



樹德科技大學資訊工程系

碩士論文

應用單一光學鏡頭
於多部車輛車距偵測之研究

The study on detection of multiple vehicles' distances
using a single optical camera

研究 生：陳睿紳
指 導 教 授：陳璽煌

中華民國 100 年 6 月

應用單一光學鏡頭於多部車輛車距偵測之研究
The study on detection of multiple vehicles' distances
using a single optical camera

研 究 生：陳睿紳(CHEN, Ruie-Shen)
指 導 教 授：陳璽煌(CHEN, Shi-Huang)

樹德科技大學

資訊工程系

碩士論文

A Thesis

Submitted to

Department of Computer Science and Information Engineering

Shu-Te University

In Partial Fulfillment of the Requirements

For the Degree of

Master of Informatics

June 2011

中華民國 100 年 6 月

樹德科技大學博碩士論文授權書

本授權書所授權之論文為授權人 陳睿紳 在樹德科技大學 資訊 學院 資訊工程 系
所 組 99 學年度第 二 學期取得 博士 硕士 學位之論文。

論文名稱：應用單一光學鏡頭於多部車輛車距偵測之研究

指導教授：陳璽煌

授權事項：

壹、授權人（研究生）及共同授權人（指導教授），以下簡稱授權人等。

貳、電子全文公開存取之時間及授權方式

一、校內：授權人等同意無償授權樹德科技大學（請勾選下列一個選項，若未勾選任何選項，則視為立即公開）：

立即公開 一年後公開 二年後公開

二、校外：

1. 請勾選下列一個選項（若未勾選任何選項，則視為立即公開）

立即公開 一年後公開 二年後公開 不公開

2. 若勾選以上任意一個公開選項，請勾選下列授權方式（若未勾選任何選項，則視為無償授權）：

有償授權 無償授權

(若勾選有償授權，則權利金捐贈學校。)

參、若授權人等同意論文電子全文公開，亦即同意樹德科技大學將上列論文全文資料以微縮、數位化或其他方式進行重製收錄於資料庫，並以電子形式透過單機、網際網路、無線網路或其他傳輸方式進行檢索、瀏覽、下載、傳輸、列印等。樹德科技大學在上述範圍內得再授權第三人進行重製。

肆、以上之所有授權均為非專屬授權，授權人仍擁有上述授權著作之著作權。授權人擔保本著作為授權人所創作之著作，有權依本授權書內容進行各項授權，且未侵害任何第三人之智慧財產權。如有侵害他人權益及觸犯法律之情事，授權人願自行負責一切法律責任，被授權人一概無涉。

伍、若發生本授權書與論文系統授權項目不符時，授權人等同意樹德科技大學依本授權書修改論文系統之授權資料，以符合本授權書之初衷。

授權人簽名：
(研究生)

陳睿紳

共同授權人簽名：
(指導教授)

陳璽煌

中華民國 100 年 6 月 8 日

樹德科技大學碩士班研究生

學位考試審定書

100 學年度第 2 學期

資訊工程系(研究所) 陳睿紳 君所提之論文

題目：應用單一光學鏡頭於多部車輛車距偵測之研究

The study on detection of multiple vehicles'distances
using a single optical camera

經本學位考試委員會審議，認為符合碩士資格標準。

召集人 王昭政 委員 _____

委員 林建昇 委員 _____

委員 陳璽煌 委員 _____

委員 _____ 委員 _____

指導教授 陳璽煌 系所主管 彭俊仁

中華民國 100 年 6 月 8 日

樹德科技大學資訊工程系

學生：陳睿紳

指導教授：陳璽煌

應用單一光學鏡頭
於多部車輛車距偵測之研究

摘要

本論文提出一個可應用於車載系統中的新型車距偵測演算法，本論文所提演算法的特色在於僅需使用單一光學鏡頭擷取車輛影像，不借助其他輔助設備，在經過簡易的數學運算後即可取得影像內多部車輛的距離資訊。其工作原理為借助車牌的長度和寬度為已知資訊，使用 CCD 攝影機取得影像畫面後，利用影像處理軟體，獲得車牌影像長度和寬度的像素值，經由軟體程式運算後，便可獲得目標車輛與攝影機之間的相對距離。此測距方式，除了可顯示多輛移動車輛目標的距離並將其影像資料儲存外，整體構造非常簡單，僅需一具攝影機和資料處理器即可，非常適用在車載系統中。

關鍵字：影像測距、CCD、車載系統

Department of Computer Science and Information
Engineering, Shu-Te University

The study on detection of multiple vehicles' distances
using a single optical camera

Student : CHEN, Ruie-Shen Advisors : Dr. CHEN, Shi-Huang

ABSTRACT

This paper presents a new algorithm which can be applied in the telematic systems to detect the multiple vehicles' distances. The characteristic of the proposed algorithm is that it only makes use of a single optical camera to capture images of vehicles, without using other auxiliary equipment. The working principle of the proposed algorithm is to use the length and width of the license plate as the known information, and then calculate the pixel size of the license plate appeared in the CCD image. The extraction of the license plate region is performed by the image processing software. This paper derives a distance-pixel relation equation from the evaluation CCD images with known vehicles' distances. After a simple mathematical operation, one can immediately obtain the distance information of multiple cars within the CCD image using the distance-pixel relation equation. This distance measure method can display the individual distance of multiple moving vehicles. Moreover, in comparison with other traditional methods, the overall structure of the proposed algorithm is quite simple. It just requires only a camera and data processor and is very applicable in telematic systems.

Keywords: Vision-based distance measurement, CCD, telematic systems

誌謝

離開大學校園已將近二十年了，昔日所學早已與現實脫節，二年來，返回課堂，重拾書本，依稀喚起了昔日年少的記憶，也再度燃起學習的熱情與興趣。

感謝指導教授陳璽煌博士，以及口試委員陳昭和博士與林建州博士在論文上給我的指導與建議，還有資工所每一位教導過我的師長們，在您們身上，我除了獲得了學識的增長外，更重要的是，我學到了嚴謹的治學態度與對工作的熱忱，這些才是我受用終身的最大財富。

謝謝所有關心我的親朋好友們，你們的支持與鼓勵，一直是我最大的安慰；最後，衷心感謝愛妻淑玲及愛女沛慈，不但得照料我的生活，還得包容我的情緒，始終無怨無悔地陪伴在我身邊。擁有你們，讓我不怕未來有再多的挫折與挑戰，因為我已擁有了最美好的一切。

目 錄

中文摘要	i
英文摘要	ii
誌謝	iii
目錄	iv
表目錄	vi
圖目錄	vii
第一章 緒論	1
第二章 現有測距方法及其原理	3
2.1 接觸式測距	3
2.2 非接觸式測距	5
2.2.1 超音波測距	5
2.2.2 雷射測距	6
2.2.2.1 飛行時間 (Time of flight) 量測法	6
2.2.2.2 相位差量測法	7
2.2.2.3 干涉量測法	10
2.2.2.4 三角量測法	11
第三章 影像式測距探討	13
3.1 影像水平寬度之距離演算法	13
3.2 雙 CCD 視差法	14
3.3 散焦測距法	15
3.4 IBDMS 平行量測法	19
第四章 實驗步驟及結果	20
4.1 實驗設備	20
4.2 實驗步驟	21
4.3 實驗結果	23

第五章	結論	48
參考文獻		49

表 目 錄

表 1	車輛號牌規格表	2
表 2	距離及車輛影像關係表(一).....	23
表 3	距離與號牌影像關係表(一).....	25
表 4	距離與號牌資料摘要表(一).....	26
表 5	車輛影像與距離關係表	28
表 6	號牌影像與距離關係表(一).....	29
表 7	車輛號牌資料摘要表(一).....	31
表 8	真實距離與估算距離誤差表(一).....	32
表 9	距離及車輛影像關係表(二).....	33
表 10	距離與號牌影像關係表(二).....	37
表 11	距離與號牌資料摘要表(二).....	42
表 12	真實距離與估算距離誤差表(二).....	44
表 13	號牌影像與距離關係表(二).....	45
表 14	車輛號牌資料摘要表(二).....	46
表 15	真實距離與估算距離誤差表(三).....	47

圖 目 錄

圖 1	游標尺	3
圖 2	螺旋測微計	4
圖 3	測距輪	4
圖 4	超音波測距示意圖	5
圖 5	飛行時間測距法示意圖	7
圖 6	相位差雷射測距原理	8
圖 7	入射波、反射波及相位差圖示說明	8
圖 8	波長與相位角的關係圖	9
圖 9	邁克森干涉儀系統圖	11
圖 10	雷射三角測距法示意圖	12
圖 11	影像水平寬度之距離演算法的量測架構圖	13
圖 12	雙 CCD 視差法之距離量測系統示意圖	14
圖 13	凸透鏡成像原理	15
圖 14	凸透鏡的聚焦圖	16
圖 15	IBDMS 平行量測法示意圖	19
圖 16	訓練階段實驗流程圖	21
圖 17	測量驗證階段實驗流程圖	22
圖 18	車距與號牌寬度關係圖(一)	27
圖 19	車距與號牌寬度關係圖(二)	43

第一章 緒論

距離量測在日常生活及科學上的運用非常廣泛，而量測的工具與技術也隨著科技發展不斷的演進，而高科技設備的使用，不僅使測量的精度得到提高，也促進了測量工作的自動化。

距離量測依其工作方式，可分為二類：一類為接觸式量測，另一類為非接觸式量測，其差別分述如下：

接觸式：測量工具需與受測體實際接觸者均為此類。例如：卷尺、游標尺、螺旋測微計、測距輪等。

非接觸式：測量工具與受測體不需實際接觸者。例如：超音波、雷射、GPS(Global Positioning System 全球定位系統)、CCD(Charge-coupled Device 電荷耦合元件)影像式測距等。

上述各種測距方式，各有其適用範圍，也各有其限制因素；本文所要探討的，是其中利用 CCD 的影像式距離量測。

三維的立體影像在轉換為二維的平面影像後，其「景深」(Depth)的資料在轉換的過程中將被濾除，而目前的影像式測距，就是在取得影像的過程中，企圖多取得一參考值，藉此重建影像的景深資料。此一參考值的取得，有連續改變鏡頭位置，視目標物成像的差異，推算目標物的景深[1]；有模擬人類視覺，設置兩座平行鏡頭，取得左右鏡頭目標物的影像及其偏離鏡頭軸心的距離，利用幾何學公式，反推目標物的景深[2]；有利用不斷改變像距，取得最佳影像，藉由透鏡成像公式，推算目標物的物距[3]，也有利用二道平行的雷射光束，投射在目標物上，藉其在鏡頭成像大小之規律性，反推目標物的景深[4]。

本論文所要探討的是車載系統的影像式測距，車載系統所取得的車輛影像中，其實已存在多個參考值，例如：車牌、標線、號誌等。如果加以利用，便可重建目標物的景深。本論文嘗試運用「車輛號牌尺寸」當作參考值。依據現行的交通法規，在道路上行駛的車輛，均必須於指

定位置，懸掛車輛號牌，違者將依法懲處(道路交通管理處罰條例第十二條)。而車輛號牌的規格尺寸，使據交通部公路總局公佈的資料（表 1）[5]，長度和寬度均為固定值，也就是說，當取得車輛號牌影像後，經過計算，是可以求得車輛的相對距離。而距離資料，對於車輛的防撞避撞及道路交通安全，均有相當的幫助。

表 1 車輛號牌規格表[5]

車 別	牌照顏色	外框尺寸 (mm)	字體尺寸 (mm)		
遊覽大客車	紅底白字	320×150	45×90		
營業小客車	白底紅字				
營業大客車	綠底白字				
營業大貨車 (含貨運曳引車)					
營業小貨車					
營業貨櫃曳引車					
營業拖車	白底綠字	47.5×95	45×90		
自用大貨車 (含自用曳引車)					
自用大客車					
自用拖車	白底黑字	47.5×95	45×90		
自用小客車					
租賃小客車					
交通車	黃底黑字				

