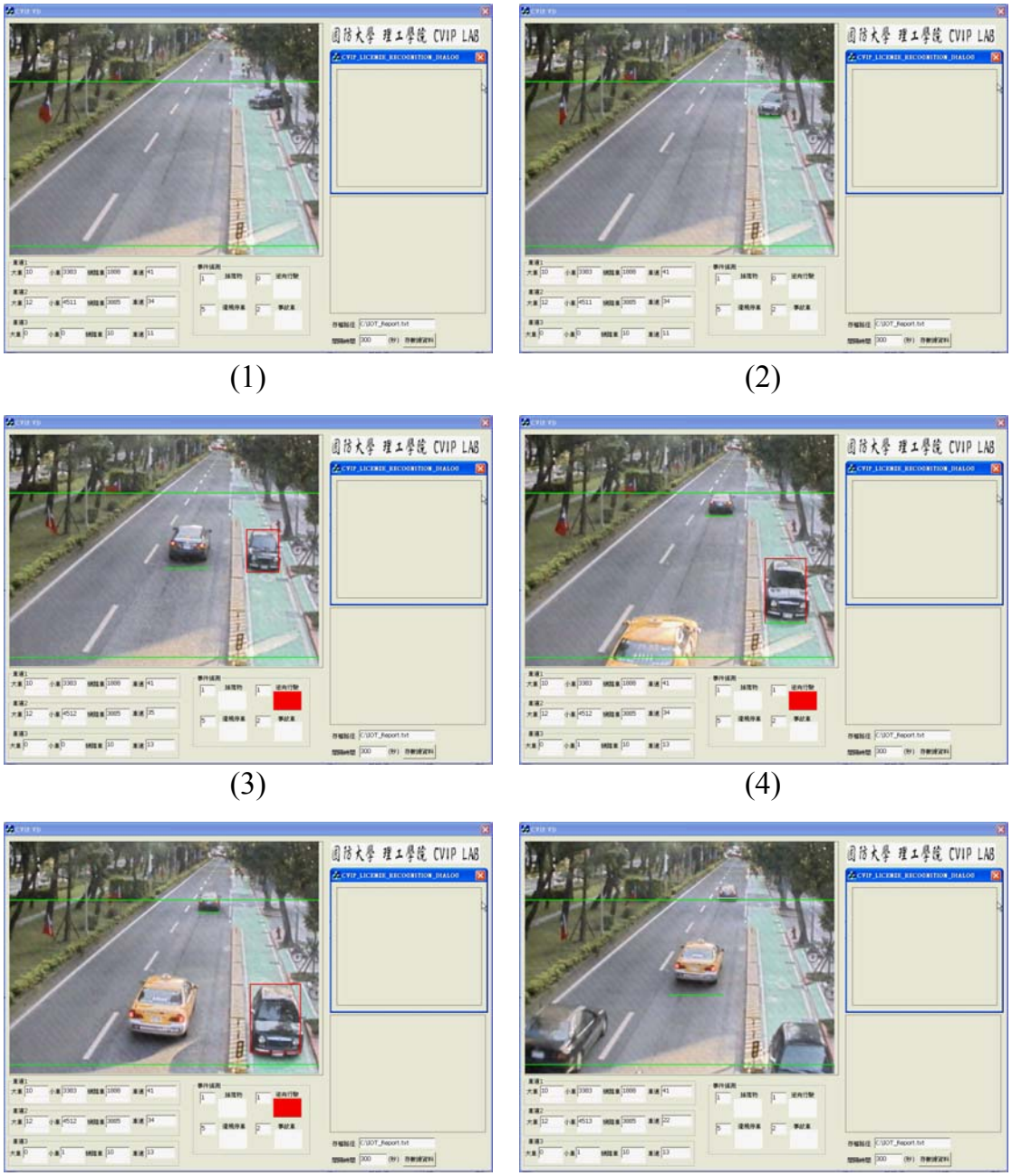
(2) 該車輛彎進系統偵測區域。

(3) 系統依車輛行進軌跡及速度，判定為逆向車並啟動警示燈。

(4) 系統一面監控逆向車輛，同時，維持其他車道車輛計數。

(5) 系統持續監控逆向車輛。

(6) 車輛離開偵測區域，系統取消逆向行駛警示燈。



(1) (2)

(3) (4)

(5) (6)

圖 5.4-2 逆向行駛車輛偵測示意圖

3. 路邊違規停車試作流程（如圖 5.4-3）：

(1) 車輛停止於自行車道，並超出物件停留時間門檻值，系統啟動警示燈號，同時，框出違規車輛座標位置。

(2) 系統啟動 PTZ 攝影機。

(3) PTZ 攝影機往車輛座標移動，另系統維持其他車道車輛計數。

(4) PTZ 攝影機停留在違規車輛座標，並將近拍影像回傳系統。

(5) 系統框出車牌位置，PTZ 攝影機逐漸回復原位置。

(6) PTZ 攝影機回復原位置，並取消警示燈號。



(1) (2)

(3) (4)

(5) (6)

圖 5.4-3 路邊違規停車示意圖

4. 事故車偵測試作流程（如圖 5.4-4）：

(1) 系統於快車道偵測出車輛車速異常變化，且停留時間超過系統門檻值，系統啟動警示燈號，並框出事故車輛座標。

(2) 系統啟動 PTZ 攝影機。

(3) PTZ 攝影機往車輛座標移動。

(4) PTZ 攝影機停留在事故車輛座標，並將近拍影像回傳系統。

(5) 系統框出車牌位置，PTZ 攝影機逐漸回復原位置。

(6) PTZ 攝影機回復原位置，並取消警示燈號。



(1) (2) (3) (4) (5) (6)

圖 5.4-4 事故車偵測示意圖

5. 機踏車偵測流程（如圖 5.4-5）：

(1) 物件進入偵測區域，系統追蹤車行軌跡及速度。

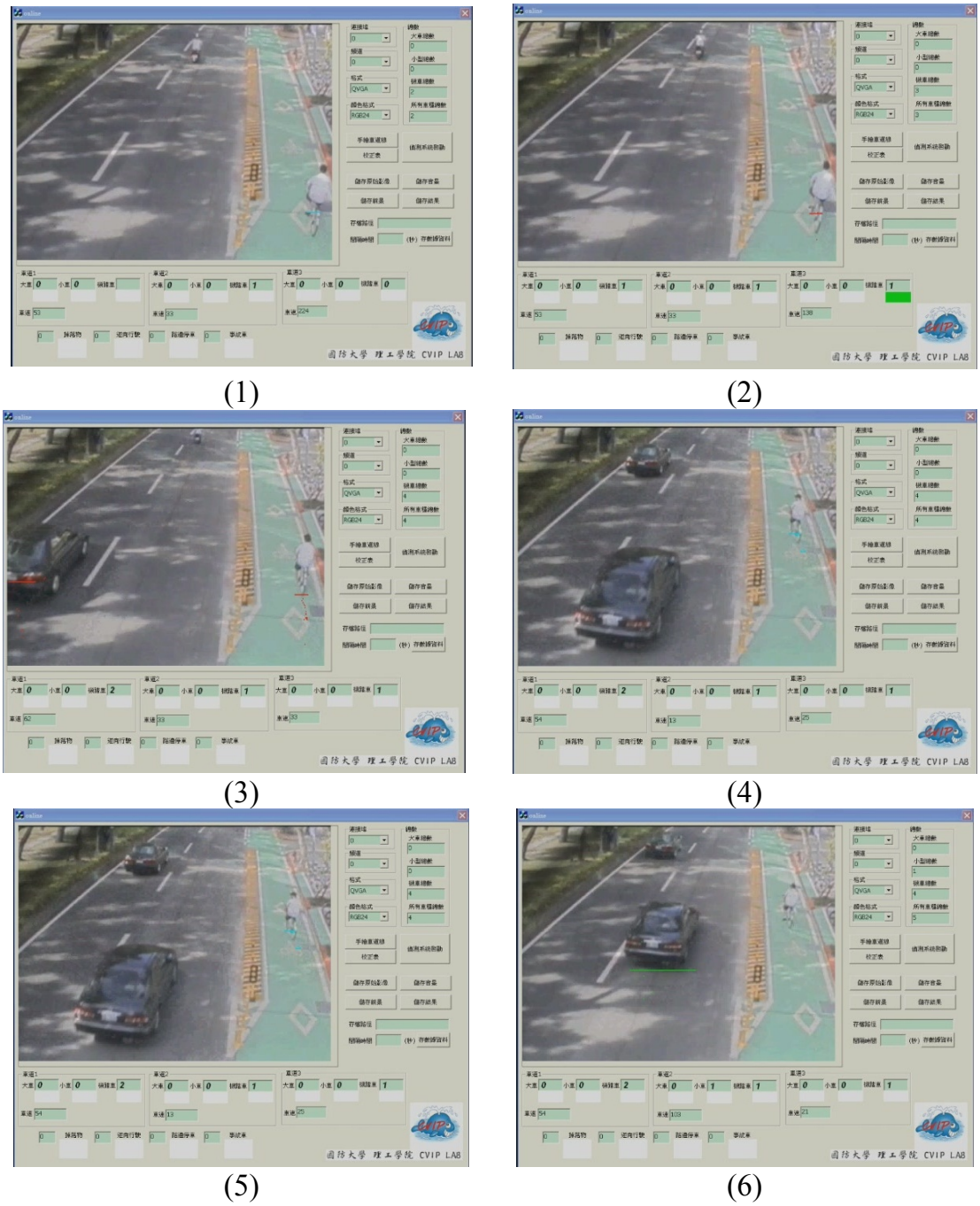
(2) 系統確認該物件為機踏車。

(3) 系統持續追蹤機踏車軌跡，並同時偵測其他車道車輛。

(4) 系統持續追蹤機踏車軌跡，中間車道出現車輛物件。

(5) 機踏車準備離開偵測區域，系統追蹤車行軌跡及速度。

(6) 機踏車離開偵測區域，系統確認中間車道為小型車。



(1) (2)

(3) (4)

(5) (6)

圖 5.4-5 機踏車偵測示意圖

5.5 小結

攝影機事件偵測系統主要是以固定式攝影機先對道路進行偵測，透過物件追蹤技術偵測異常事件的發生，並同時控制另一支旋轉雲台攝影機系統，自動指定旋轉至異常事件發生地點進行近距離拍攝。

本期以前期雙攝影機系統為基礎，試作的地點仍然是以本所前方的道路為實測環境，在掉落物偵測部分，試作夜間偵測的功能；在逆向行駛的部分，嘗試以車頭行進軌跡偵測，並且在白晝及夜間不同光源大小的情境試作；在違規停車及事故車偵測部分，本研究也首度將執法系統的重要功能，也就是車牌偵測技術納入整合試作，實測結果證實雙攝影機系統與執法系統的整合是可行。

由於敦化北路自行車專用道的完工，為了檢視自行車道的使用率，本期以前期的機車偵測模組為基礎，嘗試偵測自行車道上的腳踏車，由於機車與自行車前景的物件型態相似，因此，系統對於這兩種慢速車輛仍有誤判情形，然而，由於機車多使用快車道，所以，系統偵測功能仍有一定的參考價值。

第六章　結論與建議

車輛偵測器為路況資訊最重要的來源，惟目前多採用國外產品，價格及維修亦多受限於國外廠商，因此，本所與交通大學自 94 年起共同研發完成適用於臺灣交通環境特性（機車多）並具合理成本之國產影像式車輛以及事件偵測技術。本影像偵測技術除可即時自動偵測路段交通流量、平均車速等資訊外，亦可即時偵測車輛異常停止、路段壅塞、貨物掉落或車輛逆向行駛等異常或違規情形。本技術並可與雲台移動式（PTZ）攝影機整合為雙攝影機事件偵測系統，在偵測到事件之同時，自動啟動 PTZ 攝影機以拉近鏡頭拍攝清晰畫面，必要時並可將事件完整影像紀錄立刻傳送至相關管理單位，以加速救援處理，同時有助於責任釐清。

近年交通管理單位為監看路況，陸續架設 CCTV 影像監視系統，該路況影像資訊主要以網際網路方式供用路人參考，對於導航、廣播及行進中之駕駛者而言，取得該影像資訊仍相當不便。然若將目前各地廣設之 CCTV 路況影像，結合本所影像辨識新技術，除可掌握既有影像畫面外，並可將交通量、車速及塞車等資訊自動轉換為文字，大幅增加資訊傳遞之便利性，同時透過廣播或導航加值業者的加值傳送，讓民眾能方便掌握即時路況資訊。

回顧前期研發成果（詳如表 6-1 所示），本系列研究於第 1 年(94 年)的『國道替代道路路況資訊擴充之研究與實作』案中，完成適用於臺灣交通環境特性並具合理成本之影像式車輛偵測器雛型開發，並於特定路段及時間進行測試；第 2 年『自動化路況資訊偵測系統研發與示範(一)』案中，在各項功能有顯著提升，並完成快速公路之全天候長時測試；第 3 年進一步在市區道路（本所前方）測試，並於雪隧進行事件偵測功能（citilog 相同功能）開發與試作；第 4 年延續前 3 年成果，在『影像式車輛偵測器擴充模組研發—事件偵測功能模組研發與試作』中完成事件偵測與智慧型事件錄影功能，以國人自主研發之車輛與事件偵測器，在國道 5 號坪林雪山隧道進行實測，與既有之雪山隧道 CCTV 攝影機整合，達成連續 30 天線上測試目標，在偵測率方面已達市售產品之偵測能力。

表 6-1 前期計畫成果對照表

年度	計畫名稱	主要工作	實測地點	架設方式(幅率)	主要成果
94	國道替代道路路況資訊擴充之研究與實作	基本功能開發，於特定路段尖離峰進行各 2 小時之測試來分析其可行性。	慈雲路(平面)	自行架設(30)	1. 完成車型辨識模組開發。 2. 完成車輛計數與車速估測 3. 準確率達九成以上(白晝)
95	自動化路況資訊偵測系統研發與試範(一)	於台 68 高架及省道平面道路進行長時測試。	1.中華路(平面) 2.台 68 線(高架)	立桿架設(30)	1. 提升前期準確率。 2. 新增夜間辨識模組。(夜間準確率六至七成) 3. 新增攝影機震動修正模組。
96	自動化路況資訊偵測系統研發與試範(二)	於市區道路（本所前方）進行測試，並於雪隧進行事件偵測功能（citilog 相同功能）開發與試作。	1.台 68 線(高架) 2.敦化北路(平面)	立桿架設(30)	1. 提升前期準確率。 2. 受路樹陰影影響，敦北準確率達 75%以上。
97	影像式車輛偵測器擴充模組研發：事件偵測功能模組研發與試作	於雪隧進行為期一個月之實測，並與環路線圈比較；另進行雙攝影機事件偵測及執法模組開發。	1.雪山隧道(隧道) 2.建國高架(高架)	既有 CCTV(30)	1. 完成事件偵測模組研發。 2. 準確率達九成以上。

本期整合過去在影像式車輛偵測器與事件偵測器之研究經驗，針對臺北市、臺北縣及桃園縣等地區，架設於不同環境的既設 CCTV 攝影機，進行系統整合測試，本年度並提出不同環境變數下影像辨識能力之測試評估，尤其探討不同於 97 年光纖之 ADSL 傳輸環境下之影響，以作為後續研發及交通管理單位應用之參考。綜合本計畫各項工作成果，茲歸納整理結論與建議如下：

6.1 結論

(一)在 CCTV 整合測試部分：

為了解本次系統與 CCTV 既設攝影機的整合成效，本研究分別從準確率、適應性及穩定度等 3 面向來探討，有關本期計畫所完成之工作項目條列說明如下：

1. 完成影響準確率變項之程度分析:影像每秒幅數 > 照明 > 影像傳輸方式 > 車流特性 > 高度 > 角度。

由變異數分析結果觀察，平均準確率之影響變項分別為影像傳輸、高度、角度、夜間照明分析、車流特性及影像品質，各項變項的實測結果說明如下：

(1) 影像傳輸變項：不論採用何種傳輸方式，將攝影機的高度調高、角度調小都能獲得較佳的準確率，而當夜間照明不佳或車流特性簡單時，建議採用光纖傳輸方式會比 Wimax 傳輸方式或 ADSL 傳輸方式的平均準確率高出許多。

(2) 高度變項：當車流特性簡單時，攝影機高度影響準確率不大，但當車流特性複雜時，攝影機高度越高可以得到較佳的準確率。在影像品質每秒幅數相同條件下，攝影機高度對準確率的影響不大。

(3) 角度變項：當夜間照明不佳時，攝影機角度小者，其平均準確率較角度大者高出許多，而不論車流特性簡單或複雜，角度小的平均準確率皆優於角度大的。當影像品質不佳時，攝影機角度小的

平均準確率與角度大的平均準確率差距最明顯。

(4) 夜間照明變項：當車流特性複雜時，增加照明可提高準確率。而在較佳的影像品質條件下，照明變項影響不大，當影像品質不佳的狀況下，建議增加照明來提升準確率。

(5) 車流特性變項：當影像品質較佳時，車流特性簡單者其平均準確率較車流特性複雜者為高，其餘影像品質在不同的車流特性差異不大。

綜合上述分析，本研究依實測資料分析，影響準確率項目的趨勢為：影像每秒幅數 > 照明 > 影像傳輸方式 > 車流特性 > 高度 > 角度。

至於道路類型、攝影機位置及震動等條件，在本次實測的樣本中，與準確率的關係並不顯著，有待後續有更多樣本資料來觀察。

2. 完成 CCTV 攝影機與系統整合之限制因素分析：

CCTV 建置並非為偵測交通車輛，而是針對區域監控功能而存在的，因此在多變的影像情境變化下，攝影機的內部參數往往不是最佳值。

根據本次測試的實驗數據觀察發現，雖然本期研究延續了前幾期影像式車輛偵測器之研發成果，但是，系統的平均準確率會因攝影機架設環境的變項而有顯著變化，顯然 CCTV 攝影機在系統整合上仍存在一些限制：

(1) 每秒幅數的限制：基於傳輸介質的頻寬限制及影像儲存磁碟空間的限制，目前使用 ADSL 環境的交控中心，在管理策略上傾向將 CCTV 回傳的影像，限制在每秒幅數 6 張以下，這樣可以節省單位的頻寬使用及有限的影像儲存空間；甚至有些單位採取動態調整每秒幅數的方式，使得影像每秒幅數不一致，增加系統偵測的難度。

(2) 光源不足的限制：在平面道路設置的 CCTV 攝影機，普遍照明不足，迫使攝影機必須不斷啟動光調節的機制去擷取影像，也因

此使得 CCTV 影像常有瞬間光線明暗的強烈變化，例如：

a. 若是架設地點的光線不足，車輛經過時，攝影機的自動增益控制造成影像瞬間出現亮塊，致使系統無法準確偵測。

b. 在攝影機可以拍攝的範圍內，夜間使用時，周圍的強烈光線導致攝影機的白平衡被觸發，而易有突兀的亮點或是較大的亮團出現，影響其他區域的光線解析度，造成偵測上的窒礙。

c. 攝影機鏡頭易因氣候變化造成霧氣現象，夜間偵測也容易因車燈炫光造成影像的飽和現象，影響系統的辨識能力。

(3) 影像傳輸的限制：在目前 ADSL 及 Wimax 的傳輸環境下，CCTV 影像都是數位壓縮檔案，其目的是降低傳輸資料量，然而，影像品質也同樣被犧牲，甚至出現影像嚴重失真的區塊效應，導致系統偵測的困難。

3. 完成系統於長時測試期間之穩定性分析：

本研究共選擇不同架設條件之 24 支攝影機，其中第 2、3、4、6、7 號攝影機進行 7 日長時車流偵測，以 7 日平均準確率的標準差作為穩定性測試的指標，實測結果為 2、6 號機穩定性較佳（因標準差較小），經觀察係因該路段的車流量較其他路段少且單純所致，顯然環境變項較少時，系統穩定性較佳。

(二)在雙攝影機事件偵測系統試作部分：

4. 完成事件及車牌偵測功能試作：

將影像式事件偵測器與車牌偵測系統整合為事件車輛辨識系統，依本研究試作結果驗證是可行的，惟現階段系統所搭配高速的 PTZ 攝影機，受限於旋轉雲台機械反應時間，本次研究中未將畫面中快速移動車輛納入 PTZ 追蹤之對象，但於慢速或異常停止（如違規停車）車輛之試作方面，皆可成功追蹤、啟動 PTZ 攝影機、放大事件車輛、錄影發生過程，並框出車牌所在位置。後續建議在追蹤動態車輛時，採用多攝影機的架設方式，也就是有幾支攝影機負責拍攝不同角度的全景；另外有幾支攝影機則 zoom 到車牌位置，這

樣對於偵測動態事件的掌握將更加完整。

(三)在理想攝影機架設條件部分：

5. 本開發系統的理想架設條件：

本系統攝影機的架設方向，為朝向所偵測車輛的背面，其架設高度建議 6 公尺以上，上下誤差不超過 30 公分，以降低車燈干擾程度；攝影機架設位置最好設於道路中央，可利用 L 型桿與冂型桿將攝影機盡量架設於道路中央；攝影機架設的角度方面，最佳水平角(pan angle)為 0 度左右，角度誤差不超過正負 2 度；而傾斜角(tile angle)最好為水平向下 10 度左右，角度誤差不超過正負 2 度，如此偵測區大約可偵測 4~5 個車長，惟仍須依據畫面偵測的車道多寡調整，若能將所偵測車道的最右與最左車道的車道線落在攝影機畫面底部附近，系統較能取得完整車型進行偵測，如下圖 6.1-1 所示。為了兼具可以達到即時處理運算與畫面清晰的要求，所輸入的處理畫面大小最好為 320x240 的解析度。



圖 6.1-1 攝影機架設畫面示意圖

(四)在系統介面部分：

本系統介面如下圖 6.1-2 所示。單日累積流量有分車道的大、小、機車累積數值，下方有各車到最新一台車輛通過偵測區的車速數值。顯示畫面中，左上畫面為顯示偵測的結果，若是有 PTZ 攝影機，PTZ 攝影機的畫面則顯示在右上角，左下畫面為顯示流量的統計表；PTZ control panel 則是在有必要用手動控制 PTZ 攝影機轉動時調整方向。最右邊的按鈕則是系統的操作按鈕，同時介面的最右上方會顯示出目前的時間。下方目前狀態與歷史紀錄則是顯示出目前的狀態與系統的最新歷史紀錄。

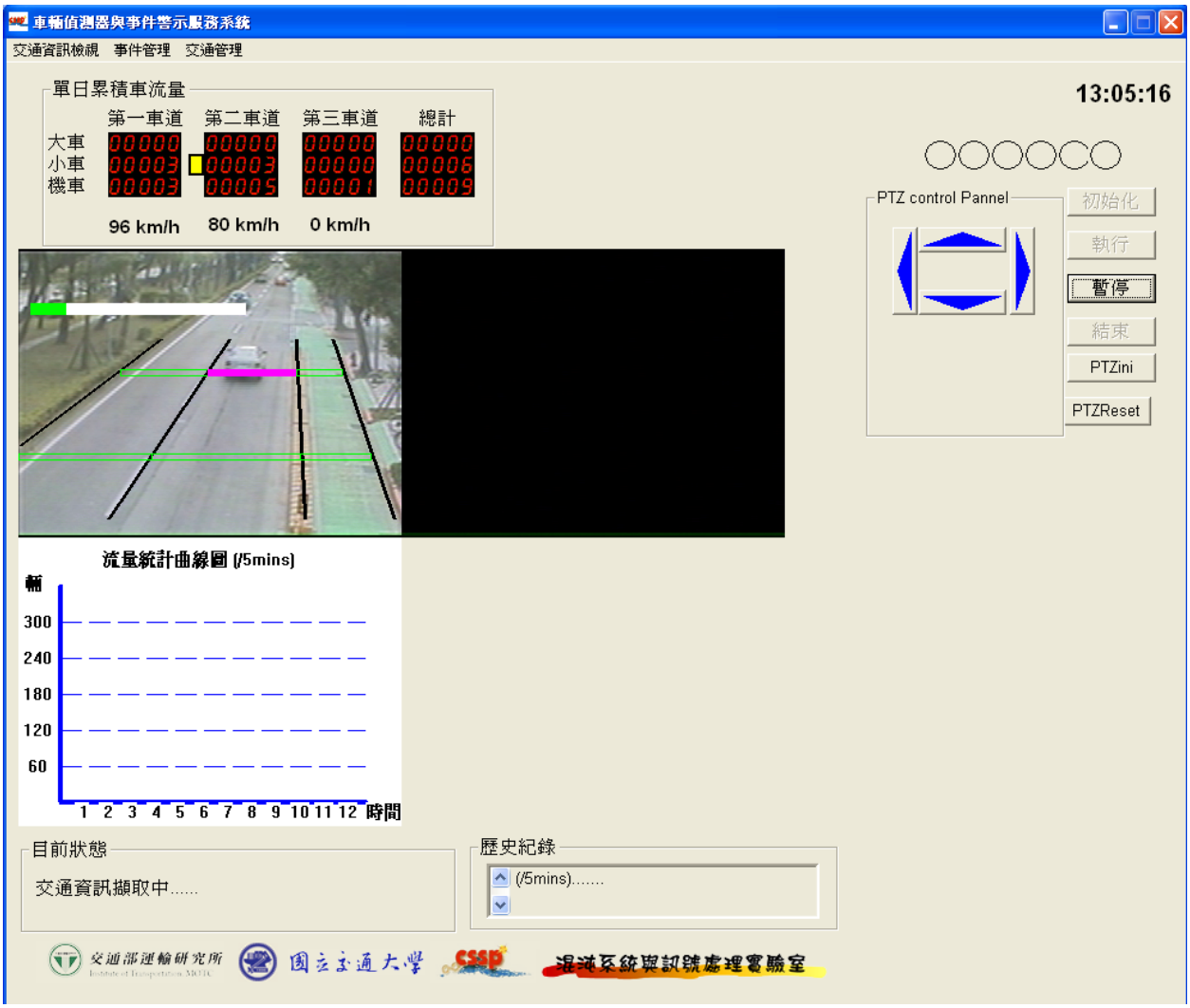


圖 6.1-2 系統介面示意圖

6.2 建議

對於未來推動方向本研究建議整理如下：

(一)在系統整合方面：

在本期的研究測試與資料分析過程中，瞭解各縣市交控中心 CCTV 系統有諸多差異與限制，基此，本研究依據目前系統與 CCTV 攝影機系統整合的測試結果及經驗，提出未來若要在適合地點進行 CCTV 與系統整合上之若干建議：

1. 針對影響系統準確率之變項，提出系統整合時較佳的架設條件，本研究認為較佳的架設條件如表 6.2-1 所示

(1) 幅率變項：建議 CCTV 影像每秒幅數至少應該滿足 15 張以上，俾提供系統偵測與追蹤時所需的影像資訊。

(2) 傳輸介質變項：若影像回傳系統的接收端是以光纖來傳輸，由於光纖傳輸的頻寬可以提供較高幅率的影像傳輸，因此，偵測器設置於交控中心機房的影像訊號收容點即可，若以 ADSL 或 WiMax 來傳輸影像，因頻寬較低且影像有壓縮失真情形，所以，偵測器設置於攝影機路口輸出端，可避免影像的失真及維持影像的高幅率，提升系統偵測的準確率。

(3) 照明變項：由於部分路段夜間光源不足，導致系統無法於夜間有效偵測車流，若能於系統架設地點能增加照明設備，並調整攝影機內部參數對於光源的敏感度，應可改善系統誤判的情形；至於所需光源的流明數則可作為未來研究課題。

(4) 震動變項：若影像震動過於劇烈，將導致影像模糊或失真情形，特別是架設於橋樑路段的攝影機，應特別注意橋樑震動所影響攝影機的不穩定性。

(5) 高度變項：根據影像取樣結果，除少數附桿架設的攝影機外，大部分攝影機可保持在 6 米（含）以上，以維持較佳偵測準確率。

(6) 角度變項：不論攝影機水平俯角大小時，必須搭配合宜的景深調整，使車輛物件在影像內維持適中，避免出現車輛物件過小或過大的情形，使系統出現誤判。

(7) 位置變項：一般 CCTV 攝影機的架設位置，不管在路中或路側，應該注意角度取景時，避免發生遮蔽的情形，以致被遮蔽的車輛無法準確由系統偵測出。

表 6.2-1 與 CCTV 整合的架設條件對照表

架設項目	建議架設條件
幅率	>15fps
傳輸介質	1. 光纖(偵測器設置於交控中心機房)。 2. ADSL 或 WiMax(偵測器設置於路口處) 。
照明	1. 可適度增加攝影機影像所需照明及調整攝影機內度參數對光源的敏感度。 2. 未來可新增以流明數(lumen)量化之研究。
震動	避免過劇烈(如:洲美快 13) 。
道路類型	高架較平面佳。
高度	6 米以上。
角度	1. 角度大則景深小。 2. 角度小則景深大。
位置	以不發生遮蔽為原則。

2. 針對臺北縣市及桃園縣取樣的 CCTV 影像及系統實測結果，本研究對於實測單位的建議則如表 6.2-2 所示

(1) 臺北市：該地區 CCTV 影像傳輸環境較多元，若為光纖傳輸路段影像，則可直接將 VD 系統設置於中心機房，惟在路段挑選上仍應注意影響系統準確率之變項；若為 Wimax 或 ADSL 傳輸方式，除了可提升頻寬及幅率外，若增加影像幅率會增加中心儲存設備的負擔，因此，仍建議將 VD 系統設置於路口端。

(2) 臺北縣：由於該地區 CCTV 影像為 ADSL 傳輸環境，受限於網路頻寬，使得影像幅率及影像品質較低，未來若需於中心內設置

VD 偵測系統，建議對於頻寬能適度改善，並採取較高幅率及影像品質的 CCTV 影像管理方式，對於提升系統偵測的準確率應有所助益。當然，若將 VD 系統設置於路口端，則無調整網路傳輸頻寬的迫切性，惟在路段挑選上仍應注意影響系統準確率之變項。

(3) 桃園縣：該地區管控的 CCTV 攝影機數量較臺北縣多，因此，對於影像頻寬的管理更加嚴格，在頻寬擴充前，仍建議將 VD 系統設置於路口端，俾提升系統偵測準確率，惟在路段挑選上仍應注意影響系統準確率之變項。

表 6.2-2 對實測單位建議事項對照表

實測地區	傳輸環境	建議位置	較適合地點	注意事項
臺北市	光纖	中心機房	1. 辛亥快新生南 2. 建國快信義 3. 洲美快福國	1.避免震動太劇烈路段（如：洲美快 13）。 2.取景時避免景深過深，物件過小(如：環河北敦煌)。 3.避免攝影機設置位置太低且太側邊(如：象山隧道)。 4.避免汽、機車過於交織車道。(如：光復橋)
	WiMax	路口端	N/A	1.增加幅率及影像品質 2.對於夜間照明不佳路段（如：民權行愛段）應增加照明。
臺北縣	ADSL	路口端	N/A	1.提升幅率及影像品質 2.若設置於交控機房，建議影像採固定幅率且大於 15fps。 3.避免車道角度過於彎曲(如：淡水民權)

桃園縣	ADSL	路口端	N/A	1.提升幅率及影像品質 2.若設置於交控機房，建議先改善中心頻寬，並採固定幅率且大於 15fps。

3. 對於準確率較低路段的 CCTV 攝影機，經由架設環境的改善，亦能提供所需的事件偵測資訊，如表 6.2-3 所示

對於交通管理單位而言，都期望所設置的偵測系統可以提供較高的準確率，然而，各單位預算有限，在考量不改變硬體環境的前提下，經由系統的建置可以節省人力的需求。

本期實測有部分路段因影像品質及幅率較低，導致系統在交通參數偵測的準確率約在 7 成至 8 成間，雖然這樣的準確率對於交通管理單位而言仍偏低，但是，因事件多為偶發，在不改變既有硬體設備的情況下，進行 7 至 8 成準確率的事件偵測，另 3 成的誤判則輔以人工修正，應可成為交通管理單位在節省經費及提升管理效能可參酌之方式。

表 6.2-3 準確率範圍適用偵測項目對照表

準確率範圍	交通參數偵測	事件偵測	舉例
準確率高 80%以上	適用	適用	臺北市 辛亥快新生南
準確率普通 70%~80%	改善設置條件	可考慮	臺北縣 板橋浮洲橋
準確率低 70%以下	改善設置條件	改善設置條件	桃園縣 中山路龍安街

(二)在軟體與硬體方面：

影像式偵測器要能普及化，系統的準確率及建置成本是兩大考量重點，如前所述，雖然改善地區的設置環境有助於提升系統偵測的準確率，然而，面對日夜交替的變化，系統本身仍有精進的空間。

4. 加強系統對於複雜的影像變化及不同地區CCTV設置條件的適應能力，俾提升系統偵測準確率

(1) 演算法的強健性：

由於 CCTV 攝影系統必須長時間的架設在戶外，所以系統必須擁有更為強健的演算法，使系統能夠在各種天候及車流等狀況中皆能夠長時間穩定的運作，並且達到一定的辨識準確率。

(2) 系統的適應性：

在不同的 CCTV 攝影系統上，當攝影的角度或高度不同，便會造成影像中車輛大小不同及陰影與車道歪斜的情況發生，因此，必須加強系統的適應性，使之能夠在各種不同的 CCTV 攝影系統中皆能夠精確及穩定地工作。

(3) 系統參數自動化調整：

為了能夠加強系統的適應能力，最直接有效的方法便是使系統內所需的各種參數，能夠隨著環境的改變而自行調整，若能使系統參數自動調校到最佳化的偵測條件，本系統便能與各種不同 CCTV 的攝影系統達到完全的整合。

(4) CCTV 攝影機參數選項：

由於各縣市對於攝影機管理及架設的策略不同，例如：幅率與壓縮比的搭配或攝影機架設高度及角度等差異，因此，若系統能搭配參數選項來適應不同地區的 CCTV 條件，將使車輛偵測系統更能有效整合於既設的 CCTV 攝影機系統。

除了從軟體的角度來提升系統的準確率外，從改變硬體的方式也可以考量，例如：採用自行架設的攝影機，透過自行調校適宜的參數及設置充足的照明設備，或是直接將系統嵌入於攝影機或影像伺服器（這樣可以解決幅率及頻寬不足的限制），然而，這樣的方式受限於各實務單位有限的年度預算，因此，對於成本與實際用途

的搭配也要多加考慮。

(三)在成本與用途方面：

綜合近年的研究成果，本研究將目前的車輛偵測器依成本及用途搭配大致區分為以下 3 類，如表 6.2-4 所示。

5. 基於成本及用途考量，進行不同架設方式之評估

(1)雙攝影機偵測系統：系統特色為準確率高，適用於政府執法取締違規事件或交管單位監控道路事件，然而，系統建置所需成本最高。

(2)自行架設攝影機偵測系統：系統特色為準確率高，由使用者依環境特性自行架設合宜的系統，適用於交通管理單位進行流量或道路事件監控，系統建置所需成本也高。

(3)CCTV 攝影機偵測系統：系統特色為準確率不確定性高，交通管理單位必須先選擇準確率較高的 CCTV 架設環境，再進行流量或事件監控（如：塞車事件警示等）的評估考量，只要在可容許的誤判範圍內，這是最節省建置成本的方式。

表 6.2-4 攝影機架設成本與用途考量對照表

架設方式	用途	準確率	成本
雙攝影機系統	交通參數及事件偵測，並可搭配車牌偵測及辨識系統，來執行違規車輛取締及事故監控。	較高	較高
自行架設攝影機	交通參數及事件偵測。	較高	高
CCTV	交通參數（或僅偵測壅塞等級）及事件偵測。	較低	低

交通管理單位應該依據實際的用途，並考量單位的年度預算，選擇適合的車輛偵測器、不同等級攝影機，並訂定適合的容許誤差，如重要地點可選擇等級較高之攝影機，對夜間準確率有一定要求時（如易肇事路段），宜選擇具紅外線照射功能之攝影機，郊區車流量較低處，則可選擇等級較低之攝影機，並提供異常警示資訊（如壅塞等級）及輔以人工確認方式供管理者參考。本次研究驗證過程雖然仍有很多的 CCTV 系統不適合整合現有系統，但在此次實測驗證本研究系統在某些路段的準確率是讓人可以期待，未來，隨著研發能量的不斷累積，高準確率及合理成本的國產車輛及事件偵測系統普及到交通管理單位已經指日可待。

參考文獻

[1] Hi, A. H. S. and Yung, N. H. C., “A Fast and Accurate Scoreboard Algorithm for Estimating Stationary Backgrounds in an Image Sequence,” Proceedings of the IEEE Symp. Circuits and Systems, Vol. 4, No. 31, pp. 241–244, June 1998.

[2] Pang, C. C. C., Lam, W. W. L., and Yung, N. H. C., “A Novel Method for Resolving Vehicle Occlusion in a Monocular Traffic-Image Sequence,” *IEEE Trans. Intelligent Transportation Systems*, Vol. 5, No. 3, pp. 129–141, Sept. 2004.

[3] Pang, C. C. C., Lam, W. W. L., and Yung, N. H. C., “A Method for Vehicle Count in the Presence of Multiple-Vehicle Occlusions in Traffic Images,” *IEEE Trans. on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 8, No. 3, pp. 441–459, Sept. 2007.

[4] Pang, C. C. C., Lam, W. W. L., and Yung, N. H. C., “Vehicle-Component Identification Based on Multiscale Textural Couriers,” *IEEE Trans. on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 8, No. 4, pp. 681–694, December 2007.

[5] Ikeda, H., Kaneko, Y., Matsuo, T., and Tsuji, K., “Abnormal Incident Detection System Employing Image Processing Technology,” Proceedings of the IEEE/IEEJ/JSAI Conf. Intelligent Transportation Systems, pp. 748–752, October 1999.

[6] Kamijo, S., Matsushita, Y., Ikeuchi, K., and Sakauchi, M., “Traffic Monitoring and Accident Detection at Intersections,” *IEEE Trans. Intelligent Transportation Systems*, Vol. 1, No. 2, pp. 108–118, June 2000.

[7] Arth, C., Bischof, H., and Leistner, C., “TRICam—An Embedded Platform for Remote Traffic Surveillance,” Proceedings of the Computer Vision and Pattern Recognition Workshop Conf. Digital Object Identifier, pp. 125–133, June 2006.

[8] Tseng, B. L., Lin, C. Y., and Smith, J. R., “Real-Time Video Surveillance for Traffic Monitoring Using Virtual Line Analysis,” IEEE International Conference on Multimedia and Expo, Vol. 2, pp. 541- 544, August, 2002.

[9] Kim, Z. and Malik, J., “Fast Vehicle Detection with Probabilistic Feature Grouping and Its Application to Vehicle Tracking,” Proceedings of the IEEE Conf. Computer Vision, Vol. 1, pp. 524–531, 2003.

[10]Hsieh, J. W., Yu, S. H., Chen, Y. S., and Hu, W. F., “Automatic Traffic Surveillance System for Vehicle Tracking and Classification,” *IEEE Trans. Intelligent Transportation Systems*, Vol. 7, No. 2, pp. 175–187, June 2006.

[11]Wixson, L., “Detecting Salient Motion by Accumulating Directionary-Consistent Flow,” *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, Vol. 22, pp.774–780, Aug. 2000.

[12]Dailey, D. J., Cathey, F. W., and Pumrin, S., “An Algorithm to Estimate Mean Traffic Speed Using Uncalibrated Cameras,” *IEEE Trans. Intelligent Transportation Systems*, Vol. 1, No. 2, pp. 98–107, June 2000.

[13]Cucchiara, R., Piccardi, M., and Mello, P., “Image Analysis and Rule-Based Reasoning for a Traffic Monitoring System,” *IEEE Trans. Intelligent Transportation Systems*, Vol. 1, No. 2, pp. 119–130, June 2000.

[14]Stauffer, C. and Grimson, W. E. L., “Adaptive Background Mixture Models for Real-Time Tracking,” Proceedings of Computer Vision and Pattern Recognition, Vol. 2, pp.246–252, 1999.

[15]Stauffer, C. and Grimson, W. E. L., “Learning Patterns of Activity Using Real-Time Tracking,” *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 22, No. 8, pp.747–757, Aug. 2000.

[16]Vceraraghavan, H., Masoud, O., and Papanikolopoulos, N., “Vision-Based Monitoring of Intersections,” Proceedings of the IEEE Conf. Intelligent Transportation System, pp.7–12, 2002.

[17]Zang, Q. and Klette, R., “Robust Background Subtraction and Maintenance,” Proceedings of the IEEE Conf. on Pattern Recognition, Vol. 2, pp. 90–93, Aug. 2004.

[18]Tian, Y. L., Lu, M., and Hampapur, A., “Robust and Efficient Foreground Analysis for Real-Time Video Surveillance,” Proceedings of the IEEE Computer Vision and Pattern Recognition, Vol. 1, pp. 1182–1187, 2005.

[19]Wang, H. and Suter, D., “A Re-Evaluation of Mixture-of-Gaussian Background Modeling,” Proceedings of the IEEE Conf. on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Vol. 2, pp. 1017–1020, Mar. 2005.

[20]Dickinson, P. and Hunter, A., “Scene Modelling Using an Adaptive Mixture of Gaussians in Colour and Space,” Proceedings of the IEEE Advanced Video and Signal Based Surveillance, pp. 64–69, Sept. 2005.

[21]Teixeira, L. F. and Corte-Real, L., “Cascaded Change Detection for Foreground Segmentation,” Proceedings of the IEEE Workshop Motion and Video Computing, pp. 6–13, Feb. 2007.

[22] Li, L., Huang, W., Gu, I. Y. H., and Tian, Q., “Statistical Modeling of Complex Backgrounds for Foreground Object Detection,” *IEEE Trans. Image Processing*, Vol. 13, No. 11, pp. 1459–1472, Nov. 2004.

[23]Huang, S. S., Fu, L. C., and Hsiao, P. Y., “Region-Level Motion-Based Background Modeling and Subtraction Using MRFs,” *IEEE Trans. Image Processing*, Vol. 16, No. 5, pp. 1446–1456, May 2007.

[24]Chien, S. Y., Ma, S. Y., and Chen, L. G., “Efficient Moving Object Segmentation Algorithm Using Background Registration Technique,” *IEEE Trans. Circuits and*

System for Video Technology, Vol. 12, No. 7, pp. 577–586, July 2002.

[25] Chien, S. Y., Huang, Y. W., Hsieh, B. Y., Ma, S. Y., and Chen, L. G., "Fast Video Segmentation Algorithm with Shadow Cancellation, Global Motion Compensation, and Adaptive Threshold Techniques," *IEEE Trans. Multimedia*, Vol. 6, No. 5, pp. 732–748, Oct. 2004.

[26] Foresti, G. L., Murino, V., and Regazzoni, C., "Vehicle Recognition and Tracking from Road Image Sequences," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. 48, No. 1, pp. 301–318, Jan. 1999.

[27] Limin, X., "Vehicle Shape Recovery and Recognition Using Generic Models," Proceedings of the 4th World Congress on Intelligent Control and Automation, pp. 1055–1059, Feb. 2002.

[28] Wei, W., Zhang, Q., and Wang, M., "A Method of Vehicle Classification Using Models and Neural Networks," Proceedings of the IEEE Conf. on Vehicular Technology, Vol. 4, pp. 3022–3026, 2001.

[29] Song, X. and Nevatia, R., "A Model-Based Vehicle Segmentation Method for Tracking," Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision, Vol. 2, pp. 1124–1131, 2005.

[30] G.L. Foresti, V. Murino, and C. Regazzoni, "Vehicle Recognition and Tracking from Road Image Sequences," IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol.48, No.1, pp.301-318, 1999.

[31] Y.K. Jung, K.W. Lee, and Y.S. Ho, "Content-Based Event Retrieval Using Semantic Scene Interpretation for Automated Traffic Surveillance," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 2, No. 3, pp.151-163, 2001.

[32] C.C. Chiu, M.Y. Ku, and C.Y. Wang, "Automatic traffic surveillance system for vision-based vehicle recognition and tracking," *Journal of Information Science and Engineering*, Accepted on 23 Oct. 2008.

[33] Wren, C. R., Azarbayejani, A., Darrell, T., and Pentland, A. P., "Pfinder: Real-Time Tracking of the Human Body," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 19, No. 7, pp. 780–785, July 1997.

[34] Bevilacqua, A., "Effective Shadow Detection in Traffic Monitoring Applications," *Journal of WSCG*, Vol. 11, No. 1, pp. 57–64, Feb. 2004.

[35] Christos Nikolaos E. Anagnostopoulos, Ioannis E. Anagnostopoulos, Vassili Loumos, and Eleftherios Kayafas, "A License Plate-Recognition Algorithm for Intelligent Transportation System Applications," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 7, No. 3, pp. 377-392, 2006.

[36] Preemon Rattanathammawat and Thanarat H. Chalidabhongse, "A Car Plate Detector using Edge Information, " Proceedings of the IEEE ISCIT, Bangkok,

Thailand, pp. 1039-1043, 2006.

[37] Qiang Wu, Huaifeng Zhang, Wenjing Jia, Xiangjian He, Jie Yang, and Tom Hintz, “Car Plate Detection Using Cascaded Tree-Style Learner Based on Hybrid Object Features,” in Proc. IEEE International Conference on Video and Signal Based Surveillance, Sydney, Australia, pp. 15-21, 2006.

[38] Premnath Dubey, “Heuristic approach for license plate detection,” in Proc. IEEE Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance, Thailand, pp. 366-370 , Sept. 2005.

[39] 王勝均，”應用於停車場之動態車牌定位系統”，碩士論文，臺灣師範大學機電科技研究所，台北，2006。

[40] Zhiwei He, Jilin Liu, Hongqing Ma, and Peihong Li, “A New Automatic Extraction Method of Container Identity Codes,” IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 6, No. 1, 2005.

[41] WeiXing Feng, XiuFen Ye, and KeJun Wang, “Novel Algorithm Of Searching Color Point-pairs To Locate Vehicle Plate,” in Proc. IEEE International Conference on Mechatronics & Automation, Niagara Falls, Canada, Vol. 3, pp.1416 – 1421, 2005.

[42] Shyang-Lih Chang, Li-Shien Chen, Yun-Chung Chung, and Sei-Wan Chen, “Automatic License Plate Recognition,” IEEE Trans. Intel. Transportation Systems, Vol. 5, no. 1, pp. 42-53, 2004.

[43] N. Zimic, J. Ficzko, M. Mraz, and J. Virant, “The fuzzy logic approach to the car numlber plate locating problem,” in Proc. IIS, pp. 227–230, 1997.

[44] J. A. G. Nijhuis, M. H. ter Brugge, K. A. Helmholt, J. P. W. Pluim, L. Spaanenburg, R. S. Venema, and M. A. Westenberg, “Car license plate recognition with neural networks and fuzzy logic,” in Proc. IEEE Int. Conf. Neural Network, Vol. 5, pp. 2232–2236, 1995.

[45] J. A. G. Nijhuis, M. H. T. Brugge, K. A. Helmholt, J. P. W. Pluim, L. Spaanenburg, R. S. Venema, and M. A. Westenberg, “Car license plate recognition with neural networks and fuzzy logic,” in Proc. IEEE Int. Conf. Neural Networks, vol. 5, pp. 2232-2236, 1995.

[46] 詹志明，”頻率域濾波器於車輛牌照定位之應用”，碩士論文，輔仁大學電子工程學系碩士在職專班，新莊，2006。

[47] Hsien-Huang P. Wu, Hung-Hsiang Chen, Ruei-Jan Wu, Day-Fann Shen, “License Plate Extraction in Low Resolution Video, ” in Proc. IEEE International Conference on Pattern Recognition, Taiwan, ROC, Vol. 1, pp. 824–827, 2006.

[48] T. D. Duan, T. L. Hong Du, T. V. Phuoc, and N. V. Hoang, “ Building an automatic vehicle license plate recognition system,” in Proc. Intl. Conf. in Computer Science- RIVF, Can Tho, Vietnam, pp. 59-63, February 2005.

[49] Yasuharu Yanamura, Masahiro Goto, and Daisuke Nishiyama, “Extraction and Tracking of the License Plate Using Hough Transform and Voted Block Matching”, in Proc. IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pp. 243-246, 2003.

[50] M. H. Brugge, J. H. Stevens, J. A. G. Nijhuis, and L. Spaanenburg, “License plate recognition using DTCNNs,” in Proc. IEEE Int. Workshop Cellular Neural Netw. and Appl, pp. 212-217, 1998.

[51] M. I. Chacon and A. Zimmerman, “License plate location based on a dynamic PCNN scheme,” in Proc. Int. Joint Conf. Neural Network, vol. 2, pp. 1195-1200, 2003.

[52] K. K. Kim, K. I. Kim, J. B. Kim, and H. J. Kim, “Learning-based approach, for license plate recognition,” in Proc. IEEE Signal Process. Soc. Workshop, Neural Network Signal Process, vol. 2, pp. 614-623, 2000.

[53]陳一昌等，車牌影像辨識系統與號牌設計改進配合措施之探討，專題計劃，交通部運輸研究，2004。

[54]賴文復，應用類神經網路構建視覺化夜間路口車輛偵測模式之研究，淡江大學運輸管理學系運輸科學研究所碩士論文，2004.6。

[55]卓訓榮、王晉元、吳炳飛等，「國道替代道路路況資訊擴充之研究與實作」，交通部運輸研究所，2005.12。

[56]卓訓榮、吳炳飛等，「自動化資訊偵測系統研發與示範(一)」，交通部運輸研究所，2007.12。

[57]卓訓榮、吳炳飛等，「自動化資訊偵測系統研發與示範(二)」，交通部運輸研究所，2008.6。

[58]吳炳飛、瞿忠正等，「影像式車輛偵測器擴充模組研發－事件偵測功能模組研發與試作」，交通部運輸研究所，2009.7。

附錄 A

簡報

動態交通資訊之技術開發與應用研究(三)—影像偵測技術應用於既設閉路攝影機之功能測試評估

期末報告

計畫主持人:交通大學　吳炳飛 教授
報　告　人:國防大學　瞿忠正 教授

0

1

大綱

- 研究動機與目的
- 實測系統架構與流程
- 實測分類與展示
- 成果分析與比較
- 結論與建議

2

研究動機

- CCTV攝影機越來越普遍
- 結合自製影像式偵測系統
  - 節省人力與成本
  - 提供交通資訊(車流、車種、車速)
  - 事件偵測(壅塞、掉落物、異常車速)
  - 執法(違規車輛)

3

研究目的

- 整合過去在影像式車輛偵測器與事件偵測器之研究經驗就不同架設環境進行測試，以期提出不同影像品質、架設高度及角度下影像辨識能力之測試評估報告，作為後續研發及交通管理單位應用時之參考。
  - 探究準確率高的設置條件。
  - 提出準確率低的改善方向。

4

研究範疇

- 影像式偵測器整合於不同CCTV之影像品質、頻寬、架設條件、天候因素及車流特性下，影像偵測與辨識能力之測試評估。
- 雙攝影機偵測系統功能試作。

5

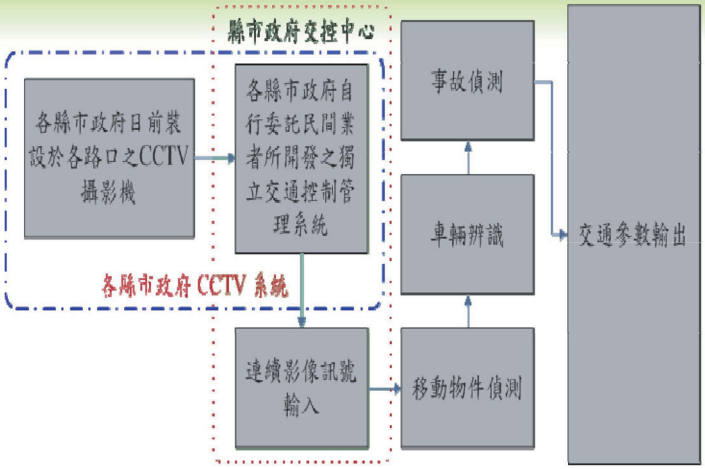
CCTV影像特性

變項	特性		
幅率	30fps	15fps	5fps
傳輸介質	光纖	ADSL	WiMax
照明	佳	普通	不佳
天候	晴	陰	雨
時段	日/夜	尖峰/離峰	日出/日落
車流	複雜	普通	單純
震動	劇烈	普通	輕微
道路類型	高架	平面	隧道
高度	立桿	附桿	
角度	路中/路側	順光/逆光	
傳輸介質	光纖	ADSL	WiMax

6

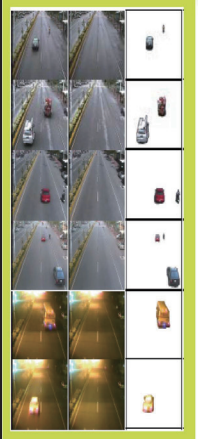
系統架構

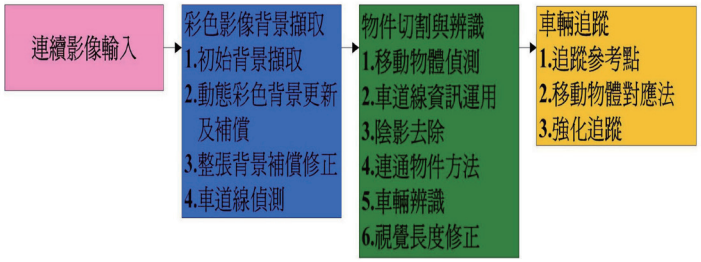
實測系統架構與流程



7

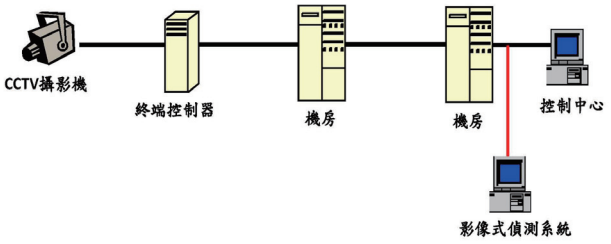
演算法架構

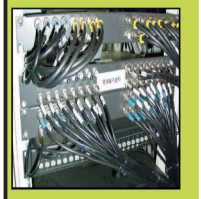




8

實測架構





9

前置工作







聯繫協調
- 台北市
- 台北縣
- 桃園縣

影像挑選
- 光纖
- ADSL
- WiMax

影像分類
- 幅率
- 傳輸方式
- 道路類型
- 車流
- 高度
- 角度

系統實測
- 光纖
- ADSL
- WiMax

數據整理
- 車流
- 車速
- 車種
- 車道
- 佔有率
- 事件
- 人工計數

分析歸納
- 穩定性
- 準確率
- 適用性

10

實測分類—光纖環境

實測分類與展示

傳輸介質	幅率	準確率範圍	攝影機地點
光纖	30fps	85%以上	1. 辛亥快新生南 2. 建國快信義
		70%~85%	1. 環快光復橋 2. 辛亥快汀州 3. 環東快進城 4. 洲美快福國 5. 象山隧道
		70%以下	1. 洲美快13 2. 環河北敦煌

11

實測分類—ADSL環境

傳輸介質	幅率	準確率範圍	攝影機地點
ADSL	15fps	65%~80%	1. 淡水民權路 2. 板橋浮洲橋
	6fps	50%~65%	1. 板橋萬板路 2. 中和錦和路
	1fps	50%以下	1. 中山路國際路 2. 文中路龍安街

12

實測分類—WIMAX環境

傳輸介質	幅率	準確率範圍	攝影機地點
WiMax	6~10 fps	70%以上	敬業樂群三路
		60%以下	松高松智 民權行愛

13

實測—事件偵測

傳輸介質	幅率	事件類型	攝影機地點
光纖	30fps	壅塞	辛亥快新生南
ADSL	15fps	壅塞(誤判)	板橋浮洲橋

14

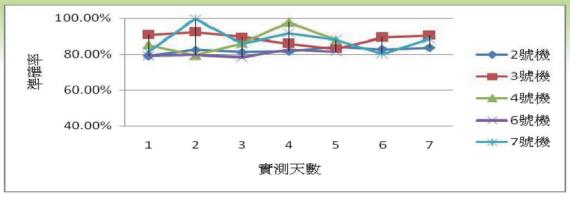
實測—新增功能
(雙攝影機於單一主機運作)

攝影機地點	影像傳輸	幅率	道路類型	位置	震動	天候
洲美快福國	光纖	30	高架	路側	普通	晴
洲美快13	光纖	30	高架	路側	劇烈	晴

15

實測數據分析—穩定度分析(1)
長時測試

成果分析與比較



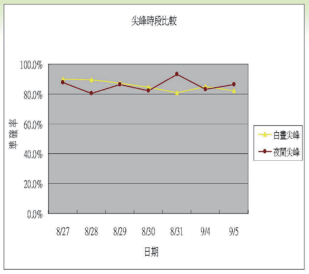
	個數	最小值	最大值	平均數	標準差
2號機	7	.790	.842	.82100	.017301
3號機	7	.829	.923	.88743	.032490
4號機	5	.794	.979	.87340	.067244
6號機	5	.783	.827	.80260	.017401
7號機	7	.801	.997	.87857	.066257

- 標準差較小的為2號及6號機，標準差較大的為4號及7號機，由此可知，系統在2號及6號機實測路段表現較穩定
- 此因為該路段的車流量較其他路段少且單純所致，顯然環境變項較少時，相對系統穩定性較佳。

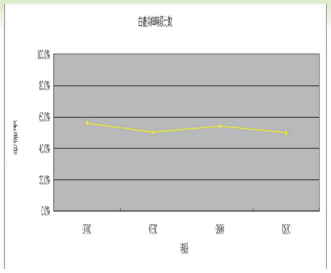
16

實測數據分析—穩定度分析(2)
(不同環境白晝尖峰時段)

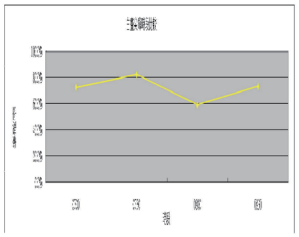
3號機(光纖)



19號機(ADSL)



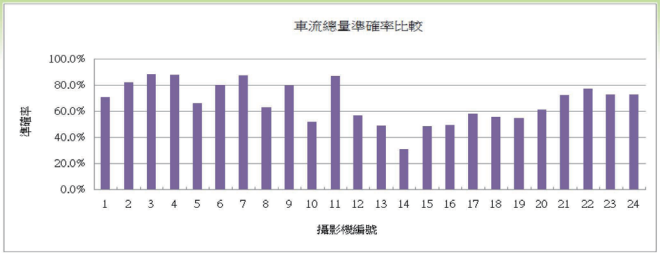
11號機(WiMax)



- 我們由攝影機尖峰時段的準確率變化能大致看出系統不論在任何傳輸環境均能維持穩定。

17

準確率分析—車流總量分析

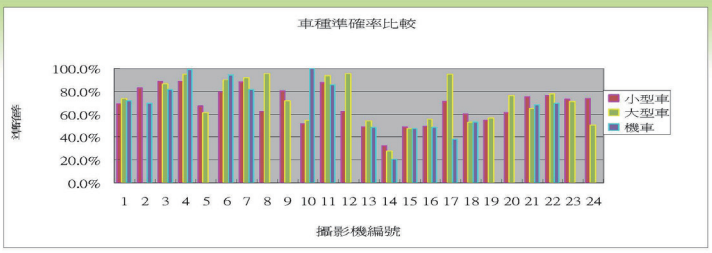


光纖:1~9號　　WiMax:10~12號　　ADSL:13~24號

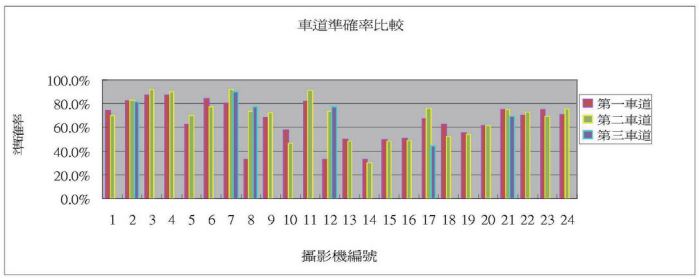
比較項目設	共同原因
準確率高(80%以上)	1. 幅率高 2. 車流單純 3. 照明佳
準確率低(60%以下)	1. 幅率過低 2. 車流複雜

18

準確率分析—車種及車道分析(1)



光纖:1~9號　　WiMax:10~12號　　ADSL:13~24號



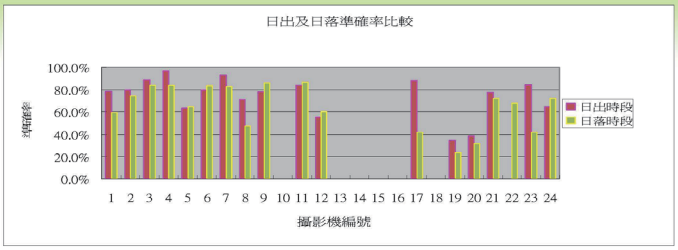
19

準確率分析—車種及車道分析(2)

比較項目		共同原因
大型車	準確率高	幅率高
	準確率低	1. 幅率低 2. 攝影機高度低
小型車	準確率高	幅率高
	準確率低	1. 幅率低 2. 車流複雜
機車	準確率高	1. 幅率高 2. 攝影機高度高
	準確率低	1. 幅率低 2. 角度不佳
車道	準確率高	燈源干擾少
	準確率低	燈源干擾多

20

時段準確率分析(1) —
日出及日落(0500~0600)(1800~1900)

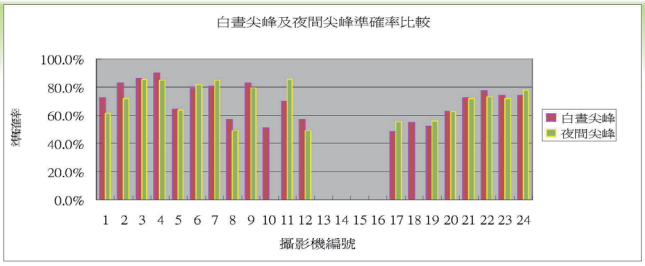


光纖:1~9號　　WiMax:10~12號　　ADSL:13~24號

比較項目	共同原因
準確率高(80%以上)	1. 路段為南北走向 2. 陰影在車輛左右
準確率低(60%以下)	1. 路段為東西走向 2. 陰影在車輛前後

21

時段準確率分析(2)—
尖峰比較(0700~0900)(1700~1900)

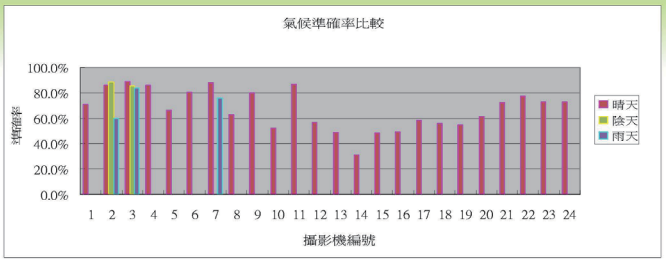


光纖:1~9號　　WiMax:10~12號　　ADSL:13~24號

比較項目	共同原因
準確率高(80%以上)	1. 幅率高 2. 車流較單純
準確率低(60%以下)	1. 車流複雜 2. 車道歪斜 3. 攝影機晃動劇烈

22

準確率分析—氣候分析



光纖:1~9號　　WiMax:10~12號　　ADSL:13~24號

比較項目設	共同原因
準確率高(80%以上)	1. 幅率高 2. 晴天或陰天
準確率低(60%以下)	1. 幅率低 2. 影像品質不佳

23

單因子分析—影像傳輸變項

影像傳輸		平均準確率	上午尖峰準確率	下午尖峰準確率	日出準確率	日落準確率
光纖	平均數	.7865	.7707	.7365	.8091	.7398
	個數	9	9	9	9	9
Wimax	平均數	.6530	.5921	.6726	.6960	.7337
	個數	3	3	2	2	2
ADSL	平均數	.5863	.6454	.6689	.6455	.5016
	個數	12	8	7	6	7

- 以光纖傳輸方式在不同時段所得到的準確率均優於Wimax及ADSL兩種傳輸方式。
- Wimax傳輸方式在日落時段準確率73.37%較ADSL傳輸方式的50.16%為佳

24

單因子分析—高度變項

高度		平均準確率	上午尖峰準確率	下午尖峰準確率	日出準確率	日落準確率
高	平均數	.7130	.6894	.7014	.7421	.6332
	個數	18	18	16	15	16
低	平均數	.5399	.7332	.7163	.7075	.7526
	個數	6	2	2	2	2

- 攝影機高度調高後會使平均準確率增加，大約為七成左右

25

單因子分析—角度變項

角度		平均準確率	上午尖峰準確率	下午尖峰準確率	日出準確率	日落準確率
小	平均數	.7386	.7141	.7250	.7406	.6961
	個數	11	11	11	11	11
大	平均數	.6115	.6689	.6686	.7334	.5685
	個數	13	9	7	6	7

- 不論在任何時段，角度小的攝影機所得到的準確率皆高於攝影機角度大的，平均準確率甚至高出將近13%

26

單因子分析—夜間照明變項

夜間照明分析		平均準確率	上午尖峰準確率	下午尖峰準確率	日出準確率	日落準確率
普通	平均數	.7197	.6966	.7022	.7346	.6408
	個數	18	18	17	16	17
不佳	平均數	.5199	.6682	.7179	.7933	.7434
	個數	6	2	1	1	1

- 夜間照明普通的狀況下，平均準確率平均為71.97%高於夜間照明不佳的狀況51.99%

27

單因子分析—車流特性變項

車流特性		平均準確率	上午尖峰準確率	下午尖峰準確率	日出準確率	日落準確率
複雜	平均數	.5967	.6348	.6590	.6874	.6106
	個數	13	9	8	8	8
簡單	平均數	.7560	.7421	.7384	.7831	.6752
	個數	11	11	10	9	10

- 車流特性簡單的狀況下，不論尖離峰或日出日落時段，準確率皆優於車流複雜的狀況

28

單因子分析—影像品質變項

影像品質(每秒幅數)		平均準確率	上午尖峰準確率	下午尖峰準確率	日出準確率	日落準確率
30fps	平均數	.78659	.77079	.73659	.80919	.73989
	個數					
15fps	平均數	.73944	.74424	.73584	.75303	.63414
	個數					
10fps	平均數	.65303	.59213	.67262	.69602	.73372
	個數					
6fps	平均數	.54676	.54664	.57963	.53803	.32493
	個數					
1fps	平均數	.39912				
	個數					

- 不論尖離峰或日出日落時段，準確率皆以影像品質每秒30幅數的狀況下最高，平均準確率為78.65%
- 幅數與準確率的關係為正相關，即幅數越高準確率亦越高

29

影響準確率之變項分析—單因子分析成果彙整

變項	佳	不佳
幅率	30fps	<6fps
傳輸方式	光纖	WiMax、ADSL
道路類型	高架	平面
高度	6米以上	6米以下
角度	小	大
夜間照明	充足	不足
車流	單純	複雜
震動	輕微	劇烈
位置	不顯著	

30

適用性分析—誤判原因分析

種類	原因	受影響攝影機數量
光源	車輛前燈	11
	對向車燈	7
	炫光	3
影像品質	影像模糊	4
	幅率不足	11
車流	汽機車交雜	6
角度	車輛物件太小	2
	車道歪斜	4
	物件被遮蔽	3
震動	鏡頭晃動	2
氣候	雨天	2

31

雙鏡頭事件偵測系統試作成果

- 掉落物偵測
- 逆向行駛偵測白晝、夜間
- 路邊違規停車偵測
- 事故車偵測
- 機踏車偵測



32

結論

結論與建議

- 影響準確率的程度分別是:影像每秒幅數 > 照明 > 影像傳輸方式 > 車流特性 > 高度 > 角度。
- 影像式偵測器與CCTV的整合是可行的。
- 雙攝影機系統與車牌偵測系統的整合是可行的。

33

建議(1)—與CCTV整合的較佳條件

項目	條件
幅率	>15fps
傳輸介質	1. 光纖(偵測器設置於交控中心機房) 2. ADSL或WiMax(偵測器設置於路口處)
照明	未來可增加以流明數(lumen)量化照明之研究
震動	避免過劇烈(如:洲美快13)
道路類型	高架較平面佳
高度	6米以上
角度(俯角)	角度大則景深小 角度小則景深大
位置	以不發生遮蔽為原則

34

建議(2)—與事件偵測建置的考量

項目	交通參數偵測	事件偵測	舉例
準確率高 80%以上	適用	適用	台北市 辛亥快新生南
準確率普通 70%~80%	改善設置條件	可考慮	台北縣 板橋浮洲橋
準確率低 70%以下	改善設置條件	改善設置條件	桃園縣 中山路龍安街

35

建議(3)—對台北市建置環境

環境	較適合地點	注意事項
光纖	1. 辛亥快新生南 2. 建國快信義 3. 洲美快福國	1. 汽、機車交織車道(光復橋) 2. 景深過深，物件過小(環河北) 3. 震動太劇烈(洲美快13) 4. 位置太低且太側邊(象山隧道)

環境	注意事項
WiMax	1. 建議設置於路口端以提升幅率及影像品質。 2. 汽、機車交織車道(松高松智) 3. 夜間照明不佳(民權行愛)

36

建議(4)—對台北縣建置環境

環境	注意事項
ADSL	1. 建議設置於路口端以提升幅率及影像品質。。 2. 若設置於交控機房，建議採固定幅率且大於15fps。 3. 避免車道角度過於彎曲(淡水民權)

