

交通部中央氣象局
委託研究計畫(期末)成果報告

影像分析在天氣觀測之應用(2/3)

計畫類別：氣象 海象 地震

計畫編號：MOTC-CWB-103-M-01

執行期間：103 年 1 月 28 日至 103 年 12 月 31 日

計畫主持人：林博雄

執行機構：國立臺灣大學 大氣資源與災害研究中心

本成果報告包括以下應繳交之附件(或附錄)：

- 赴國外出差或研習心得報告 1 份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告 1 份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各 1 份

中華民國 103 年 11 月 28 日

內容

中文摘要.....	9
Abstract	10
一、前言.....	11
二、研究方法.....	13
三、資料分析與成果.....	16
3-1 2013~2014 年 Mobotix 影像檔案蒐錄	16
3-2 測站影像 index value 臨界值調整與分析.....	16
3-3 測站能見度儀器與人工觀測能見度紀錄的相關程度再分析.....	18
3-4 台北測站夜間與 360 度旋轉式攝影機之影像分析.....	19
3-5 Windows Virtual Basic 人機介面程式開發.....	20
參考文獻：.....	23
表目錄.....	25
表 1: 2013 年 7 月 25 日起至 2014 年 10 月 22 日止台北、梧棲、嘉義、高雄、花蓮、金門測站 Mobotix M12 逐時數位影像資料收錄張數，基隆測站與日月潭測站的 ftp 擷取無效，仍以行動硬碟拷貝。.....	25
表 2:基隆測站 Mobotix M12 目標物名稱、距離與影像分析矩陣和能見度閾值(index value)。.....	25
表 3:台北測站 Mobotix M12 目標物名稱、距離與影像分析矩陣和能見度閾值(index value)。.....	25
表 4:梧棲測站 Mobotix M12 目標物名稱、距離與影像分析矩陣和能見度閾值(index value)。.....	26
表 5:日月潭測站 Mobotix M12 目標物名稱、距離與影像分析矩陣和能見度閾值(index value)。*本年度修正後的 index value 等待 2014 年 8~10 月 M12 影像取得後更新。.....	26
表 6:嘉義測站 Mobotix M12 目標物名稱、距離與影像分析矩陣和能見度閾值(index value)。.....	26
表 7:高雄測站 Mobotix M12 目標物名稱、距離與影像分析矩陣和能見度閾值(index value)。.....	27

表 8:花蓮測站 Mobotix M12 目標物名稱、距離與影像分析矩陣和能見度閾值(index value)。	27
表 9:金門測站 Reconyx 目標物名稱、距離與影像分析矩陣和能見度閾值(index value)。	27
表 10: 各測站(金門測站除外) Mobotix M12 影像 index value 修訂前後完全吻合之比率。日月潭測站數據等待 2014 年 8~10 月 M12 影像取得後更新。	28
表 11: 各測站在(1)能見度 5 公里以下以及(2)能見度 10 公里以下的兩種群組之能見度儀與人工觀測能見度相關係數平方(R^2), 在 2013 年以及 2014 年的分析結果。*台北與嘉義測站數據等待 2014 年 4~10 月能見度儀資料取得後更新。	28
圖目錄	29
圖 1.1:美國 CAMNET(http://www.hazecam.net/)各地安置數位攝影機分布與現場樣本(Cismoski et al.,2008)。	29
圖 1.2:新北市環保局「能見度自動觀測系統」網站內容與照相機外觀與淡水、松山、新店方向之數位相機影像樣本 (摘自 http://www.epbair.tpc.gov.tw/visautosystem.aspx)。	30
圖 2.1 (a): 基隆、台北、梧棲、日月潭測站之 Mobotix M12 系統位置(由上而下)。	31
圖 2.1(b): 嘉義、高雄、花蓮、金門測站之 Mobotix 系統位置(由上而下)。	32
圖 2.2: (A)基隆 (B)台北 (C)日月潭 (D)嘉義(E) 高雄 (F)金門測站之能見度儀現場與外觀。	33
圖 2.3(a): (上)基隆測站(下)台北測站之 30km 半徑(左)與 10 km 半徑(右)Google Earth 能見度目標圖。	34
圖 2.3(b): (上)梧棲測站(下)日月潭測站之 30km 半徑(左)與 10 km 半徑(右)Google Earth 能見度目標圖。	35
圖 2.3(c): (上)嘉義測站(下)高雄測站之 30km 半徑(左)與 10 km 半徑(右)Google Earth 能見度目標圖。	36
圖 2.3(d): (上)花蓮測站(下)金門測站之 30km 半徑(左)與 10 km 半徑(右)Google Earth 能見度目標圖。	37
圖 2.4: 台北測站(A) 2012 年 7 月 28 日 11:00LST 晴空影像, (B)~(E)為 2012 年 3 月 16 日 08:00、11:00、14:00、17:00LST 不同時刻影像。	38
圖 3.1(a):基隆測站與台北測站 Mobotix M12 影像晴空天氣下的目標物與距離。	39
圖 3.1(b):梧棲測站與日月潭測站 Mobotix M12 影像晴空天氣下的目標物與距離。	40

圖 3.1(c):嘉義測站與高雄測站 Mobotix M12 影像晴空天氣下的目標物與距離。.....	41
圖 3.1(d):花蓮測站 Mobotix M12 與金門測站 Reconyx 影像晴空天氣下的目標物與距離。 42	
圖 3.2:中央氣象局測政組設計的 VisRecord 視窗程式畫面以及在測站現場畫面。	43
圖 3-3: Mobotix M12 影像資料分析流程圖。	44
圖 3.4(a): 5 位臺灣大學大氣科學系大學部三年級學生針對圖 3.3 以 2013 年 12 月 1~31 日 1~24 小時逐時 741 張(= 24*31)各自獨立進行目標物辨識距離(X 軸)與變異程度(Y 軸)。	45
圖 3.4(b): 5 位臺灣大學大氣科學系大學部三年級學生針對圖 3.3 以 2013 年 12 月 1~31 日 1~24 小時逐時 741 張(= 24*31)各自獨立進行目標物辨識距離之平均值(X 軸)與本計畫程式 辨識距離(Y 軸)。	45
圖 3.5: (上)金門測站 2014 年 1 月 13 日至 3 月 31 日期間 274 筆 Reconyx 相機影像與觀測員 人工觀測紀錄的能見度觀測值相關性分析；(下)該測站 BIRAL 能見度儀和觀測員人工觀測 紀錄的能見度觀測值相關性分析。	46
圖 3.6:2014 年金門雲霧密集觀測期間，德國 Munster University 裝置於金門氣象測站測風塔 現場。	47
圖 3.7: 德國 Munster University 搭配霧水蒐集器啟動(能見度 ≤ 1 km)的 Vaisala PWD11 能見 度儀。	47
圖 3.8(a): 2014 年金門雲霧密集觀測期間，PWD11 能見度儀觀測值與 BIRAL 能見儀觀測值 比較。	48
圖 3.8(b): 2014 年金門雲霧密集觀測期間，PWD11 能見度儀觀測值與 BIRAL 能見儀觀測值 (雙 Y 軸)和金門測站觀測員人工目視觀測(X 軸)比較。	48
圖 3.9: 2014 年環保署金門測站 PM _{2.5} 濃度(X 軸)和金門氣象站 BIRAL 能見儀觀測值(Y 軸) 比較和逼近的 exponential 函數。	49
圖 3.10:2014 年 9 月 7 日 08:00pm 以及 11:00pm 台北測站兩張 Mobotix M12 影像。 50	
圖 3.11: 台北測站 VM95 影像 2014 年 9 月 7 日 09:00pm、11:00pm、9 月 8 日 2:00am 三張影 像及其對應的 index value 閾值。	51
圖 3.12: 2014 年 6 月台北測站 M12 夜間時段影像判斷與觀測員人工觀測(EYE)之能見度數 據。	52
圖 3.13:2013 年 12 月 31 日 13:07LST 台北測站 VM95 環場影像樣本(大 18240*2736 pixels)，紅框區則是 Mobotix M12 影像之範圍(5139*2736 pixels)。	52

圖. 3.14:上半部是 2013 年 12 月 31 日 12:02LST VM95 影像以及 11 個目標物距離與 index value。下半部是 2014 年 3 月 6 日 12:07LST VM95 影像。	53
圖 3.15:2014 年 2 月 13 日~14 日於梧棲測站屋頂測風塔上所安裝的 BlueEyes-BE3213A 環場網路攝影機以及鏡頭控制伺服器。	54
圖 3.16: 2014 年新款戶外型攝影機 BlueEyes-BE3213S2 環場網路攝影機與紀錄系統安裝於台北測站屋頂。	55
圖 3.17: 2014 年 9 月 30 日 9:00LST BlueEyes 攝影機水平旋轉所拍下的 12 張影像，紅框代表 Mobotix M12 的影像範圍。	56
圖 3.18:圖 3.15 紅框範圍內目標物框架，以及其經過本計畫演算法所呈現的目標物清晰輪廓邊界線條。	56
圖 3.19: Windows 視窗作業環境的 Virtual Basic(VB)語言改寫 Matlab 套裝軟體內建的「Prewitt」跟「Log」影像訊號濾波器的 M12 影像分析結果。	57
圖 3.20: 本計畫擬在下年度安裝於各測站 Mobotix M12 接收主機之 VB 人機介面畫面。(左)2014 年 8 月 26 日 11:00am 晴天個案(右)10 月 1 日 08:00am 陰天個案。	57
附件一: 2014 年新款戶外型攝影機 BlueEyes-BE3213S2 環場網路攝影機規格 (參見 http://blueeyes.com.tw/BE3213S2.php).....	58
附件二: 中央氣象局 103 年度委託研究計畫期末報告審查意見處理情形表.....	59

政府研究計畫(期末)報告摘要資料表

計畫中文名稱	影像分析在天氣觀測之應用(2/3)		
計畫編號	MOTC-CWB-103-M-01		
主管機關	交通部中央氣象局		
執行機構	國立臺灣大學大氣資源與災害研究中心		
年度	103	執行期間	1/28~12/31
本期經費 (單位：千元)	553,000		
執行進度	預定(%)	實際(%)	比較(%)
	100	100	0
經費支用	預定(千元)	實際(千元)	支用率(%)
	553	553	100
研究人員	計畫主持人	協同主持人	研究助理
	林博雄		王璿瑋
報告頁數	57	使用語言	中文
中英文關鍵詞	能見度、天氣現象、影像分析、weather phenomenon、visibility、image analysis		
研究目的	針對中央氣象局現有戶外型數位攝影機與能見度儀器之現有影像和數據紀錄，探討數位影像與現有觀測員觀測及傳統能見度儀紀錄三者之異同點，以及影像分析改進技術，進一步評估數位影像分析結合相關氣象觀測資訊，建立客觀的天氣觀測輔助技術，以發展即時性與連續性的天氣觀測，提供更細緻天氣資訊。		
研究成果	<ol style="list-style-type: none"> 1. 蒐集 2013 年 7 月至 2014 年 10 月八處測站 Mobotix M12 影像逐時檔案與 2014 年 4~10 月觀測員比對表單資訊，完成影像能見度閾值(index value)修訂。 2. 以 VB 語言完成 Matlab 影像濾波器程式之改寫。 3. 完成台北測站環場攝影機影像硬體安裝與軟體測試。 4. 完成金門霧季密集觀測期間兩套能見儀和人工目視觀測比對以及 Reconyx 影像影像能見度閾值(index value)修訂。 		
具體落實應用情形	針對不同測站觀測員目視比對表單資訊，檢查數位影像分析和人工目視分析之差距與調整影位影像閾值，完成下一階段電腦自動化辨識的基礎工作。		

計畫變更說明	無
落後原因	無
檢討與建議 (變更或落後 之因應對策)	基隆測站與日月潭測站 M12 影像與預報中心伺服器連結自動下載 之功能失效，須由資訊人員檢查修護。

(以下接全文報告)

中文摘要

中央氣象局氣象測站現行盛行能見度以及天氣現象觀測是經由觀測員目測並佐以能見度目標圖加以記錄，電子式能見度儀(Visibility meter)則透過水滴或氣膠對於陽光散射程度來推估能見度，兩者在氣象觀測的比對鮮見討論。中央氣象局基於天氣觀測守視技術的更新與自動化，已在幾年前開啟台灣地區部分測站裝置戶外型數位攝影機與能見度儀之觀測測試。本研究延續第一年計畫經驗，蒐集中央氣象局現有戶外型數位攝影機與能見度儀器之影像樣本和能見度儀數據，來與觀測員目視能見度觀測進行交叉分析。本計畫蒐集了 2013 年 7 月至 2014 年 10 月期間各測站每小時正點時刻 Mobotix M12 影像檔案，做為各測站不同季節數位影像辨識樣本群。氣象局提供各測站使用的視窗程式 VisRecord 軟體於 2014 年 4 月啟用，本計畫完成所有測站(金門站除外)VisRecord 輸出表單資料分析，全面調整 Mobotix M12 影像能見度閾值(index value)，完全命中(正確)比率顯著提升，證明影像分析方法則能有效與精準取代觀測員眼睛主觀判斷室內電腦螢幕的目標物辨識。金門測站 Mobotix M12 功能與方位都無法與 VisRecord 表單分析，較低階的 Reconyx 相機的影像分析的也達到可接受之成果。進行各測站 2014 年的電子式能見度儀器紀錄與人工觀測紀錄的相關係數平方(R^2)也有顯著提升(0.478~0.824)。在台北測站屋頂所進行的全天候環場攝影機已持續進行 2 個月無間斷觀測測試，個案分析顯示其低階解析度影像仍能有效檢測建物與天際的邊緣梯度，進入實際應用階段。最後，本計畫順利完成以 Virtual Basic 語言改寫 Matlab 套裝軟體之影像濾波器程式，將能安裝到各測站電腦進行影像即時分析能見度之功能。

關鍵詞：能見度、天氣現象、影像分析

Abstract

The prevailing visibility and weather phenomenon observation at CWB weather stations are used to be recorded by observers' eye. The principle of electronic visibility meter takes the solar scattering characters of aerosol & rain drop to estimate the visibility distance. The inter-comparison study between these two observation methods is rare globally. In order to improve the automated process of weather observation at CWB weather stations, CWB has installed several digital videos and visibility meters for testing auto-operation possibility. This program extends the result in 2013 to collect full-year CWB Mobotix M12 hourly images started from July of October of 2014. From April of 2014, CWB provides VisRecord Windows interface to collect observers' visibility eye-observation outdoor and indoor on Mobotix monitor. We used this VisRecord datasheet from all weather stations (except Kinmen) to turn our index values well. The results show that the success rates are increased significantly, and proves this image processing could replace human eye to identify visibility targets better on computer screen. Due the failure of Mobotix M12 camera at Kinmen, another cheaper outdoor digital camera, Reconyx, also play its function well as M12 device. The comparisons between visibility meters and human eye record in different weather stations have better correlation (R^2 range: 0.478 to 0.824) than the previous year. Meanwhile, the on-site function test of circle-view video camera on the roof of Taipei weather station has positive evaluation. Its case study shows the lower resolution image could be filtered out the sharpness of targets well. We also finish the goal of Virtual Basic coding on the replacement of Matlab image filter packages, and it will be installed next step in all weather stations to complete the original expectation of auto-detection of visibility with digital image system.

