

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

先進車輛安全控制研發--危險駕駛行為追蹤暨防止系統之 實車道路試驗

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92-2211-E-002-091-

執行期間：92 年 08 月 01 日至 93 年 07 月 31 日

執行單位：國立臺灣大學土木工程學系暨研究所

計畫主持人：張堂賢

共同主持人：連豐力

計畫參與人員：黃雋博 吳耀然 等

報告類型：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 8 月 2 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 ☒ 成果報告
☐ 期中進度報告

計畫名稱：先進車輛安全控制研發--危險駕駛行為追蹤暨防
止系統之實車道路試驗

計畫類別：☒ 個別型計畫 ☐ 整合型計畫

計畫編號：NSC 92-2211-E-002-091

執行期間：92 年 08 月 01 日 至 93 年 07 月 31 日

計畫主持人：張堂賢 教授

共同主持人：連豐力 助理教授

計畫參與人員：黃雋博 吳耀然

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)：☒ 精簡報告 ☐ 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

☐ 赴國外出差或研習心得報告一份

☐ 赴大陸地區出差或研習心得報告一份

☒ 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

☐ 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

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

☐ 涉及專利或其他智慧財產權，☐ 一年☐ 二年後可公開查詢

執行單位：

中 華 民 國 九 十 三 年 七 月 三 十 一 日

一、摘要

本研究計畫針對於建構一套駕駛人於高速公路上之危險駕駛行為追蹤與防止的輔助系統，此系統主要討論如何採用低價且完備的感測器元件，能分析車輛於高速公路上行進的周圍環境與行駛軌跡，解讀出駕駛人在行駛時的精神是否處於疲憊、分心或駕駛習慣不良等狀態，並且適時反應出的行車警示，使駕駛人能有更安全的保護措施。此計劃報告主要可分為三項主題，其中包含：(1)如何根據車輛與車道線的相對狀態下，合理建構出本車的環境狀態：對於此問題，本系統將建構一套影像處理程序，將設定適當的搜尋範圍並進行影像處理的流程，達成將車道線與路面分離的功能，並且進一步根據攝影機擺置時產生的影像特性，建立駕駛車輛的環境資訊。(2)如何根據電腦視覺給予的前導車資訊，計算出準確的本車與前導車相對的距離：此系統主要利用前導車產生之陰影與路面的材質特性來找出前導車在車道上的位置，進一步利用車輛與背景的邊緣特徵與車輛本身的對稱性，準確定位出車輛在影像平面上的座標，再透過透視圖學說明的攝影機與投影影像的關係來計算出前導車與本車的相對距離關係。(3)如何判別駕駛人的環境狀態，並且在高危險狀態時給予適當的警示訊號：本系統主要根據上述建立之駕駛環境與前導車之距離關係來設計之危險警示系統，主要在分析駕駛人所做出的行駛軌跡來給予適當的行車提示，提高駕駛人於高速公路上的道路安全。最後本研究計畫實際架設車載攝影機於一般轎車上，並且成功的進行實車測試的實驗，驗證本計劃所提出的可行性與正確性，說明了此安全輔助系統確實能加強駕駛人在高速公路上的行車安全。

二、前言

截至民國九十一年十月為止，我國臺閩地區機動車輛登記總數約一千七百萬輛；由於地小人稠，因而衍生許多嚴重的交通問題。隨著科技產業技術的進步，許多傳統的運輸系統可透過先進科技的協助，改善長久以來的交通問題。例如道路流量監控與車輛定位等，可使道路有效利用。因此，智慧型運輸系統（ITS，Intelligent Transportation Systems）為近年來重要的研究課題。

在 ITS 的各項領域中，以「先進車輛安全與控制系統」（AVCSS，Advanced Vehicle Control and Safety Systems）或「先進安全車輛」（ASV，Advanced Safety Vehicles）為核心的系統架構，主要係結合感測器、電腦、通訊、電機及控制技術應用於車輛及道路設施上，協助駕駛人提高行車安全性、增加道路容量、減少交通擁擠。其主要特色係利用感測器協助人體感官功能之不足，避免危險之發生；提高自動控制之程度，從事更安全、準確、可靠之控制，彌補駕駛人因判斷錯誤或技術不足所造成的疏失。

關於國內行車安全現況分析，在內政部警政署的統計資料中，民國 89 年台閩地區所有車輛的肇事原因以用路者在駕駛車輛時，以「未注意路況」所佔的百分比最高，為 20.7

%。其次依序為超速失控、酒後駕車、疲勞失控、上下坡道未依規定減速、未依規定轉彎、倒車、肇事逃逸、未靠右行駛等，亦皆佔肇事原因 5% 以上的比例，如表 1 所示。由表中可知駕駛人在行車時，常會因分心而未注意路況，導致事故發生；至於超速行駛，酒後駕車與疲勞駕駛等各項原因，所佔的比例皆高於 10%，因此在本研究中，將針對這幾項肇事因素，提出適當的追蹤與防止機制，以期減少意外事故的發生次數。

儘管造成交通事故的肇事原因相當多樣，為了要避免人為疏失所引發的肇事，本研究的目的將針對可能具有危險性的駕駛行為，研發適當的追蹤暨防止系統；利用相關的車載軟、硬體設備，即時觀察外在的車輛行進狀況 (Vehicle Behavior)，經由合理的決策模式判斷，決定是否給予駕駛人適當的警示，以達到提升行車安全的目的。

表 1 民國 89 年臺閩地區所有車種道路交通事故發生原因(資料來源：內政部警政署)