37

建議(5)—對桃園縣建置環境

環境	注意事項
ADSL	1. 建議設置於路口端以提升幅率及影像品質。 2. 若設置於交控機房，建議先提升網路環境頻寬，並採固定幅率且大於15fps。

38

建議(6)—成本與用途的考量

環境	用途	準確率	成本
雙攝影機 (多攝影機)	搭配車牌偵測系統，執行違規車輛取締及事故監控	較高	較高
自行架設攝影機	交通參數及事件偵測。	較高	高
CCTV攝影機	交通參數及事件偵測。	較低	低

39

報 告 完 畢

恭 請 指 導

附錄 B

1. 期中審查會議紀錄

   期中審查意見回覆

2. 期末審查會議紀錄

   期末審查意見回覆

MOTC-IOT-98-IDB008

「動態交通資訊之技術開發與應用研究(三)

—影像偵測技術應用於既設閉路攝影機之功能測試評估」

期中審查會議

一、時間：98 年 7 月 27 日下午 2 時 30 分

二、地點：本所 5 樓會議室

三、主持人：曹 組長 瑞和　　記錄：羅慶同、李霞

四、出席人員：

銘傳大學　楊 教授 健貴

中山大學　蔣 教授 依吾

中央大學　李 教授 允中 (請假)

淡江大學　陶 教授 治中

國道高速公路局　吳 副總工程司 木富

臺北市政府交工處　許 副總工程司 明隆

國道高速公路局　李 綱

公路總局　(請假)

臺北市政府交控中心

桃園縣政府交通處

臺中市政府交通處　(請假)

本所運資組　李霞

交通大學研究團隊

五、研究單位簡報（略）

六、發言紀錄（依發言順序紀錄意見要點）

高速公路局 李科長綱

1. 期中報告 p1-1 提到「對於未被遮蔽的 CCTV 影像，經實測其偵測能力可達九成以上」，建議在寫法及表達上能更具體，例如：整體的偵測率是多少？扣除遮蔽後的偵測率是多少？俾利實務單位參考引用。
2. 前期曾經於雪山隧道及其他的測試點進行實測，建議能於本期報告中同時呈現前期系統偵測的正確率及誤判率，俾利了解前後期系統在偵測率上的差異。
3. 建議於報告內補充說明以影像式偵測器取代現行線圈迴路偵測之優勢何在？而當影像式偵測器的正確率僅有六、七成時，可能無法符合實務單位的實際需求。
4. 建議將測試路段的日出及日落的方向資料納入，俾利了解各測試路段影像陰影對系統偵測率造成的影響。

臺北市交控中心 楊股長靜婷

1. 警政單位架設之 CCTV 系統甚普遍，且多架設於十字路口，研究團隊是否能將警政單位的 CCTV 系統納入實測，俾提供更豐富的交通資訊？報告中提及偵測方向多屬正向拍攝，則當系統架設於十字路口時，是否仍可行？
2. 本系統在進行設置時，需要裝接於訊號分配器的後端或影像伺服器的前端或是其他影像訊號可接受的位置？
3. 期中報告 p1-5 提到影像解碼的概念，實務上亦遭遇採購的某些系統僅能接受某幾種解碼格式，請問研究團隊如何因應不同解碼的格式？或能接受的解碼格式有幾種？
4. 臺北市目前也購置了車輛偵測器並多設置於隧道路段，其目的在於當隧道發生危安事件時，可以即時提醒用路人以避開該隧道路段。請問本期是否可考慮將隧道路段納入系統實測地點？
5. 目前臺北市政府於運研所前方所設置之自行車道將於近期完工啟用，為實際了解自行車道的使用情形，研究團隊所建置於運研所前方之影像偵測系統是否可同步針對自行車的流量進行偵測，並提供給業管單位使用？

臺北市交通管制工程處 許副總工程師明隆

1. 在影像傳輸環境的選擇上可區分為光纖、ADSL 及無線傳輸等方式，然而報告書中僅提及光纖及 ADSL 的測試點在臺北市及桃園縣，建議將無線傳輸環境亦納入實測，本局內湖科學園區的 WiMax 環境可提供研究團隊進行試作。
2. 影像偵測系統在 CCTV 的實測路段常因車燈或路燈光源造成影像干擾誤判，若將系統應用於車牌辨識的試作上，對於光源的干擾是否有任何補償機制？
3. 在報告書中對於影像在光纖及 ADSL 的傳輸環境僅提及每秒幅數（FPS）的差異，建議研究團隊能加強影像在不同頻寬傳輸環境下之差異比較。
4. 在車牌辨識部分，研究團隊是否將各種顏色的車牌亦納入測試分析？另外，在亮色車牌（如白色或黃色）的偵測上常因白平衡造成影像模糊並導致誤判，尤其大型車之車體顏色常會影響到偵測的結果，請問對於上述車牌辨識誤判的部分是否有相關解決方案？
5. 期中報告內有部分文字錯誤的地方，如 p3-1 閉路電視的「錄」、p3-9 松山區更正為「中正區」及 p3-11 桃園縣的「線」，請一併更正。

高速公路局　吳副總工程師木富

1. 不同類別攝影機（如水滴型、雲台式或其他類別的攝影機）在實務應用上各有其特色，請研究團隊能針對測試地點的攝影機進行更詳細之分類，並比較不同形式的攝影機在系統試作的偵測率上是否有關？
2. 對於影像壓縮與解壓之後的影像，是否會因失真導致系統辨識的困難？請於報告內容中再詳述之。
3. 報告內提及因車道數不同由內而外可區分第 1、第 2 及第 3 車道，請於報告內增加車道的說明圖示以茲區別。
4. 因偵測率大小不同，使得折線圖或其他圖表在描述上會出現不同的 y 軸起始值及間距，建議能將圖表的間距統一俾利閱讀比較。
5. 氣候及日夜交替時對於偵測率影響甚大，請研究團隊增加日、夜及晨、昏時段偵測率的比較；另外，對於夜間雨天及大車偵測率較低的部分，請加強演算法的改善及說明。
6. 在 RFP 的規範中，除了交通量偵測外，尚有車速、佔有率及事件偵測等測試項目，請研究團隊於期末報告中能一併論述之。
7. 未來實務單位會面對許多車輛偵測器採購及規劃的問題，請研究團隊藉由本計畫，提供影像式車輛偵測器系統軟硬體及架設之最佳配置條

件，俾利實務單位在辦理採購業務時有相關參考依據，以提昇系統偵測率。

銘傳大學　楊教授健貴

1. 本期RFP的精神是以前期研發的影像式車輛偵測系統在現有的CCTV環境下測試，藉以分析出在不改變既設硬體環境下，哪些地點適合結合影像偵測系統，哪些地點不適合。既然如此，建議研究團隊可以根據過去4年車輛偵測器的研發經驗，挑選CCTV測試點中最佳、較差及一般的地點來試作與比較，儘量避免為了提高系統偵測率而不斷調整系統參數，卻忽略了分析CCTV設置環境優劣之課題。
2. 在RFP上規範的測試項目包含ADSL環境必須2處；CCTV至少有5支設置於縣市主要幹道塞車路段等，在測試點的選擇上請研究團隊務必注意RFP相關規範。新竹市光復路的交通狀況亦相當複雜，或許亦可以選擇為本研究之測試路段。
3. 在數據呈現上除了正確率外，誤判率也是我們關心的指標，建議於期末報告內能有相關的參考數據。

中山大學 蔣教授依吾

1. RFP內提到很多測試的項目，包含影像品質、架設高度、角度、天候條件及車流特性等，建議研究團隊能重新檢視實驗設計的步驟及方式，並可藉由矩陣排列組合的對應關係來呈現及說明每段實驗的動機及目的，例如：在高的影像品質、低的架設高度、或多少的角度、如何的天候及怎樣的車流特性下進行的實驗結果會如何，以這樣的方式來論述實驗結果會更清楚且具說服力。
2. 在RFP中提到的交通參數測試項目除了交通量、速率及佔有率外，也應該把車種的因素包含在內；另外，事件偵測項目包括壅塞、掉落物及異常車速等，如果RFP內有逆向行駛的事件，也都應該一併呈現於報告內。
3. 在CCTV傳輸品質的描述上除了以傳遞介質如光纖、ADSL或無線來分類外，可以考慮以電腦網路上較專業的術語來分類，例如傳輸速率、傳輸維度及深度等。
4. 測試的 CCTV 攝影機於系統試作前是否進行攝影機的調校，如果沒有，建議可對攝影機進行初調以提升偵測準確率。
5. 在雙攝影機系統協同偵測的部分，PTZ攝影機由於定位點誤差及轉動速度的問題，PTZ在進行車牌追蹤時可能無法追上移動的車輛，導致辨識的失敗，建議研究團隊以雙鏡頭試作車牌辨識時，針對PTZ既有的問題及能量多加探討及考量。

淡江大學 陶教授治中

1. 研究團隊研發影像式車輛偵測器已有 4 年成果，為了結合實務單位採購需求，建議報告書能對於採購單位提出相關建議，並在軟硬體設備上，整理歸納與分析出不同等級之車輛偵測器應具備哪些基本的規範與成本來達到最佳的偵測效果，例如：第一等級為以現有 CCTV 的硬體搭配自行研發的軟體；第二等級為以自行架設的攝影機硬體搭配自行研發的軟體；最高等級為以雙鏡頭攝影機的偵測方式來偵測及追蹤。不同等級之偵測系統其偵測率及成本會有所不同，該資訊可以輔助交通單位於採購車輛偵測器時提出較佳的採購策略。
2. 在 RFP 的規範下，研究團隊在完成 12 支 CCTV 攝影機 7 日的長時測試後，再透過對於高度、角度、天候條件及車流的分類及測試所獲得的實驗測試成果，應該可以滿足 RFP 規範的基本需求；另外，如果能同時對實務單位提出建置車輛偵測系統時應該注意的規範，將使此報告書更具參考價值。

運資組（書面意見）

1. 本研究須就不同攝影機品質、架設高度、角度、震動、影像傳輸方式、影像品質、天候、道路幾何特性及上下尖離峰下，進行功能準確率、穩定度及適用性等之差異性分析，由於測試項目眾多，研究團隊宜規劃如何以有限資源進行上述眾多功能之測試，並宜以有條理的方式來呈現實測分析結果。實測前請先進行實驗設計，並與承辦單位討論後再加以執行，以確保測試方向符合本所需求。
2. 系統之測試依 RFP 規範，應具交通參數偵測（交通量、速率、佔有率）及事件偵測（含壅塞、掉落物、異常車速等功能之偵測、警示、錄影）功能，並應具多攝影機同時於單一主機運作之功能，然期中階段似以交通參數之交通量偵測為主，期末時應將其它功能納入測試評估，若部分參數之測試在實際操作有困難時，宜於工作會議中提出討論並於報告中說明。
3. p1-6 第 4 點提及「臺北市 CCTV 傳輸環境為光纖」，然其傳輸環境除光纖外，另包含 ADSL 及無線傳輸系統，請加以修正並納入測試。
4. 請於適當章節加入前期系統在不同地點之偵測成果。
5. 因本案為與既有系統整合之系統測試評估報告，致使一些外在因素無法調整，故在提出評估報告時，應將不同 CCTV 之建置條件、道路條件或交通狀況下，進行系統可運作之功能（如交通參數偵測或作為事件偵測之輔助）及可達到偵測程度的測試，並將限制加以提出，以作為實務單位進行影像辨識系統結合既有 CCTV 之後續建置參考。

6. 報告中對於「事件」及「事故」之用語並不一致，請釐清。
7. 在進行文獻之回顧前，請先說明與本研究之相關性及目的。
8. 由於本案為延續性計畫，且研究團隊提及本期計畫中除進行系統測試外，亦將就系統演算法進行修改，因此在報告之撰寫上，請清楚說明前期系統直接應用於本期課題會產生的問題、系統模組須配合調整之方式，以及調整後可達到的功能。如 2.2.3 節為因本期研究需要所進行改善之課題，惟圖 2.2.3-2 為前期系統之測試地點，無法看出系統係因應本期研究課題(與既有 CCTV 整合)而進行系統改善前後之成效。
9. 4.2 實測數據分析（p4-2），提及係以每 30 分鐘誤差之絕對值加以平均，但表 4.2.1-1 似為總車輛數之準確率，請說明。
10. p4-3 提及本次實驗過程無法偵測大型車輛，其原因為內建參數調整不佳造成過曝原因所致，則表示系統無法測量大型車？或有改進方式？請說明。p4-4~p4-10 所分析之數據為各車種的總和？或僅為小客車之分析？其分析的對象及定義應做更清楚之說明。
11. 表 4.2.3-1 中之部分數據無法測得，請說明原因。
12. 雙攝影機系統之測試為本期研究中另一重點工作，然期中報告中並未說明這項工作進度為何，請說明，並請研究團隊加緊執行，確保於合約期限內完成所有工作。
13. 期中報告前，研究團隊除取得臺北市及桃園縣政府交控中心之協助外，亦完成桃園縣警察局之訪談，該單位表達願意給予協助，故請一併納入評估。另依 RFP 規定，尚須徵詢一處實務單位進行測試，期末前亦須加以完成。
14. 報告書中有文意不順、錯、漏字、章節內容安排及研究主題說明不明確處，建議修正細節請逕洽承辦組，並加以修訂之。

七、主席結論：

1. 本研究所需測試之項目眾多，請研究團隊參照委員意見進行實驗設計，並召開工作會議確認，本所會在 RFP 之基礎上取得學術研究及實務單位需求間之平衡。
2. 本案期中報告內容審查原則通過，請研究團隊針對與會學者專家及各單位代表所提之口頭或書面意見參酌修正並列表說明辦理情形，並經本所承辦單位審查通過後納入期末報告內。

八、散會（16:30）

發 言 內 容		合作研究單位回應	審查意見
高速公路局 李科長剛			
1.	期中報告 p1-1 提到「對於未被遮蔽的 CCTV 影像，經實測其偵測能力可達九成以上」，建議在寫法及表達上能更具體，例如：整體的偵測率是多少？扣除遮蔽後的偵測率是多少？俾利實務單位參考引用。	遵照委員意見，在報告書內容描述上將嘗試以具體數據呈現，避免模糊的用語出現。	同意辦理
2.	前期曾經於雪山隧道及其他的測試點進行實測，建議能於報告中同時呈現前期系統偵測的正確率及誤判率，俾利了解前後期系統在偵測率上的差異。	有關前期系統準確率已補充於第六章。 另因本期系統係在既設閉路攝影機下於市區道路進行偵測，而前期系統屬自行架設之攝影機，前後期系統所採用之攝影機、架設環境、車流條件及測試地點等皆不相同，故不宜進行比較。	同意說明
3.	建議於報告內說明為何以影像式偵測器取代現行線圈迴路偵測交通數據的方式？特別是當影像偵測器的正確率僅有六、七成時，可能不符合實務單位的實際需求。	－不同偵測技術皆有其適用環境，而影像式偵測器具有偵測範圍彈性、偵測功能多樣化、施工與維修方便等優點，因此在需要觀察大範圍路況之路段，影像式 VD 除可偵測基本之交通參數外，另可以面的概念去偵測相對異常車輛、壅塞狀況及等候長度等，並可傳輸影像畫面讓管理者進行監控及確認，而實務單位可依路段所需求資訊選擇適當之偵測技術。 －影像式 VD 可概分為：攝影機與演算法整合系統、攝影機與演算法獨立系統、影像辨識技術應用於既設 CCTV 等，準確率及成本會依不同等級 VD 而有不同，實務單位在成本及準確率的考量下，依路段需求選擇適當 VD。而本期系統的測試對象以既設的 CCTV 攝影機為主，這些攝影機皆非自行架設且未經調校，其偵測準確率會較前期為低。	同意說明
4.	建議將測試路段的日出及日落的方向納入到期末報告的資料內，俾利了解各測試路段影像陰影對系統偵測率造成的影響。	已將陰影方向性納入 p4-16 頁探討。	同意辦理
臺北市交控中心 楊股長靜婷			
1.	警政單位架設之 CCTV 系統甚普遍，且多架設於十字路口，請問研究團隊是否	－警政單位之 CCTV 所拍攝影像多用於犯罪偵查等治安事宜，以觀察車輛車牌	同意說明

	發 言 內 容	合作研究單位回應	審查意見
	能將警政單位的 CCTV 系統納入實測，俾提供更豐富的交通資訊?另外,報告中提及偵測方向多屬正向拍攝，請問當系統於十字路口測試時，是否仍可行?	為主，俾利犯罪車輛之追蹤，因此有個資隱私疑慮，經與桃園縣警察局協調結果，在提供的影像上較無法提供研究所需的拍攝角度及方向。 －本期系統主要以單向車道之偵測為測試對象，尚無法適用於十字路口，若經由演算流程變更，即可適用之。	
2.	請問本系統在設置時需要裝接於訊號分配器的後端或影像伺服器的前端或是其他影像訊號可接受的位置?	只要能夠接收訊號來源，本系統都能進行車輛偵測，惟不同的接收位置因傳輸介質的差異產生不同的影像品質（即不同的影像幅數），影像幅數愈高系統的準確率愈高。	同意說明
3.	期中報告 p1-5 提到影像解碼的概念，目前，我們在實務上也碰到我們採購的某些系統僅能接受某幾種解碼的格式，請問研究團隊如何因應不同解碼的格式？或能接受的解碼格式有幾種？	－在影像加解碼技術上，特定的編碼格式需要專屬的解碼方式，因此，系統要辨識不同的壓縮格式，就必須要有特定格式的解碼器。 －因應多種不同的影像格式，本研究團隊採用最廣泛使用的 AVI 檔案格式(這是一種可以在任何版本的微軟作業系統撥放的影像格式)，多數主流編碼方式也都支援轉換為 AVI 格式。	同意說明
4.	臺北市目前也購置了車輛偵測器並多設置於隧道路段，其目的是為了提醒用路人，當隧道發生危安事件時，避開該隧道路段，請問本期是否可考慮將隧道路段納入系統實測地點?	雪山隧道於前期已完成系統測試，測試結果可參閱前期期末報告書；另外，本期已於臺北市挑選象山隧道納入實測。	同意說明
5.	目前運研所前方自行車道將於近期完工啟用，為實際了解自行車道的使用情形，請問研究團隊研發的系統是否可同步針對自行車的流量進行偵測，並提供給業管單位使用?	本團隊已嘗試針對自行車道流量監控模組研發，經測試後仍有自行車與機車辨識的問題，團隊將賡續研析解決方式，俾系統妥善後提供業管單位使用。	同意說明
臺北市交工處 許副總工程師明隆			
1.	在影像傳輸環境的選擇上區分光纖、ADSL 及無線傳輸等方式，然而報告書中僅提及光纖及 ADSL 的測試點在臺北市及桃園縣，建議無線傳輸環境的測試點仍應納入實測，如：內湖科技園區的 WiMax 環境可參考納入試作環境。	遵照委員意見，已將臺北市內科 WiMax 環境傳輸影像納入試作。	納入辦理
2.	影像偵測系統在 CCTV 的實測路段常因	－車牌字元因光線過強造成同個字元有	同意

	發 言 內 容	合作研究單位回應	審查意見
	車燈或路燈光源影像的干擾造成誤判，若將系統應用於車牌辨識的試作上，對於光源的干擾是否有任何補償機制?	多種色階，在聚類時導致誤判，此時，利用車牌字元間距相近的關係，先判斷漏字的位置是在第幾個字元，再依相鄰關係作補償。 －本期車牌研究僅止於運研所事故車輛或路邊違規停車的車牌位置偵測，車牌字元辨識及補償不納入本期試作。	說明
3.	在報告書中對於影像在光纖及 ADSL 的傳輸環境僅提及每秒幅數（FPS）的差異，建議研究團隊能加強影像在各種頻寬環境下傳輸的差異與比較。	在不同頻寬傳輸環境下，影像每秒幅數（FPS）會有最顯著之差異，此外，為增加傳輸環境差異比較，影像「壓縮比」亦將納入論述。	同意說明
4.	在車牌辨識部分，研究團隊是否將各種顏色的車牌均納入試作?另外，在亮色車牌如白色或黃色的偵測上常因白平衡造成影像模糊並導致誤判，請問對於車牌辨識誤判的部分是否有相關解決方案?	－本期在雙攝影機試作部份主要以車牌位置偵測為主，車牌顏色並無特殊限制。 －未來若搭配車牌辨識系統即可進行車牌字元辨識，惟為避免誤判情形，仍須考量相關補償機制。	同意說明
5.	期中報告內有部分文字錯誤的地方，如 p3-1 閉路電視的「錄」、p3-9 松山區更正為「中正區」及 p3-11 桃園縣的「線」，請一併更正。	遵照委員意見進行修正，同時針對其他文字錯誤之處修訂。	已修正
<u>高速公路局　吳副總工程師木富</u>			
1.	不同類別攝影機如水滴型、雲臺式或其他類別的攝影機在實務應用上各有其特色，請研究團隊是否能針對測試地點的攝影機進行更詳細之分類，並比較不同形式的攝影機在系統試作的偵測率上是否有關?	由於各交控中心所提供攝影機之詳細規格有限，本研究僅能從幅率、傳輸方式、影像品質、架設位置、高度及角度等變項來分類，相關內容詳如 p3-29。	同意說明
2.	對於影像壓縮與解壓之後的影像，是否會因失真導致系統辨識的困難，請於報告內容中再詳述之。	當影像壓縮比過高時，模糊的影像確實會造成系統誤判，詳細內容將於報告書內陳述。	同意說明
3.	報告內提及因車道數不同由內而外可區分第 1、第 2 及第 3 車道，請於報告內增加車道的說明圖示以茲區別。	已將車道圖示說明於 p4-11 頁。	已補充
4.	因偵測率大小不同，使得折線圖或其他圖表在描述上會出現不同的 Y 軸間距，建議能將圖表的間距統一俾利閱讀。	已將圖表座標間距修正為等間距。	已修正

「MOTC-IOT-98-IDB008 動態交通資訊之技術開發與應用研究(三)
—影像偵測技術應用於既設閉路攝影機之功能測試評估」期中審查意見回覆表(10/8)

	發 言 內 容	合作研究單位回應	審查意見
5.	氣候及日夜交替時對於偵測率影響甚大，請研究團隊增加日、夜及晨、昏時段偵測率的比較；另外，對於夜間雨天及大車偵測率較低的部分請加強演算法的改善。	本期雖以過去研發的車輛偵測系統針對目前暨有的 CCTV 環境進行測試，但是，在不佳的影像環境下，本團隊仍會針對誤判部分作演算邏輯改善，期使系統面對不佳環境仍能保持強健的偵測效果。	同意說明
6.	在 RFP 的規範中除了交通量偵測外，尚有車速、佔有率及事件偵測等測試項目，請研究團隊於期末報告中能一併論述之。	- 有關本期測試項目已於第 3 章內說明。 - 另事件偵測測試結果亦說明於 4.6 節。	已補充
7.	未來，實務單位會面對許多車輛偵測器採購及規劃的問題，請研究團隊藉由本計畫提供設置車輛偵測器系統最佳偵測率的軟硬體條件建議，俾利實務單位在辦理採購業務時，能有相關參考依據作為規劃採購車輛偵測器之用。	已將採購車輛偵測器之相關建議呈現於第 6 章文內。	同意辦理
<u>銘傳大學　楊教授健貴</u>			
1.	本期 RFP 的精神是以前期研發的影像式車輛偵測系統在現有的CCTV環境下測試，藉以分析出在不改變既設硬體環境下，哪些地點適合結合影像偵測系統；哪些地點不適合，既然如此，建議研究團隊可以根據四年車輛偵測器的研發經驗，挑選 CCTV 測試點中最佳、普通及較差的地點來試作與比較，儘量避免為了提高系統偵測率，在不斷調整系統參數中，忽略了分析 CCTV 設置環境的優劣。	- 本期挑選的 12 處測試點具有不同的高度、角度、傳輸頻寬、震動程度、夜間照明及車流特性，本團隊將以過去經驗根據測試結果進行測試點優劣比較及分析。 - 為提升系統準確率、穩定度及適用性，本團隊仍會針對系統誤判部分進行演算流程改善，惟最後測試數據將僅以最佳系統版本產生，避免在不斷調整系統參數中，失去測試點優劣的鑑別力。	同意辦理
2.	在 RFP 上規範的測試項目包含 ADSL 環境必須 2 處；CCTV 至少有 5 支設置於縣市主要幹道塞車路段等，在測試點的選擇上請研究團隊務必注意 RFP 相關規範。	本次挑選的 ADSL 環境為桃園縣及臺北縣，挑選的攝影機路段皆曾有壅塞紀錄，惟事件的發生純屬偶然，系統實測時段並非必然發生壅塞事件，目前系統偵測有壅塞事件的路段有辛亥快新生南、建國快信義、板橋浮洲橋及萬板路等路段。	同意辦理
3.	在數據呈現上除了正確率外，誤判率也是我們關心的指標，建議於期末報告內能有相關的參考數據。	由於誤判率須由人工重新檢核偵測結果，所需期程較長，因此，短期內尚無法立即將誤判率呈現於報告書內，但仍會針對誤判現象進行分析，內容補充於 4.7 節。	同意辦理

「MOTC-IOT-98-IDB008 動態交通資訊之技術開發與應用研究(三)
－影像偵測技術應用於既設閉路攝影機之功能測試評估」期中審查意見回覆表(11/8)

	發 言 內 容	合作研究單位回應	審查意見
中山大學 蔣教授依吾			
1.	RFP 內提到很多測試的項目，包含影像品質、架設高度、角度、天候條件及車流特性等，建議研究團隊能重新檢視實驗設計的步驟及方式，並可藉由矩陣排列組合的對應關係來呈現及說明每段實驗的動機及目的，例如：在高的影像品質、低的架設高度、或多少的角度、如何的天候及怎樣的車流特性下進行的實驗結果會如何，以這樣的方式來論述實驗結果會更清楚且具說服力。	在有限資源及不影響實務單位作業下，本團隊將以滿足 RFP 測試項目要求為原則，同時，為了觀察不同測試項目的對應關係，將適度調整實驗流程，產生較豐富的實驗結果，強化本期報告書的說服力。	同意辦理
2.	在 RFP 中提到的交通參數測試項目除了交通量、速率及佔有率外，也應該把車種的因素含括在內；另外，事件偵測項目包括壅塞、掉落物及異常車速等，如果 RFP 內有逆向行駛的事件，也都應該一併呈現於報告內。	感謝委員善意提醒，本團隊已將事件偵測結果說明於 4.6 節。	同意辦理
3.	在 CCTV 傳輸品質的描述上除了以傳遞介質如光纖、ADSL 或無線來分類外，可以考慮以電腦網路上較專業的術語來分類，例如傳輸速率、傳輸維度及深度等。	為增加報告書閱讀廣度，在報告書用語上會避免較艱深之專業術語，然而為兼顧報告書深度，專業術語仍將適度引用。	同意辦理
4.	測試的 CCTV 攝影機於系統試作前是否進行攝影機的調校，如果沒有，建議可對攝影機進行初調以提升偵測準確率。	本期測試的 CCTV 攝影機皆以實務單位既設的攝影機為主，攝影機內設參數皆無法自行調校，未來，若需提升系統偵測率，調校攝影機實屬必要。	同意說明
5.	在雙攝影機系統協同偵測的部分，PTZ 攝影機由於定位點誤差及轉動速度的問題，PTZ 在進行車牌追蹤時可能無法追上移動的車輛，導致辨識的失敗，建議研究團隊以雙鏡頭試作車牌辨識時，針對 PTZ 既有的問題，應再多加考量。	考量所建置 PTZ 雲台轉速限制，本期雙攝影機以事故車輛及路邊違規停車偵測為主，因此，車牌位置偵測亦是以靜止車輛為追蹤對象，故本期 PTZ 並無追蹤移動車輛的問題。	同意辦理
淡江大學 陶教授治中			
1.	研究團隊在車輛偵測器的研究計畫已有 4 年成果，為了結合實務單位採購需求，建議報告書能呈現對於採購單位忠實的建議，並在軟硬體設備上，整理歸	本團隊由準確率及成本的觀點提供採購車輛偵測器的相關建議，內容詳如 6.2 節所示。	同意辦理

	發 言 內 容	合作研究單位回應	審查意見
	納與分析車輛偵測器應具備哪些基本的規範與成本來達到最佳的偵測效果，例如：以現有 CCTV 的硬體搭配自行研發的軟體；或以自行架設的攝影機硬體搭配自行研發的軟體；或以雙鏡頭攝影機的運用方式等，藉以輔助交通單位於採購或委製車輛偵測器時能提出最佳的採購策略。		
2.	在 RFP 的規範下，研究團隊在完成 12 支 CCTV 攝影機 7 日的長時測試後，再透過對於高度、角度、天候條件及車流的分類及測試所獲得的實驗成果，應該可以滿足 RFP 規範的基本需求；另外，如果能同時對實務單位提出建置車輛偵測系統時應該注意的規範，將使此報告書更具參考價值。	有關變項的實測數據分析說明於第 4 章；而建置車輛偵測器的建議說明於第 6 章。	同意辦理
運資組（書面意見）			
1.	本研究須就不同攝影機品質、架設高度、角度、震動、影像傳輸方式、影像品質、天候、道路幾何特性及上下尖離峰下，進行功能準確率、穩定度及適用性等之差異性分析，由於測試項目眾多，研究團隊宜規劃如何以有限資源進行上述眾多功能之測試，並宜以有條理的方式來呈現實測分析結果。實測前請先進行實驗設計，並與承辦單位討論後再加以執行，以確保測試方向符合本所需求。	本團隊已完成實驗設計並與貴組承辦人員進行研討，在有限資源及不影響實務單位作業下，以滿足 RFP 要求為原則，並適度調整實驗流程，以符合貴組期待。	同意說明
2.	系統之測試依 RFP 規範，應具交通參數偵測（交通量、速率、佔有率）及事件偵測（含壅塞、掉落物、異常車速等功能之偵測、警示、錄影）功能，並應具多攝影機同時於單一主機運作之功能，然期中階段似以交通參數之交通量偵測為主，期末時應將其它功能納入測試評估，若部分參數之測試在實際操作有困難時，宜於工作會議中提出討論並於報告中說明。	本期測試的交通參數及事件偵測項目皆以 RFP 規範為原則，於測試過程中所遭遇之窒礙已於工作會議及報告書中提出。	同意說明
3.	P1-6 第 4 點提及「臺北市 CCTV 傳輸環境為光纖」，然其傳輸環境除光纖外，	臺北市 Wimax 傳輸環境已納入測試，惟 ADSL 環境因拍攝角度無法調整為系統	同意辦理

	發 言 內 容	合作研究單位回應	審查意見
	另包含 ADSL 及無線傳輸系統，請加以修正並納入測試。	可偵測之角度，因此，未將臺北市 ADSL 環境納入實測。	
4.	請於適當章節加入前期系統在不同地點之偵測成果。	已將前期成果說明於第 6 章。	已補充
5.	因本案為與既有系統整合之系統測試評估報告，致使一些外在因素無法調整，故在提出評估報告時，應將不同 CCTV 之建置條件、道路條件或交通狀況下，進行系統可運作之功能（如交通參數偵測或作為事件偵測之輔助）及可達到偵測程度的測試，並將限制加以提出，以作為實務單位進行影像辨識系統結合既有 CCTV 之後續建置參考。	本期研究限制說明於 1.4 節，而對實務單位的建議說明於 6.2 節。	已補充
6.	報告中對於「事件」及「事故」之用語並不一致，請釐清。	經就教貴組承辦人後，「事件」偵測與「事故」偵測因表達相同語意，所以將統一使用「事件」偵測。	同意辦理
7.	在進行文獻之回顧前，請先說明與本研究之相關性及目的。	相關內容說明於第一章。	同意辦理
8.	由於本案為延續性計畫，且研究團隊提及本期計畫中除進行系統測試外，亦將就系統演算法進行修改，因此在報告之撰寫上，請清楚說明前期系統直接應用於本期課題會產生的問題、系統模組須配合調整之方式，以及調整後可達到的功能。如 2.2.3 節為因本期研究需要所進行改善之課題，惟圖 2.2.3-2 為前期系統之測試地點，無法看出系統係因應本期研究課題（與既有 CCTV 整合）而進行系統改善前後之成效。	本期係以前期系統為平台，針對不同特性的 CCTV 影像進行實測，原系統在不同特性的影像下產生不同的準確率，本團隊原希望透過演算邏輯修改以提高偵測的準確率，然而，複雜的影像特性使得系統不易經由單一模組修改而提高每支攝影機實測的準確率，且修正演算邏輯的想法與本期目的並不相同，因此，本團隊將針對有提及修正演算邏輯之文字作修正，避免產生閱讀之困擾。	同意說明
9.	4.2 實測數據分析（p4-2），提及係以每 30 分鐘誤差之絕對值加以平均，但表 4.2.1-1 似為總車輛數之準確率，請說明。	經驗算兩者在準確率計算的結果相同，惟為求描述上的一致，準確率計算方式將統一採用公式 4.1-2。	同意說明
10	p4-3 提及本次實驗過程無法偵測大型車輛，其原因為內建參數調整不佳造成過曝原因所致，則表示系統無法測量大型車？或有改進方式？請說明。p4-4~p4-10 所分析之數據為各車種的總和？或僅為小客車之分析？其分析的對象及定義應做更清楚之說明。	- 本期使用之系統係以自行調校的攝影機參數為基礎進行研發，而測試的 CCTV 攝影機皆為既設，無法進行內建參數調校，因此，本團隊必須針對不佳的影像特性進行演算流程修正，以維持可接受的偵測率。p4-3 雖提及大型車輛無法偵測，然經演算流程修正後，系統	同意辦理

「MOTC-IOT-98-IDB008 動態交通資訊之技術開發與應用研究(三)
－影像偵測技術應用於既設閉路攝影機之功能測試評估」期中審查意見回覆表(14/8)

	發 言 內 容	合作研究單位回應	審查意見
		已可進行大型車偵測。 - p4-4~p4-10 所分析之數據為各車種(大型車、小型車及機車)之總和，報告書論述不明處將再修訂之。	
11	表 4.2.3-1 中之部分數據無法測得，請說明原因。	表 4.2.3-1 氣候分析比較表中之「NA」表示當日無該天候型態，而非數據無法測得。	同意說明
12	雙攝影機系統之測試為本期研究中另一重點工作，然期中報告中並未說明這項工作進度為何，請說明，並請研究團隊加緊執行，確保於合約期限內完成所有工作。	雙攝影機試作成果如第 5 章所示。	同意辦理
13	期中報告前，研究團隊除取得臺北市及桃園縣政府交控中心之協助外，亦完成桃園縣警察局之訪談，該單位表達願意給予協助，故請一併納入評估。另依 RFP 規定，尚須徵詢一處實務單位進行測試，期末前亦須加以完成。	- 已將警政單位影像納入評估，惟該單位因從事犯罪預防及交通事故錄影，所以，路口攝影機角度不易自行轉動。 - 建議將臺北縣交控單位納入實測對象，惟仍需貴組發文協調。。	同意辦理
14	報告書中有文意不順、錯、漏字、章節內容安排及研究主題說明不明確處，建議修正細節請逕洽承辦組，並加以修訂之。	報告書疏漏之處均就教貴組承辦人，並依貴組審查意見進行修訂。	略

MOTC-IOT-98-IDB008

「動態交通資訊之技術開發與應用研究(三)
—影像偵測技術應用於既設閉路攝影機之功能測試評估」
期末審查會議

一、時間：98 年 11 月 30 日下午 2 時 30 分

二、地點：觀光局旅遊服務中心 2 樓會議室

三、主持人：曹 組長 瑞和　　記錄：羅慶同、李露

四、出席人員：

銘傳大學	楊 教授 健貴	楊健貴
中山大學	蔣 教授 依吾	蔣依吾
淡江大學	陶 教授 治中	陶治中
國道高速公路局	吳 副總工程司 木富	（請假）
臺北市政府交工處	許 副總工程司 明隆	許明隆
國道高速公路局		胡光中
公路總局		陳麗敦
臺北市政府交控中心		（請假）
桃園縣政府交通處		（請假）
臺中市政府交通處		（請假）
本所運資組		李露
交通大學研究團隊		羅慶同 陳明等

五、研究單位簡報（略）

六、發言紀錄（依發言順序紀錄意見要點）

高速公路局　胡 幫工程司 光中

1. 期末報告書內有部分文字誤植的地方，如 p3-19「桃園縣」應更正為「臺北縣」，請修正之。
2. 另表 3.3.1-3 有關 FPS（位元率）之描述，應將 750k/bps 與 256k/bps 對調。

公路總局 陳小姐麗敏

1. 在報告書 p1-5 提到有關「雙攝影機與事件偵測及執法系統整合的構想」，然而相關構想並未見於報告書內。
2. 本期共實測 24 支攝影機，根據報告書第四章的實測結果，以車流總量為例，準確率最高為 3 號攝影機的 88.9%，最低為 14 號攝影機的 30.9%，整體平均僅約 6 成左右，實測結果與一般我們認知的 VD 系統及前期的 9 成比較，似乎有準確率偏低的情形。
3. 在報告書 p4-37 提到有關車輛因號誌停等所造成的壅塞誤判，請研究團隊能再檢視門檻值的設定，將號誌停等的誤判情形於系統內排除。
4. 報告書內所偵測的車種包含大型車、小型車、機車及自行車等，未來使用單位是否可以自行調整系統參數來決定所要偵測的車種？系統最多可偵測多少車種？

銘傳大學　楊教授健貴

1. 因本期報告書所提供的數據及分析資料均較前期多，為提供讀者閱讀的便利性，建議於第 3 章至第 5 章的結尾處增加小結的綜合性說明；另外，期末簡報內容有部分清楚的分析歸納，也應一併納入報告書內。
2. 本期有關雙攝影機與執法系統整合的部分，雖然已經新增車牌偵測的試作功能，然而，未來如何將所偵測出的車牌與商用的車牌辨識系統整合，在報告書內應有相關的建議或說明。
3. 在 RFP 內提到研究團隊「須配合辦理計畫成果宣導及展示活動」，關於成果宣導及活動的相關資料應該於報告書內呈現，俾利符合 RFP 相關驗收規範。
4. 任何事件偵測的功能，都應該考量如何辨識違規車輛的問題，例如: 當有車輛產生掉落物時，系統如何能同時追蹤掉落物，又能同時掌握違規車輛?研究團隊針對雙攝影機與執法系統的整合上應有相關建

議，俾利相關單位參考運用。

中山大學 蔣教授依吾

1. 本期主要是以既有的攝影機作為測試的對象，如果純粹以定性的觀點，也就是以會影響準確率的因子來分析，研究團隊對於本期的實測數據與一般我們認知會影響準確率的因子是否有差異？
2. 本期所測試的準確率與前期自行架設的攝影機在準確率的表現上確實有明顯的差異，因此，建議研究團隊能以前期自行架設的攝影機條件為比較對象，針對團隊所開發的影像式偵測系統在哪些設置條件或規範上能達到較佳的準確率，提供未來建置相關系統的參考。
3. 雙攝影機之 PTZ 主要針對靜止的物件作追蹤及放大的功能，然而，關於事件發生的完整過程並無法提供詳細的紀錄，關於這一部分是否有其他補償措施？
4. 有關本期新增機踏車偵測模組的部分，報告書內未見相關模組的描述，請補充。

淡江大學 陶教授治中

1. 本期統計資料分析結果準確率較前期偏低，其可能原因係採平均值所致（24 具攝影機），然而，在變異數分析上建議採用群落（cluster）概念進行情境分類，例如：先針對相似的道路條件及車流環境進行分群，再進行數據分析，準確率的呈現應該不致於偏低；另外，能將前期的測試成果與本期成果並呈表列，使成果的呈現更加完整。
2. 在實際的道路環境，事件的發生並非單一事件，而是多事件的情境，因此，研究團隊在系統的開發上，並將多目標事件追蹤作為未來系統規劃的參考，並在多目標追蹤的功能上提供適切建議，俾利相關單位參考運用。

臺北市交通管制工程處 許副總工程師明隆

1. 光源是影響準確率的主要因子，針對系統如何克服光源帶來的影響，請研究團隊於報告書內補充相關的解決方案。
2. 機踏車在一般道路是主要的車流，然而，由於機踏車物件較小，導致誤判機率增加，國內外的產品在偵測的難度上也相對較高，請研究團隊能對於機踏車的偵測功能再精進，俾利提供準確率較高的機踏車流量監控。
3. 在報告書 p4-6 提到大型車的準確率較高為 7 號機，然而根據表 4.2.1-2 的數據，準確率較高的應該為 8 號或 12 號機，請針對相關內容再作確認；另外，人工計數的數量一般會大於 VD 系統偵測的數量，然而，

有部分表列的數據並非如此，請團隊一併說明。

4. 在雙攝影機系統試作上，由於雲台轉動速度的上限及雙攝影機在座標轉換上的誤差，導致雙攝影機對於動態目標的追蹤功能開發有所限制，請團隊能就相關問題的解決方案於報告書內呈現；另外，針對試作各事件時，系統偵測的誤判率也能一併說明。

5. 在報告書內提到影響準確率的權重由大至小分別是幅率、照明、傳輸方式等，請對這樣的推論理由及依據能有較詳細的說明。

運資組 李研究員 霞

1. 請研究團隊在結論與建議的部分，能從實務單位的角度思考，提供符合相關單位未來規劃 VD 或雙攝影機系統的參考，例如：若某一地點經測試有符合較高準確率的 CCTV，則可以整合既有的攝影機，減低自行架設攝影機所增加的成本。

2. 本所規劃於今年底或明年初能結合近幾年的研發成果，以實務單位為對象，辦理成果及系統展示的說明會，使實務單位能更清楚獲得規劃相關系統的資訊。

運資組（書面意見）

1. 1.4 節及 3.2 節提及前期計畫之演算邏輯與方式無法完全勝任本期實測環境，故於本案中會就相關之演算法與邏輯推導進行調整改善，但後續章節中並未就此內容進行說明，請補充。

2. 1.5 研究內容第 6 點未呈現於報告中，請補充。

3. 請補充本研究選取測試攝影機之原則，並請說明臺北市沒有選擇以 ADSL 傳輸 CCTV 之原因；另桃園縣警察局除十字路口之影像外，尚有架設於路段中之路況 CCTV（如大溪路段），請說明未納入分析之原因。

4. 請綜合分析本期所測試 3 縣市之 CCTV 系統架構對於偵測系統之影響。

5. 本案與既有 CCTV 整合測試之架構如圖 3.3.1-1，然以該方式得到之影像品質受傳輸及壓縮方式影響，致使部分 CCTV 之偵測效果不佳，建議於結論中評估系統直接建置於前端之影響。

6. 表 3.1-1 及表 3.1-2 及多攝影機同時運作等，部分功能之可行性未呈現於報告中，請補充。

7. 表 3.1-4 所列事件，除定義及條件說明外，另請說明系統實際作法，如本期系統對於壅塞之作法為偵測面積中車輛佔有 pix 之比例來估算，而異常車速為相較於其它車輛行駛速率異常，這部分內容並未呈

現於報告中。

8. 本報告對於實測資料之分析係以單一攝影機作為一個樣本，並以平均準確率代表其特性，然單一攝影機在不同時段之準確率可能會因尖離峰及夜間等時段而有不同的準確率(μ)，分析時應先就各攝影機進行不同時段準確率之趨勢分析，將不同時段資料依特性(μ)分隔為獨立樣本進行分析較為適當，應避免將單一攝影機以綜合性之數據來分析，則無法觀察其間之差異。。

9. 有關第四章之實測評估分析，除統計上有無關聯之結果外，尚應分析造成該結果之原因及未來實務上建置之建議。

10. 表 4.5-1 顯示實際發生事件次數為 7，該事件為所有測試點之總和？或僅為部分路段及部分時段之資料？該數據與真實路況之認知有很大差異。

11. 4.6 節之內容，除誤判影像之原因分析外，另請於該節末提出後續改善或架設上之建議，對於部分難以處理者亦須加以說明。

12. 有關雙攝影機偵測系統之試作，除車牌偵測外，請進一步結合市售成熟之車牌辨識技術進行示範，以說明該系統未來在實務之應用上達到車牌辨識為可行的。

13. 本年度敦化北路新增腳踏車道後，第 2 車道汽機車交織嚴重，致本年度在第 2 車道之偵測較前一年度為差，請說明系統對該情形之處理能力及後續改善建議。

14. 前期系統對於「壅塞」之呈現有不同等級之區別，然本期系統對於壅塞僅有亮燈與否，較無法觀察「壅塞」之變化，建議調整。有關系統介面的部分仍須繼續美化，部分功能（如統計分析）前期系統已完成者，本期系統亦應加以保留或與前期介加以整合。

15. p6-2 準確率各因子分析部分，因測試所選擇之攝影機其測試時間、測試因子數量及變異不完全相同，因此僅可得到相關因子對於準確率影響之趨勢，不宜直接以 p-value 作為影響準確率權重大小之絕對指標。

16. 影像式車輛偵測系列研究中，於不同年期進行了不同等級之測試，包含最高等級之雙攝機系統、自行架設 CCTV、與既有 CCTV 整合等，所得到之準確率與成本為反比關係，然在有限預算經費下，實務單位應視該地點需求逐一選擇最適系統，而非一昧追求最高等級偵測系統，上述概念應納入本研究結論中，並明確說明不同等級系統之功能定位及架設方式等，目前的描述仍太過簡略，尚無法提供實務單位進行影像辨識系統結合既有 CCTV 之後續建置參考。如交通參數偵測不理想時，是否即意謂系統不適用，或有其它輔助的改善措施？宜補充說明。

17.本所系列研究出版品並未納入參考文獻中，請補充。

18.期末報告中，仍有部分期中審查意見未納入及補充，請於定稿報告中確實完成修改，以作為驗收之依據。另報告書中有文意不順、錯、漏字，建議修正細節請逕洽承辦組，並加以修訂之。

七、主席結論：

1. 請研究團隊將影像式車輛偵測之例年成果加以彙整，綜合提出實務單位在建置上之建議。

2. 本案期末報告內容審查原則通過，請研究團隊針對與會學者專家及各單位代表所提之口頭或書面意見參酌修正，並列表說明辦理情形，經本所承辦單位審查通過後納入定稿報告內。

3. 請研究團隊於 12/15 前提送期末報告修訂稿。

4. 本所將於明年上半年邀集實務單位進行成果分享，屆時請研究團隊協助配合。

八、散會（16:30）

附錄 C

(1) CCD 攝影機

系統採用國內自行生產編號 KMS-63W3N 之 CCD 攝影機，如圖 C.1，此一系列是目前國內所生產的最高級攝影機，採用雙倍曝光技術和 16M 記憶體，攝影機首先使用 1/100 秒的快門速度取得一張影像，為了取得黑暗區域的清晰影像，將其儲存在記憶體 1 位置，然後在採用 1/4000 秒的高快門速度取得影像圖片並儲存在記憶體 2 位置，兩幅圖片在經過 DSP 的處理後取得一幅完美的影像，運用超寬動態範圍每秒重複 25/30 次來取得 NTSC/PAL 制式的運動圖像。

而傳統 CCD 和 CMOS 攝影機只有 3:1 的動態範圍，遠遠低於人眼的 1000:1（人眼能同時看清門外 100,000 Lux 和門內 100 Lux 的影像，這種情況常會發生於在室內藉由一扇窗戶向外觀看明亮的風景時發生），前期系統中所選用 KMS-63W3N 攝影機具有 280:1 的超寬動態範圍，154dB 漏光排斥比，優於傳統攝影機 90 倍（其他日本/臺灣/韓國製造商的傳統攝影機一般只具有 3:1 的動態範圍和 95~110dB 的漏光排斥比），CCD 規格及優點請參閱表 C.1 及 C.2。

表 C.1　KMS-63W3N-CCD 攝影機

型　　號		KMS-63W3N	
電　視　系　統		NTSC	PAL
影　像　感　測　器		1/3 英寸 CCD 影像感測器	
C C D　總 像 素		768(水平) X 494(垂直)	795(水平) X 596(垂直)
掃　描　系　統		525 掃描線，60 圖場 每/秒	625 掃描線，50 圖場 每/秒
同　步　系　統		內同步/Line-Lock	
最低照度	傳統模式	0.05 Lux (F1.2 5600°K 30IRE)	
	星光模式	0.001 Lux (F1.2 5600°K 10IRE)	
水平清晰度		600 線/580 線(數位信號強化處理)	
白 平 衡	模　式	ATW/AWC 可切換(無色滾動)	
	範　圍	3200~10000°K	
增益控制	模　式	自動增益控制 ON/OFF 可切換	
	範　圍	0~18dB	
信　噪　比		52dB(最小)/70dB(最大)(自動增益控制關閉)	
電　子　快　門		1/60~1/120,000 秒連續	1/50~1/120,000 秒連續
自　動　光　圈		自動電子快門/直流驅動	
超 寬 動 態 範 圍		52dB(280:1)	
視　訊　輸　出		複合式影像信號輸出，1.0V P-P at 75ohm	
伽　瑪　修　正		0.45	
工 作 環 境 溫 度		-20°C 到 50°C	
工 作 環 境 濕 度		85%RH 以下	
電　源		DC12V ± 1V/120Ma	
警　報　輸　出		位移偵測	

*產品規格如有變動，以產品實際規格為准.
*ATW:自動追蹤白平衡
*AWC:手動鎖定白平衡
*尺寸(單位:mm)

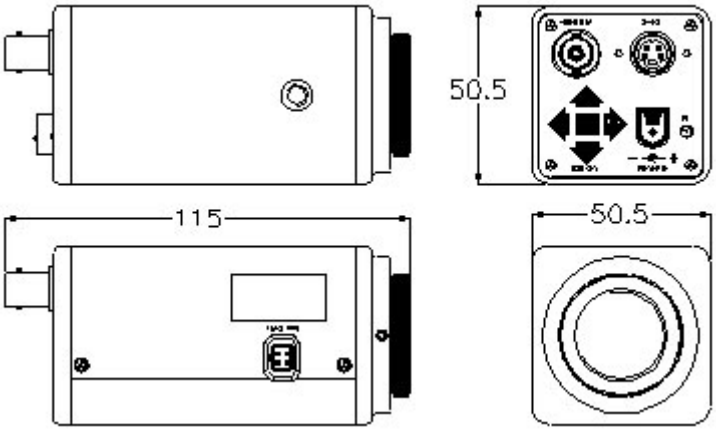




圖 C.1 KMS-63W3N-CCD 攝影機

表 C.2　KMS-63W3N-CCD 攝影機優點

KMS-63W3N-CCD 優點	
超寬動態範圍	280:l 動態範圍（優於傳統攝影機 90 倍）
超高漏光排斥比	154db 漏光排斥比（優於傳統攝影機 50~100 倍）
數位放大	調整從 1 倍到 2 倍的 32 級放大範圍，或者 2 倍到 256 倍的特殊要求。
4 區域遮罩	通過遮蔽螢幕的部分區域保護他人的隱私。
4 8 區背光補償	48 小區域, 320X240 智慧微型區域。
數位自動增益控制	沒有雜訊提高 12dB 的感光度。
螢幕功能表顯示	互動功能表控制多數功能。
電源	直流 12V ± 10V/120mA 超低功耗。

(2)鏡頭

系統採用 8mm 固定焦距鏡頭，相關規格資訊及外觀如表 C.3、圖 C.2 所示。

表 C.3　8mm 鏡頭規格

型號		CCTV LENS 06
影像格式		1/3 inch
焦距		8mm
最大孔徑		F1.2
孔徑範圍		F1.2-C
最小物件距離		0.1m(W) 1.0m(W)
視角	對角	W54.39° T5.89°
	水平	W43.62° T4.73°
	垂直	W32.73° T3.55°
尺吋規格		D34.0×L74.0
重量		90g
工作溫度範圍		-10°C~45°C
工作溼度範圍		30%~70%
底座		CS



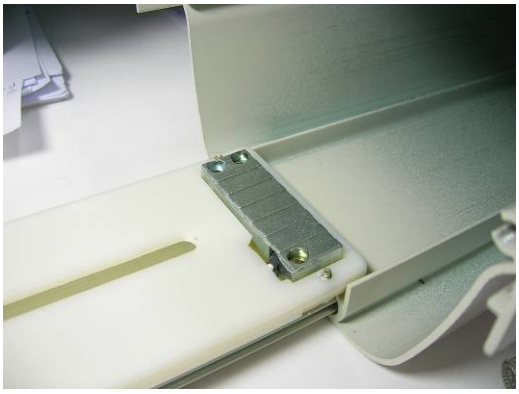
圖 C.2 8mm 鏡頭外觀

(3) CCD 攝影機防護裝置

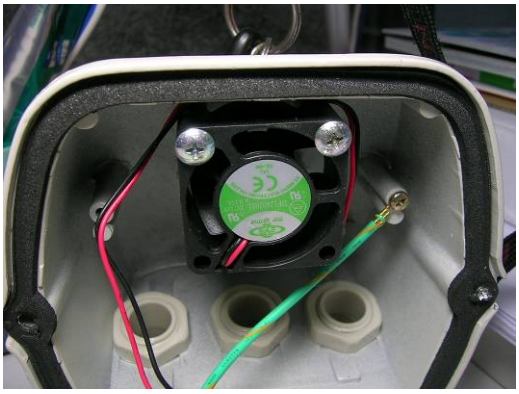
系統為使 CCD 攝影機可於各種天候下操作及維護，在 CCD 攝影機外配備 GL-607 室外用防護罩，如圖 C.3，此型防護外罩計由外罩、風扇、加熱器、雨刷組成，其規格如表 C.4。



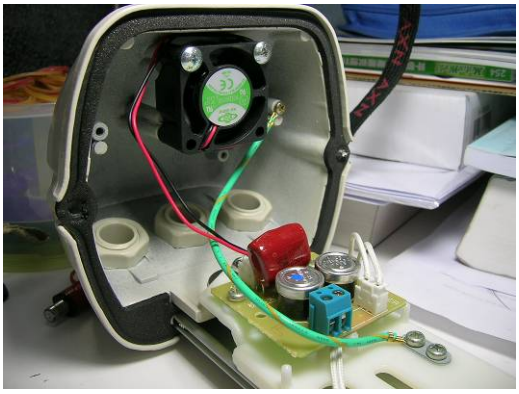
(a) 防護外罩



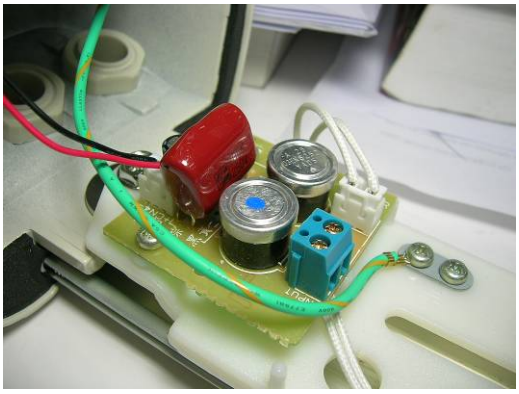
(b) 加熱器



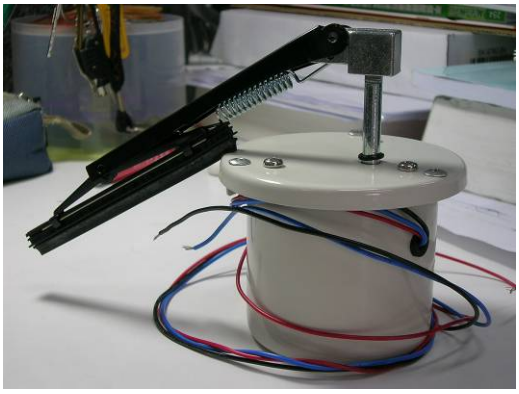
(c) 風扇



(d) 電源控單元



(e) 電源控單元



(f) 雨刷組

圖 C.3 GL-607 室外用防護罩

表 C.4 GL-607 室外用防護罩規格

GL-607 室外用防護罩	
材質/顏色	鋁合金 米白色
外觀尺寸	147（寬）X140（高）X470（長）mm
適用攝影機尺寸	105（寬）X100（高）X320（長）mm
取得認證	IP66, CE
恆溫控制	H 加熱器 B 風扇 ON : 15℃ ON : 35℃ OFF : 25℃ OFF : 25℃
附加配件	雨刷組（選配）
輸入電壓	12VDC / 24VAC / 110VAC / 220VAC
淨毛重材積	20.8kg,23.6kg,3.7 材

(4) 電腦

為適應現地狹小空間及攜行方便之考量，系統採用微星 MS6404 準系統電腦如圖 C.4，作為現地演算進行及資料儲存之平臺，經過長時間的實驗與連續運轉測試，系統平臺並無不穩或是當機現象，規格如下:

- 型號名稱 : MS-6404
- 中央處理器: Intel Pentium 940 3.2GH
- 硬碟: Seagate 200G/8MB/7200RPM/S-ATA
- 記憶體 : TwinMOS 512MB PC2-4200*2
- 電源供應器 : 260W(PFC)
- 尺寸: 210（寬）x330（長）x 175（高）mm
- Microsoft Windows XP Professional Version 2002 Service Pack 2



(a)準系統外觀



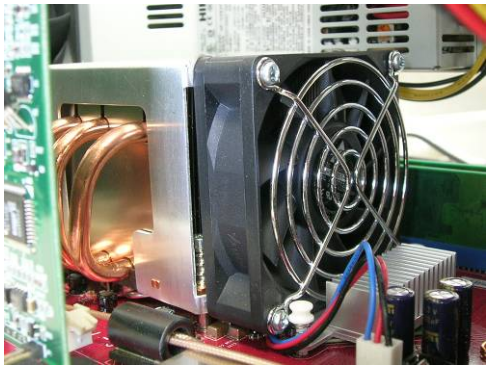
(b)準系統外觀



(c)準系統內部



(d)準系統中央處理器



(e)扇熱風扇



(f)外接影像擷取卡

圖 C.4 微星 MS6404 準系統電腦

(5) 影像擷取卡

系統採用淩華科技生產高速影像擷取卡(ADLink - RTV24)，如圖 C.5 所示，規格如下：

- 四埠平行運算彩色影像數位取樣器
- 支援彩色(PAL / NTSC), 單色 (CCIR / EIA) 攝影機

- 最多支援 16 埠影像輸入
- 基版式 TTL 輸入/輸出 線路
- 內建看門狗計數器
- 提供安全考量為設計之保護電路

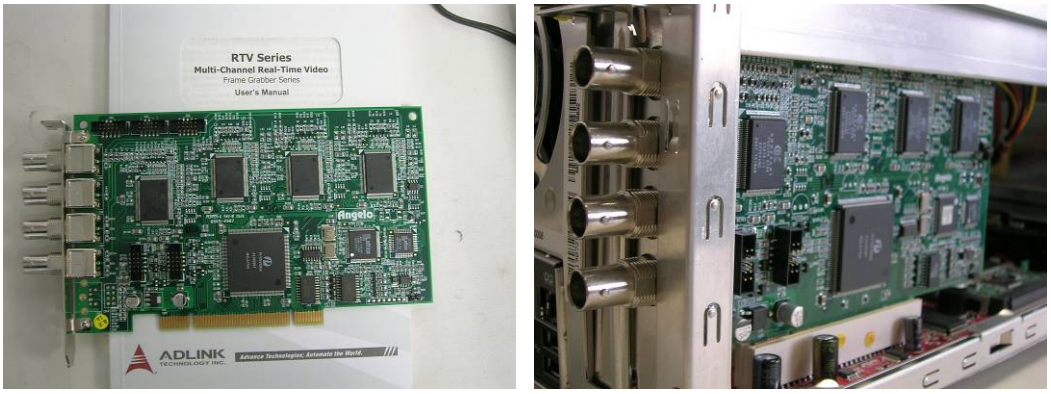


圖 C.5 系統硬體單元組成架構

(6) 攝影機支架

系統分別於新竹市東西向快速公路臺 68 線南寮-竹東段武陵交流道口、新竹市中華路及臺北市敦化北路交通運研所前設置門型鋼架、T 型及 L 型鋼架，其基礎混凝土強度為 210kg/cm2，以 ASTM 材質為主，如圖 C.6。



(a) 新竹市東西向快速公路台 68 線南寮-竹東段武陵交流道口



(b) 新竹市中華路

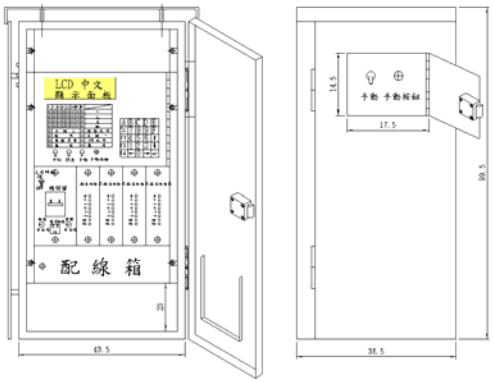


(c) 臺北市敦化北路交通運研所前

圖 C.6 攝影機架設支架

(7) 控制箱

位於新竹市東西向快速公路臺 68 線南寮-竹東段武陵交流道口及新竹市中華路口之系統採用 43.5x38.5 訊號控制箱，其規格如圖 C.7，另位臺北市敦化北路交通運研所之系統則設置於研究所 6 樓實驗室。



(a) 訊號控制箱規格



(b) 訊號控制箱外觀



(c) 訊號控制箱外觀內部

圖 C.7 43.5x38.5 訊號控制箱

附錄 D

D.1 彩色影像背景擷取演算流程

即時彩色背景擷取採用影像處理技術動態地擷取有著移動物體出現的連續影像，在無須人為操作以及無須給予架設環境資訊的條件下，此技術可以正確且即時的將背景擷取出來，且為了克服光線、天候、電荷偶合元件(Charge Coupled Device：CCD) 的電子快門 (Automatic Electric Shutter：AES) 和背光補償 (Back Light Compensation：BLC) 變化的影響，將擷取出的背景不斷地更新，讓背景擷取技術更能適應外在環境的變化，也讓整個背景擷取系統更為強健。

(1)初始背景擷取：

即時彩色背景擷取技術，係獲取連續輸入影像的初始彩色背景影像，當獲得彩色背景影像後，會利用即時移動物體偵測所獲得的移動物體資訊來動態更新背景，最後還會利用即時多車輛追蹤所獲得的車輛追蹤軌跡來補償背景。

畫面中每個圖素出現機率最大的類別其機率值會有不同，因此，整個背景收斂需要訂定一個動態臨界值 TH2 來因應各種可能的狀況。

(2)動態背景更新及補償：

動態背景更新是利用移動物體的資訊來判斷須針對那些區域做背景更新的動作，動態彩色背景補償是利用車輛追蹤後的軌跡，判斷是否有將停止的車輛收斂為背景的情況出現，其判斷的方式是：

a. 移動物體的中心是否有一段時間沒有變化很多。

b. 移動物體追蹤軌跡的起始點是否沒有在影響的邊界。

c. 移動物體的輪廓區是否沒有邊界特性。

如果一個移動物體的追蹤資訊滿足上述的 3 個條件，則此移動物體就被認定為當初停止在此區域車輛所造成的，而此區域將在下次背

景更新的時候修正回正確的背景值。

(3)整張背景補償修正：

由圖 D.1 可見，除了原本進行的車輛偵測外，我們加上了燈光切換偵測，若沒有燈光變化，則進行原來的背景更新。當發現有燈光切換時，若該像素並非為車輛所在區域，則系統將該像素以切換燈光後的像素值直接更新掉。若該像素區域有車，則有無車資訊由前一時刻車輛偵測與追蹤得知，使用色彩平均值偏移的方式預測該像素位置在燈光切換後應該具有的顏色，然後再進行快速更新。

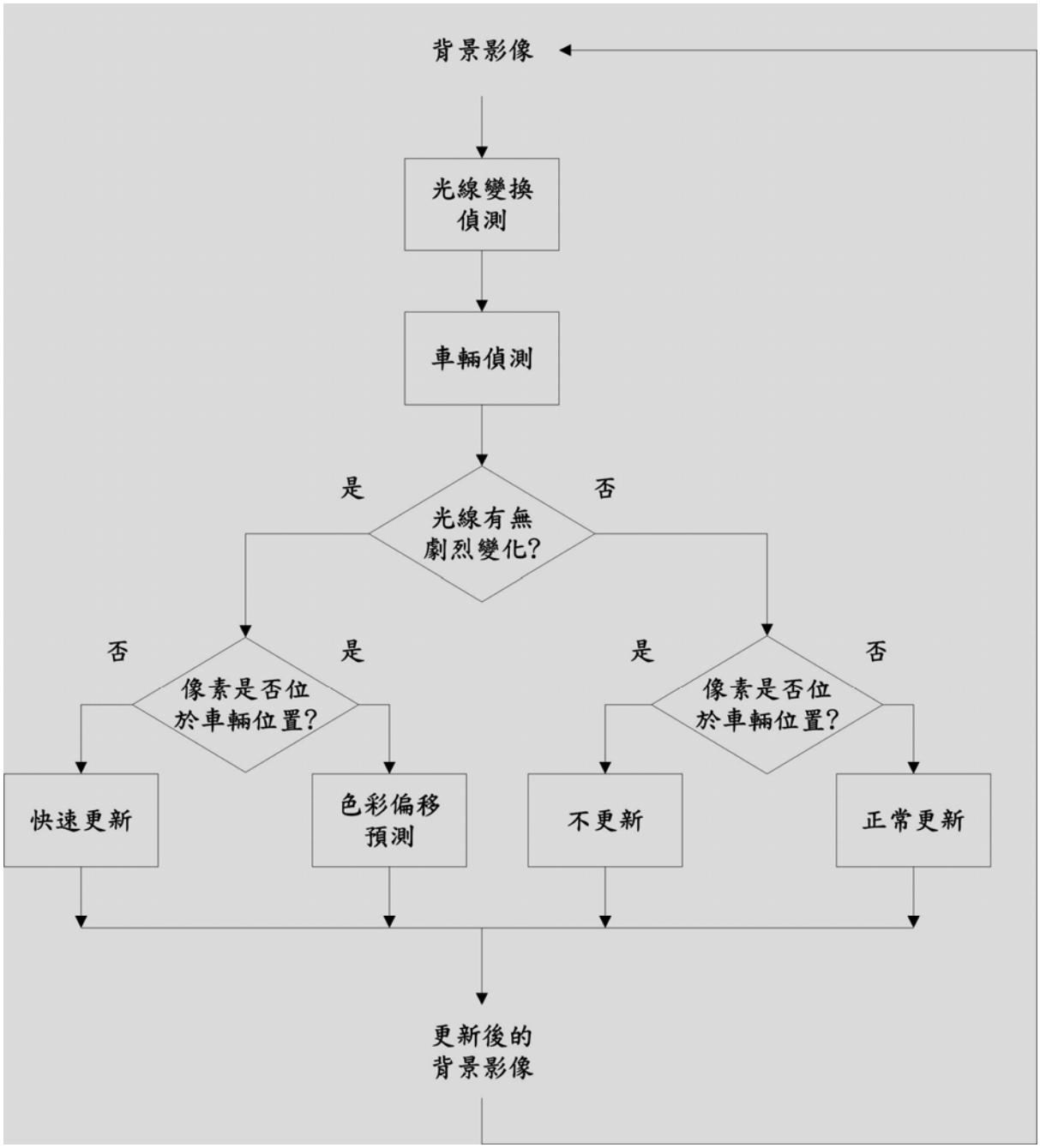

背景影像
光線變換
偵測
車輛偵測
是
光線有無
劇烈變化?
否
否
像素是否位
於車輛位置?
是
是
像素是否位
於車輛位置?
否
快速更新
色彩偏移
預測
不更新
正常更新
更新後的
背景影像

圖 D.1 背景更新流程圖

(4)車道線偵測：

為節省運算時間，本系統使用電腦視覺的方法來判斷線段是否為車道線，車道線偵測的流程如圖 D.2 所示。

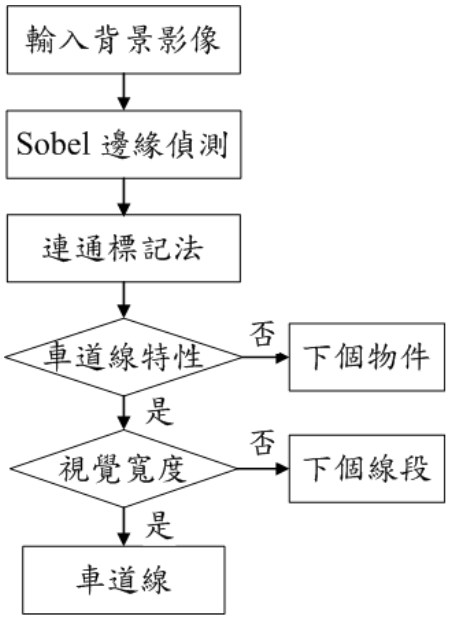


圖 D.2 車道線偵測流程

D.2 物件切割與辨識演算流程：

(1)移動物體偵測：

即時移動物體偵測的技術，是利用即時彩色背景擷取所獲得的背景，與目前影像相減後的差值來判斷，如果差值大，則表示此為移動物體，反之，則表示為背景，也就是我們只需要一個臨界值，便能將移動物體偵測出來，並利用被 AES 或 BLC 影響後的差值，在統計上有最大值的特性，將臨界值動態給定，如此克服錯誤偵測的情形。

(2)車道線資訊應用：

伴隨日出日落，車輛的陰影也是有長有短，當車輛的陰影變長，此時若兩輛小型車有交叉或平行行進，車輛受到陰影的影響將兩輛車輛原本沒有相連的車輛連結成大型物件，將造成系統運用視覺長度及寬度做為分類車輛條件時，發生無法分類或錯誤分類移動物體。