Keywords: weather phenomenon , visibility , image analysis

一、前言

現今氣象站觀測與紀錄程序，天氣變數的觀測逐漸演替成數位化與自動化，其中包括氣溫、濕度、雨量、風向風速等，有關人工主觀觀測項目(比如能見度、天氣現象等)是近年來氣象儀器製造廠商努力改進發展的重點。大氣能見度是影響人們生活品質最直接的參數之一，對於公路交通以及飛航起降等安全議題都是相當重要的參數。中央氣象局以及民用航空局盛行能見度的觀測主要仍透過人工目視，配合該地區的能見度目標圖比對參考方式加以觀測和紀錄。這種主觀方法相當耗費人力，並且對於偏遠山區能見度觀測較為不利。電子式能見度儀(visibility meter)是奠基於雲物理與氣膠相關研究，將能見度跟大氣中的懸浮微粒密度、大小以及化學成分，透過數學函數與均值化假設來估算該儀器所處環境的氣膠衰減程度和換算大氣能見度(Gerber, 1984; WMO, 2008)，這種觀測原理和透過人類眼睛來辨識遠方地形地物輪廓概念，有顯著不同。1988年10月~1989年5月世界氣象組織(WMO)在英國 Finningley 皇家空軍機場針對當時歐美和日本等國家 25 種電子式能見度儀器進行第一次交叉比較(inter-comparison; WMO-IOM report #41, 1989)。雖然能見度儀逐漸被公路系統和機場所採用，但由於這類設備經費昂貴，並且能見度光學偵測原理是參考儀器前方近距離範圍內的大氣散射強度，透過 Bouguer-Lambert Law 和決定 MOR (Meteorological Optical Range) 等於 0.05 時的相對距離，來代表當時環境的大氣能見度，這一數據和傳統氣象站觀測員目測觀測盛行能見度的紀錄有所不同，因此人工觀測能見度和電子式能見度儀紀錄兩者的比對研究，鮮見科學文獻或技術報告。

由於數位影像技術不斷進步，不論是在影像品質、數量、硬體穩定性都有相當顯著的提升與普及。影像分析技術與研究大都集中在電子產業的黯淡影像再分析之克服，若能建立一套戶外型的空間影像處理機制，將數位影像自動拍攝記錄天空與地形地物影像，藉以取代人眼辨別目標物輪廓的目視流程，將是一種值得測試與簡便客觀的能見度和天氣現象觀測方式，比如 Lorenz et al. (2009)也討論使用一般型數位相機進行沙塵和洪災的即時天氣守視應用。美國環境保護署在 1999 年就開始嘗試使用 35 mm slide photography (U.S. EPA, 1999)，該署在其網站 <http://www.epa.gov/air/visibility/index.html> 描述有關透過數位影像監看國家公園和野地的能見度與霾(Haze)現象；嗣後將這一想法在美國東北八個州(New Jersey, New York, and six New England states)以 10 套設備形成 CAMNET (<http://www.hazecam.net/>)，由美國 Air Resource Specialists, Inc.提供相機軟硬體安裝與維護(Cismoski et al.,2008)，但是該系統僅提供高解析與能穩定傳輸的影像給環境保護相關單位作業人士與民眾來定性參考(圖 1.1)。

台灣環境保護署也在陽明山、台北萬華、台中西屯、雲林崙背、雲林台西、南投埔里、臺東、金門、馬祖及東沙等地空氣品質監測站，安裝監視攝影機及能見度儀來做為環境能見度、河川揚塵以及中國大陸沙塵監控預警之定性輔助。新北市環保局將能見度區分為四級制，依序為(1)「良好」> 9 km (2)「好」5~9 km (3)「普通」3~5 km (4)「不好」≤ 3 km 等四個等級。該局於 2008 年建置採用的「能見度自動觀測系統」<http://www.epbair.tpc.gov.tw/> 包含一套不銹鋼材質控制箱體(新北市政府停機坪)，頂部

隔熱設計與散熱風扇保護觀測平台上的 3 台數位相機，觀測平台又設計升降機制以便在下雨時停止拍照與降下觀測平台。廠商號稱該平台具有防風、防塵、防雨、散熱、防曬及防震等功能，影像控制管理系統分為現場控制系統及遠端控制系統，透過網際網路傳輸進行連線控制主機以及資料處理工作站（位於台北縣環境保護局內之電腦室）。後段影像儲藏與分析系統。數位式影像處理技術對於特定標的物與背景間之差異進行辨識分析，經由影像擷取、前處理程序、分割截選及分析比較等四個影像處理將彩色照片轉換為灰階照片後，並求得照片之灰階數值，進而算出標的物與背景間之亮度特徵值，再與能見度觀測值進行統計分析，得到能見度標準曲線後藉由能見度亮度特徵曲線得到照片之相對能見度值。三台相機分別針對淡水、松山及新店等三方向進行拍攝與能見度分析(圖 1.2)。這一商業產品應是源自 Luo et al. (2002)研究。羅等(2004)進一步將這概念申請智慧財產與商品化，袁等(2005, 2008)也曾利用類似概念協助高雄市和新北市進行能見度影像分析計畫；然而，這一產品在各觀測空間的能見度亮度特徵曲線以及和人工目視觀測的校驗細節有待考證；此外，這套系統也停止常態維護。

程等(2012) 擷取松山機場氣象台數位相機面向 10 號跑道定時影像，進一步在頻率域(frequency domain)上使用 Gaussian High-Pass Filter(GHPF)以及在空間域(spatial domain)上使用 Sobel Mask(SM)處理在影像中的選定建築物區塊上，擷取出像元(pixel)資訊來計算其能見度閾值(index value)，最後將這指標和同時間的人工觀測能見度距離進行比對。該研究發現，為使分析的影像區域能更具代表性，須從影像中再選取出符合目測條件的建物，而非直接對整張影像進行影像分析；但此一過程又有畫素格數偏少，以及相機因外力晃動下移位的情形等缺點。此外，影像分析會受到太陽入射角度的日變化，包括清晨時因為相機處於背光的情況，在日照強烈的情形下常會放大建築物邊界對於天空的對比。下午時因為夕陽曝曬相機鏡頭，而使得建築物輪廓會因為過分曝光而顯得模糊。這是造成數位影像中之輪廓無法真實反映大氣能見度的情形。該研究分析結果發現，影像分析方法與人工觀測能見度兩者的線性相關係數約在 0.4~0.6 之間，其中以太陽天頂角對於影像品質有相當顯著的影響，在適當時間(天頂角小)的最佳相關係數可達 0.8 或更高。因此若能在相機架設時改善太陽天頂角影響問題，並透過 GHPF 和 SM 參數值的更改，將能提高影像分析的能見度閾值和實際能見度的相關性。

王(2013)則針對霧氣、霾、沙塵暴等低能見度天氣現象，常導致戶外攝影機影像品質降低，造成數位影像在電腦視覺應用上的失效，乃提出影像修復演算法，由深度評估、色彩分析與能見度修復等三階段來組成，透過中值濾波技術與適應性 gamma 校正技術，將可有效避免影像光暈效應並評估霧氣之濃度。

綜合以上國內外相關文獻回顧，可發現透過氣象測站常態性的能見度目測以及電子式能見度儀紀錄，若能再搭配同一地點的數位影像分析等，這三種獨立的能見度觀測方法所獲得的能見度數值的彼此相關程度，在氣象觀測實務應用是值得深入探討。然而數位影像分析與氣象站人工眼睛觀測的差異程度預期將隨著不同季節、不同天氣型態、不同地理景觀而有所變動，因此需要蒐集建立以上三種方法之大量資料來進程序性之比較；換言之，如何轉移過去傳統能見度人工眼睛觀測之歷史資料到數位影像分析，需要審慎與逐步分析才能具體落實。

二、研究方法

本研究延續 2013 年「影像分析在天氣觀測之應用(1/3)」計畫成果與結論，辨視各測站影像紀錄中的明確地形地物輪廓，再和人工目視觀測紀錄和能見度儀紀錄三者進行交叉驗證。第一年(2013)首先針對中央氣象局現有八套(基隆、台北、梧棲、日月潭、嘉義、高雄、花蓮、金門)Mobotix M12 戶外型數位攝影機(圖 2.1)與六套(基隆、台北、日月潭、嘉義、高雄、金門)能見度儀器(圖 2.2)之影像和數據紀錄，與觀測員目視觀測三種資訊進行初步分析。第一年(2013)年度已完成的項目包括：

- 中央氣象局六套 Mobotix M12 戶外型數位攝影機與電子式能見度儀器之場址完成現地勘查。
- 蒐集現有當地測站之能見度目標圖和製作 Google Earth 能見度數位目標圖(圖 2.3)。
- 分析六測站 2012 年各月份人工觀測能見度逐時特性，以及其和同一測站電子式能見度儀、鄰近環保署監測站懸浮微粒 PM2.5 濃度(單位是 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)日平均值的相關性分析。
- 蒐集與分析各測站晴空個案之數位影像，做為影像分析流程的清晰輪廓背景值。Mobotix M12 數位影像經過「Prewitt」跟「Log」兩種 Matlab 內建的影像訊號濾波器，從影像中所框定目標物的二維矩陣範圍，擷取出該矩陣中二維高頻的像元資訊來計算其能見度閾值(index value)，再將這能見度閾值和同時間的兩種能見度觀測值進行交叉相關分析(林等，2013)。
- 完成 2012 年測站各月份 Mobotix M12 影像與人工觀測能見度逐時特性，以及其和能見度儀的相關性分析。
- 針對 2012 年 3 月 16 日台北清晨大霧、中午轉晴個案進行影像分析目標物辨識的能見度閾值(index value)測試(圖 2.4)。
- 以 2012 年不同季節數位影像進一步評估數位樣本與眼睛辨識程度差異的三種(吻合、偏高、偏低)定性效果。

總結第一年度(2013)成果所獲得的具體進度包括：

- 實地了解各測站周遭建物地貌，觀測員人工目視觀測能見度所站立位置與視野，以及重新建立各測站能見度目標圖 Google Earth kml 檔案(如圖 2.3)以及從各測站晴天個案影像圖檔標示目標物。
- 2012 年期間氣象局人工觀測能見度日平均值(VIS_ave)、日最大值(VIS_max)與 11:00am(VIS_11am)三種數據，與環境保護署在同一天同一城市或最靠近氣象站的懸浮粒 PM2.5 濃度監測值之比較，顯示兩種數據相關性以高雄最顯著(0.67)、金門次之(0.39)，其他地點則不顯著。換言之，PM2.5 濃度越高地區，其與氣象人工觀測能見度的關聯性確實有偏高趨勢，但是相關性不高。

- 電子式能見度儀器紀錄和人工觀測(全部資料)相關性(R^2)在 0.4~0.75 之間，以高雄最佳、嘉義最低。白天與夜間，以及能見度 5 km 或 10 km 以下天氣情境，相關係數稍有變動，但是相關性並未提高，顯然電子式能見度儀器輸出資訊目前僅能提供參考輔助用途，仍不足以取代能見度之人工觀測。
- 根據各測站 Mobotix M12 數位影像所抽取目標物解析出能見度閾值(index value)，再分析各季節不同時間之數位影像自動辨識的 index value 與人工眼睛辨識同一影像中的能見度目標物所得距離的異同程度以高雄測站的吻合程度(54%)最高；自動辨識分析比人工眼睛辨識結果偏高、偏低的百分比率均勻(40%~25%)的測站是日月潭測站；比人工眼睛辨識結果比率偏高(61%)的是花蓮測站，比人工眼睛辨識結果比率偏低的是台北、基隆、梧棲與金門等測站。
- 影響 Mobotix M12 數位影像的 index value 分析的原因計有(1)攝影機固定方位與仰角偏高(2)寬景造成地平線的建物與地景解析度較為粗糙(3)能見度圖同一方位定義的目標物偏少，各測站的 Mobotix M12 攝影機角度和該範圍內目標物數量都有調整之必要。其中，金門測站由於 Mobotix M12 攝影機機朝向東北方位金城鎮，和人工觀測(朝向西南方位大陸沿岸島嶼)辨識方位不同，因此無法比照其他測站進行相同流程分析，因此建議金門測站 Mobotix 攝影機方位調整列為優先。
- 嘉義測站影像伺服器硬碟發現並無 2012 年資料可以使用，該站在 2013 年 5 月 13 日之後才恢復影像伺服器硬碟紀錄功能，建議各站定期拷貝和回報影像伺服器硬碟檔案數量，提早發現攝影機與數位記錄有無故障與回報。

本年度(第二年度)針對上年度計畫執行成果所制定的年度工作項目包括:

- (1) 針對上年度期末報告的表 3-7 樣本數量偏少的基隆、梧棲、日月潭、金門以及嘉義等測站，繼續蒐錄 2013 年與 2014 年 Mobotix M12 不同季節的影像檔案。
- (2) 各處測站不同季節不同天氣型態的影像分析 index value 臨界值的調整測試，以及增加不同距離的影像標定物，再次評估數位樣本與眼睛辨識程度差異的定量效果。
- (3) 撰寫 Windows 視窗作業環境的 Virtual Basic(VB)人機介面程式，將現有影像數位分析流程所需的 Matlab image filters 軟體以 VB 語言改寫，提供各測站直接安裝應用與加以評估使用效果，做為第三年度計畫修訂之參考。
- (4) 針對六處測站能見度儀器與人工觀測能見度兩種紀錄的相關程度偏低原因，增加 2013~2014 年樣本再次分析，以做為測站觀測自動化之參考。
- (5) 為了完整性表達某一測站在不同方位的數位能見度守視，選擇某測站安裝 360 度旋轉式攝影機，由本計畫自臺灣大學遠端遙控設定以及經由 GPRS 電信網路直接將影像回傳臺灣大學監看與收錄，以達成各方位數位能見度辨讀性的最佳化結果。
- (6) 分析金門氣象站台灣大學 Reconyx 相機影像在 2014 年春天霧季期間效果。
- (7) 測試測站夜間遠處燈光影像進行夜間能見度判讀之效果。

最後，在第三年將影像分析成果結合其他氣象觀測要素(比如太陽輻射量、絕對溼度、風向風速等)，進一步探索其他天氣因子對於數位能見度辨識效果的影響與可修正程度，以建立客觀天氣觀測輔助技術。

三、資料分析與成果

3-1 2013~2014 年 Mobotix 影像檔案蒐錄

有別於上年度各測站透過本計畫提供的 8G 隨身碟將各站 Mobotix M12 影像資料郵寄途徑，本年度氣象局預報中心開始提供本計畫自網路自行下載台北、梧棲、嘉義、高雄、花蓮、金門等六測站 Mobotix M12 數位影像資料，以及台北測站 VM95 攝影機影像資料。本計畫回溯到 2013 年 7 月 25 日下載每一小時正點時刻 Mobotix M12 影像檔案(同一測站一天 24 張)。這些 Mobotix M12 影像資料在 2014 年 10 月 22 日(應有 11100 張)收錄到臺灣大學伺服器硬碟(除了基隆測站與日月潭測站的 ftp 擷取無效，仍以行動硬碟拷貝)，表 1 整理了各站的影像資料收錄張數。VM95 攝影機影像資料則是零星隨機式出現在預報中心伺服器，本計畫只收錄到 20 張影像。這些 M12 和 VM95 影像檔案分別提供 3-2 節、3-4 節~3-7 節內容使用。圖 3.1 標示了各站的 Mobotix M12 目標物與相對於測站的距離(也被標註在下一節說明的 VisRecord 程式)，它們將在下一節進行影像分析的 index value 萃取。

3-2 測站影像 index value 臨界值調整與分析

3-2-1 測站數位影像螢幕人工判讀輔助

本年度由中央氣象局測政組設計一款視窗程式 VisRecord (圖 3.2)交由各測站安裝使用，請測站觀測員自 2014 年 4 月 1 日起除了常態目視觀測之外，也協助配合在測站觀測室室內的電腦螢幕觀看即時的 Mobotix M12 即時影像，來進行目標物螢幕之目視判斷，以協助本計畫進行影像分析準確度的改進。該系統產出：

- 目視觀測能見度：指現行戶外目視能見度距離之觀測值。
- 目視觀測目標：標示在能見度目標圖的指定目標物名稱與距離之設定。
- 影像觀測目標：指觀測員從數位相機的室內螢幕畫面能辨識的目標物對應距離。
- 能見度儀觀測：指能見度儀的顯示數據。

期中報告階段各測站提供本計畫進行分析的月份是 4~5 月兩個月份，其中高雄測站與基隆測站尚未提供。各測站回送的 VisRecord 表單內容有部分疑慮需要澄清與調整，包括：目視觀測目標選單和測站現有能見度目標圖方位或數量不符，比如：

- 台北站缺少信義聯勤目標物(2.5 km)、4 月 1 日 17:00 台北站「影像觀測目標」出現影像之外的景美山(6km)、泰山(8km)與陽明山(11km)。
- 嘉義測站能見度圖上的「民雄山」標定距離是 6 km，表單內容卻是 10 km。

為提升 M12 影像目標物的 index value 與人工目視觀測的相關性，本計畫於 2014 年 8

月 15 日至 8 月 22 日期間，逐一到站與值班觀測員進行 VisRecord 軟體內容欄位定義認知確認，以及螢幕目標物與戶外實際景象之對照，再次確認各站在 VisRecord 內容填寫的正確性；截至 10 月下旬各測站所回送的 VisRecord 表單，其中的「影像觀測目標」（觀測員從數位相機的室內螢幕畫面能辨識的目標物對應距離），提供了本計畫進行 index value 調整工作。圖 3.1 分別顯示各測站 VisRecord 表單所設定的「目視觀測目標」與影像分析 index value 所框架與計算的範圍，各測站目標物距離和名稱分別在表 2 到表 9 詳加標註，Mobotix M12 影像資料分析流程在圖 3-3 加以說明。

3-2-2 台北測站數位影像人工多重辨識異同

第一年度計畫曾指出台北測站 Mobotix M12 影像中可辨識目標物偏少，包括：張榮發大樓(0.4 km)、中華電信大樓(1 km)、台北 101 大樓 (5 km)、拇指山(7 km)等四個目標物，造成數位影像與人工觀測距離上的離散性。因此本計畫於 2014 年 3 月與台北站觀測員於台北測站屋頂一起確認測站東方 Mobotix M12 影像範圍內可辨識的目標物，新增「遠企大樓(3.5 km)」以及「信義聯勤新建大樓(2.5 km)」等兩個距離適中的能見度目標物。此外，為了瞭解不同人對同一數位影像的辨識差異程度，本計畫針對圖 3.1a 以 2013 年 12 月 1~31 日 1~24 小時逐時 741 張(= 24*31)交由 5 位臺灣大學大氣科學系大學部三年級學生各自獨立進行目標物辨識，其結果如與圖 3.4a 所示，顯示在大於 6 km 以上和小於 2 km 天氣情境下，五人的目視差異程度顯著減小；但是當天氣能見度在 3~5km 期間，各人對於 Mobotix M12 影像離散程度大增，也就是對於目標物清晰程度的判別主觀認定差異程度會放大。這與常理相符，當晴朗能見度「甚佳」或是陰雨因與能見度「甚差」的情境，肉眼判斷距離的主觀表達較為一致；但是當能見度「中度」，眼睛辨識較遠目標物的主觀判斷就有顯著落差。我們進一步分析這五位學生人工辨識結果與本計畫影像分析程式的異同，顯示天氣視障偏大時(能見度小)，影像分析和人工辨識的差異程度離散程度較小；當天氣視障偏小(能見度大)，影像分析和人工辨識的差異程度離散性則是放大(圖 3.4b)，換言之，影像分析對於遠距離目標物辨識仍遜於眼睛的觀測紀錄。

3-2-3 測站 index value 閾值調整與結果

根據各測站 Mobotix M12 數位影像和 2014 年 9~10 月最新的 VisRecord「影像觀測目標」（觀測員從數位相機的室內螢幕畫面能辨識的目標物對應距離）資訊，所修正的 index value 詳列於表 2 到表 9，表 10 詳列各測站(金門測站以及日月潭測站除外) Mobotix M12 影像解析結果與這一項目完全吻合的比率；其中金門測站由於 Mobotix M12 影像朝東北以及 2014 年雷擊故障影響，因此本計畫改用同地但拍攝方位與觀測員相同(西南方)的臺灣大學 Reconyx 相機影像，與人工觀測紀錄進行相關性分析。整體而言，以基隆測站和梧棲測站兩地的吻合程度最高(~82%)，其次是台北測站(70%)，低於 61%測

站包括高雄測站(60.3%)與嘉義測站(46%)，最低吻合程度是花蓮測站(41.8%)，日月潭測站的分析由於在本期末報告初稿送印之前，尚未取得 Mobotix M12 逐時影像，期末完整報告前將會完成分析與更新表 10 之內容。經過 8 月的現場討論後本計畫也修正 index value，修正前後的吻合度都有顯著改進，尤其是梧棲測站(5% → 81.6%)。其他測站的吻合度改進將近 2 倍，台北測站則是微幅增加(62% → 70%)。我們分析表 10 之中吻合程度高低之原因，包括：

1. 觀測員所填報的人工目視電腦螢幕畫面不夠用心與詳實。
2. 目標物數量有限(比如高雄)，目標物太貼近地平線而造成影像分析框太小(比如嘉義)。
3. 人工建物目標物辨識效果優於山丘與山脊背景之目標物(比如基隆、梧棲和台北)。
4. 山丘與山脊背景目標物容易受到雲層遮蔽影響，造成影像邊緣辨識失效(比如花蓮)。

當然，人的眼睛在戶外辨識目標物之輪廓的解析度和隨光線調整的焦距勝於 Mobotix M12 與 Reconyx 數位產品，但如果經由室內電腦螢幕的目標物辨識，影像分析方法則能有效與精準取代觀測員眼睛主觀判斷。只要數位影像像素能提高，並且所框定的目標物之面積(表 2~表 9 的 X、Y dimension)不致太小，則透過目標物輪廓邊緣的數位影像辨識之精準度，必定優於眼睛針對螢幕影像所進行的辨識結果。

圖 3.5a 是 2014 年 1 月 13 日至 3 月 31 日期間金門測站 274 筆 Reconyx 相機影像針對西南方位海上的復興嶼(6 km)、猛虎嶼(10 km)、大膽島(12.5 km)、漳州(20 km)四處的能見度目標判定，與觀測員人工觀測紀錄的能見度觀測值相關性分析，相關係數(R)達到 0.71；圖 3.5b 則是該測站 BIRAL 能見度儀和觀測員人工觀測紀錄的能見度觀測值相關性分析(R=0.96)，這段期間是金門能見度海霧發生頻率高、能見度偏低的季節，觀測員目視紀錄也相對較為謹慎用心。

3-3 測站能見度儀器與人工觀測能見度紀錄的相關程度再分析

本年度配合中央研究院環境變遷研究中心之科技部計畫「台灣巨型城市環境研究(II) -- 邊界層細微粒之氣膠化學及其環境衝擊」，於 2014 年 3 月 26 日~4 月 15 日於金門測站進行「金門雲霧氣膠密集觀測_預備實驗 2014」。金門測站測風塔塔頂現有 BIRAL SWS 序列能見度儀一套，同一地點德國 Munster University 臨時設置一套 Vaisala PWD11 能見度儀(圖 3.7)來搭配他們的霧水蒐集器(圖 3.6)做為採水警報器啟動之需求。前者量測範圍應是 20 km，但後者上限僅有 2 km(滿足雲霧發生警報之實驗需求，非一般氣象測站監測需求)。因此本節就密集觀測期間能見度小於 2000 m 低能見度情境下的觀測數據進行比較。圖 3.8 顯示 PWD11 觀測值略高於 BIRAL，並且 PWD11 和人工目視觀測的相關性也略高於 BIRAL；在金門測站春季雲霧低能見度情境下，兩款能見度儀器和人工目視觀測的吻合度甚高。此外，我們也取得 2014 年環境保護署金門 PM2.5 濃度監測小時資料(單位 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)，再次確認其與金門氣象站 BIRAL 能見度儀觀測值的關聯

性；圖 3.9 顯示兩種監測資料存在 exponential 函數關係，與氣膠的光學消光特徵吻合，也間接說明能見度儀在金門四周空曠海島環境，偵測綜觀環境能見度仍有其代表性。

在上一年度報告中的表 3-4，我們針對電子式能見度儀器紀錄和人工觀測觀測的所有數據，或是白天時段 (08:00、09:00、11:00、14:00、17:00 LST)以及夜間時段(20:00、21:00、23:00、02:00、05:00 LST)、或是能見度 5 km 以下 (人工觀測跟能見度儀數據都在 5 km 以下)、或是能見度 10 km 以下 (人工觀測跟能見度儀數據都在 10 km 以下)等不同群組進行相關分析，結果顯示電子式能見度儀器紀錄和人工觀測(全部資料)相關係數平方(R^2)在 0.4~0.75 之間，以高雄最佳、嘉義最低。白天與夜間，以及能見度 5 km 或 10 km 以下天氣情境，相關係數稍有變動，但是相關性並未提高，顯然電子式能見度儀器輸出資訊目前僅能提供參考輔助用途，仍不足以取代能見度之人工觀測。本年度 4~10 月期間經由 VisRecord 表單所記載之能見度儀資料，再次分析討論各測站的電子式能見度儀器與人工觀測能見度紀錄兩者之間的相關程度有無明顯改變，表 11 顯示出各測站 2014 年的電子式能見度儀器紀錄與人工觀測紀錄的相關係數平方(R^2)有顯著提升，但是仍只維持在 0.478~0.824 之間，其中以金門測站以及日月潭測站的 10 km 以下相關性較佳，基隆和高雄較低(兩地都是使用年限最久的 Sentry 公司能見度儀)；台北和嘉義測站 VisRecord 表單未填電子式能見度儀器之資料。