本論文第二章在簡述各種測距方法及其原理，第三章探討現有各類利用影像進行距離量測之方法，第四章在說明量測系統、實驗規畫及實驗結果，最後為結論。

第二章 現有測距方法及其原理

測量兩待測點之間的距離，其方法有接觸式及非接觸式二種，視其相對距離之長短，精確度之要求，有不同的方法可供選擇。

2.1 接觸式測距

接觸式量測是用測距裝備直接對量測點進行測量，這種方法直接、簡單，但對長距離量測較為困難且誤差會增大，所以多用於短距離之量測。此類測距裝備有：卷尺、游標尺(圖 1)、螺旋測微計(圖 2)、測距輪(圖 3)等。

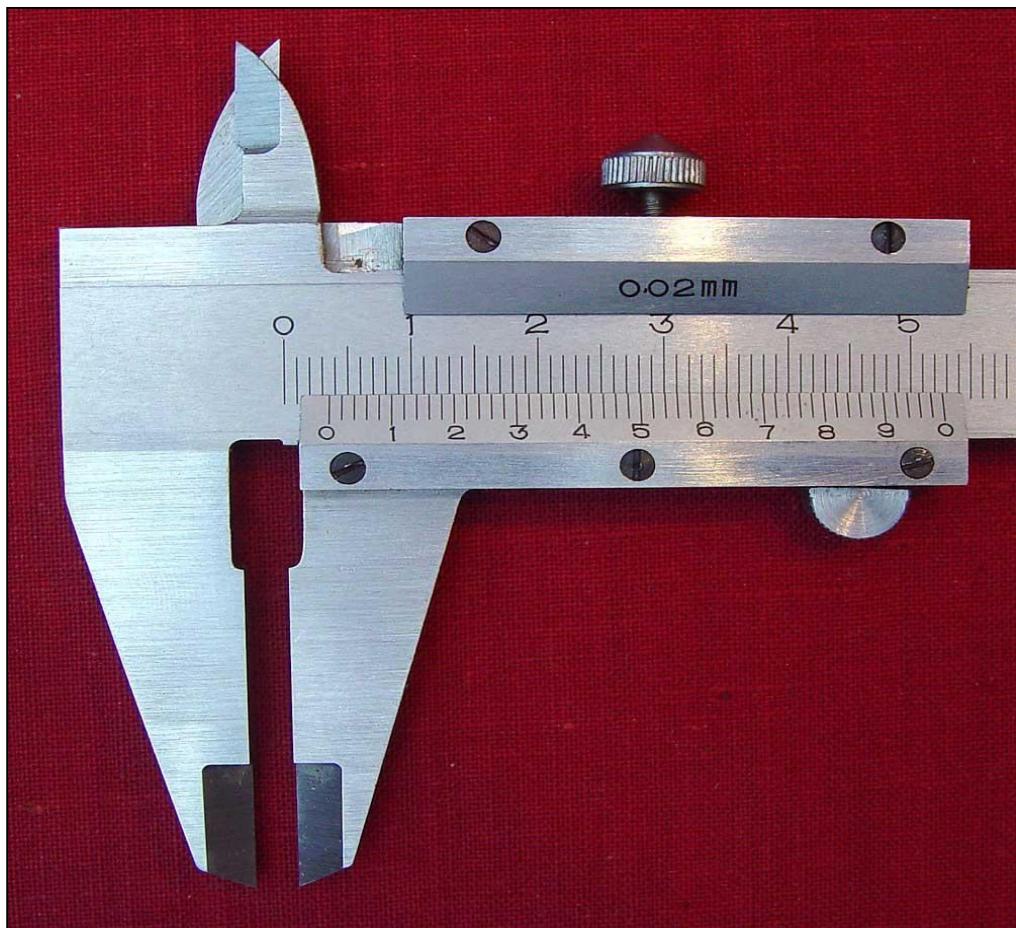


圖 1 游標尺[6]

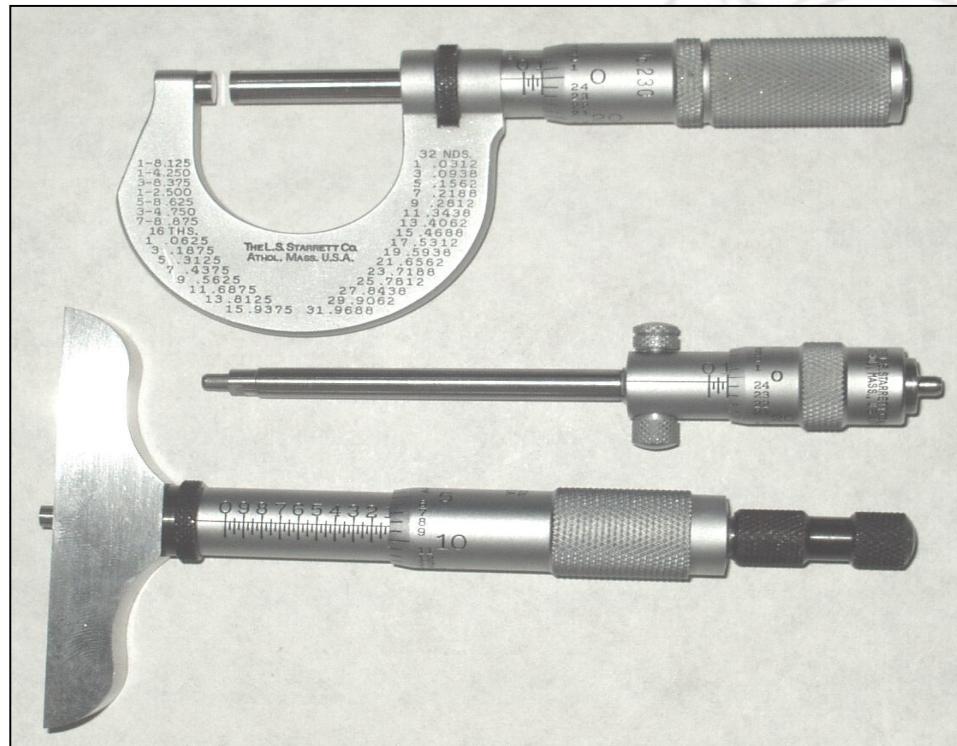


圖 2 螺旋測微計[7]



圖 3 測距輪[8]

2.2 非接觸式測距

非接觸式量測是指測量過程中，測量裝備與待測物之間，無實體上之接觸，且此類裝備多需利用電子元件及計算器伴隨使用。

2.2.1 超音波測距

超音波是一種比可聽音波頻率更高的音波，比起可聽音波，其方向性較佳，且途中被介質吸收衰減較小，反射率也較大。

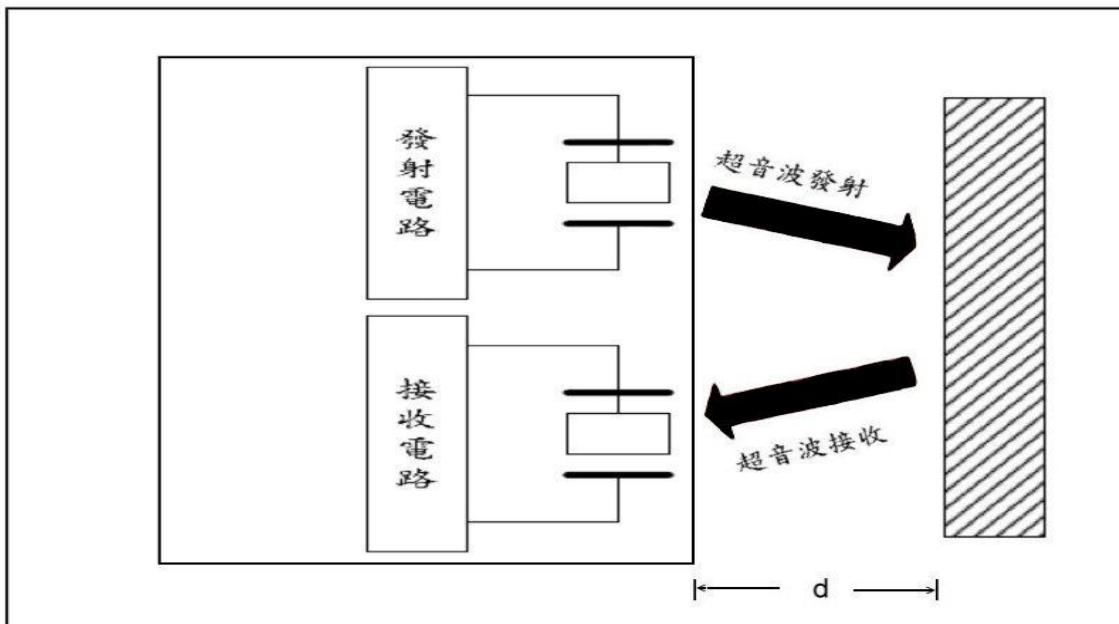


圖 4 超音波測距示意圖[1]

如圖 4 所示，超音波發信器發出音波後，經過 d 的距離碰到物體反射回來，再由收信器將反射波接收，然後測量其往返的時間 t ，若空氣中的音速為 v ，則 d 可由下式表示：

$$d = \frac{1}{2}vt \quad (1)$$

d：檢測距離

v：超音波在空氣中傳播的速度（已知值）

t：超音波在待測距離上往返傳播時間（檢測之量值）

因此只要測出超音波飛行時間 t，即可算出 d 之距離。

由於音速會因溫度而變化，因此超音波檢測器都必須另裝溫度檢測器或其他裝置以補償溫度的偏差。而超音波除了受溫度變化之影響外，也受介質密度及種類影響。例如測定表面有對音波不易反射的泡沫、粉粒時就很難測定。再者超音波在空氣中容易衰減及受噪音干擾，所以測量距離不長。

2.2.2 雷射測距

雷射光是誘發輻射，而普通光源的光是自發輻射，這二種光有四個不同之處，也就是雷射光的四個基本特性：高度方向性(directionality)、高度亮度性(brightness)、高度相干性(coherence)、高度單色性(monochromativity)。這四種特性，使得雷射光隨著時間及空間的改變非常具有規律性，故可利用作為測量的依據。而目前使用雷射光進行距離量測有四種主要的方式：飛行時間量測法、相位差量測法、干涉量測法及三角原理量測法。

2.2.2.1 飛行時間 (Time of flight) 量測法

是利用雷射光束在待測距離上往返傳播的時間，予以換算出距離，其測量架構如圖 5 所示：

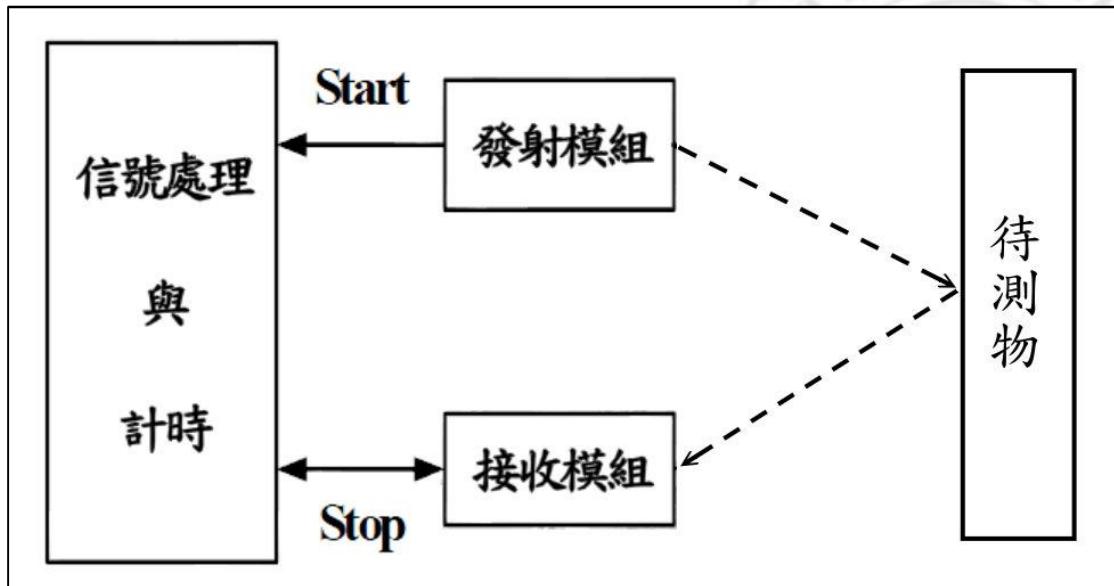


圖 5 飛行時間測距法示意圖[9]