一般行駛於道路之車輛，大部份的車輛皆行進在車道中，然而有

移動物體突然跨越車道線上，令人聯想到是否有車輛在進行車道變換、或車輛的陰影在移動物件割切中無法將陰影去除，使得車輛外型變得也會跨越在車道線或者兩輛車輛有水平交叉的車輛交疊，因此本系統利用車道線資訊將有跨越車道線之物件作為是否要分割物件之判斷，分割判斷進行流程如圖 D.3 所示。

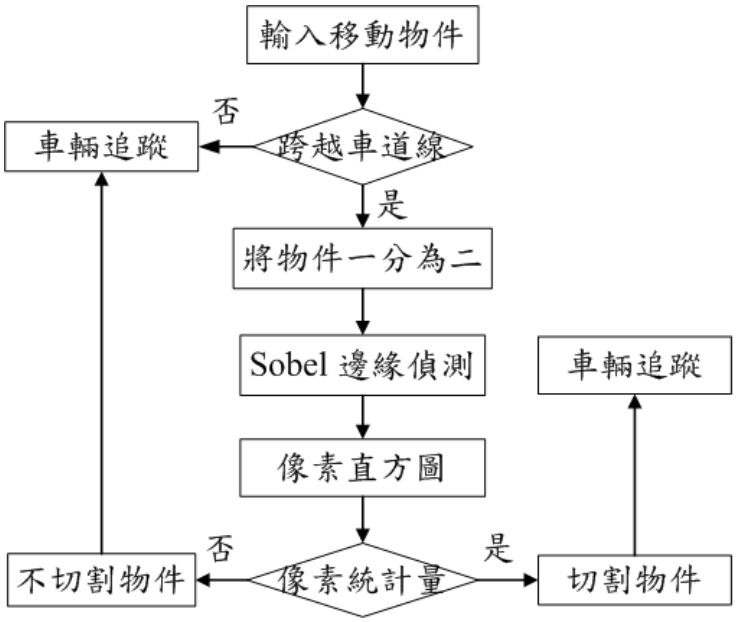


圖 D.3 物件是否切割流程圖

(3)陰影去除：

陰影消除是利用目前影像的亮度、梯度(Sobel)和彩度來判斷哪些區域是陰影，而判斷的方式是：

a. 若亮度太低，則判斷為陰影。

b. 若梯度太低，則判斷為陰影。

c. 若彩度太低，則判斷為陰影。

經過這 3 個處理之後，會獲得一個陰影的遮罩，再接著用此遮罩消除移動物體中的陰影。此陰影消除的方塊圖如圖 D.4 所示。

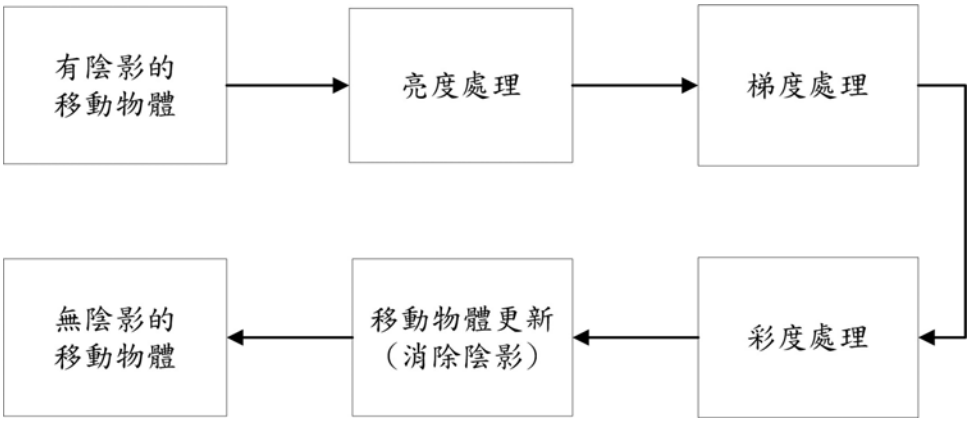


圖 D.4 陰影消除的方塊圖

(4)連通物件方法：

連通物件是將現有的物件做標記，把相鄰的點標記成同一標記，代表是同一個物件，以便後續做其他處理，流程圖如 D.5，做完連通物件後，同時去計算一些連通物件資訊，包括物件的長、寬、總像素數、重心位置、它在影像中的最左和最右的 X 座標以及最上和最下的 Y 座標，有了連通物件資訊後，就可以將連通物件內部沒有被切割出來的部分補滿。

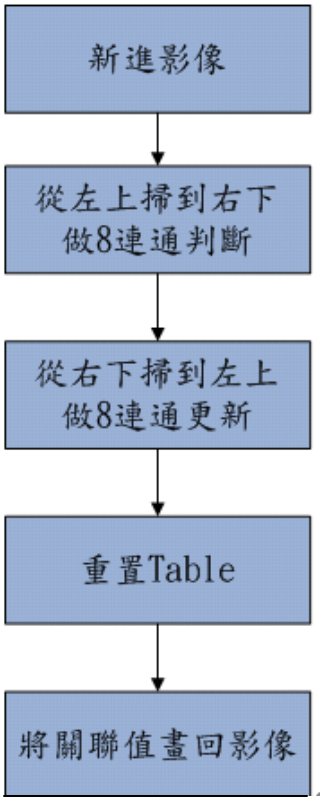


圖 D.5 連通法流程圖

(5)車輛辨識：

首先我們從得到的車輛影像中，利用推導出的視覺公式，針對各車輛的外形量測所對應的大小，得到車輛的視覺長度及視覺寬度，本研究所定義之視覺長度及視覺寬度大小是指由觀測點水平向下俯視所看到的車輛寬度與長度，也就是車輛視覺投影到地面的寬度與長度，車型判斷使用視覺長度及寬度的外型為基準，將該資訊加為追蹤訊息，當車輛追蹤達到一定統計量時，即可判別為何種車型。

(6)視覺長度修正：

本部分主要是要討論攝影機參數的校正，所校正的參數包括俯仰角(Tilt angle)、翻轉角(Pan angle)與攝影機的高度，校正之流程如圖 D.6 所示。在背景擷取程序中，影像中的車道線位置已被偵測到，緊接著，我們才可進行攝影機參數的校正。

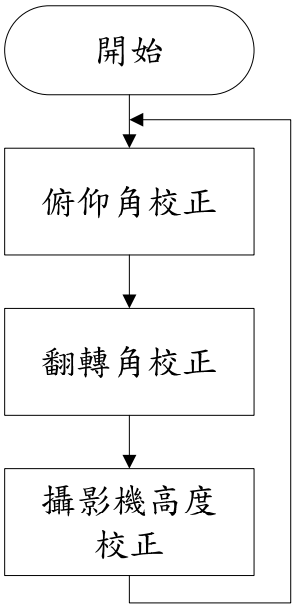


圖 D.6 校正流程圖

D.3 車輛追蹤演算流程：

(1)追蹤參考點：

在移動物體被框選為需要辨識車輛時，進入到車輛追蹤，而車輛追蹤所執行的第一步為追蹤參考點選定，選定參考點的方法是將框選的移動物體以方框的最左下角為參考點，若搭配車道資訊，將在影像

屬於左側車道的追蹤參考點改為方框的最右下角。

(2)移動物體對應法：

在連續影像中，當車輛剛進入到影像中，且尚未到達追蹤條件，則系統認定車輛未有追蹤資訊，當車輛移動到符合追蹤條件，則判別是否為第一次到達追蹤條件。若為第一次進入追蹤演算法，首先建立該車輛的外型資訊、參考點所在位置、以及將其標示為出現過之移動物體。若非第一次出現，移動物體對應方法的流程如圖 D.7 所示。

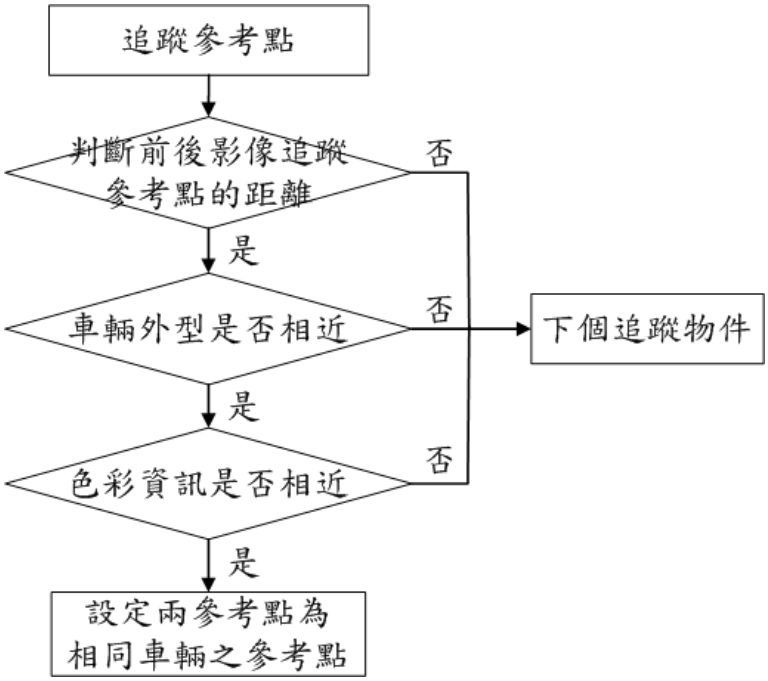


圖 D.7 移動物體對應法流程

(3)強化追蹤：

在移動物體偵測中，並無法在每一種情況下都完美的切割出移動物體，時而會造成移動物體的破碎、非移動物體的小物件與移動物體未被切割出現，為解決上述移動物體偵測的問題，而造成車輛偵測統計的錯誤，在追蹤演算中加入移動距離及運動位移估測的判斷。

a. 移動距離：對於移動物體偵測所多切割出的雜訊，會干擾車輛偵測結果，但雜訊本身不太會移動，只在一定範圍內重覆出現，依據車輛移動的特性，再由追蹤演算法判斷是否為移動車輛，當移

動距離小於一段距離，則不列入統計資訊。

b. 運動位移估測：車輛在被偵測階段，由於並非每次都可以被準確偵測，導致有些會發生瞬間遺漏偵測車輛的現象，而在加入追蹤路徑的機制後，可以減低遺漏偵測對準確率的影響。假設車輛的行徑路線是沿著直線進行的，則當得到(t-1)時刻的位置、與 t 時刻的位置，可利用向量的觀念，預測出下一時刻車輛可能的標記位置。如圖 D.8 所示，藍色箭頭是偵測到的移動向量標記，綠色箭頭是預測標記，紅色箭頭則代表實際偵測到的移動標記。當預測標記與實際標記存在差異時，必須要適度的調整其重心位置，重心修正法則為將預測標記與實際標記取其平均位置，降低預測錯誤的可能及形體偵測所造成的誤差。

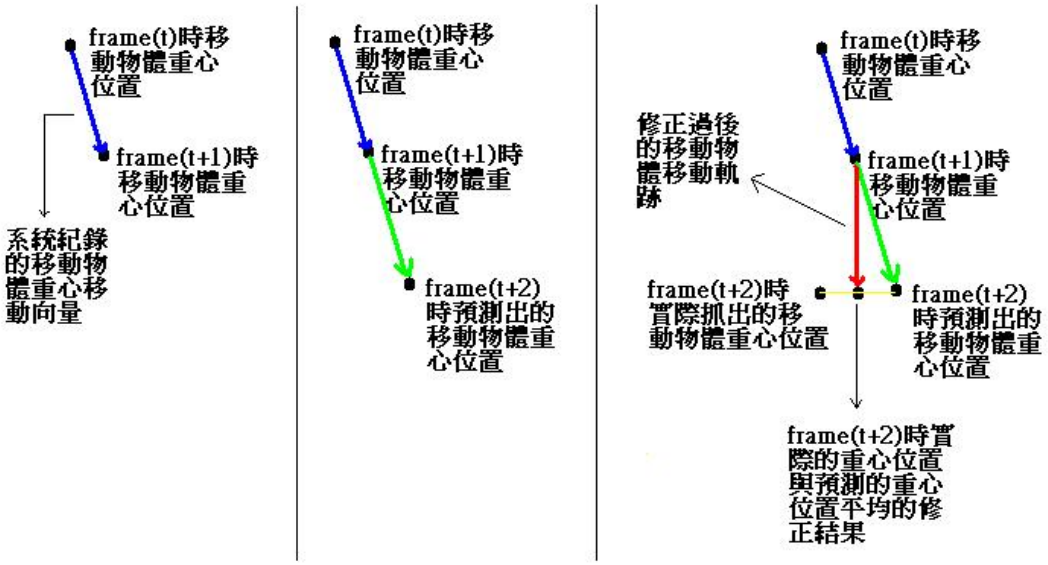


圖 D.8 追蹤車輛向量標記方式

附錄 E

E.1 視覺長度計算

車輛的種類可藉由車輛的外型尺寸來做判斷，因此，本系統以移動物件在影像中的視覺長度與寬度做為物件追蹤及辨識的重要條件，影像中的移動車輛從原本的三維影像空間投影到實際的二維影像平面上時，在影像上量測的長度單位將以像素取代原本三維空間中公制長度量測單位，隨著車輛位置在二維影像中不斷的變化，以像素為單位所度量出的相關長度資訊也會隨之不同，因此我們利用光學幾何的原理，推算二維影像中車輛所代表的實際長度，雖然系統所推估的實際長度會受到系統所架設的攝影機及車身高度的影響，但經與實際行駛於道路車輛所量測的車體長度比較，其結果仍然十分相近，而且當所架設的攝影機越高時，所量測之車體長度誤差也將越小。最重要的是相同車輛在不同位置所計算的視覺長度均可維持相近數字，不同車輛所求出的視覺長度亦有明顯差異。圖 E.1，為二維影像中移動車輛與所對應三維空間中實際車輛在長度上的光學幾何關係示意圖。

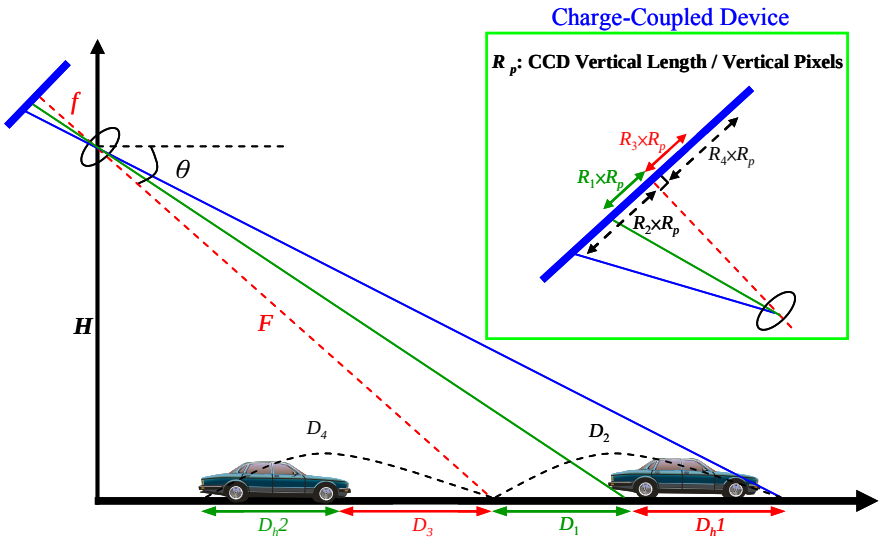


圖 E.1 移動車輛與實際車輛在長度上的光學幾何關係示意圖

當系統在架設的同時，我們根據攝影機所在位置的架設高度 H 及攝影機與水平線的夾角 θ，經由三角幾何原理換算，可以求得攝影機鏡頭沿著與鏡面中心點垂直軸線至地面的實際距離 F，在圖 E.1 中，以紅色虛線表示。

利用相似三角形的原理，求算出影像中移動車輛之實際長度，公式 E.1~公式 E.4 為詳細推導之公式流程。

$$\frac{R_1 R_p}{f} = \frac{D_1 \sin\theta}{F + D_1 \cos\theta} \quad ; \quad \frac{R_2 R_p}{f} = \frac{D_2 \sin\theta}{F + D_2 \cos\theta} \tag{E.1}$$

$$D_1 = \frac{R_1 R_p F}{f \sin\theta - R_1 R_p \cos\theta} = \frac{H}{\sin\theta}\left(\frac{R_1 R_p}{f \sin\theta - R_1 R_p \cos\theta}\right) \tag{E.2}$$

$$D_2 = \frac{R_2 R_p F}{f \sin\theta - R_2 R_p \cos\theta} = \frac{H}{\sin\theta}\left(\frac{R_2 R_p}{f \sin\theta - R_2 R_p \cos\theta}\right) \tag{E.3}$$

$$\begin{aligned} Dh1 &= D_2 - D_1 \\ &= \frac{R_p H}{\sin\theta}\left[\frac{R_2}{f \sin\theta - R_2 R_p \cos\theta} - \frac{R_1}{f \sin\theta - R_1 R_p \cos\theta}\right] \end{aligned} \tag{E.4}$$

依同理，位於焦距下方之移動車輛長度可以公式 E.5 表示。

$$\begin{aligned} Dh2 &= D_4 - D_3 \\ &= \frac{R_p H}{\sin\theta}\left[\frac{R_4}{f \sin\theta + R_4 R_p \cos\theta} - \frac{R_3}{f \sin\theta + R_3 R_p \cos\theta}\right] \end{aligned} \tag{E.5}$$

當獲得移動車輛的長度後，以相同的概念推導移動車輛的寬度，如圖 E.2 中所示。公式 E.6 及公式 E.7 為移動車輛寬度之定義。其中 Rw 為影像中車輛寬度之像素值。Dw1 與 Dw2 分別為焦距上、下方之實際車輛寬度。

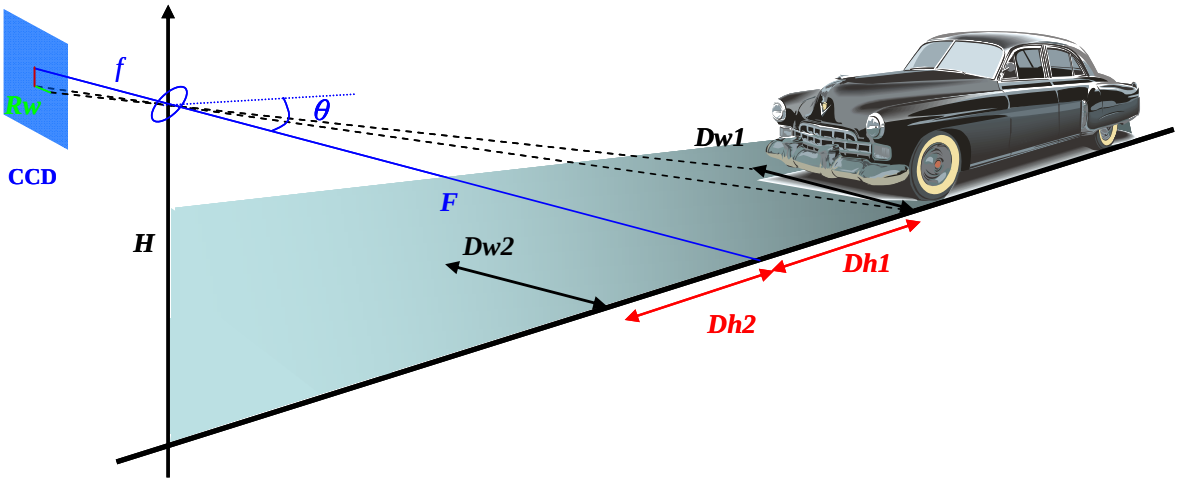


圖 E.2 移動車輛寬度與地面的光學幾何關係

$$\frac{Dw1}{Rw}=\frac{F+Dh1\cos\theta}{f}\Rightarrow Dw1=\frac{R_w\left(\frac{H}{\sin\theta}+D_1\cos\theta\right)}{f} \tag{E.6}$$

$$\frac{Dw2}{Rw}=\frac{F-Dh2\cos\theta}{f}\Rightarrow\ Dw2=\frac{R_w\left(\frac{H}{\sin\theta}-D_3\cos\theta\right)}{f} \tag{E.7}$$

本系統所提的系統目前僅針對臺灣地區之交通影像進行研究，因此我們統計目前臺灣地區 39 款普遍被使用之汽、機車型的實際長度及寬度後，計算出各種車型的平均車輛長度及寬度，如表 E.1 所示。雖然，系統所計算之視覺長度會因為車輛高度而有些微的誤差存在，但透過偵測區域的限制，車輛視覺長度與寬度仍是辨識不同車型的有利參數之一。

表 E.1 各種汽、機車型平均車輛長度及寬度

視覺長度 / 車型	平均車長(公尺)	平均車寬(公尺)
Motorcycle 機車	3.4521	1.2539
Sedan 轎車	5.1284	1.5542
SUV 休旅車	6.2793	1.7164
Van 廂型車	6.8390	1.9483
Mini truck 小卡車	6.8193	2.4164
Truck, Bus 大型車	16.4936	3.5013

E.2 車輛辨識

因為車輛的外型尺寸會隨著車種不同而有所改變，車輛的長度與寬度就成為辨識車種最主要的依據。根據前述臺灣地區 39 款普遍被使用之汽、機車型的實際長度及寬度的統計資料顯示與系統長時測試的結果，當移動物件的視覺長度介於 15~17 公尺，寬度介於 3.0~4.0 公尺時，該物件系統辨識為大型車輛，例如巴士與卡車。當移動物件的視覺長度介於 4.5~7.5 公尺，寬度介於 1.4~3.0 公尺時，該物件系統辨識為小型車輛，例如廂型車、休旅車、轎車。當移動物件的視覺長度介於 3.0~4.5 公尺，寬度介於 1.0~1.4 公尺時，該物件系統辨識為機踏車。

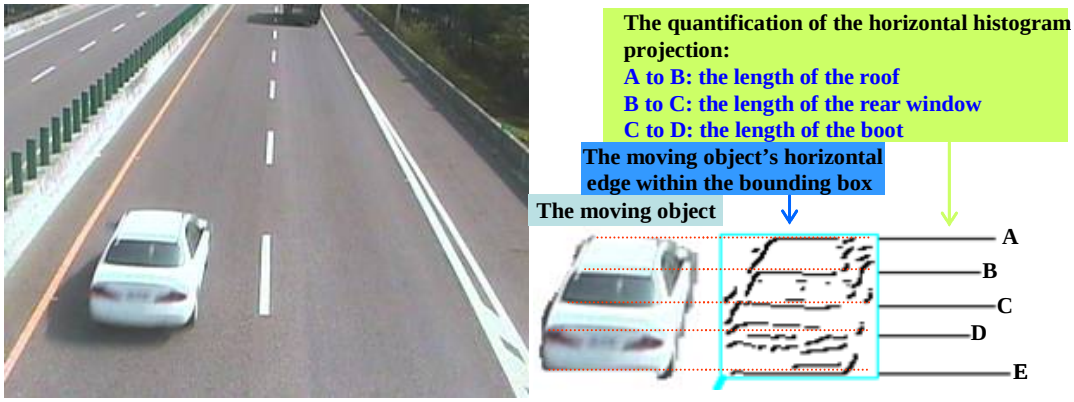
系統所使用的交通監控影像，為攝影機架設於路面上方，由上往下對交通道路進行拍攝，攝影機的拍攝方向與下方車流方向平行。因此，連續影像中移動物件的水平特徵將可做為計算車輛各部位視覺長度的重要參數。在連續影像輸入系統完成移動物件偵測後，原始影像中所切割出來物件皆由邊界區塊標記，其中 X 與 Y 分別定義為物件邊界區塊的長、寬座標位置。首先，我們採用 Canny 邊緣偵測法[38]找出物件邊界區塊內物件之水平邊緣線，透過偵測法將物件的水平邊緣線細線化，並累計各列之水平方向投影量 Hy[j]。

由於攝影機拍攝角度的影響，造成輸入之連續影像中車輛水平邊緣線傾斜，因此，我們以公式(E.8)將各列之水平方向投影量的結果加以量化，依長期實測結果與攝影機架設的位置關係，系統會以物件的

邊界區塊內所測得之第一列經量化後的 80%水平投影量長度 Tp，做為濾除水平雜訊之門檻值公式(E.9)，經量化後之移動物件水平邊緣如圖(E.3)所示。

$$\begin{cases} H_y[j] = H_y[j] + H_y[j+1] \quad and \quad H_y[j+1] = 0 \quad , \quad H_y[j] > H_y[j+1] \\ H_y[j+1] = H_y[j] + H_y[j+1] \quad and \quad H_j[j] = 0 \quad , \quad H_y[j] \le H_y[j+1] \end{cases} \tag{E.8}$$

$$H_y[j] = \begin{cases} H_y[j], & H_y[j] > Tp \\ 0, & H_y[j] < Tp \end{cases} \tag{E.9}$$



(a) 輸入影像　　(b) 邊界區塊內物件水平投影量

圖 E.3 移動車輛水平邊緣量化分析

系統藉由水平邊緣偵測與量化分析所述，在圖 E.3 移動車輛水平邊緣量化分析中，可得知經由水平邊緣量化後兩兩相鄰水平投影量，其可分別代表移動車輛的車頂、車輛後擋風玻璃與車輛後行李箱…等水平線間像素點的差異，在由公式(E.1)~公式(E.5)換算成車輛各部位的視覺長度。從影像幾何位置、攝影機的架設角度及物件邊界區塊的寬度中，系統來定義車輛各部位長度。以圖 E.3 移動車輛水平邊緣量化分析為例，圖 E.3(a)為輸入之連續影像，圖 E.3(b)為邊界區塊內物件各列水平投影量經量化後的結果，A、B 線段間距為車頂長度 Dr，B、C 線段間距為車輛後擋風玻璃長度，C、D 線段間距為車輛後行李箱長度，A、E 線段間距為車輛長度 Dl，Dw 為物件邊界區塊的寬度，皆可做為系統用以辨識不同車型的資訊。

目前系統是以車輛的車頂長度 Dr、車輛長度 Dl 及車輛寬度 Dw 作為系統小型車種辨識的參數。系統中所定義的小型車種包含了轎車、休旅車、廂型車及小卡車，而在臺灣地區 29 款普遍被使用的小型車之平均視覺車頂長度如表 E.2。系統辨識車種及車型時，採公式(E.10)的方式以粗糙到細緻(Coarse-to-Fine)的程序分類，先將輸入之連續影像內的移動車輛依視覺車長及車寬區分為大型車種及小型車種，然後在將小型車種內依視覺車頂長度區分為轎車、休旅車、廂型車及小卡車。

$$\begin{cases} \text{MiniTruck}: (6.5m < Dl \le 7.5m) \wedge (0.5m < Dr \le 1.0m) \wedge (2.2m < Dw \le 3.0m) \\ \left.\begin{array}{ll} \text{Van} & : (6.5m < Dl \le 7.5m) \wedge (2.0m < Dr \le 2.5m) \\ \text{SUV} & : (6.0m < Dl \le 6.5m) \wedge (1.5m < Dr \le 2.0m) \\ \text{Sedan} & : (4.5m < Dl \le 6.0m) \wedge (1.0m < Dr \le 1.5m) \end{array}\right\} \wedge (1.4m < Dw \le 2.2m) \end{cases} \quad \text{(E.10)}$$

表 E.2 平均視覺車頂長度

尺寸 / 車型	平均視覺車頂長度(公尺)
Sedan 轎車	1.1950
SUV 休旅車	1.7298
Van 廂型車	2.3086
Mini truck 小卡車	0.8

E.3 車輛追蹤演算法

當移動車輛進入偵測區完成偵測與辨識後，系統會將每一連通物件的左上端點定義為追蹤參考點，當參考點於第 i 張影像建立後，系統將記錄參考點相關資訊與第 i+1 張影像所建立的所有參考點相互比對，以確認參考點在 i+1 張時的確切位置，系統可以下列 3 項參數，做為參考點間相互比對的重要參考資訊。

(1)距離比對

在連續輸入的影像間，距離 Dis 為在第 n 張影像，參考點與預測參考點間之距離並定義為公式(E.11)，其中 (x_n', y_n') 與 (x_n, y_n) 分別代表預測參考點與參考點在第 n 張影像時的位置，當移動車輛進入監視區時，即開始在連續影像張數間比對兩張影像間參考點的距

離，而變量最少者的參考點將視為預測參考點。

$$Dis = \sqrt{\left(x_n^{'} - x_n\right)^2 + \left(y_n^{'} - y_n\right)^2} \qquad \text{(E.11)}$$

(2)顏色比對

計算參考點附近區域內所有像素點的 RGB 個別強度平均值 Ravg、Gavg、Bavg，如公式(E.12)，其中 m、n 分別代表區域的範圍，x、y 則代表參考點的位置。

$$R_{avg}\left(x,y\right) = \sum_{\Delta x=0}^{n-1}\sum_{\Delta y=0}^{m-1}\frac{R(x+\Delta x, y+\Delta y)}{nm}$$

$$G_{avg}\left(x,y\right) = \sum_{\Delta x=0}^{n-1}\sum_{\Delta y=0}^{m-1}\frac{G(x+\Delta x, y+\Delta y)}{nm}$$

$$B_{avg}\left(x,y\right) = \sum_{\Delta x=0}^{n-1}\sum_{\Delta y=0}^{m-1}\frac{B(x+\Delta x, y+\Delta y)}{nm} \qquad n,m \in 1,2,3,....$$

(E.12)

(3)車頂長度比對

以移動物件的視覺車頂長度，做為預測參考點與參考點間相互比對的參考資訊。

而參考點與預測參考點的位移量可以用做參考點加速度的速度的估算，在第 n 張影像之預測參考點位置 $\left(x_n^{'}, y_n^{'}\right)$ 之位移量，如公式(E.13)，其中 $\left(x_{n-1}, y_{n-1}\right)$ 為第 n-1 張影像的參考點位置，$\Delta S_n\left(x\right)$ 與 $\Delta S_n\left(y\right)$ 為參考點分別在 x 與 y 向量上之位移量，如公式(E.14)。

$$\left(x_n^{'}, y_n^{'}\right) = \left(x_{n-1}, y_{n-1}\right) + \left(\Delta S_n\left(x\right), \Delta S_n\left(y\right)\right) \qquad \text{(E.13)}$$

$$\Delta S_n(A) = v_{n-1}(A)\cdot\left(t_n - t_{n-1}\right) + \frac{1}{2}a_{n-1}(A)\cdot\left(t_n - t_{n-1}\right)^2$$

$$\textit{where} \quad v_{n-1}(A) = \left(A_{n-1} - A_{n-2}\right)/\left(t_{n-1} - t_{n-2}\right),$$

$$a_{n-1}(A)=(v_{n-1}(A)-v_{n-2}(A))/(t_{n-1}-t_{n-2}),\ \text{and } A=x \text{ or } y \qquad \text{(E.14)}$$

$v_{n-1}(A)$及$v_{n-2}(A)$為第 n-1 張及第 n-2 張輸入影像中參考點的速度，$a_{n-1}(A)$為第 n-1 張輸入影像中參考點的加速度，t_n、 t_{n-1} 與 t_{n-2}為第 n 張、第 n-1 張及第 n-2 張影像之輸入時間。

附錄 F

邊界區塊內交疊物件切割流程[32]（垂直交疊、右斜交疊及左斜交疊）程序如下：

程序 1：在連通物件邊界區塊內，計算每一列水平投影量以獲得連通物件水平投影直方圖。

程序 2：由連通物件邊界區塊底部向上 3 公尺的區域內，計算連通物件水平投影直方圖的平均投影量 P_{avg}。

程序 3：計算連通物件水平投影直方圖中之平均投影量 P_{avg} 的視覺寬度 W_{vis}。

程序 4：依表 5.1 所列的各種汽、機車型平均車輛長度及寬度，找出與視覺寬度 W_{vis} 最為相近之車輛種類及其視覺長度 L_{vis}。假如輸入的連通物件完成第一次切割，則依序執行程序 5，否則需經以下程序判斷，其中 LR_{vis} 為物件切割後所剩連通物件邊界區塊長度。

If $\left\{\left(L_{vis} \geq LR_{vis}\right) \wedge \left(\left|\frac{L_{vis} - LR_{vis}}{L_{vis}}\right| \leq 0.5\right)\right\}$ ，則判定切割後所剩餘的連通物件邊界區塊為單一車輛，並持續執行程序 11。

Else if $\left\{\left(L_{vis} \geq LR_{vis}\right) \wedge \left(\left|\frac{L_{vis} - LR_{vis}}{L_{vis}}\right| > 0.5\right)\right\}$ ，判定切割後所剩餘的連通物件邊界區塊不足單一車輛長度予以刪除，持續執行程序 11。

Else 執行程序 5。

程序 5：計算連通物件邊界區塊內的每一水平投影量與平均投影量 P_{avg} 的差距

若在連通物件邊界區塊內，由下往上尋找出水平投影量值大於 $1.5\times P_{avg}$ 的起始切割(S-th Row)水平投影量的位置，並定義該交疊為第 3、4 種交疊情況，持續執行程序 6。否則屬於第 2 類垂直交

疊情況執行程序 9。

程序 6：計算連通物件邊界區塊內，第一列至第 S+5 列間，區塊內空白區域的位置（為減少雜訊的干擾，以第 S+5 列取代第 S 列）。當區塊內左側空白區域面積大於右側空白區域面積時，則該交疊屬於第 3 種右斜交疊執行程序 7，否則交疊屬於第 4 種左斜交疊執行程序 8。

程序 7：右斜交疊切割。在邊界區塊內由第 S 列向上計算各列之水平投影量與相鄰列間之水平投影量差值，並定義差值超過 1/3 平均投影量 P_{avg} 之列為停止切割列 L_{stop} 的位置，並開始由連通物件邊界區塊的底部由下向上切割到 L_{stop} 的位置，在完成邊界區塊內第一物件切割後，清除第 S 列到第 L_{stop} 列間為第一物件（右側）且非交疊的物件像素點，系統再以第 S 列做為區塊內後續物件切割起始位置，執行程序 10。

程序 8：左斜交疊切割。在邊界區塊內由第 S 列向上計算各列之水平投影量與相鄰列間之水平投影量差值，並定義差值超過 1/3 平均投影量 P_{avg} 之列為停止切割列 L_{stop} 的位置，並開始由連通物件邊界區塊的底部由下向上切割到 L_{stop} 的位置，在完成邊界區塊內第一物件切割後，清除第 S 列到第 L_{stop} 列間為第一物件（左側）且非交疊的物件像素點，系統再以第 S 列做為區塊內後續物件切割起始位置，執行程序 10。

程序 9：以視覺長度 L_{vis}，在邊界區塊內由下向上切割區塊內之連通物件。

程序 10：定義物件切割後所剩之邊界區塊長度為 LR_{vis}，若 LR_{vis} 視覺長度大於 3 公尺，則系統回程序 1 繼續對邊界區塊內之連通物件再次進行切割程序，否則至程序 11，停止邊界區塊內連通物件切割程序。

程序 11：停止邊界區塊內連通物件切割程序。

假若當物件邊界區塊視覺寬度大於 3 公尺，視覺長度介於 4.5~7.5 公尺時，物件可以歸類為水平交疊，物件切割程序如下：

程序 1：在連通物件邊界區塊內由下至上，計算每一列水平投影量以獲得連通物件水平投影直方圖。

程序 2：計算連通物件邊界區塊內由下向上每一相鄰列間的水平投影量差，當列與列間水平投影量相差 1/3 以上時，則分別標記為 L_1 與 L_2，並繼續執行程序 3，若列與列間水平投影差不存在時，則執行程序 9。

程序 3：計算 L_2 線段上方左、右兩側空白區域面積，並定義左側空白區域之像素點為 BT_L，右側空白區域之像素點為 BT_R。

程序 4：計算 L_1 線段下方左、右兩側空白區域面積，並定義左側空白區域之像素點為 BB_L，右側空白區域之像素點為 BB_R。

程序 5：當$(BT_L > BT_R)$與$(BB_L < BB_R)$，則表示交疊物件中右側車輛位置高於左側車輛的位置。系統在邊界區塊內執行右側連通物件切割時，則以 L_1 線段為起始，邊界區塊頂部的邊線為終止，邊界區塊底部右側空白區域 BB_R 為寬度，在由下向上將邊界區塊內的右側連通物件切割後，系統將其視為交疊物件中右側車輛。系統在邊界區塊內執行左側連通物件切割時，則以邊界區塊的底線為起始，L_1 線段為終止，邊界區塊頂部左側空白區域 BT_L 為寬度，在由下向上將邊界區塊內的左側連通物件切割後，系統將其視為交疊物件中左側車輛，續執行程序 10。

程序 6：當$(BT_L < BT_R)$與$(BB_L > BB_R)$，則表示交疊物件中右側車輛位置低於左側車輛的位置。系統在邊界區塊內執行右側連通物件切割時，則以邊界區塊的底線為起始，L_2 線段為終止，邊界區塊頂部右側空白區域 BT_R 為寬度，在由下向上將邊界區塊內的右側連通物件切割後，系統將其視為交疊物件中右側車輛。系統在邊界區

塊內執行左側連通物件切割時，則以 L_1 線段為起始，邊界區塊頂部的邊線為終止，邊界區塊底部左側空白區域 BB_L 為寬度，在由下向上將邊界區塊內的左側連通物件切割後，系統將其視為交疊物件中左側車輛，續執行程序 10。

程序 7：當$(BT_L < BT_R)$與$(BB_L < BB_R)$，則表示交疊物件中右側車輛車型小於左側車輛的車型，且物件右側車輛位於物件左側車輛上下邊緣界線內。系統在邊界區塊內執行右側連通物件切割時，則以 L_1 線段為起始，L_2 線段為終止，邊界區塊頂部右側空白區域 BT_R 為寬度，在由下向上將邊界區塊內的右側連通物件切割後，系統將其視為交疊物件中右側車輛。系統在邊界區塊內執行左側連通物件切割時，則以邊界區塊的底線為起始，邊界區塊頂部的邊線為終止，邊界區塊頂部右側空白區域 BT_R 為寬度，在由下向上將邊界區塊內的左側連通物件切割後，系統將其視為交疊物件中左側車輛，續執行程序 10。

程序 8：當$(BT_L > BT_R)$與$(BB_L > BB_R)$，則表示交疊物件中左側車輛車型小於右側車輛的車型，且物件左側車輛位於物件右側車輛上下邊緣界線內。系統在邊界區塊內執行左側連通物件切割時，則以 L_1 線段為起始，L_2 線段為終止，邊界區塊頂部左側空白區域 BT_L 為寬度，在由下向上將邊界區塊內的左側連通物件切割後，系統將其視為交疊物件中左側車輛。系統在邊界區塊內執行右側連通物件切割時，則以邊界區塊的底線為起始，邊界區塊頂部的邊線為終止，邊界區塊頂部左側空白區域 BT_L 為寬度，在由下向上將邊界區塊內的右側連通物件切割後，系統視其為交疊物件中右側車輛，續執行程序 10。

程序 9：以連通物件邊界區塊寬度的一半，切割區塊並區分為左、右車輛。

程序 10：停止邊界區塊內連通物件切割程序。

車輛交疊切割的結果，如圖 F.1，為臺北市敦化北路交通部運研所前道路系統以車輛的視覺長度及寬度對交疊的連通物件進行切割，圖 F.1 (a)為輸入之連續影像，圖 F.1 (b)為系統所偵測的移動物件，圖 F.1 (c)為交疊移動物件經切割流程處理後所獲得之車輛辨識影像。



(a) 輸入之連續影像　(b) 移動物件　(c) 交疊移動物切割

圖 F.1 車輛交疊切割的結果

附錄 G

本期研究採用的固定式攝影機是敏通的 W3 攝影機，規格如表 G.1-1，而 PTZ 高速旋轉雲臺則採用 Sony FCB-EX45C 可變焦距鏡頭，相關規格資訊如表 G.1-2、表 G.1-3 及圖 G.1-1、圖 G.1-2 及圖 G.1-3 所示。所增設之 PTZ 高速旋轉雲臺安裝於原固定式攝影機正下方右(左) 80 公分內均不影響目前系統偵測功能，無需重新設置支架，安裝施工程序簡便，如圖 G.1-4。

表 G.1-1 固定式攝影機規格表

CCD 攝影機相關規格	
超寬動態範圍	280：l 動態範圍(優於傳統攝影機 90 倍)
超高漏光排斥比	154db 漏光排斥比(優於傳統攝影機 50~100 倍)
數位放大	調整從 1 倍到 2 倍的 32 級放大範圍，或者 2 倍到 256 倍的特殊要求
4 區域遮罩	通過遮蔽螢幕的部分區域保護他人的隱私
48 區背光補償	48 小區域, 320*240 智慧微型區域
數位自動增益控制	沒有雜訊提高 12dB 的感光度
螢幕功能表顯示	互動功能表控制多數功能
電源	直流 12V ± 10V/120mA 超低功耗

表 G.1-2 PTZ 高速旋轉雲臺規格表

水平旋轉角度	360° 連續旋轉
垂直旋轉角度	上 -5° ~ 下 +95°
水平迴轉準確度	±0.2°
水平操作速度	0.2° / 秒 ~240° / 秒
水平預設速度	0.2° / 秒 ~260° / 秒
垂直迴轉準確度	±0.2°
垂直手動速度	1° / 秒 ~90° / 秒
垂直預設速度	1° / 秒 ~90° / 秒
自動翻轉	有 Auto Filp
預設點位置	128 點預設點
巡弋功能 Swing	水平四組 兩點掃瞄 垂直四組 上下掃瞄
群組	4 組每組 16 點 預設點停留時間 1~999 秒可調
通信界面	RS-485 異步通訊 串列傳輸
傳輸速率	2400.4800.9600.19200 bps
通信協定	Pelco-D、Pelco-P VC HD600
防護罩	IP66 鋁合金一體型防護罩內建溫度控制器高效能 的溫濕調節風扇
工作電壓	AC 24V 1.5A
工作溫度	-20°C~70°C
工作溼度	90% RH 以下
重量	3kg (含支架)

表 G.1-3 Sony FCB-EX45C 攝影機規格表

Zoom Camera Module	FCB-EX45C
Image Sensor	1/4" SONY HAD CCD
Signal System	NTSC / PAL
Total pixels	NTSC: 768(H)×494(V)
Effective pixels	NTSC: 768(H)×494(V)
Scanning system	2:1 Interlace, 525 Lines / 60filed
Scanning Frequency	15.734kHz(H) / 59.94Hz(V)
Horizontal Resolution	470 TV Lines
Video Output	CVBS:1.0Vp-p / (75O composite)
Lens	18x , F1.4 to F 3.0 f =4.1 (wide)~73.8mm (tele)
Digital Zoom	12x (216x with optical zoom)
Angle of View(H)	48.0°(wide)~2.8°(tele)
Min. Shooting Distance	290mm (wide)/ 800mm (tele)
Sync. System	Internal/External (V-Lock)
Minimum Illumination	1.01 Lux (typical) (F1.4, 50 IRE)
S/N Ratio	More than 50dB (AGC Off)
Shutter Speed	1/1 to 1/10,000sec (22 steps)
White balance	Auto, ATW, Indoor, Outdoor, One-push, Manual
Gain	Auto/Manual (-3 to 28dB, 2 dB steps)
EV compensation	-10.5 to + 10.5 dB (1.5 dB steps)
Privacy zone masking	On/Off (24 positions)
Video output	VBS: 1.0 Vp-p (sync negative), Y/C Output
Storage temperature	-20°C~ 60°C (-4 to 140 °F)
Operating temperature	0°C ~ + 50°C (32 to 122 °F)
Power Consumption	6 to 12V DC/1.5W(motors inactive), 2.5W(motors active)
Dimension	50.0(W) x 57.5(H) x 88.5(D) mm
Weight (Net)	Approx. 230g



圖 G.1-1 敏通 W3 攝影機



圖 G.1-2 旋轉雲台



圖 G.1-3　Sony FCB-EX45C 攝影機

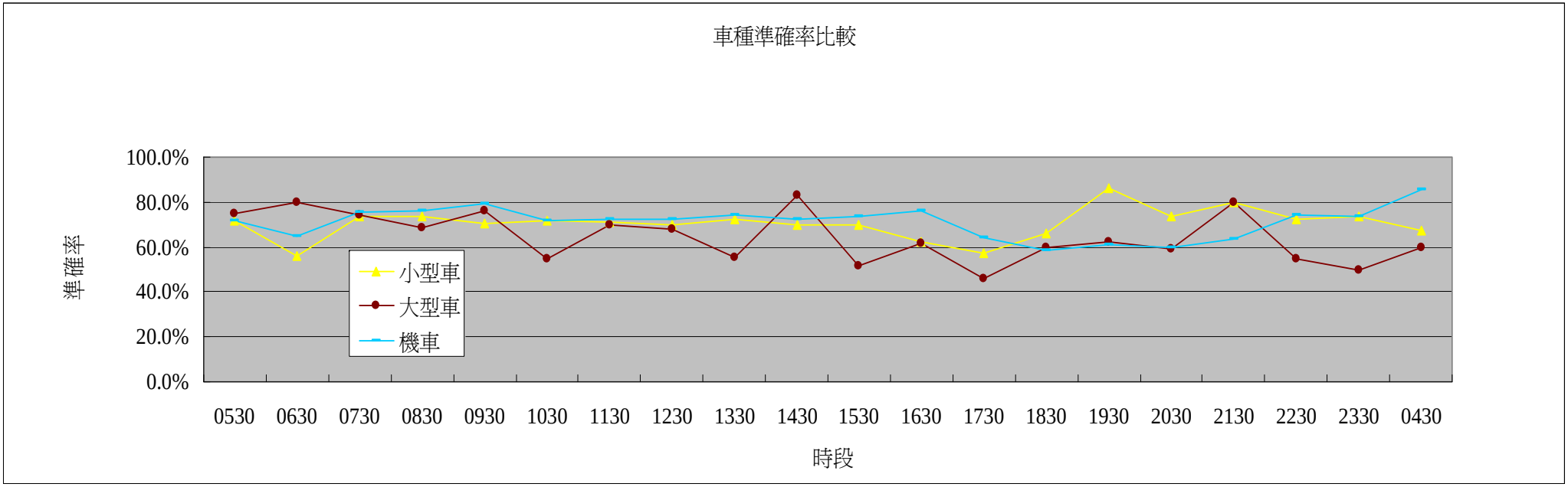


圖 G.1-4 臺北市敦化北路旋轉雲台設置狀況

附錄 H

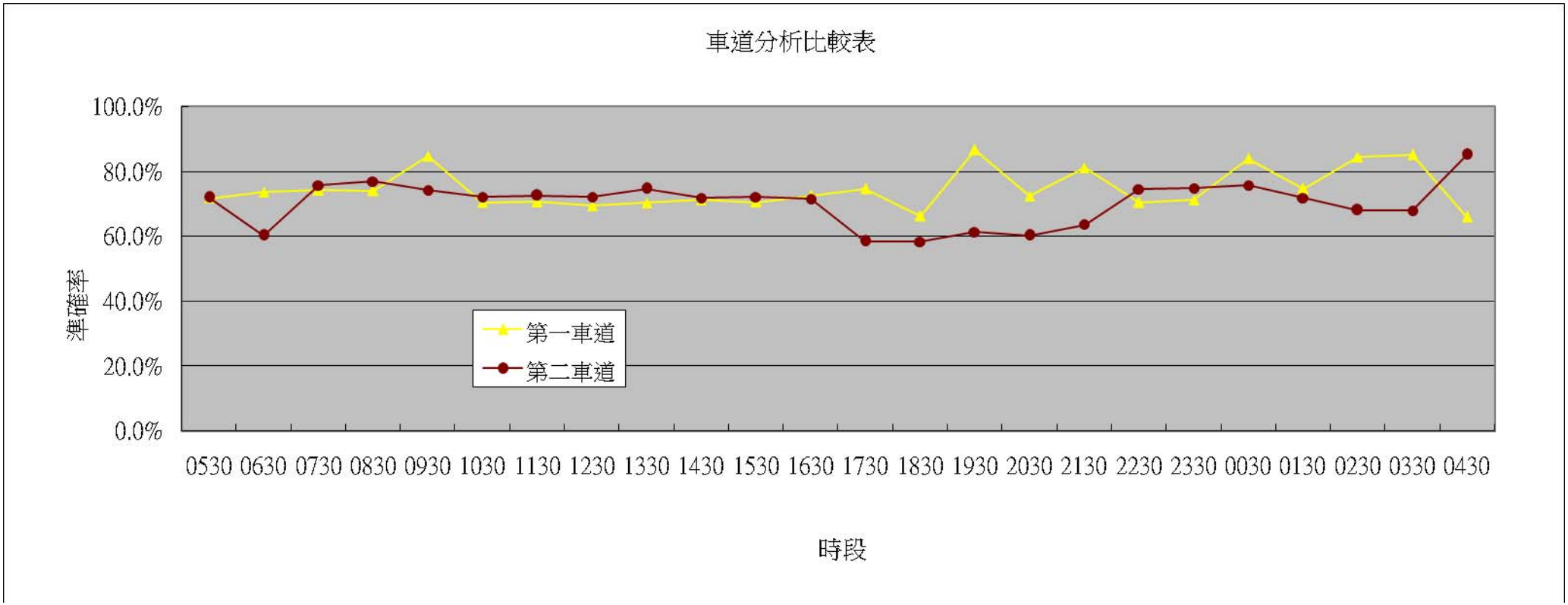
H.1 一號機分析 (8/26)：

時段	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730	1830	1930	2030	2130	2230	2330	2430	0130	0230	0330	0430
人工	312	854	1057	732	657	633	516	514	660	622	644	644	570	516	443	459	354	318	219	173	187	222	206	203
VD	224	478	781	537	462	453	367	360	477	434	448	400	327	341	382	338	283	231	161	113	112	134	127	136
小型車	71.8%	56.0%	73.9%	73.4%	70.3%	71.6%	71.1%	70.0%	72.3%	69.8%	69.6%	62.1%	57.4%	66.1%	86.2%	73.6%	79.9%	72.6%	73.5%	65.30%	59.90%	60.40%	61.70%	67.0%
人工	32	40	51	35	38	33	30	28	36	29	35	39	35	35	29	32	20	11	2	1	1	1	0	10
VD	24	32	64	46	29	18	21	19	20	24	18	24	16	21	18	19	16	6	3	0	0	0	0	6
大型車	75.0%	80.0%	74.5%	68.6%	76.3%	54.5%	70.0%	67.9%	55.6%	82.8%	51.4%	61.5%	45.7%	60.0%	62.1%	59.4%	80.0%	54.5%	50.0%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	60.0%
人工	988	3615	6068	3646	2208	1382	1331	1397	1370	1383	1375	1470	1694	1892	1492	1339	1182	641	350	258	260	266	332	504
VD	710	2351	4562	2783	1744	993	961	1008	1018	1001	1009	1121	1092	1107	912	797	752	476	257	226	214	226	267	432
機車	71.9%	65.0%	75.2%	76.3%	79.0%	71.9%	72.2%	72.2%	74.3%	72.4%	73.4%	76.3%	64.5%	58.5%	61.1%	59.5%	63.6%	74.3%	73.4%	87.60%	82.30%	85.00%	80.40%	85.7%

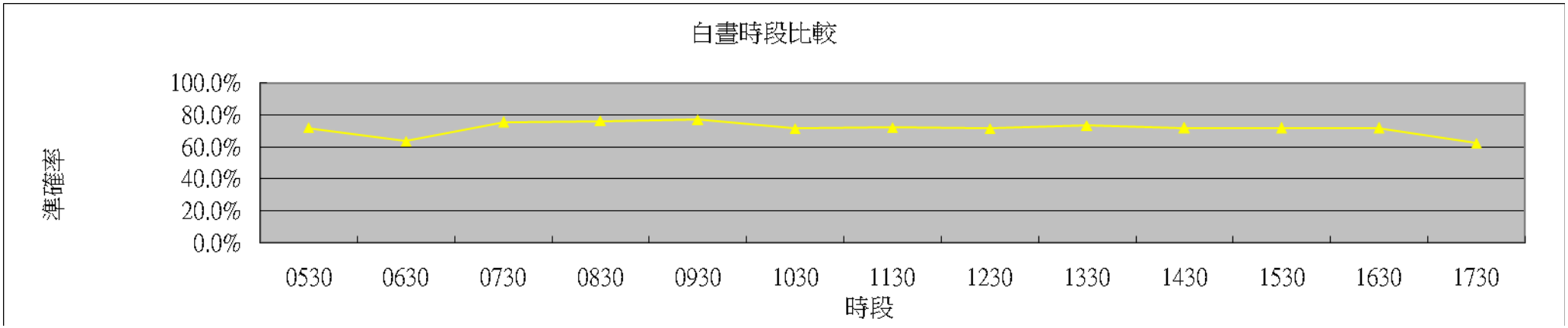


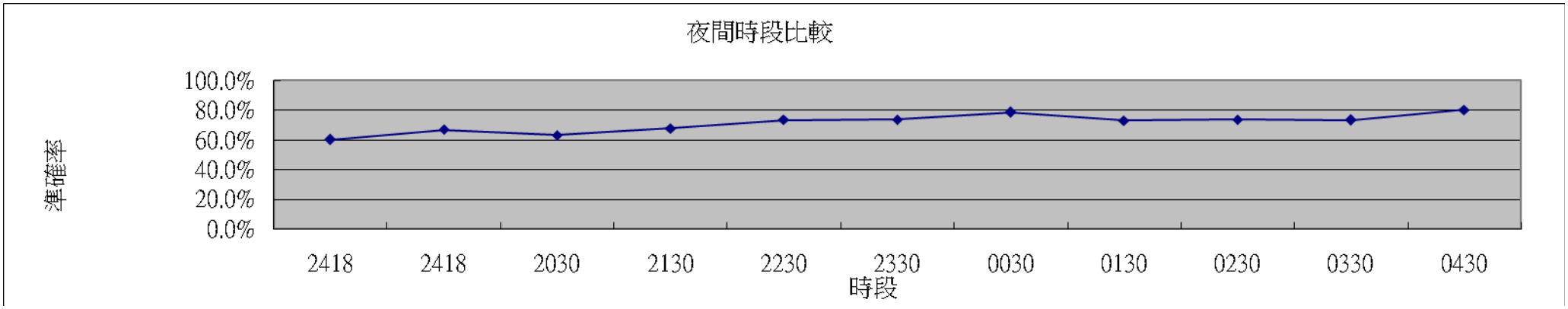
H-2

時段	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730	1830	1930	2030	2130	2230	2330	0030	0130	0230	0330	0430
人工	350	1082	1636	1061	773	652	517	483	605	576	604	611	569	543	428	423	349	264	181	143	154	167	168	191
VD	251	797	1215	786	655	459	365	335	425	410	426	443	425	360	371	306	283	186	129	120	115	141	143	126
第一車道	71.7%	73.7%	74.3%	74.1%	84.7%	70.4%	70.6%	69.4%	70.2%	71.2%	70.5%	72.5%	74.7%	66.3%	86.7%	72.3%	81.1%	70.5%	71.3%	83.9%	74.7%	84.4%	85.1%	66.0%
人工	982	3427	5540	3352	2130	1396	1360	1456	1461	1458	1450	1542	1730	1900	1536	1407	1207	706	390	289	294	322	370	526
VD	707	2064	4194	2577	1580	1007	987	1050	1091	1048	1046	1103	1011	1107	941	848	768	526	292	219	211	219	251	448
第二車道	72.0%	60.2%	75.7%	76.9%	74.2%	72.1%	72.6%	72.1%	74.7%	71.9%	72.1%	71.5%	58.4%	58.3%	61.3%	60.3%	63.6%	74.5%	74.9%	75.8%	71.8%	68.0%	67.8%	85.2%



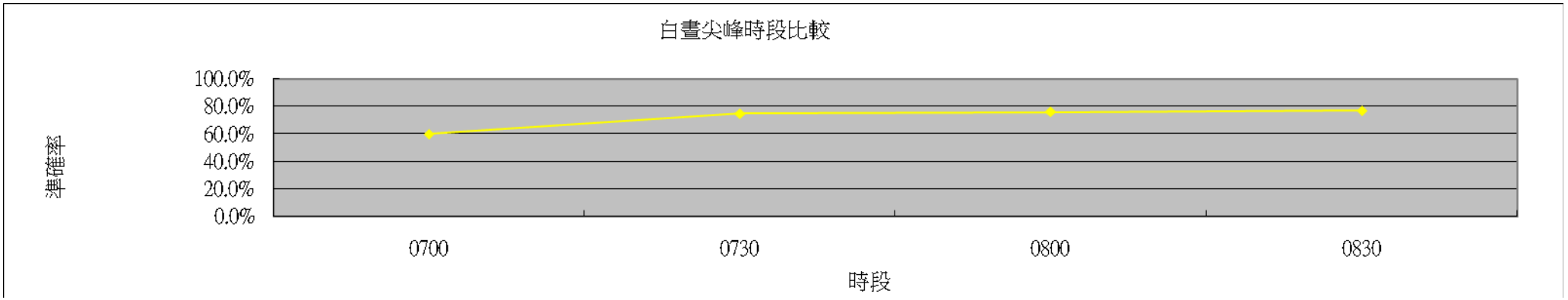
白晝時段	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730
人工	1332	4509	7176	4413	2903	2048	1877	1939	2066	2034	2054	2153	2299
VD	958	2861	5409	3363	2235	1466	1352	1385	1516	1458	1472	1546	1436
準確率	71.9%	63.5%	75.4%	76.2%	77.0%	71.6%	72.0%	71.4%	73.4%	71.7%	71.7%	71.8%	62.5%
夜間時段	1830	1930	2030	2130	2230	2330	0030	0130	0230	0330	0430		
人工	2443	1964	1830	1556	970	571	432	448	489	538	717		
VD	1467	1312	1154	1051	712	421	339	326	360	394	574		
準確率	60.0%	66.8%	63.1%	67.5%	73.4%	73.7%	78.5%	72.8%	73.6%	73.2%	80.1%		

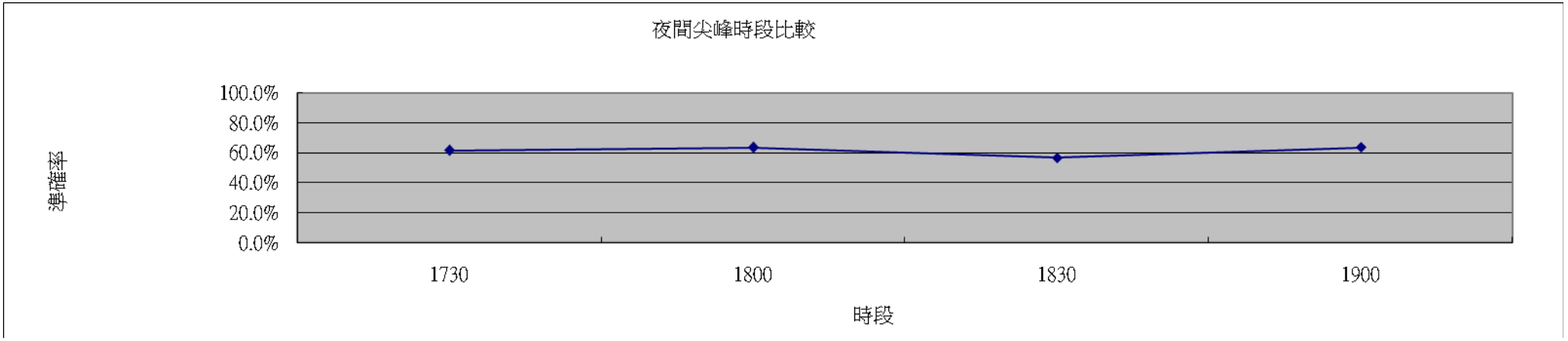




白晝尖峰時段	0700	0730	0800	0830
人工	2795	3694	3482	2616
VD	1677	2763	2646	2014
準確率	60.0%	74.8%	76.0%	77.0%
夜間尖峰時段	1730	1800	1830	1900
人工	1126	1173	1245	1198
VD	692	744	704	763
準確率	61.5%	63.4%	56.5%	63.7%

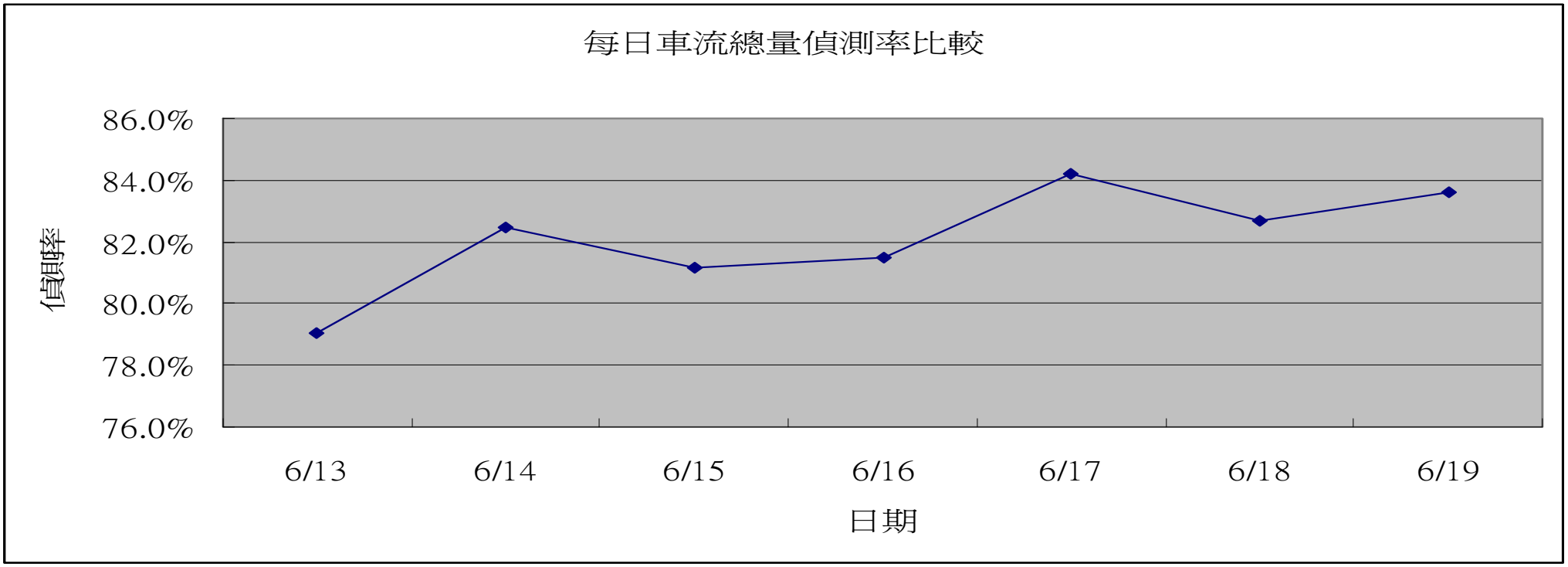
日出時段		0500	0530
日出(0500-0600)	人工	405	560
	VD	352	405
	準確率	86.9%	72.3%
日落時段		1800	1830
日落(1800-1900)	人工	1173	1245
	VD	744	704
	準確率	63.4%	56.5%


白書尖峰時段比較
準確率
100.0%
80.0%
60.0%
40.0%
20.0%
0.0%
0700
0730
0800
0830
時段

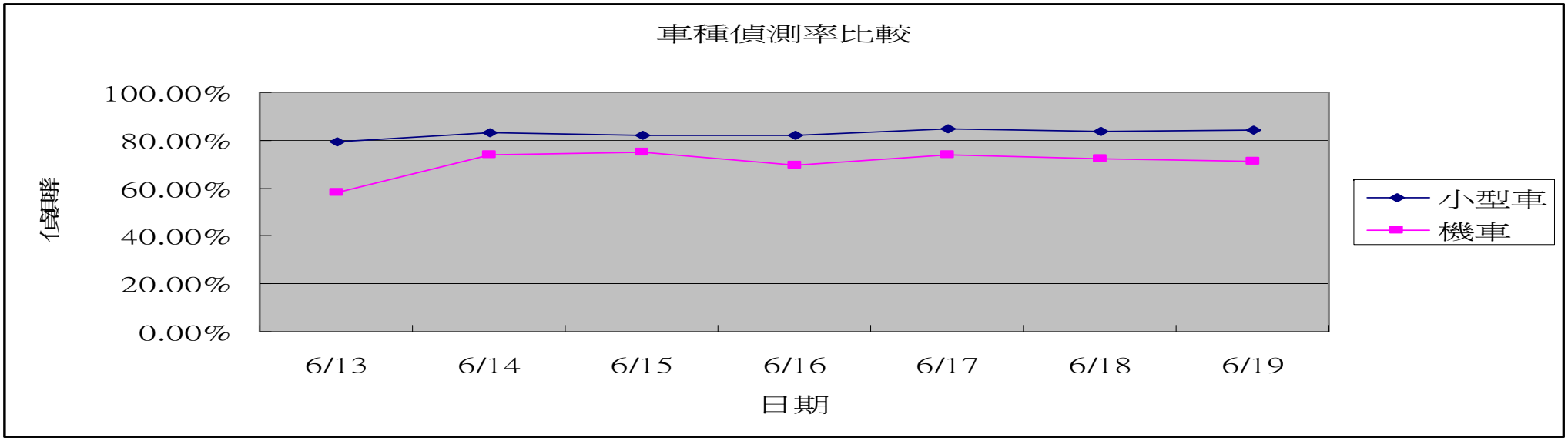

夜間尖峰時段比較
準確率
100.0%
80.0%
60.0%
40.0%
20.0%
0.0%
1730
1800
1830
1900
時段

H.2 二號機分析：

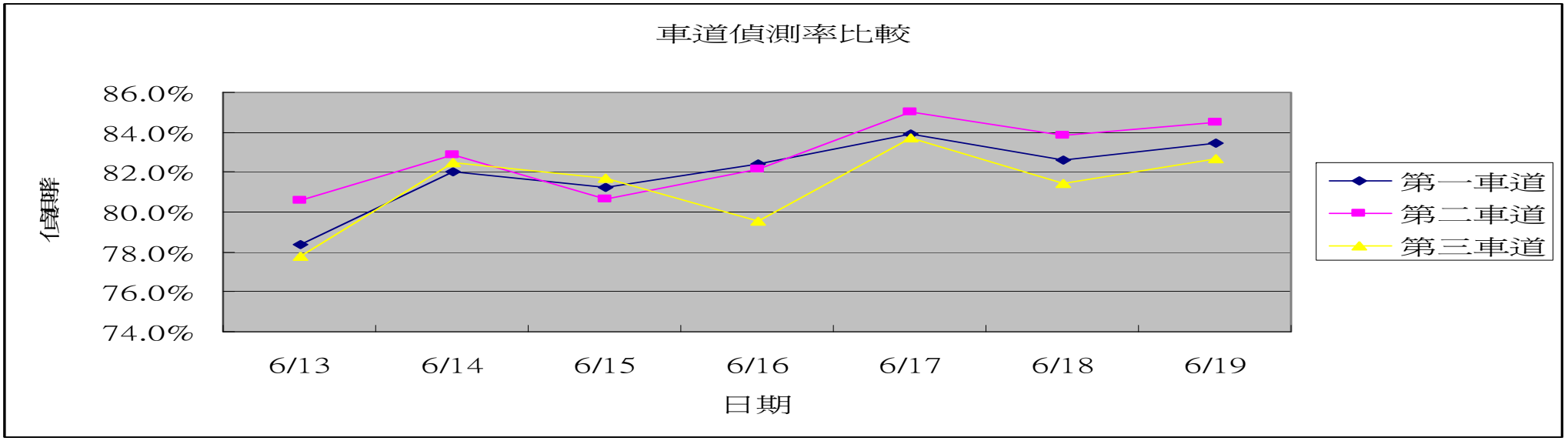
不分車種與車道	06/13	06/14	06/15	06/16	06/17	06/18	06/19
人工	29740	24766	30747	32046	32035	31459	33933
VD	23501	20429	24956	26113	26979	26020	28372
準確率	79.0%	82.5%	81.2%	81.5%	84.2%	82.7%	83.6%



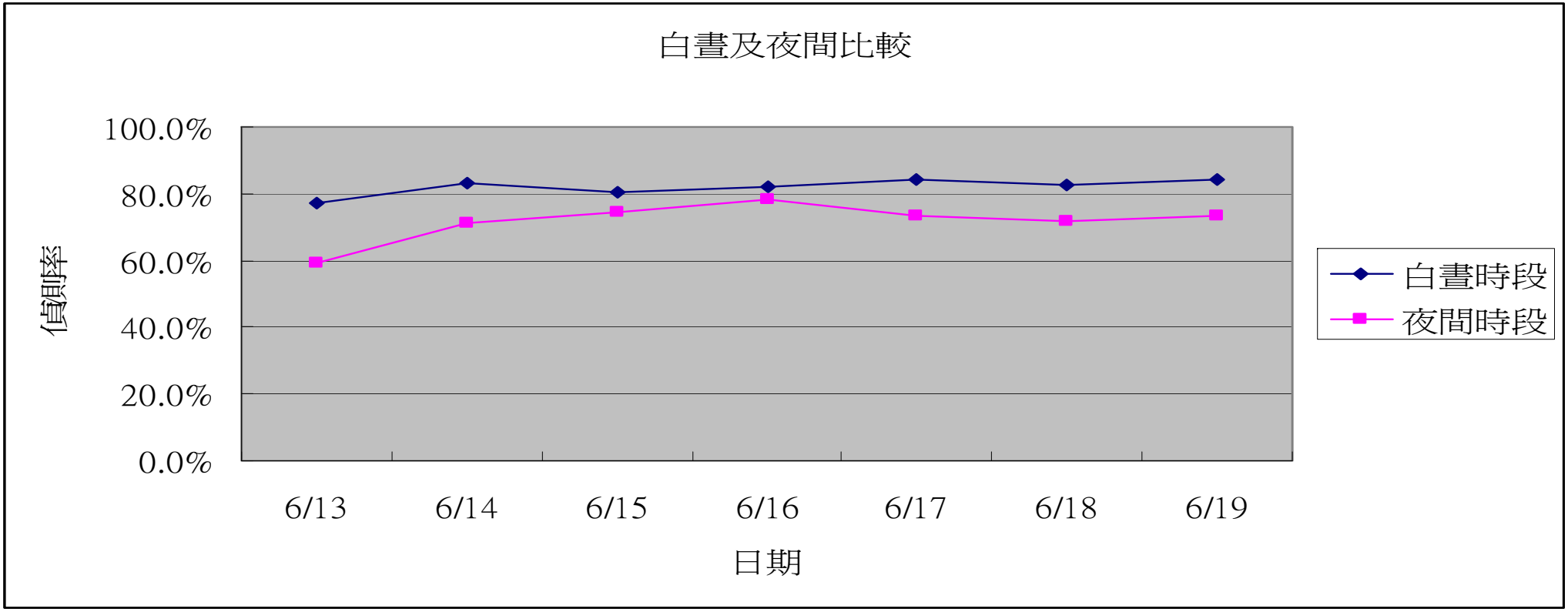
車種		06/13	06/14	06/15	06/16	06/17	06/18	06/19
小型車	人工	29534	24581	30442	31811	31785	31096	33664
	VD	23473	20410	24941	26088	26937	25999	28337
	準確率	79.5%	83.0%	81.9%	82.0%	84.7%	83.6%	84.2%
大型車	人工	158	159	285	199	193	334	220
	VD	0	0	0	0	0	0	0
	準確率	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
機車	人工	48	26	20	36	57	29	49
	VD	28	19	15	25	42	21	35
	準確率	58.3%	74%	75%	69.4%	73.7%	72.4%	71.4%