3-4 台北測站夜間與 360 度旋轉式攝影機之影像分析

本年度第五項與第七項工作項目是進行台北測站夜間與 360 度旋轉式攝影機影像分析的測試。首先在 Mobotix M12 的夜間影像辨識度方面，我們選擇目標物遠近分布均勻並有城市燈光的台北測站為首要目標進行分析。圖 3.10 是 2014 年 9 月 7 日(農曆十四月圓)08:00pm 以及 11:00pm 兩張影像，顯示無燈光的山脊線必須在有月光照耀下才能辨識。相對地，有地面燈光烘托的張榮發大樓(0.4km)、中華電大樓(1.0km)可以辨識，建物屋頂有燈光的遠企大樓(3.5km)以及台北 101 大樓(5.0km)則有光暈現象，氣象局大門的氣象衛星接收塔樓(大型溫度計標示柱)上緣的探照燈太靠近攝影機，造成影像畫面右側曝光過度。以台北 101 大樓為例，不同時間的大樓燈光之明亮度也會造成影像分析閾值跳動，圖 3.11 是 2014 年 9 月 7 日 09:00pm(燈光全開)、11:00pm(燈光部分熄滅)、9 月 8 日 2:00am(燈光全部熄滅)三張影像及其對應的 index value 閾值，顯示目標物光源若不穩定則將造成影像分析失效。我們總整 2014 年 6 月台北測站 M12 夜間時段影像與觀測員的人工觀測，結果顯示 Mobotix M12 影像的夜間分析效能無法與眼睛目視比較(圖 3.12)。

360 度旋轉式攝影機影像分析測試方面，我們首先比較 Mobotix M12 單張影像和 VM95 環場影像的判讀成果；圖 3.13 是 2013 年 12 月 31 日 13:07LST 台北測站兩種影像的樣本，顯然 VM95 影像品質高於 M12；圖 3.14 上半部是 2013 年 12 月 31 日 12:02LST

VM95 影像，我們根據台北測站能見度目標圖標示出 11 個目標物框架與 index value。圖 3.14 下半部則是 2014 年 3 月 6 日 12:07LST VM95 影像，顯然多雲天空情境將會遮住部分遠距離的山邊目標物。由於 VM95 故障率偏高，本計畫嘗試改以低成本、影像品質低階的戶外型保全攝影機，來測試其環場能見度觀測之效果。本計畫首先於 2014 年 2 月 13 日~14 日於梧棲測站屋頂測風塔上，安裝 BlueEyes-BE3213A 環場網路攝影機(壁掛型)以及鏡頭控制伺服器各一套(圖 3.15)，再經由 GPRS 電信網路直接將影像自梧棲測站直接回傳臺灣大學進行監看與收錄。設備安置後影像紀錄十分不穩定，影像品質也不盡理想，因此整套設備拆卸返回台灣大學二度測試，發現其電源訊號相當不穩定，BlueEyes-BE3213A 環場網路攝影機似乎不適合在戶外運作；經與攝影機供應廠商協商之後，同意無償更換另一套 2014 年新款戶外型攝影機 BlueEyes-BE3213S2 環場網路攝影機(規格詳見附件一，或參見 <http://blueeyes.com.tw/BE3213S2.php>)，影像解析度 720*480 pixels (96 dpi)；這套攝影機在臺灣大學大氣科學系屋頂進行實地運作測試正常後，於 9 月 12 日安裝於台北測站屋頂(圖 3.16)，並與 VM95 環場攝影影像進行同地比較，以評估這類低階戶外型攝影機在能見度數位判斷以及天氣守視的可能效果。由於透過 ftp 取得 VM95 的樣本數有限，現階段我們並沒有兩種影像日期相同的個案。圖 3.17 是 BlueEyes 攝影機在 2014 年 9 月 30 日 9:00LST 水平旋轉所拍下的 12 張影像重製而得，紅框代表 Mobotix M12 的影像範圍，圖 3.18 則標示了該範圍內目標物框架，以及其經過本計畫演算法所呈現的目標物清晰輪廓邊界線條，顯示出雖然 BlueEyes-BE3213S2 環場網路攝影機影像解析度僅有 720*480 pixels (96 dpi)，但是它的環境影像中的建物與天際依然能有效被軟體加以檢測。

3-5 Windows Virtual Basic 人機介面程式開發

本年度預定之第三項工作項目是針對 Mobotix M12 影像數位分析流程所需的 Matlab image filters 軟體，改以 Windows 視窗作業環境的 Virtual Basic(VB)語言撰寫，以便在第三年度能提供各測站專屬個人電腦安裝應用。本計畫所使用的 Matlab 套裝軟體內建的「Prewitt」跟「Log」影像訊號濾波器，透過 VB 語言依照 Matlab 所提供的演算邏輯(詳情見第一年報告書內容)加以改寫，然後針對台北測站 Mototix M12 影像進行測試；測試後發現 VB 程式可以如預期演算，但其 index value 閾值需要下修(圖 3.19)。因此我們進一步設計一份 VB 人機介面，假設這 VB 程式被安裝在各測站現有接收 Mobotix M12 電腦主機，螢幕畫面修改成圖 3.20，畫面左側是影像，但是目標物均被框列，畫面右側是影像的日期時間、目標物陳列單(可勾選或增減，但已內建各目標物的 index value 閾值)，以及這程式所判斷的最遠可辨識目標物極其距離(能見度)。圖 3.20 包含了 2014 年 8 月 26 日 11:00am 晴天個案，以及 10 月 1 日 08:00am 陰天個案，這一 VB 程式自動判定結果相當合理，因此將可進入下年度第三階段的測站線上常態測試。

四、總結與建議

綜整第二章所提及的工作項目以及第三章各小節的結果，我們提出本年度計畫的總結與建議：

工作項目(1):針對上年度 Mobotix M12 樣本數量偏少的基隆、梧棲、日月潭、金門以及嘉義等測站，繼續蒐錄 2013 年與 2014 年不同季節的 Mobotix M12 影像檔案。

- 結果:本年度收錄 2013 年 7 月 25 日起至 2014 年 10 月 22 日止每一小時正點時刻 Mobotix M12 影像檔案(同一測站一天 24 張，應有 11100 張)。這些 Mobotix M12 影像資料透過中央氣象局預報中心伺服器擷取到臺灣大學伺服器硬碟；其中，基隆測站與日月潭測站的 ftp 擷取無效，仍以行動硬碟拷貝，表 1 整理了各站的影像資料收錄張數(3-1 節)。

工作項目(2):各處測站不同季節不同天氣型態的影像分析 index value 臨界值的調整測試，以及增加不同距離的影像標定物，評估數位樣本與眼睛辨識程度差異的定量效果。

- 結果:本年度由中央氣象局測政組設計一款視窗程式 VisRecord(圖 3.2)，交由各測站安裝使用，並自 2014 年 4 月 1 日起到 2014 年 10 月 22 日止，在常態目視觀測之後協助配合填寫 VisRecord 表單(3-2-1 節)；透過這些表單，我們完成各站遠近目標物群的 index value 閾值調整(3-2-3 節)；梧棲測站的改進率最高(5% → 81.6%)，其他測站的吻合度改進將近 2 倍(參見表 10)。我們分析各站吻合程度高低之原因，包括(1)觀測員所填報的人工目視電腦螢幕畫面不夠用心與詳實。(2)目標物數量有限(比如高雄)，目標物太貼近地平線而造成影像分析框太小(比如嘉義)。(3)人工建物目標物辨識效果優於山丘與山脊背景之目標物(比如基隆、梧棲和台北)。(4)山丘與山脊背景目標物容易受到雲層遮蔽影響，造成影像邊緣辨識失效(比如花蓮)。

工作項目(3):撰寫 Windows 視窗作業環境的 Virtual Basic(VB)人機介面程式，將現有影像數位分析流程所需的 Matlab image filters 軟體以 VB 語言改寫，提供各測站直接安裝應用與加以評估使用效果，做為第三年度計畫修訂之參考。

- 結果:透過 3-5 節內容說明，本年度完成這一程式語言調整，預定在第三年度提供各測站專屬個人電腦安裝應用。

工作項目(4):針對六處測站能見度儀器與人工觀測能見度兩種紀錄的相關程度偏低原因，增加 2013~2014 年樣本再次分析，以做為測站觀測自動化之參考。

- 結果:本年度 4~10 月期間經由 VisRecord 表單所記載之能見度儀資料，分析討論各測站的電子式能見度儀器與人工觀測能見度紀錄兩者之間的相關程度，表 11 顯示出各測站 2014 年的電子式能見度儀器紀錄與人工觀測紀錄的相關係數平方(R^2)有顯著提升(0.478~0.824 之間)，其中以金門測站以及日月潭測站的 10 km 以下相關性較佳，基隆和高雄較低(兩地都是使用年限最久的 Sentry 公司能見度儀)；台北和嘉義測站 VisRecord 表單未填電子式能見度儀器之資料 (3-3 節)。

工作項目(5):為了完整性表達某一測站在不同方位的數位能見度守視，選擇某測站安裝

360 度旋轉式攝影機，由本計畫自臺灣大學遠端遙控設定以及經由 GPRS 電信網路直接將影像回傳臺灣大學監看與收錄，以達成各方位數位能見度辨識性的最佳化結果。

- 結果: 在 3-4 節所敘述的安裝在台北測站屋頂 BlueEyes 攝影機在已持續進行 2 個月無間斷觀測；2014 年 9 月 30 日 9:00LST 水平旋轉所拍下的 12 張影像(圖 3.17) 以及目標物框架與辨識計算(圖 3.18)，能有效檢測建物與天際的邊緣梯度，能進入實際應用階段。

工作項目(6):分析金門氣象站台灣大學 Reconyx 相機影像在 2014 年春天霧季期間效果。

- 結果:在 3-2-3 節圖 3.13 說明 2014 年 1 月 13 日至 3 月 31 日期間金門測站 274 筆 Reconyx 相機影像針對西南方位海上的復興嶼(6 km)、猛虎嶼(10 km)、大膽島(12.5 km)、漳州(20 km)四處的能見度目標判定，與觀測員人工觀測紀錄的能見度觀測值相關性分析，相關係數 R^2 達到 0.71；測風塔塔頂站 BIRAL 能見度儀和觀測員人工觀測紀錄的能見度觀測值相關係數 R 也達到 0.96(圖 3.5b)，這段期間是金門能見度海霧發生頻率高、能見度偏低的季節，觀測員目視紀錄也相對較為謹慎用心。2014 年 3 月 26 日~4 月 15 日於金門測站所進行的「金門雲霧氣膠密集觀測_預備實驗 2014」，德國 Munster University 搭配他們的霧水蒐集器(圖 3.6)的採水警報器需求自行增設一套 Vaisala PWD11 能見度儀(圖 3.7)。BIRAL 量測範圍是 20 km，但 PWD11 量測上限僅有 2 km(滿足雲霧發生警報之實驗需求，非一般氣象測站監測需求)。圖 3.8 顯示 PWD11 觀測值略高於 BIRAL，並且 PWD11 和人工目視觀測的相關性也略高於 BIRAL；在金門測站春季雲霧低能見度情境下，兩款能見度儀器和人工目視觀測的吻合度甚高。此外，環境保護署金門站 PM2.5 濃度和 BIRAL 觀測值也確實滿足氣膠消光的 exponential 衰減關聯(圖 3.9)。

工作項目(7) 測試測站夜間遠處燈光影像進行夜間能見度判讀之效果。

- 結果:在 3-4 節我們選擇目標物遠近分布均勻並有城市燈光的台北測站，進行 Mobotix M12 夜間影像之目標物辨識測試；從圖 3.10 到圖 3.12 分析顯示，Mobotix M12 夜間時段影像分析效能偏低，難以取代人工目視觀測。

綜合本年度工作項目達成的成果，在下(第三)年度的 Mobotix 影像分析，進一步測試氣象站其他氣象觀測要素(比如太陽輻射量、絕對溼度、風向風速等)，了解天氣因子對於數位能見度辨識效果的影響以及可能修正程度，落實能見度觀測之客觀與自動化輔助技術。

參考文獻：

- 王偉錚，2013:真實天氣情況下之單張霧氣影像能見度修復技術，國立臺北科技大學電腦與通訊研究所碩士論文，pp32。
- 邱清安、林博雄、謝旻耕，2005: 台灣地區氣象測站之詮釋資料與日氣溫、日降水量之資料檢定。 *氣象學報*，**45**，33-46。
- 林博雄，2003: 中央氣象局測站之地表全天空輻射量的校驗與分析。MOTC-CWB-92-2M-05 委託計畫。
- 林博雄，2012: 高山氣象觀測站使用儀器特性、架設與維護方法之研究。MOTC-CWB-101-M-17 委託計畫。
- 林博雄、王璿璋，2013: 影像分析在天氣觀測之應用(1/3)，中央氣象局委託計畫 MOTC-CWB-102-M-04。
- 周立人、林博雄、魏聰輝、賴彥任，2007: 從不同海拔高地之向下太陽輻射通量觀測估計雲輻射驅動力。 *第九屆全國大氣科學研討會*，桃園龍潭。
- 袁中新、袁菁、羅金翔、楊宏宇、羅卓卿、吳岳倫、陳威錦、陳政璋，2005:能見度觀測及預報系統自動化提昇作業計畫，高雄市政府環境保護局研究報告。
- 袁中新、李建璋，2008:96 年度能見度自動觀測系統計畫，台北縣政府環境保護局研究報告。
- 孫延麒，2007:高通濾波器量測大氣能見度閾值之研究，朝陽科技大學網路與通訊研究所碩士論文。
- 蕭鋒、林博雄*、賴彥任，2011：由 MTSAT 衛星影像和數位地形資料估算臺灣地區地表太陽輻射量。 *大氣科學*，**39**，53-68。
- 程維毅、林博雄、高述國，2012：以數位相機進行松山機場盛行能見度測定之探討。 *天氣分析與預報研討會*，中央氣象局，台北。
- 賴冠良、林博雄、賴彥任、魏聰輝，2009：霧偵測方法與水平降水推估之研究。 *天氣分析與預報研討會*，中央氣象局，台北。
- 羅金翔、袁中新、溫哲彥，2004: 大氣能見度自動偵測分析技術。弘光科技大學編印。
- Cismoski, D. S., F. Schreiner, K. Fischer and L. Sherman, 2008: Digital Camera Monitoring Technologies, Systems, and Products. <http://www.air-resource.com/PDF/Publications/AWMAabstract%20-%20Digital%20Cameras.pdf>
- Gerber, H., 1984: Liquid Water Content of Fogs and Hazes from Visible Light Scattering. *J. Climate and Applied Meteor.* **23**, 1247-1253.
- Husar, R. B., D. J. Husar and L. Martin, 2000: Distribution of continental surface aerosol extinction based on visual range data. *Atmospheric Environment*, **34**, 5067-5078.