其距離換算公式為：

$$d = \frac{1}{2} C t \quad (2)$$

d：檢測距離

C：雷射在空氣中傳播的速度（已知值）

t：雷射在待測距離上往返傳播時間（檢測之量值）

由於雷射光束的光功率極高，再加上雷射光束的指向性佳與平行度都高，因此能測得許多位於遠距離的物品。測量的精準度與脈衝的脈波寬度、雷射脈衝行進速度以及計時器的精密度等因素有關，此種方法常用在軍事用途上的距離測量或衛星的追蹤。

2.2.2.2 相位差量測法

是利用雷射發射端到反射回來的雷射光所發生的相位變化，轉換成距離，其測量架構如圖 6、圖 7 所示。

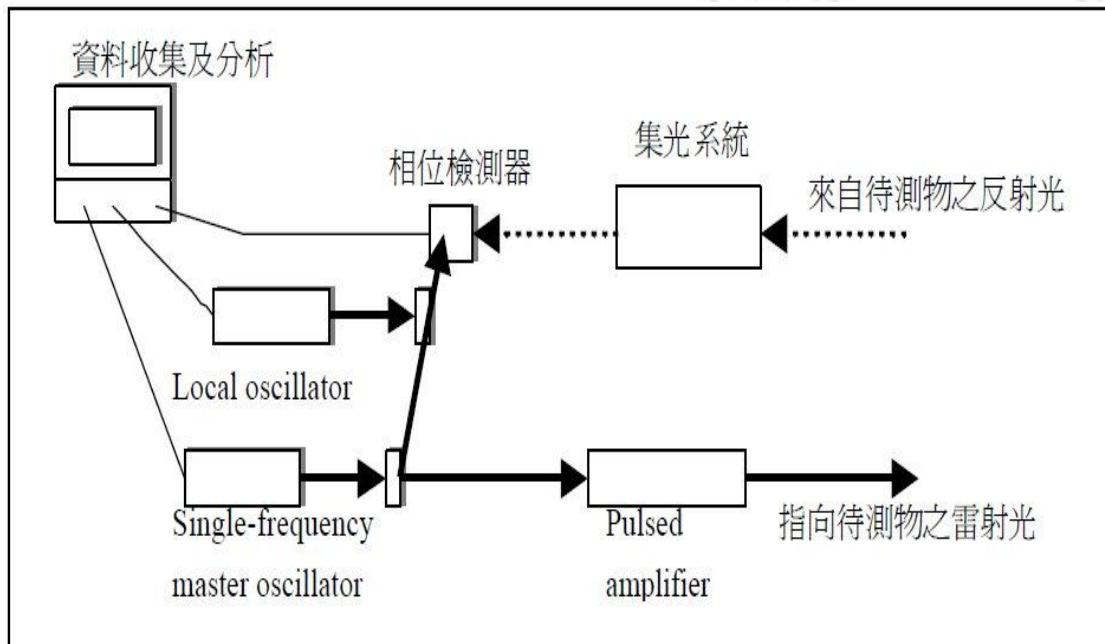


圖 6 相位差雷射測距原理[10]

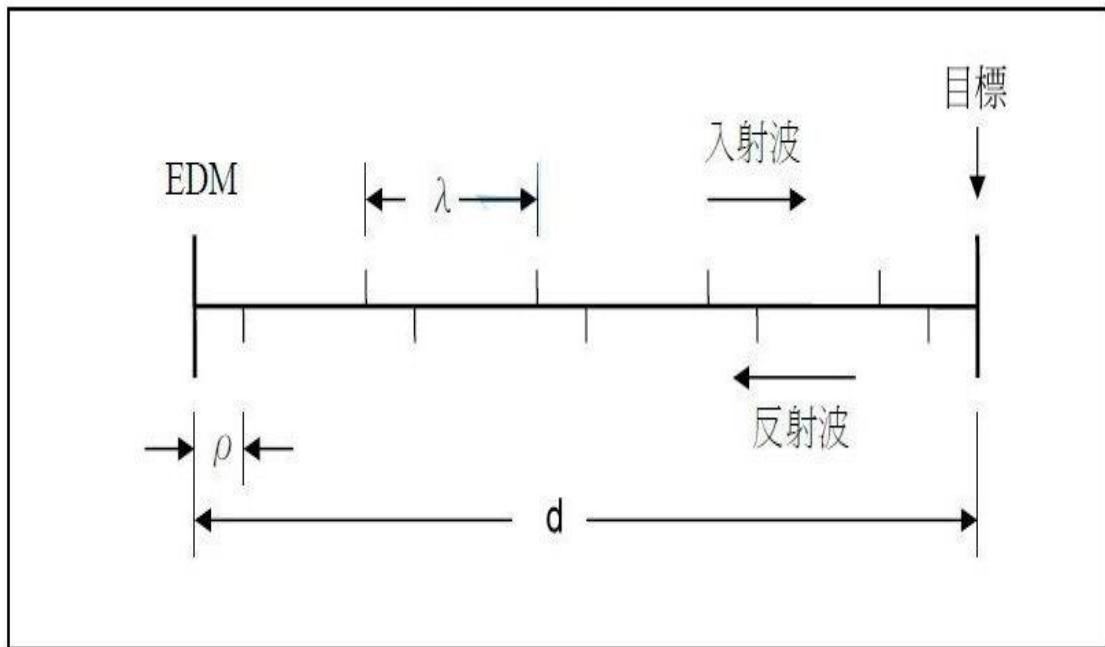


圖 7 入射波、反射波及相位差圖示說明[4]

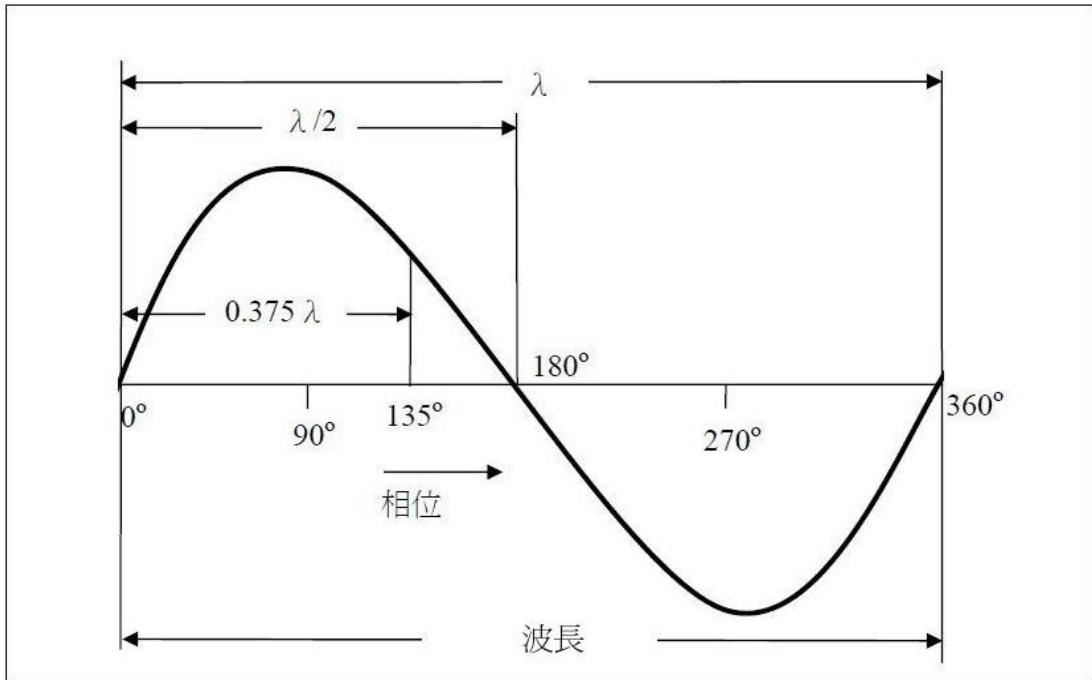


圖 8 波長與相位角的關係圖[4]

當入射波的頻率固定，則其波長 λ 則為固定值。(14.984MHz : $\lambda=20m$) (1.4984MHz : $\lambda =200m$) 只要計算整周數（如圖 8 所示）有多少個，再加上入射波和反射波相位差 θ 所代表的距離 ρ ，則為待測距離的量測值 d 為：

$$d = \frac{1}{2}(\lambda \times n + \rho) \quad (3)$$

$$\rho = \frac{\theta}{2\pi} \lambda$$

λ ：雷射光波長

θ ：相位差

n ：波長總數

由於雷射的高頻調制能力及相位差計的高解析度，相位差式雷射測距可以得到相當好的解析度。但是，此方法由於要產生不同的調變頻率 (Modulate Frequency)，因此它的缺點則為發射電路與接收電路的複雜性與困難度都要提高許多。同時由於使用連續型雷射光，其輸出光功率有一定的限制，故量測之距離無法太大的提高，有時還必須要配合反射鏡來操作，而最遠距離能達到數公里左右。

2.2.2.3 干涉量測法

由於雷射光束具有良好的同調特性，在雷射光束的同調長度內很容易形成干涉條紋。圖 9 為典型邁克森干涉儀之系統圖，雷射光束經由一個表面鍍有金屬薄膜的半透明分光鏡 (Beam Splitter)，將同一來源之雷射光束分為兩道。其中一道光束穿透分光鏡時，經由固定不動之稜鏡 (Prism) M1 的反射到達檢測器 (Detector) D1；另一道光束穿透分光鏡，經由可移動的稜鏡 M2 反射到達檢測器 D2，則此兩道雷射光束重合後會產生干涉條紋。當干涉條紋每發生一次之明暗變化，代表著 M2 移動之距離為

$$\Delta d = \lambda / 2 \quad (4)$$

λ ：波長

若計算明暗變化的次數為 n，則可求得 M2 的位移量大小，

$$d = n\lambda / 2 \quad (5)$$

干涉法所測量的距離，除了空氣折射率變化的誤差外，還有鏡面、分光鏡等裝置會受溫度膨脹而改變其折射率，並導致條紋數的計算誤差。干涉式雷射測量法可應用於任一長度的精密量測(例如：工具機運動距離之位置誤差修正、建築物的振動檢測、地表變動與地震檢測等)，但其缺