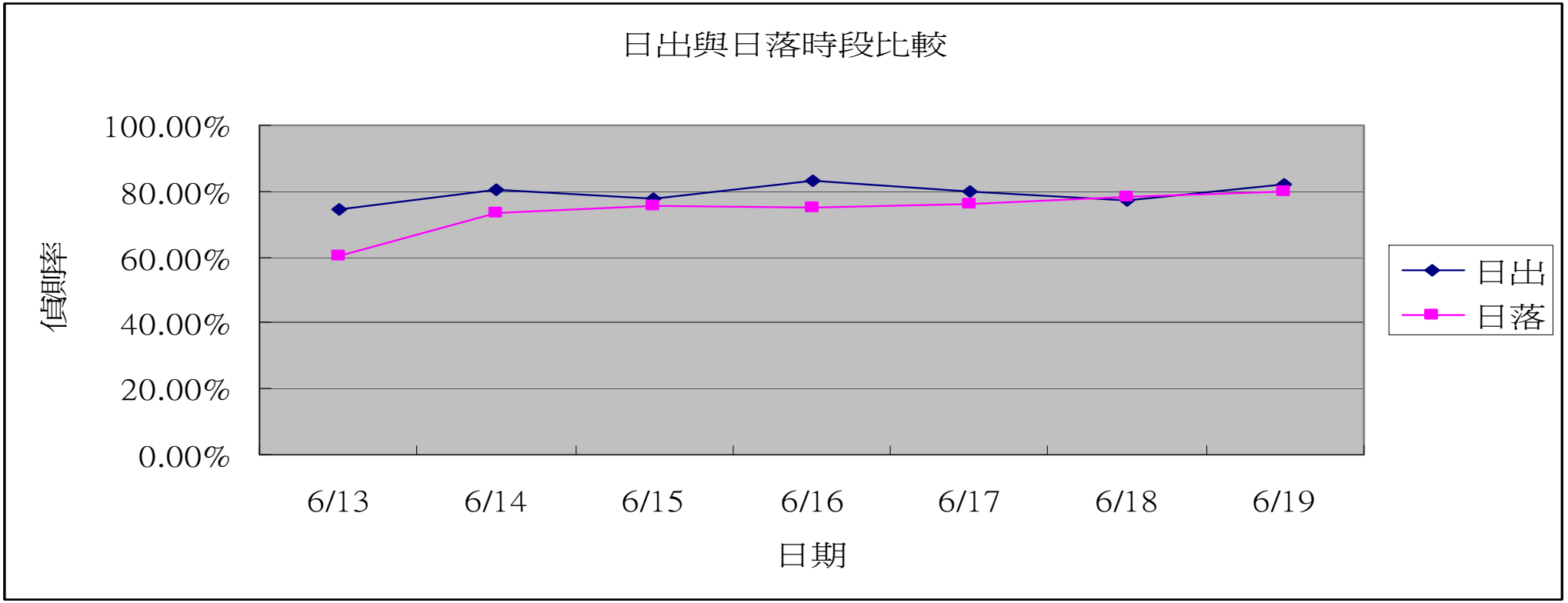
車道		06/13	06/14	06/15	06/16	06/17	06/18	06/19
第一車道	人工	9598	7962	11349	11757	11640	11681	12302
	VD	7525	6532	9222	9690	9764	9648	10264
	準確率	78.4%	82.0%	81.3%	82.4%	83.9%	82.6%	83.4%
第二車道	人工	10918	9372	10479	11040	11045	11005	12228
	VD	8801	7769	8451	9067	9390	9229	10334
	準確率	80.6%	82.9%	80.6%	82.1%	85.0%	83.9%	84.5%
第三車道	人工	9224	7432	8919	9249	9350	8773	9403
	VD	7175	6128	7284	7356	7825	7144	7774
	準確率	77.8%	82.5%	81.7%	79.5%	83.7%	81.4%	82.7%



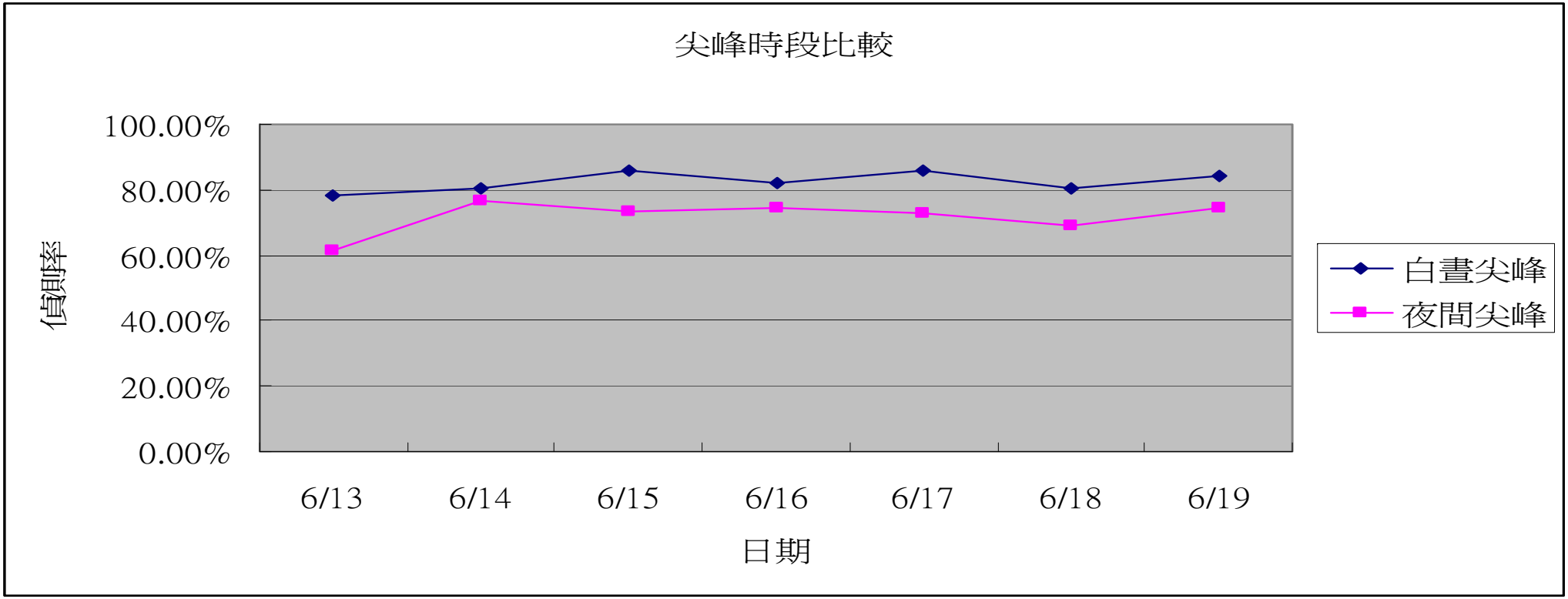
時段		06/13	06/14	06/15	06/16	06/17	06/18	06/19
白晝	人工	22516	18502	24923	25707	25562	25235	26577
	VD	17375	15364	20106	21151	21525	20852	22358
	準確率	77.2%	83.0%	80.7%	82.3%	84.2%	82.6%	84.1%
夜間	人工	7224	6264	5824	6339	6473	6224	7356
	VD	4271	4465	4350	4962	4754	4468	5414
	準確率	59.1%	71.3%	74.7%	78.3%	73.4%	71.8%	73.6%



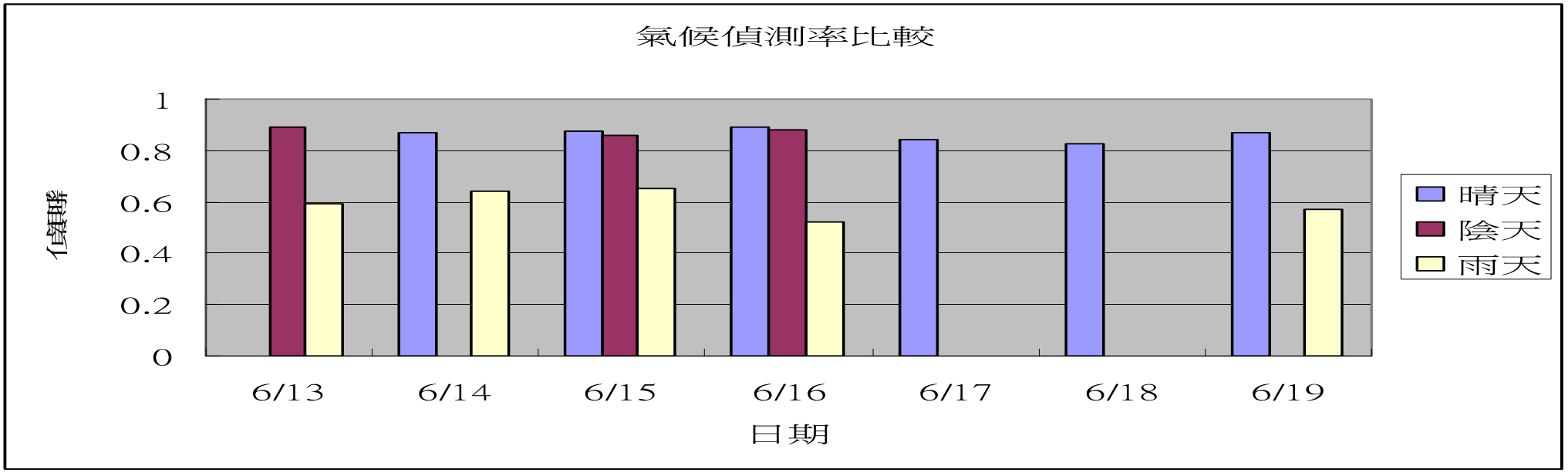
時段		06/13	06/14	06/15	06/16	06/17	06/18	06/19
日出	人工	1229	946	948	1223	1249	1286	1279
	VD	915	762	735	1016	1001	991	1053
	準確率	74.5%	80.5%	77.5%	83.1%	80.1%	77.1%	82.3%
日落	人工	2209	1684	2595	2571	2473	2362	2709
	VD	1332	1233	1961	1923	1876	1848	2170
	準確率	60.3%	73.2%	75.6%	74.8%	75.9%	78.2%	80.1%



時段		06/13	06/14	06/15	06/16	06/17	06/18	06/19
白晝尖峰	人工	6207	4609	9320	9687	9646	9563	9732
	VD	4868	3712	7989	7945	8286	7693	8186
	準確率	78.4%	80.5%	85.7%	82.0%	85.9%	80.4%	84.1%
夜間尖峰	人工	5222	4244	6036	5988	5826	5550	6252
	VD	3214	3259	4416	4444	4242	3833	4673
	準確率	61.5%	76.8%	73.2%	74.2%	72.8%	69.1%	74.7%

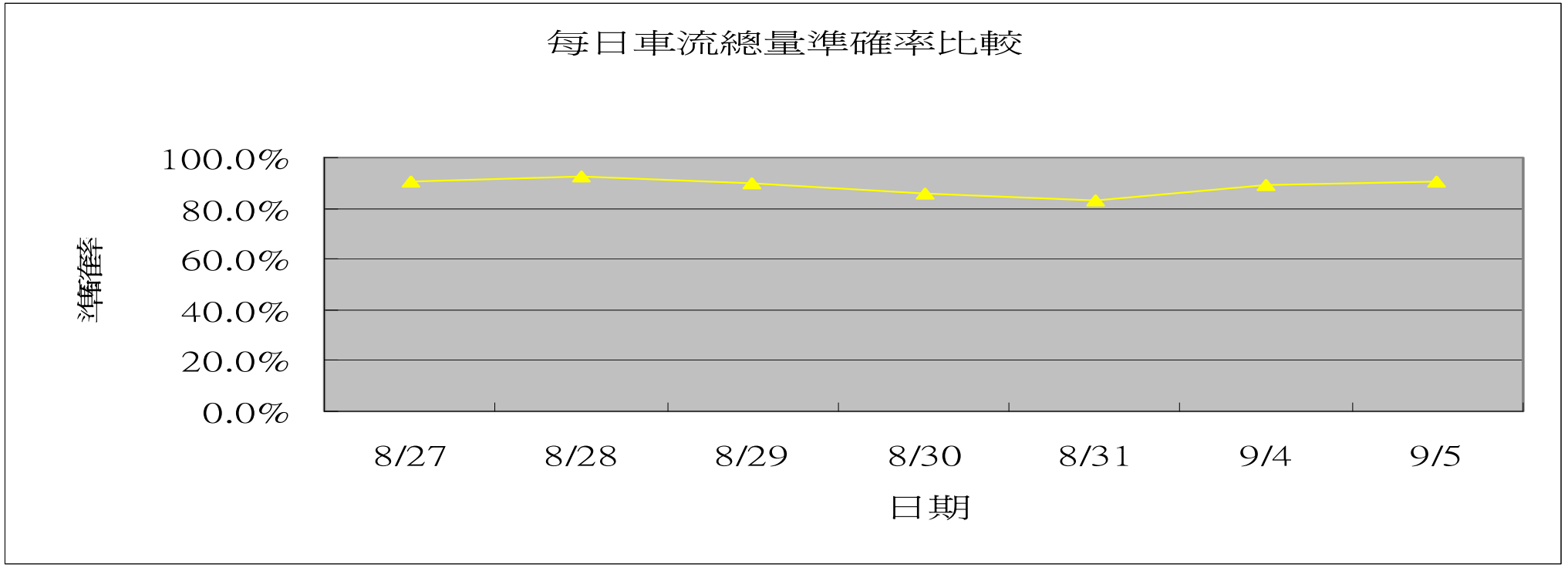


時段		06/13	06/14	06/15	06/16	06/17	06/18	06/19
晴天	人工	N/A	20036	17142	21922	32035	31459	30053
	VD	N/A	17395	14988	19531	26979	26020	26155
	準確率	N/A	86.8%	87.4%	89.1%	84.2%	82.7%	87.0%
陰天	人工	19657	N/A	5655	3562	N/A	N/A	N/A
	VD	17538	N/A	4860	3145	N/A	N/A	N/A
	準確率	89.2%	N/A	85.9%	88.3%	N/A	N/A	N/A
雨天	人工	10083	4730	7850	6562	N/A	N/A	3880
	VD	5963	3034	5108	3437	N/A	N/A	2217
	準確率	59.1%	64.1%	65.1%	52.4%	N/A	N/A	57.1%

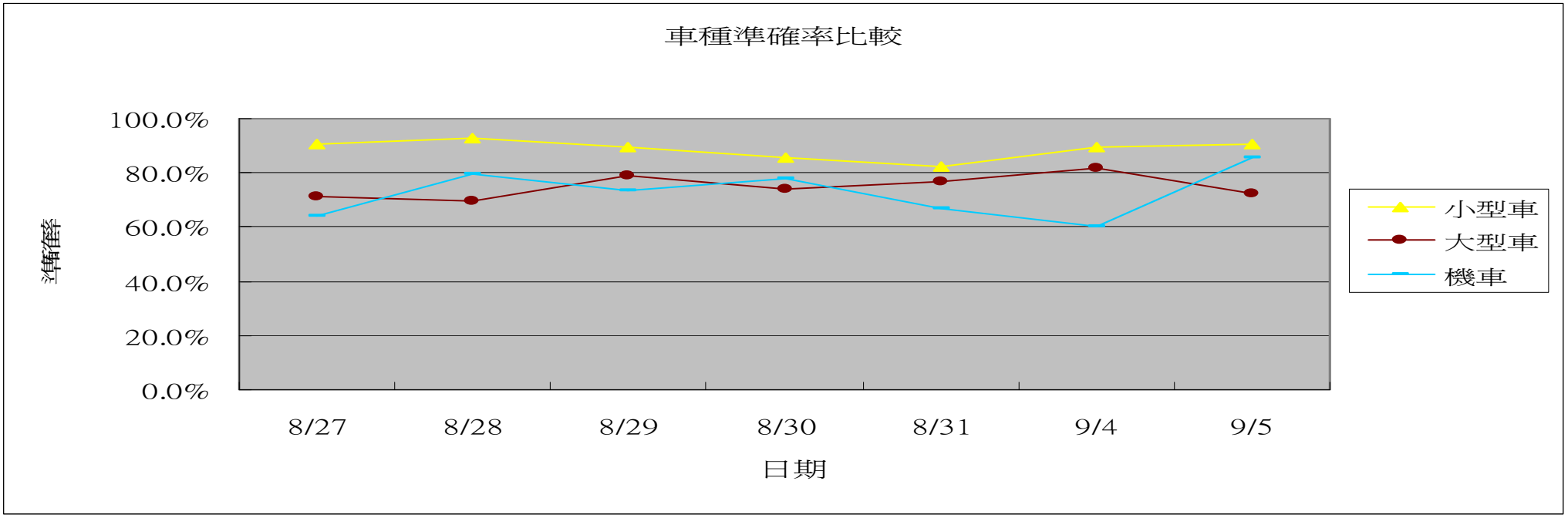


H.3 三號機分析：

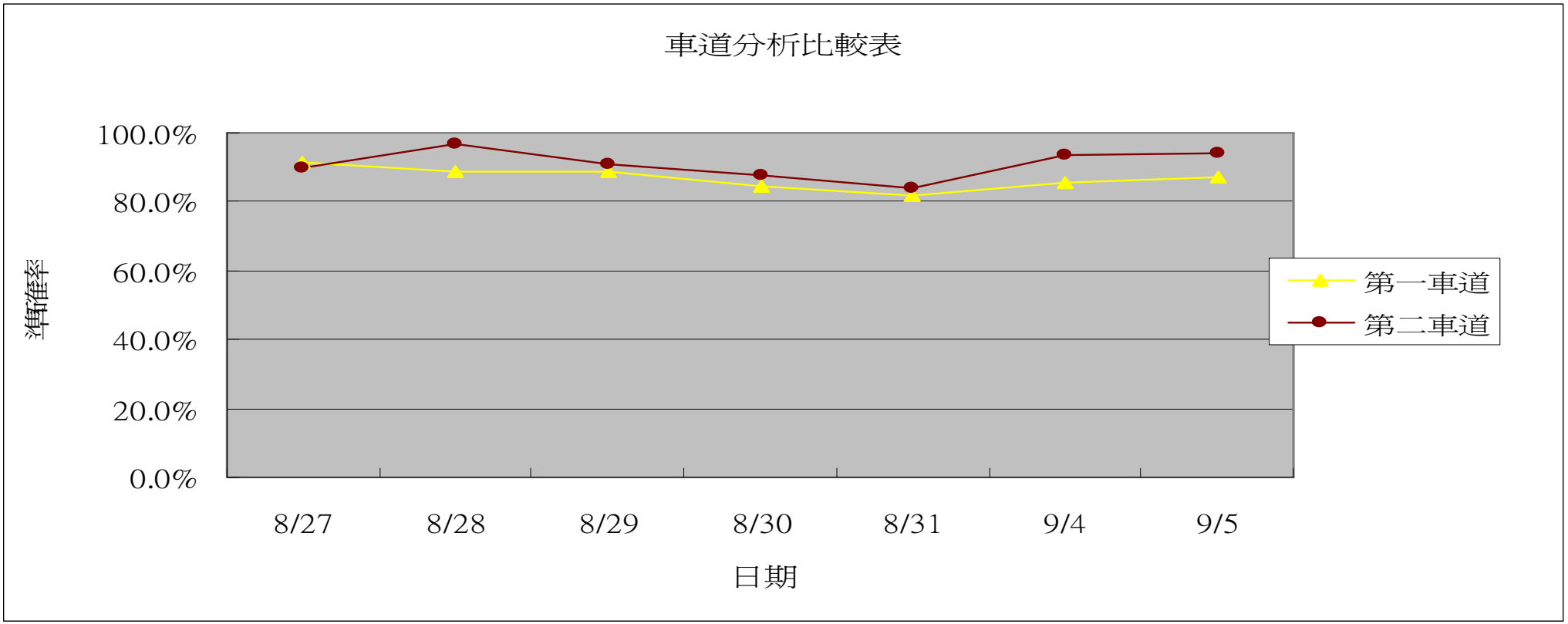
每日車流總量準確率比較	8/27	8/28	8/29	8/30	8/31	9/4	9/5
人工	12129	12982	11180	10539	10722	12053	10814
VD	10999	11984	10014	9046	8886	10787	9778
準確率	90.7%	92.3%	89.6%	85.8%	82.9%	89.5%	90.4%



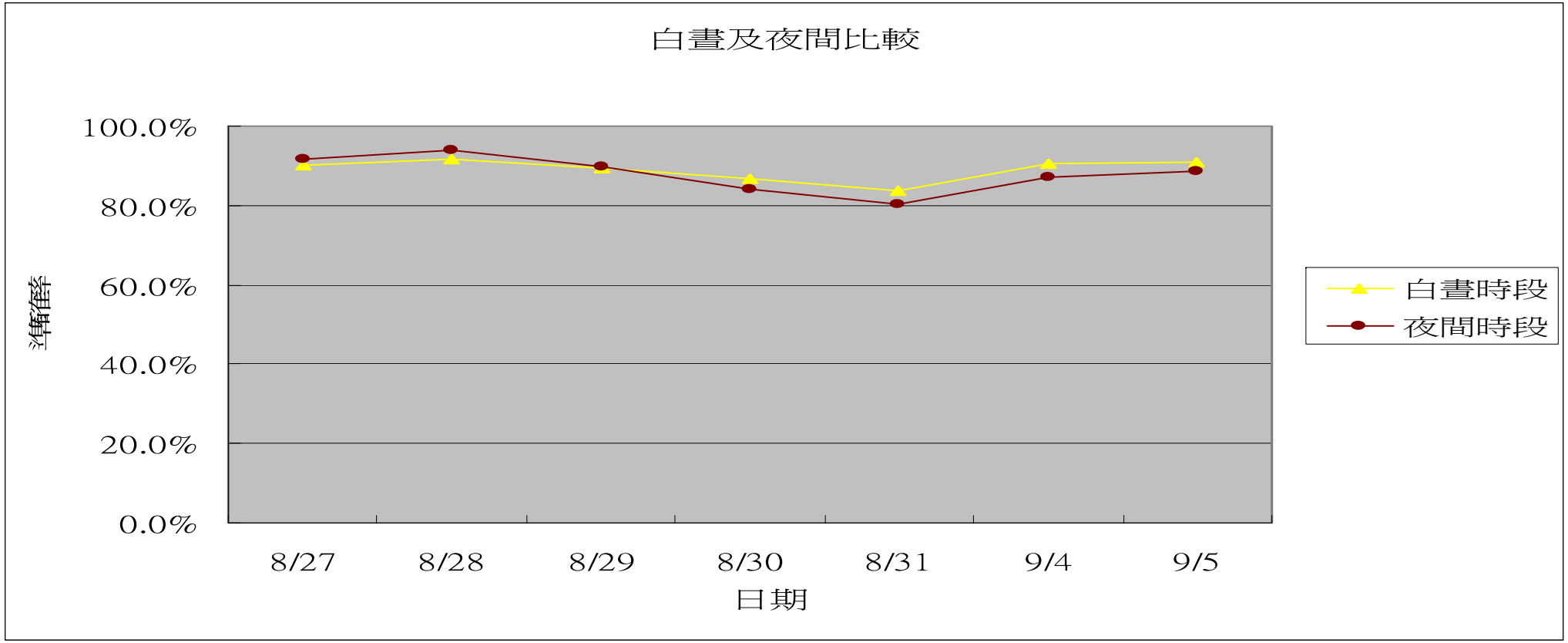
車種準確率比較	8/27	8/28	8/29	8/30	8/31	9/4	9/5
人工	12014	12829	11042	10385	10611	11951	10706
VD	10903	11876	9890	8897	8750	10664	9688
小型車	90.8%	92.6%	89.6%	85.7%	82.5%	89.2%	90.5%
人工	90	119	100	81	90	92	80
VD	64	83	79	60	111	109	58
大型車	71.1%	69.7%	79.0%	74.1%	76.7%	81.5%	72.5%
人工	25	34	38	73	21	10	28
VD	34	27	48	89	28	14	32
機車	64.0%	79.4%	73.7%	78.1%	66.7%	60.0%	85.7%



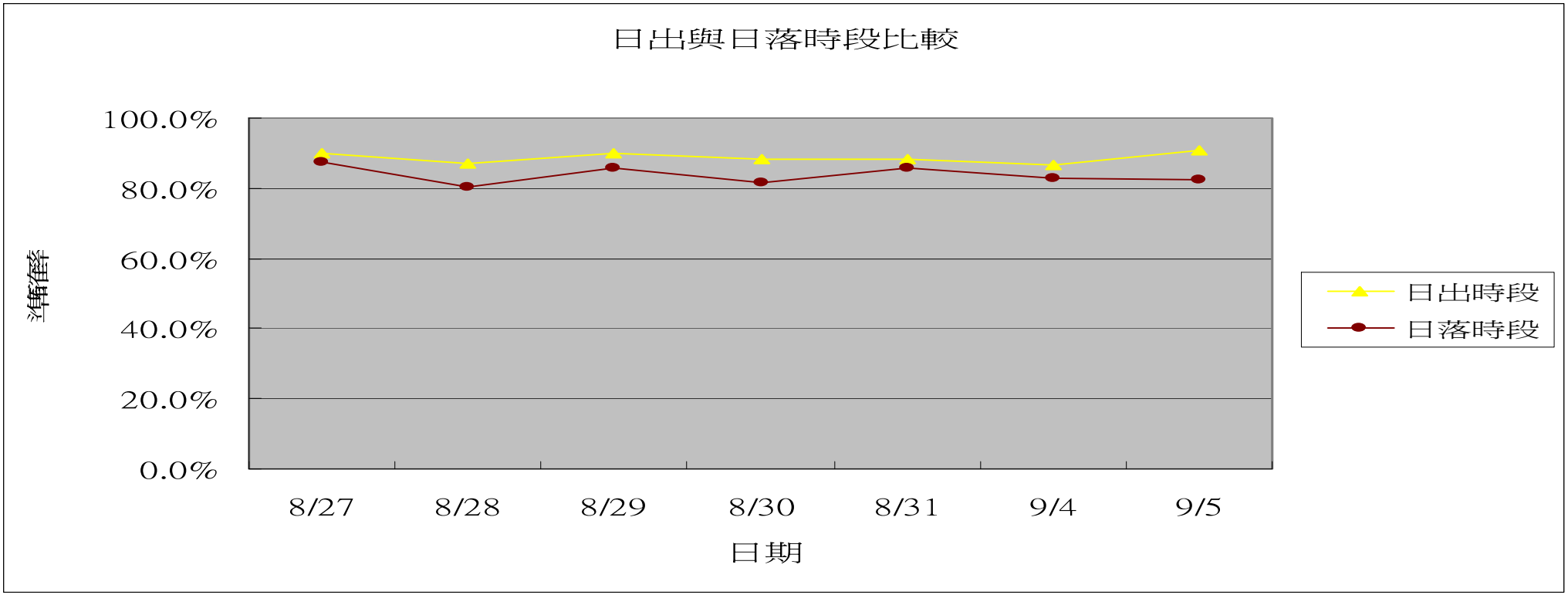
車道準確率比較	8/27	8/28	8/29	8/30	8/31	9/4	9/5
人工	6720	7268	6229	6181	6102	6375	5892
VD	6128	6440	5516	5232	4998	5465	5151
第一車道	91.2%	88.6%	88.6%	84.6%	81.9%	85.7%	87.4%
人工	5409	5714	4951	4358	4620	5678	4922
VD	4871	5544	4498	3814	3888	5322	4627
第二車道	90.1%	97.0%	90.9%	87.5%	84.2%	93.7%	94.0%



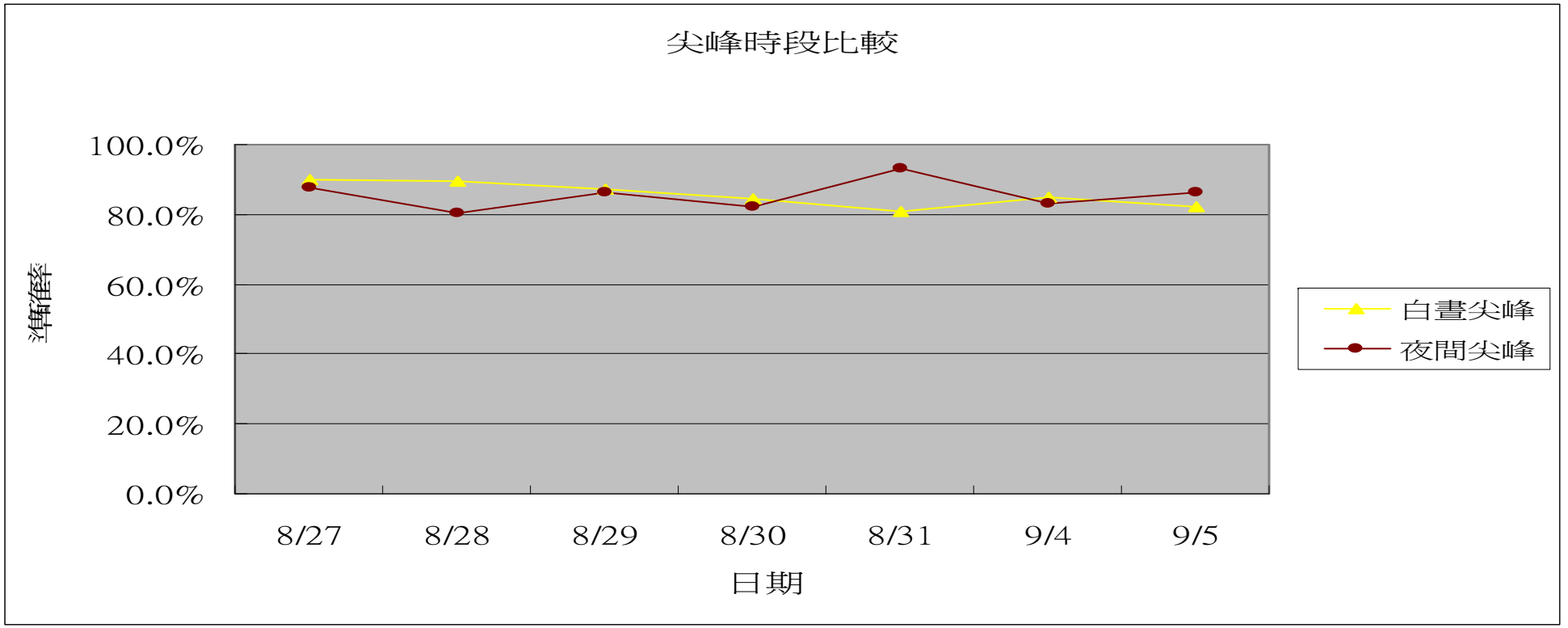
白晝及夜間比較	8/27	8/28	8/29	8/30	8/31	9/4	9/5
人工	8647	9056	7573	7113	7899	8648	7634
VD	7808	8299	6773	6169	6615	7821	6954
白晝時段	90.3%	91.6%	89.4%	86.7%	83.7%	90.4%	91.1%
人工	3482	3926	3607	3426	2823	3405	3180
VD	3191	3685	3241	2877	2271	2966	2824
夜間時段	91.6%	93.9%	89.9%	84.0%	80.4%	87.1%	88.8%



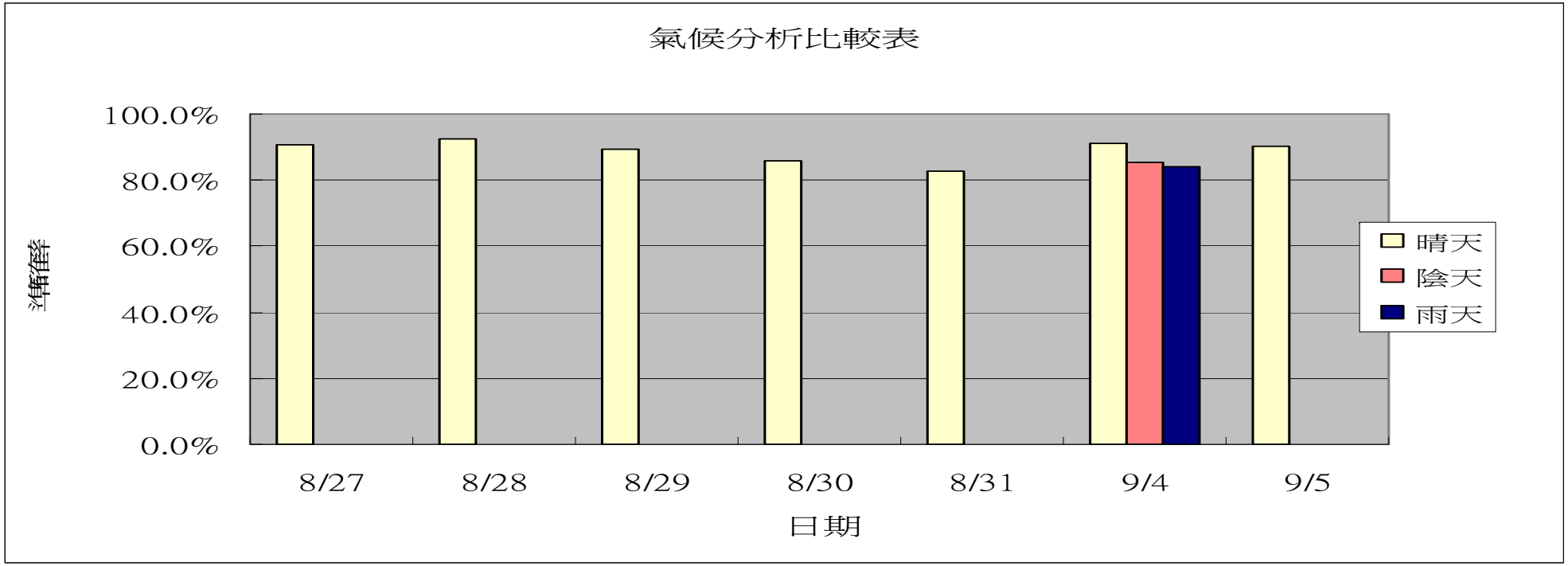
日出與日落時段比較	8/27	8/28	8/29	8/30	8/31	9/4	9/5
人工	172	176	213	203	85	97	119
VD	155	153	192	179	75	84	108
日出時段	90.1%	86.9%	90.1%	88.2%	88.2%	86.6%	90.8%
人工	1081	1092	803	726	980	1132	765
VD	946	877	688	592	839	939	632
日落時段	87.5%	80.3%	85.7%	81.5%	85.6%	83.0%	82.6%



尖峰時段比較	8/27	8/28	8/29	8/30	8/31	9/4	9/5
人工	1601	1751	962	804	1760	1734	952
VD	1439	1567	837	678	1423	1475	783
白晝尖峰	89.9%	89.5%	87.0%	84.3%	80.9%	85.1%	82.2%
人工	2001	2205	1590	1482	1670	2173	1557
VD	1756	1770	1369	1216	1556	1802	1343
夜間尖峰	87.8%	80.3%	86.1%	82.1%	93.2%	82.9%	86.3%

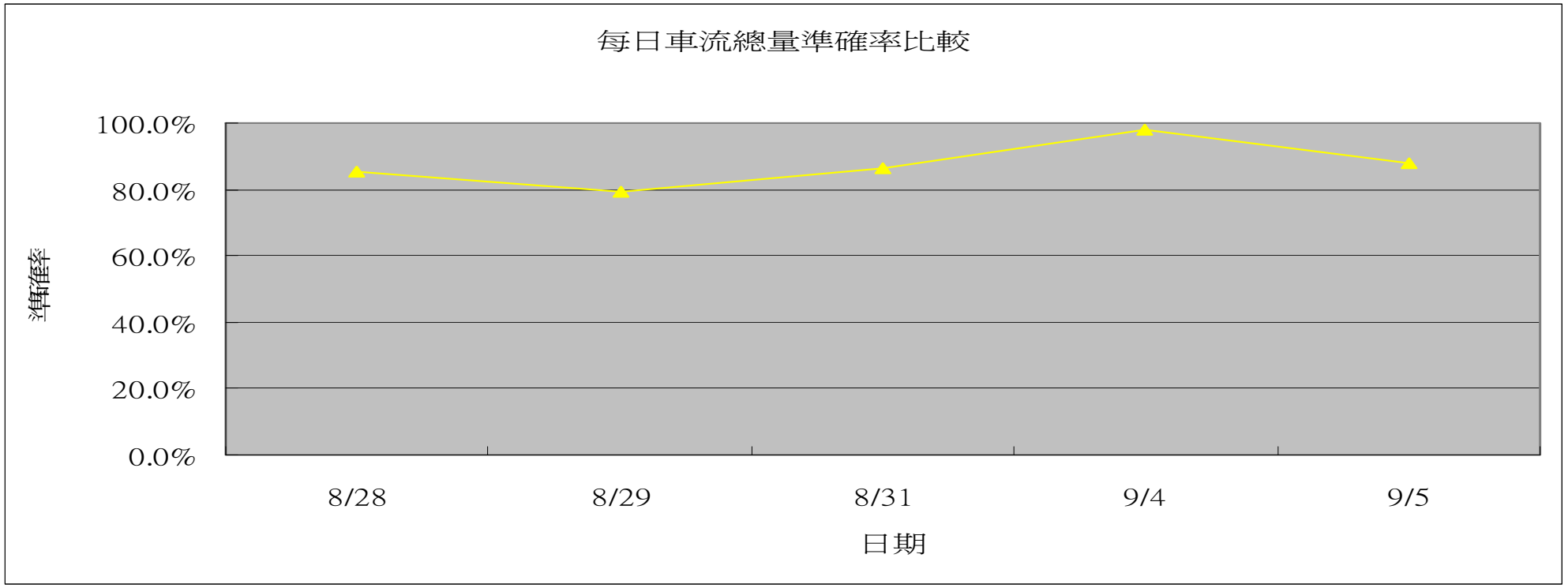


氣候準確率比較	8/27	8/28	8/29	8/30	8/31	9/4	9/5
人工	12129	12982	11180	10539	10722	8786	10814
VD	10999	11984	10014	9046	8886	8025	9778
晴天	90.7%	92.3%	89.6%	85.8%	82.9%	91.3%	90.4%
人工	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1044	N/A
VD	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	893	N/A
陰天	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	85.5%	N/A
人工	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2223	N/A
VD	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1869	N/A
雨天	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	84.1%	N/A

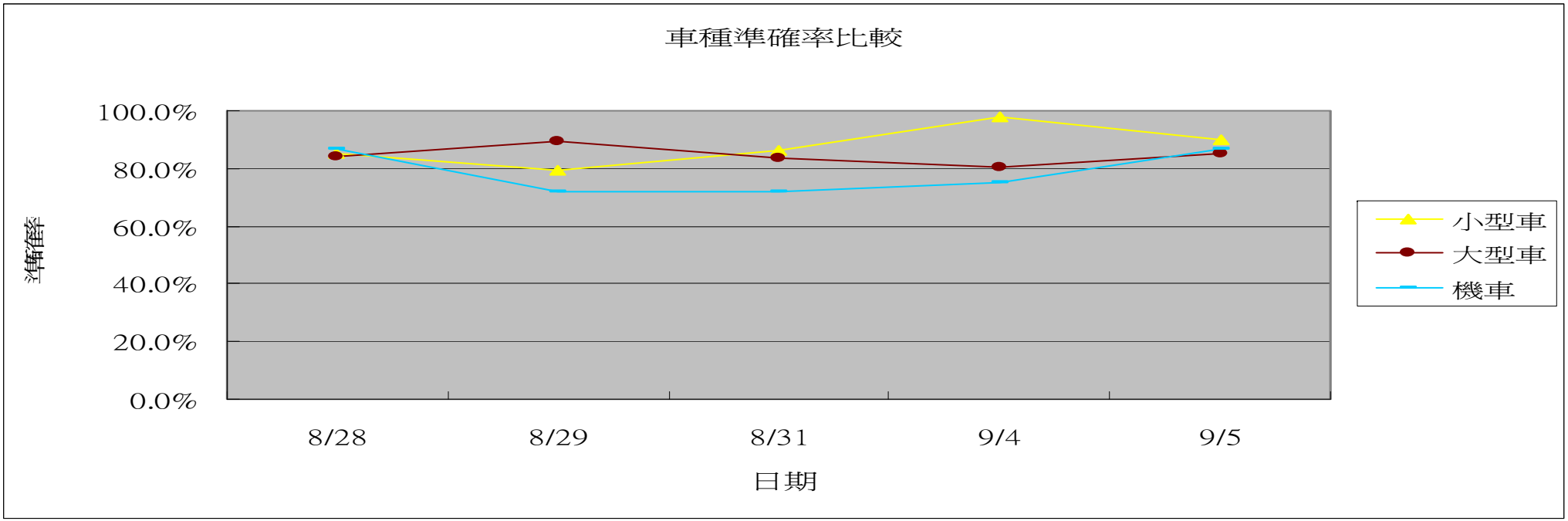


H.4 四號機分析：

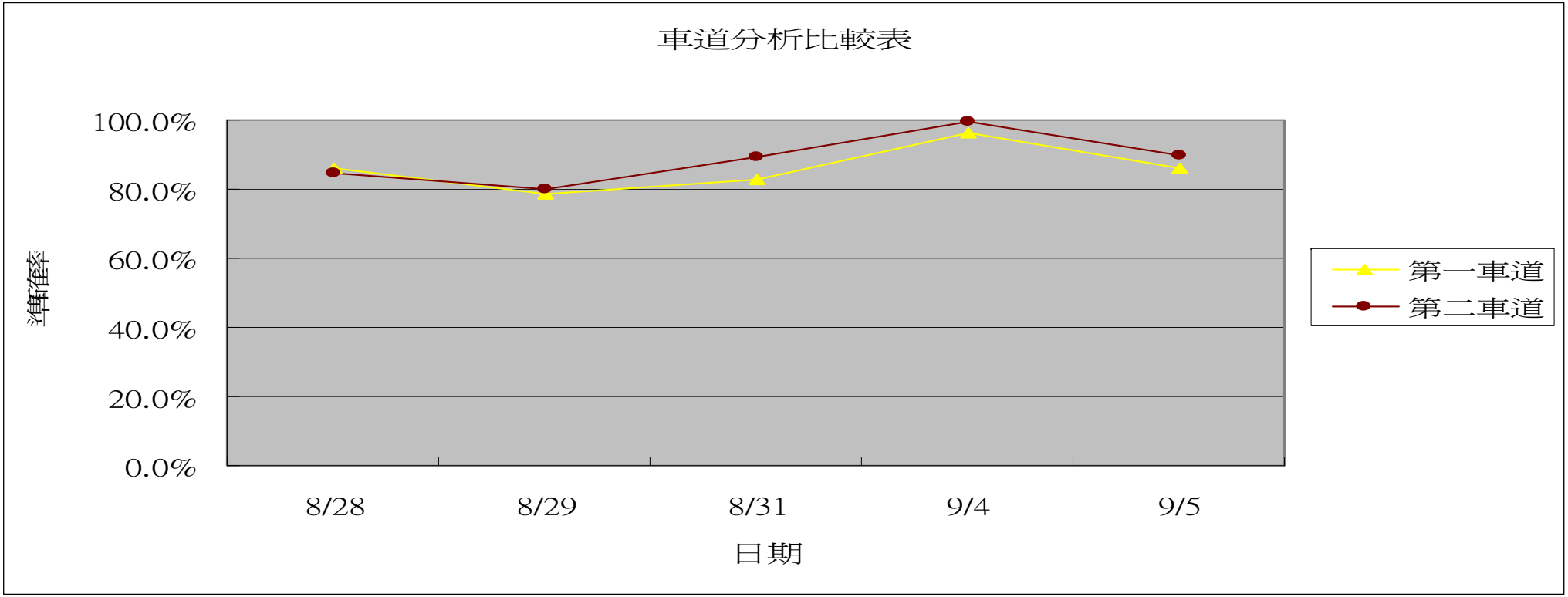
每日車流總量準確率比較	8/28	8/29	8/31	9/4	9/5
人工	39799	29473	44689	50529	43954
VD	33912	23407	38529	49469	38668
準確率	85.2%	79.4%	86.2%	97.9%	88.0%



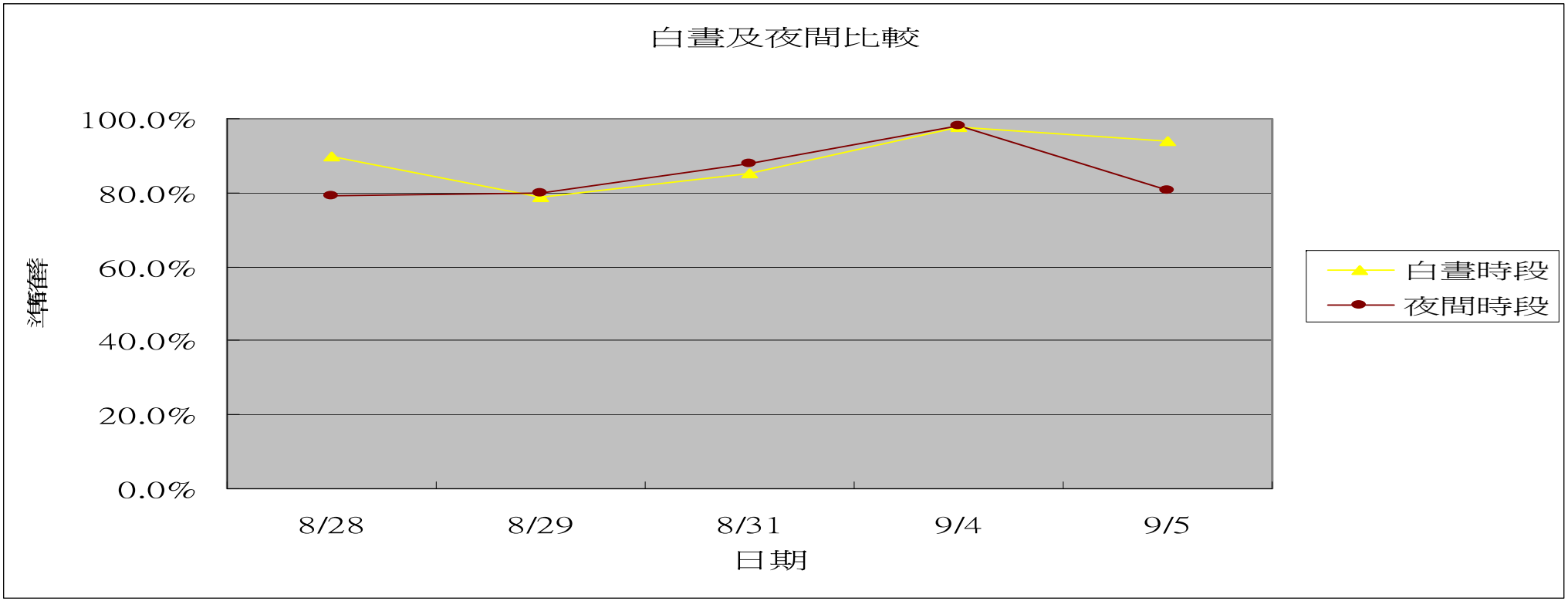
車種準確率比較	8/28	8/29	8/31	9/4	9/5
人工	39623	29254	44473	49999	43653
VD	33771	23244	38337	48833	39196
小型車	85.2%	79.5%	86.2%	97.7%	89.8%
人工	153	140	184	498	219
VD	129	125	154	596	251
大型車	84.3%	89.3%	83.7%	80.3%	85.4%
人工	23	79	32	32	82
VD	20	57	41	40	93
機車	87.0%	72.2%	71.9%	75.0%	86.6%



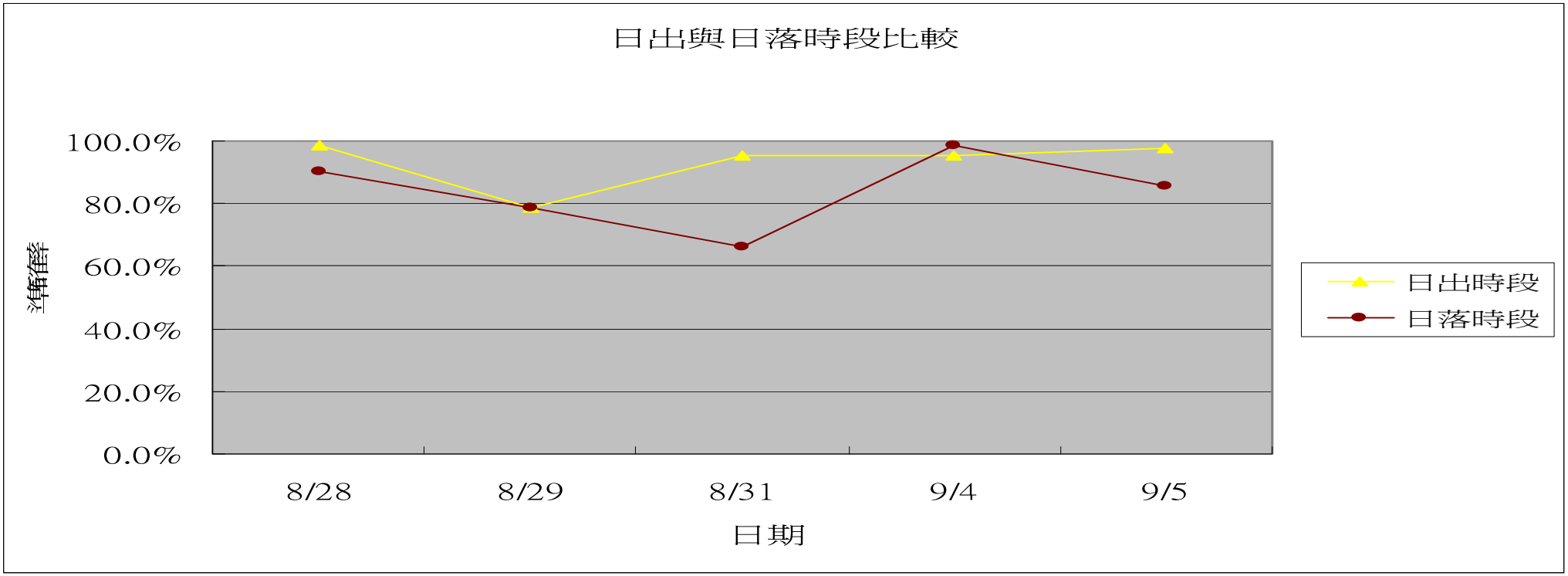
車道準確率比較	8/28	8/29	8/31	9/4	9/5
人工	18953	13788	21311	24454	20759
VD	16275	10867	17621	23560	17862
第一車道	85.9%	78.8%	82.7%	96.3%	86.0%
人工	20846	15685	23378	26075	23195
VD	17637	12540	20908	25909	20806
第二車道	84.6%	79.9%	89.4%	99.4%	89.7%



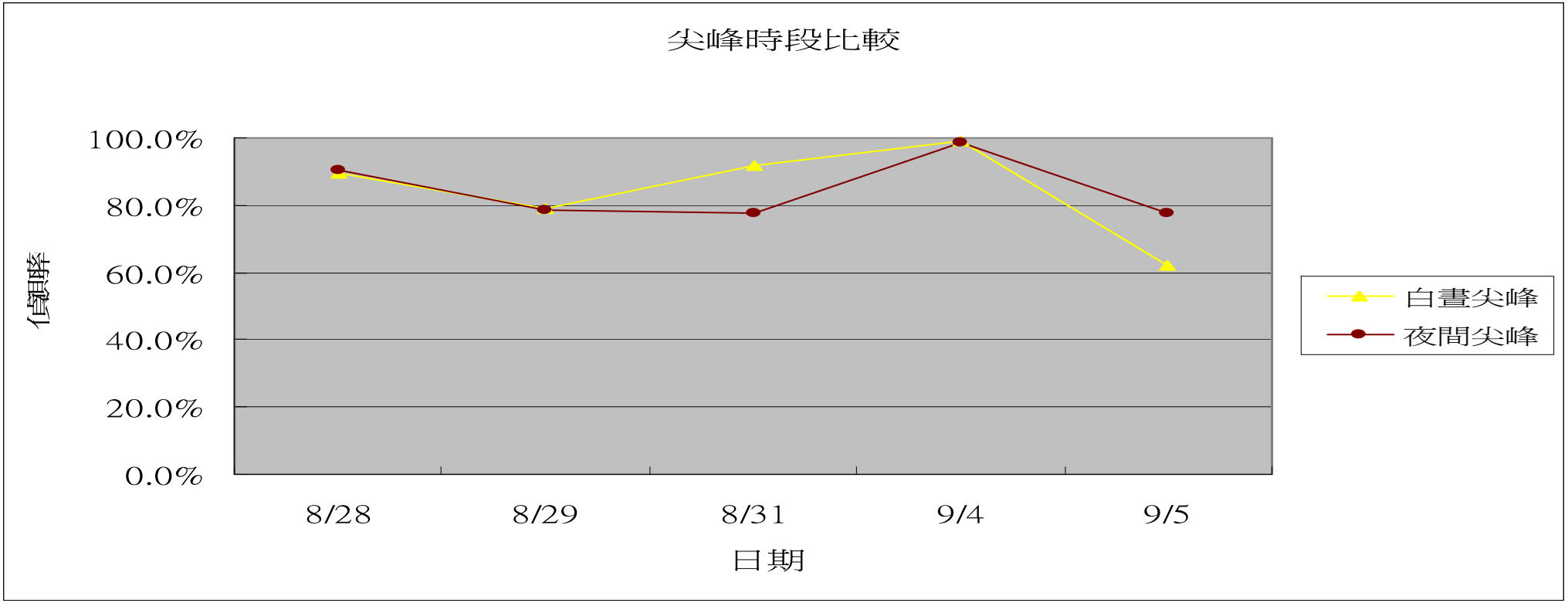
白晝及夜間比較	8/28	8/29	8/31	9/4	9/5
人工	22121	14825	29598	33522	30934
VD	19888	11701	25258	32764	29054
白晝時段	89.9%	78.9%	85.3%	97.7%	93.9%
人工	17678	14648	15091	17007	13020
VD	14024	11706	13271	16705	10481
夜間時段	79.3%	79.9%	87.9%	98.2%	80.5%



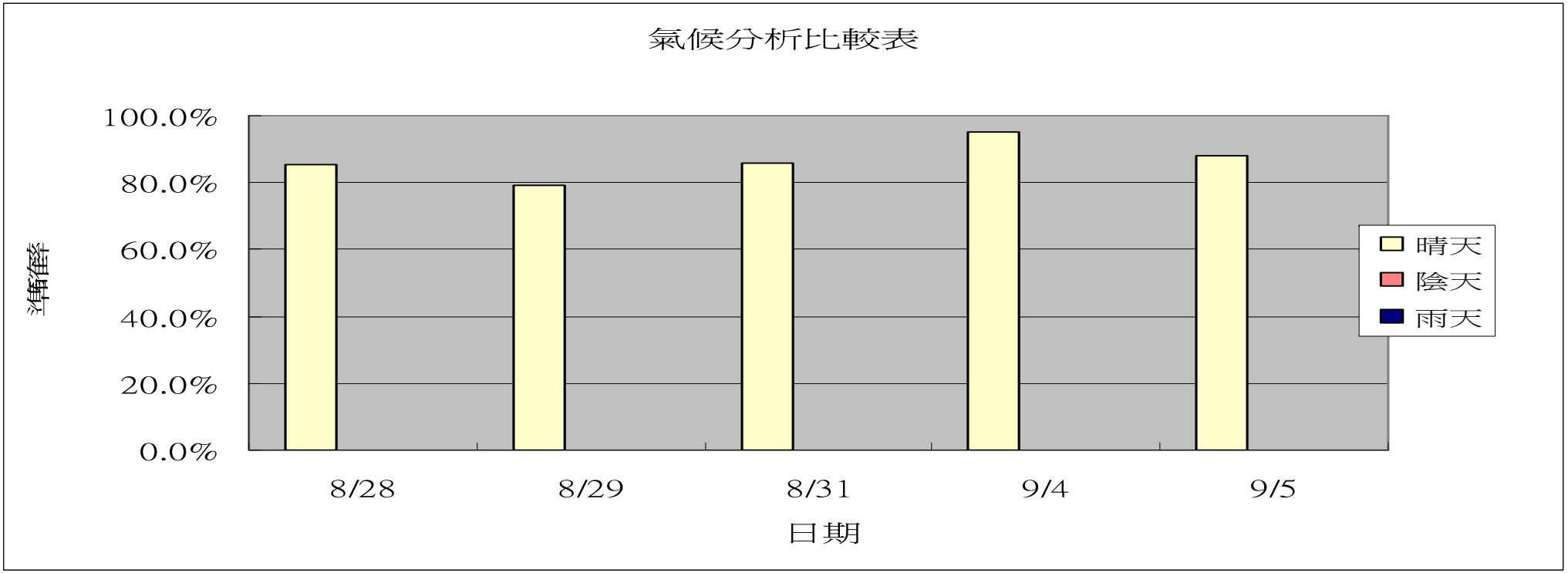
日出與日落時段比較	8/28	8/29	8/31	9/4	9/5
人工	448	548	362	408	515
VD	442	432	379	427	527
日出時段	98.7%	78.8%	95.3%	95.3%	97.7%
人工	2123	2375	3644	3441	2644
VD	1920	1869	2410	3489	2264
日落時段	90.4%	78.7%	66.1%	98.6%	85.6%



尖峰時段比較	8/28	8/29	8/31	9/4	9/5
人工	5127	3166	5395	5428	3961
VD	4586	2500	5845	5384	2457
白晝尖峰	89.4%	79.0%	91.7%	99.2%	62.0%
人工	2123	4660	7034	7006	5574
VD	1920	3669	5445	7099	4334
夜間尖峰	90.4%	78.7%	77.4%	98.7%	77.8%

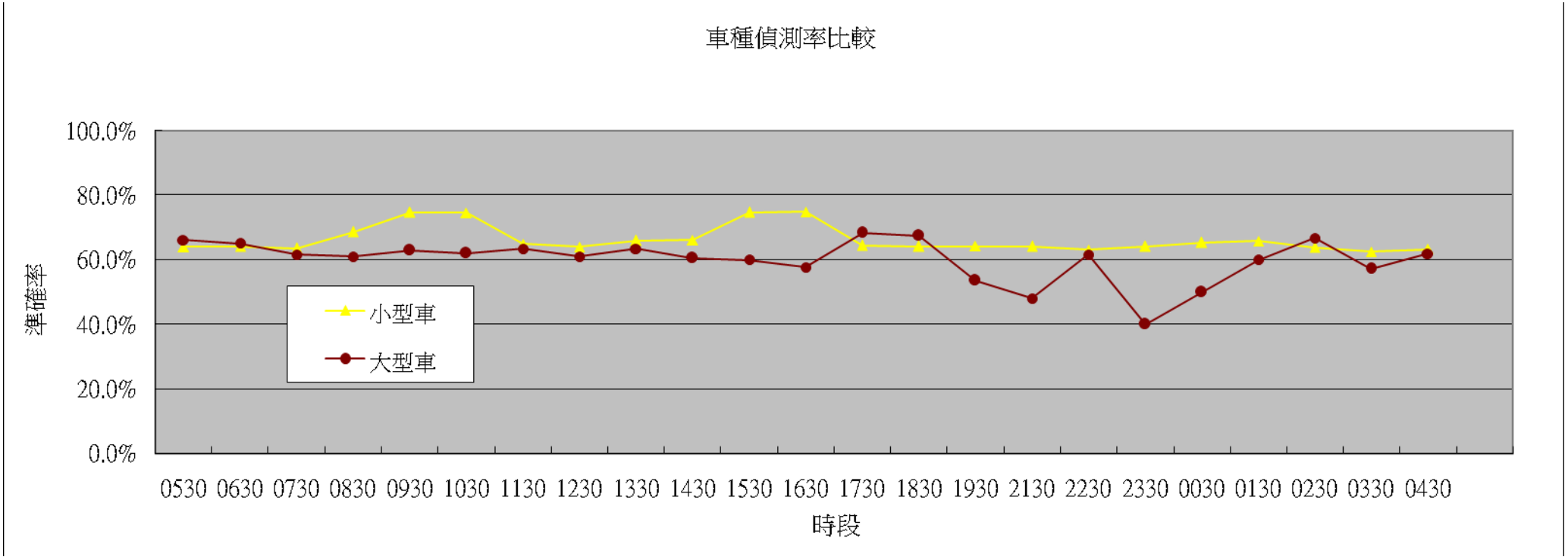


氣候準確率比較	8/28	8/29	8/31	9/4	9/5
人工	39689	29473	44579	12683	43954
VD	33822	23407	38323	12075	38668
晴天	85.2%	79.4%	86.0%	95.2%	88.0%
人工	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
VD	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
陰天	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
人工	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
VD	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
雨天	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

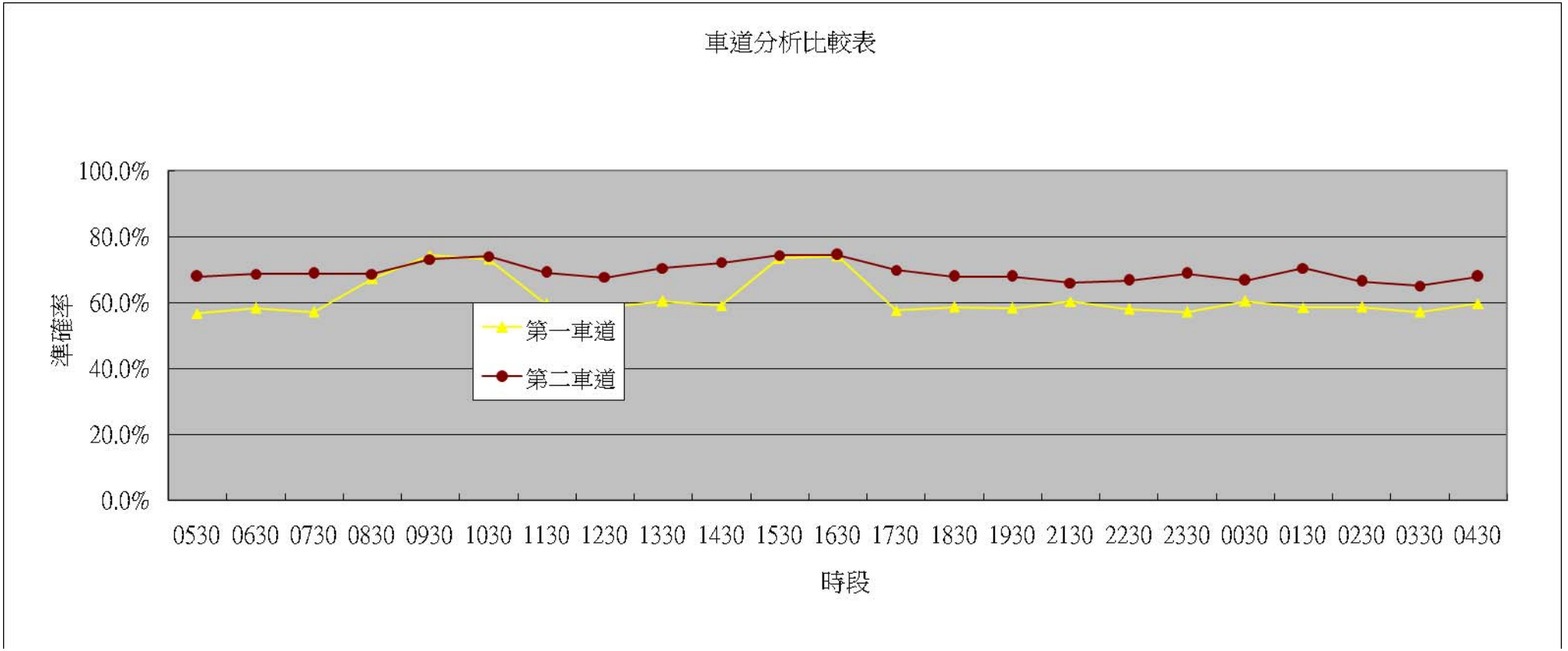


H.5 五號機分析：

時段	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730	1830	1930	2030	2130	2230	2330	0030	0130	0230	0330	0430
人工	569	2062	2361	2148	1706	1589	1499	1555	1830	1649	1718	1961	1952	1588	1336	1319	1216	947	538	343	286	268	235	308
VD	364	1322	1499	1476	1274	1185	973	995	1207	1090	1282	1467	1257	1019	858	841	780	598	345	224	188	171	147	195
小型車	64.0%	64.1%	63.5%	68.7%	74.7%	74.6%	64.9%	64.0%	66.0%	66.1%	74.6%	74.8%	64.4%	64.2%	64.2%	63.76%	64.1%	63.1%	64.1%	65.3%	65.7%	63.8%	62.6%	63.3%
人工	56	43	65	136	81	100	90	77	90	76	90	59	41	43	28	25	25	13	5	14	5	9	7	21
VD	37	28	40	83	51	62	57	47	57	46	54	34	28	29	15	15	12	8	2	7	3	6	4	13
大型車	66.1%	65.1%	61.5%	61.0%	63.0%	62.0%	63.3%	61.0%	63.3%	60.5%	60.0%	57.6%	68.3%	67.4%	53.6%	60.00%	48.0%	61.5%	40.0%	50.0%	60.0%	66.7%	57.1%	61.9%

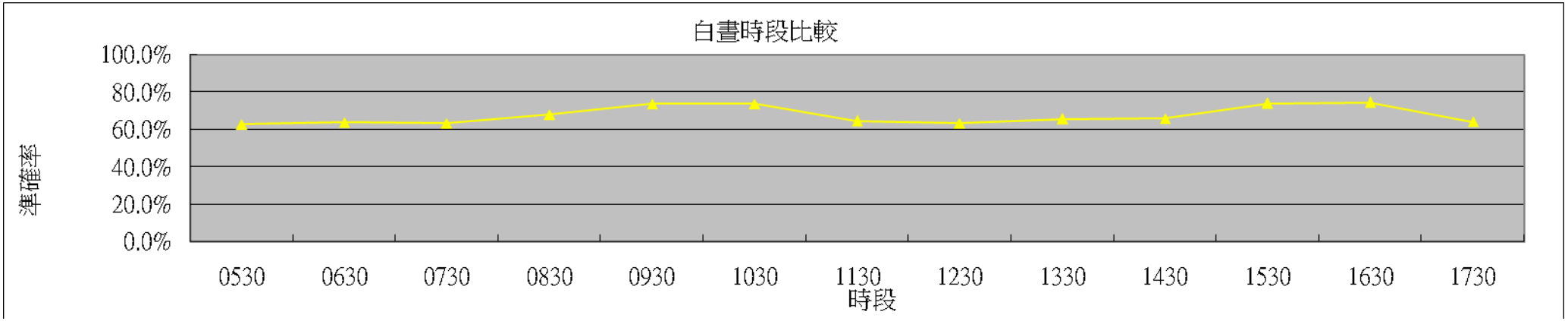


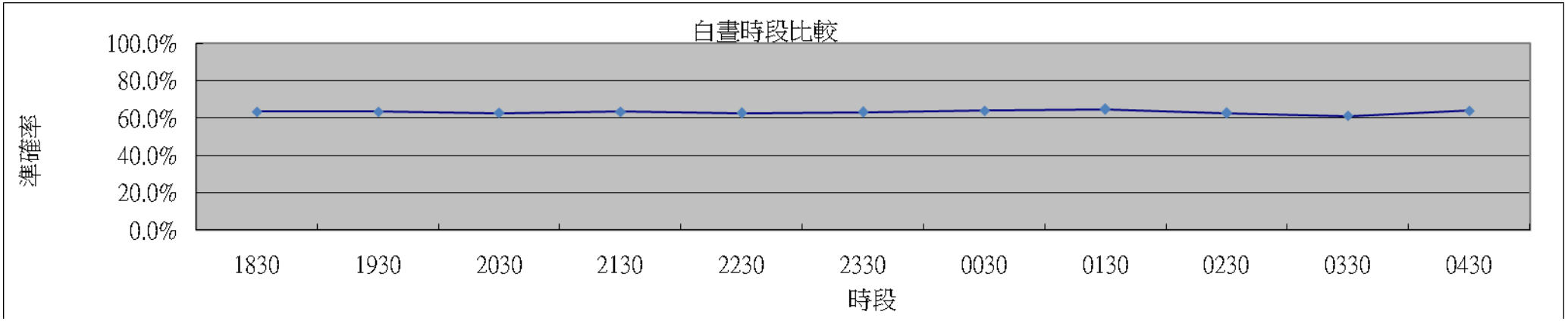
時段	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730	1830	1930	2030	2130	2230	2330	0030	0130	0230	0330	0430
人工	296	1014	1171	1099	819	772	774	775	919	834	859	974	938	789	637	627	580	462	268	159	142	138	119	161
VD	168	592	669	740	609	566	461	453	555	493	631	722	541	463	372	370	350	268	153	96	83	81	68	96
第一車道	56.8%	58.4%	57.1%	67.3%	74.4%	73.3%	59.6%	58.5%	60.4%	59.1%	73.5%	74.1%	57.7%	58.7%	58.4%	59.01%	60.3%	58.0%	57.1%	60.4%	58.5%	58.7%	57.1%	59.6%
人工	330	1100	1264	1191	977	917	819	863	1002	891	949	1046	1060	860	737	734	670	508	282	201	152	140	123	168
VD	224	755	869	817	715	679	566	584	706	643	705	779	740	584	500	484	442	339	194	134	107	93	80	114
第二車道	67.9%	68.6%	68.8%	68.6%	73.2%	74.0%	69.1%	67.7%	70.5%	72.2%	74.3%	74.5%	69.8%	67.9%	67.8%	65.94%	66.0%	66.7%	68.8%	66.7%	70.4%	66.4%	65.0%	67.9%