- Lorenz , R.D. , B. Jackson and J. W. Barnes , 2009: Inexpensive Time-Lapse Digital Cameras for Studying Transient Meteorological Phenomena: Dust Devils and Playa Flooding. *J. Atmos. Ocea. Tech.* **27** , 246-256.
- Luo , C.H. , S. H. Liu and C.S. Yuan , 2002: Measuring Atmospheric Visibility by Digital Image Processing. *Aerosol and Air Quality Research*, **2**, 23-29.
- U.S.A EPA, 1999: Visibility Monitoring Guide, EPA-454/R-99-003, pp 227.
- WMO , 1989: The first inter-comparison of visibility measurements- final report. WMO-IOM technical report 41, pp155.
- WMO , 2008: Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. WMO -No.8. pp681.

表 1: 2013 年 7 月 25 日起至 2014 年 10 月 22 日止台北、梧棲、嘉義、高雄、花蓮、金門測站 Mobotix M12 逐時數位影像資料收錄張數，基隆測站與日月潭測站的 ftp 擷取無效，仍以行動硬碟拷貝。

Mobotix M12 影像張數	
基隆	5019*
台北	9855
梧棲	10244
日月潭	5334*
嘉義	10264
高雄	10270
花蓮	10290
金門	10434

表 2: 基隆測站 Mobotix M12 目標物名稱、距離與影像分析矩陣和能見度閾值(index value)。

目標物名稱	距離 (km)	previous Index value	new index value	X dimension-	Y dimension
長榮大樓	0.6	///	50000	1793-1915	1085-1160
水泥圓柱體	0.9	///	36000	875-959	1235-1319
球子山	1.5	///	42000	479-600	1157-1195
協和電廠	2.6	///	12000	175-197	1118-1157
和平島	3.8	///	18000	1344-1402	1263-1277
基隆嶼	7	///	20100	1044-1099	1264-1284

表 3: 台北測站 Mobotix M12 目標物名稱、距離與影像分析矩陣和能見度閾值(index value)。

目標物名稱	距離 (km)	previous Index value	new index value	X dimension	Y dimension
張榮發	0.4	20000	20000	593-740	1133-1184
中華電信	1	7000	7000	908-953	1130-1179
信義聯勤	2.5	///	16800	1271-1320	1136-1180
遠東	3.5	///	11450	1370-1424	1139-1169
101 大樓	5	3200	1700	1057-1070	1111-1182
拇指山	7	9000	9000	1113-1272	1155-1175
大尖山	16	///	7800	1736-1810	1072-1095

表 4: 梧棲測站 Mobotix M12 目標物名稱、距離與影像分析矩陣和能見度閾值(index value)。

目標物名稱	距離 (km)	previous Index value	new index value	X dimension	Y dimension
梧棲大樓	0.7	90000	90000	997-1147	1297-1310
綜合醫院	2.2	15000	15000	1042-1110	1213-1250
福壽大樓	4.6	///	3200	1300-1328	1233-1253
大肚山	10	35000	35000	1150-1400	1200-1230
大肚山_1	10	///	4400	1120-1138	1869-1992

表 5: 日月潭測站 Mobotix M12 目標物名稱、距離與影像分析矩陣和能見度閾值(index value)。*本年度修正後的 index value 等待 2014 年 8~10 月 M12 影像取得後更新。

目標物名稱	距離 (km)	previous Index value	*new index value	X dimension	Y dimension
二龍山	4.5	100000	///	1538-1739	1280-1319
水社大山	7	38500	///	689-869	1118-1180
大尖山	9	18000	///	310-440	1112-1170
治卵山	17	5000	///	1463-1523	1142-1178
西巒大山	21	13000	///	1697-1823	1124-1157
卓社山	18	6000	///	7-100	1052-1115
東巒大山	27	12000	///	1355-1465	1151-1182

表 6: 嘉義測站 Mobotix M12 目標物名稱、距離與影像分析矩陣和能見度閾值(index value)。

目標物名稱	距離 (km)	previous Index value	new index value	X dimension	Y dimension
寺廟	1	3500	3500	184-247	1226-1259
耐斯百貨	2	5000	5000	1259-1310	1265-1295
工廠煙囪	6	4650	4100	320-394	1235-1265
太平山	15	12000	45000	644-779	1223-1260
華山	20	2600	2600	962-1041	1250

表 7:高雄測站 Mobotix M12 目標物名稱、距離與影像分析矩陣和能見度閾值(index value)。

目標物名稱	距離 (km)	previous Index value	new index value	X dimension	Y dimension
摩天輪	3.5	///	2000	1422-1434	1333-1346
85 大樓	5.5	25000	25000	1368-1398	1297-1349
萬壽山	10	12000	15100	974-1136	1352-1384

表 8:花蓮測站 Mobotix M12 目標物名稱、距離與影像分析矩陣和能見度閾值(index value)。

目標物名稱	距離 (km)	previous Index value	new index value	X dimension	Y dimension
初英山	7	70000	29000	1817-2000	1000-1080
五伴山	15	150000	200000	1091-1195	1230-1275
木瓜山	21	14000	14000	1454-1540	1090-1110

表 9:金門測站 Reconyx 目標物名稱、距離與影像分析矩陣和能見度閾值(index value)。

目標物名稱	距離 (km)	previous Index value	new index value	X dimension	Y dimension
復興嶼	6	///	10000	1474-1572	514-546
猛虎嶼	10	///	4200	1356-1406	504-524
大膽島	12.5	///	6500	1132-1243	496-526
漳州	20	///	5500	542-698	426-476

表 10: 各測站(金門測站除外) Mobotix M12 影像 index value 修訂前後完全吻合之比率。日月潭測站數據等待 2014 年 8-10 月 M12 影像取得後更新。

	修正前 吻合比率	修正後 吻合比率
基隆	///	81.5%
台北	62%	70 %
梧棲	5%	81.6 %
日月潭	///	Later*
嘉義	20.2 %	46%
高雄	33.8%	60.3%
花蓮	///	41.8 %

表 11: 各測站在(1)能見度 5 公里以下以及(2)能見度 10 公里以下的兩種群組之能見度儀與人工觀測能見度相關係數平方(R^2)，在 2013 年以及 2014 年的分析結果。*台北與嘉義測站數據等待 2014 年 4~10 月能見度儀資料取得後更新。

SITE	TYPE	R^2 (2013)	R^2 (2014)
台北(46692)	5km	0.2396	*
	10km	0.4809	*
基隆(46694)	5km	0.1548	0.481
	10km	0.2195	0.565
金門(46711)	5km	0.6629	0.756
	10km	0.638	0.824
高雄(46744)	5km	0.2289	0.478
	10km	0.5243	0.694
嘉義(46748)	5km	0.2159	*
	10km	0.1954	*
日月潭(46765)	5km	0.2328	0.738
	10km	0.3409	0.758

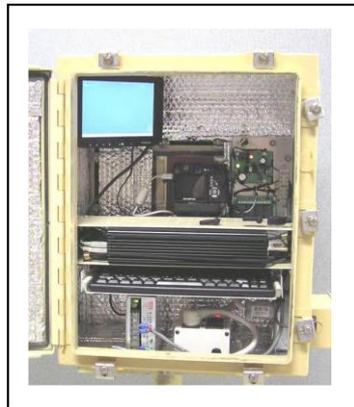


圖 1.1:美國 CAMNET(<http://www.hazecam.net/>)各地安置數位攝影機分布與現場樣本 (Cismoski et al.,2008)。

新北市政府環境保護局 能見度自動觀測系統
 Environmental Protection Department New Taipei City Government Real-time Air Pollution visibility monitoring

瀏覽人次: 00043674
 何謂能見度
 能見度影響因子
 能見度觀測方法
 能見度觀測位置及觀測標的物
 能見度之分級
 歷史資料查詢
 能見度趨勢查詢
 即時影像
 相關連結
 空污及噪音資料

點選照片可觀看今日即時照片

2014年05月26日 時間:13:00 (淡水方向)
 2014年05月26日 時間:12:00 (松山方向)
 2014年05月26日 時間:12:00 (新店方向)

照片更新時間
 拍照後五分鐘

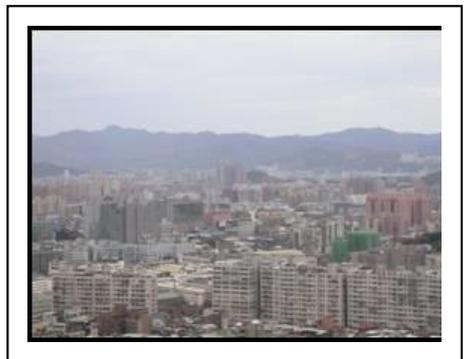
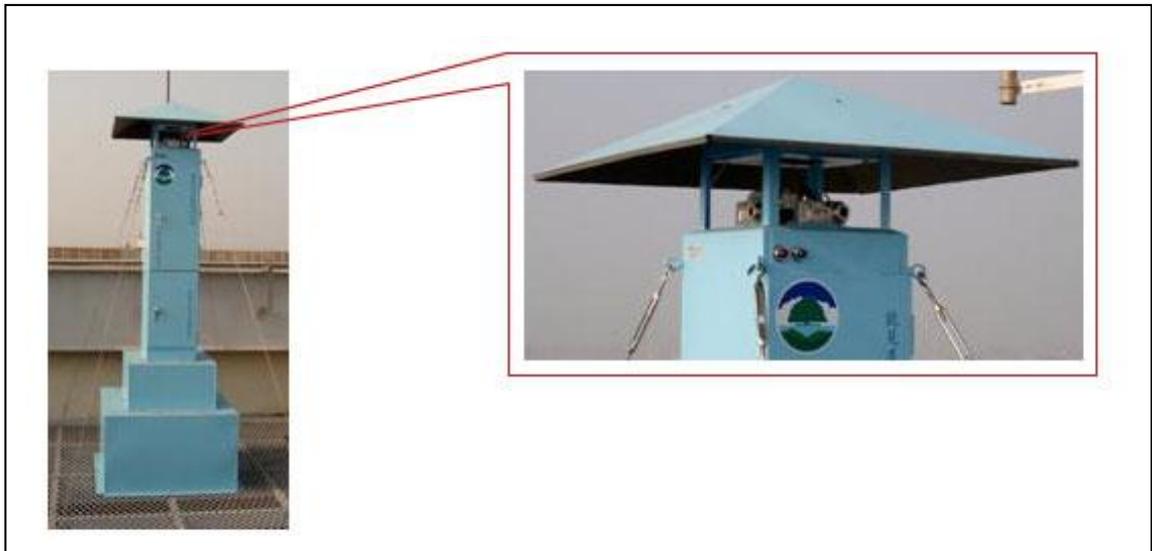


圖 1.2: 新北市環保局「能見度自動觀測系統」網站內容與照相機外觀與淡水、松山、新店方向之數位相機影像樣本 (摘自 <http://www.epbair.tpc.gov.tw/visautosystem.aspx>)。

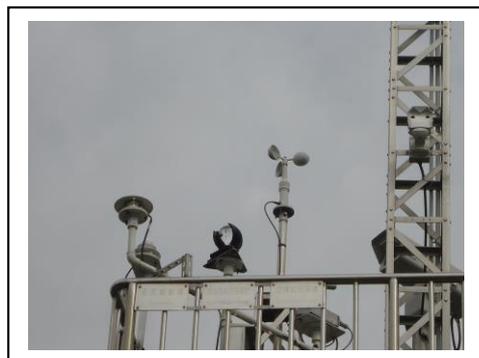
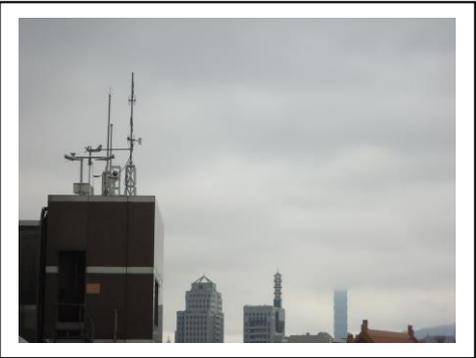