事故原因	百分比	事故原因	百分比
未注意路況	20.70%	未保持行車距離間隔	4.55%
超速失控	16.25%	違反號誌、標誌管制	4.30%
酒後駕駛、疲勞失控	11.26%	蛇行逆向行駛	3.31%
其 他	10.82%	違規超車、爭(搶)道行駛	1.93%
未依規定減速	6.58%	行人過失	1.09%
未依規定轉彎、倒車	6.52%	機件故障	0.81%
肇事逃逸	6.30%	搶越行人穿越道	0.25%
未靠右行駛、讓車	5.33%		

三、研究目的

綜觀所有交通事故的肇事原因中，人為因素佔了相當高的比例。其中以駕駛人「未注意路況」方面，即包含了駕駛人在駕駛途中，可能同時在使用行動電話、飲食、或因其他任何事而分心的狀況。而在諸多因素中，不論是未注意路況、酒後駕車或疲勞駕駛、服藥而精神不濟、甚至超速、蛇行，大部分都會導致相似的外在車輛行為，例如「與前車距離過近」與「偏離所在車道」。換言之，當一個行進中的車輛發生上述兩項非正常且不安全的行為時，可以據此推測該車的駕駛人可能處於一個具有危險性的駕駛狀況，而這正是本研究計畫中討論有關危險性行為的追蹤與防止危險駕駛狀況的討論。

對於人為因素產生危險駕駛行為的問題，本研究著重於影像處理的方式，設計適當的駕駛人行車輔助系統。此系統以分析車輛在行車過程中與車道環境的相對狀態為目標，處理「本車與前車之間距」以及「本車是否偏離所在車道」的問題。並設計適當的危險預測機制，根據目前與過去的车辆行為來預測未來駕駛人可能會遭遇之行車問題，如未打方向燈的變換車道行為，或是在高速的駕駛狀態下與前車未保持適當的間距，再藉由發出適當的警示聲響與採取可能之主動式車行控制之機制，以避免駕駛人在「未注意路況」、「超速失控」、「酒後駕駛」、「疲勞失控」、「未保持行車間距」等情況下產生危險的車輛行駛行為。

四、文獻探討、

交通運輸對於我們現今的社會上扮演著相當重要的地位，本計劃著重於探討先進車輛安全與控制系統之研究，主要是利用車載之影像擷取裝置取得本車前方之車道線與車輛之影像，搭配影像處理前所獲得之校正參數，建立本車與所在環境的相對關係以及本車與前方車輛的相對距離關係，讓駕駛人做出危險行駛行為前即給予適當的警示訊號，以達成駕駛人安全行駛車輛之目的。

目前有許多車道線分析演算法應用在車道線偵測上，一般是利用分析車道線的性質，如白色的實線或虛線不同的車道線樣板，或是利用 2D、3D、直線或是虛線的車道線模型，或是利用特殊得影像處理技術，如 Hough Transform、樣板比對或是類神經網路的方式來處理。基本上較常使用特徵比對與模版比對兩種技術，其中特徵比對技術是由邊緣的特徵，並透過車道線分割的技術以定位出車道線在影像中的位置，這類方式常需要清楚和明暗分明的車道線影像，對於雜訊干擾的問題並無一強健的處理準則，容易在偵測的過程產生非預期的錯誤。而模版比對技術上僅需要少數的參數即可辨識車道線，一般為假設車道線式呈現直線或是拋物線的狀態，此類的處理方法通常對雜訊有較佳的處理能力，另外像 Hough Transform 等方式也常使用於車道線分析，然而辨識目標與先前設定好的模板有較大的差異時，辨識結果無法有較佳的彈性。

對於偵測前方車輛的影像處理議題上，一般也是利用樣板比對和特徵比對的方式來處理。其中模版比對法能透過前一時刻找出的前導車之距離關係來動態調整模板的大小，但是對於側向出現車輛的比對能力無法有較佳的分析能力，而且模板比對時需佔據大量的系統資源，並不適合做為即時處理系統的演算法。在車輛分析的議題上最常使用車輛產生的陰影特徵作為辨識的依據，此特徵能透過建立適當的道路與車輛陰影的明顯差異性設計適當的閾值，根據陰影的水平特徵找出正確的前導車座標位置。然而當陰天、雨天、起霧或是黃昏與晚上駛陰影變成模糊、不明顯的狀態卻是讓特徵比對時容易失誤的原因。

五、研究方法

系統技術架構暨元件

車道偏離與車輛追撞警告暨防止機制控制之系統架構如圖 1 所示，此系統主要有兩大結構：(1)即時影像處理系統：此系統利用車載之 CCD 攝影機拍攝車道與前導車之連續影像，再透過車載電腦分析即時串流影像，取得車輛對於車道線的側向相對間距 (Y_r) 與相對速度 (U_r) 和對於前導車的縱向相對間距 (X_r) 與相對速度 (V_r)，此系統能正確地建立出相對於本車輛的環境狀態；(2)危險警示系統：此系統利用車輛的環境狀態來鑑別出危險狀態的臨界範圍，結合 α - β 濾波器對於危險行為的預測分析來自動判斷目前行車狀況之危險等級。若系統認為危險層次達臨界範圍時便啟動適當的駕駛者警示單元，以達成防止意外事故發生之目的。

5.1 即時影像處理系統

本系統著重於利用影像處理的技術，藉由分析擷取裝置所獲得的即時影像資訊來獲得本車與車道線和前方車輛相對的環境資訊，並重建出車輛四周之環境狀態：

■ 車道線偵測技術：

本計畫研究之系統將採用之車道跟監技術，主要乃針對於車載之 CCD (Charge Coupled Device) 所擷取下來之即時影像，利用影像處理技術，推算車輛行進軌跡，進而可利用本系統所發展之疲勞駕駛偵測模式來判斷車輛是否有不正當偏離。主要處理流程如下：