點是對環境的變化極度敏感，通常必須嚴格控制測量環境，並且僅能量測相對距離，即位移量。

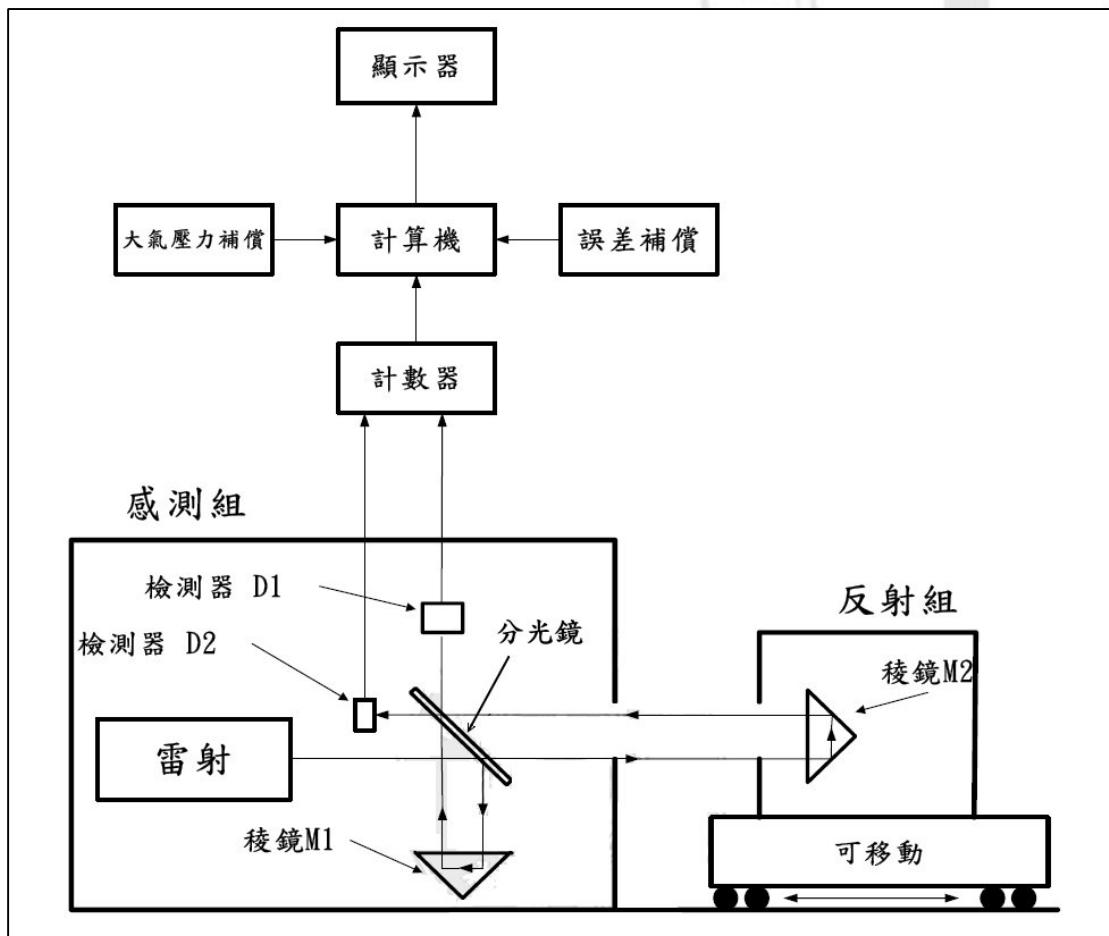


圖 9 邁克森干涉儀系統圖 [9]

2.2.2.4 三角量測法

利用雷射光高亮度及高指向性的特性，將雷射光發射端、待測物及雷射光接收端構成一個三角形（如圖 10），利用數學計算出待測物與光源之距離。雷射光由光源發出，經聚光透鏡 F1 投射到工件表面，由於光束散射作用(Scattering)，部分光源經由固定透鏡 F2 聚焦後投射在位移

感測器上。當物體沿 y 方向運動或者探頭沿 y 方向移動，其散射光投射在位移感測器的位置 x 亦將改變。依反射之間的差異量測距離的數值。

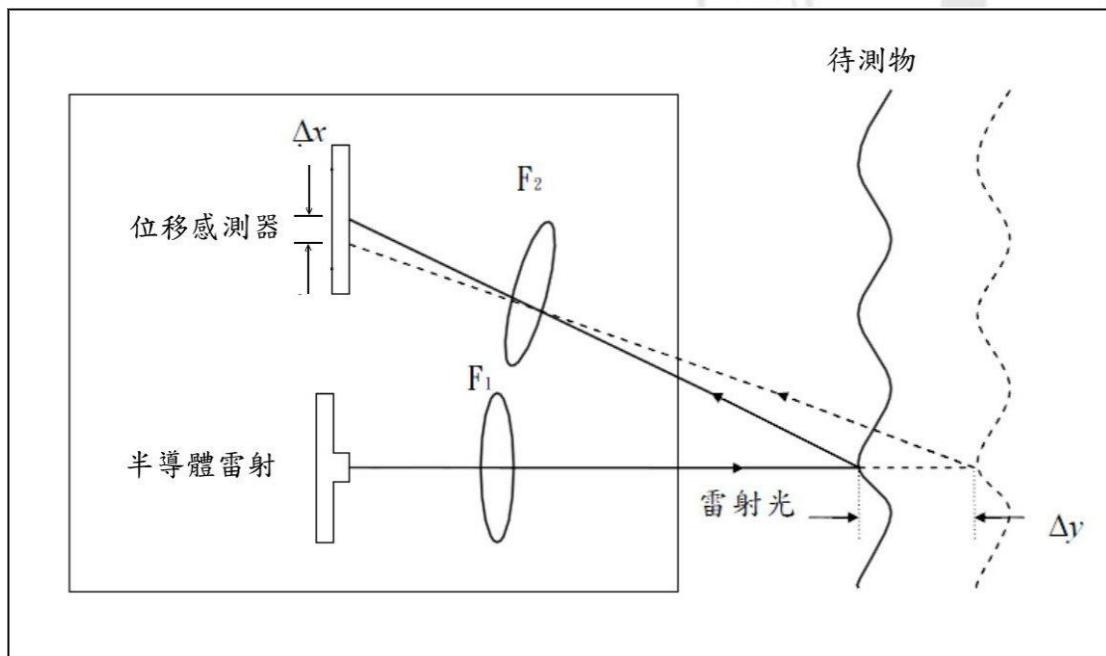


圖 10 雷射三角測距法示意圖[1]

第三章 影像式測距探討

影像式測距(Image-Based Distance Measuring System)和超音波測距、雷射測距都是屬於非接觸式的距離量測，但超音波測距和雷射測距無法同時具有影像記錄的功能。

3.1 影像水平寬度之距離演算法[1]

我們知道將CCD攝像機做單一方向移動時，同一物體在影像畫面的大小，將隨之改變，若我們以一條固定的掃描線在物體中間(第k條掃描線)，用來計算物體的兩個端點 P_a 和 P_b 時，CCD移動前和移動後，這兩個點在影像畫面上所佔的比例將不一樣。具體的說，CCD先對目標物拍攝一張影像，向目標物靠近一公尺後再拍攝第二張影像，兩張影像中目標物的大小會有一變化量 $\Delta\chi$ ，目標物距離CCD攝像機愈近，則變化量 $\Delta\chi$ 愈大，目標物距離CCD攝像機愈遠，變化量 $\Delta\chi$ 愈小，利用此規律性，可估算目標物的距離，其測量架構如圖11所示。

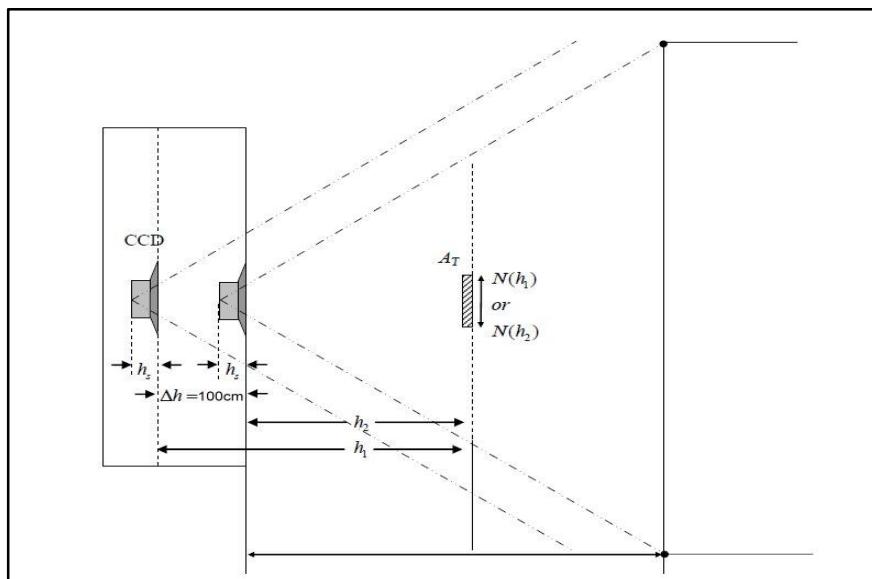


圖 11 影像水平寬度之距離演算法的量測架構圖[1]

3.2 雙 CCD 視差法[2]

雙 CCD 攝像機的測距方式，由兩具透鏡軸心平行的 CCD 攝像機同時拍攝影像，於兩張影像畫面中，先找到相互的對應關係，並辨識出確認為同一物件時，即能以視差法，作為距離量測的依據。所以雙 CCD 攝影機以視差完成距離量測時，必須能夠從整張影像畫面先做可靠的處裡，並找出獨立的物件，再做正確的比對，才能據以完成距離量測的功能。

圖 12 是雙 CCD 視差法距離量測之系統架構，以兩台 CCD 攝影機分置相隔 ds 距離，對同一景物作攝影，將得到兩個不同的影像畫面，對同一物體而言，於影像畫面將隨攝影距離的遠近，而有不同的移位。使能由同一物體影像圖形移位量的大小，計算出攝影距離的遠近。

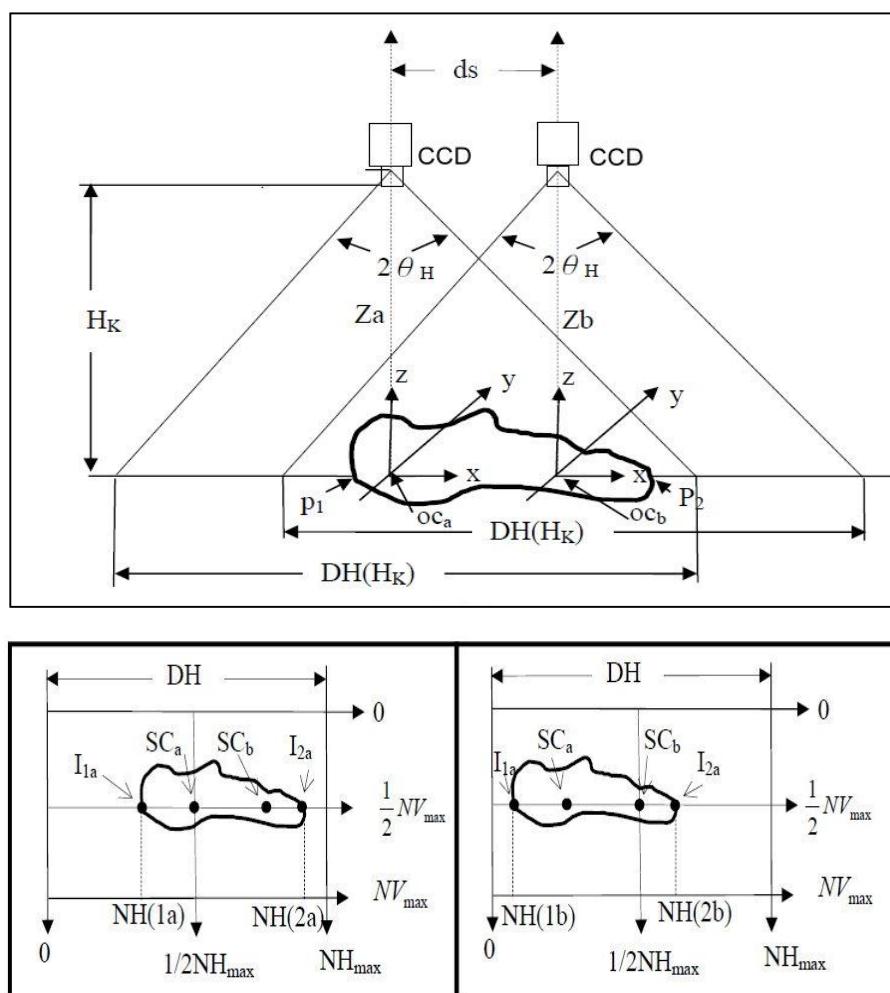


圖 12 雙 CCD 視差法之距離量測系統示意圖[4]