白晝時段	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730
人工	626	2114	2435	2290	1796	1689	1593	1638	1921	1725	1808	2020	1998
VD	392	1347	1538	1557	1324	1245	1027	1037	1261	1136	1336	1501	1281
準確率	62.6%	63.7%	63.2%	68.0%	73.7%	73.7%	64.5%	63.3%	65.6%	65.9%	73.9%	74.3%	64.1%

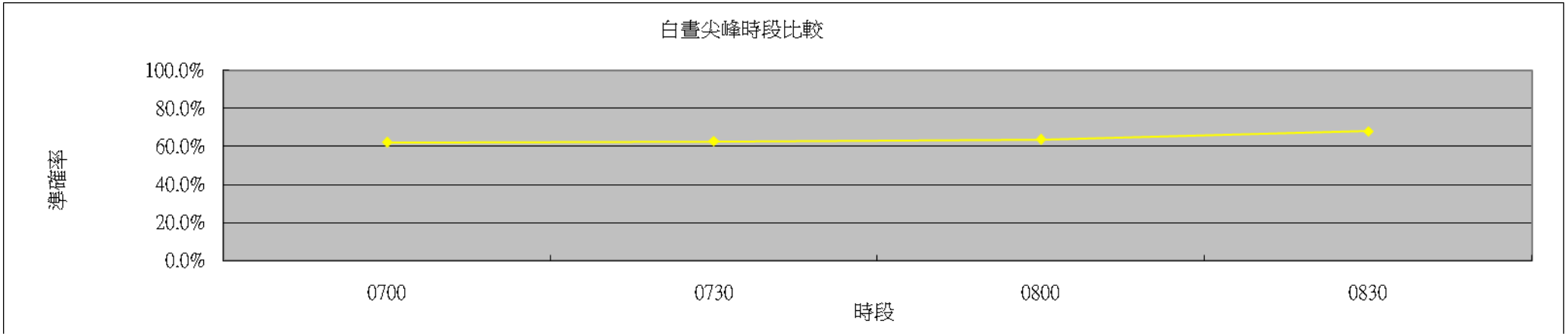
夜間時段	1830	1930	2030	2130	2230	2330	0030	0130	0230	0330	0430
人工	1649	1374	1361	1250	970	550	360	294	278	242	329
VD	1047	872	854	792	607	347	230	190	174	148	210
準確率	63.5%	63.5%	62.7%	63.4%	62.6%	63.1%	63.9%	64.6%	62.6%	61.2%	63.8%

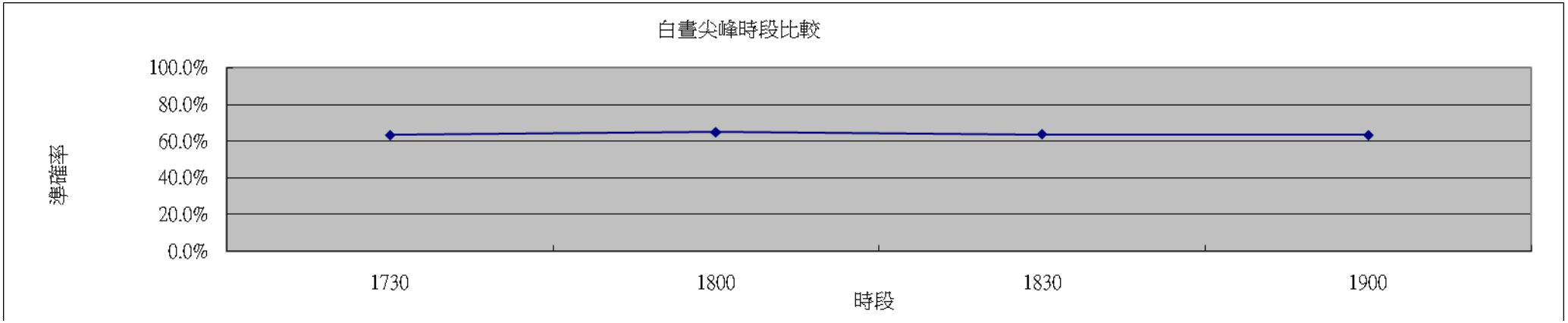




白畫尖峰時段	0700	0730	0800	0830
人工	1296	1486	949	1240
VD	805	933	605	844
準確率	62.1%	62.8%	63.8%	68.1%
夜間尖峰時段	1730	1800	1830	1900
人工	1025	973	882	767
VD	650	631	562	485
準確率	63.4%	64.9%	63.7%	63.2%

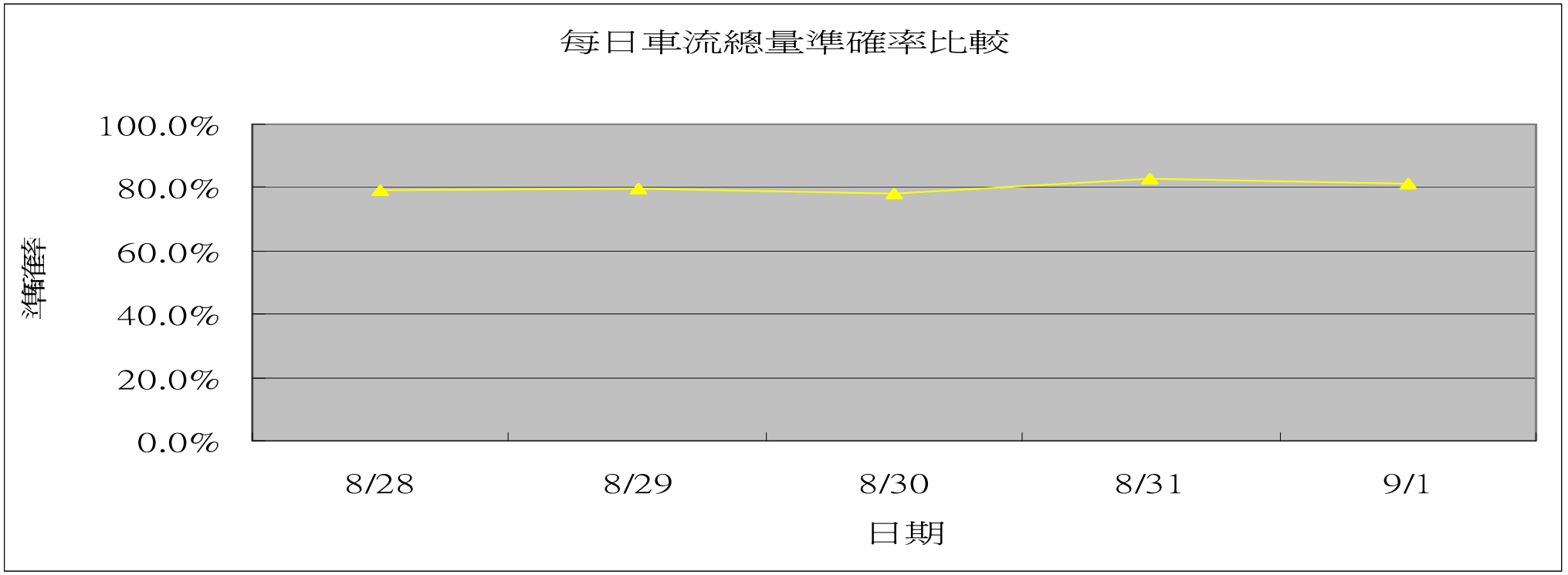
日出時段		0500	0530
日出(0500-0600)	人工	207	242
	VD	129	156
	準確率	62.3%	64.5%
日落時段		1800	1830
日落(1800-1900)	人工	973	882
	VD	631	562
	準確率	64.9%	63.7%



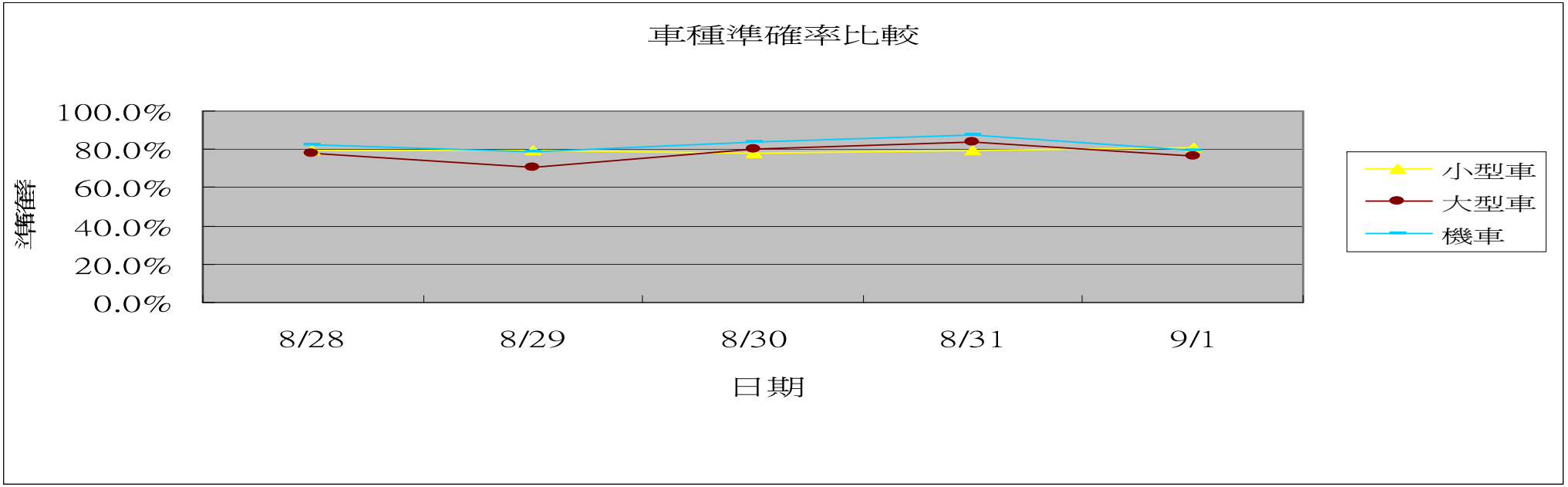


H.6 六號機分析：

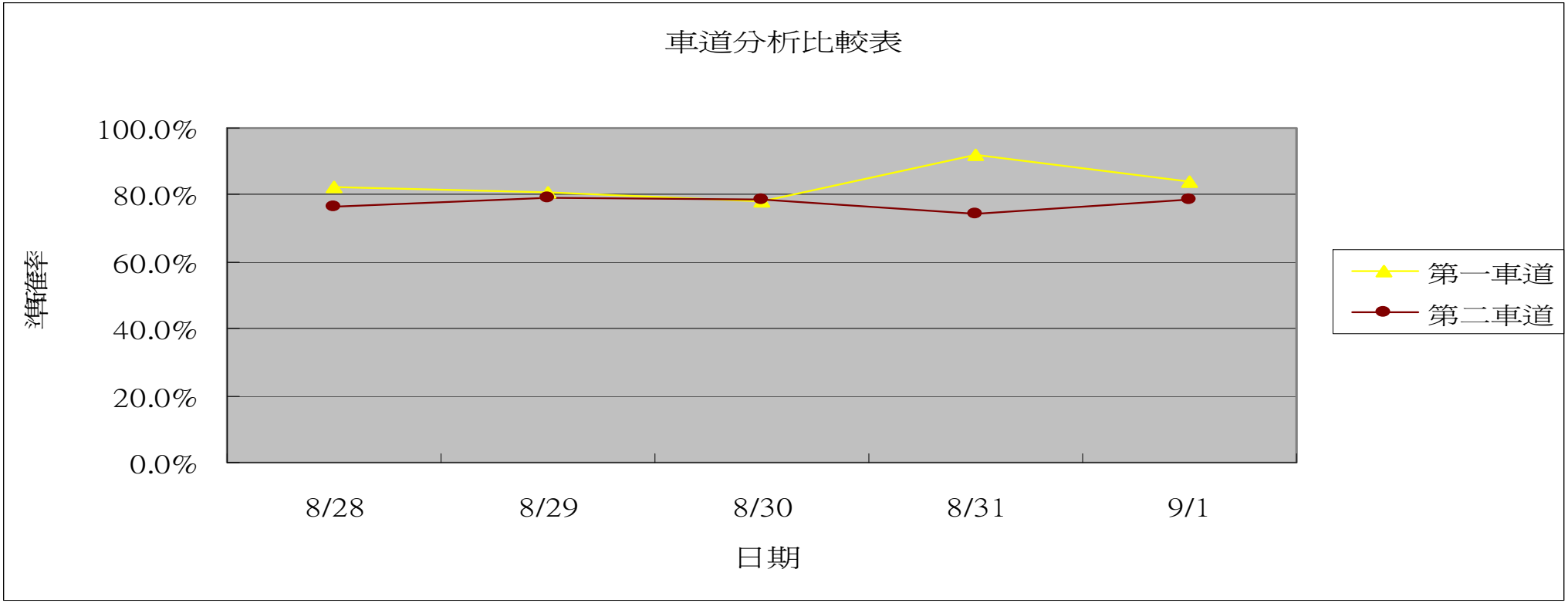
每日車流總量準確率比較	8/28	8/29	8/30	8/31	9/1
人工	28675	22532	18849	27041	27436
VD	22740	17954	14761	22367	22311
準確率	79.3%	79.7%	78.3%	82.7%	81.3%



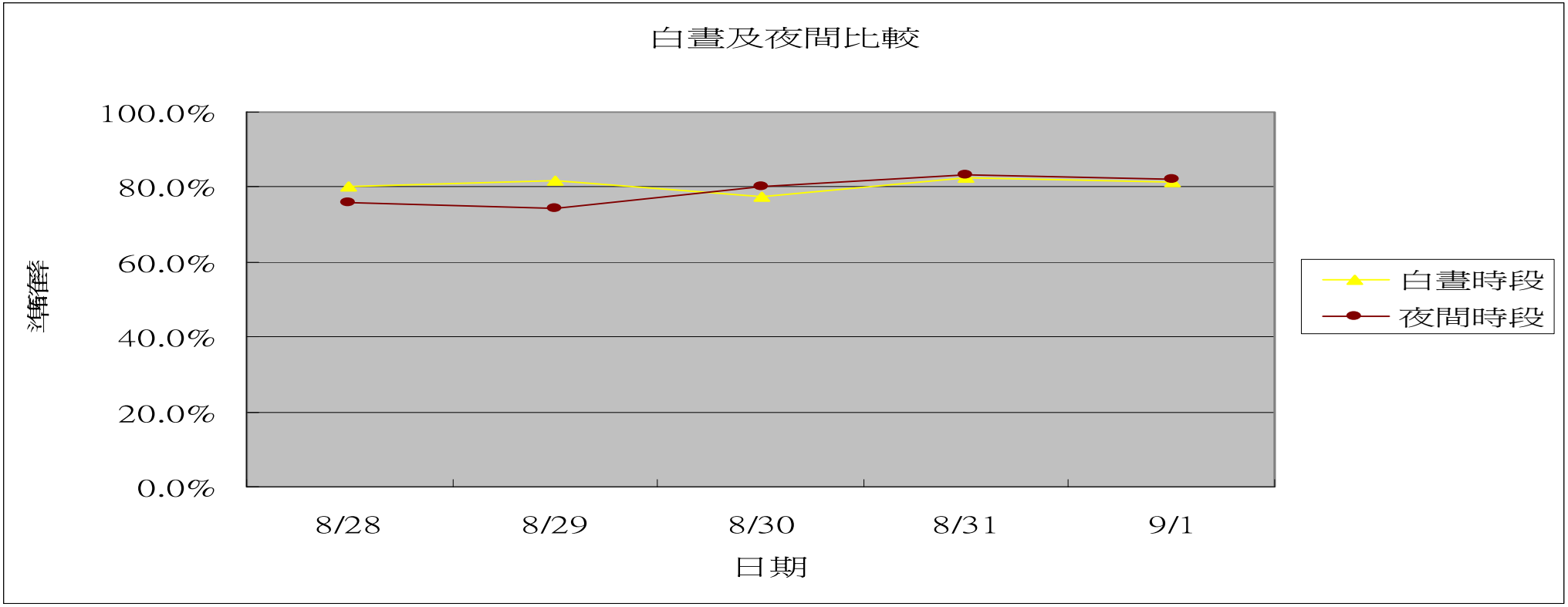
車種準確率比較	8/28	8/29	8/30	8/31	9/1
人工	28283	22154	18516	24804	27126
VD	22429	17643	14367	19780	21953
小型車	79.3%	79.6%	77.6%	79.7%	80.9%
人工	285	251	191	2174	252
VD	223	178	229	2523	312
大型車	78.2%	70.9%	80.1%	83.9%	76.2%
人工	107	127	142	63	58
VD	88	154	165	71	46
機車	82.2%	78.7%	83.8%	87.3%	79.3%



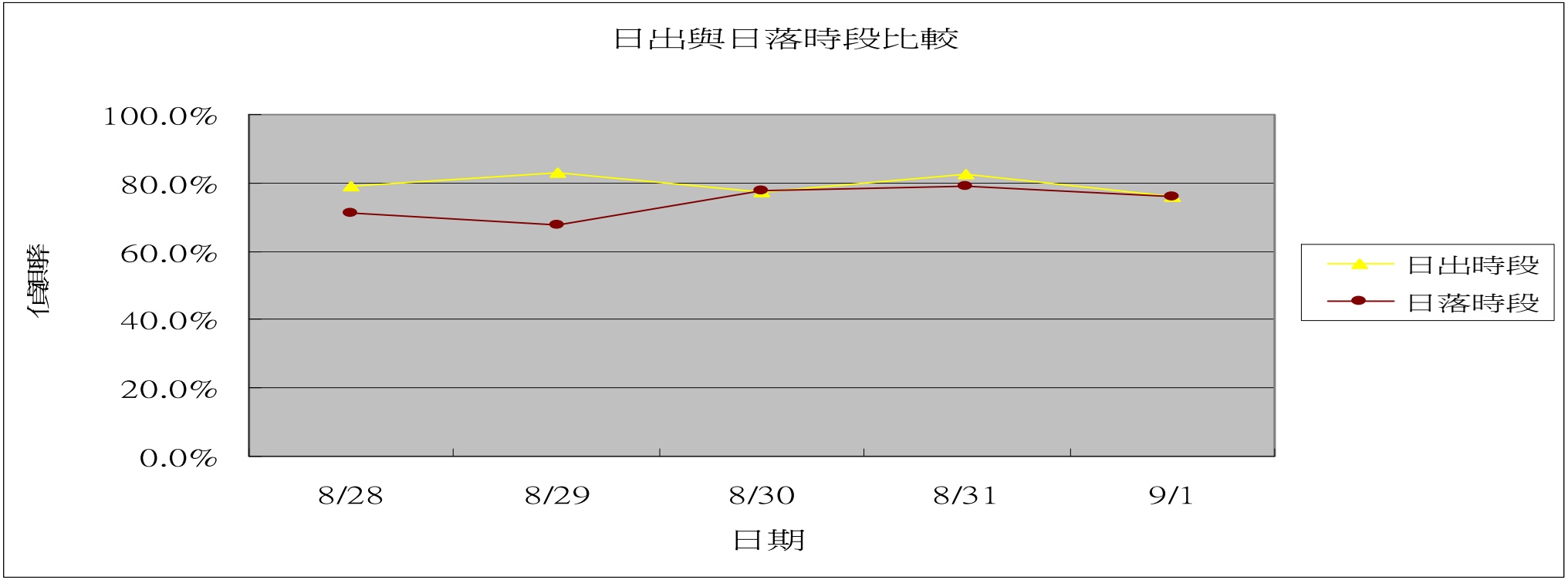
車道準確率比較	8/28	8/29	8/30	8/31	9/1
人工	13870	10355	8527	13052	13133
VD	11410	8346	6652	11986	11039
第一車道	82.3%	80.6%	78.0%	91.8%	84.1%
人工	14805	12177	10322	13989	14303
VD	11330	9608	8109	10381	11272
第二車道	76.5%	78.9%	78.6%	74.2%	78.8%



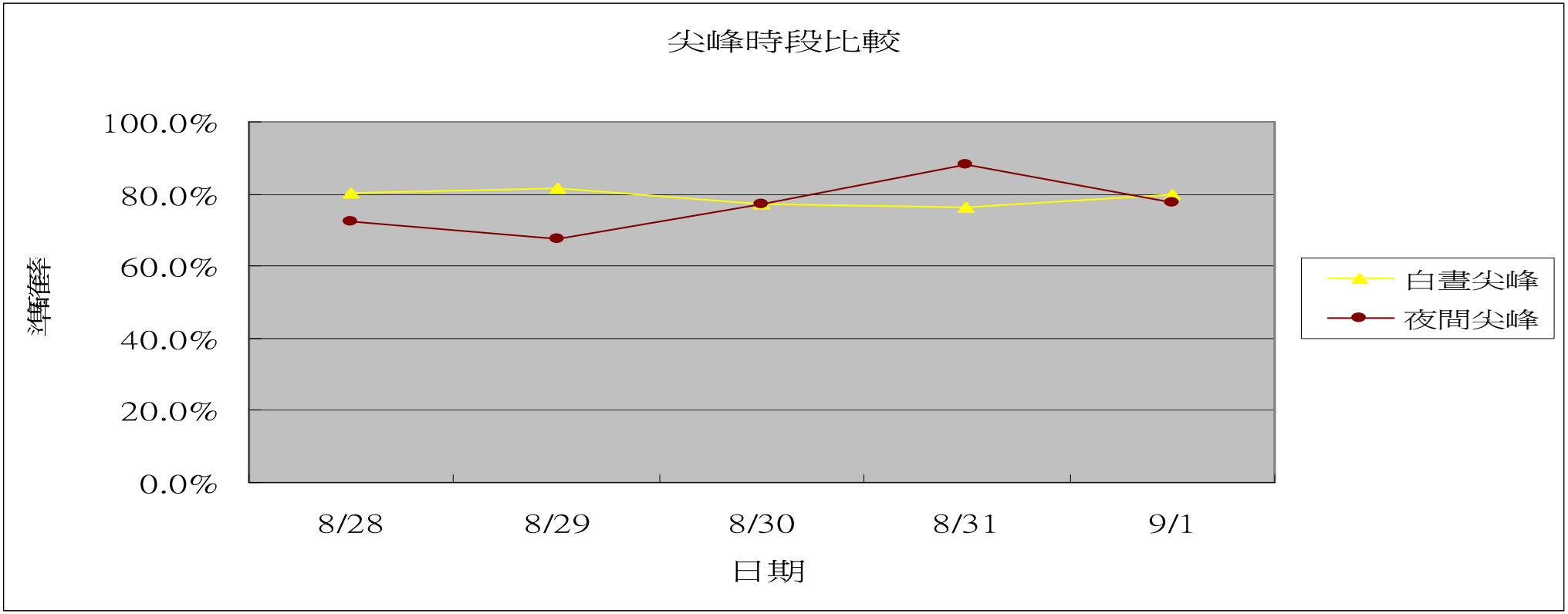
白晝及夜間比較	8/28	8/29	8/30	8/31	9/1
人工	22046	16279	12757	21676	21964
VD	17710	13308	9889	17891	17829
白晝時段	80.3%	81.7%	77.5%	82.5%	81.2%
人工	6629	6253	6092	5365	5472
VD	5030	4646	4872	4476	4482
夜間時段	75.9%	74.3%	80.0%	83.4%	81.9%



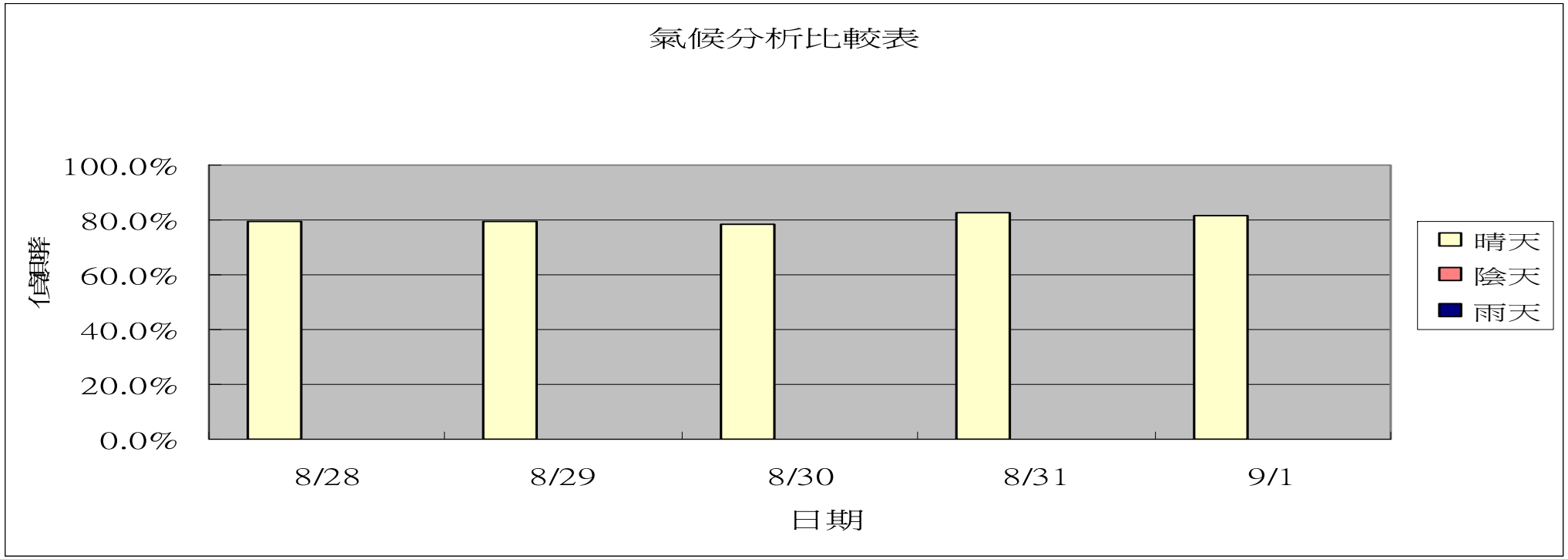
日出與日落時段比較	8/28	8/29	8/30	8/31	9/1
人工	177	212	207	189	205
VD	140	176	160	156	156
日出時段	79.1%	83.0%	77.3%	82.5%	76.1%
人工	2170	1430	1318	1812	1850
VD	1549	966	1024	2191	1405
日落時段	71.4%	67.6%	77.7%	79.1%	75.9%



尖峰時段比較	8/28	8/29	8/30	8/31	9/1
人工	5603	2354	1487	6089	6023
VD	4508	1918	1149	4651	4815
白晝尖峰	80.5%	81.5%	77.3%	76.4%	79.9%
人工	4123	3083	2790	3635	3654
VD	2979	2088	2154	4067	2841
夜間尖峰	72.3%	67.7%	77.2%	88.1%	77.8%

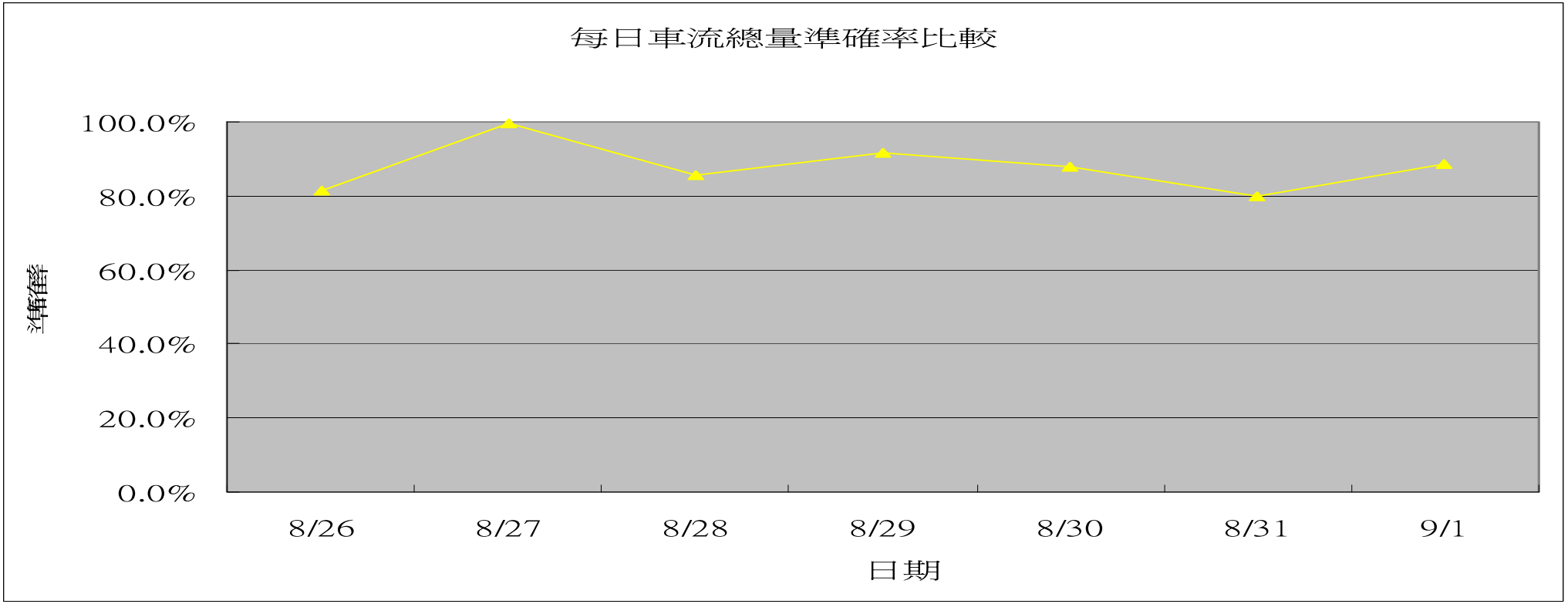


氣候準確率比較	8/28	8/29	8/30	8/31	9/1
人工	28675	22532	18849	27041	27436
VD	22740	17954	14761	22367	22311
晴天	79.3%	79.7%	78.3%	82.7%	81.3%
人工	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
VD	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
陰天	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
人工	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
VD	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
雨天	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

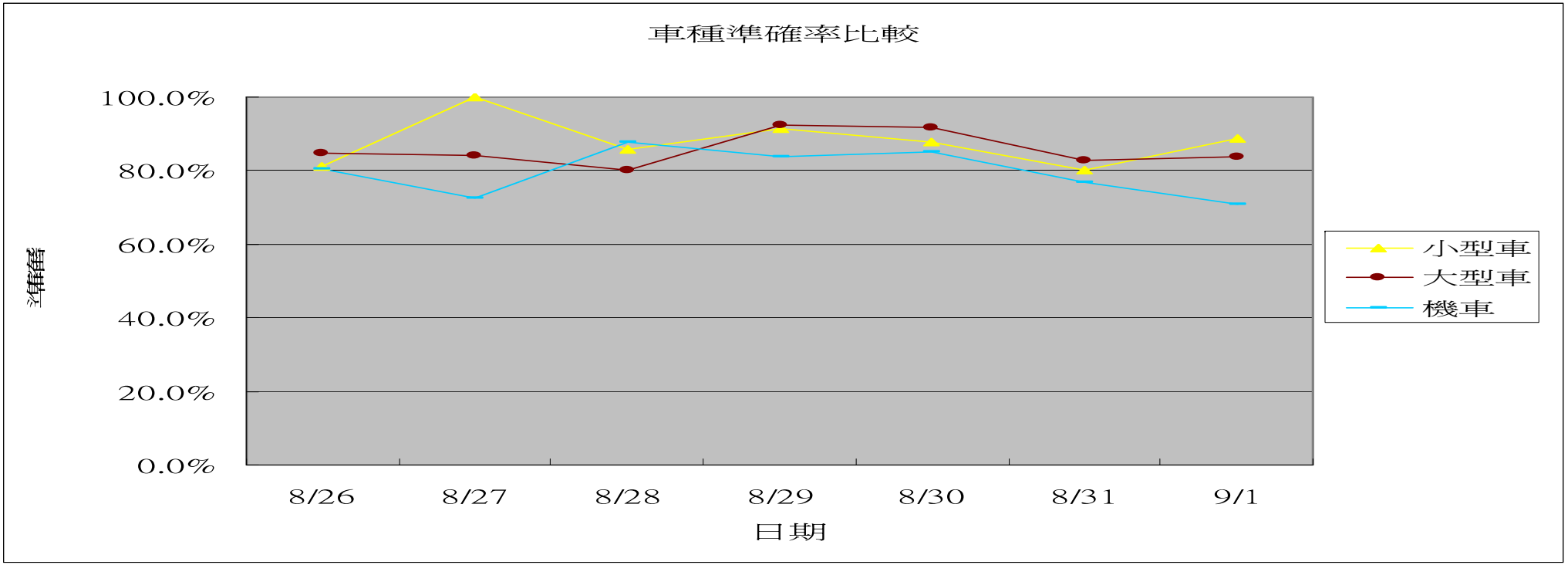


H.7 七號機分析：

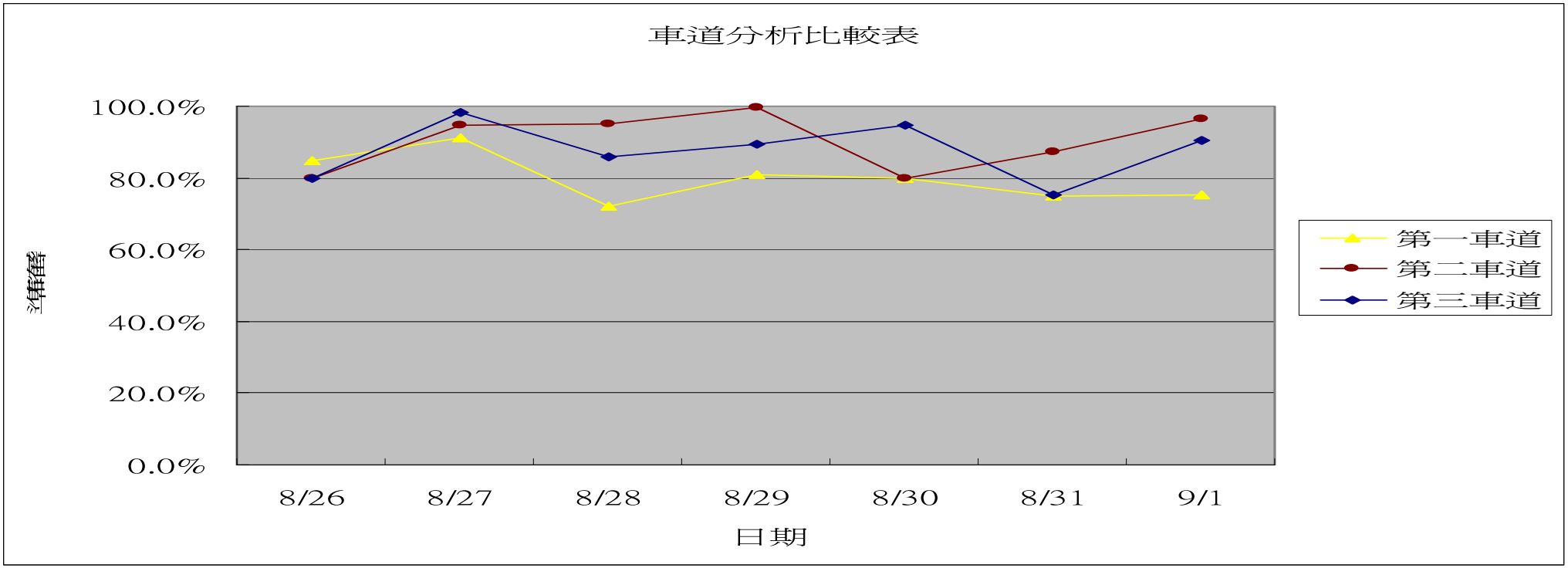
每日車流總量準確率比較	8/26	8/27	8/28	8/29	8/30	8/31	9/1
人工	39504	38712	39583	38900	34566	36663	37990
VD	32120	38824	33941	35653	30369	29362	33676
準確率	81.3%	99.7%	85.7%	91.7%	87.9%	80.1%	88.6%



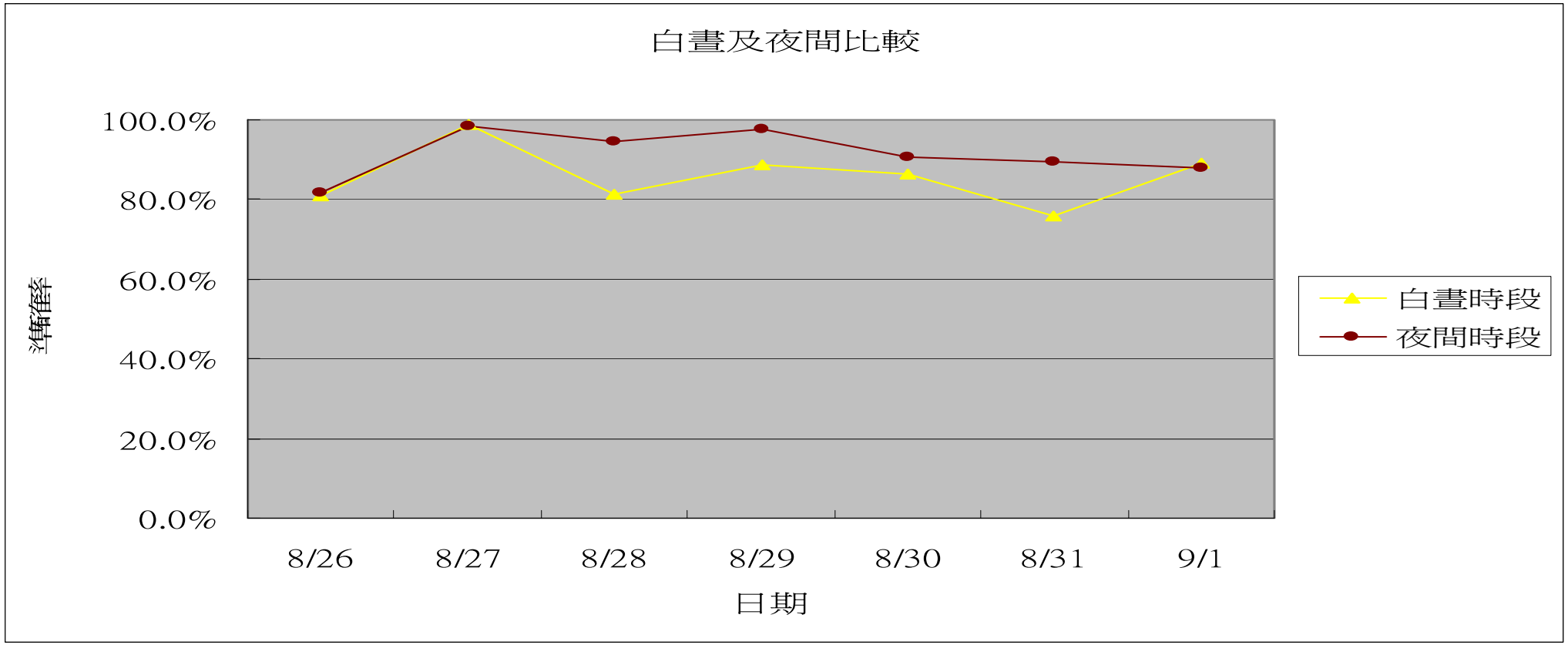
車種準確率比較	8/26	8/27	8/28	8/29	8/30	8/31	9/1
人工	38366	37684	38597	38032	33942	35898	36634
VD	31180	37636	33139	34729	29830	28758	32557
小型車	81.3%	99.9%	85.9%	91.3%	87.9%	80.1%	88.9%
人工	1072	977	896	775	530	722	1315
VD	910	1133	719	835	486	597	1100
大型車	84.9%	84.0%	80.2%	92.3%	91.7%	82.7%	83.7%
人工	66	51	90	93	94	43	41
VD	79	65	101	108	108	53	53
機車	80.3%	72.5%	87.8%	83.9%	85.1%	76.7%	70.7%



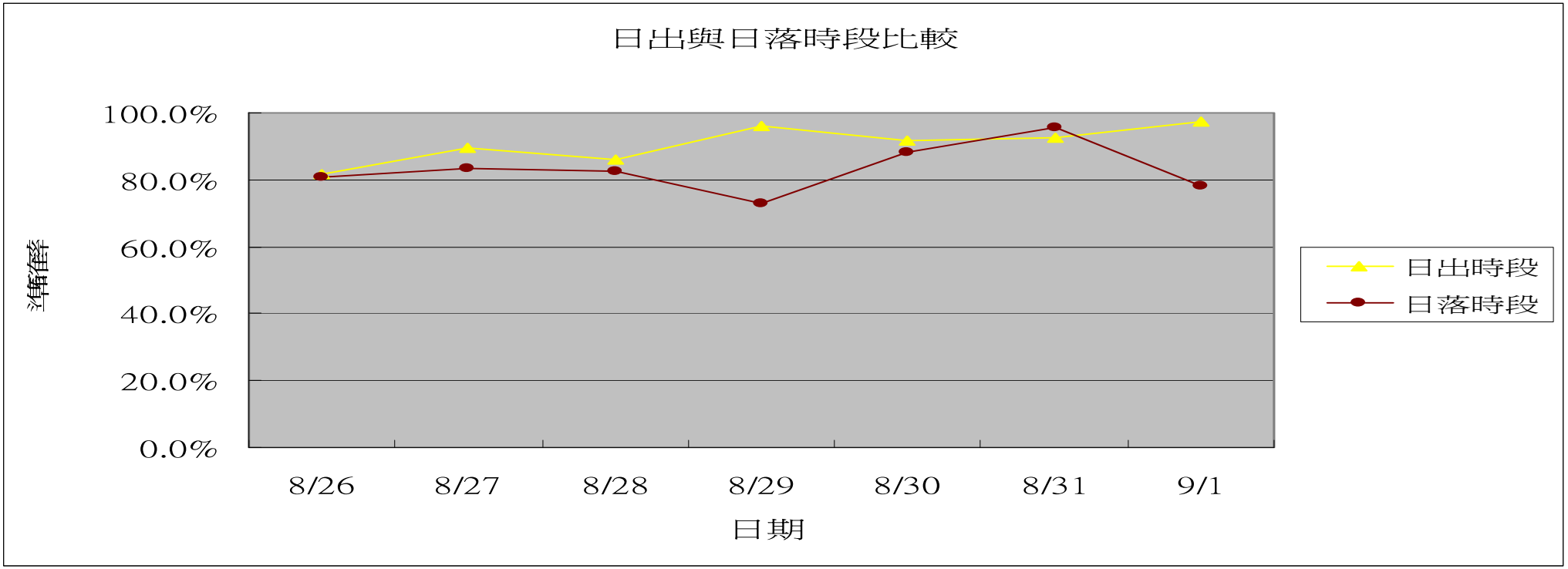
車道準確率比較	8/26	8/27	8/28	8/29	8/30	8/31	9/1
人工	11306	10965	11353	10677	8945	10649	10922
VD	9606	10001	8195	8647	7149	7982	8236
第一車道	85.0%	91.2%	72.2%	81.0%	79.9%	75.0%	75.4%
人工	16294	16157	16322	16415	14870	15022	15636
VD	12999	17017	15531	16465	11884	13109	15102
第二車道	79.8%	94.7%	95.2%	99.7%	79.9%	87.3%	96.6%
人工	11904	11590	11908	11808	10751	10992	11432
VD	9515	11806	10215	10541	11336	8271	10338
第三車道	79.9%	98.1%	85.8%	89.3%	94.6%	75.2%	90.4%



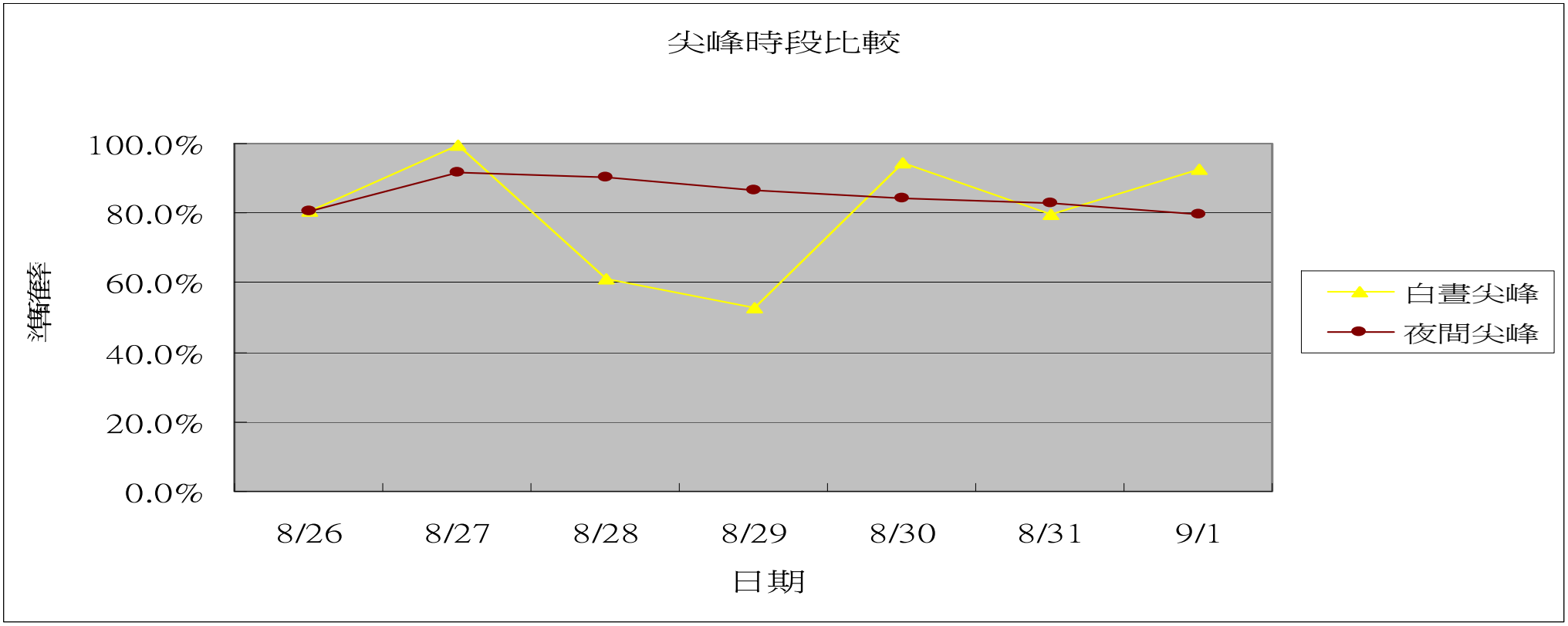
白晝及夜間比較	8/26	8/27	8/28	8/29	8/30	8/31	9/1
人工	26462	26249	26345	26304	23323	25421	26153
VD	21443	26541	21424	23370	20181	19291	23253
白晝時段	81.0%	98.9%	81.3%	88.8%	86.5%	75.9%	88.9%
人工	13042	12463	13238	12596	11243	11242	11837
VD	10677	12283	12517	12283	10188	10071	10423
夜間時段	81.9%	98.6%	94.6%	97.5%	90.6%	89.6%	88.1%



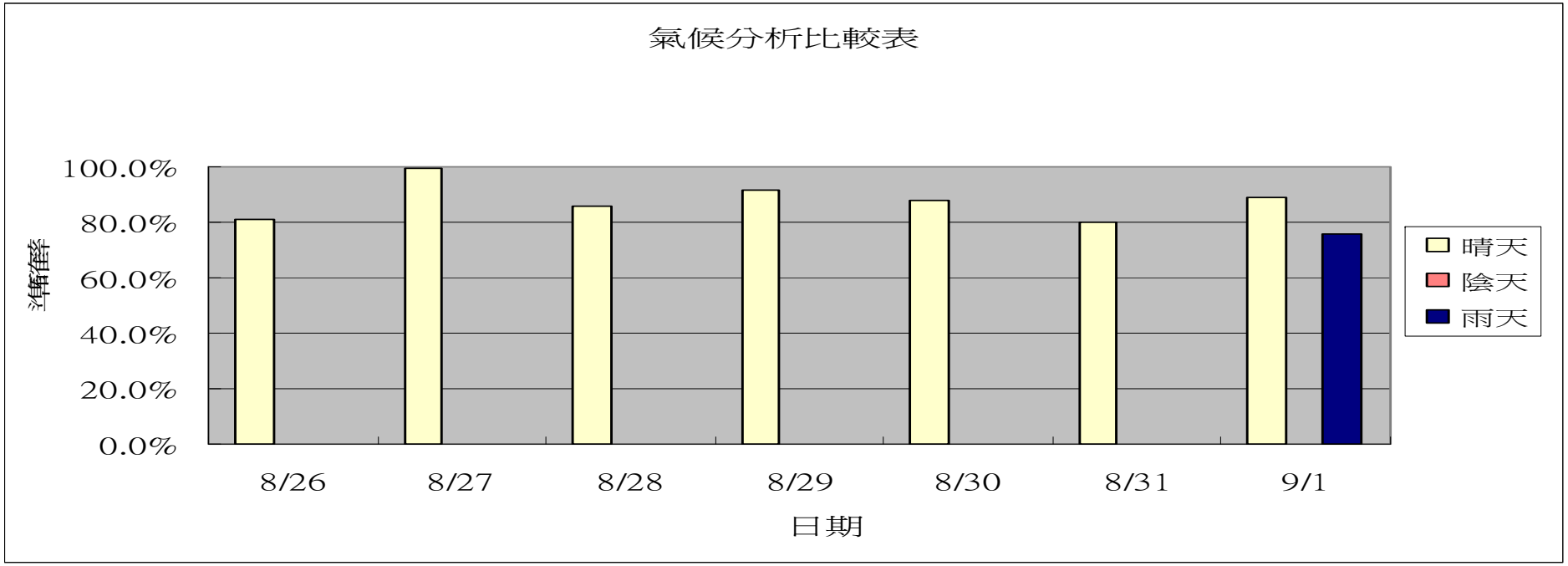
日出與日落時段比較	8/26	8/27	8/28	8/29	8/30	8/31	9/1
人工	491	464	488	562	524	355	451
VD	402	416	420	585	481	329	462
日出時段	81.9%	89.7%	86.1%	95.9%	91.8%	92.7%	97.6%
人工	2798	2553	2615	2392	1885	2166	2673
VD	2260	2133	2154	1742	1666	2076	2087
日落時段	80.8%	83.5%	82.4%	72.8%	88.4%	95.8%	78.1%



尖峰時段比較	8/26	8/27	8/28	8/29	8/30	8/31	9/1
人工	4598	4694	4757	3639	3035	4759	4810
VD	3712	4719	2897	1919	2866	3793	4455
白晝尖峰	80.7%	99.5%	60.9%	52.7%	94.4%	79.7%	92.6%
人工	5176	4945	4962	4766	4027	4621	5010
VD	4174	4543	4475	4125	3401	3832	3993
夜間尖峰	80.6%	91.9%	90.2%	86.6%	84.5%	82.9%	79.7%

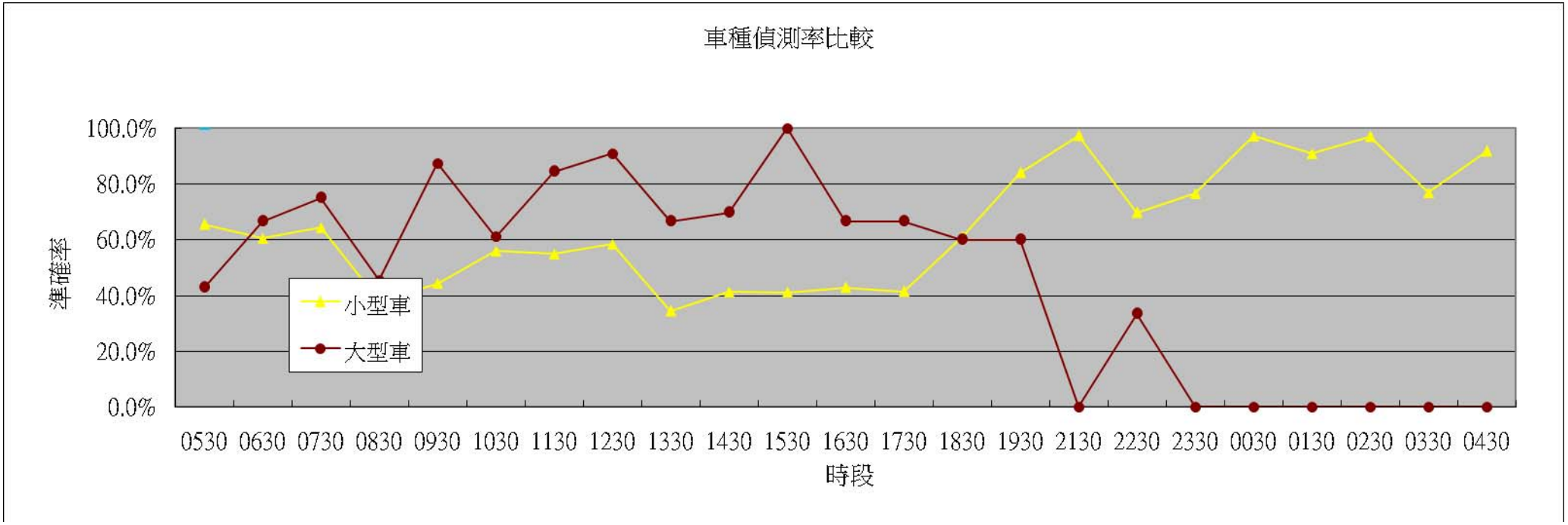


氣候準確率比較	8/26	8/27	8/28	8/29	8/30	8/31	9/1
人工	39504	38712	39583	38900	34566	36663	37242
VD	32120	38824	33941	35653	30369	29362	33109
晴天	81.3%	99.7%	85.7%	91.7%	87.9%	80.1%	88.9%
人工	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
VD	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
陰天	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
人工	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	748
VD	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	567
雨天	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	75.8%

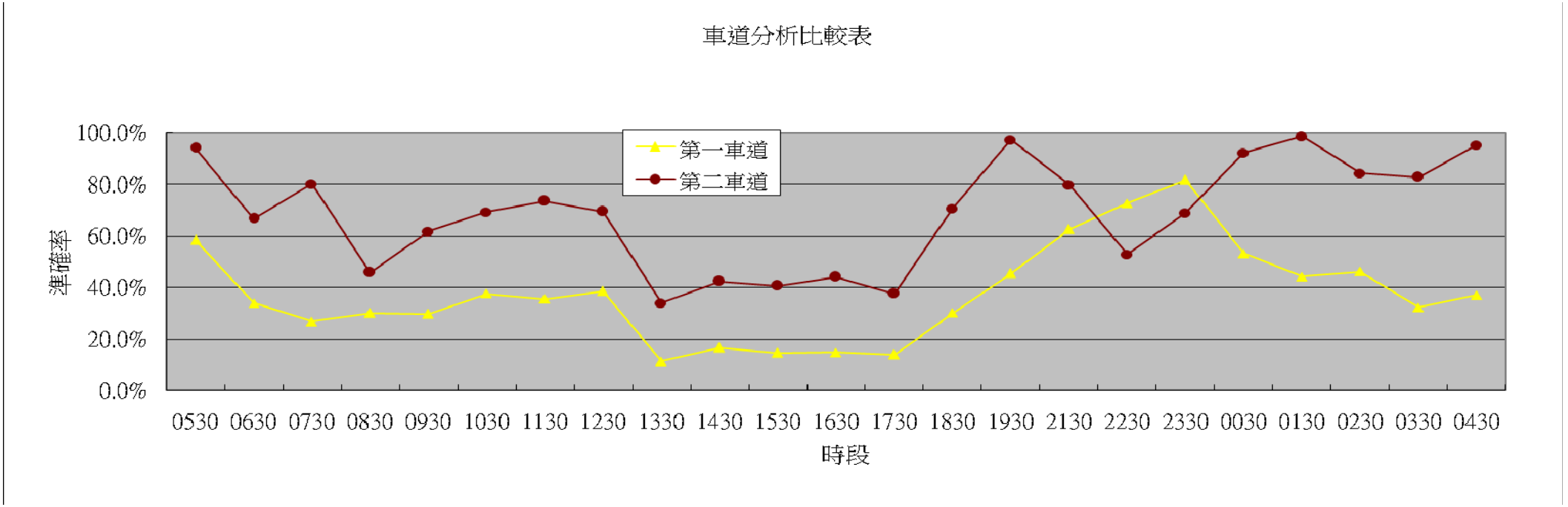


H.8 八號機分析：

時段	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730	1830	1930	2030	2130	2230	2330	0030	0130	0230	0330	0430
人工	496	1516	2009	2178	1785	1613	1386	1372	1651	1754	1713	1657	1991	2334	1972	1695	1495	1055	616	427	309	237	217	284
VD	325	917	1293	830	791	904	762	801	567	723	705	709	824	1424	1658	1610	1533	1374	760	439	281	230	167	261
小型車	65.5%	60.5%	64.4%	38.1%	44.3%	56.0%	55.0%	58.4%	34.3%	41.2%	41.2%	42.8%	41.4%	61.0%	84.1%	94.99%	97.5%	69.8%	76.6%	97.2%	90.9%	97.0%	77.0%	91.9%
人工	7	9	4	11	24	18	45	44	42	53	28	18	6	5	5	4	0	3	0	1	0	0	1	1
VD	11	12	5	17	27	11	38	40	28	37	28	24	8	7	7	7	7	5	3	2	8	9	2	2
大型車	42.9%	66.7%	75.0%	45.5%	87.5%	61.1%	84.4%	90.9%	66.7%	69.8%	100.0%	66.7%	66.7%	60.0%	60.0%	25.00%	0.0%	33.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

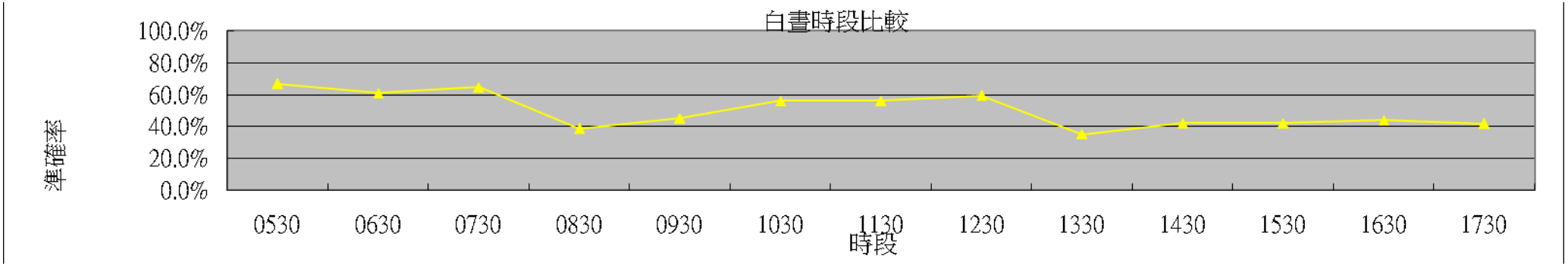


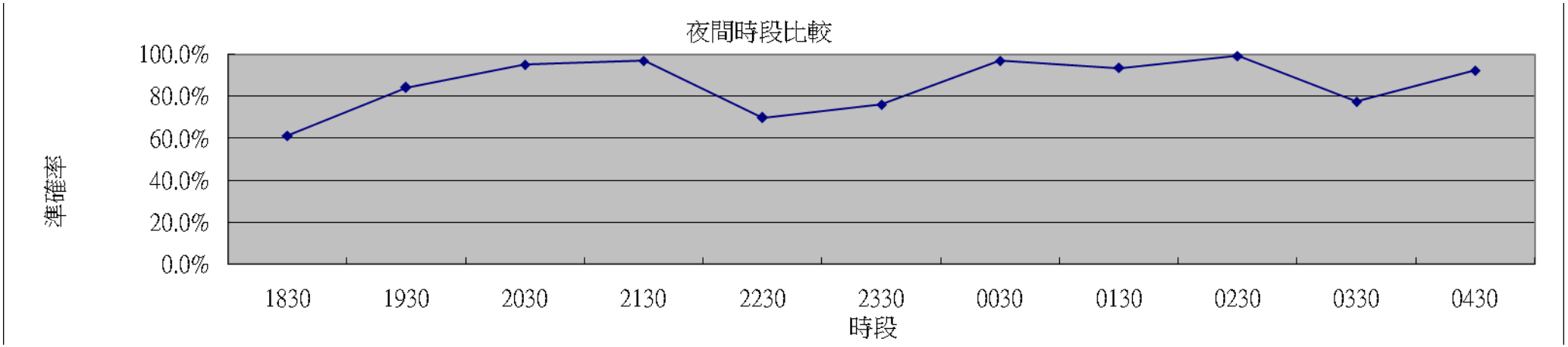
時段	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730	1830	1930	2030	2130	2230	2330	0030	0130	0230	0330	0430
人工	106	422	599	711	616	524	411	413	523	519	470	453	563	649	583	483	400	264	110	81	61	39	31	54
VD	62	143	160	213	182	197	146	159	59	86	68	67	78	195	265	247	250	192	90	43	27	18	10	20
第一車道	58.5%	33.9%	26.7%	30.0%	29.5%	37.6%	35.5%	38.5%	11.3%	16.6%	14.5%	14.8%	13.9%	30.0%	45.5%	51.14%	62.5%	72.7%	81.8%	53.1%	44.3%	46.2%	32.3%	37.0%
人工	236	623	783	853	673	628	570	565	674	731	698	650	786	931	779	681	623	479	315	232	160	134	122	149
VD	222	415	628	390	415	435	419	392	229	309	283	286	295	657	758	769	748	705	413	250	158	155	101	156
第二車道	94.1%	66.6%	80.2%	45.7%	61.7%	69.3%	73.5%	69.4%	34.0%	42.3%	40.5%	44.0%	37.5%	70.6%	97.3%	87.08%	79.9%	52.8%	68.9%	92.2%	98.8%	84.3%	82.8%	95.3%
人工	161	480	632	626	520	479	450	438	496	557	573	572	648	759	615	535	472	315	191	115	88	64	65	82
VD	52	371	510	244	221	283	235	290	307	365	382	380	459	579	642	601	542	482	260	148	104	66	58	87
第三車道	32.3%	77.3%	80.7%	39.0%	42.5%	59.1%	52.2%	66.2%	61.9%	65.5%	66.7%	66.4%	70.8%	76.3%	95.6%	87.66%	85.2%	47.0%	63.9%	71.3%	81.8%	96.9%	89.2%	93.9%



白晝時段	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730
人工	503	1525	2014	2190	1809	1631	1431	1416	1693	1807	1741	1675	1997
VD	336	929	1298	847	818	915	800	841	595	760	733	733	832
準確率	66.8%	60.9%	64.4%	38.7%	45.2%	56.1%	55.9%	59.4%	35.1%	42.1%	42.1%	43.8%	41.7%

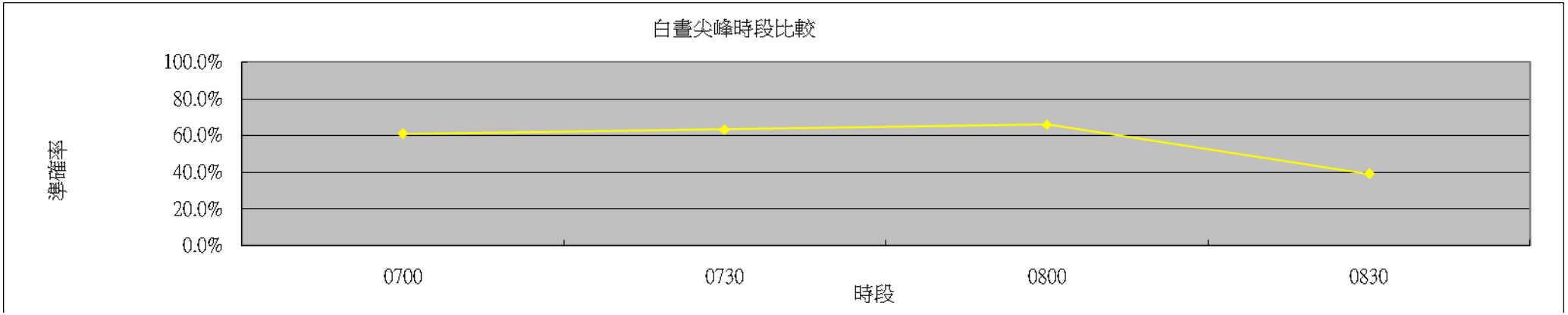
夜間時段	1830	1930	2030	2130	2230	2330	0030	0130	0230	0330	0430
人工	2339	1977	1699	1495	1058	616	428	309	237	218	285
VD	1431	1665	1617	1540	1379	763	441	289	239	169	263
準確率	61.2%	84.2%	95.2%	97.0%	69.7%	76.1%	97.0%	93.5%	99.2%	77.5%	92.3%

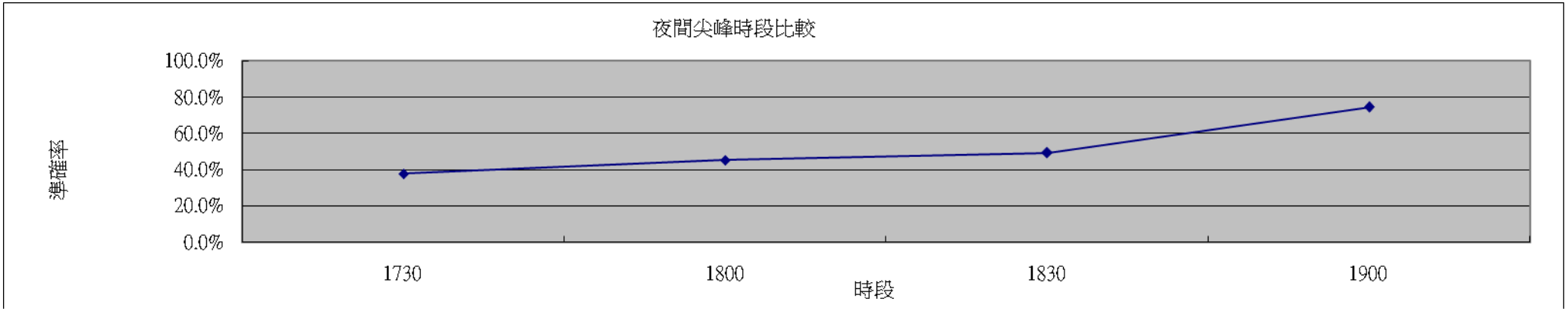




尖峰時段比較	0700	0730	0800	0830
人工	942	1032	982	1109
VD	572	652	646	432
白晝尖峰	60.7%	63.2%	65.8%	39.0%
尖峰時段比較	1730	1800	1830	1900
人工	975	1022	1239	1100
VD	368	464	610	821
夜間尖峰	37.7%	45.4%	49.2%	74.6%