(1)設定搜尋範圍：本系統之設計將以即時影像處理為考量，參考文獻(Jeong 等人，2001)指出，可於螢幕中設定一個區域(Region Of Interest，以下簡稱 ROI)，其大小預設為車前比車道寬之範圍即可，如此可以增加車道線偵測之演算速度。如圖 2 能觀察出一張由攝影機取得的車輛前方影像，其將包含了許多不需要的環境資訊，如建築物、陸橋等，這些複雜的影像資訊通常會使得影像處理的結果發生錯誤，或是降低系統辨識的效能。為了能有效的降低這些物體的干擾並且加速整體的處理效能，本系統將設定一適當的搜尋區域 ROI (Region of Interest)，並且針對於此區域完成車道線識別的影像處理技術。

(2)車道線連續法：為了增加系統進行速度，故僅對於 ROI 中之影像進行前處理。在設定完成 ROI 的範圍後，本系統將利用車道線連續化的技術來建立完整的車道影像在 ROI 的範圍內，引用此技術主要是由於單張的 ROI 影像有時候可能會包含不到車道線的影像資訊 (如圖 3 所示(t-2)時的影像)，則車道的資訊將無法被分析出來，因此本系統將以連續三張影像的方式完成車道線連續化的工作：

$$D_{i,j}(t) = H_{i,j}(t) - L_{i,j}(t) \quad (1)$$

其中

$$H_{i,j}(t) = \max(R_{i,j}^h(t), G_{i,j}^h(t), B_{i,j}^h(t)) \quad (2)$$

$$L_{i,j}(t) = \min(R_{i,j}^l(t), G_{i,j}^l(t), B_{i,j}^l(t)) \quad (3)$$

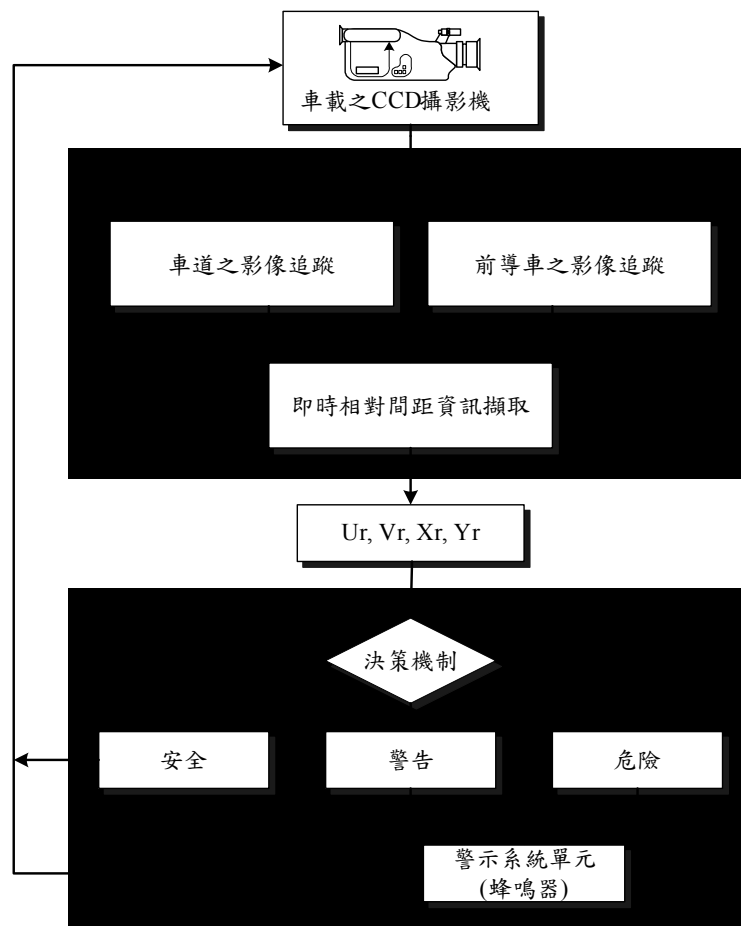


圖 1、危險駕駛行為追蹤暨防止機制控制之系統架構

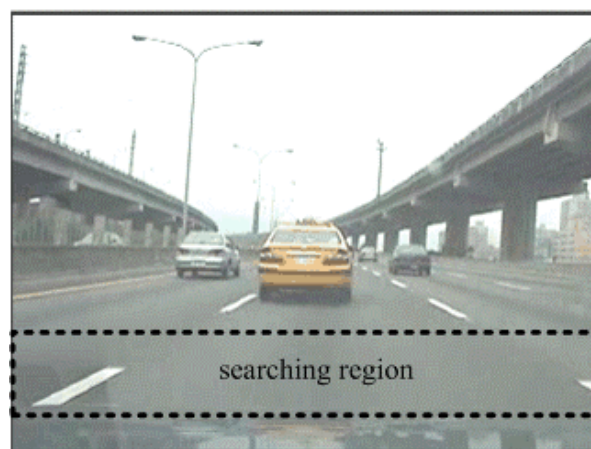


圖 2、車道偵測區域之設置圖

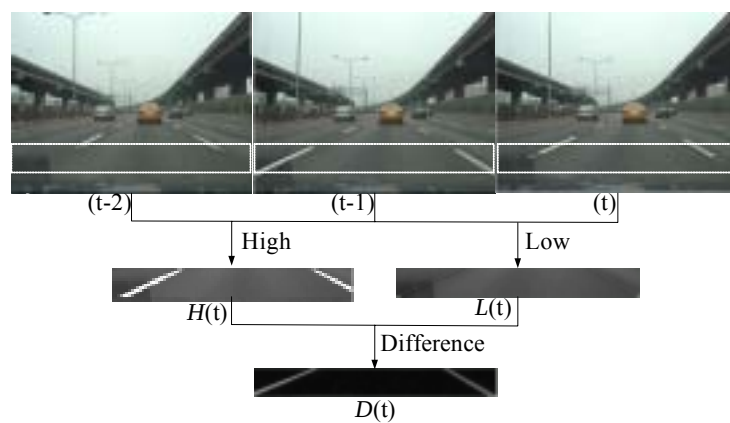


圖 3、車道線連續技術

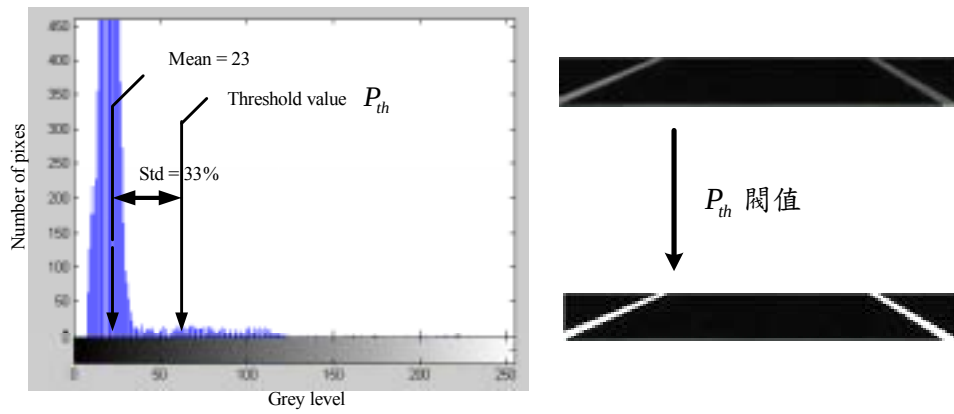


圖 4、以 P-tile 方式決定車道線與路面分離閾值，其中閾值 $P_{th}=53$