3.3 散焦測距法 (Depth from defocus) [3]

影像的生成是由物體上無數個點光源，發出的光線經由攝像機的鏡頭，落在儲存媒體(底片、CCD 等)上，最後形成我們要的影像。這無數個點光源的成像原理，和一個點光源的成像原理是一樣的，所以我們就以一個點光源來作說明。圖 13 是點光源的透鏡成像原理。

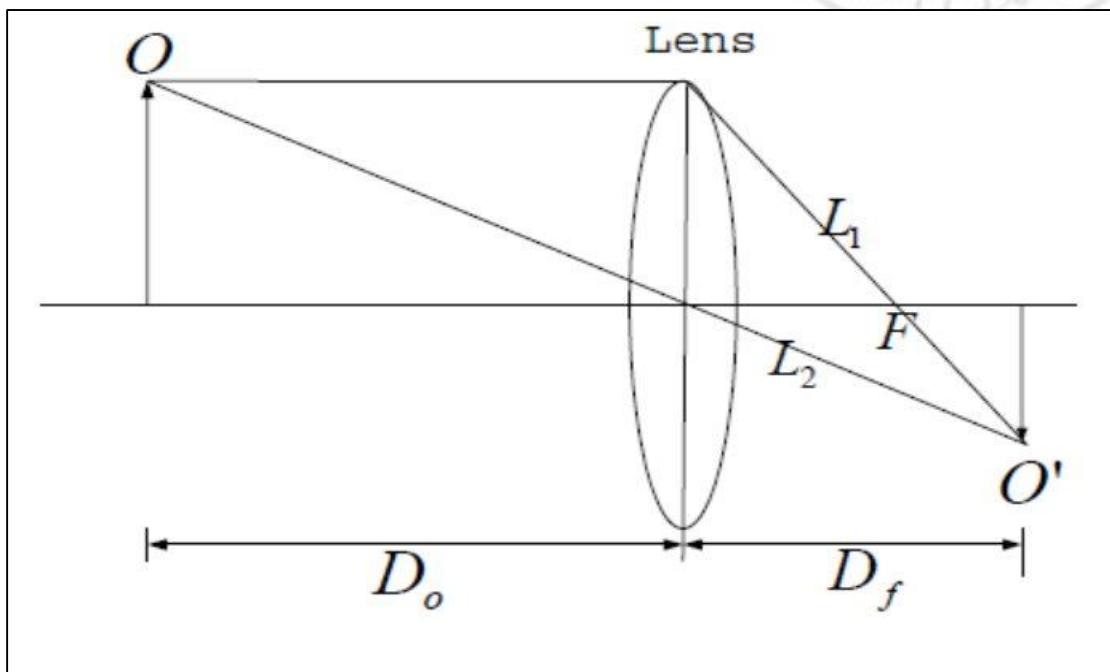


圖 13 凸透鏡成像原理[3]

O : 點光源

O' : 成像點

F : 透鏡焦點

D_o : 物距

D_f : 像距

L₁ : 點光源平行透鏡軸心穿過透鏡後折向焦點的光線

L₂ : 點光源穿過透鏡中心的光線

透鏡成像公式：

$$\frac{1}{D_o} + \frac{1}{D_f} = \frac{1}{F} \quad (6)$$

像距 D_f 稱為「最佳成像點」，若將影像感測器（CCD）放置此處則可得到最清晰的點光源成像，若相機鏡頭焦距 F 及最佳成像距離 D_f 已知，則點光源的距離為：

$$D_o = \frac{F \cdot D_f}{D_f - F} \quad (7)$$

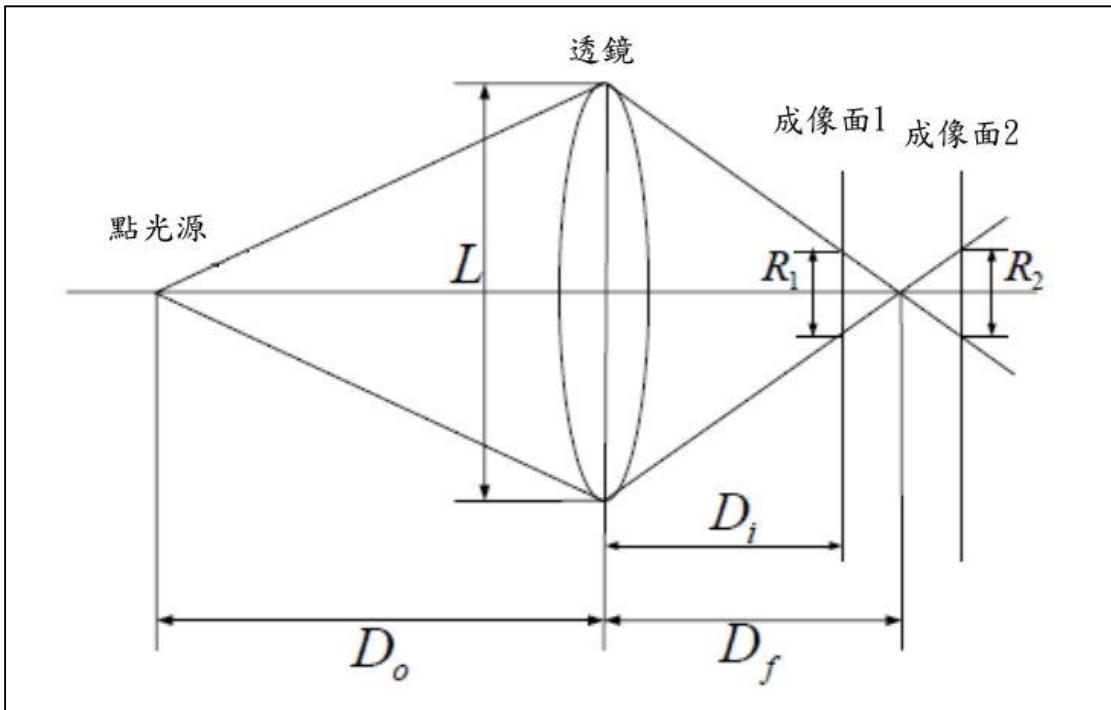


圖 14 凸透鏡的聚焦圖[3]

圖 14 為凸透鏡的聚焦示意圖，如果我們將影像感測器放在 D_f 的位置，則能獲得最佳成像，若將影像感測器放在 D_i 的位置，所得的影像則會較模糊，若不考慮其他的光學因素，則點光源的成像將為一個圓形的光亮區，這個圓形的半徑 R_i 我們稱之為「模糊半徑」，其值為：

$$R_i = \frac{L \cdot |D_f - D_i|}{2 \cdot D_f} \quad (8)$$

L 為透鏡的直徑，其數值可由製造商所提供的 *f*-number 計算而得：

$$L = \frac{F}{f_{\text{num}}} \quad (9)$$

F : 透鏡的焦距

所以

$$R_i = \frac{|F \cdot (D_f - D_i)|}{2 \cdot f_{\text{num}} \cdot D_f} \quad (10)$$

第 *i* 張和第 *i+1* 張影像分別於 D_i 和 D_{i+1} 處取得，由於影像所在位置不同，模糊半徑大小也不同，這兩張影像的模糊半徑差為：

$$\begin{aligned} \delta R_{i, i+1} &= R_i - R_{i+1} \\ &= F \cdot \frac{|D_f - D_i| - |D_f - D_{i+1}|}{2 \cdot f_{\text{num}} \cdot D_f} \end{aligned} \quad (11)$$

如果 $\delta R_{i, i+1} > 0$ ，則表示第 *i+1* 張影像比第 *i* 張清晰，反之，若 $\delta R_{i, i+1} < 0$ ，則表示第 *i* 張影像比第 *i+1* 張清晰。由 (11) 式可得

$$D_f = \left| \frac{(D_i - D_{i+1}) \cdot F}{2 \cdot \delta R_{i, i+1} \cdot f_{num}} \right| \quad (12)$$

將 (12) 式代入 (7) 式，即可算出目標物的距離。

3.4 IBDMS 平行量測法[4]

IBDMS(Image-Based Distance Measuring System)平行量測法是利用兩道平行的雷射光束，使之與 CCD 攝像機之透鏡軸心平行，由於兩道雷射光束平行，故其投射在目標物上光點之間的距離為固定值，目標物距離 CCD 攝像機愈近，則兩個光點之間的距離就愈大；反之，目標物距離 CCD 攝像機愈遠，則兩個光點之間的距離就愈小，而且這種變化有其規律性，利用此規律性即可算出目標物與 CCD 攝像機之間的距離為何，其測量架構如圖 15 所示。

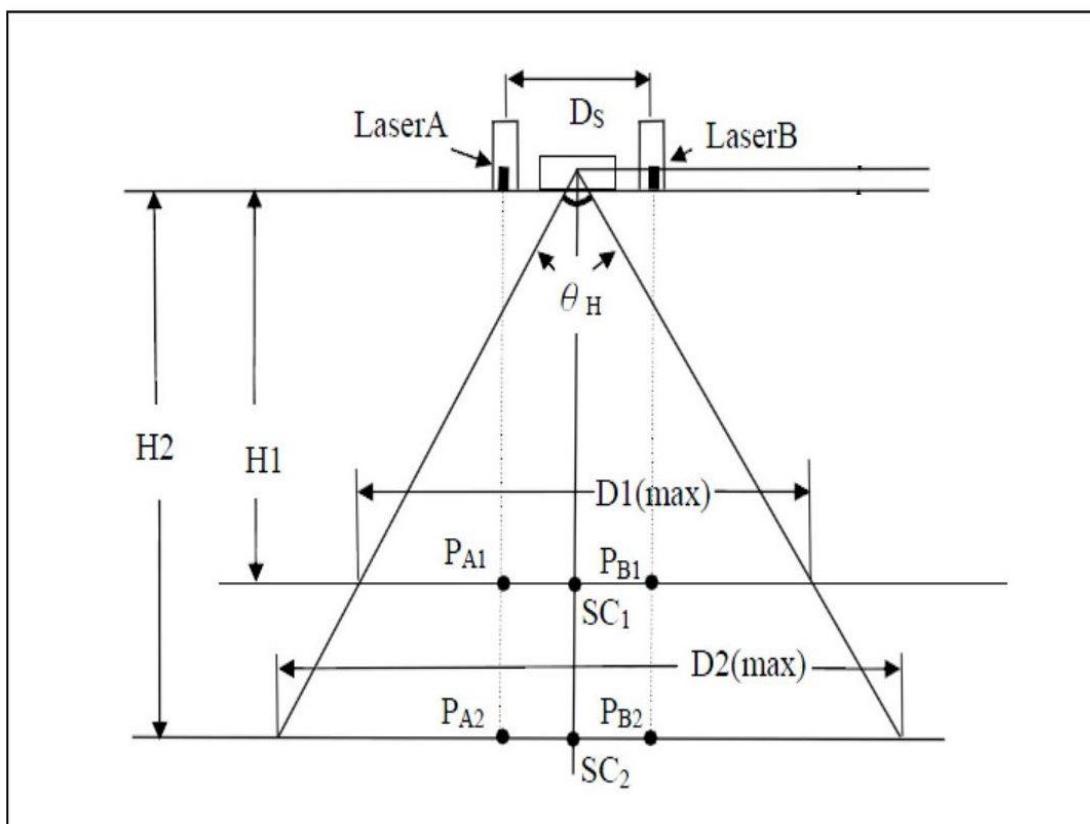


圖 15 IBDMS 平行量測法示意圖[4]