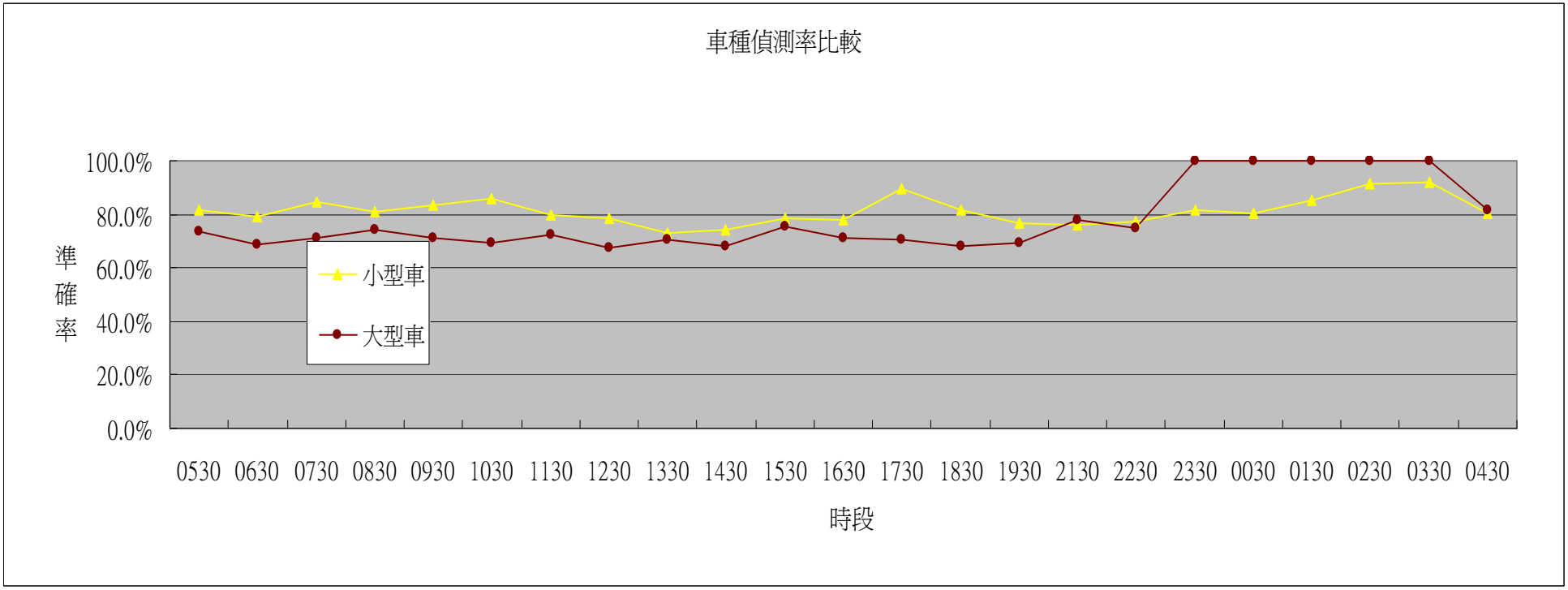
日出時段		0500	0530
日出(0500-0600)	人工	158	217
	VD	116	150
	準確率	73.4%	69.1%
日落時段		1800	1830
日落(1800-1900)	人工	1022	1239
	VD	464	610
	準確率	45.4%	49.2%



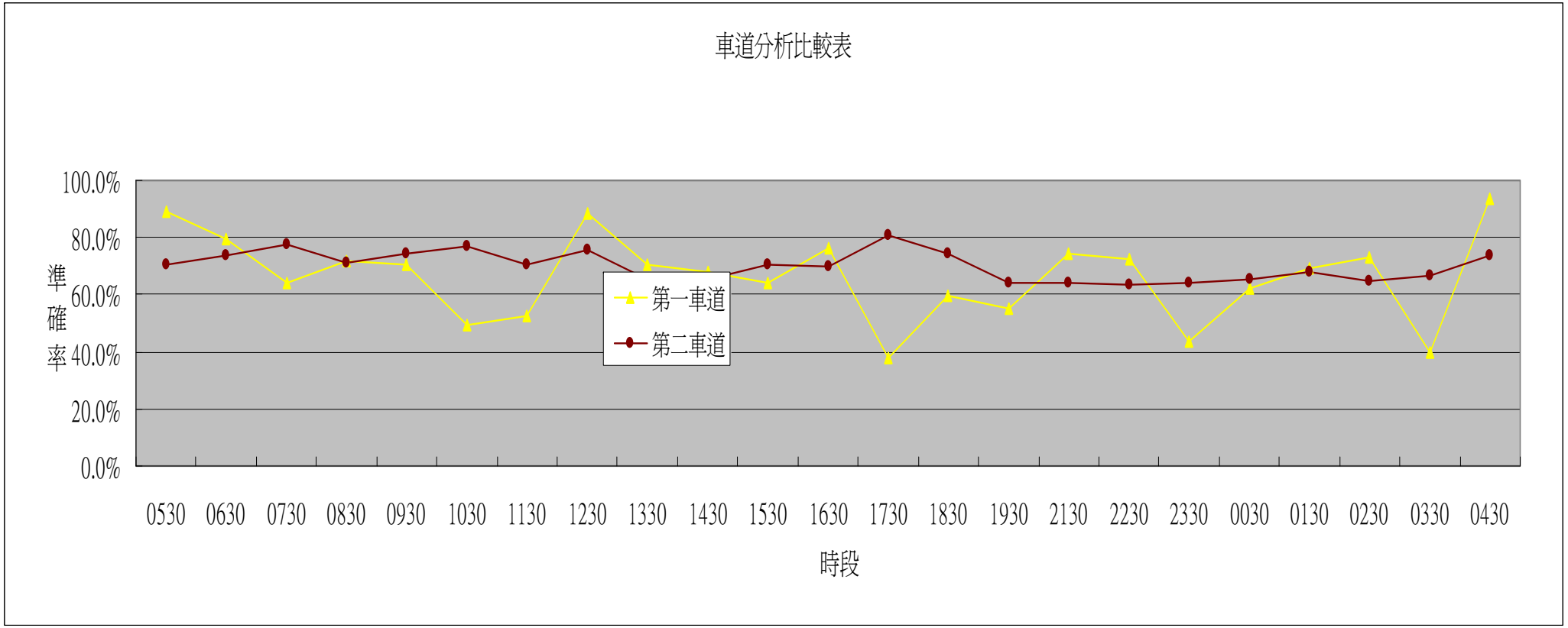


H.9 九號機分析：

時段	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730	1830	1930	2130	2230	2330	0030	0130	0230	0330	0430
人工	116	863	1334	1028	728	515	572	578	665	604	624	685	876	696	425	302	197	114	76	47	35	50	46
VD	95	681	1129	832	609	443	457	453	487	447	491	532	782	567	327	229	152	93	61	40	32	46	37
小型車	81.9%	78.9%	84.6%	80.9%	83.7%	86.0%	79.9%	78.4%	73.2%	74.0%	78.7%	77.7%	89.3%	81.5%	76.9%	75.8%	77.2%	81.6%	80.3%	85.1%	91.4%	92.0%	80.4%
人工	46	58	62	50	55	46	47	40	51	50	53	56	48	47	36	32	20	6	1	0	0	4	11
VD	34	40	44	37	39	32	34	27	36	34	40	40	34	32	25	25	15	6	1	0	0	4	9
大型車	73.9%	69.0%	71.0%	74.0%	70.9%	69.6%	72.3%	67.5%	70.6%	68.0%	75.5%	71.4%	70.8%	68.1%	69.4%	78.1%	75.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	81.8%

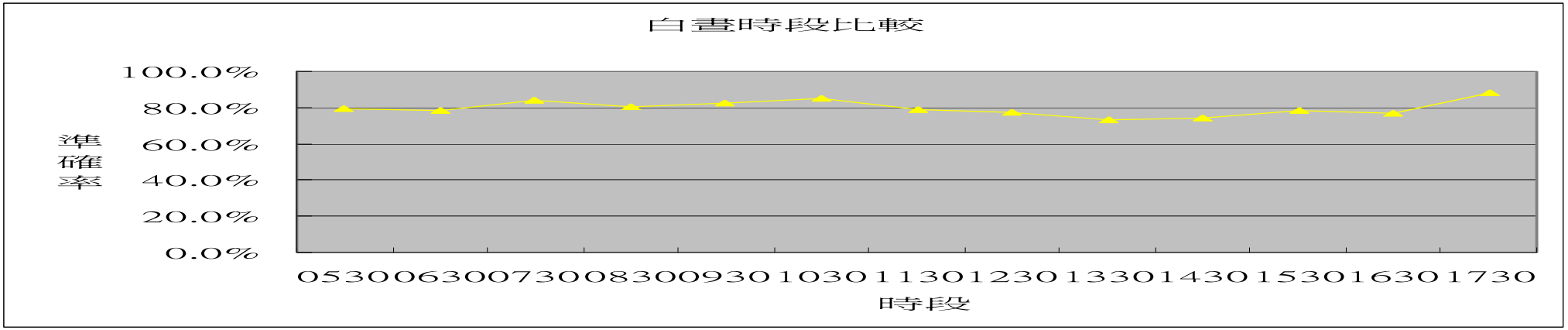


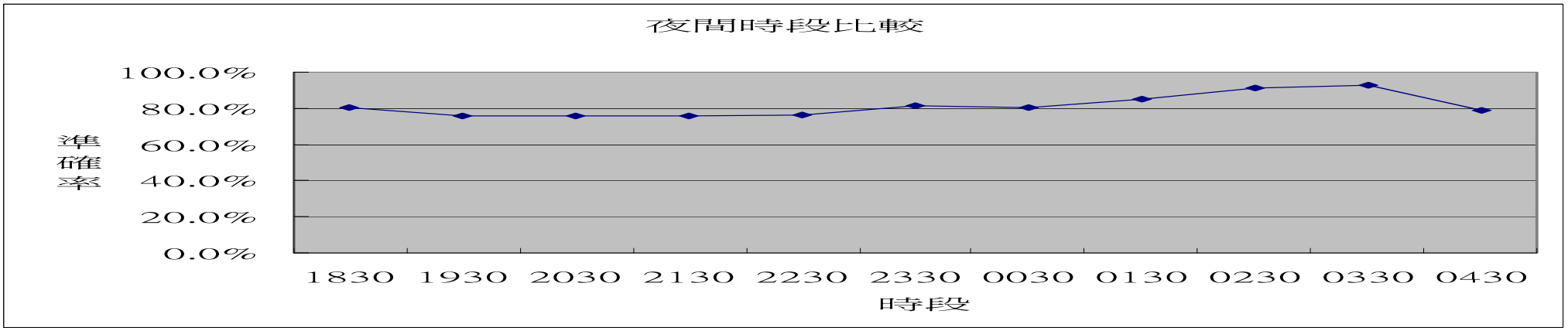
時段	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730	1830	1930	2030	2130	2230	2330	0030	0130	0230	0330	0430
人工	37	94	155	171	115	61	65	79	84	84	81	98	84	72	67	63	63	44	23	16	13	15	15	15
VD	41	113	211	219	149	92	96	70	109	111	110	121	136	101	97	86	79	56	36	22	17	19	24	14
第一車道	89.2%	79.8%	63.9%	71.9%	70.4%	49.2%	52.3%	88.6%	70.2%	67.9%	64.2%	76.5%	38.1%	59.7%	55.2%	63.5%	74.6%	72.7%	43.5%	62.5%	69.2%	73.3%	40.0%	93.3%
人工	125	828	1241	908	668	500	554	541	632	570	596	643	840	671	395	388	271	173	97	61	34	20	39	42
VD	88	609	963	647	496	384	392	408	414	373	420	450	679	497	254	255	174	110	62	40	23	13	26	31
第二車道	70.4%	73.6%	77.6%	71.3%	74.3%	76.8%	70.8%	75.4%	65.5%	65.4%	70.5%	70.0%	80.8%	74.1%	64.3%	65.7%	64.2%	63.6%	63.9%	65.6%	67.6%	65.0%	66.7%	73.8%



白晝時段	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730
人工	162	922	1396	1079	783	561	619	620	716	654	677	741	924
VD	129	722	1174	866	645	476	488	478	523	484	530	571	815
準確率	79.6%	78.3%	84.1%	80.3%	82.4%	84.8%	78.8%	77.1%	73.0%	74.0%	78.3%	77.1%	88.2%

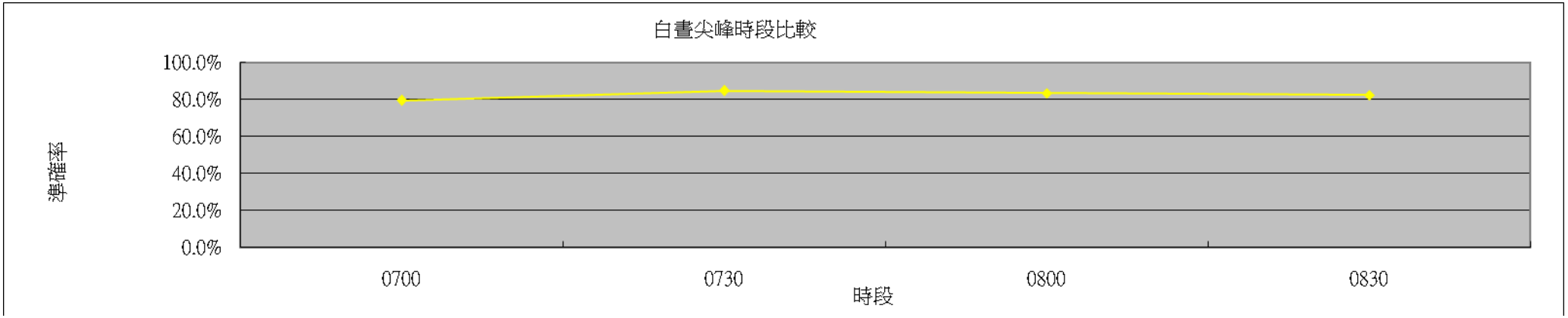
夜間時段	1830	1930	2030	2130	2230	2330	0030	0130	0230	0330	0430
人工	743	462	451	334	217	120	77	47	35	54	57
VD	598	351	341	253	166	98	62	40	32	50	45
準確率	80.5%	76.0%	75.6%	75.7%	76.5%	81.7%	80.5%	85.1%	91.4%	92.6%	78.9%

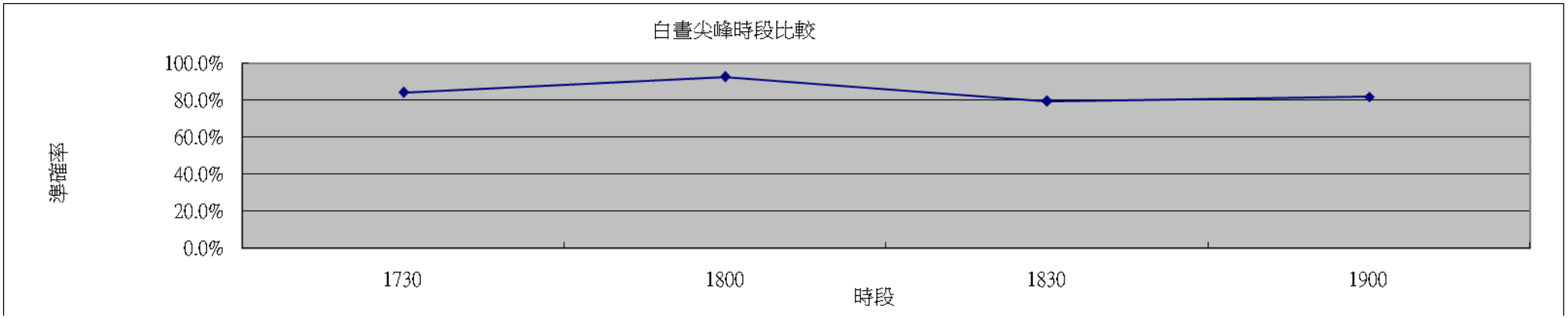




白晝尖峰時段	0700	0730	0800	0830
人工	634	768	628	564
VD	503	650	524	464
準確率	79.3%	84.6%	83.4%	82.3%
夜間尖峰時段	1730	1800	1830	1900
人工	470	454	423	320
VD	395	420	336	262
準確率	84.0%	92.5%	79.4%	81.9%

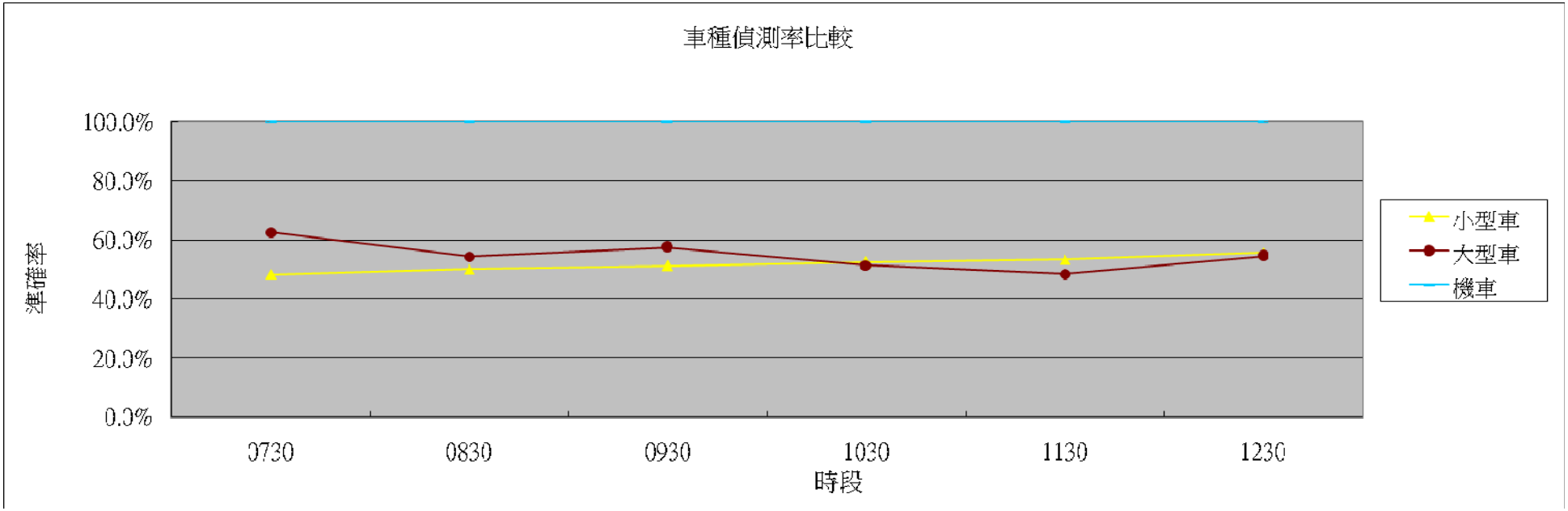
日出時段		0500	0530
日出(0500-0600)	人工	37	54
	VD	30	41
	準確率	81.1%	75.9%
日落時段		1800	1830
日落(1800-1900)	人工	454	423
	VD	420	336
	準確率	92.5%	79.4%



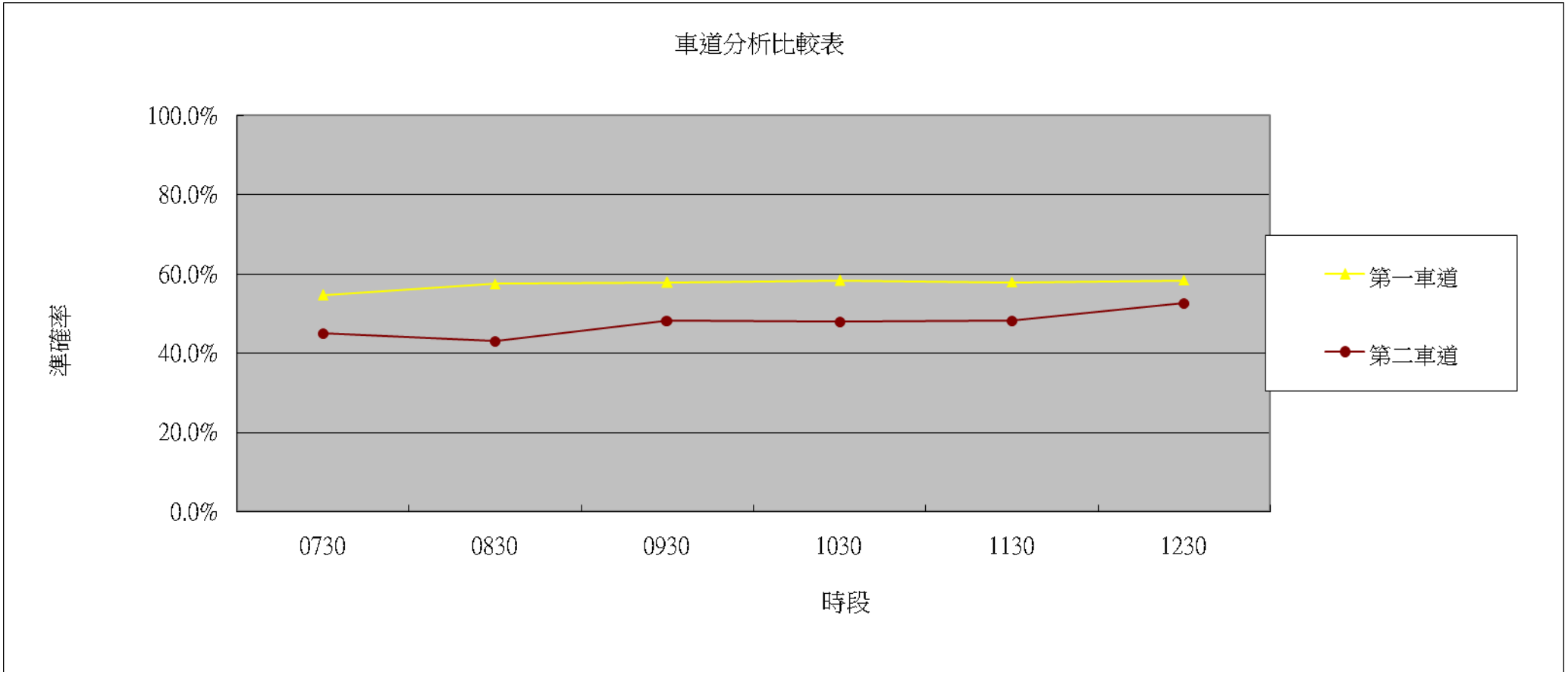


H.10 十號機分析：

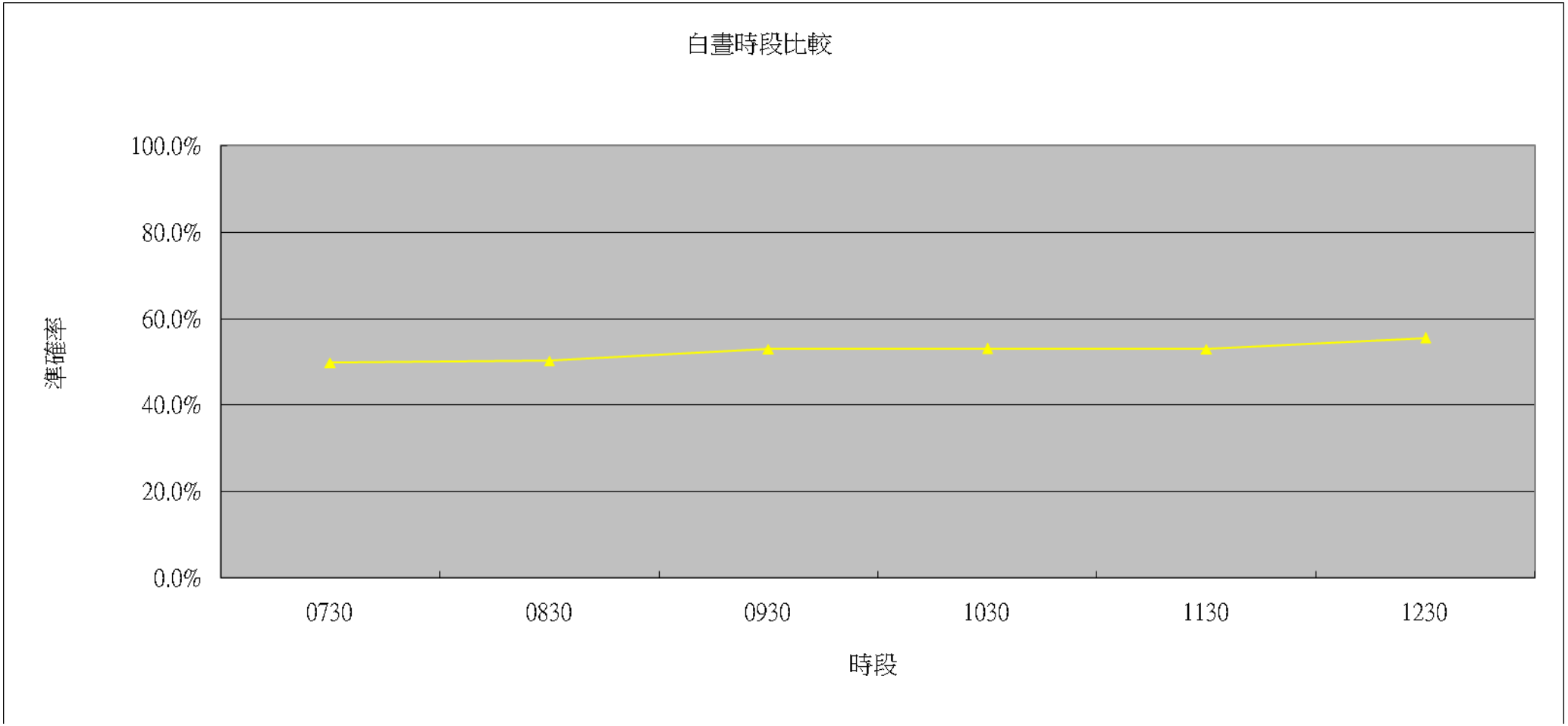
車種準確率比較	0730	0830	0930	1030	1130	1230
人工	424	862	558	446	508	302
VD	205	431	286	234	271	168
小型車	48.3%	50.0%	51.3%	52.5%	53.3%	55.6%
人工	48	92	120	72	62	44
VD	30	50	69	37	30	24
大型車	62.5%	54.3%	57.5%	51.4%	48.4%	54.5%
人工	0	0	0	0	0	0
VD	0	0	0	0	0	0
機車	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%



車道準確率比較	0730	0830	0930	1030	1130	1230
人工	236	477	339	259	285	173
VD	129	274	196	151	165	101
第一車道	54.7%	57.4%	57.8%	58.3%	57.9%	58.4%
人工	236	477	339	259	285	173
VD	106	205	163	124	137	91
第二車道	44.9%	43.0%	48.1%	47.9%	48.1%	52.6%

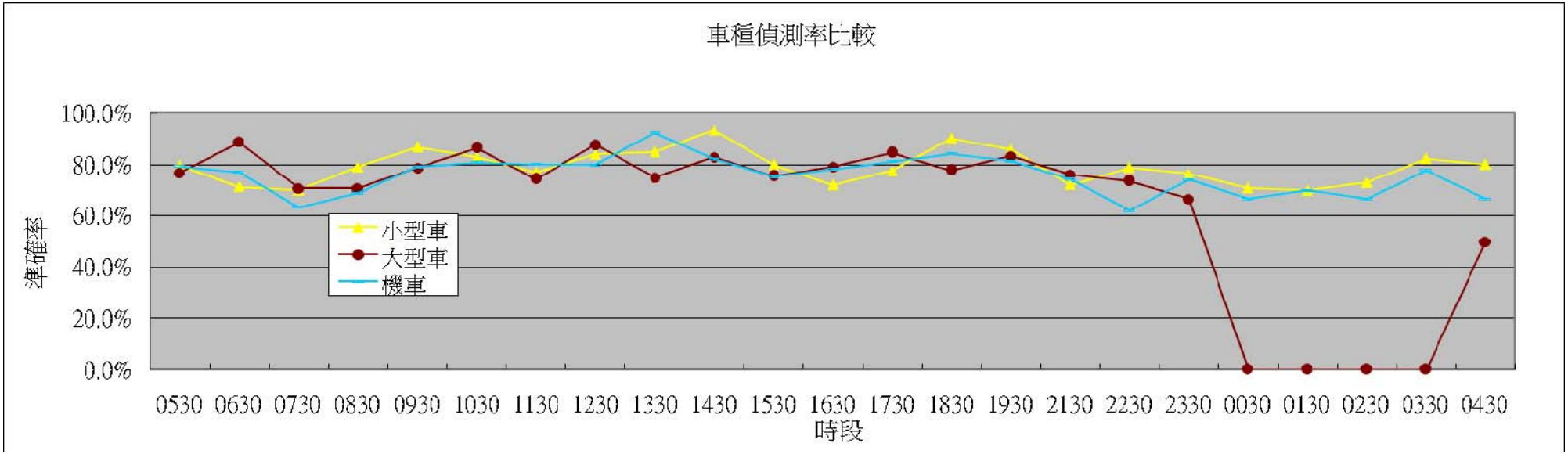


白晝及夜間比較	0730	0830	0930	1030	1130	1230
人工	472	954	678	518	570	346
VD	235	479	359	275	302	192
白晝時段	49.8%	50.2%	52.9%	53.1%	53.0%	55.5%

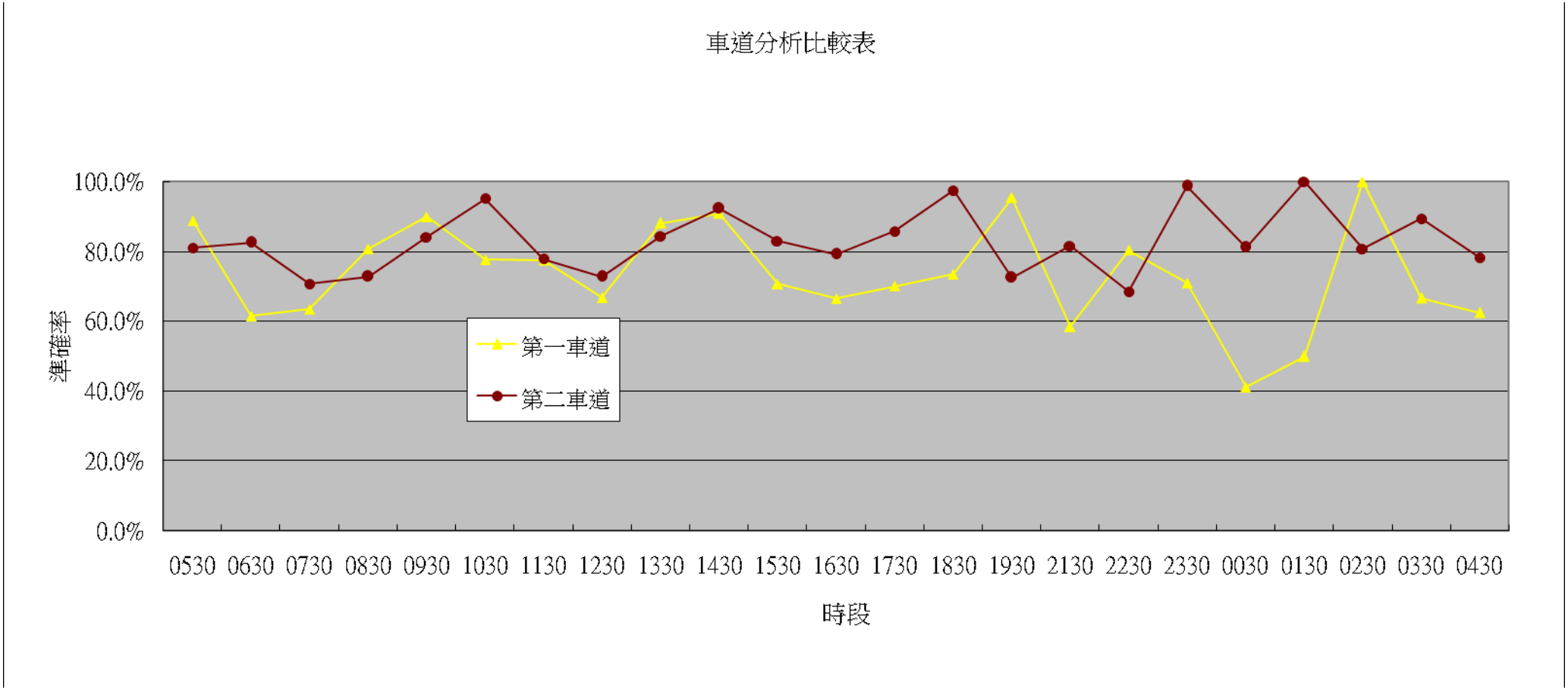


H.11 十一號機分析：

時段	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730	1830	1930	2030	2130	2230	2330	0030	0130	0230	0330	0430
人工	69	217	747	802	407	346	419	400	395	346	370	424	428	412	306	328	241	142	68	55	20	26	17	20
VD	83	155	523	634	354	287	323	336	336	368	296	306	332	372	349	382	308	172	84	39	26	19	20	24
小型車	79.7%	71.4%	70.0%	79.1%	87.0%	82.9%	77.1%	84.0%	85.1%	93.6%	80.0%	72.2%	77.6%	90.3%	85.9%	83.54%	72.2%	78.9%	76.5%	70.9%	70.0%	73.1%	82.4%	80.0%
人工	13	27	41	48	47	37	39	33	36	35	45	48	39	36	36	24	21	19	9	0	0	0	2	2
VD	10	24	29	62	57	32	29	37	27	29	34	38	33	28	30	31	26	24	12	1	1	0	0	3
大型車	76.9%	88.9%	70.7%	70.8%	78.7%	86.5%	74.4%	87.9%	75.0%	82.9%	75.6%	79.2%	84.6%	77.8%	83.3%	70.83%	76.2%	73.7%	66.7%	0.0%	0.0%	100%	0.0%	50.0%
人工	53	140	517	688	235	167	180	109	123	135	166	188	213	228	156	146	125	66	35	15	10	6	9	9
VD	64	108	328	474	186	199	144	131	114	111	125	147	173	192	185	177	157	91	26	10	7	8	7	12
機車	79.2%	77.1%	63.4%	68.9%	79.1%	80.8%	80.0%	79.8%	92.7%	82.2%	75.3%	78.2%	81.2%	84.2%	81.4%	78.77%	74.4%	62.1%	74.3%	66.7%	70.0%	66.7%	77.8%	66.7%

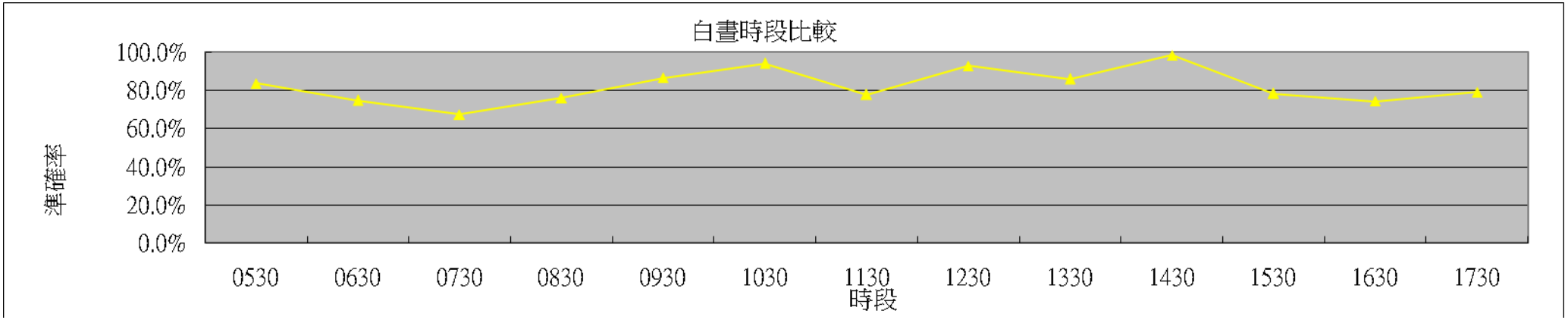


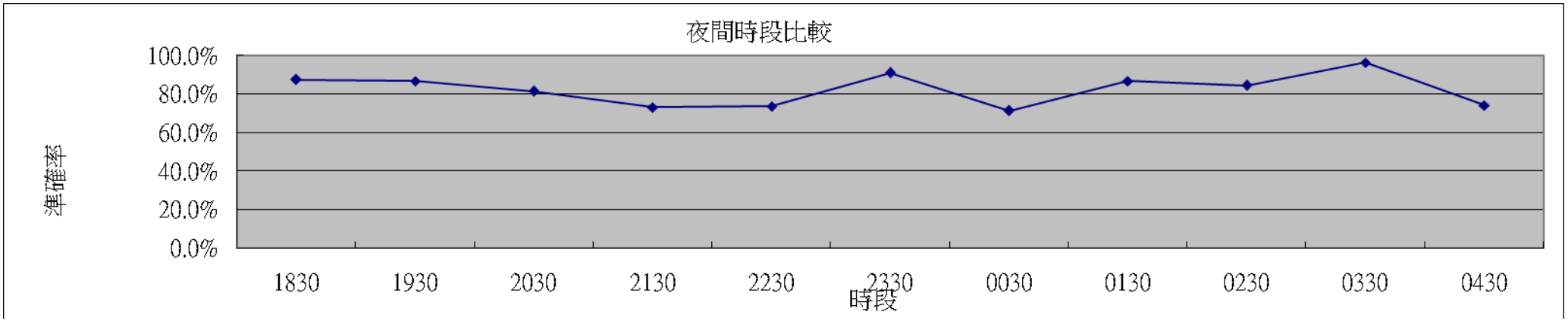
時段	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730	1830	1930	2030	2130	2230	2330	0030	0130	0230	0330	0430
人工	45	143	585	631	299	216	276	307	246	187	222	251	291	279	221	246	142	97	31	17	8	6	9	8
VD	50	88	371	510	269	168	214	205	217	204	157	167	204	205	211	270	201	116	40	7	12	6	6	11
第一車道	88.9%	61.5%	63.4%	80.8%	90.0%	77.8%	77.5%	66.8%	88.2%	90.9%	70.7%	66.5%	70.1%	73.5%	95.5%	90.24%	58.5%	80.4%	71.0%	41.2%	50.0%	100.0%	66.7%	62.5%
人工	90	241	720	907	390	334	362	235	308	329	359	409	389	397	277	252	245	130	81	53	22	26	19	23
VD	107	199	509	660	328	350	282	299	260	304	298	324	334	387	353	320	290	171	82	43	22	21	21	28
第二車道	81.1%	82.6%	70.7%	72.8%	84.1%	95.2%	77.9%	72.8%	84.4%	92.4%	83.0%	79.2%	85.9%	97.5%	72.6%	73.02%	81.6%	68.5%	98.8%	81.1%	100.0%	80.8%	89.5%	78.3%



白晝時段	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730
人工	135	384	1305	1538	689	550	638	542	554	516	581	660	680
VD	157	287	880	1170	597	518	496	504	477	508	455	491	538
準確率	83.7%	74.7%	67.4%	76.1%	86.6%	94.2%	77.7%	93.0%	86.1%	98.4%	78.3%	74.4%	79.1%

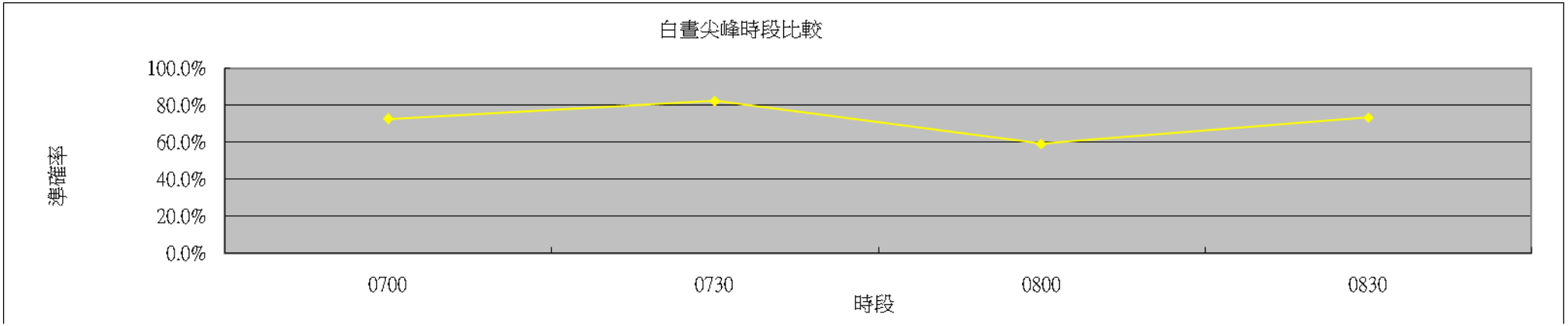
夜間時段	1830	1930	2030	2130	2230	2330	0030	0130	0230	0330	0430
人工	676	498	498	387	227	112	70	30	32	28	31
VD	592	564	590	491	287	122	50	34	27	27	39
準確率	87.6%	86.7%	81.5%	73.1%	73.6%	91.1%	71.4%	86.7%	84.4%	96.4%	74.2%

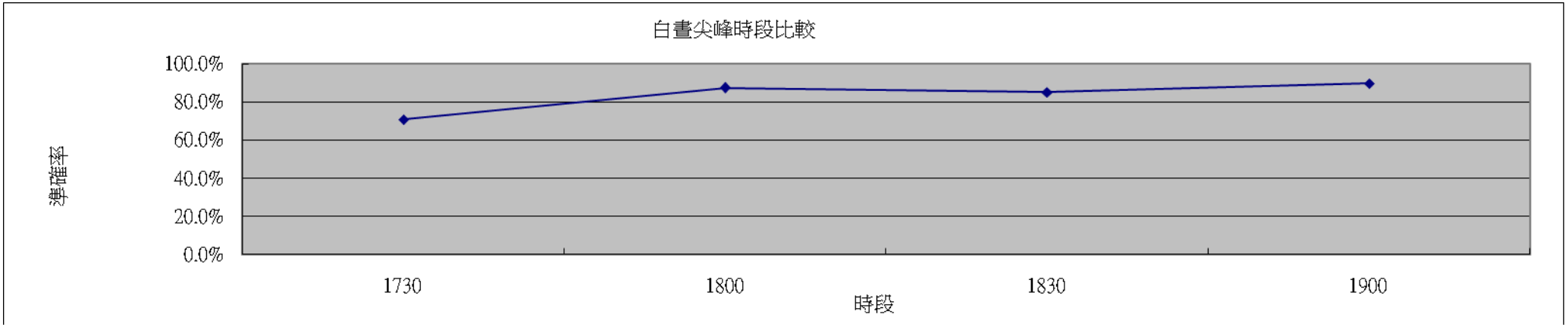




白晝尖峰時段	0700	0730	0800	0830
人工	252	463	842	905
VD	183	381	499	665
準確率	72.6%	82.3%	59.3%	73.5%
夜間尖峰時段	1730	1800	1830	1900
人工	343	337	333	343
VD	243	295	284	308
準確率	70.8%	87.5%	85.3%	89.8%

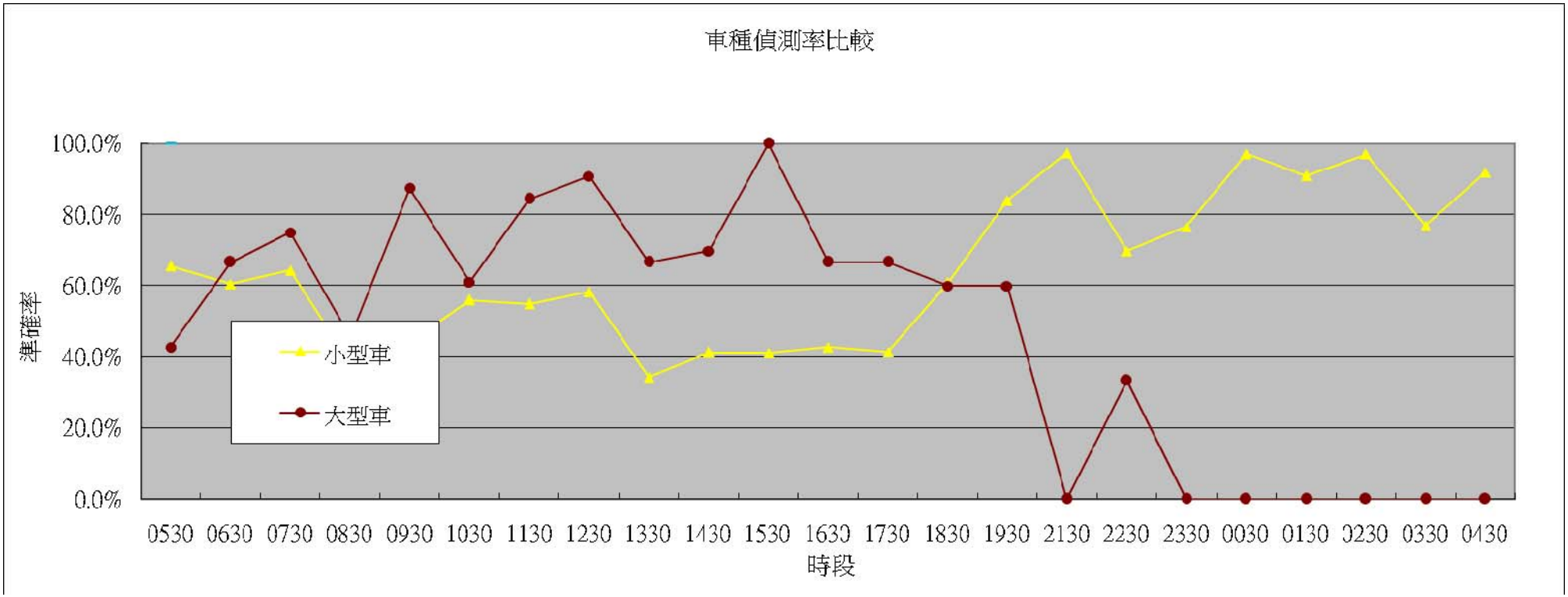
日出時段		0500	0530
日出(0500-0600)	人工	23	45
	VD	29	50
	準確率	73.9%	88.9%
日落時段		1800	1830
日落(1800-1900)	人工	337	333
	VD	295	284
	準確率	87.5%	85.3%



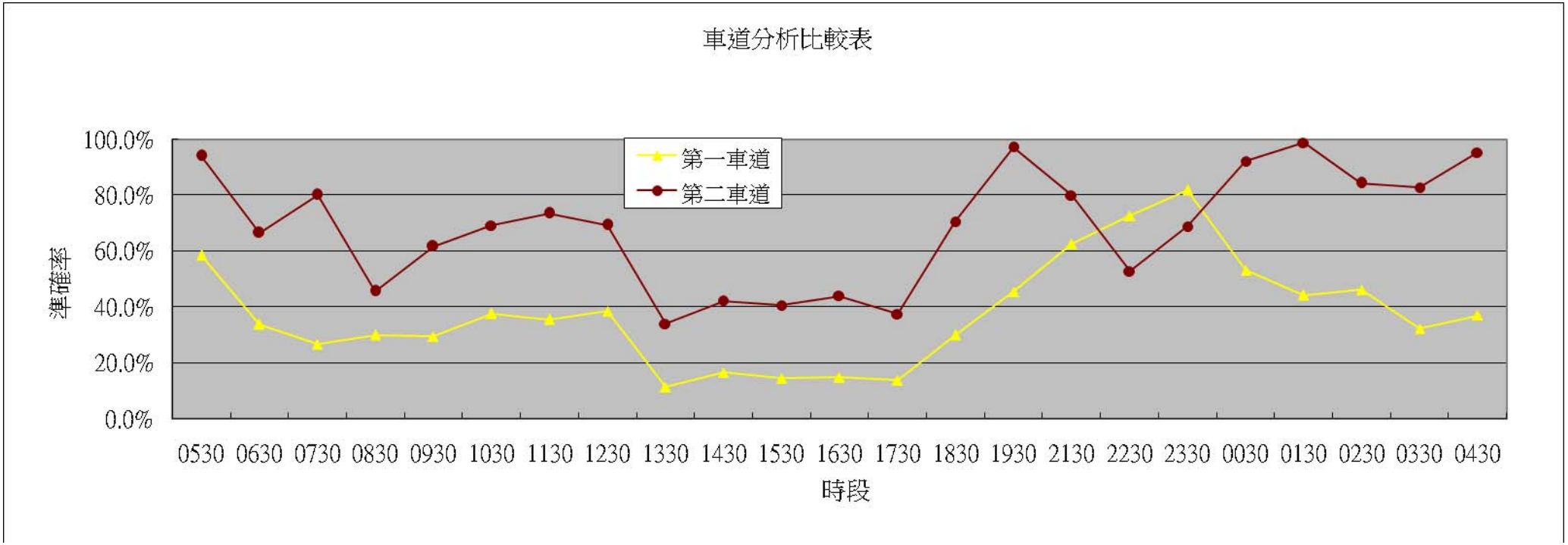


H.12 十二號機分析：

時段	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730	1830	1930	2030	2130	2230	2330	0030	0130	0230	0330	0430
人工	496	1516	2009	2178	1785	1613	1386	1372	1651	1754	1713	1657	1991	2334	1972	1695	1495	1055	616	427	309	237	217	284
VD	325	917	1293	830	791	904	762	801	567	723	705	709	824	1424	1658	1610	1533	1374	760	439	281	230	167	261
小型車	65.5%	60.5%	64.4%	38.1%	44.3%	56.0%	55.0%	58.4%	34.3%	41.2%	41.2%	42.8%	41.4%	61.0%	84.1%	94.9%	97.5%	69.8%	76.6%	97.2%	90.9%	97.0%	77.0%	91.9%
人工	7	9	4	11	24	18	45	44	42	53	28	18	6	5	5	4	0	3	0	1	0	0	1	1
VD	11	12	5	17	27	11	38	40	28	37	28	24	8	7	7	7	7	5	3	2	8	9	2	2
大型車	42.9%	66.7%	75.0%	45.5%	87.5%	61.1%	84.4%	90.9%	66.7%	69.8%	100.0%	66.7%	66.7%	60.0%	60.0%	25%	0.0%	33.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

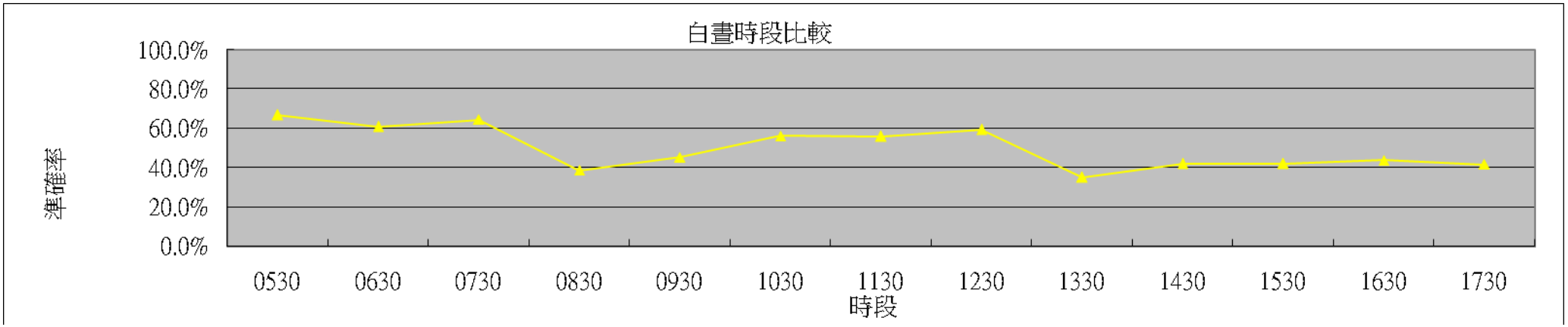


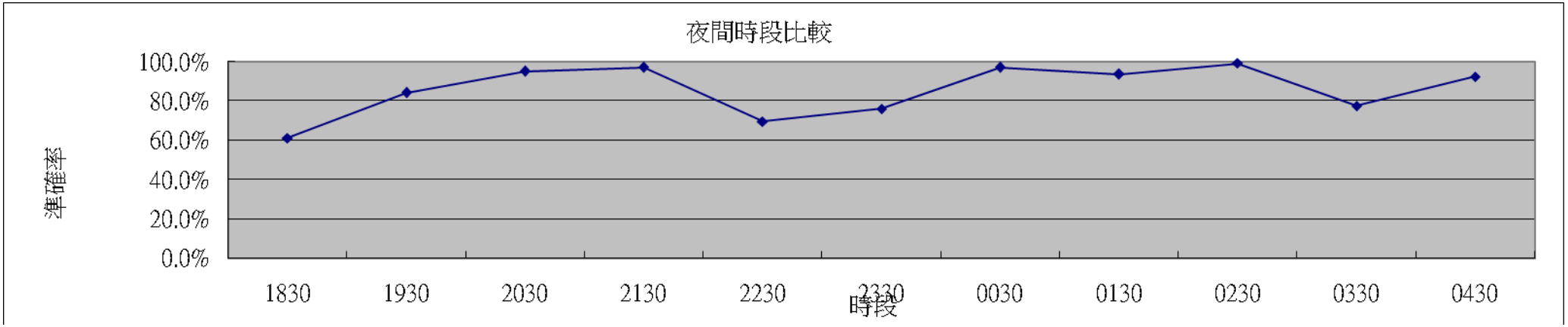
時段	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730	1830	1930	2030	2130	2230	2330	0030	0130	0230	0330	0430
人工	106	422	599	711	616	524	411	413	523	519	470	453	563	649	583	483	400	264	110	81	61	39	31	54
VD	62	143	160	213	182	197	146	159	59	86	68	67	78	195	265	247	250	192	90	43	27	18	10	20
第一車道	58.5%	33.9%	26.7%	30.0%	29.5%	37.6%	35.5%	38.5%	11.3%	16.6%	14.5%	14.8%	13.9%	30.0%	45.5%	51.1%	62.5%	72.7%	81.8%	53.1%	44.3%	46.2%	32.3%	37.0%
人工	236	623	783	853	673	628	570	565	674	731	698	650	786	931	779	681	623	479	315	232	160	134	122	149
VD	222	415	628	390	415	435	419	392	229	309	283	286	295	657	758	769	748	705	413	250	158	155	101	156
第二車道	94.1%	66.6%	80.2%	45.7%	61.7%	69.3%	73.5%	69.4%	34.0%	42.3%	40.5%	44.0%	37.5%	70.6%	97.3%	87.1%	79.9%	52.8%	68.9%	92.2%	98.8%	84.3%	82.8%	95.3%
人工	161	480	632	626	520	479	450	438	496	557	573	572	648	759	615	535	472	315	191	115	88	64	65	82
VD	52	371	510	244	221	283	235	290	307	365	382	380	459	579	642	601	542	482	260	148	104	66	58	87
第三車道	32.3%	77.3%	80.7%	39.0%	42.5%	59.1%	52.2%	66.2%	61.9%	65.5%	66.7%	66.4%	70.8%	76.3%	95.6%	87.7%	85.2%	47.0%	63.9%	71.3%	81.8%	96.9%	89.2%	93.9%



白晝時段	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730
人工	503	1525	2014	2190	1809	1631	1431	1416	1693	1807	1741	1675	1997
VD	336	929	1298	847	818	915	800	841	595	760	733	733	832
準確率	66.8%	60.9%	64.4%	38.7%	45.2%	56.1%	55.9%	59.4%	35.1%	42.1%	42.1%	43.8%	41.7%

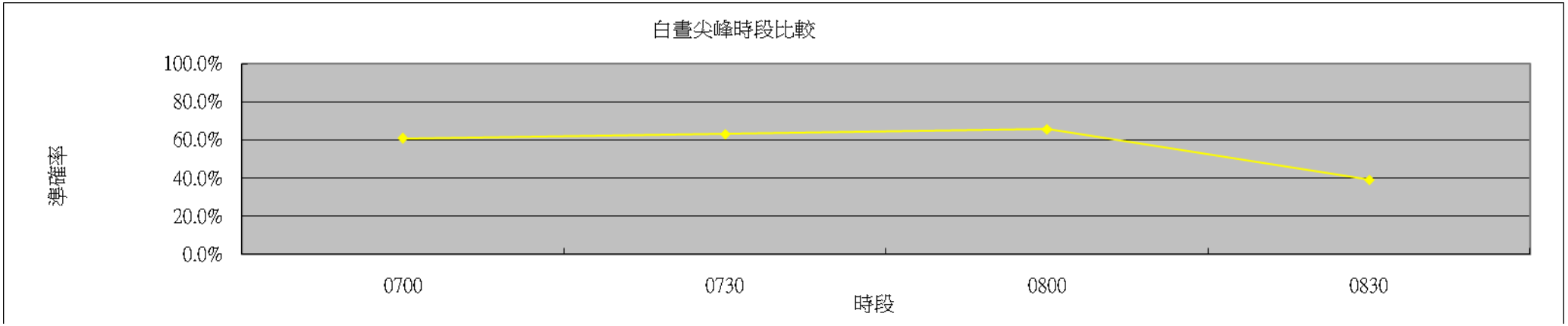
夜間時段	1830	1930	2030	2130	2230	2330	0030	0130	0230	0330	0430
人工	2339	1977	1699	1495	1058	616	428	309	237	218	285
VD	1431	1665	1617	1540	1379	763	441	289	239	169	263
準確率	61.2%	84.2%	95.2%	97.0%	69.7%	76.1%	97.0%	93.5%	99.2%	77.5%	92.3%

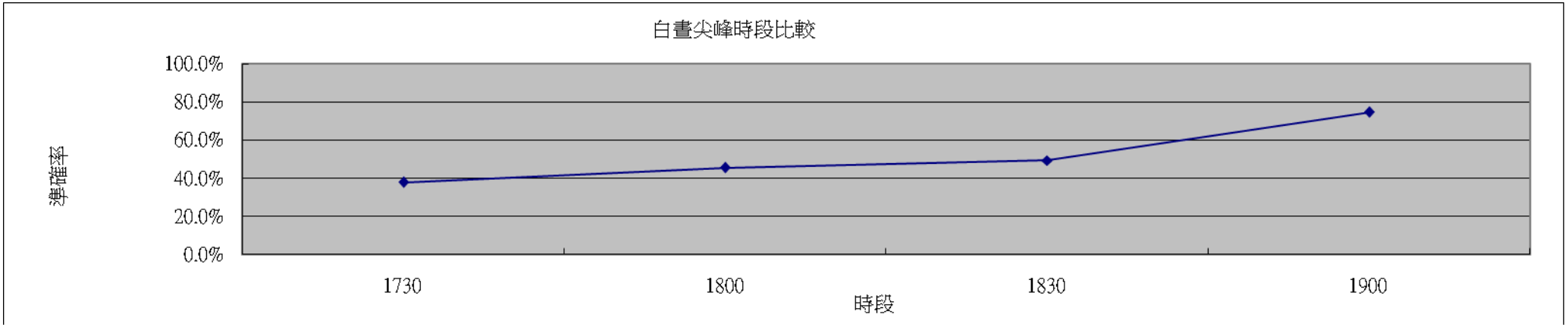




白晝尖峰時段	0700	0730	0800	0830
人工	942	1032	982	1109
VD	572	652	646	432
準確率	60.7%	63.2%	65.8%	39.0%
夜間尖峰時段	1730	1800	1830	1900
人工	975	1022	1239	1100
VD	368	464	610	821
準確率	37.7%	45.4%	49.2%	74.6%

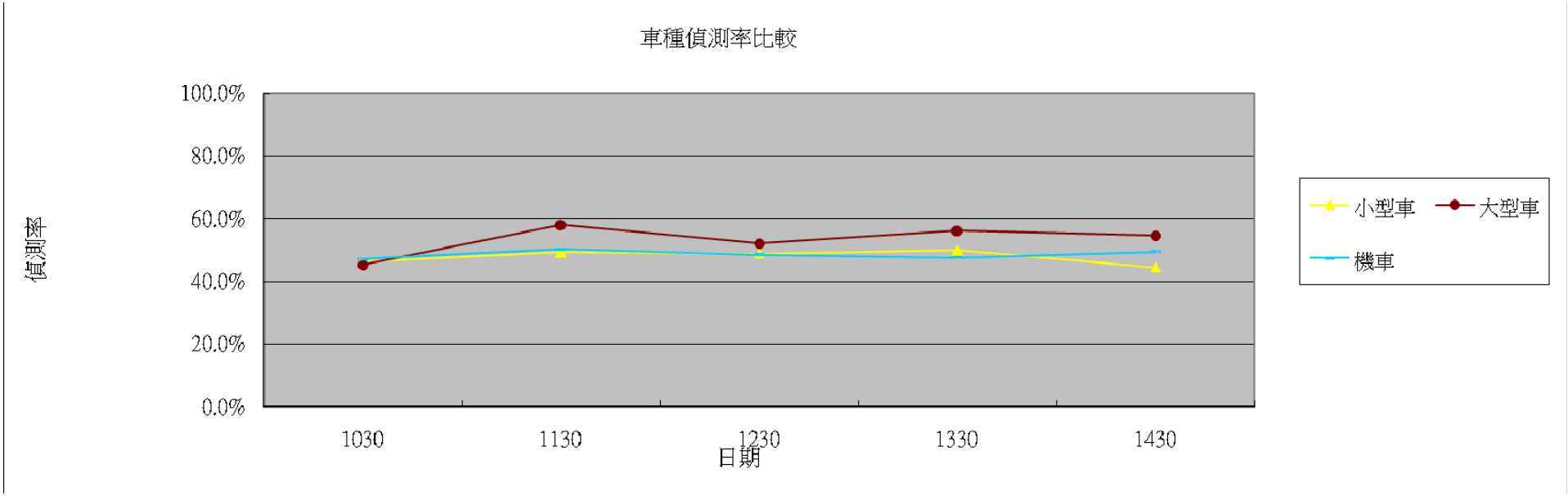
日出時段		0500	0530
日出(0500-0600)	人工	254	396
	VD	136	224
	準確率	53.5%	56.6%
日落時段		1800	1830
日落(1800-1900)	人工	1117	1058
	VD	605	707
	準確率	54.2%	66.8%



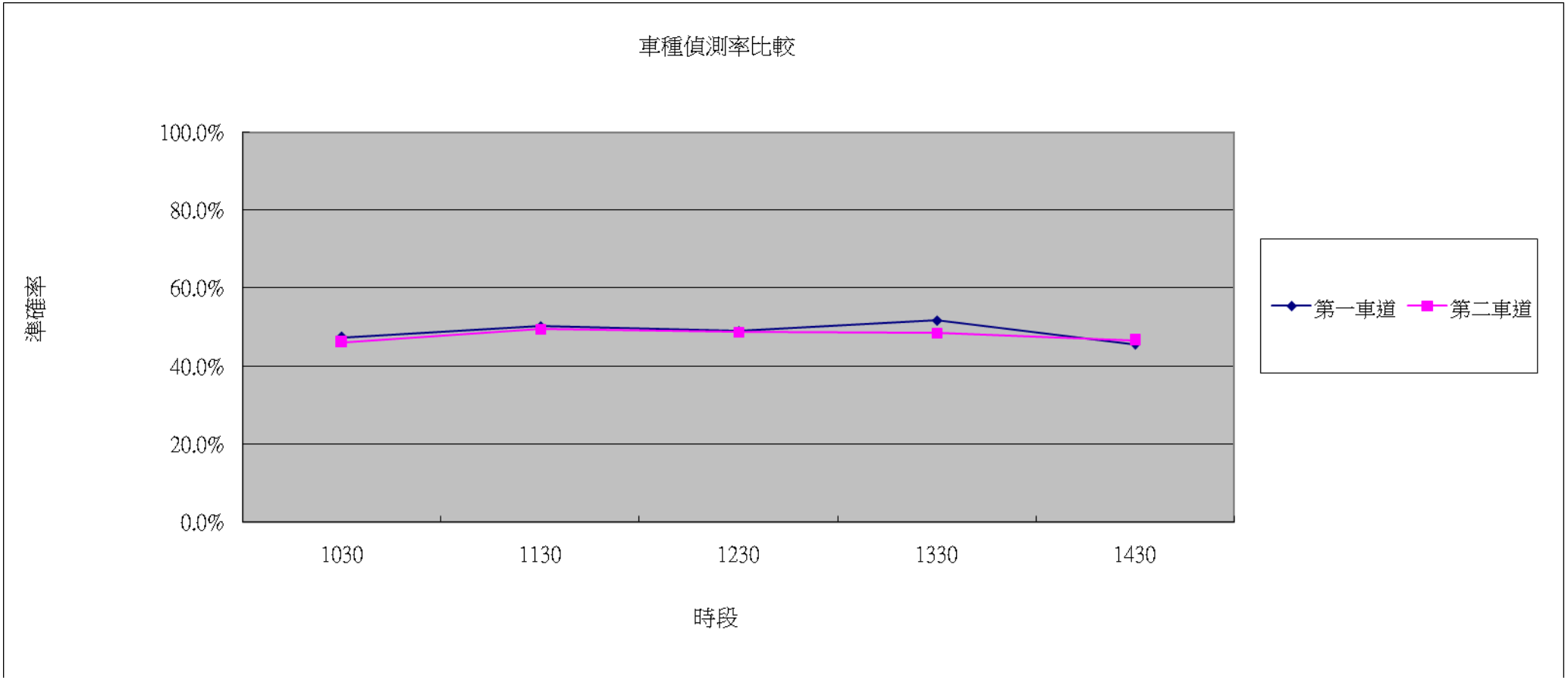


H.13 十三號機分析：

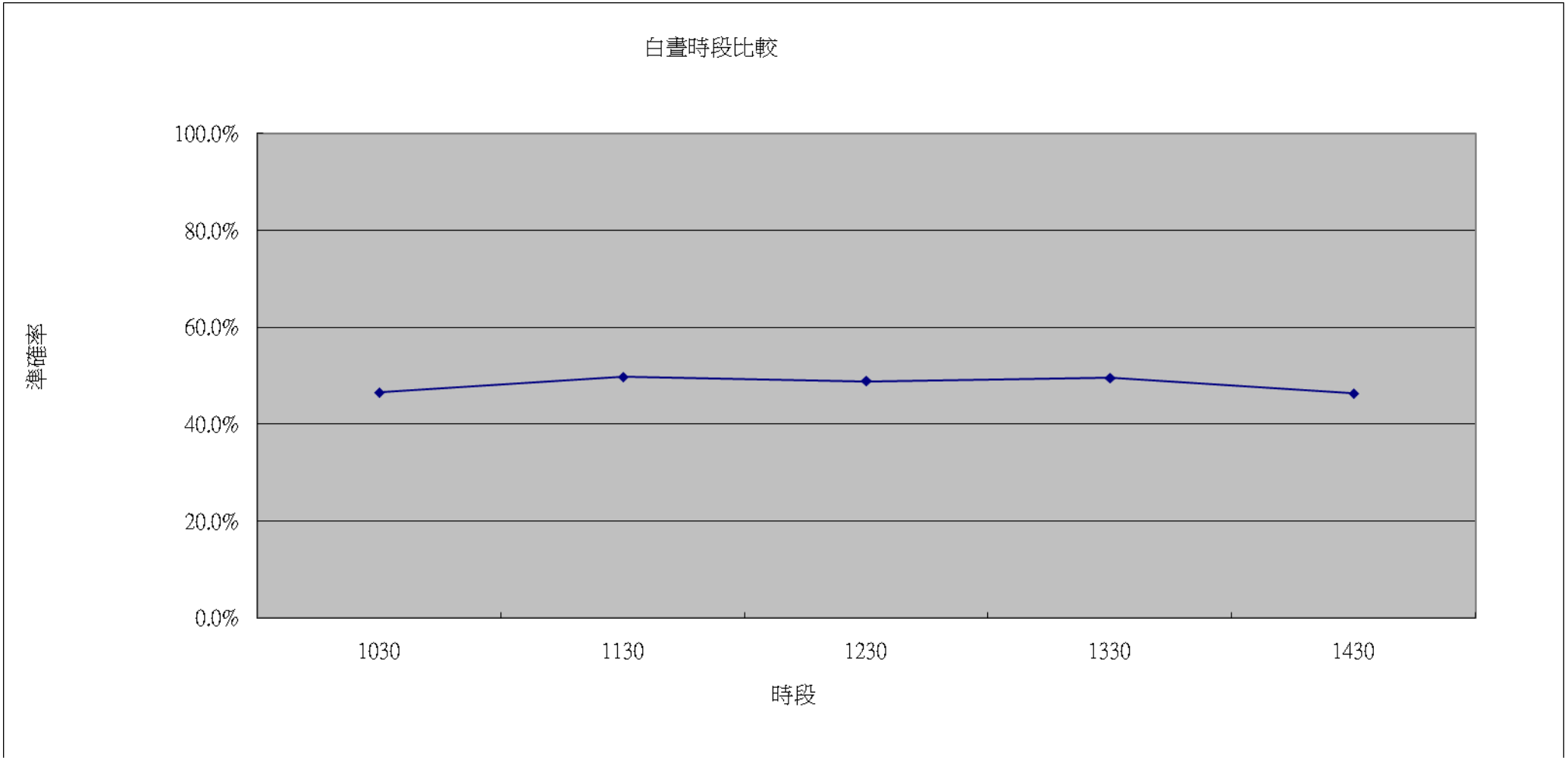
車種準確率比較	1030	1130	1230	1330	1430
人工	370	911	868	990	182
VD	171	449	424	494	81
小型車	46.2%	49.3%	48.8%	49.9%	44.5%
人工	31	76	48	66	11
VD	14	44	25	37	6
大型車	45.2%	57.9%	52.1%	56.1%	54.5%
人工	102	317	375	347	79
VD	48	159	182	165	39
機車	47.1%	50.2%	48.5%	47.6%	49.4%



時段	1030	1130	1230	1330	1430
人工	152	374	398	423	81
VD	72	188	195	219	37
第一車道	47.4%	50.3%	49.0%	51.8%	45.7%
人工	351	930	893	980	191
VD	162	461	436	476	89
第二車道	46.2%	49.6%	48.8%	48.6%	46.6%



白晝及夜間比較	1030	1130	1230	1330	1430
人工	503	1304	1291	1403	272
VD	234	649	631	695	126
白晝時段	46.5%	49.8%	48.9%	49.5%	46.3%