i, j 代表影像的座標位置， (R, G, B) 為組成像素的色彩三原色； $R^h(t)$ 、 $G^h(t)$ 、 $B^h(t)$ 與 $R^l(t)$ 、 $G^l(t)$ 、 $B^l(t)$ 分別為每個像素的色彩三原色經過 t 、 $t-1$ 、 $t-2$ 的三張影像時，所對應的強度最大值與最小值； $H_{i,j}(t)$ 與 $L_{i,j}(t)$ 分別稱為 High-Color 影像與 Low-Color 影像，是每個像素的色彩三原色中的強度最大值與最小值； $D_{i,j}(t)$ 為 High-Color 影像與 Low-Color 影像做影像相減的結果，可以清楚找出在 ROI 影像中明顯的連續車道線與路面分離的影像。

(3)車道線與路面分離法：車道線連續法的處理後能獲得一張灰階值介於 0~255 的影像，由於車道線與路面是對比度相當明顯的兩種顏色，為了能分離出車道線與路面的位置，一般的方法是以人工的方式設定一適當的車道線與路面分離閾值來處理，以此方法通常是以嘗試錯誤法的方式以取得一適當的閾值參數，並且需要依照不同的環境條件下設定不同的閾值大小，如陰天或夜間時的閾值必須比晴天或是白天的閾值較低，這對於正在駕駛車輛的駕駛人是相當不便而且危險的。在本系統中將採用 P-tile 的方法，使系統能以適應性的影像分析方式自動地產生與更新車道線與路面分離閾值 P_{th} ，其中閾值 P_{th} 是顏色分佈的平均值加上一個標準差的位置，也就是一般分佈(normal distribution) 67%的灰階值長條圖位置，以此位置能決定出適當的車道線與路面顏色分離的二值化影像。由圖 4 是 ROI 範圍的影像 $D(t)$ 的長條統計圖，其灰階值的分佈是呈現常態分佈的形狀，其中灰階值位置 $P_{th}=53$ 是系統所決定的出的閾值位置。在 ROI 影像進行完影像分割的處理後常會產生非預期的雜訊干擾，這將會影響辨識車道線的準確性，我們利用影像型態學的处理方式對分割影像進行膨脹(erosion)與收縮(dilation)的處理，以去除不為車道線的雜點。

(4)建立車道線模型：為了能夠建立出車輛環境的狀態，本系統必須以影像處理的方式找出鄰近的兩條車道線所在位置，由圖 5 所示目前車輛所在的車道位置是位於兩條車道線 L_r 與 L_l 之間，而此兩條車道線的位置可由分割影像求得。我們由車道中心線 L_c 為起始掃描點(系統啟動時 L_c 設定為圖 5 所示的虛線位置)向左方與右方的水平方向掃描，分別找出並紀錄左車道線 L_l 與右車道線 L_r 的像素位置。為了能夠以數學模型的方式來表現此兩條車道線，我們採用 Least square 的方法與所紀錄的左、右車道位置來建立車道線的線性方程式，在此利用 $L(x) = ax + b$ 的模型。