第四章 實驗步驟及結果

影像測距是將二維（2-Dimention）的平面影像，利用輔助器材或數學計算，重建目標物的「景深」（Depth）資料。前一章所敘述的各種方法皆是為達到此目的。

數位影像感測器（CCD）在日常生活中的運用愈來愈普及，舉凡道路及建築物所裝設的監視器，車輛中裝設的行車記錄器，都是其明證，不論是架設在道路上的監視器，或是目前使用率愈來愈高的行車記錄器，都是在監控道路上的人車狀況，而其取得的車輛影像中，有一個非常重要的資料，就是車輛號牌影像。為何要在此強調號牌影像？因為在道路上行駛的車輛，不論其大小、種類和顏色，其號牌的尺寸都是一樣的（如表1），也就是說，號牌在影像中提供我們一個恆定的參考值，車輛距離愈近，號牌影像愈大，車輛距離愈遠，號牌影像愈小，且車輛距離和號牌尺寸在影像中，應該有一固定的數學關係。當找到此一數學關係後，即可非常容易的利用號牌影像進行測距。

4.1 實驗設備

實驗所需器材及相關電腦軟體：

- 一、 數位相機（Kodak EasyShare M1093 IS 開機預設之自動拍攝模式）
- 二、 三角架
- 三、 捲尺
- 四、 PhotoImpact X3
- 五、 Microsoft Office Excel 2007 SP2

4.2 實驗步驟

本實驗區分為兩階段，第一階段為訓練階段，主要在建立 Kodak EasyShare M1093 IS 數位相機在開機預設之自動拍攝模式下，車牌影像和距離的數學關係，實驗流程如圖 16 所示。；第二階段為測量驗證階段，利用 Kodak EasyShare M1093 IS 數位相機取得的影像，以及訓練階段取得的數學關係，計算目標物的距離，並求得估算距離與真實距離的誤差，實驗流程如圖 17 所示。

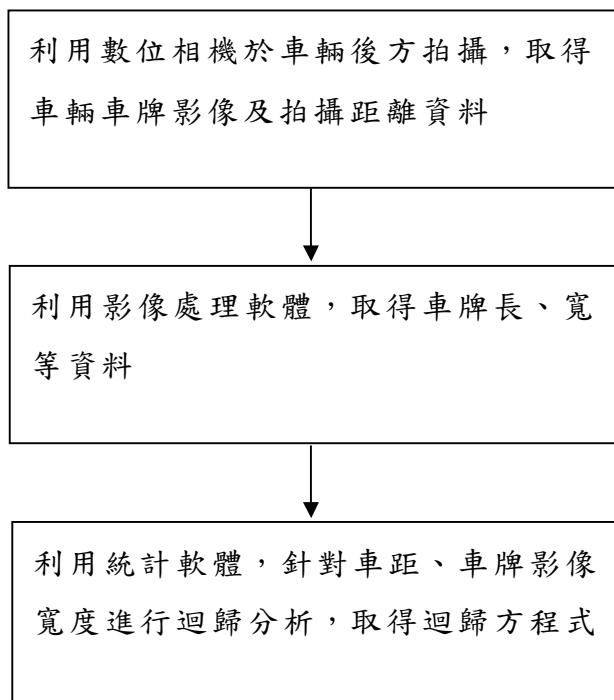


圖 16 訓練階段實驗流程圖

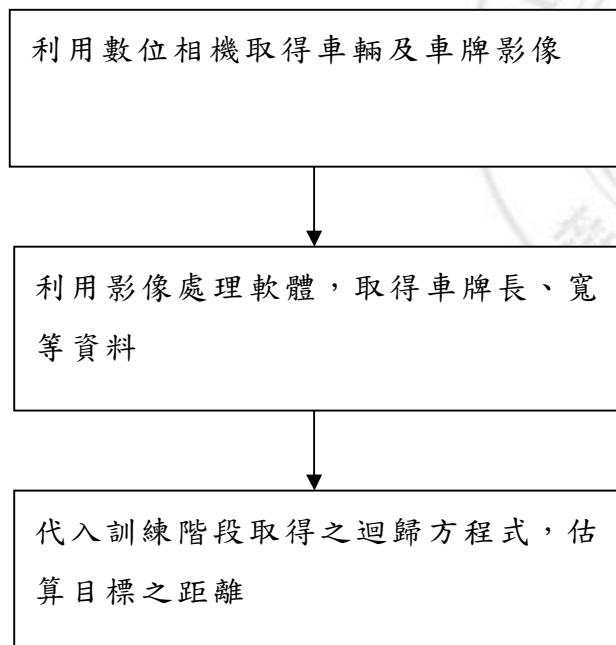


圖 17 測量驗證階段實驗流程圖

4.3 實驗結果

一、利用卷尺和數位相機於車輛後方不同距離拍攝，取得車輛號牌影像及拍攝距離資料，如表 2 所示。

數位相機：Kodak EasyShare M1093 IS

拍攝模式：開機預設之自動拍攝模式

表 2 距離及車輛影像關係表(一)

20 公尺	
30 公尺	

40 公尺	
50 公尺	

二、利用影像處理軟體，取得不同距離號牌影像(表 3)及長、寬等資料(表 4)。

使用軟體：PhotoImpact X3

表 3 距離與號牌影像關係表(一)

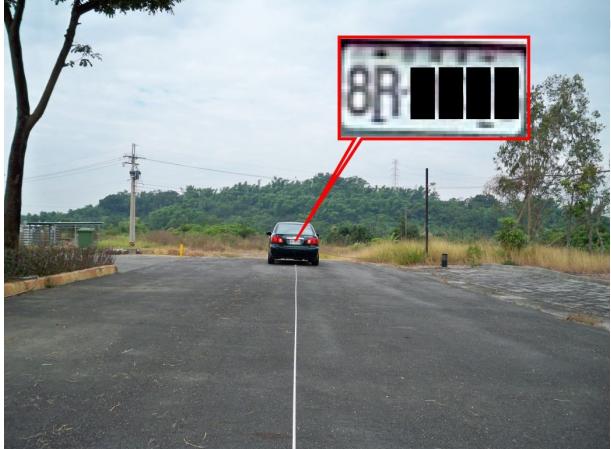
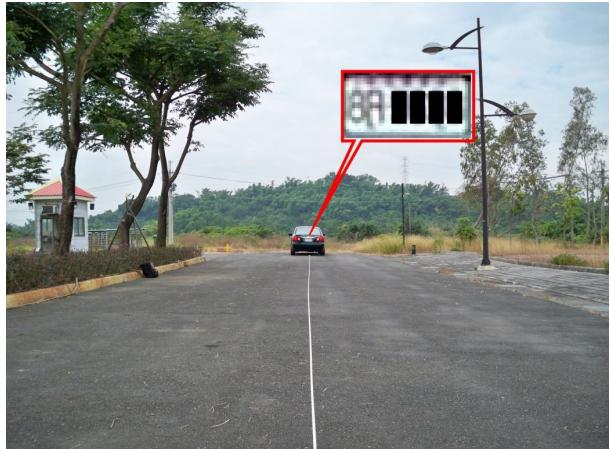
距離	影像
20 公尺	
30 公尺	



表 4 距離與號牌資料摘要表(一)

距離 (m)	左上 x 軸 座標	左上 y 軸 座標	左下 x 軸 座標	左下 y 軸 座標	右上 x 軸 座標	右上 y 軸 座標	右下 x 軸 座標	右下 y 軸 座標	車 牌 寬	車 牌 高
20	1720	1457	1720	1485	1780	1459	1780	1487	60	28
30	1808	1419	1808	1439	1849	1420	1849	1440	41	20
40	1765	1468	1765	1483	1796	1468	1796	1483	31	15
50	1768	1534	1768	1545	1793	1534	1793	1545	25	11

單位：像素點

三、利用統計軟體，針對車距、車牌影像寬度進行迴歸分析，取得迴歸方程式，如圖 18 所示。

使用軟體：Microsoft Office Excel 2007 SP2

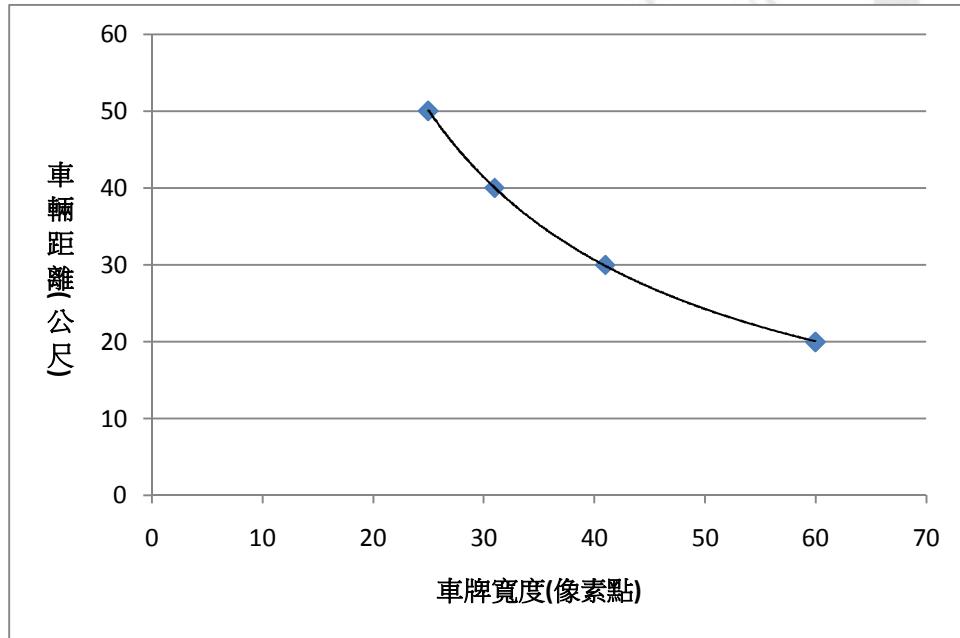


圖 18 車距與號牌寬度關係圖(一)

$$\text{迴歸方程式 : } y = 1451.8x^{-1.046} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \text{判定係數 : } R^2 &= 1 - \frac{\text{殘差平方和}}{\text{總平方和}} \\ &= 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \\ &= 0.99 \end{aligned} \quad (14)$$