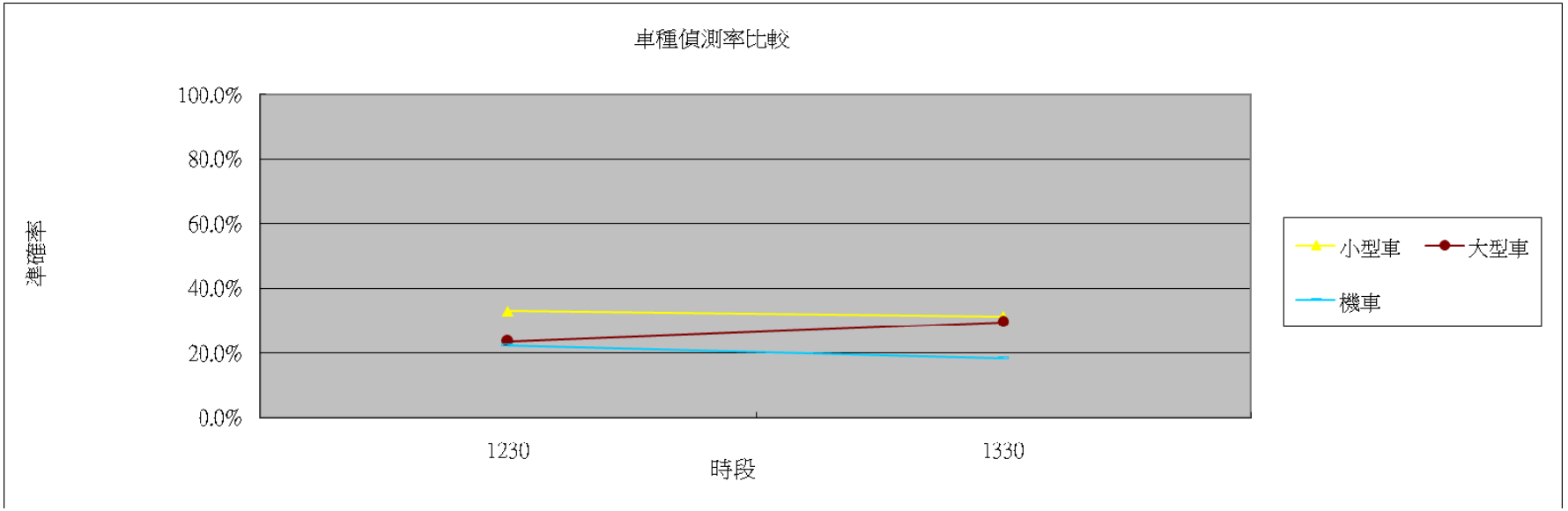
H.14 十四號機分析：

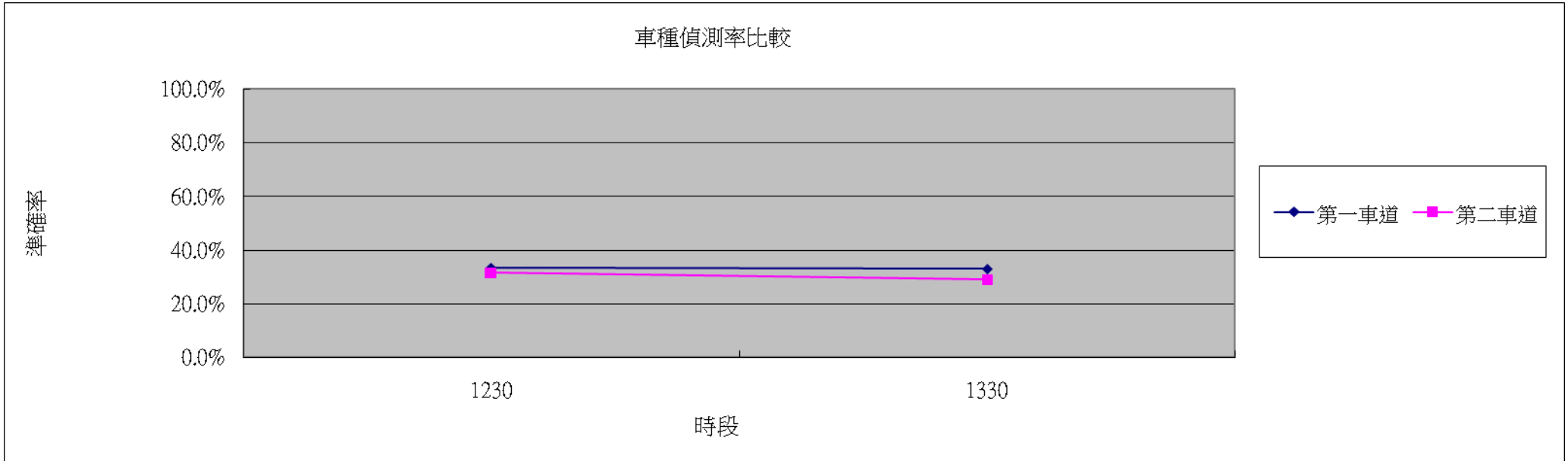
時段	1230	1330
人工	645	597
VD	213	188
小型車	33.0%	31.5%
人工	17	44
VD	4	13
大型車	23.5%	29.5%
人工	85	81
VD	19	15
機車	22.4%	18.5%

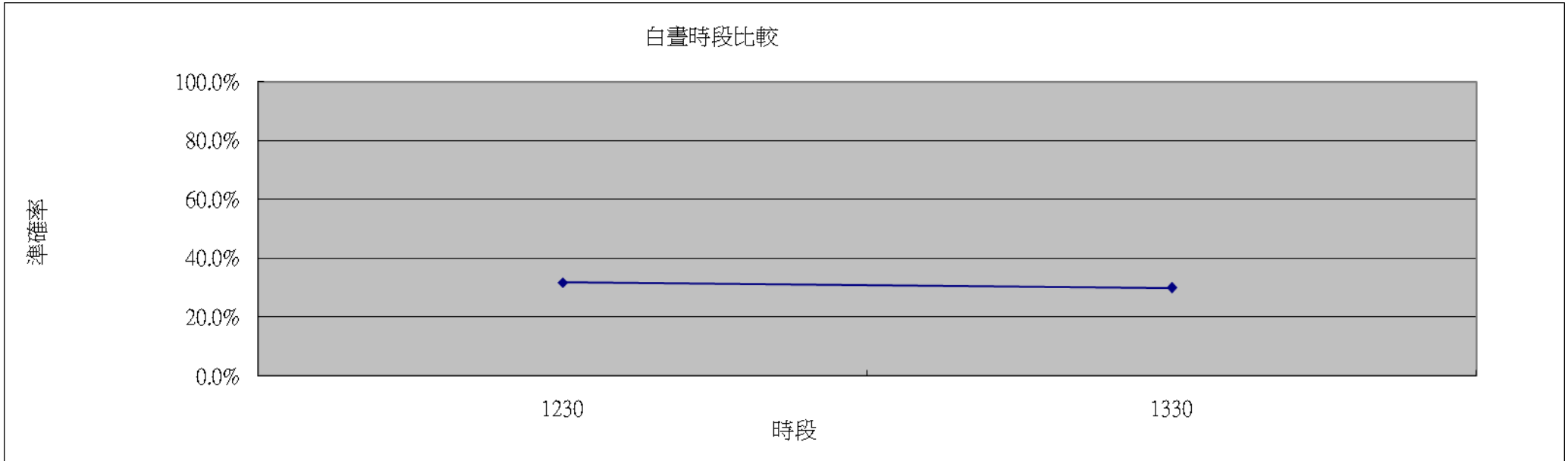
時段	1230	1330
人工	183	182
VD	61	60
第一車道	33.3%	33.0%
人工	564	540
VD	177	156
第二車道	31.4%	28.9%

時段	1230	1330
人工	183	182
VD	61	60
第一車道	33.3%	33.0%
人工	564	540
VD	177	156
第二車道	31.4%	28.9%

時段	1230	1330
人工	747	722
VD	238	216
準確率	31.9%	29.9%




車種偵測率比較
100.0%
80.0%
60.0%
40.0%
20.0%
0.0%
準確率
1230
1330
時段
第一車道
第二車道

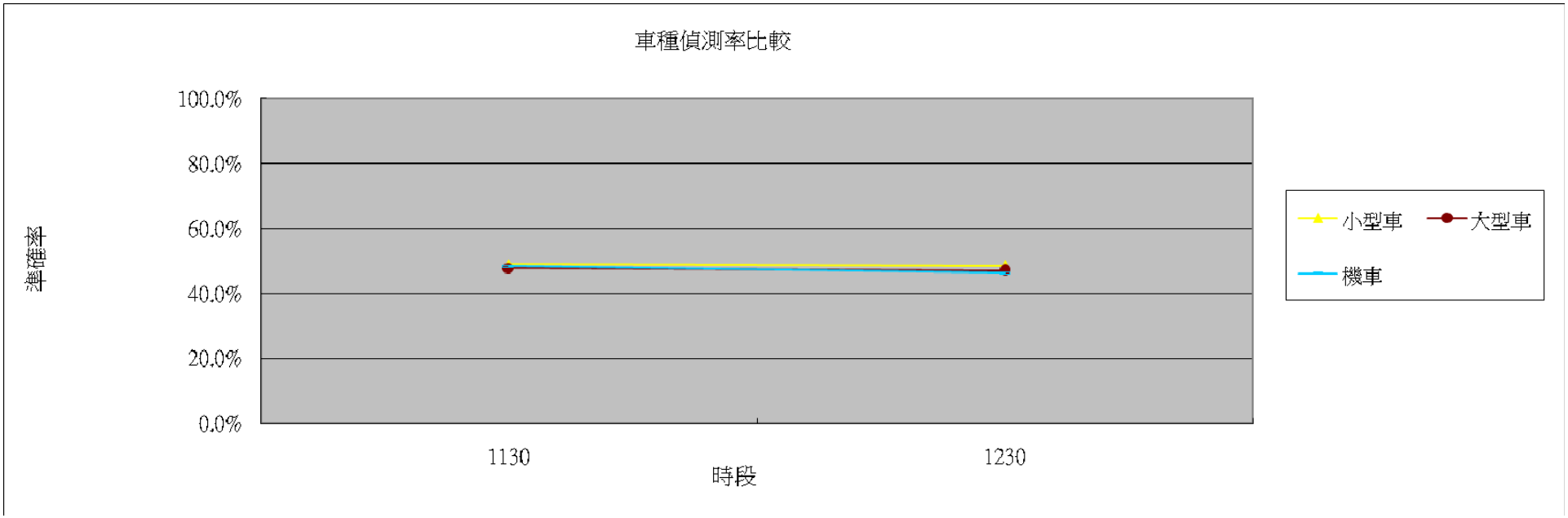

白晝時段比較
100.0%
80.0%
60.0%
40.0%
20.0%
0.0%
準確率
1230
1330
時段

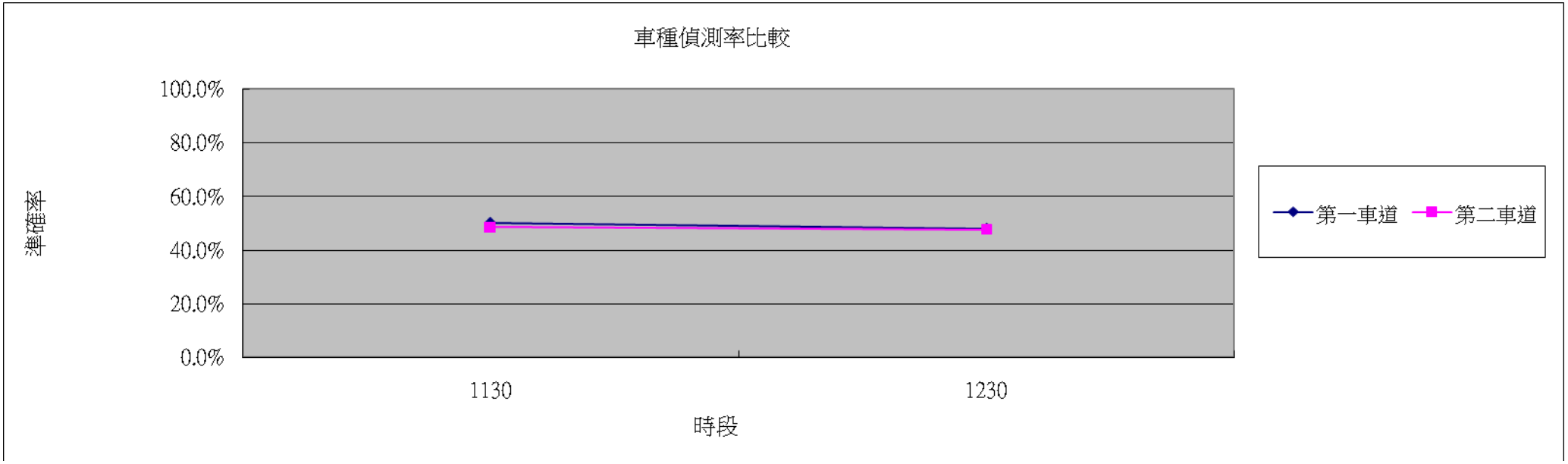
H.15 十五號機分析：

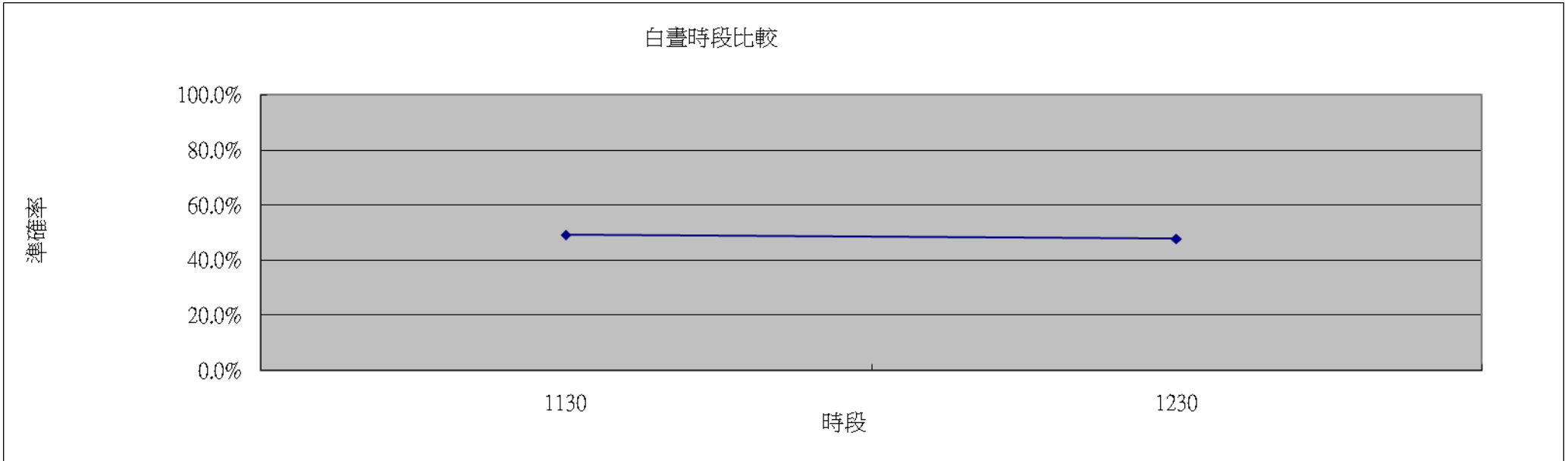
時段	1130	1230
人工	1059	960
VD	520	467
小型車	49.1%	48.6%
人工	23	17
VD	11	8
大型車	47.8%	47.1%
人工	444	380
VD	215	176
機車	48.4%	46.3%

時段	1130	1230
人工	554	457
VD	278	219
第一車道	50.2%	47.9%
人工	972	900
VD	471	429
第二車道	48.5%	47.7%

時段	1130	1230
人工	1526	1357
VD	749	648
準確率	49.1%	47.8%




車種偵測率比較
100.0%
80.0%
60.0%
40.0%
20.0%
0.0%
準確率
1130
1230
時段
第一車道
第二車道

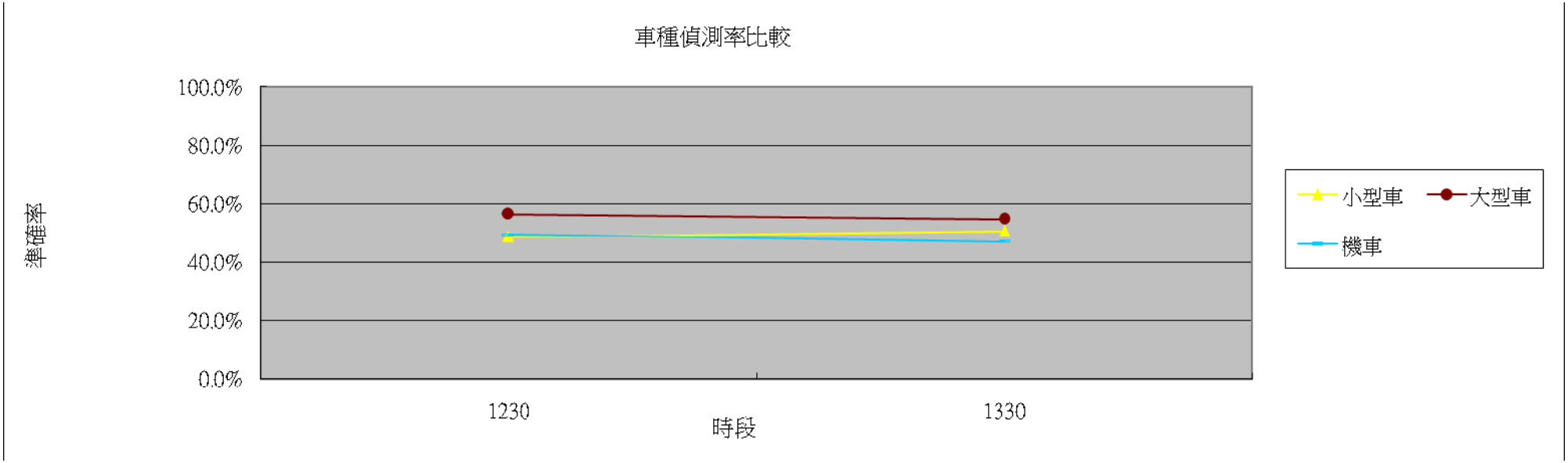

白晝時段比較
100.0%
80.0%
60.0%
40.0%
20.0%
0.0%
準確率
1130
1230
時段

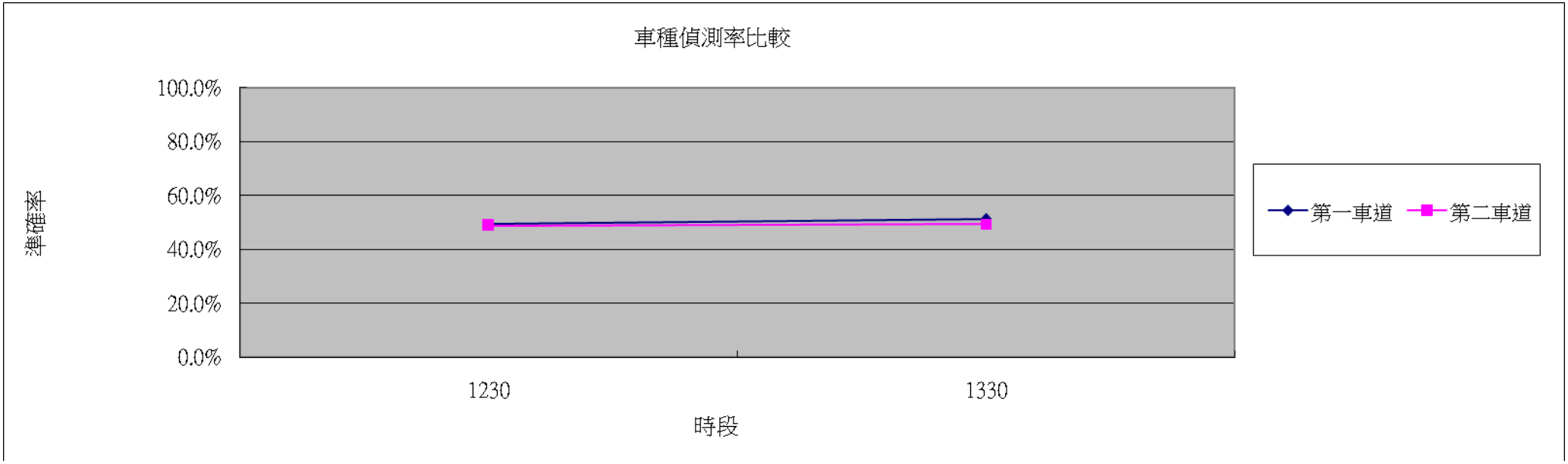
H.16 十六號機分析：

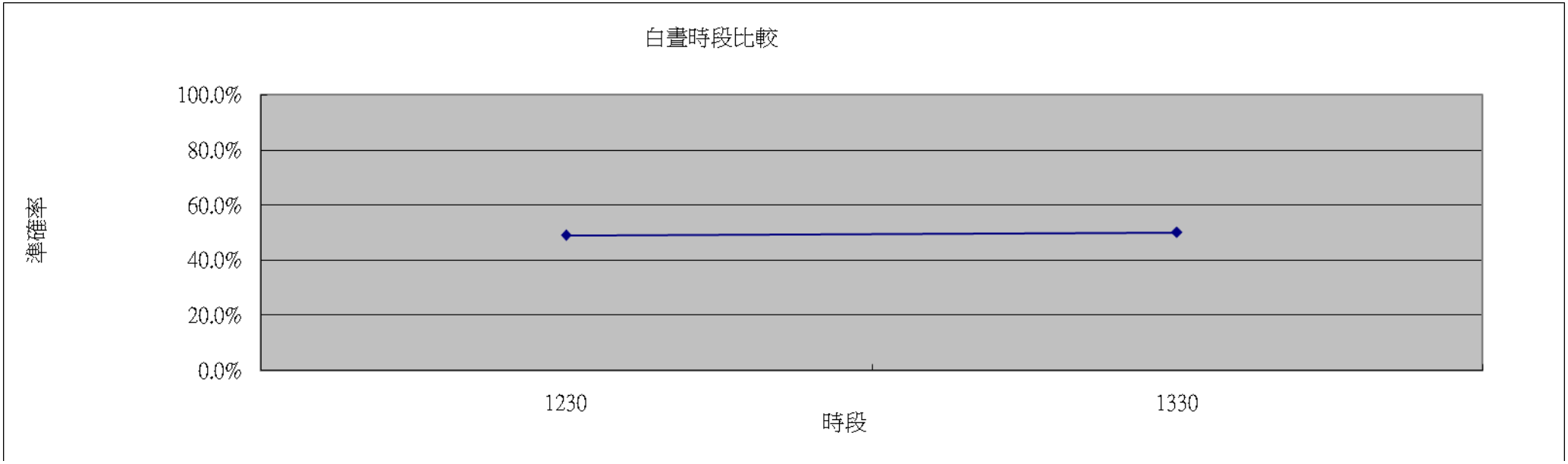
時段	1230	1330
人工	864	980
VD	420	496
小型車	48.6%	50.6%
人工	55	53
VD	31	29
大型車	56.4%	54.7%
人工	372	342
VD	184	161
機車	49.5%	47.1%

時段	1230	1330
人工	373	427
VD	184	219
第一車道	49.3%	51.3%
人工	918	948
VD	448	468
第二車道	48.8%	49.4%

時段	1230	1330
人工	1291	1375
VD	632	687
準確率	49.0%	50.0%

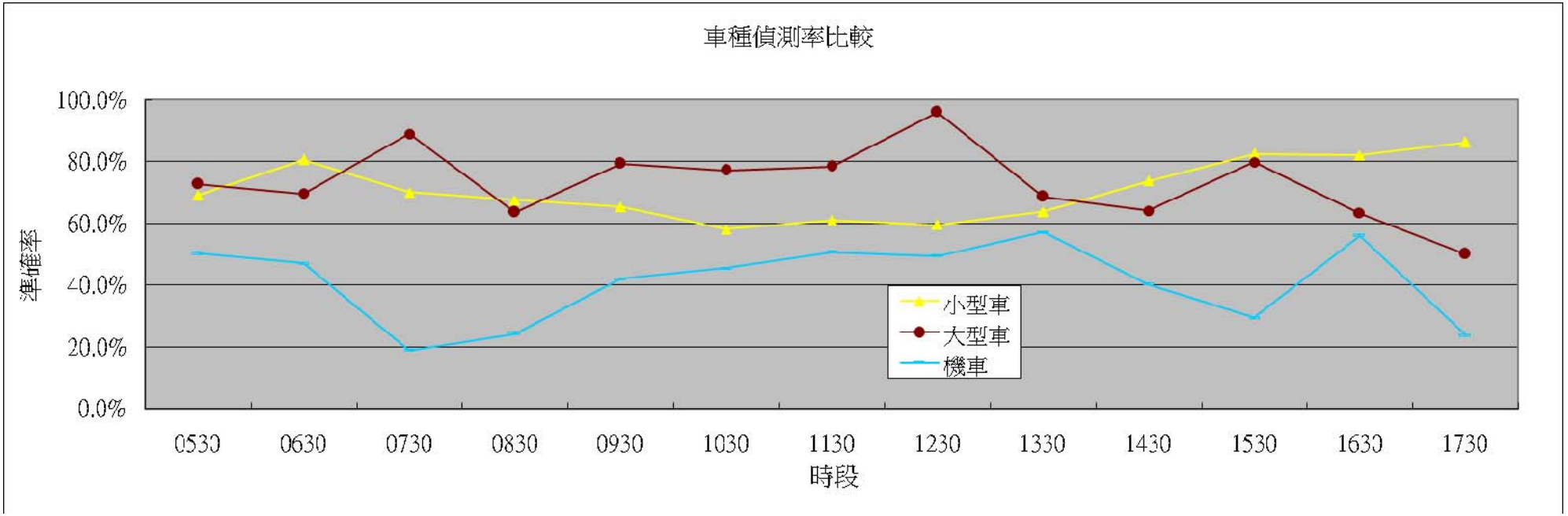



車種偵測率比較
100.0%
80.0%
60.0%
40.0%
20.0%
0.0%
準確率
1230
1330
時段
第一車道
第二車道

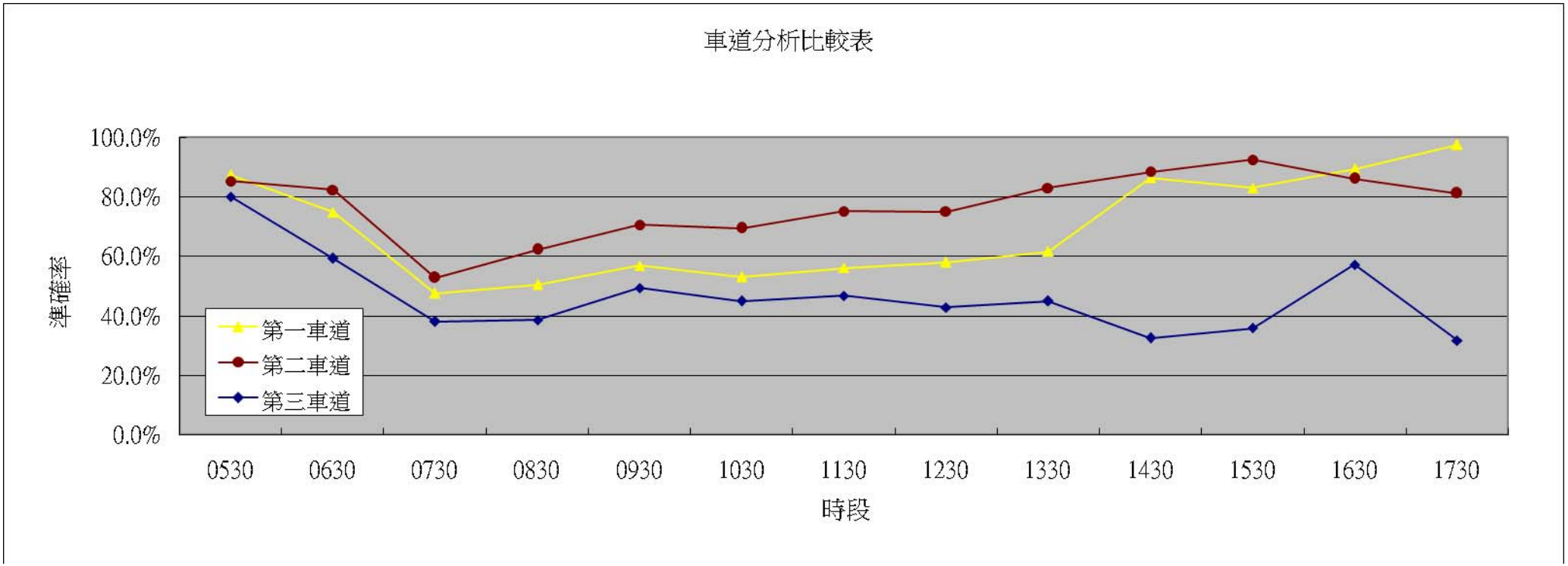

白晝時段比較
100.0%
80.0%
60.0%
40.0%
20.0%
0.0%
準確率
1230
1330
時段

H.17 十七號機分析：

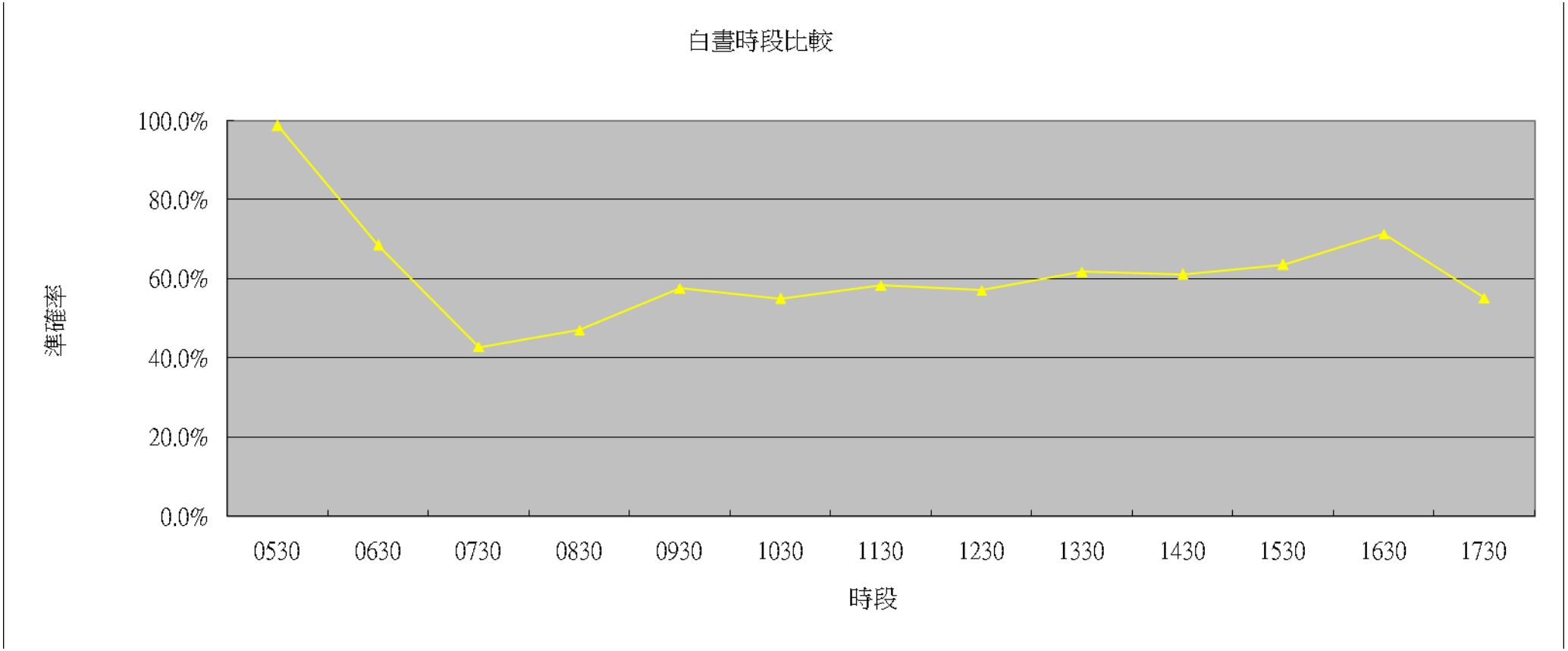
時段	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730
人工	585	3437	3152	2310	2031	2146	2277	2399	2365	2490	2110	2042	2413
VD	404	2770	2210	1560	1325	1246	1390	1429	1506	1836	1741	1676	2081
小型車	69.1%	80.6%	70.1%	67.5%	65.2%	58.1%	61.0%	59.6%	63.7%	73.7%	82.5%	82.1%	86.2%
人工	44	112	99	107	121	109	83	76	102	92	74	60	50
VD	56	146	110	68	96	84	65	73	70	59	89	82	75
大型車	72.7%	69.6%	88.9%	63.6%	79.3%	77.1%	78.3%	96.1%	68.6%	64.1%	79.7%	63.3%	50.0%
人工	363	2268	3872	2161	1146	917	1001	1120	1079	1510	1288	1666	2532
VD	544	1069	731	525	481	417	508	553	616	609	379	934	603
機車	50.1%	47.1%	18.9%	24.3%	42.0%	45.5%	50.7%	49.4%	57.1%	40.3%	29.4%	56.1%	23.8%



時段	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730
人工	231	1394	1312	988	833	822	854	894	928	907	795	702	827
VD	202	1043	623	498	474	436	479	518	572	783	660	627	806
第一車道	87.4%	74.8%	47.5%	50.4%	56.9%	53.0%	56.1%	57.9%	61.6%	86.3%	83.0%	89.3%	97.5%
人工	320	1395	1468	1140	1001	1048	1102	1185	1169	1226	1040	1082	1280
VD	273	1149	774	710	706	727	828	889	969	1084	962	931	1039
第二車道	85.3%	82.4%	52.7%	62.3%	70.5%	69.4%	75.1%	75.0%	82.9%	88.4%	92.5%	86.0%	81.2%
人工	441	3028	4343	2450	1464	1302	1405	1516	1449	1959	1637	1984	2888
VD	529	1793	1654	945	722	584	656	648	651	637	587	1134	914
第三車道	80.0%	59.2%	38.1%	38.6%	49.3%	44.9%	46.7%	42.7%	44.9%	32.5%	35.9%	57.2%	31.6%



白晝及夜間比較	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730
人工	992	5817	7123	4578	3298	3172	3361	3595	3546	4092	3472	3768	4995
VD	1004	3985	3051	2153	1902	1747	1963	2055	2192	2504	2209	2692	2759
白晝時段	98.8%	68.5%	42.8%	47.0%	57.7%	55.1%	58.4%	57.2%	61.8%	61.2%	63.6%	71.4%	55.2%

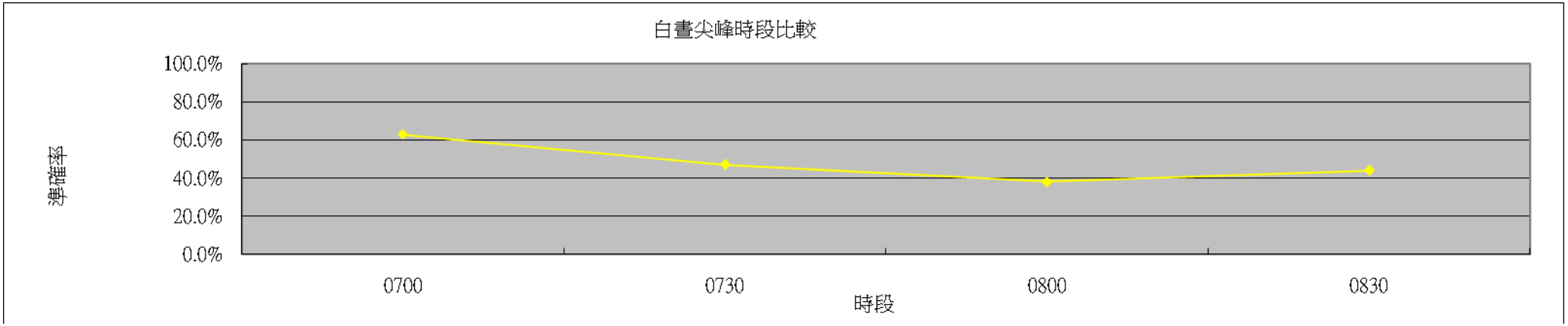


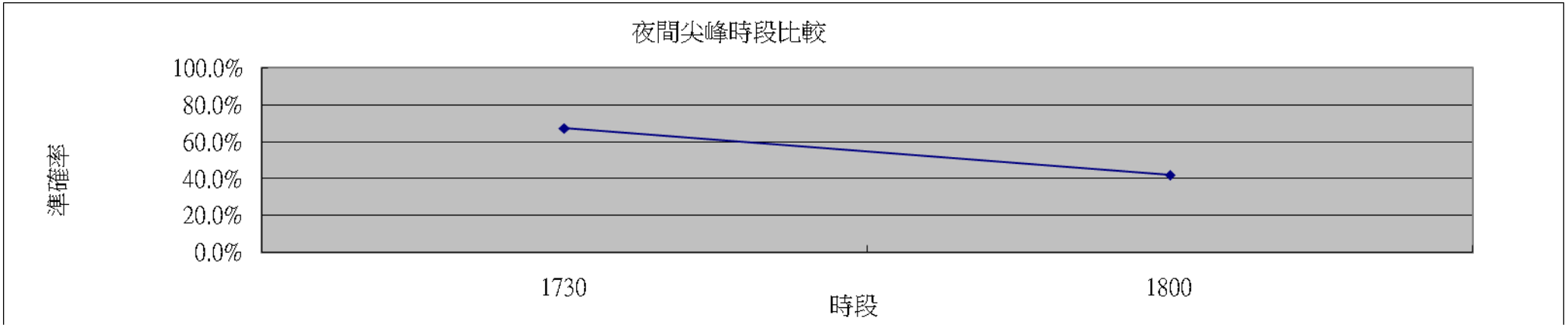
白晝尖峰時段	0700	0730	0800	0830
人工	3360	3827	3296	2527
VD	2116	1796	1255	1107
準確率	63.0%	46.9%	38.1%	43.8%

夜間尖峰時段	1730	1800
人工	2646	2349
VD	1775	984
準確率	67.1%	41.9%

日出時段		0500	0530
日出(0500-0600)	人工	0	264
	VD	0	295
	準確率	100%	88.3%

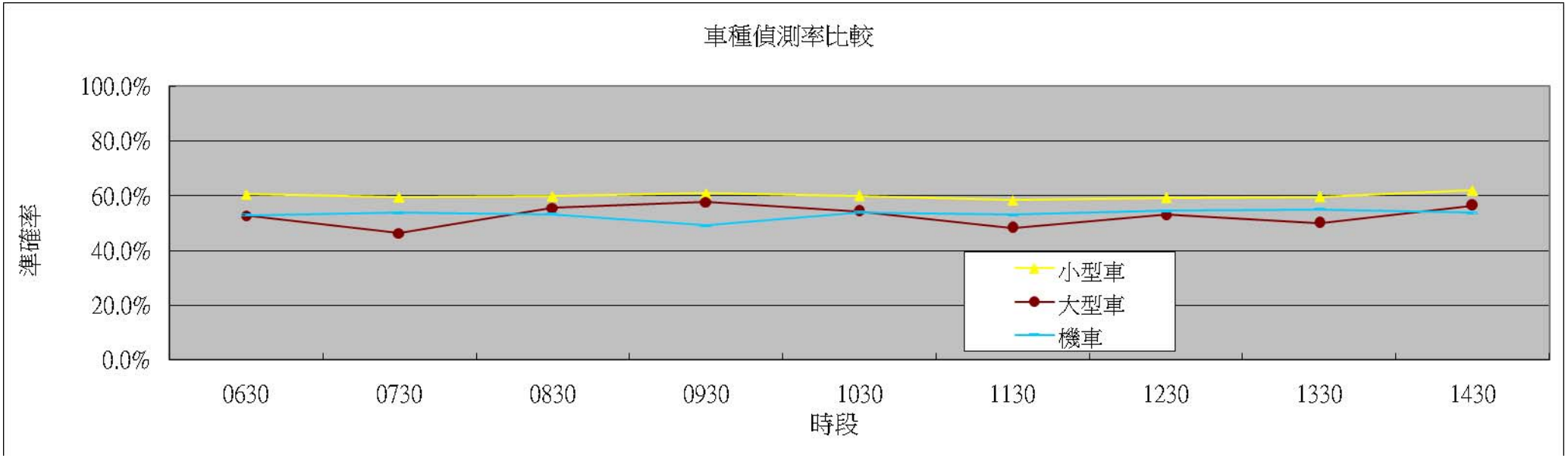
日落時段		1800	1830
日落(1800-1900)	人工	2349	0
	VD	984	0
	準確率	41.9%	100%



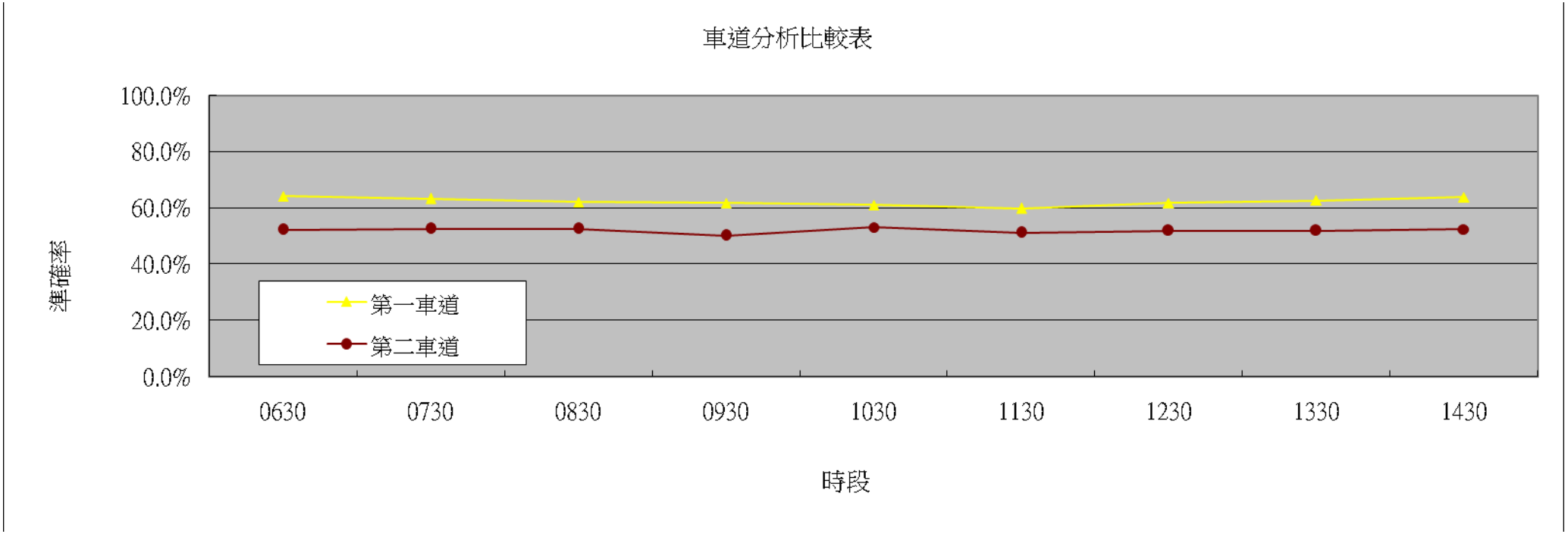


H.18 十八號機分析：

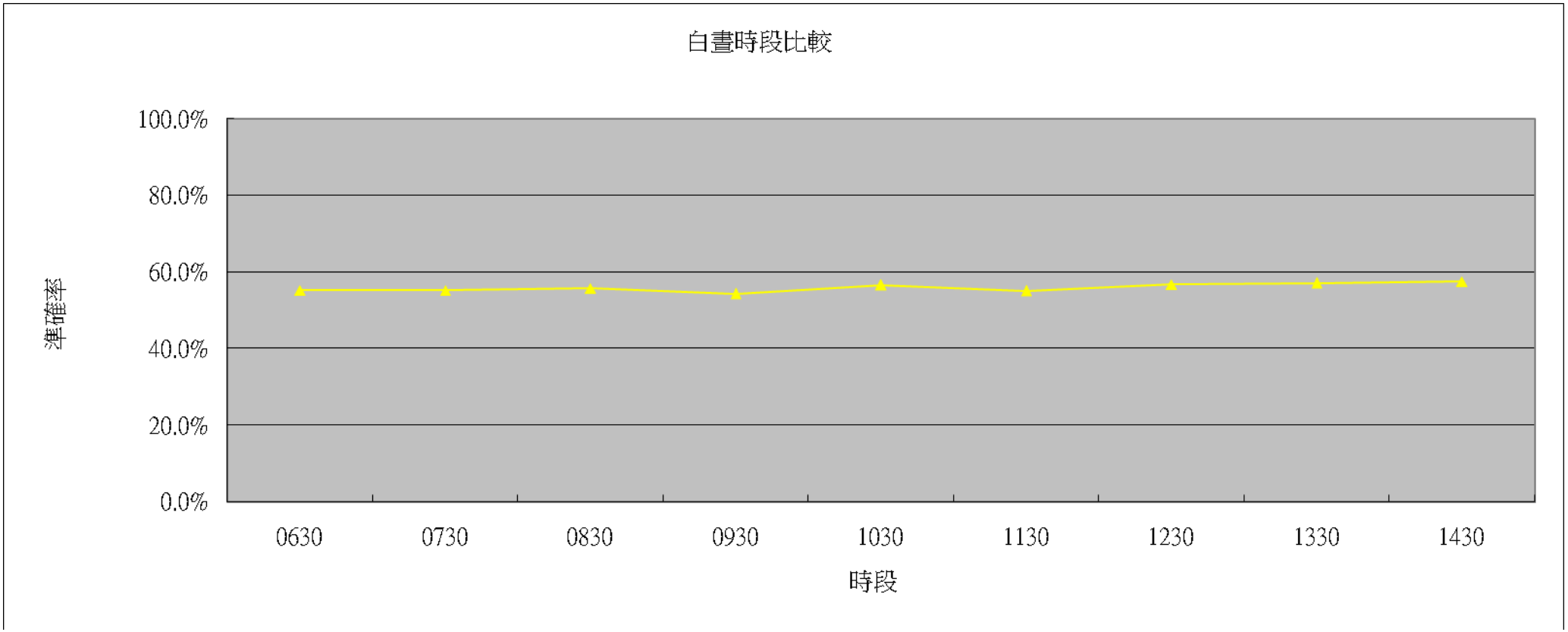
車種準確率比較	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430
人工	502	545	439	450	433	424	391	491	512
VD	304	324	263	274	260	248	232	293	317
小型車	60.6%	59.4%	59.9%	60.9%	60.0%	58.5%	59.3%	59.7%	61.9%
人工	38	41	45	45	35	29	32	32	39
VD	20	19	25	26	19	14	17	16	22
大型車	52.6%	46.3%	55.6%	57.8%	54.3%	48.3%	53.1%	50.0%	56.4%
人工	1278	1787	752	565	464	526	464	546	603
VD	676	961	401	278	250	279	253	300	324
機車	52.9%	53.8%	53.3%	49.2%	53.9%	53.0%	54.5%	54.9%	53.7%



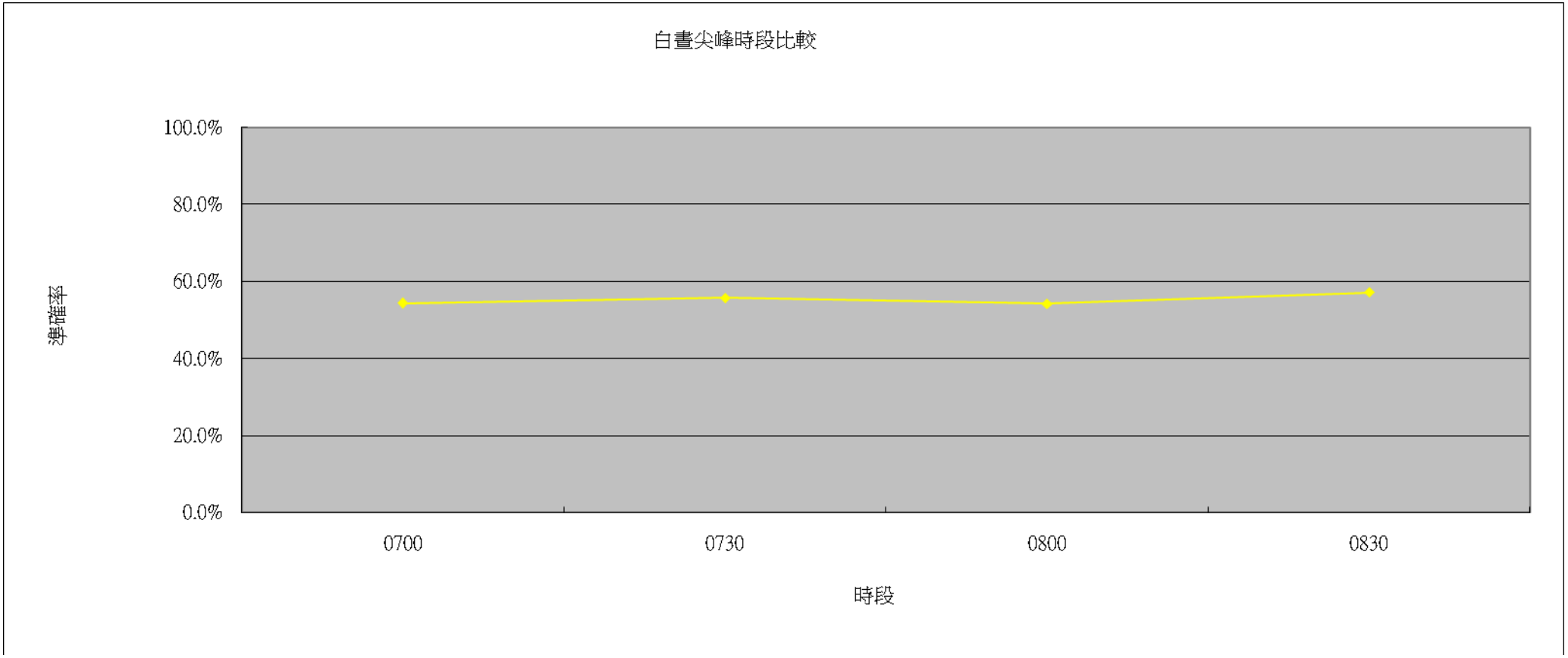
車道準確率比較	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430
人工	439	548	398	369	396	436	431	507	502
VD	282	347	247	228	242	261	266	318	321
第一車道	64.2%	63.3%	62.1%	61.8%	61.1%	59.9%	61.7%	62.7%	63.9%
人工	1379	1825	838	691	536	543	456	562	652
VD	720	961	441	347	285	278	237	292	342
第二車道	52.2%	52.7%	52.6%	50.2%	53.2%	51.2%	52.0%	52.0%	52.5%



白晝及夜間比較	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430
人工	1818	2373	1236	1060	932	979	887	1069	1154
VD	1002	1308	688	575	527	539	503	610	663
白晝時段	55.1%	55.1%	55.7%	54.2%	56.5%	55.1%	56.7%	57.1%	57.5%

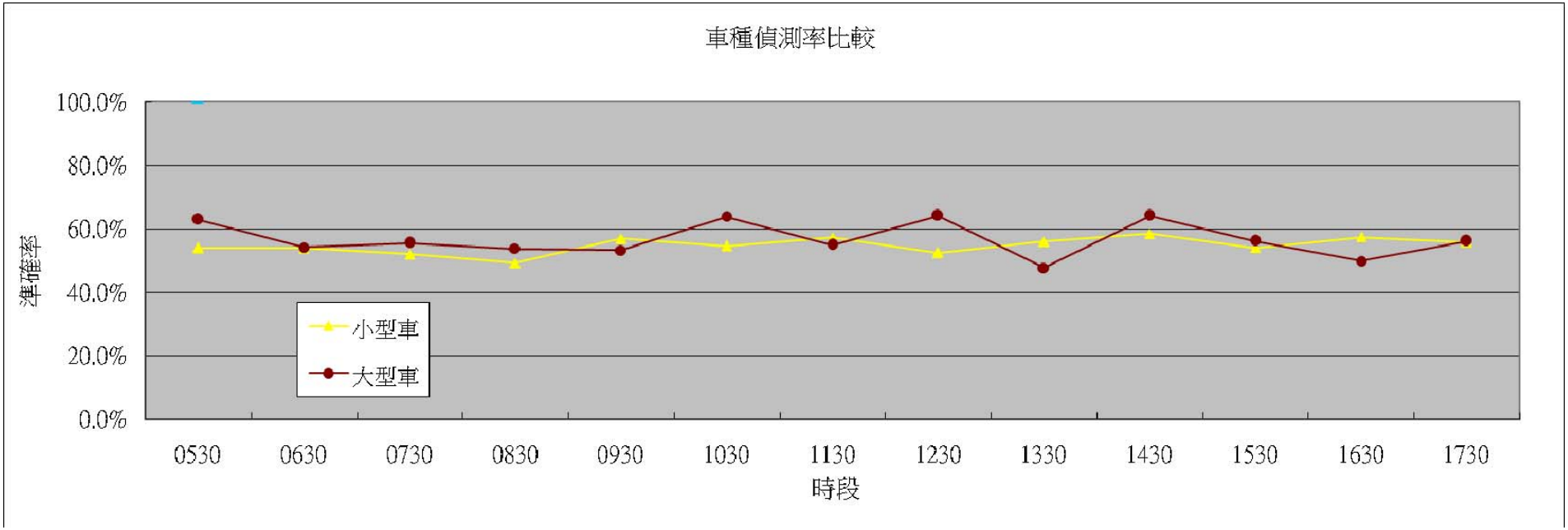


尖峰時段比較	0700	0730	0800	0830
人工	1213	1492	881	672
VD	659	831	477	384
白晝尖峰	54.3%	55.7%	54.1%	57.1%

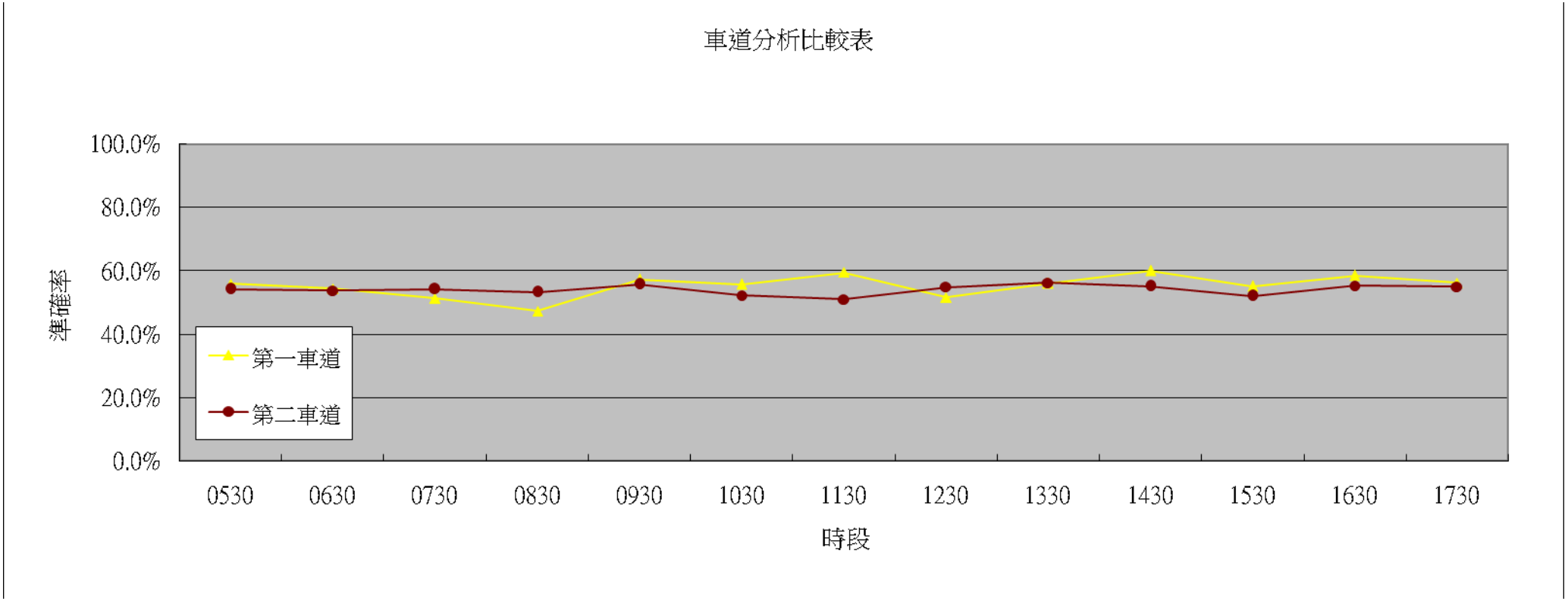


H.19 十九號機分析：

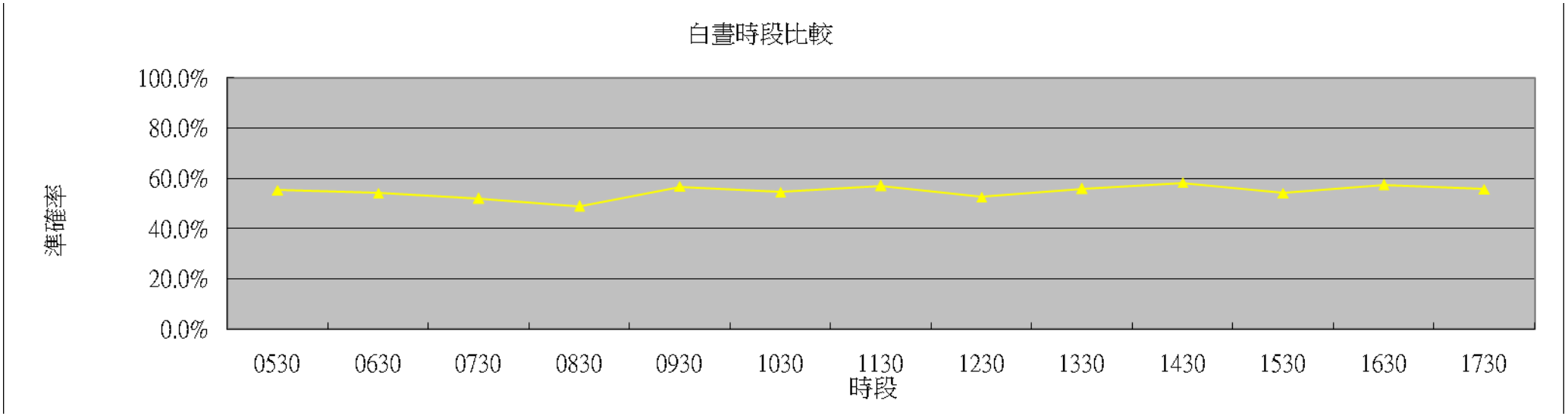
時段	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730
人工	255	761	760	779	588	621	553	605	670	686	927	704	715
VD	138	410	396	384	335	340	317	318	376	402	502	405	400
小型車	54.1%	53.9%	52.1%	49.3%	57.0%	54.8%	57.3%	52.6%	56.1%	58.6%	54.2%	57.5%	55.9%
人工	27	24	18	13	30	25	20	14	23	14	16	12	16
VD	17	13	10	7	16	16	11	9	11	9	9	6	9
大型車	63.0%	54.2%	55.6%	53.8%	53.3%	64.0%	55.0%	64.3%	47.8%	64.3%	56.3%	50.0%	56.3%
人工	0	1	2	2	0	4	1	1	0	1	0	1	0
VD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
機車	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%	100.0%



時段	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730
人工	197	548	553	565	444	449	417	434	513	463	676	500	536
VD	110	298	283	267	254	250	248	224	287	278	372	292	301
第一車道	55.8%	54.4%	51.2%	47.3%	57.2%	55.7%	59.5%	51.6%	55.9%	60.0%	55.0%	58.4%	56.2%
人工	85	238	227	229	174	201	157	186	180	238	267	217	195
VD	46	128	123	122	97	105	80	102	101	131	139	120	107
第二車道	54.1%	53.8%	54.2%	53.3%	55.7%	52.2%	51.0%	54.8%	56.1%	55.0%	52.1%	55.3%	54.9%



白晝及夜間比較	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730
人工	282	786	780	794	618	650	574	620	693	701	943	717	731
VD	156	426	406	389	351	355	328	326	388	409	511	412	408
白晝時段	55.3%	54.2%	52.1%	49.0%	56.8%	54.6%	57.1%	52.6%	56.0%	58.3%	54.2%	57.5%	55.8%

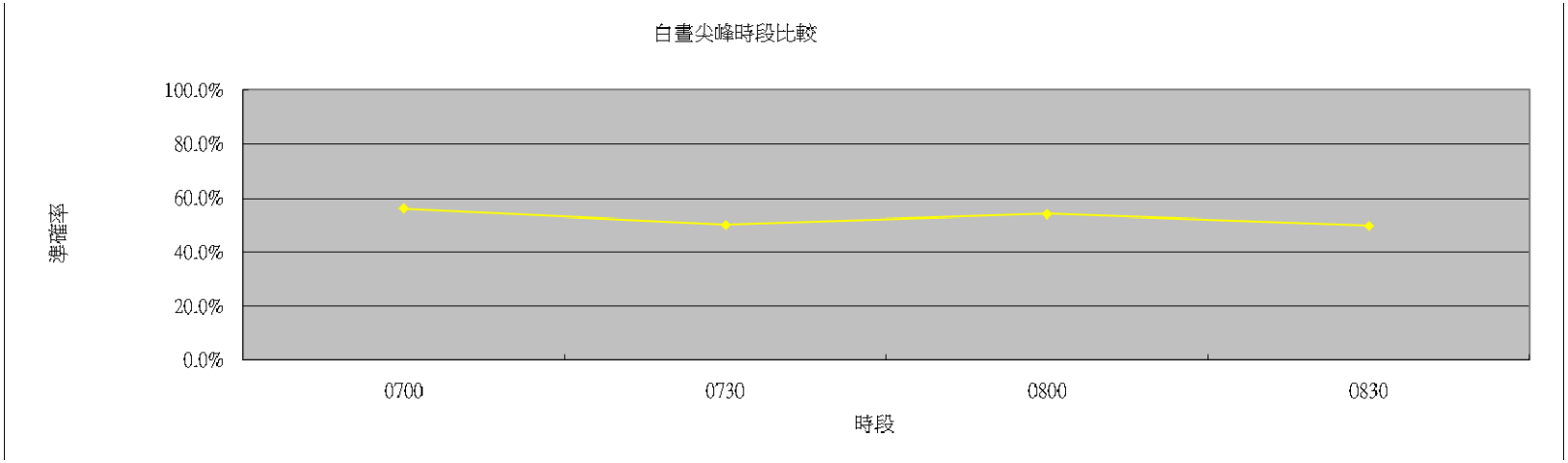


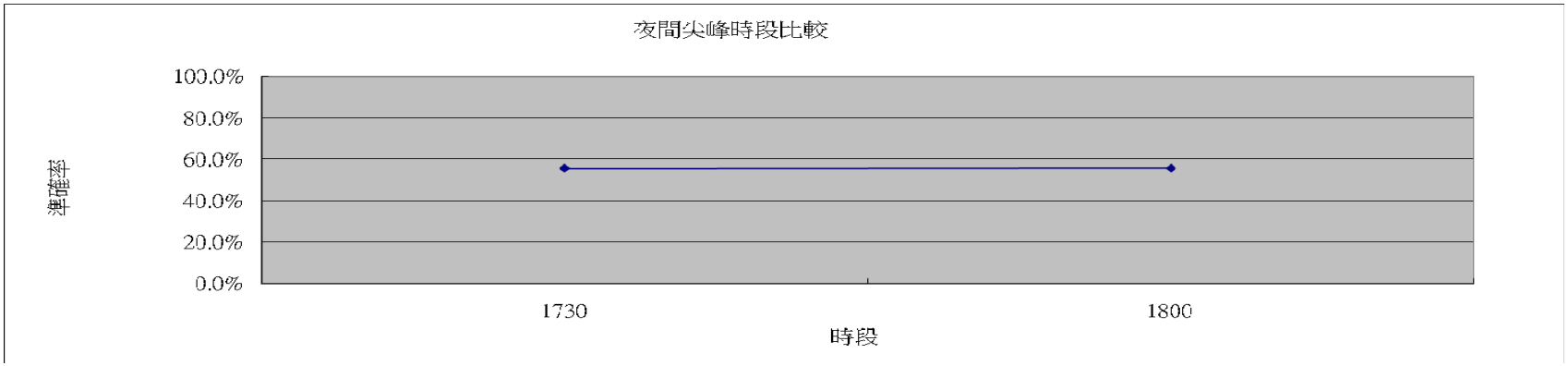
白晝尖峰時段	0700	0730	0800	0830
人工	413	414	366	460
VD	232	208	198	229
準確率	56.2%	50.2%	54.1%	49.8%

夜間尖峰時段	1730	1800
人工	398	333
VD	222	186
準確率	55.8%	55.9%

日出時段		0500	0530
日出(0500-0600)	人工	55	82
	VD	0	47
	準確率	0.0%	57.3%

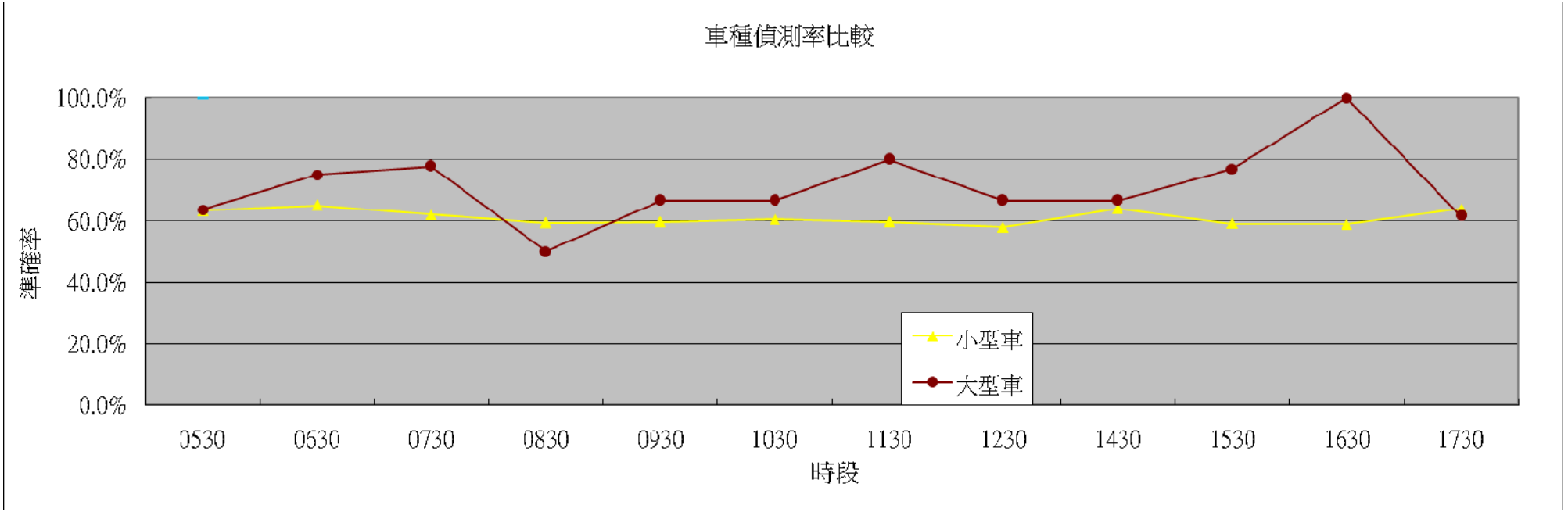
日落時段		1800	1830
日落(1800-1900)	人工	333	447
	VD	186	0
	準確率	55.9%	0.0%