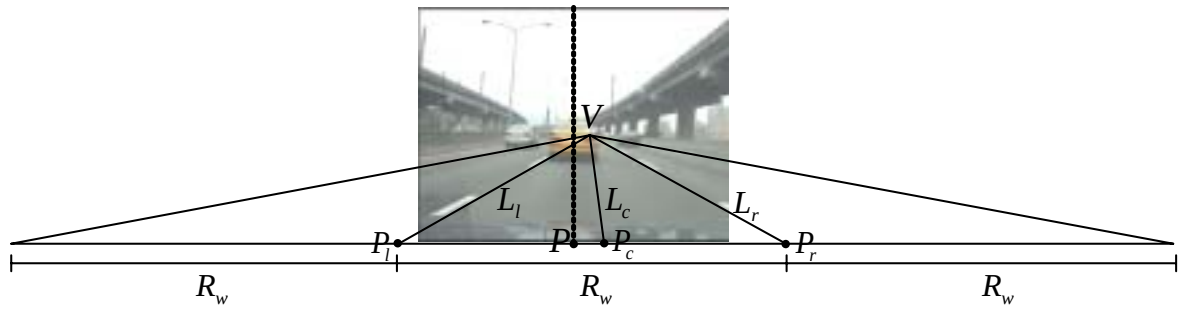


圖 5、車輛行駛環境示意圖

(6)車輛行駛環境建立：在一張由車載攝影機所取得的影像中包含了幾項重要的位置資訊，由此即可建立車輛的環境資訊：

1. 左、右車道線位置 L_r 、 L_l ：此線性方程式資訊為判斷車道環境最重要之依據。
2. 消失點座標 V (Vanishing Point)：此資訊可由左、右車道線之線性方程式求得，即線性方程式 L_r 與 L_l 之交點位置即為消失點座標 V 。
3. 車輛之中心座標位置 P ：此點為車輛的所在位置，即 $(x, y)=(160, 239)$ 之座標位置。
4. 鄰近的車道座標 P_r 、 P_l 、 P_c ：座標 P_r 與 P_l 為線性方程式 L_r 與 L_l 和線性方程式 $y=239$ 的交點座標位置，此二點為目前車輛最接近之車道線座標位置。座標 P_c 為目前車輛最接近之車道中心座標位置。
5. 車道中心線 L_c ：為 P_r 與 P_l 的中心點 P_c 和消失點座標 V 的直線方程式。
6. 車道寬度 R_w ：此為路面目前之車道寬度，即 P_r 與 P_l 之間隔距離。由此間距即能推得相鄰車道之車道線位置。

(7)側向距離與側向速度分析：當本車的環境資訊建立完成後，本系統即能利用車輛的位置 P 與車道中心座標 P_c 來量測出車輛偏移車道中心之側向距離(lateral distance)與側向速度(lateral speed)。另外，由於車輛處於高速移動的狀態下常會產生非預期的車輛震動現象而使得側向距離與側向速度發生大幅度的震動現象。對於此問題本系統採用 α - β 濾波器來預測下一時刻之側向距離與側向速度，能減少因為車輛不穩定而產生的震盪問題並且將量測的結果資訊平滑化。 α - β 濾波器的預測處理方式如下式所示：

$$d_s(k) = \hat{d}(k|k) = d_p(k) + \alpha_d[d_o(k) - d_p(k)] \quad (4)$$

$$v_{sd}(k) = \hat{d}(k|k) = v_{sd}(k-1) + \frac{\beta_d}{q_d T}[d_o(k) - d_p(k)] \quad (5)$$

$$d_p(k+1) = \hat{d}(k+1|k) = d_s(k) + T \cdot v_{sd}(k) \quad (6)$$

其中 $d_o(k)$ 為第 k 次所量測之側向距離， $d_p(k)$ 為第 k 次所預測之側向距離， $d_s(k)$ 為第 k 次所平滑化之側向距離， $v_{sd}(k)$ 為第 k 次所平滑化之側向速度， T 為取樣間距， α_d 和 β_d 為濾波器之參數大小。圖 6 為側向距離與側向速度經過 α - β 濾波器時所得到的結果，其中車輛完成一次變換車道的動作在第 240 次處理的時間位置。