Y : 依變項 n : 樣本數

四、利用數位相機取得車輛及號牌影像並取得車輛與相機之實際距離，詳如表 5 所示。

數位相機：Kodak EasyShare M1093 IS

拍攝模式：開機預設之自動拍攝模式

表 5 車輛影像與距離關係表

影像	距離
	灰車：22.7 公尺 綠車：13.8 公尺
	灰車：29.9 公尺 綠車：20.6 公尺

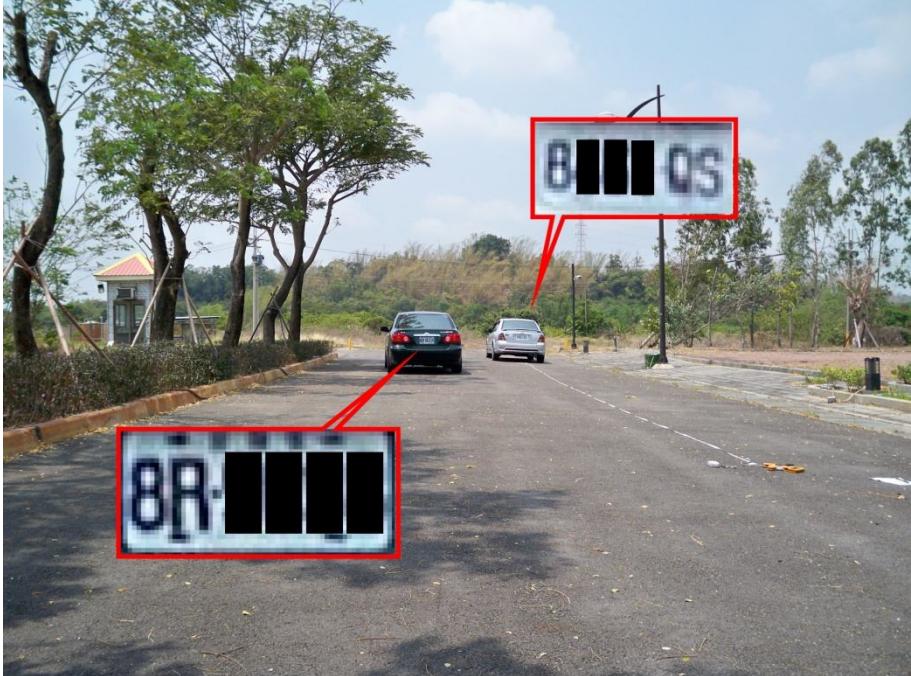


五、利用影像處理軟體，取得車輛號牌影像(表 6)及長、寬等資料(表 7)。

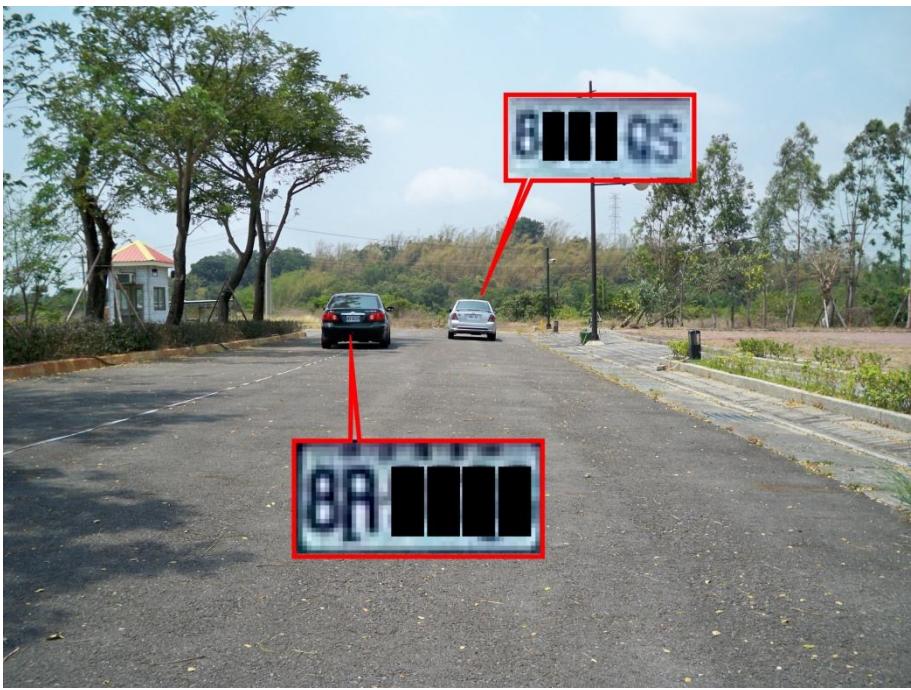
使用軟體：PhotoImpact X3

表 6 號牌影像與距離關係表(一)

影像	資料			
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">編號：01</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">灰：22.7M</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">綠：13.8M</td> </tr> </table>	編號：01	灰：22.7M	綠：13.8M
編號：01				
灰：22.7M				
綠：13.8M				



編號：02
灰：29.9M
綠：20.6M



編號：03
灰：32.2M
綠：23.2M

表 7 車輛號牌資料摘要表(一)

	左上 x 軸 座標	左上 y 軸 座標	左下 x 軸 座標	左下 y 軸 座標	右上 x 軸 座標	右上 y 軸 座標	右下 x 軸 座標	右下 y 軸 座標	車 牌 寬	車 牌 高
01- 灰	1896	1351	1896	1375	1950	1354	1950	1377	54	23.5
01- 綠	1068	1364	1068	1404	1156	1363	1156	1404	88	40.5
02- 灰	2064	1357	2064	1374	2105	1358	2105	1375	41	17
02- 綠	1673	1365	1673	1392	1732	1365	1732	1392	59	27
03- 灰	1869	1237	1869	1254	1908	1239	1908	1255	39	16.5
03- 綠	1379	1242	1379	1265	1432	1242	1432	1265	53	23

單位：像素點

六、代入前述取得之迴歸方程式(13)，比較實際距離及估算距離之誤差
(表 8)。

表 8 真實距離與估算距離誤差表(一)

	真實距離 (公尺)	估算距離 (公尺)	誤差
01-灰	22.7	22.38	-1.42%
01-綠	13.8	13.43	-2.70%
02-灰	29.9	29.85	-0.17%
02-綠	20.6	20.40	-0.98%
03-灰	32.2	31.45	-2.32%
03-綠	23.2	22.82	-1.64%
平均誤差：1.54%			

由實驗結果可以看出，估算距離與真實距離平均誤差為 1.54%，最大誤差不超過 3%，因此可以初步判定利用單一影像在車載系統中測量距離為一可行方案。但因為迴歸分析中，取樣數較少，為提高可信度，除保留原有數據外，另增加迴歸分析採樣樣本數量，將本實驗再進行一次。

七、利用卷尺和數位相機於車輛後方不同距離拍攝，取得車輛號牌影像及拍攝距離資料，詳如表 9。

數位相機：Kodak EasyShare M1093 IS

拍攝模式：開機預設之自動拍攝模式

表 9 距離及車輛影像關係表(二)

5 公尺	
8 公尺	
11 公尺	

14 公尺	
17 公尺	
20 公尺	
23 公尺	

26 公尺	
29 公尺	
32 公尺	
35 公尺	

38 公尺	
41 公尺	
44 公尺	
47 公尺	



八、利用影像處理軟體，取得不同距離號牌影像(表 10)及長、寬等資料(表 11)。

使用軟體：PhotoImpact X3

表 10 距離與號牌影像關係表(二)

5 公尺	
8 公尺	

11 公尺	
14 公尺	
17 公尺	
20 公尺	

23 公尺	
26 公尺	
29 公尺	
32 公尺	

35 公尺	
38 公尺	
41 公尺	
44 公尺	

47 公尺	
50 公尺	

表 11 距離與號牌資料摘要表(二)

距離 (m)	左上 x 軸 座標	左上 y 軸 座標	左下 x 軸 座標	左下 y 軸 座標	右上 x 軸 座標	右上 y 軸 座標	右下 x 軸 座標	右下 y 軸 座標	車牌 寬	車牌 高
5	1713	1412	1712	1519	1946	1414	1946	1522	233.5	107.5
8	1741	1296	1741	1367	1889	1297	1887	1367	147	70.5
11	1758	1369	1758	1421	1866	1366	1868	1418	109	52
14	1791	1234	1792	1276	1877	1234	1877	1275	85.5	41.5
17	1775	1320	1775	1354	1846	1320	1846	1354	71	34
20	1728	1307	1728	1337	1789	1307	1789	1337	61	30
23	1753	1414	1753	1438	1807	1414	1807	1438	54	24
26	1753	1327	1753	1348	1802	1327	1802	1348	49	21
29	1770	1400	1770	1419	1814	1400	1814	1419	44	19
32	1812	1358	1815	1377	1858	1358	1858	1377	44.5	19
35	1780	1370	1780	1385	1817	1370	1817	1385	37	15
38	1786	1381	1786	1395	1820	1381	1820	1395	34	14
41	1802	1350	1802	1363	1833	1350	1833	1363	31	13
44	1818	1375	1818	1386	1846	1375	1846	1386	28	11
47	1780	1447	1780	1458	1807	1447	1807	1458	27	11
50	1722	1438	1722	1447	1747	1438	1747	1447	25	9

單位：像素點

九、利用統計軟體，針對車距、車牌影像寬度進行迴歸分析，取得迴歸方程式，詳如圖 19。

使用軟體：Microsoft Office Excel 2007 SP2

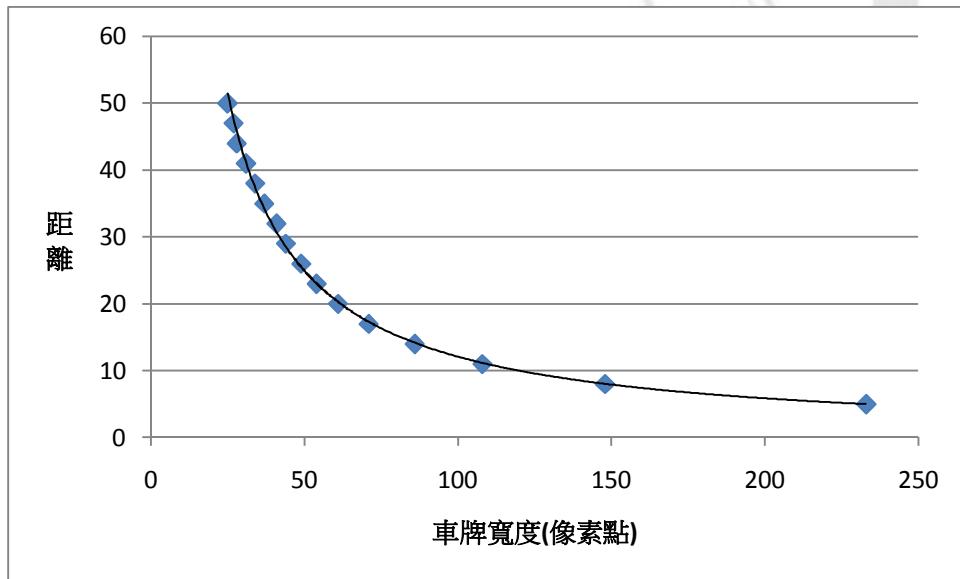


圖 19 車距與號牌寬度關係圖(二)

$$\text{迴歸方程式 : } y = 1486.5x^{-1.045} \quad (15)$$

$$\text{判定係數 : } R^2 = 1 - \frac{\text{殘差平方和}}{\text{總平方和}}$$

$$\begin{aligned} &= 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \\ &= 0.999 \end{aligned} \quad (16)$$

Y : 依變項 n : 樣本數

十、將表 7 資料代入新取得之迴歸方程式(15)，估算目標距離，其結果如表 12。

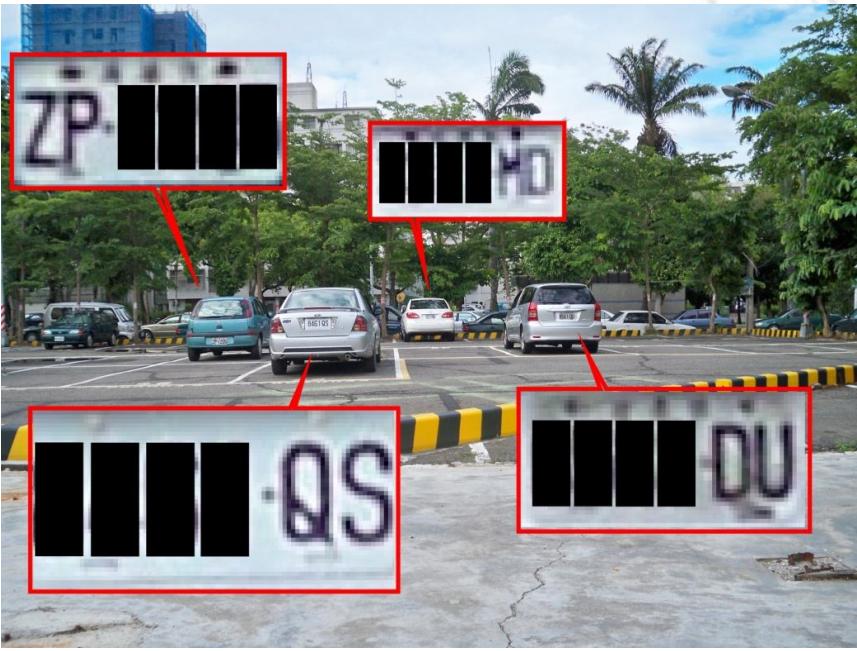
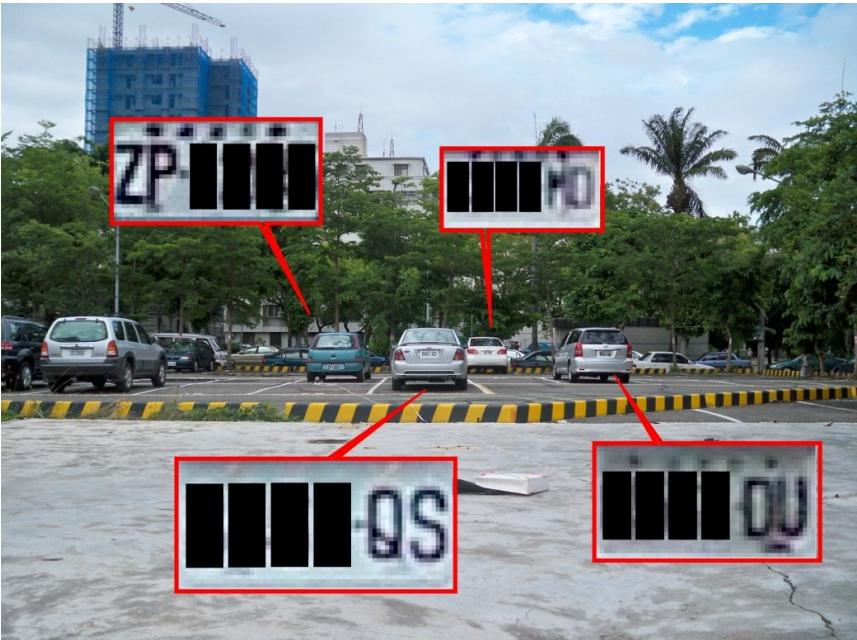
表 12 真實距離與估算距離誤差表(二)