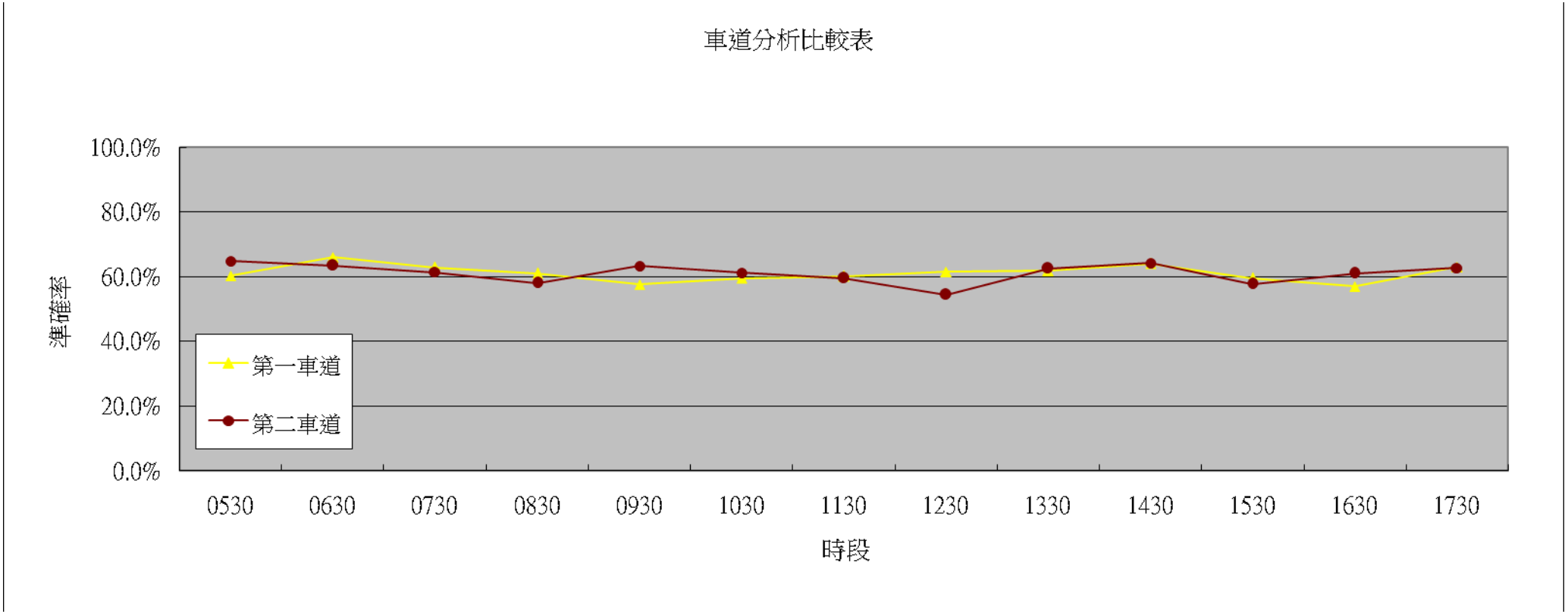


H.20 二十號機分析：

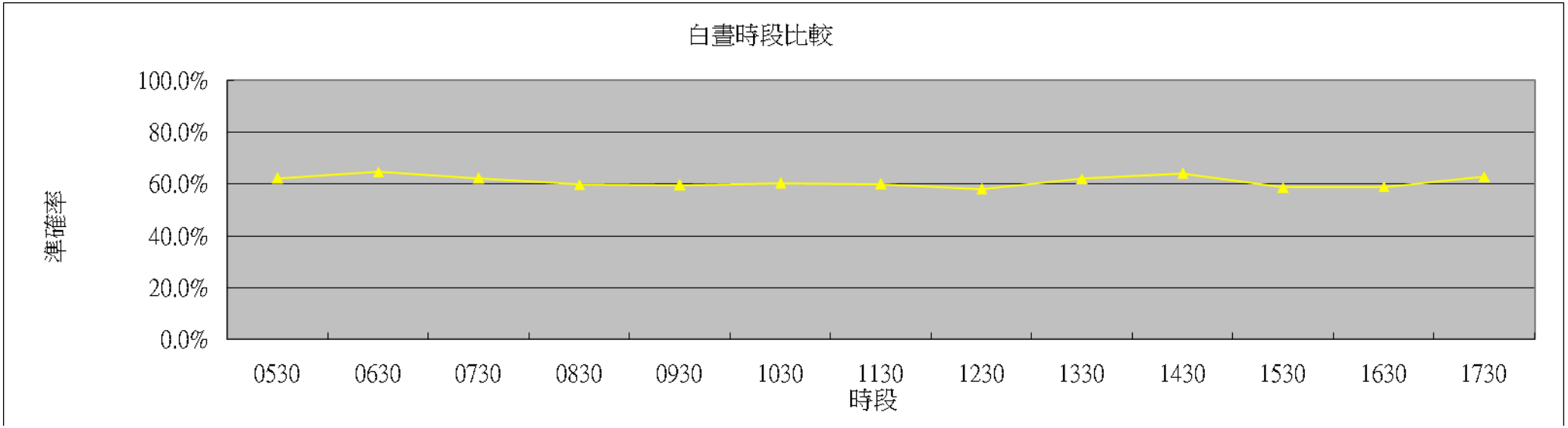
時段	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730
人工	235	630	783	514	394	339	466	302	324	350	252	358	386
VD	149	410	486	305	235	205	278	175	199	224	149	211	247
小型車	63.4%	65.1%	62.1%	59.3%	59.6%	60.5%	59.7%	57.9%	61.4%	64.0%	59.1%	58.9%	64.0%
人工	11	12	9	4	12	15	10	3	2	9	13	6	13
VD	7	9	7	6	8	10	8	2	4	6	10	6	8
大型車	63.6%	75.0%	77.8%	50.0%	66.7%	66.7%	80.0%	66.7%	0.0%	66.7%	76.9%	100.0%	61.5%
人工	0	0	1	0	2	1	0	0	1	0	1	1	2
VD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
機車	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%



時段	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730
人工	141	306	428	323	264	185	256	158	175	253	143	188	216
VD	85	202	269	197	152	110	154	97	108	162	85	107	136
第一車道	60.3%	66.0%	62.9%	61.0%	57.6%	59.5%	60.2%	61.4%	61.7%	64.0%	59.4%	56.9%	63.0%
人工	105	336	365	195	144	170	220	147	152	106	123	177	185
VD	68	213	224	113	91	104	131	80	95	68	71	108	116
第二車道	64.8%	63.4%	61.4%	57.9%	63.2%	61.2%	59.5%	54.4%	62.5%	64.2%	57.7%	61.0%	62.7%



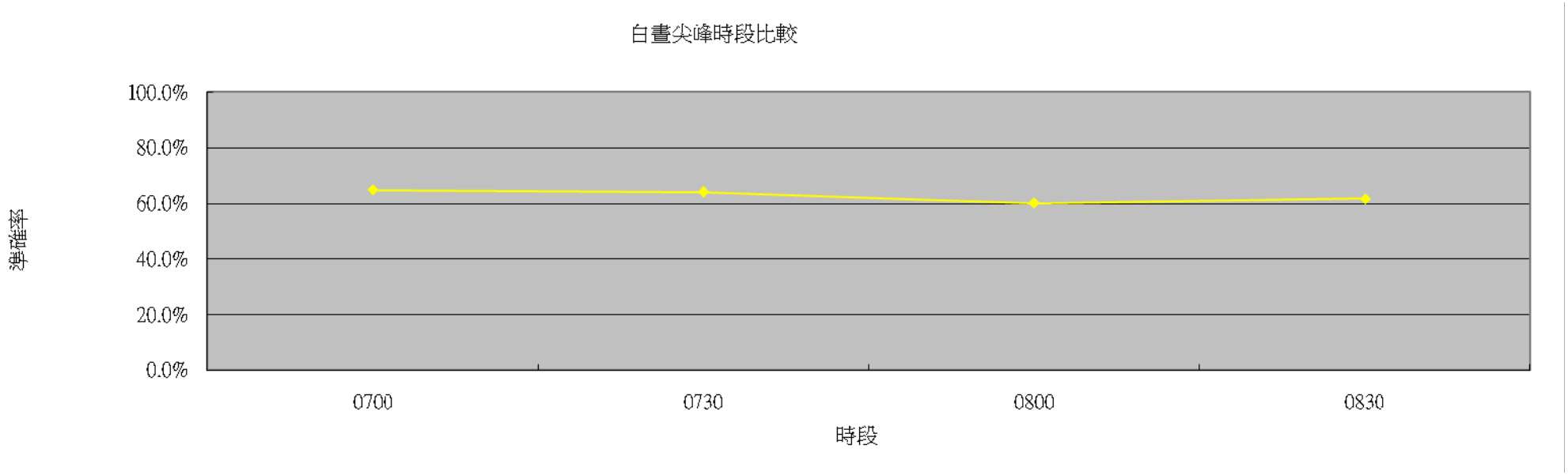
白晝及夜間比較	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730
人工	246	642	793	518	408	355	476	305	327	359	266	365	401
VD	153	415	493	310	243	214	285	177	203	230	156	215	252
白晝時段	62.2%	64.6%	62.2%	59.8%	59.6%	60.3%	59.9%	58.0%	62.1%	64.1%	58.6%	58.9%	62.8%

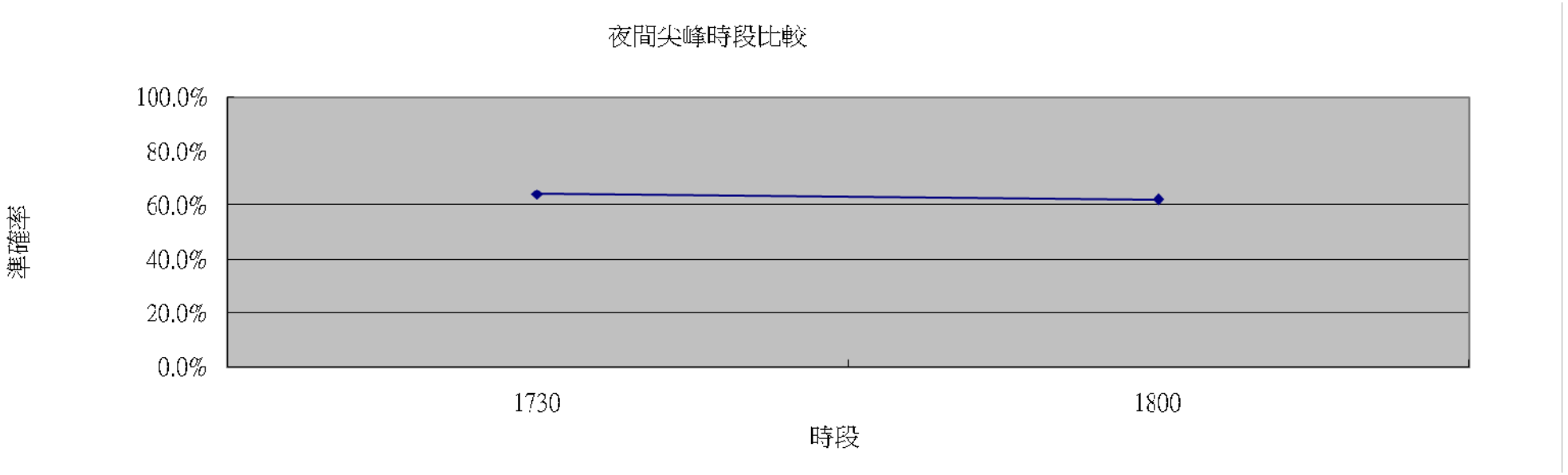


白晝尖峰時段	0700	0730	0800	0830
人工	361	409	384	274
VD	234	262	231	169
準確率	64.8%	64.1%	60.2%	61.7%

夜間尖峰時段	1730	1800
人工	175	226
VD	112	140
準確率	64.0%	61.9%

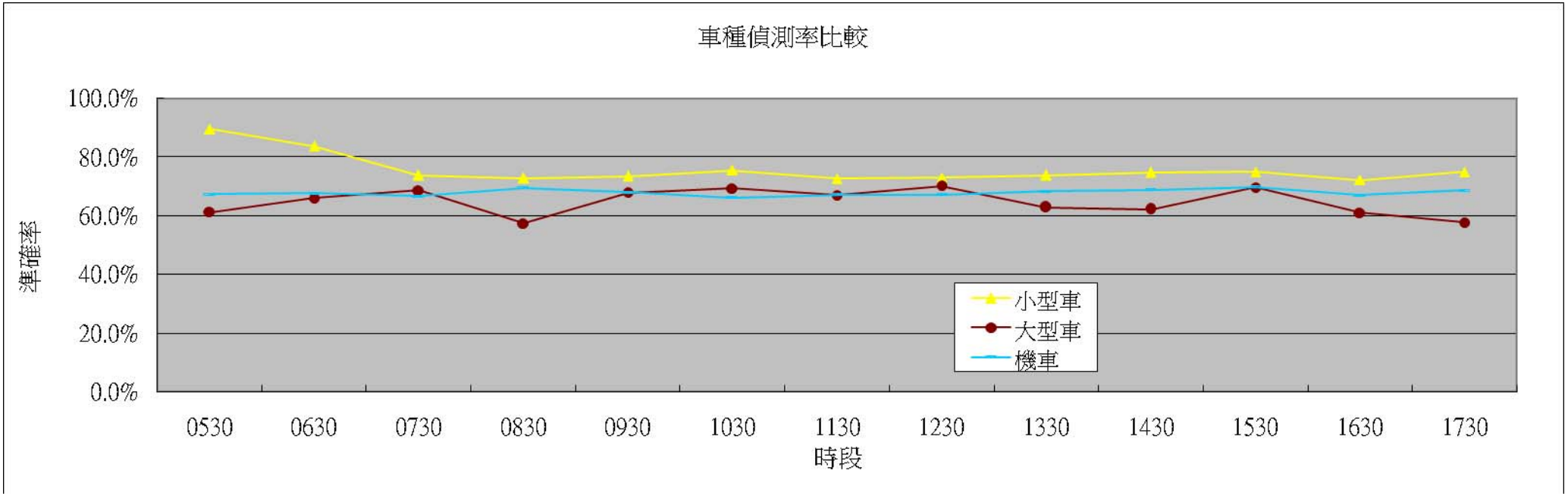
日出時段		0500	0530
日出(0500-0600)	人工	30	55
	VD	0	33
	準確率	0.0%	60.0%
日落時段		1800	1830
日落(1800-1900)	人工	226	215
	VD	140	0
	準確率	61.9%	0.0%


白晝尖峰時段比較
100.0%
80.0%
60.0%
40.0%
20.0%
0.0%
準確率
0700
0730
0800
0830
時段

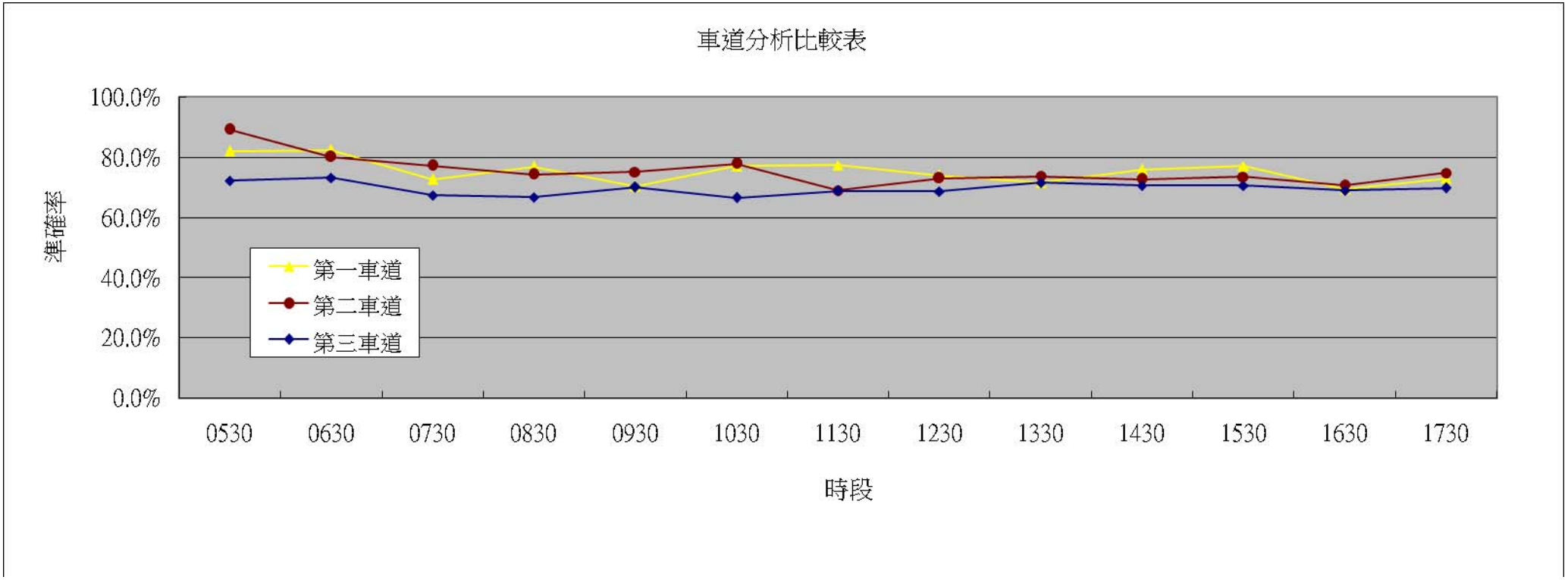

夜間尖峰時段比較
100.0%
80.0%
60.0%
40.0%
20.0%
0.0%
準確率
1730
1800
時段

H.21 二十一號機分析：

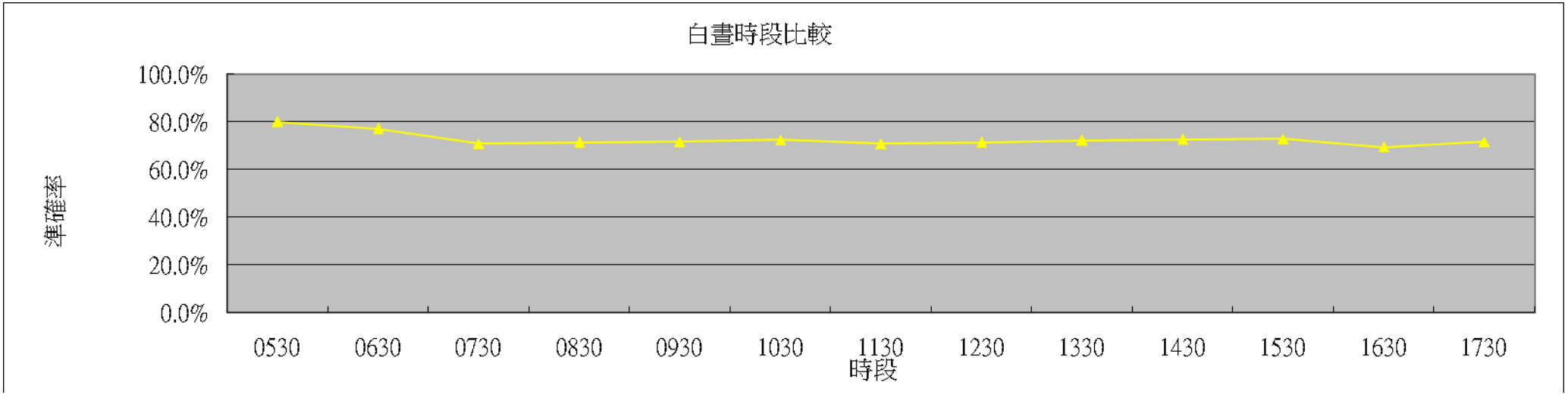
時段	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730
人工	935	3558	4796	3968	3585	2077	1993	2235	2918	2456	2558	2721	3385
VD	837	2980	3540	2888	2631	1568	1447	1630	2153	1836	1916	1964	2535
小型車	89.5%	83.8%	73.8%	72.8%	73.4%	75.5%	72.6%	72.9%	73.8%	74.8%	74.9%	72.2%	74.9%
人工	80	156	105	101	137	111	124	104	97	95	112	141	123
VD	49	103	72	58	93	77	83	73	61	59	78	86	71
大型車	61.3%	66.0%	68.6%	57.4%	67.9%	69.4%	66.9%	70.2%	62.9%	62.1%	69.6%	61.0%	57.7%
人工	597	2320	3130	2062	1574	882	916	934	946	1154	1523	2428	3089
VD	402	1571	2087	1433	1071	584	615	627	647	795	1064	1625	2118
機車	67.3%	67.7%	66.7%	69.5%	68.0%	66.2%	67.1%	67.1%	68.4%	68.9%	69.9%	66.9%	68.6%



時段	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730
人工	352	1443	2121	1617	1145	741	678	747	1074	1007	1072	1084	1394
VD	289	1188	1540	1243	806	571	525	552	768	764	826	752	1017
第一車道	82.1%	82.3%	72.6%	76.9%	70.4%	77.1%	77.4%	73.9%	71.5%	75.9%	77.1%	69.4%	73.0%
人工	534	1531	1796	1632	1659	968	1097	1165	1407	1121	1201	1370	1569
VD	476	1227	1387	1213	1246	753	757	850	1037	815	882	970	1174
第二車道	89.1%	80.1%	77.2%	74.3%	75.1%	77.8%	69.0%	73.0%	73.7%	72.7%	73.4%	70.8%	74.8%
人工	726	3060	4114	2882	2492	1361	1258	1361	1480	1577	1920	2836	3634
VD	524	2240	2773	1923	1748	905	866	934	1060	1112	1355	1956	2534
第三車道	72.2%	73.2%	67.4%	66.7%	70.1%	66.5%	68.8%	68.6%	71.6%	70.5%	70.6%	69.0%	69.7%

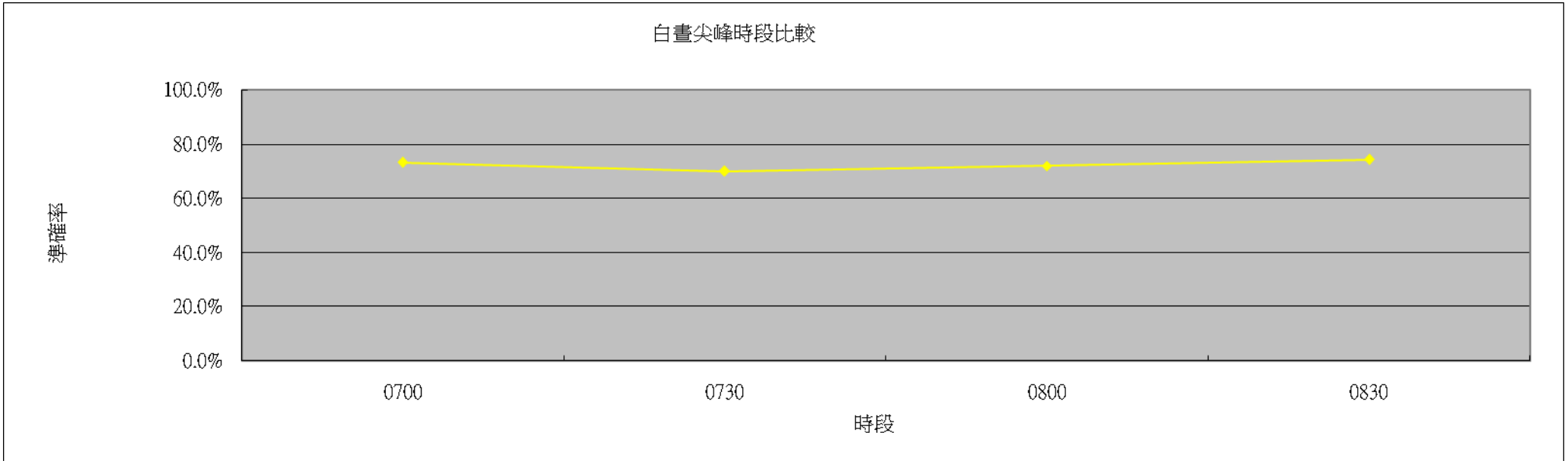


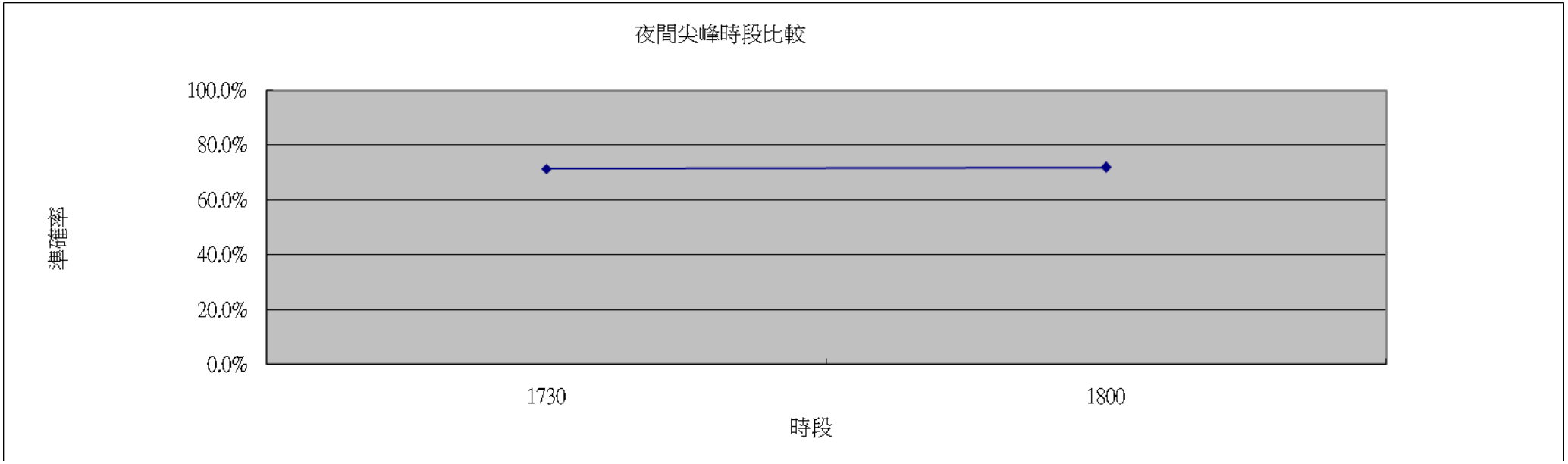
白晝及夜間比較	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730
人工	1612	6034	8031	6131	5296	3070	3033	3273	3961	3705	4193	5290	6597
VD	1289	4655	5700	4379	3799	2229	2148	2337	2865	2691	3061	3679	4725
白晝時段	80.0%	77.1%	71.0%	71.4%	71.7%	72.6%	70.8%	71.4%	72.3%	72.6%	73.0%	69.5%	71.6%



白晝尖峰時段	0700	0730	0800	0830
人工	3710	4146	3885	3354
VD	2718	2905	2795	2492
準確率	73.3%	70.1%	71.9%	74.3%
夜間尖峰時段	1730	1800		
人工	3148	3449		
VD	2247	2478		
準確率	71.4%	71.8%		

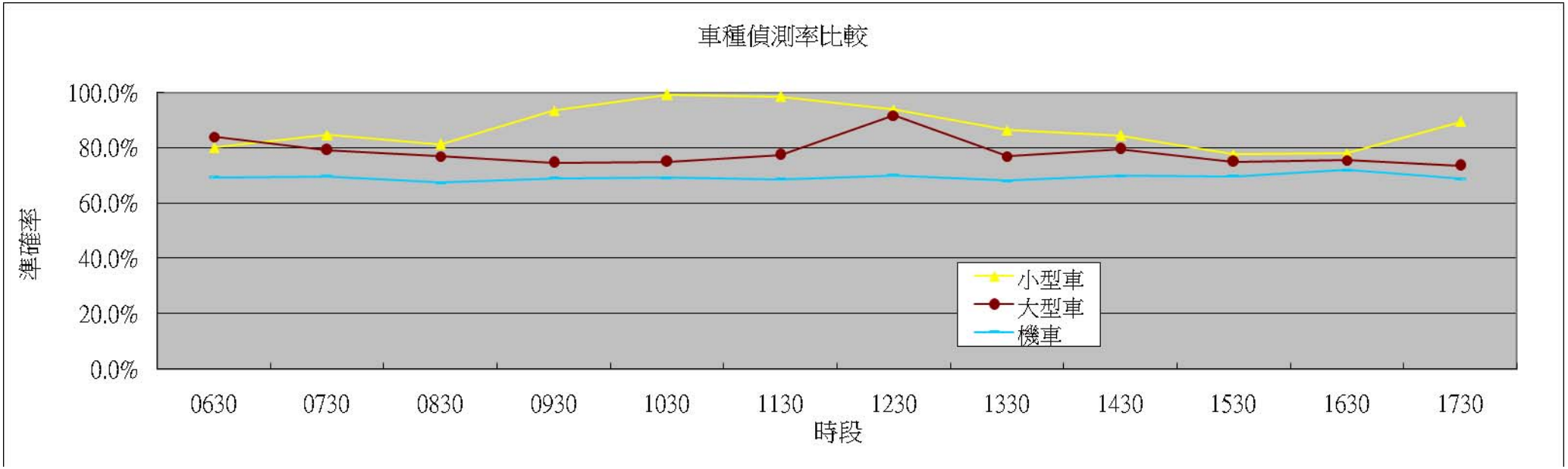
日出時段		0500	0530
日出(0500-0600)	人工	0	509
	VD	0	393
	準確率	100%	77.2%
日落時段		1800	1830
日落(1800-1900)	人工	3449	0
	VD	2479	0
	準確率	71.9%	100%


白晝尖峰時段比較
100.0%
80.0%
60.0%
40.0%
20.0%
0.0%
準確率
0700
0730
0800
0830
時段

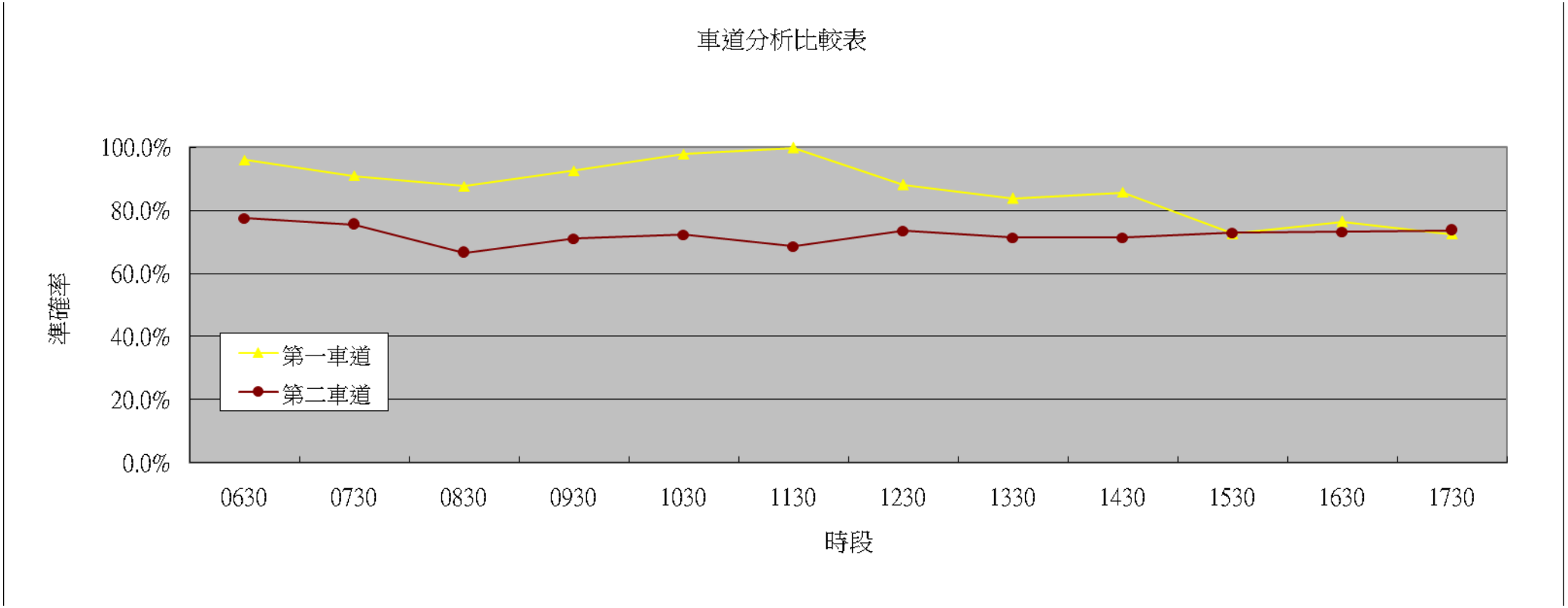

夜間尖峰時段比較
100.0%
80.0%
60.0%
40.0%
20.0%
0.0%
準確率
1730
1800
時段

H.22 二十二號機分析：

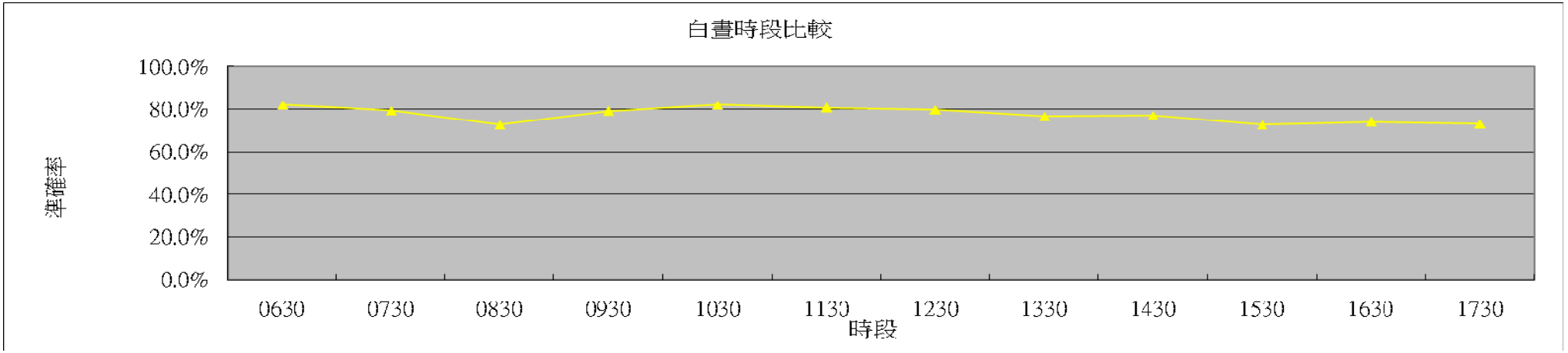
時段	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730
人工	536	542	487	474	462	414	423	494	563	470	474	449
VD	642	625	396	443	465	408	397	427	476	365	370	402
小型車	80.2%	84.7%	81.3%	93.5%	99.4%	98.6%	93.9%	86.4%	84.5%	77.7%	78.1%	89.5%
人工	50	53	87	75	76	49	36	39	44	48	45	38
VD	42	42	67	56	57	38	33	30	35	36	34	28
大型車	84.0%	79.2%	77.0%	74.7%	75.0%	77.6%	91.7%	76.9%	79.5%	75.0%	75.6%	73.7%
人工	1572	1985	855	658	605	602	597	582	609	703	980	1625
VD	1090	1384	577	454	419	414	419	397	426	490	706	1118
機車	69.3%	69.7%	67.5%	69.0%	69.3%	68.8%	70.2%	68.2%	70.0%	69.7%	72.0%	68.8%



時段	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730
人工	525	650	426	454	439	407	453	479	482	491	461	777
VD	504	591	373	420	429	408	399	401	413	356	352	563
第一車道	96.0%	90.9%	87.6%	92.5%	97.7%	99.8%	88.1%	83.7%	85.7%	72.5%	76.4%	72.5%
人工	1633	1930	1003	753	704	658	603	636	734	730	1038	1335
VD	1266	1457	667	535	508	451	443	454	523	532	759	983
第二車道	77.5%	75.5%	66.5%	71.0%	72.2%	68.5%	73.5%	71.4%	71.3%	72.9%	73.1%	73.6%

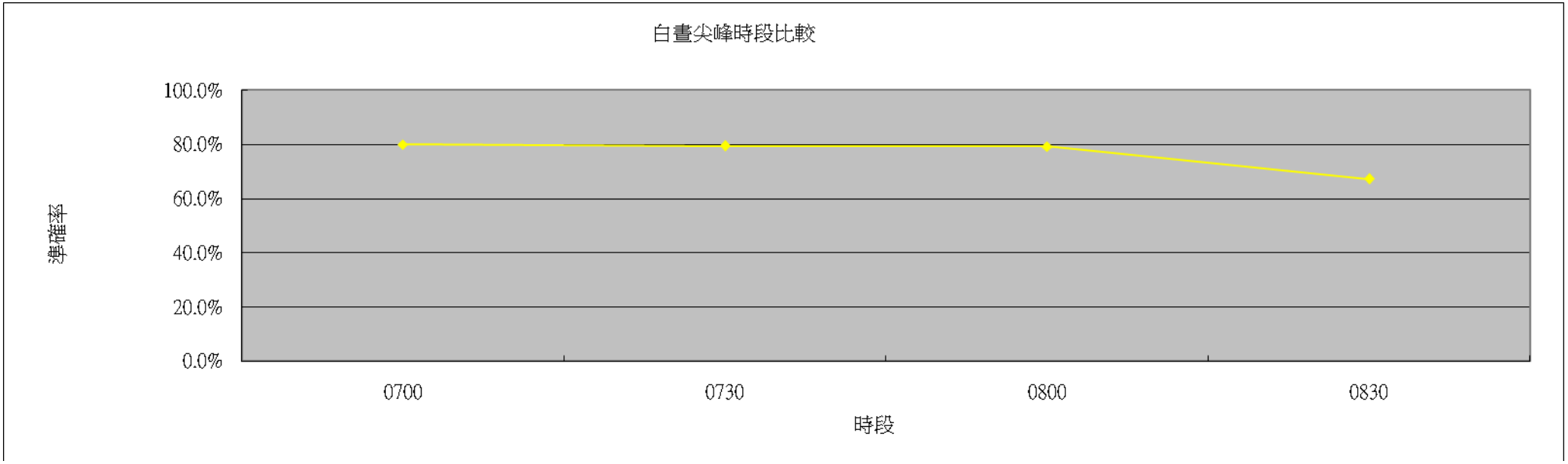


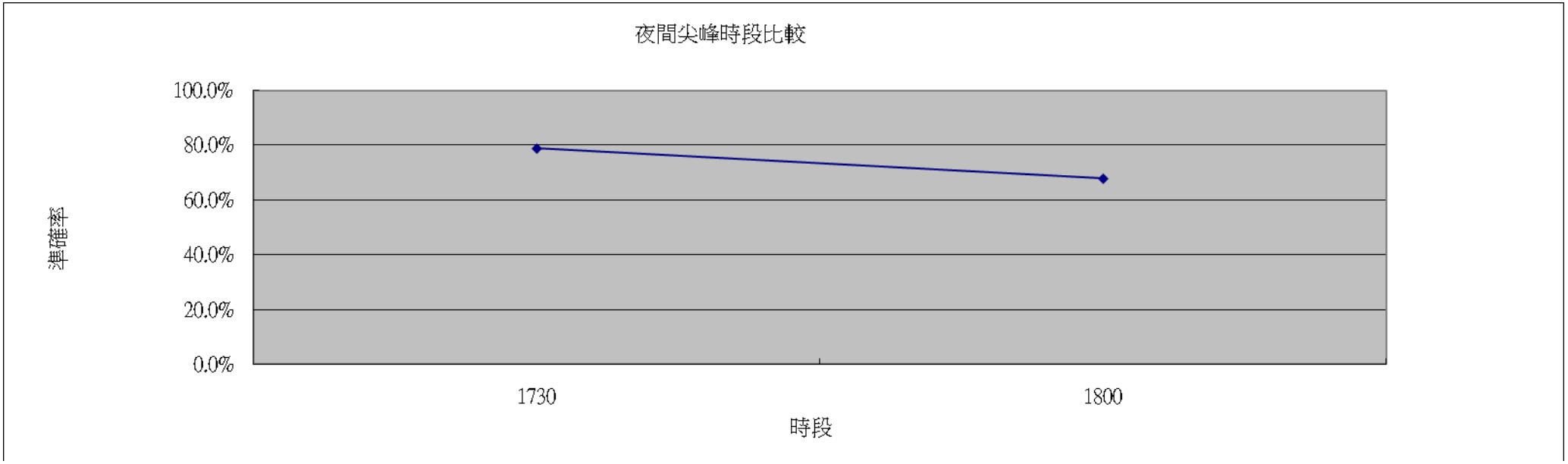
白晝及夜間比較	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730
人工	2158	2580	1429	1207	1143	1065	1056	1115	1216	1221	1499	2112
VD	1770	2048	1040	955	937	859	842	855	936	888	1111	1546
白晝時段	82.0%	79.4%	72.8%	79.1%	82.0%	80.7%	79.7%	76.7%	77.0%	72.7%	74.1%	73.2%



白晝尖峰時段	0700	0730	0800	0830
人工	1465	1587	993	834
VD	1171	1261	787	561
準確率	79.9%	79.5%	79.3%	67.3%
夜間尖峰時段	1730	1800		
人工	1024	1088		
VD	808	738		
準確率	78.9%	67.8%		

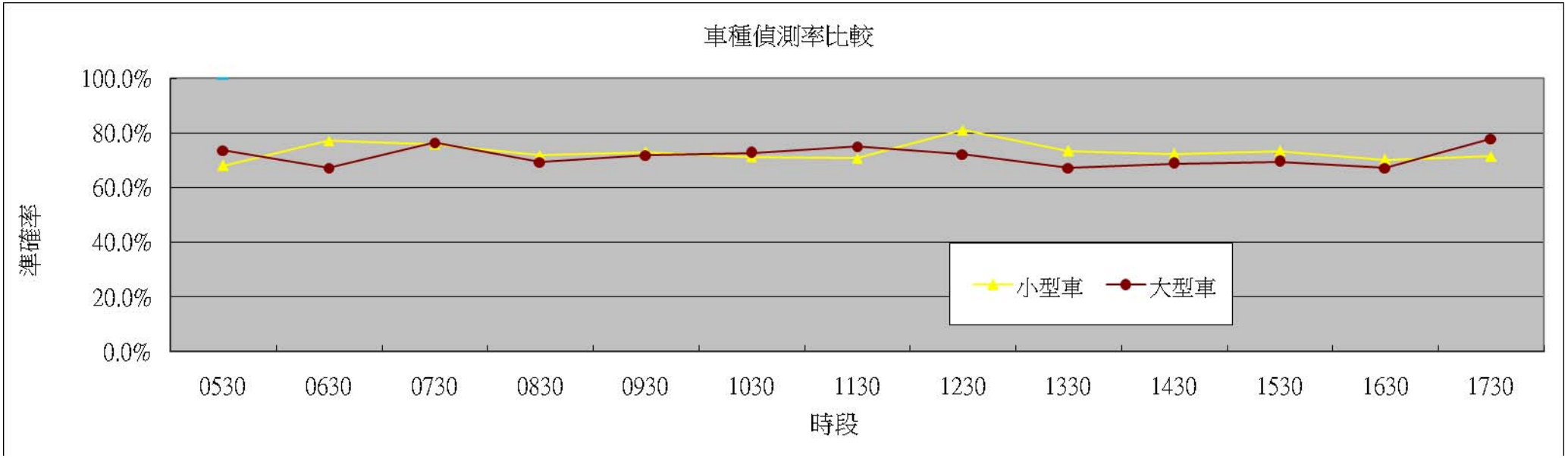
日出時段		0500	0530
日出(0500-0600)	人工	0	0
	VD	0	0
	準確率	100%	100%
日落時段		1800	1830
日落(1800-1900)	人工	1088	0
	VD	738	0
	準確率	67.8%	100%


白晝尖峰時段比較
100.0%
80.0%
60.0%
40.0%
20.0%
0.0%
準確率
0700
0730
0800
0830
時段

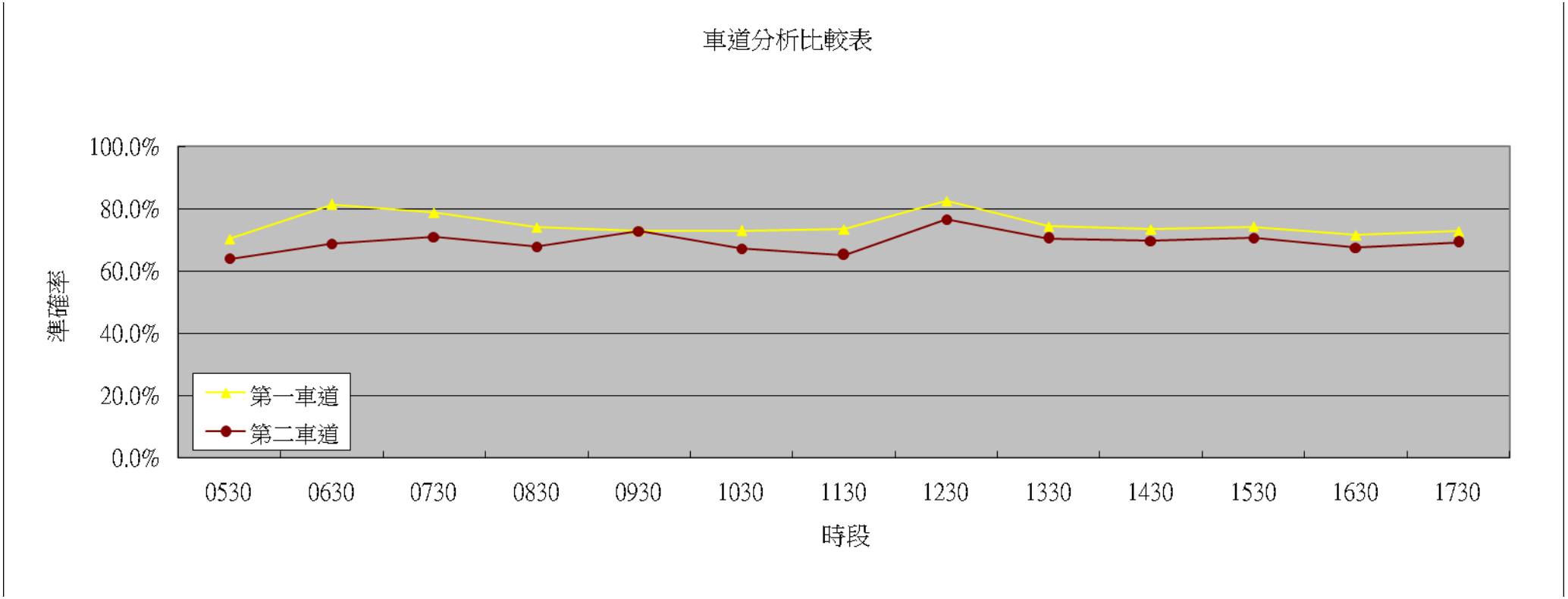

夜間尖峰時段比較
100.0%
80.0%
60.0%
40.0%
20.0%
0.0%
準確率
1730
1800
時段

H.23 二十三號機分析：

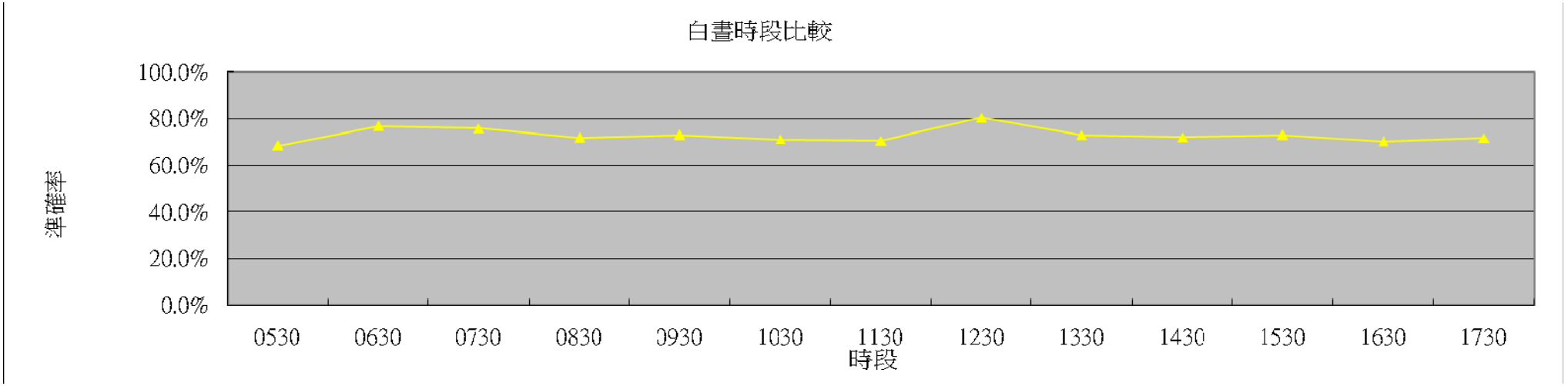
車種準確率比較	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730
人工	664	1833	1989	1923	1905	1913	1655	1722	2055	2077	1984	1888	1806
VD	452	1415	1508	1382	1393	1362	1171	1397	1507	1502	1455	1324	1291
小型車	68.1%	77.2%	75.8%	71.9%	73.1%	71.2%	70.8%	81.1%	73.3%	72.3%	73.3%	70.1%	71.5%
人工	53	58	51	75	46	44	40	54	55	64	59	70	45
VD	39	39	39	52	33	32	30	39	37	44	41	47	35
大型車	73.6%	67.2%	76.5%	69.3%	71.7%	72.7%	75.0%	72.2%	67.3%	68.8%	69.5%	67.1%	77.8%
人工	0	2	0	2	2	3	3	6	3	5	3	1	1
VD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
機車	100.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%



時段	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730
人工	492	1207	1291	1274	1325	1334	1116	1177	1344	1392	1319	1259	1188
VD	346	982	1016	943	968	973	819	972	1000	1022	980	902	866
第一車道	70.3%	81.4%	78.7%	74.0%	73.1%	72.9%	73.4%	82.6%	74.4%	73.4%	74.3%	71.6%	72.9%
人工	225	686	749	726	628	626	582	605	769	754	727	700	664
VD	144	472	532	492	457	421	379	463	542	525	514	473	460
第二車道	64.0%	68.8%	71.0%	67.8%	72.8%	67.3%	65.1%	76.5%	70.5%	69.6%	70.7%	67.6%	69.3%

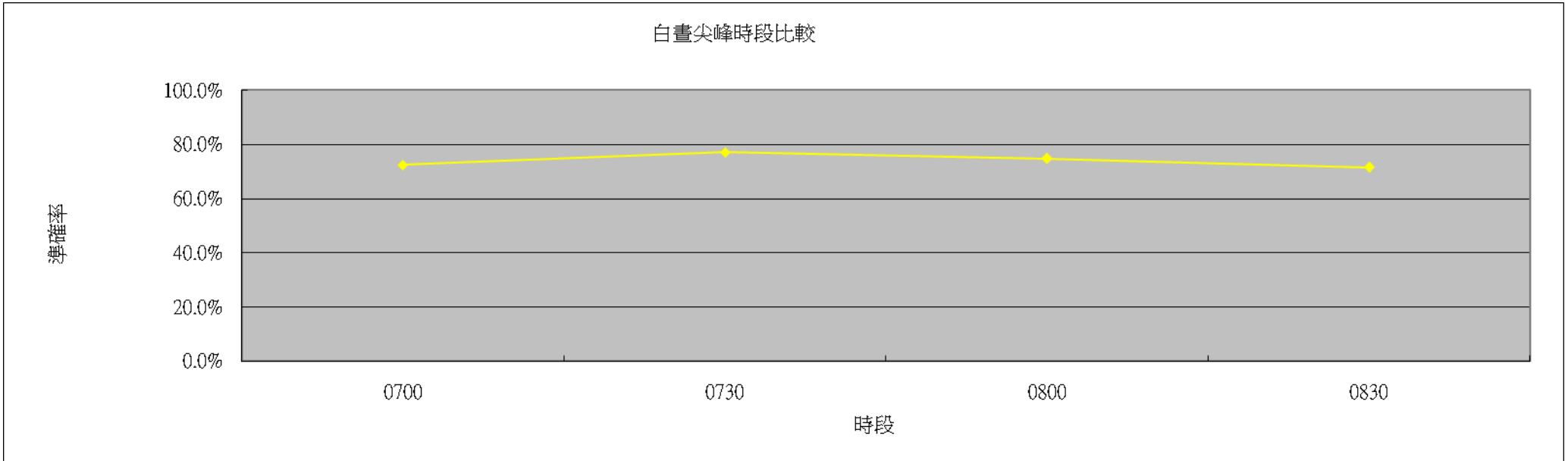


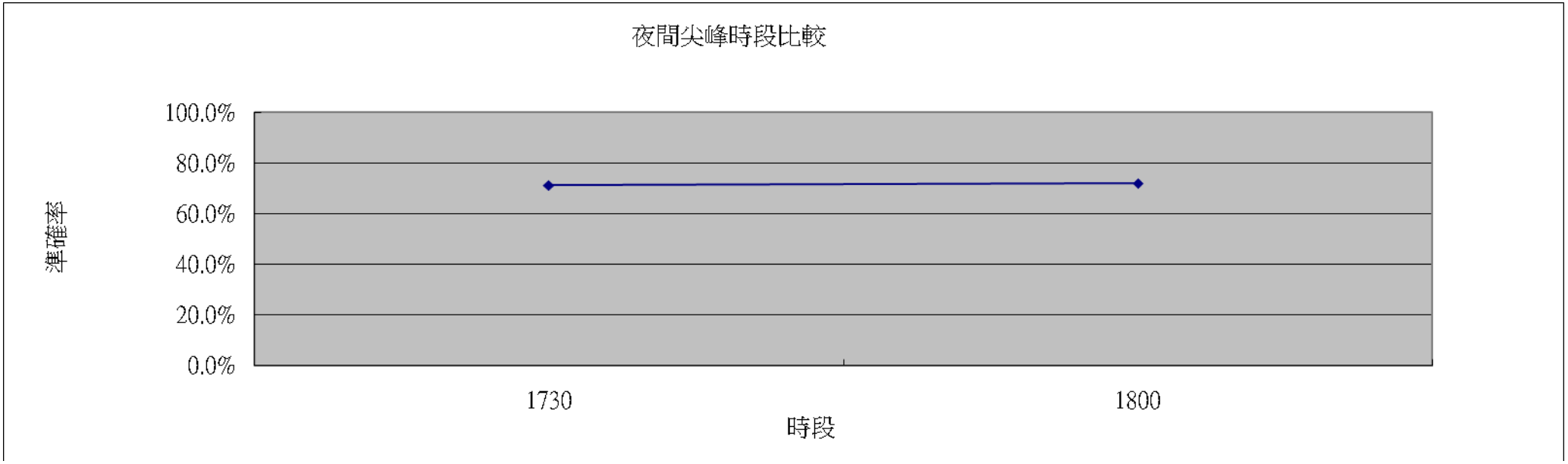
白晝及夜間比較	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730
人工	717	1893	2040	2000	1953	1960	1698	1782	2113	2146	2046	1959	1852
VD	490	1454	1548	1435	1425	1394	1198	1435	1542	1547	1494	1375	1326
白晝時段	68.3%	76.8%	75.9%	71.8%	73.0%	71.1%	70.6%	80.5%	73.0%	72.1%	73.0%	70.2%	71.6%



白晝尖峰時段	0700	0730	0800	0830
人工	1058	1002	1038	1001
VD	766	772	776	716
準確率	72.4%	77.0%	74.8%	71.5%
夜間尖峰時段	1730	1800		
人工	926	926		
VD	659	667		
準確率	71.2%	72.0%		

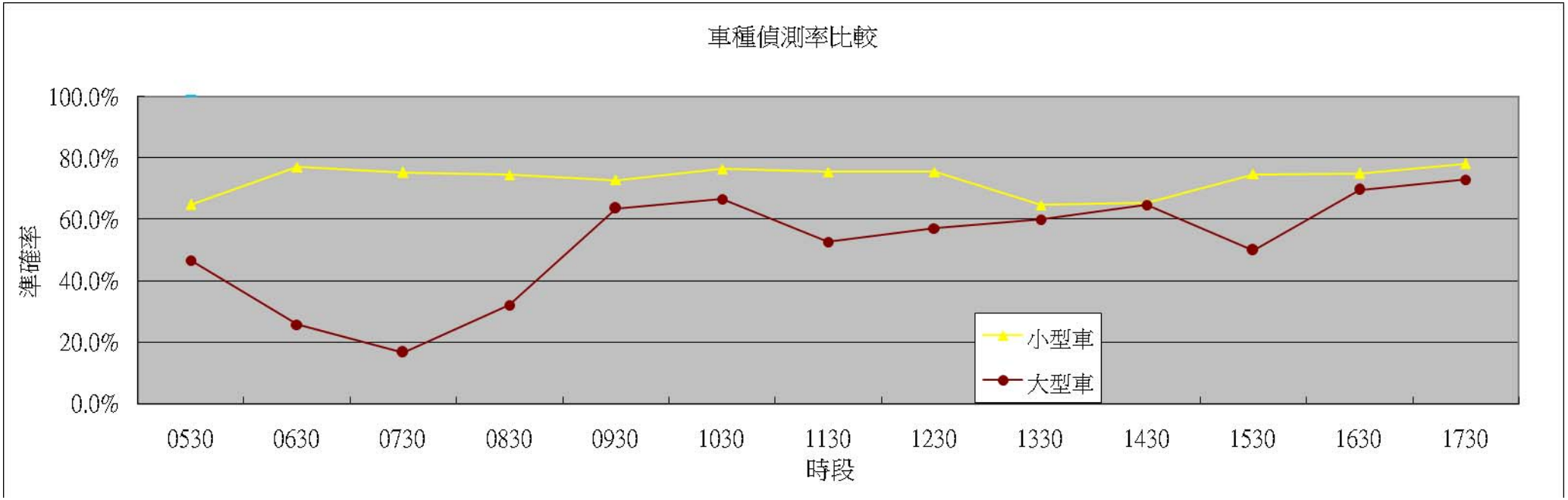
日出時段		0500	0530
日出(0500-0600)	人工	0	228
	VD	0	192
	準確率	100.0%	84.2%
日落時段		1800	1830
日落(1800-1900)	人工	2349	0
	VD	984	0
	準確率	41.9%	100.0%


白晝尖峰時段比較
100.0%
80.0%
60.0%
40.0%
20.0%
0.0%
準確率
0700
0730
0800
0830
時段

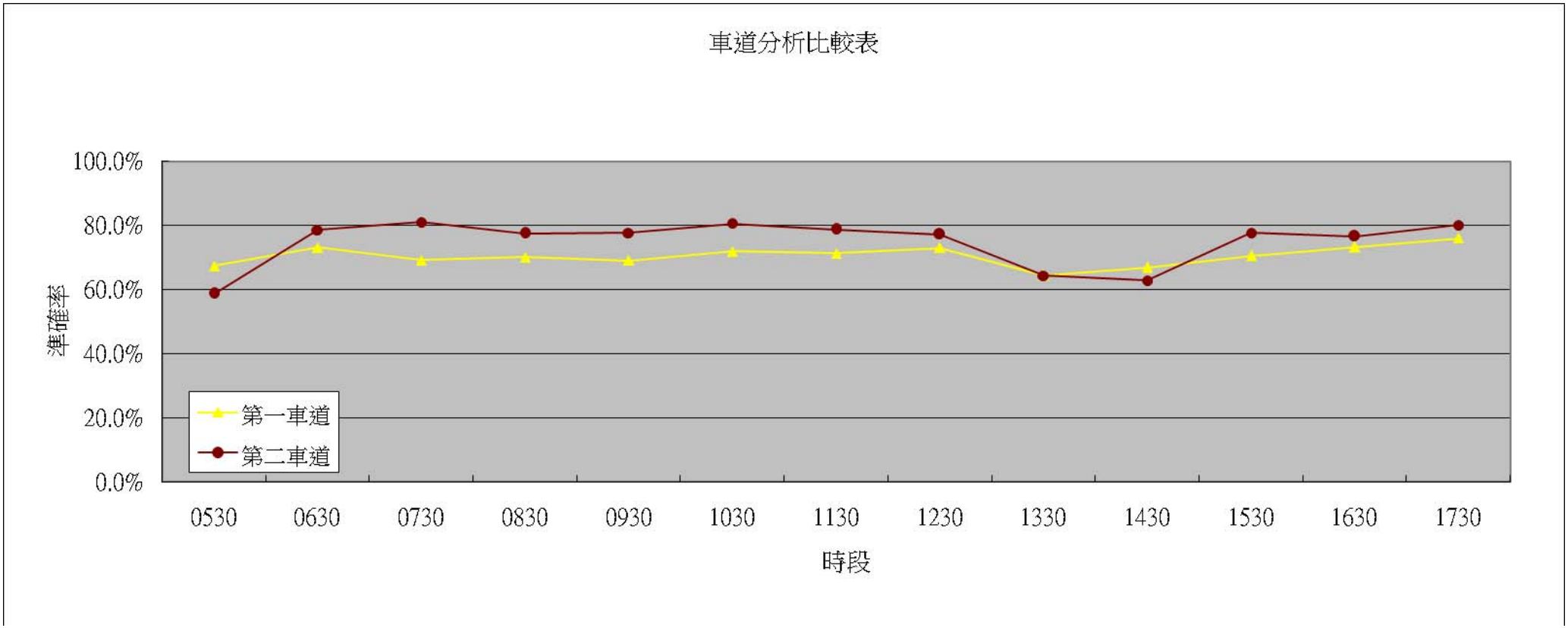

夜間尖峰時段比較
100.0%
80.0%
60.0%
40.0%
20.0%
0.0%
準確率
1730
1800
時段

H.24 二十四號機分析：

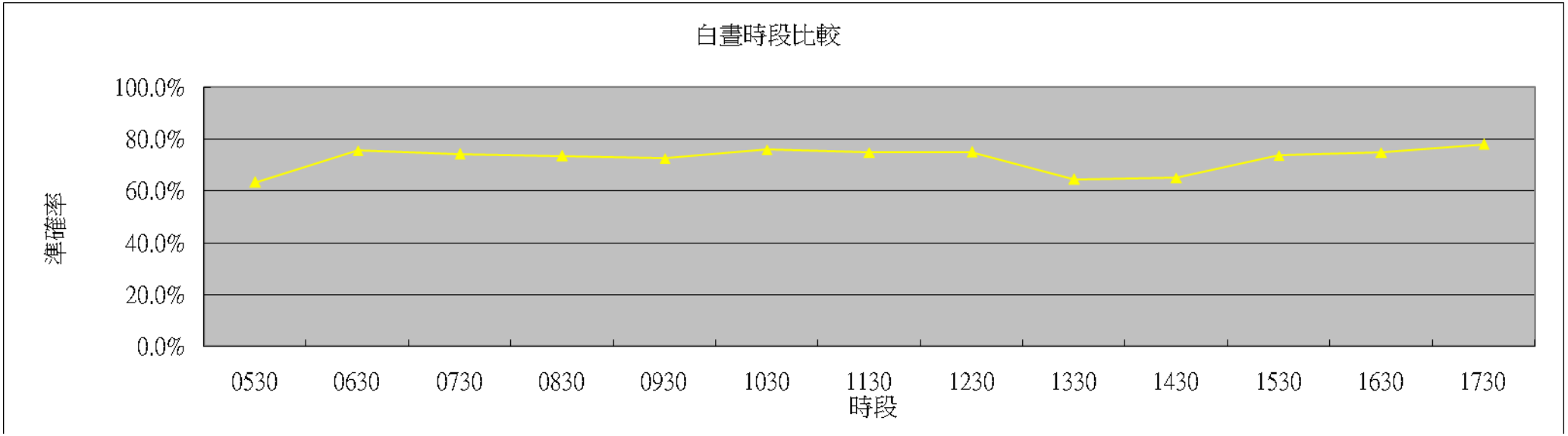
時段	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730
人工	344	1193	1597	1241	1016	1062	966	1008	1113	1156	1152	1125	1206
VD	223	919	1202	924	740	811	729	760	721	755	861	844	943
小型車	64.8%	77.0%	75.3%	74.5%	72.8%	76.4%	75.5%	75.4%	64.8%	65.3%	74.7%	75.0%	78.2%
人工	30	31	24	28	22	15	19	14	10	17	28	23	37
VD	14	8	4	9	14	10	10	8	6	11	14	16	27
大型車	46.7%	25.8%	16.7%	32.1%	63.6%	66.7%	52.6%	57.1%	60.0%	64.7%	50.0%	69.6%	73.0%
人工	0	3	3	2	3	4	3	3	6	5	7	2	2
VD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
機車	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%



時段	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730
人工	202	681	920	710	637	581	523	556	596	634	655	617	672
VD	136	498	636	498	440	418	373	406	384	424	462	452	511
第一車道	67.3%	73.1%	69.1%	70.1%	69.1%	71.9%	71.3%	73.0%	64.4%	66.9%	70.5%	73.3%	76.0%
人工	172	546	704	561	404	500	465	469	533	544	532	533	573
VD	101	429	570	435	314	403	366	362	343	342	413	408	459
第二車道	58.7%	78.6%	81.0%	77.5%	77.7%	80.6%	78.7%	77.2%	64.4%	62.9%	77.6%	76.5%	80.1%

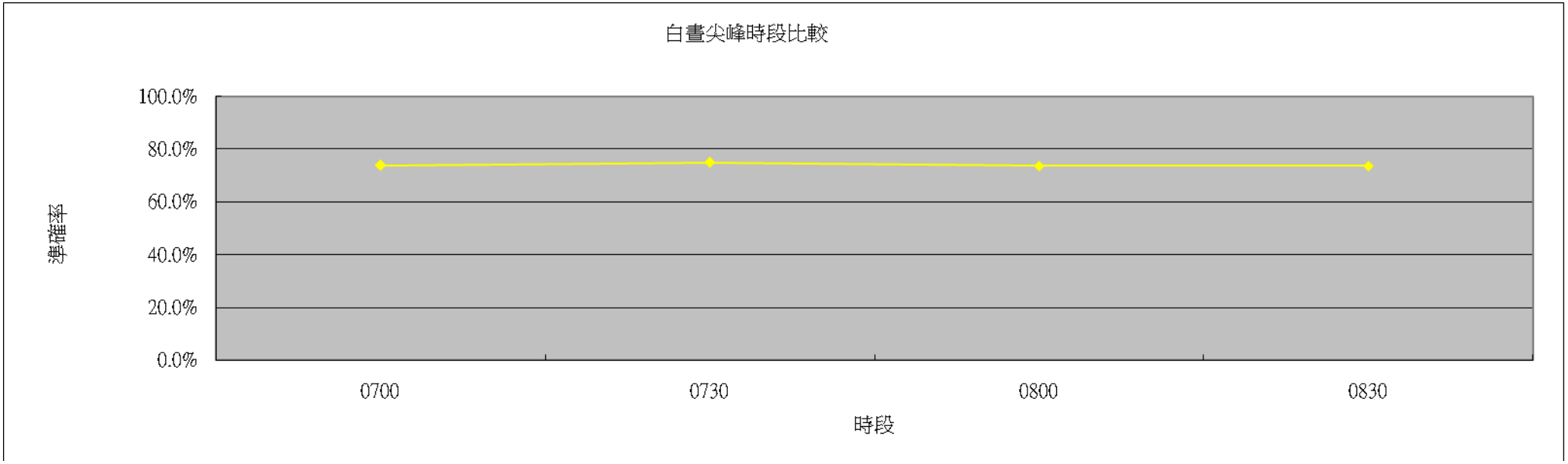


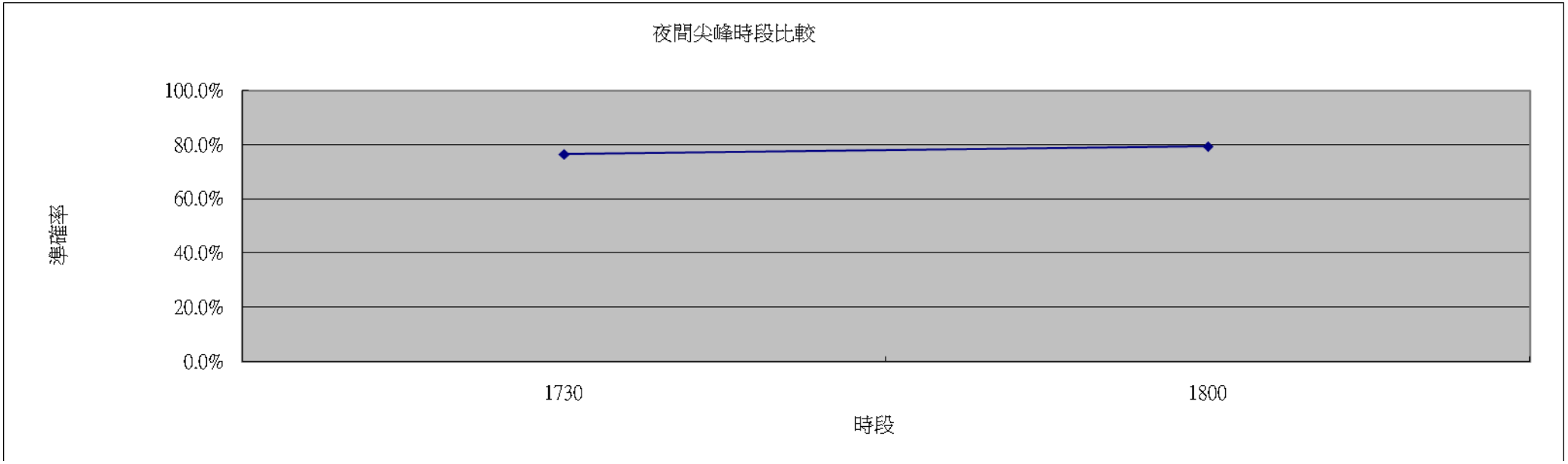
時段	0530	0630	0730	0830	0930	1030	1130	1230	1330	1430	1530	1630	1730
人工	374	1227	1624	1271	1041	1081	988	1025	1129	1178	1187	1150	1245
VD	237	927	1206	933	754	821	739	768	727	766	875	860	970
白晝時段	63.4%	75.6%	74.3%	73.4%	72.4%	75.9%	74.8%	74.9%	64.4%	65.0%	73.7%	74.8%	77.9%



白晝尖峰時段	0700	0730	0800	0830
人工	763	781	843	685
VD	563	585	621	505
準確率	73.8%	74.9%	73.7%	73.7%
夜間尖峰時段	1730	1800		
人工	616	629		
VD	471	499		
準確率	76.5%	79.3%		

日出時段		0500	0530
日出 (0500-0600)	人工	0	245
	VD	0	158
	準確率	100%	64.5%
日落時段		1800	1830
日落 (1800-1900)	人工	926	0
	VD	667	0
	準確率	72.0%	100%


白晝尖峰時段比較
100.0%
80.0%
60.0%
40.0%
20.0%
0.0%
準確率
0700
0730
0800
0830
時段


夜間尖峰時段比較
100.0%
80.0%
60.0%
40.0%
20.0%
0.0%
準確率
1730
1800
時段