圖 2.1 (a): 基隆、台北、梧棲、日月潭測站之 Mobotix M12 系統位置(由上而下)。

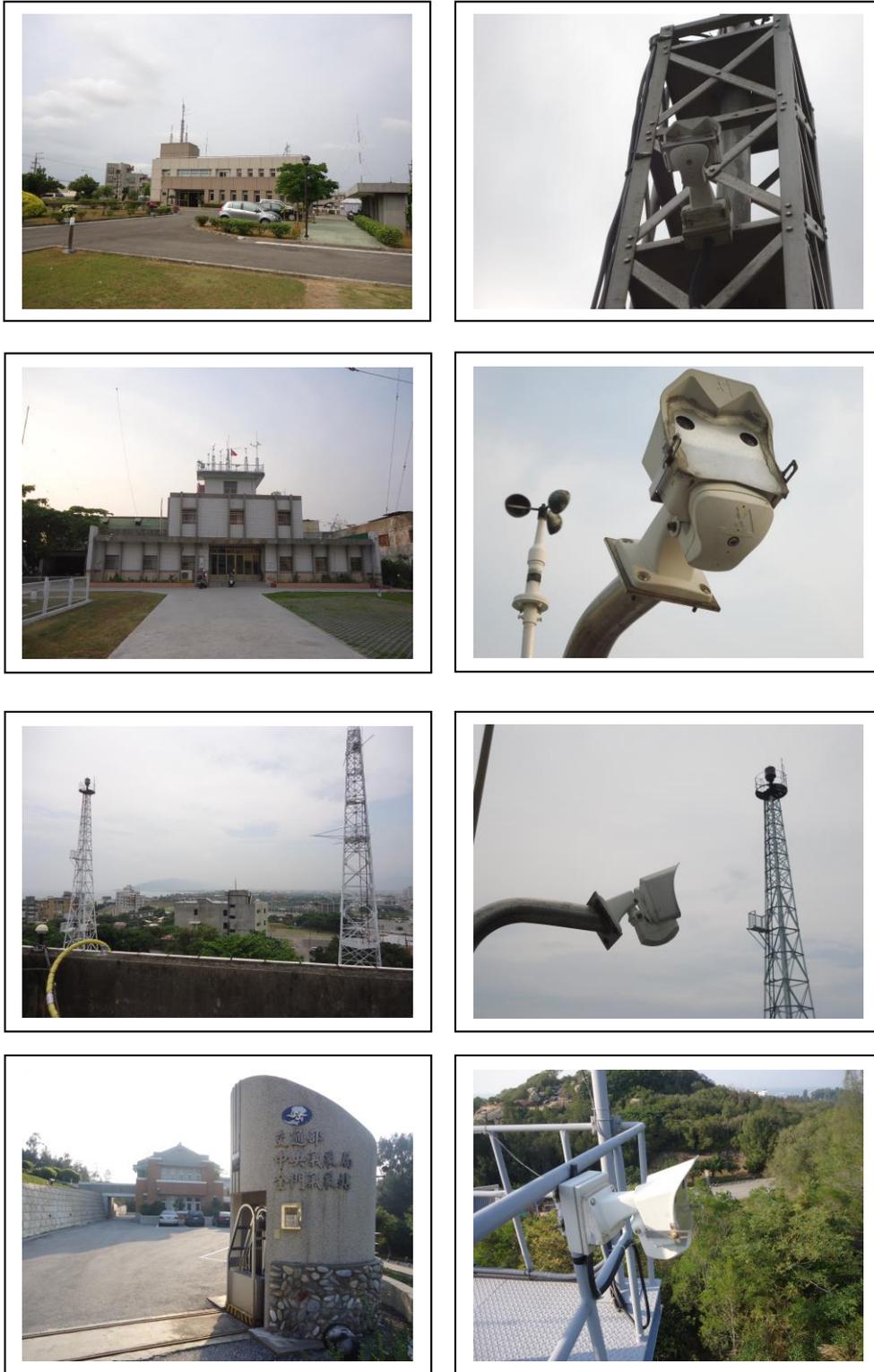


圖 2.1(b): 嘉義、高雄、花蓮、金門測站之 Mobotix 系統位置(由上而下)。

(A)



(B)



(C)



(D)



(E)



(F)



圖 2.2: (A)基隆 (B)台北 (C)日月潭 (D)嘉義(E) 高雄 (F)金門測站之能見度儀現場與外觀。

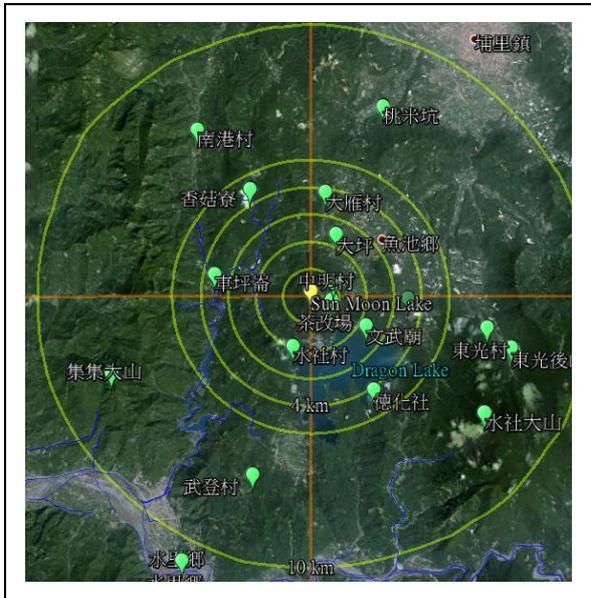
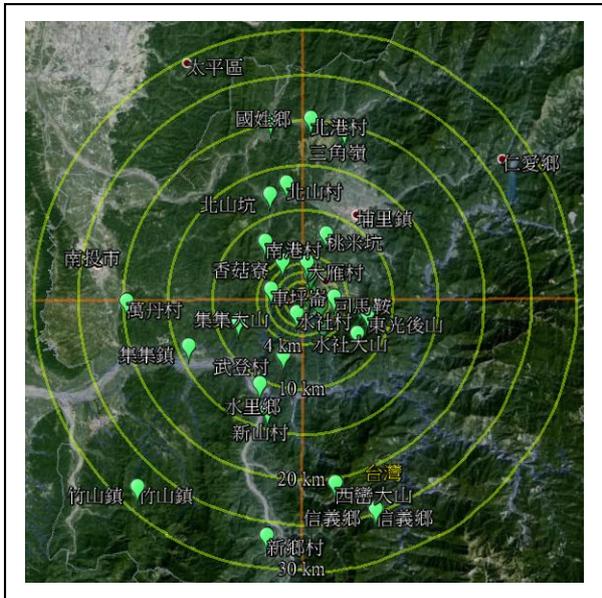
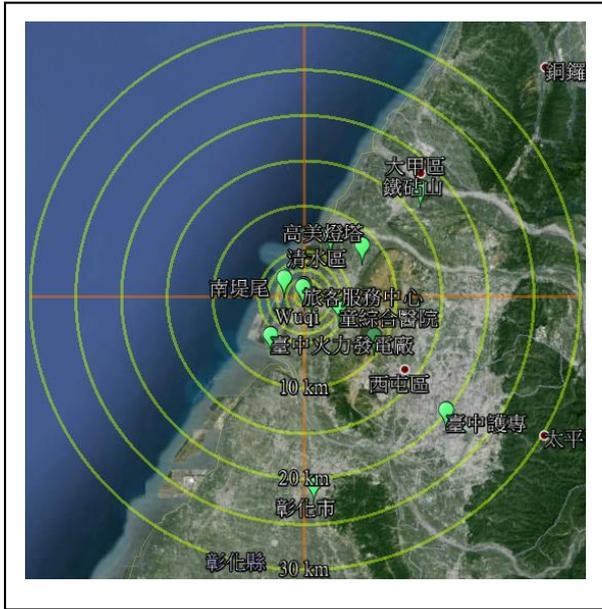


圖 2.3(b): (上)梧棲測站(下)日月潭測站之 30km 半徑(左)與 10 km 半徑(右)Google Earth 能見度目標圖。

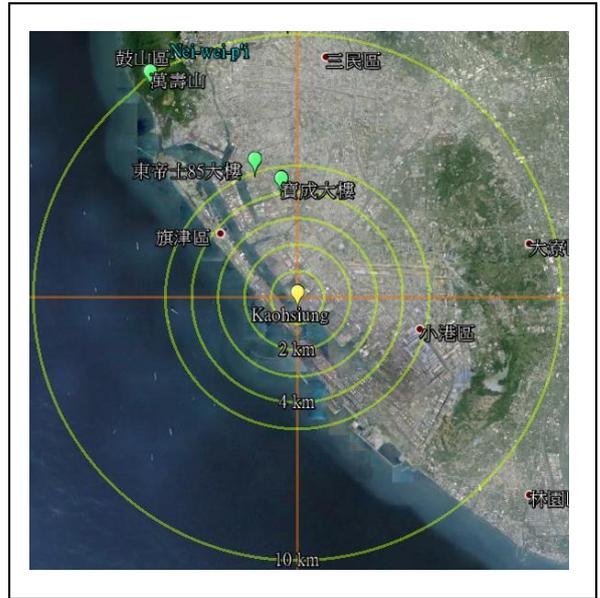
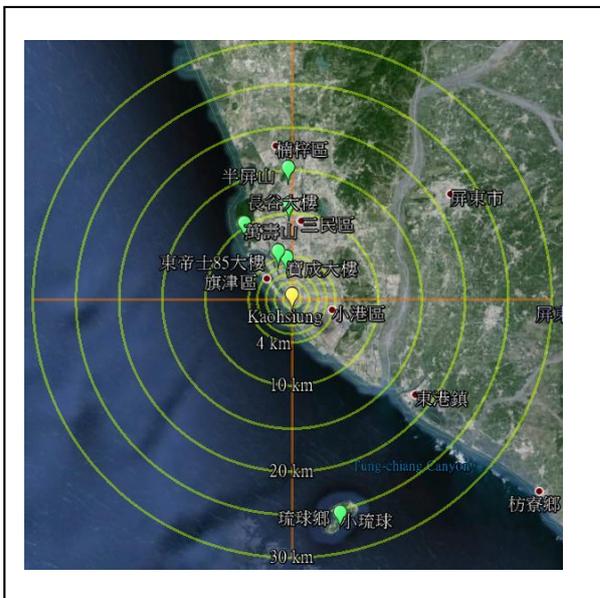
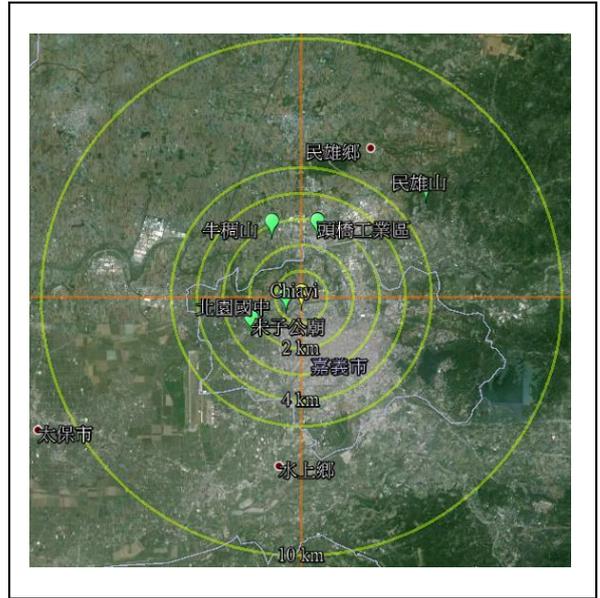
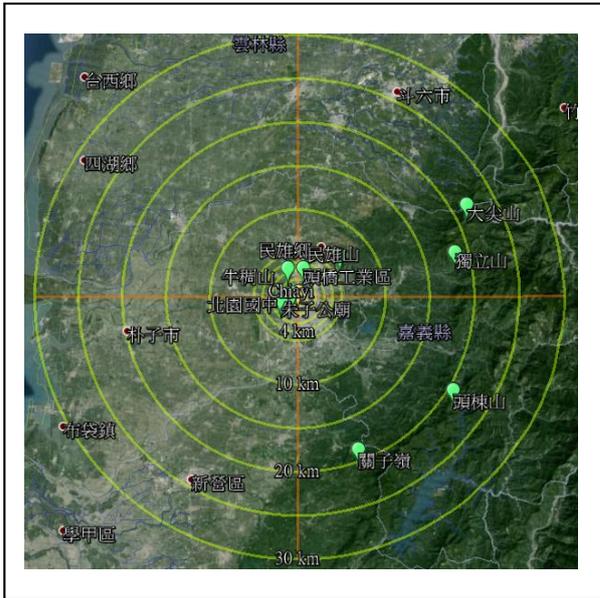


圖 2.3(c): (上)嘉義測站(下)高雄測站之 30km 半徑(左)與 10 km 半徑(右)Google Earth 能見度目標圖。

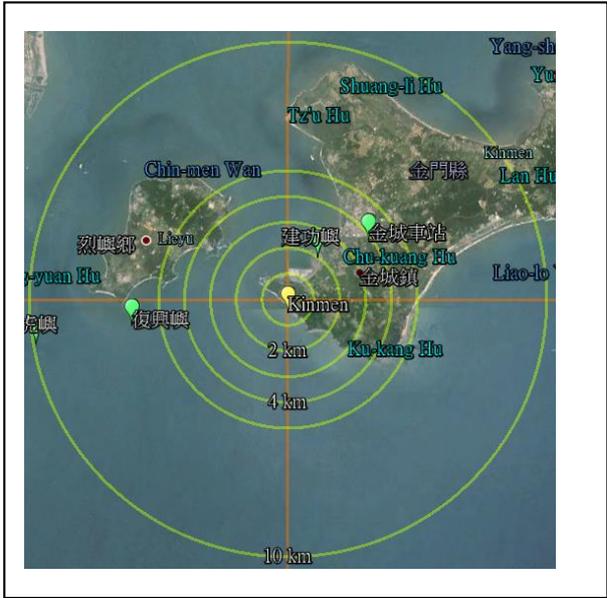
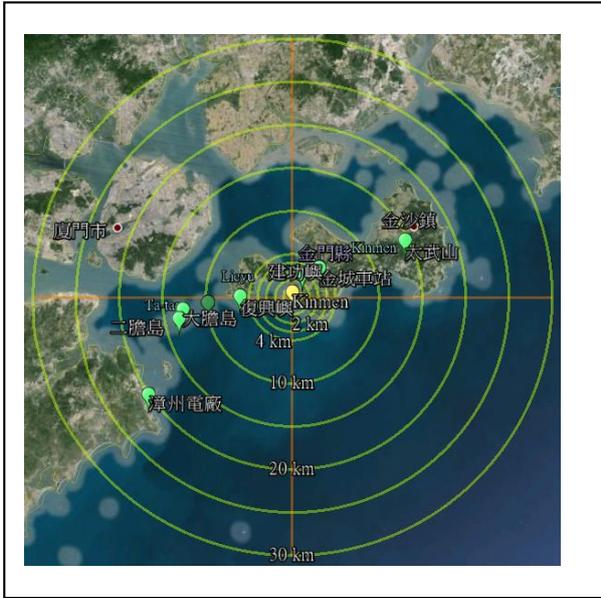
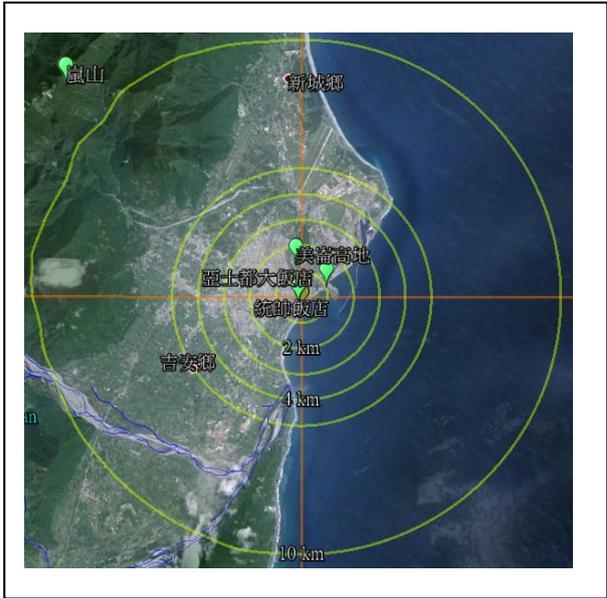
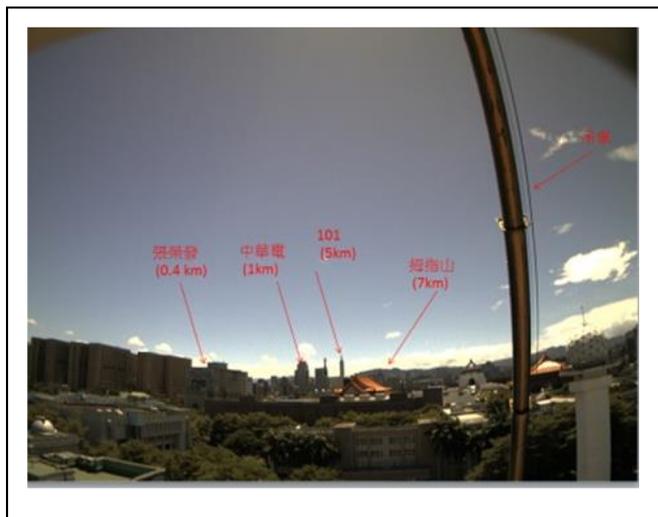