		第一組(取樣數 4)		第二組(取樣數 16)	
	真實距離 (公尺)	$y = 1451.8x^{-1.046}$ 估算距離 (公尺)	誤差	$y = 1486.5x^{-1.045}$ 估算距離 (公尺)	誤差
01-灰	22.7	22.38	-1.42%	23.00	1.34%
01-綠	13.8	13.43	-2.70%	13.81	0.07%
02-灰	29.9	29.85	-0.17%	30.68	2.60%
02-綠	20.6	20.40	-0.98%	20.97	1.80%
03-灰	32.2	31.45	-2.32%	32.32	0.38%
03-綠	23.2	22.82	-1.64%	23.46	1.11%
		平均誤差：1.54%		平均誤差：1.22%	

由表 12 可以確定取樣數較多的第二組獲得的關係式以及取樣數較少的第一組獲得的關係式，對同一組影像進行距離估算，除結果相近外，取樣數較多的第二組其平均誤差比取樣數較少的第一組低。

十一、取得多輛車輛之影像(表 13)，擷取車牌長寬等相關資料(表 14)。

表 13 號牌影像與距離關係表(二)

影像	資料
	<p>編號 : 001 ZP : 19.5M QS : 13.3M MD : 28.5M DU : 18.8M</p>
	<p>編號 : 002 ZP : 24.3M QS : 18.6M MD : 33.8M DU : 24.1M</p>

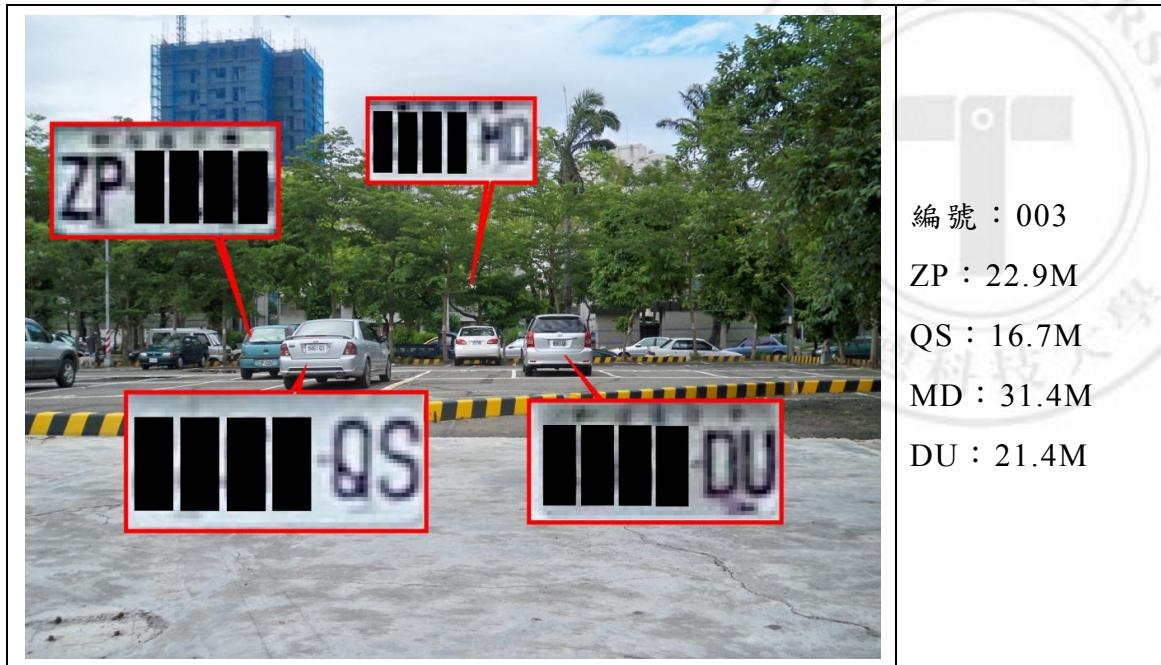


表 14 車輛號牌資料摘要表(二)

單位：像素點

	左上 x 軸 座標	左上 y 軸 座標	左下 x 軸 座標	左下 y 軸 座標	右上 x 軸 座標	右上 y 軸 座標	右下 x 軸 座標	右下 y 軸 座標	車 牌 寬	車 牌 高
001-ZP	899	1417	899	1448	963	1417	963	1448	64	31
001-QS	1305	1337	1305	1377	1397	1337	1397	1377	92	40
001-MD	1808	1320	1808	1340	1853	1320	1853	1340	45	20
001-DU	2377	1311	2377	1343	2445	1311	2445	1343	68	32
002-ZP	1392	1534	1392	1559	1442	1534	1442	1559	50	25
002-QS	1792	1476	1792	1505	1857	1476	1857	1505	65	29
002-MD	2056	1478	2056	1495	2093	1478	2093	1495	37	17
002-DU	2550	1477	2550	1503	2602	1477	2602	1503	52	26
003-ZP	1000	1465	1000	1491	1053	1465	1053	1491	53	26
003-QS	1205	1399	1205	1432	1277	1399	1277	1432	72	33
003-MD	1906	1386	1906	1403	1946	1386	1946	1403	40	17
003-DU	2248	1381	2248	1409	2308	1381	2308	1409	60	28

十二、代入前述取得之迴歸方程式(15)，估算車輛距離，並比較實際距離及估算距離之誤差(表 15)

表 15 真實距離與估算距離誤差表(三)

	真實距離 (公尺)	車牌寬 (像素)	估算距離 (公尺)	誤差
001-ZP	19.5	64	19.26	-1.22%
001-QS	13.3	92	13.18	-0.88%
001-MD	28.5	45	27.83	-2.34%
001-DU	18.8	68	18.08	-3.83%
002-ZP	24.3	50	24.93	2.60%
002-QS	18.6	65	18.95	1.90%
002-MD	33.8	37	34.15	1.04%
002-DU	24.1	52	23.93	-0.71%
003-ZP	22.9	53	23.46	2.44%
003-QS	16.7	72	17.03	1.98%
003-MD	31.4	40	31.48	0.25%
003-DU	21.4	60	20.61	-3.71%
平均誤差：1.91%				

從表 15 的結果可以看出，本論文所提之測距方法，對影像內存在的多部車輛，亦可順利進行測距。

第五章 結論

目前對於影像擷取及影像辨識的技術，已有眾多論文討論之，本論文在影像擷取及辨識完成之基礎上，提出利用單一光學鏡頭對多部車輛進行距離偵測的方法，和以往的雙 CCD 視差法、散焦測距法、平行量測法比較起來，本論文所提之方法，比它們更簡單、更容易被應用。

本論文所提之測距方法，經過實驗證明，不論是單一目標或著是多重目標，都能很容易估算出目標物的距離，且平均誤差都低於 2%，顯示這個方法是有效且可行的。而且架構非常簡單，僅需一個光學鏡頭及簡單的資料處理器即可。

至於目前被廣泛使用的行車記錄器，本論文所提之測距方法，也很容易與之結合，對於行車狀況的監控、車輛的防撞避撞及行車安全方面，都有很大的幫助。

未來亦可針對此一測距方法，設計出與之配套之影像擷取及辨識技術，使之功能完整，實際運用於車載系統上。

參考文獻

- [1] 高弘霖，「以影像為基礎之距離與面積量測系統」，輔仁大學電子工程學系碩士論文，2006
- [2] 李彥儒，「雙眼廣角鏡頭於影像量測系統之研究」，華梵大學機電工程研究所碩士論文，2007
- [3] 郭維新，「由最佳散焦影像序列測距」，暨南大學資訊工程學系碩士論文，2001.
- [4] 黃啟彰，「影像基底之距離量測系統. 」，國立台灣科技大學資訊工程系碩士論文，2007
- [5] 交通部公路總局，“公路總局六十年專刊”，<http://www.thb.gov.tw/TM/Menus/Menu09/main0903.aspx>
- [6] 維基百科 <http://zh.wikipedia.org/wiki/File:Messschieber.jpg>
- [7] 維基百科 <http://zh.wikipedia.org/wiki/File:Micrometers.jpg>
- [8] [http://www.wenchang.com.tw/cetacean/front/bin/ptdetail.phtml?Part=I N&Category=102859](http://www.wenchang.com.tw/cetacean/front/bin/ptdetail.phtml?Part=IN&Category=102859)
- [9] 郭恆菖，「應用光功率衰減法於雷射測距之研究」，逢甲大學電機工程學系碩士論文，2004
- [10] 王振力，「影像尺」，聖約翰科技大學自動化及機電整合研究所碩士論文，2008
- [11] 陳席卿編著（1990）：雷射原理與光電檢測（初版五刷）。台北市：全華科技圖書股份有限公司。
- [12] 何維信編著（1990）：航空攝影測量學（一版三刷）。台北市：大中國圖書公司。
- [13] 尹鍾奇（1976）：實用平面測量學（三版）。台中市：大學圖書供應社。
- [14] 蒙以正編著（2007）：Matlab 入門與精進（二版一刷）。台北市：儒林圖書有限公司。
- [15] 陳龍飛、金其坤編著（1993）：工程測量（初版）。台北市：淑馨出版社。

- [16] 徐曉珮譯 (2005)。劉震昌審閱。Alasdair McAndrew 原著：數位影像處理 (Introduction to Digital Image Processing with MATLAB) (初版一刷)。台北市：新加坡商湯姆生亞洲私人有限公司台灣分公司。
- [17] 紹綱編譯 (2003)。Rafael C. Gonzalez , Richard E. Woods 原著：數位影像處理 (Digital Image Processing 2/e) (初版一刷)。台北縣：普林期頓國際有限公司。
- [18] 蒙以正編著 (1999)：以MATLAB透視DSP (初版)。台北市：碁峰資訊股份有限公司。
- [19] 謝文福編譯(1985)。吳朗校訂：檢測器原理與使用。台北市。全華科技圖書股份有限公司。
- [20] 林宸生編著(1993)。張士行校訂：光電精密量測(初版)。台北市：全欣資訊圖書股份有限公司。
- [21] 楊國輝、黃宏彥編著 (2001)：雷射原理與量測概論 (初版一刷)。台北市：五南圖書出版有限公司。