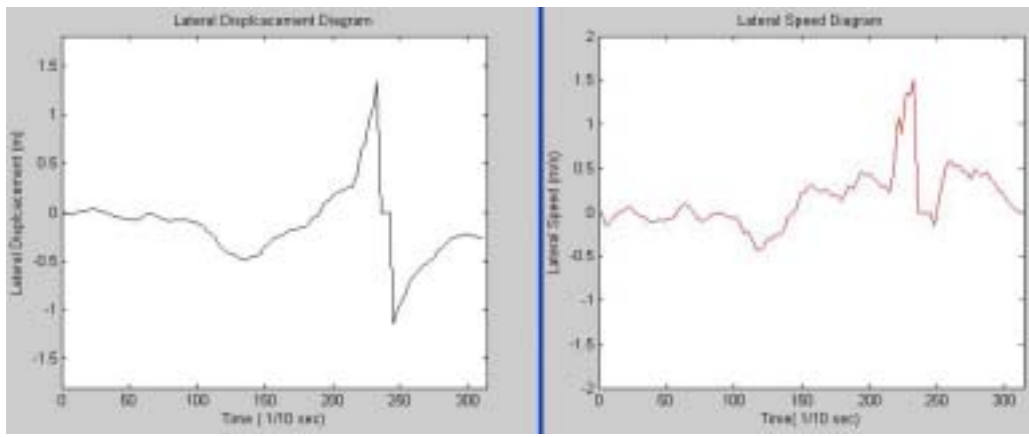


圖 6、側向距離與側向速度之時間關係圖

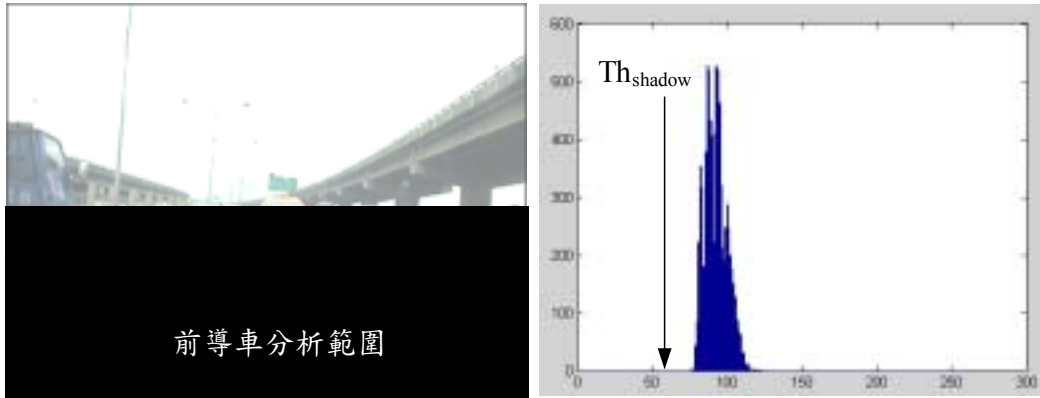


圖 7、前導車之陰影閾值 Th_{shadow} 分析

5.2 前導車影像偵測與追蹤技術

前導車偵測與追蹤之影像處理技術主要利用架設在本車上的數位攝影機擷取車前的二維影像，並利用數位影像處理的技術和根據行車前所量測的攝影機之影像校正參數和影像的透視圖關係，來偵測本車前方的前導車數量與其相對的座標位置和相對的速度關係，並藉由此系統所得之資訊來輔助車輛追撞警告系統以及自動駕駛系統作為判別之用。

(1)前導車影像之陰影閾值分析：車載攝影機所擷取之影像會包含許多的資訊，如道路旁的植物、陸橋、建築物等設施，這對於分析前車座標的過程會有相當程度的影響。為了提高處理的速度與準確性，本系統僅分析本車所在之車道與相鄰之左右車道位置之路面與前導車產生之陰影關係，並依照路面與車輛陰影的明暗度關係利用 P-tile 方法決定陰影閾值 Th_{shadow} (如圖 7 所示)。

(2)前導車影像之陰影分析：根據陰影閾值決定後的車輛陰影分佈位置可知，擷取影像中之前導車輛產生的陰影為水平且條狀之形狀，此性質有利於排除相似於陰影灰度值之雜訊位置，解析出真實的車輛陰影座標。下式可分析出的水平方向的陰影位置：

$$r(x, y) = \begin{cases} 1 & , \text{if } d_{+m}(x, y) \neq 0 \text{ and } d_{-m}(x, y) \neq 0 \\ 0 & , \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

其中

$$\begin{aligned} d_{+m}(x, y) &= b(x, y) - b(x + m, y) \\ d_{-m}(x, y) &= b(x, y) - b(x - m, y) \end{aligned}$$



圖8、前導車之陰影分析

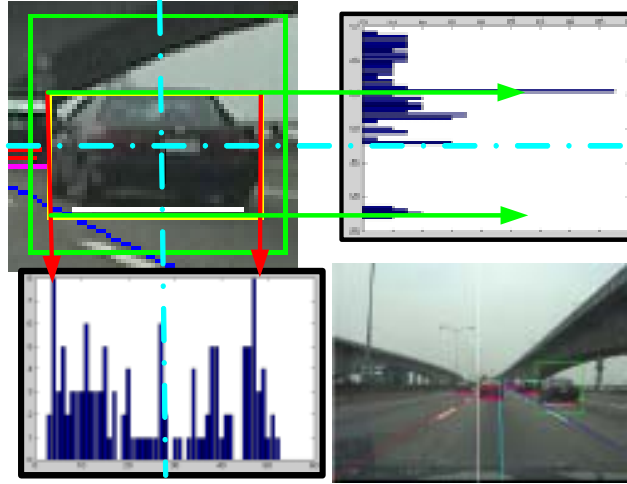


圖9、前導車與背景之邊緣強度關係

m 為假設最小的陰影寬度； $b(x,y)$ 代表經過 Th_{shadow} 處理後的影像； $r(x,y)$ 為二值化影像，其中 1 陰影座標。如圖 8 所示，式(7)可得到代表車底陰影之二值化影像。

(3)前導車之精確分析：儘管由先前的分析中可獲取一良好的車輛陰影影像，但是影像處理的不確定因素是難以掌控的，因此本系統再設定一嚴謹之車輛分析處理，能利用車輛由後端觀測有對稱性的特徵，和前導車的邊緣與背景有較強的邊緣強度，以精準過濾與定位出真實的前導車座標位置。在圖 9 中可觀察出前導車與背景交界處的水平邊緣和垂直邊緣有較高的強度值存在。根據下式可精確找出車輛的左方 Th_{left} 、右方 Th_{right} 和上方 Th_{upper} 之邊界位置：

$$Th_{left} = \frac{1}{2} \max \left\{ Histogram_{V_edge}(i) \mid 1 \leq i \leq \frac{n}{2} \right\} \quad (8)$$

$$Th_{right} = \frac{1}{2} \max \left\{ Histogram_{V_edge}(i) \mid \frac{n}{2} \leq i \leq n \right\} \quad (9)$$

$$Th_{upper} = \frac{1}{2} \max \left\{ Histogram_{H_edge}(i) \mid 1 \leq i \leq \frac{m}{2} \right\} \quad (10)$$

$Histogram_{V_edge}$ 和 $Histogram_{H_edge}$ 分別代表垂直方向和水平方向的邊緣強度長條圖分佈。 n 和 m 是假設車輛的長度與寬度。由上是我們能決定出真實車輛的座標中心位置，並且根據 Th_{left} 和 Th_{right} 的距離來決定出此車輛陰影位置為車輛的可能性。