圖 2.3(d): (上)花蓮測站(下)金門測站之 30km 半徑(左)與 10 km 半徑(右)Google Earth 能見度目標圖。

(A)



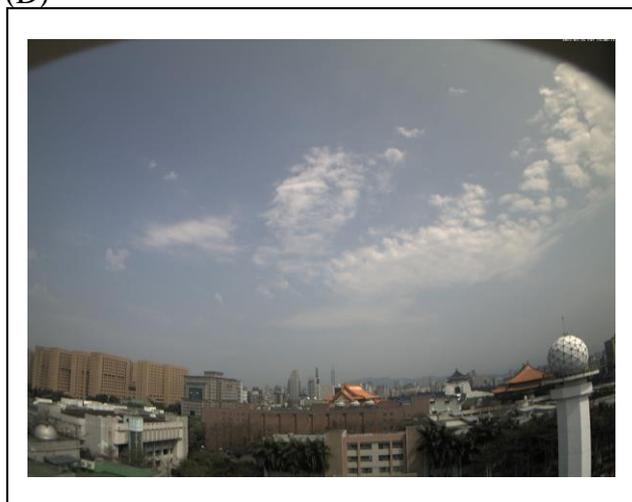
(B)



(C)



(D)



(E)



圖 2.4: 台北測站(A) 2012 年 7 月 28 日 11:00LST 晴空影像，(B)~(E)為 2012 年 3 月 16 日 08:00、11:00、14:00、17:00LST 不同時刻影像。