圖 11、實體架設圖

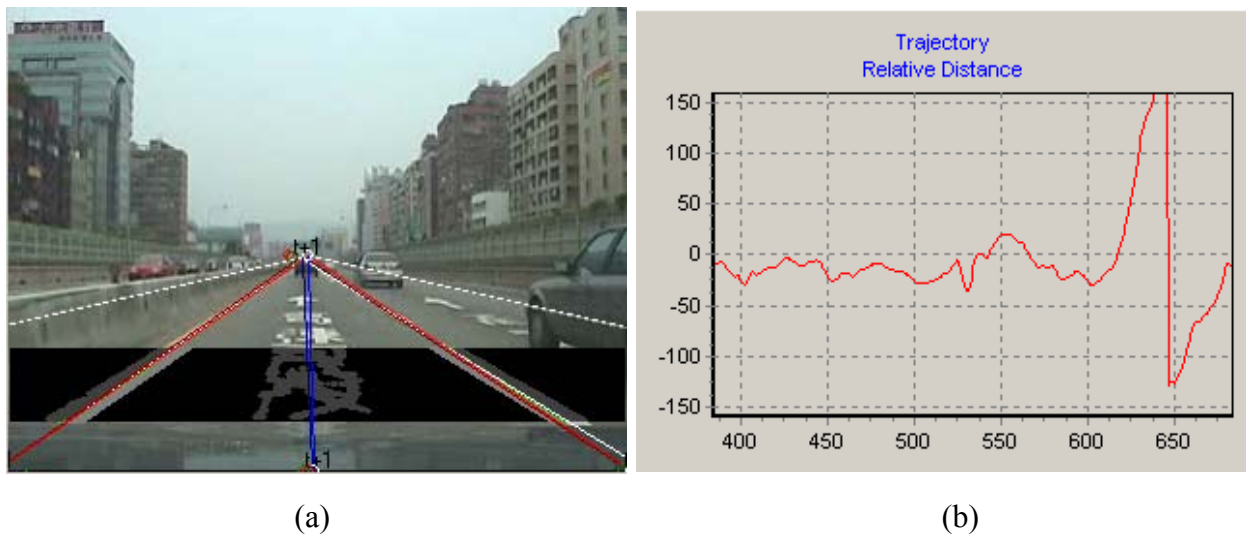


圖 12、(a)車道包含文字資訊的偵測結果，(b)車輛行駛軌跡

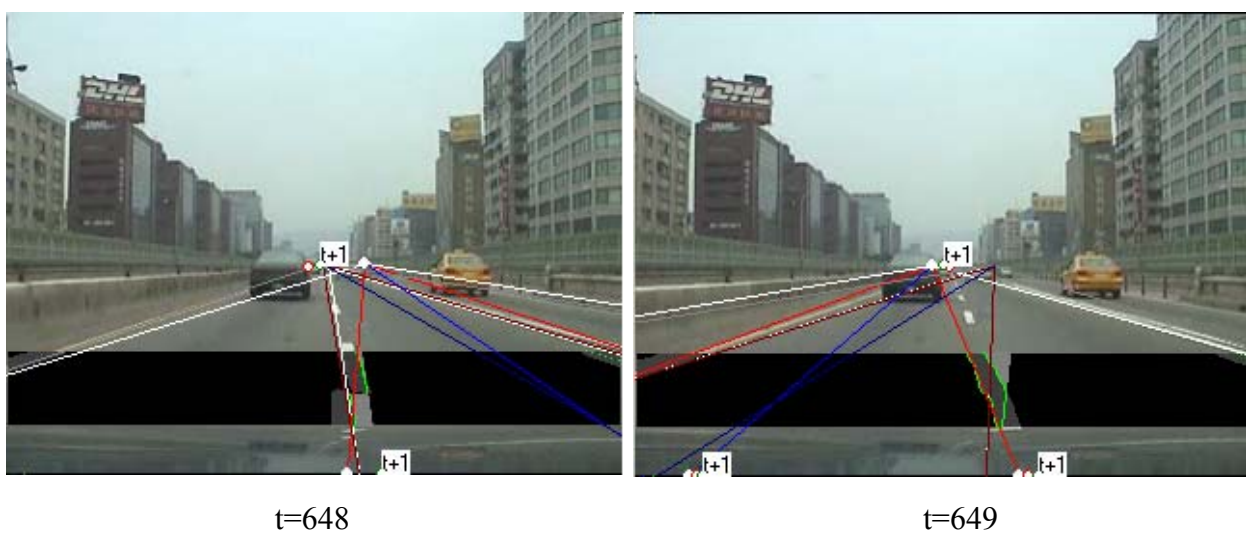
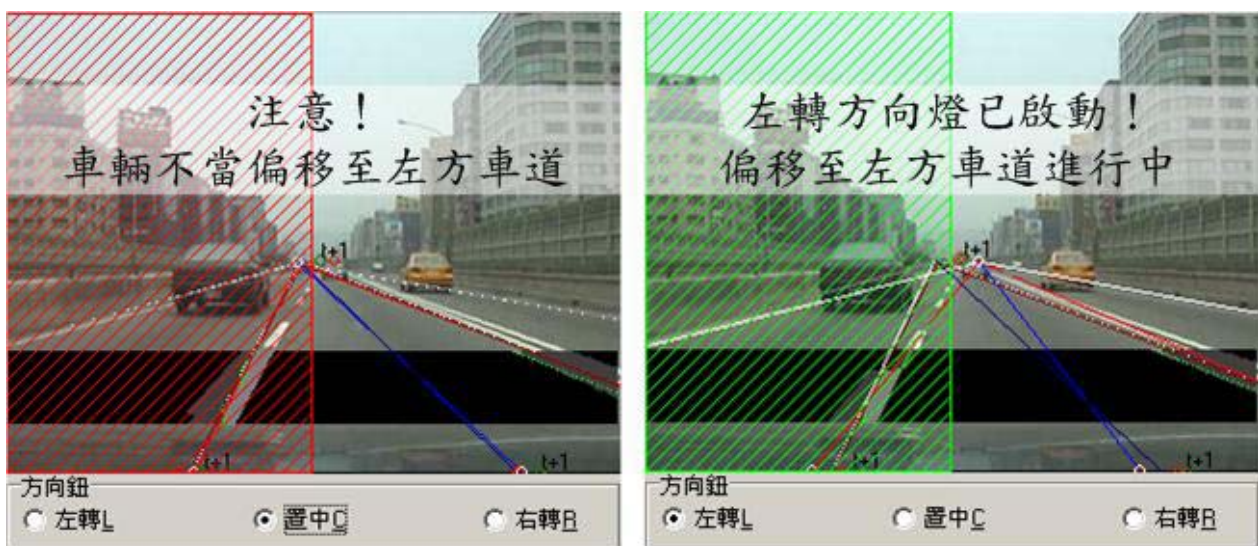


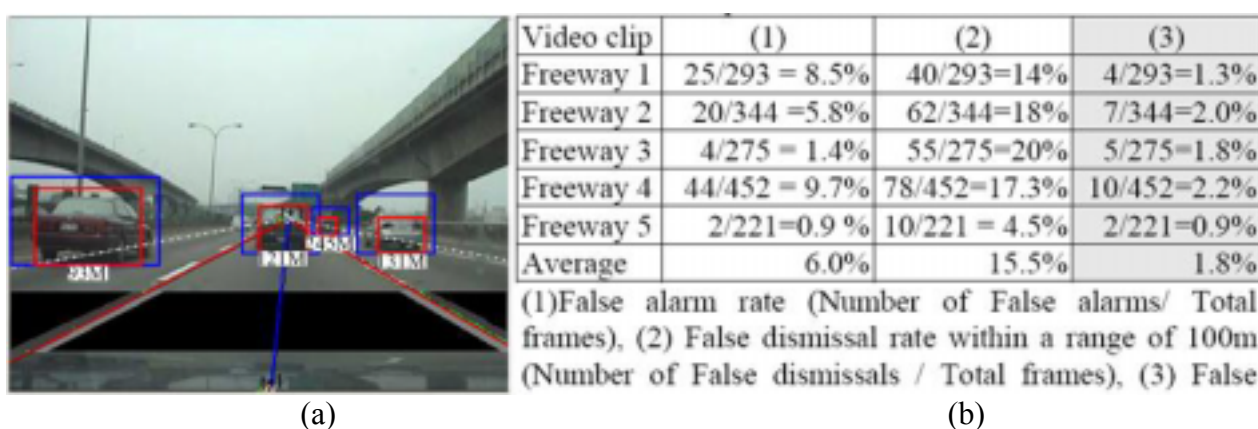
圖 13、本車於 $t=648$ 與 $t=649$ 進行車道變換



(a)

(b)

圖 14、警示系統依照方向燈的訊息給予不同之警告訊息



(a)

(b)

圖 15、前導車偵測與其正確性分析

七、參考文獻

- [1] T. H. Chang, C. H. Lin, C. S. Hsu, and Y. J. Wu, "A Vision-Based Vehicle Behavior Monitoring and Warning System." Proceedings of the IEEE 6th International Conference on Intelligent Transportation Systems Shanghai, China, pp.448~453. , October 2003.
- [2] Chiung-Yao Fang, "A Vision-Based Driver Assistance System Based on Dynamic Visual Model. Ph.D dissertation. Department of Computer Science and Information Engineering, National Taiwan University, 2003.
- [3] Narayan Srinivasa, "Vision-based Vehicle Detection and Tracking Method for Forward Collision Warning in Automobiles," Intelligent vehicle Symposium, IEEE, Vol. 2, pp. 626-631, 2002.
- [4] Yen, "Motion Analysis of Nearby Vehicles on a Freeway," Master thesis, Department of Information & Computer Education, National Taiwan Normal University, 2003.
- [5] J. B. McDonald, J. Franz, and R. Shorten, "Application of Hough Transform to Lane Detection in Motorway Driving Scenarios," Signals & System Group.Department of Computer Science, National University of Ireland, Maynooth, Ireland, 2002.

- [6] Massimo Bertozzi, Alberto Broggi, Alessandra Fascioli, and Amos Tibaldi, An Evolutionary Approach to Lane Markings Detection in Road Environments, In Atti del 6 Convegno dell'Associazione Italiana per l'Intelligenza Artificiale, pages 627-636, Siena, Italy, September 2002.
- [7] S. G. Jeong, C.S. Kim, D.Y. Lee, S.K. Ha, D.H. Lee, M.H. Lee, and H. Hashimoto, "Real-time Lane Detection for Autonomous Vehicle," Proceedings of IEEE International Symposium on Industrial Electronics, Pusan, South Korea, June 12-16, 2001, vol. 3, pp. 1466 –1471.
- [8] M.Bertozzi,A.Broggi," GOLD: a parallel real-time stereo vision system for generic obstacle and lane detection, "Image Processing, IEEE transaction on image processing, Vol.7, No.1 pp. 62 -81, Jan. 1998
- [9] Christos Tzomakas, W. von Seelen." Vehicle Detection in Traffic Scenes Using Shadows," Internal report IR-INI 98-06, Institut fur Neuroinformatik, Ruhr-Universitat, Bochum, Germany 1998.
- [10]M. Betke, E. Haritaoglu, and L. S. Davis, "Real-Time multiple vehicle detection and tracking from a moving vehicle," Machine Vision and Applications: An International Journal, Vol. 12, No. 2, pp. 69-83, September. 2000.
- [11]Marinus B. van Leeuwen,Frans C.A. Groen," Vehicle Detection with a Mobile Camera," In submission of Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence.
- [12]A. N. Rajagopalan and R. Chellappa, "Vehicle detection and tracking in video," International Conference on Image Processing, Vol. 1, pp. 351-354, 2000.
- [13]Linda G. Shapiro, George C. Stockman, " Computer Vision," Prentice Hall, Upper Saddle River NJ, 2001.