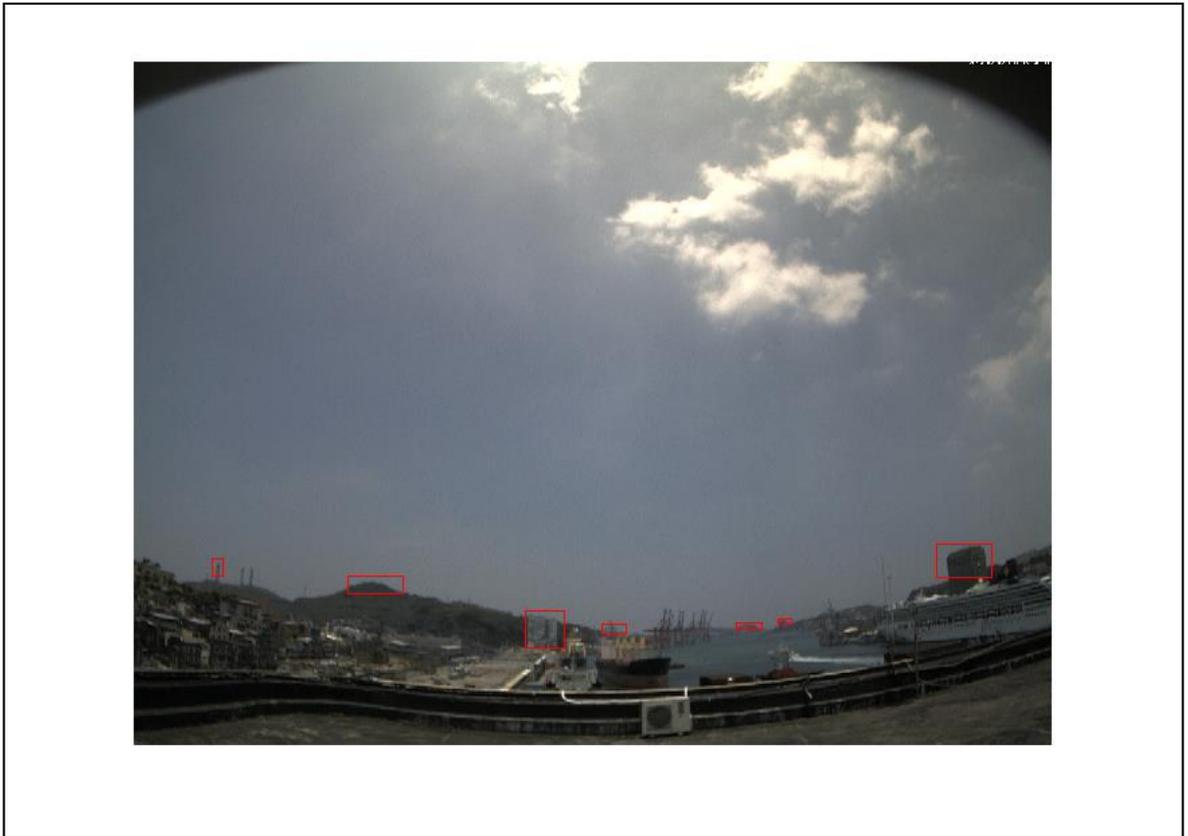


圖 3.1(a):基隆測站與台北測站 Mobotix M12 影像晴空天氣下的目標物與距離。

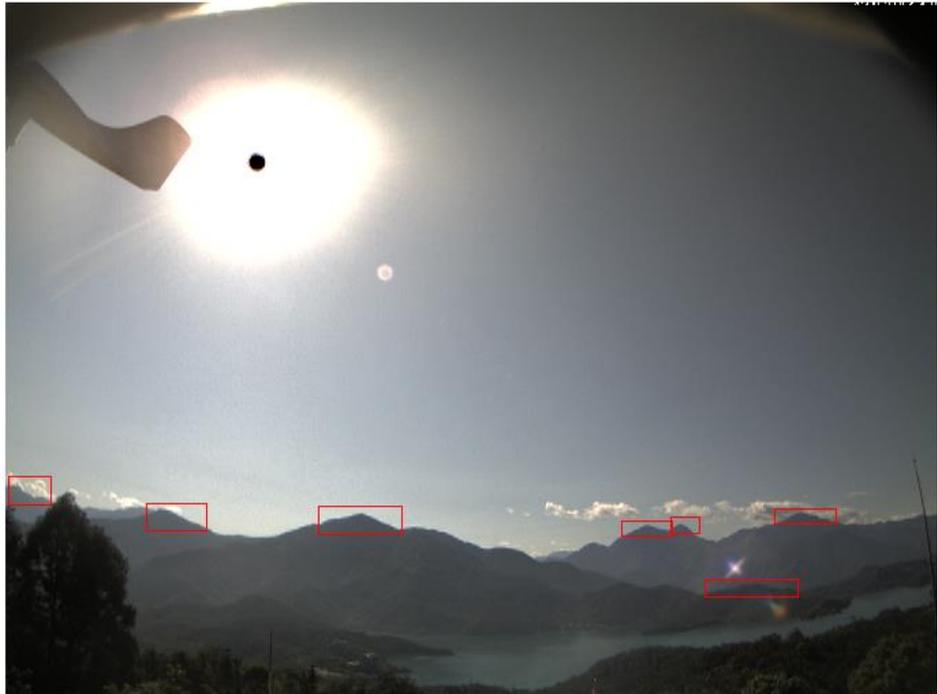


圖 3.1(b): 梧棲測站與日月潭測站 Mobotix M12 影像晴空天氣下的目標物與距離。

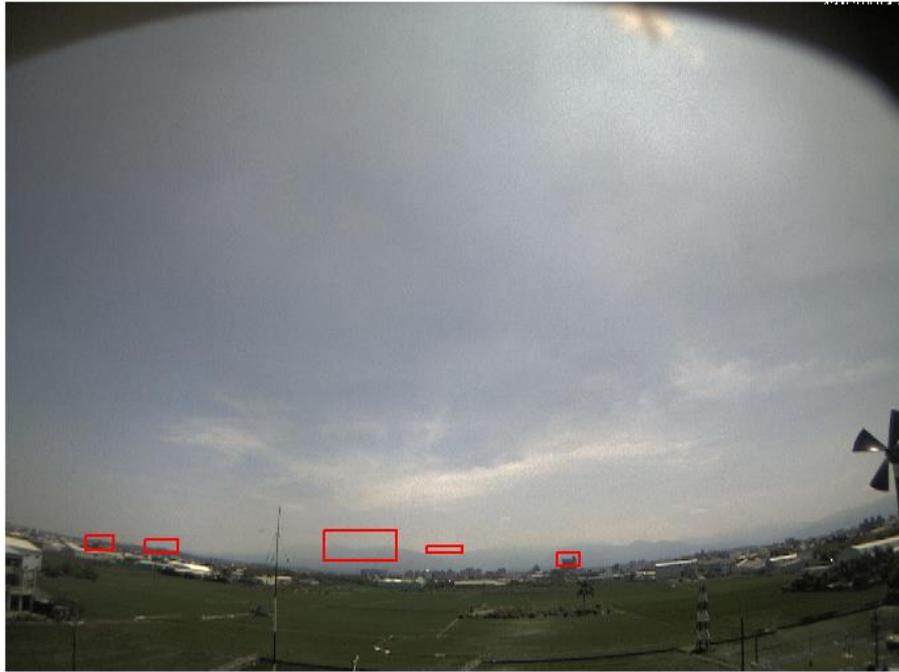


圖 3.1(c):嘉義測站與高雄測站 Mobotix M12 影像晴空天氣下的目標物與距離。

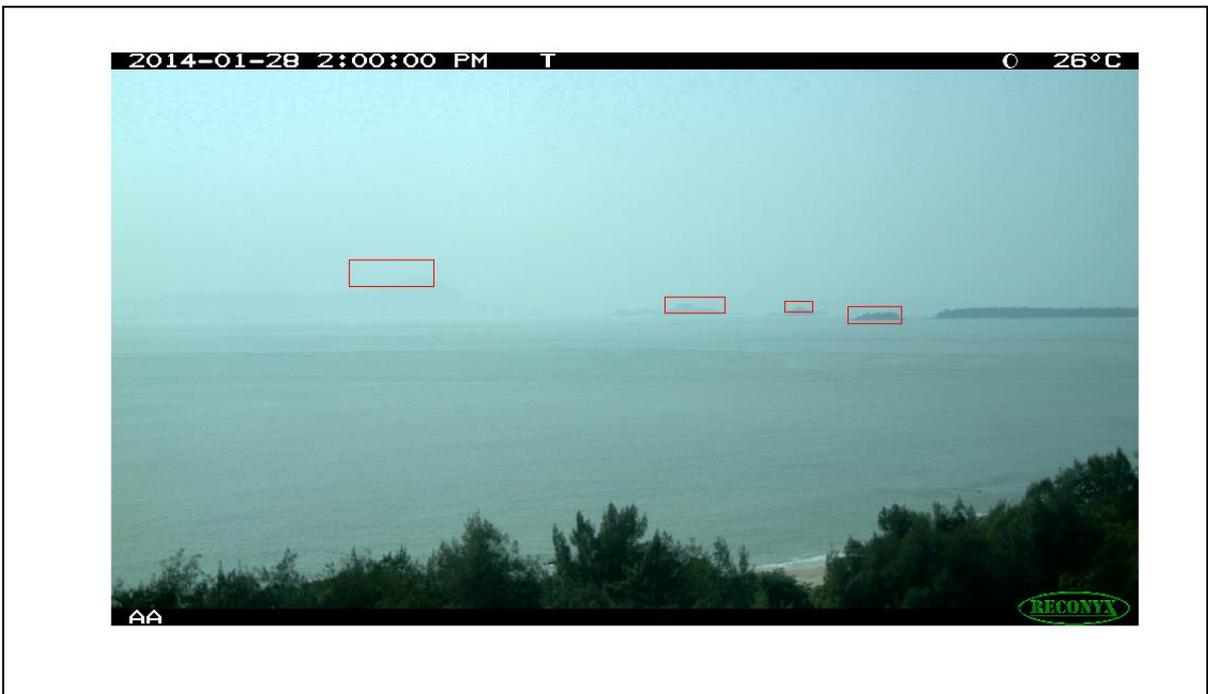


圖 3.1(d):花蓮測站 Mobotix M12 與金門測站 Reconyx 影像晴空天氣下的目標物與距離。

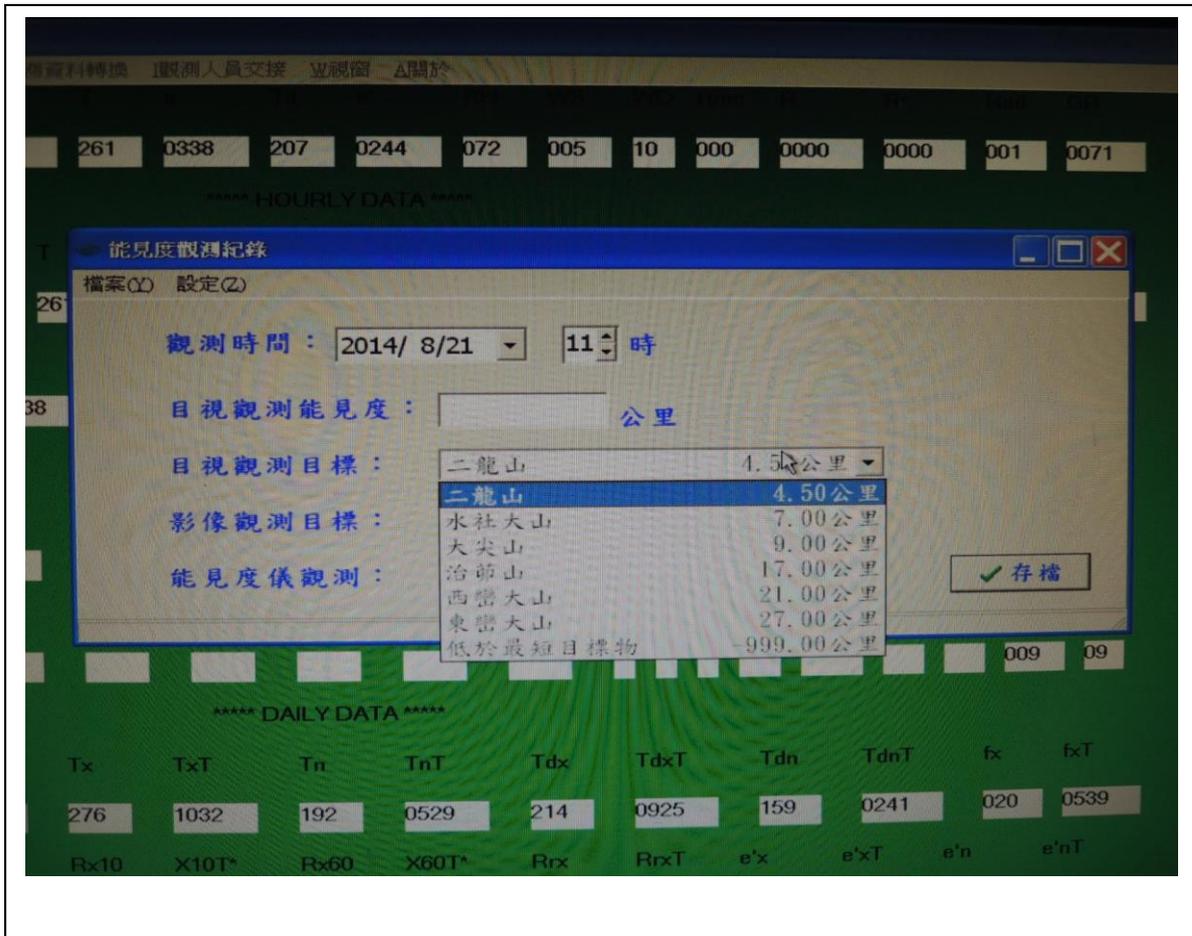
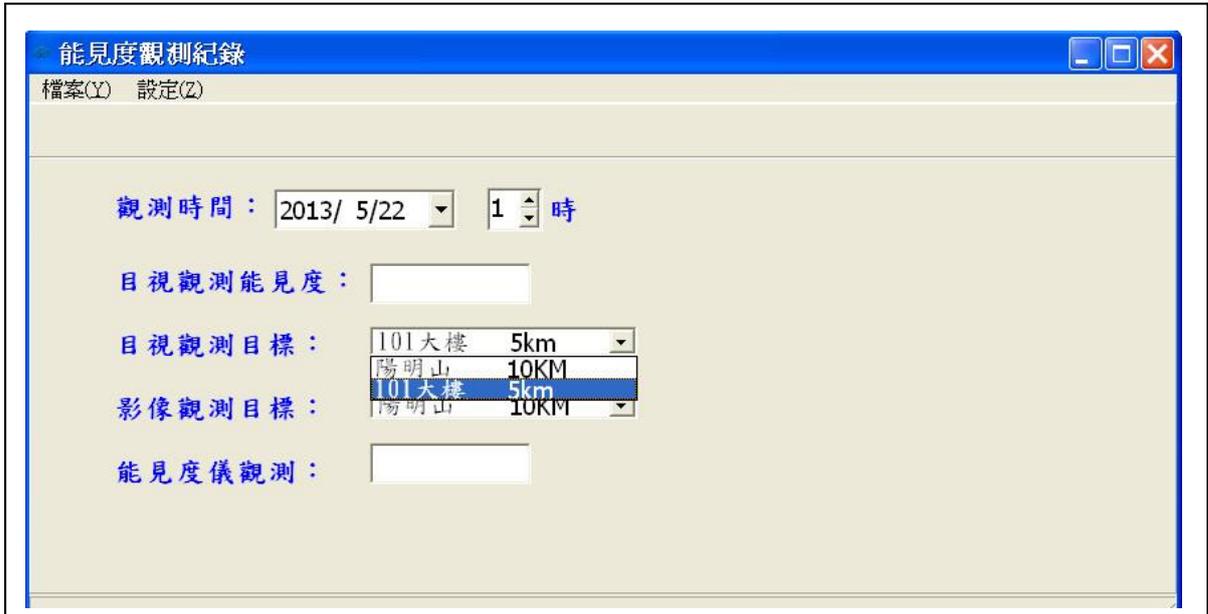


圖 3.2:中央氣象局測政組設計的 VisRecord 視窗程式畫面以及在測站現場畫面。

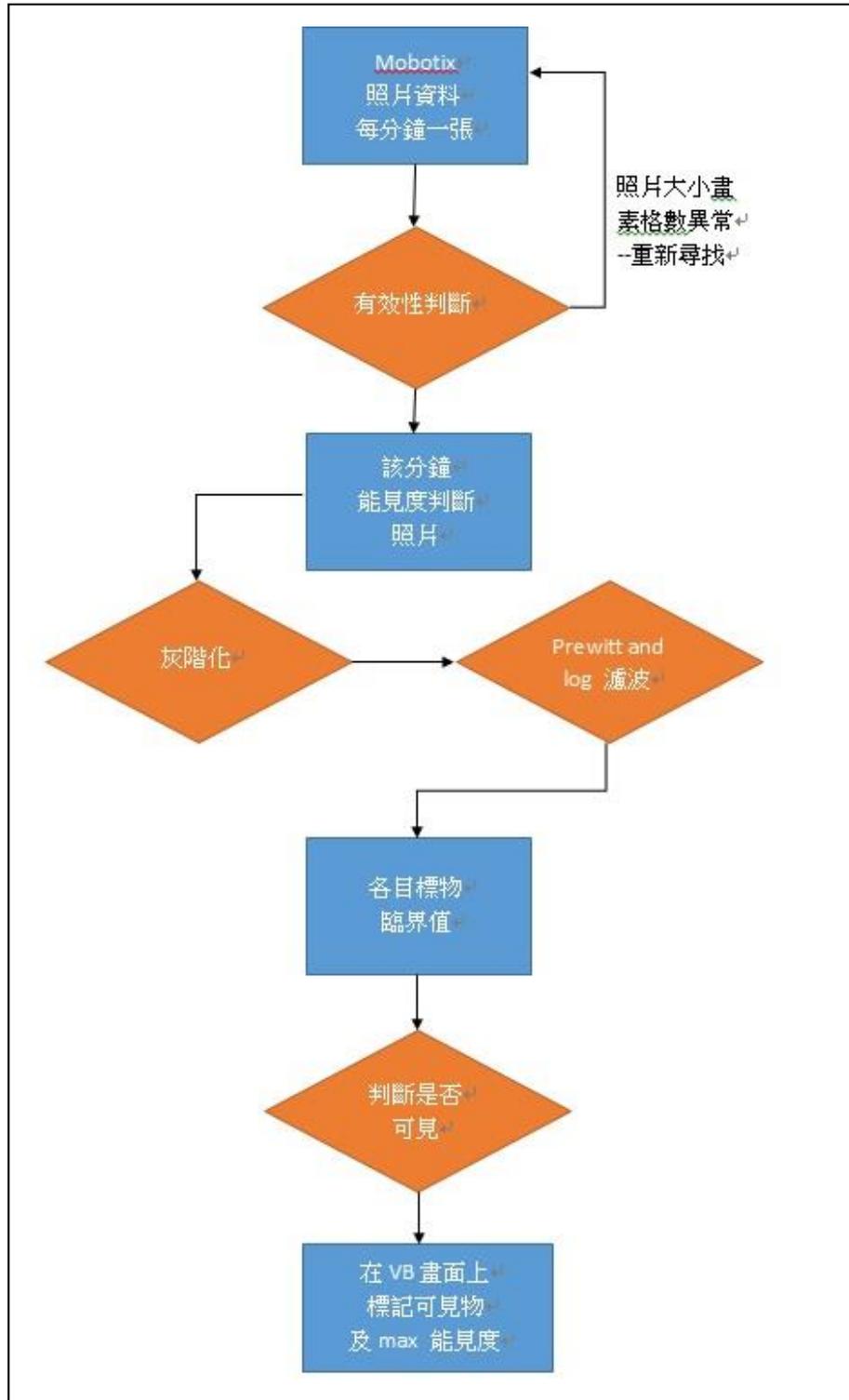


圖 3-3: Mobotix M12 影像資料分析流程圖。

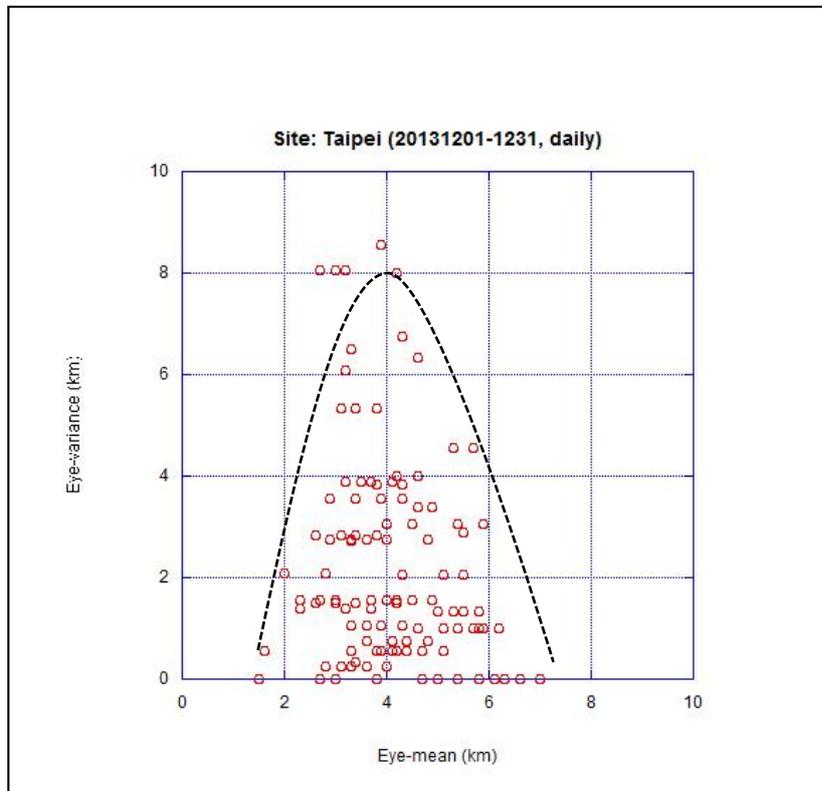


圖 3.4(a): 5 位臺灣大學大氣科學系大學部三年級學生針對圖 3.3 以 2013 年 12 月 1~31 日 1~24 小時逐時 741 張(= 24*31)各自獨立進行目標物辨識距離(X 軸)與變異程度(Y 軸)。

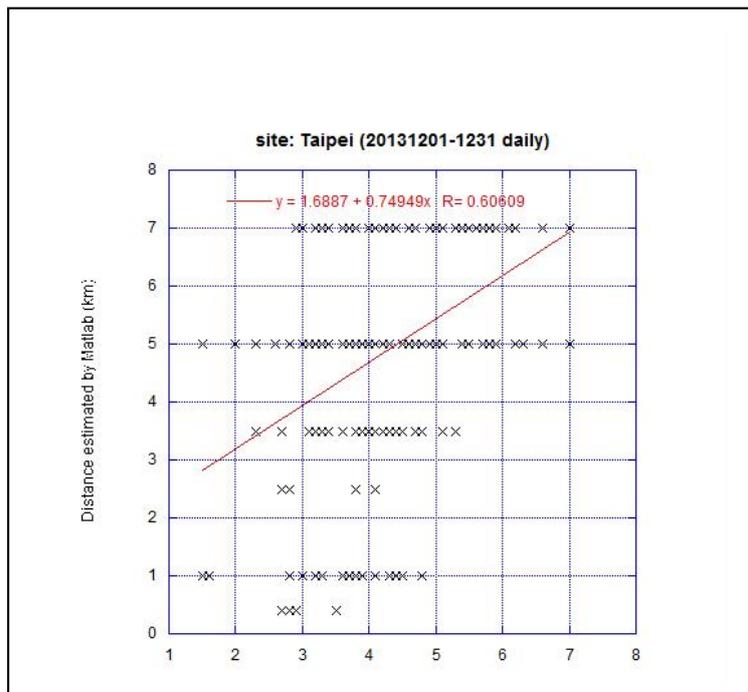


圖 3.4(b): 5 位臺灣大學大氣科學系大學部三年級學生針對圖 3.3 以 2013 年 12 月 1~31 日 1~24 小時逐時 741 張(= 24*31)各自獨立進行目標物辨識距離之平均值(X 軸)與本計畫程式辨識距離(Y 軸)。

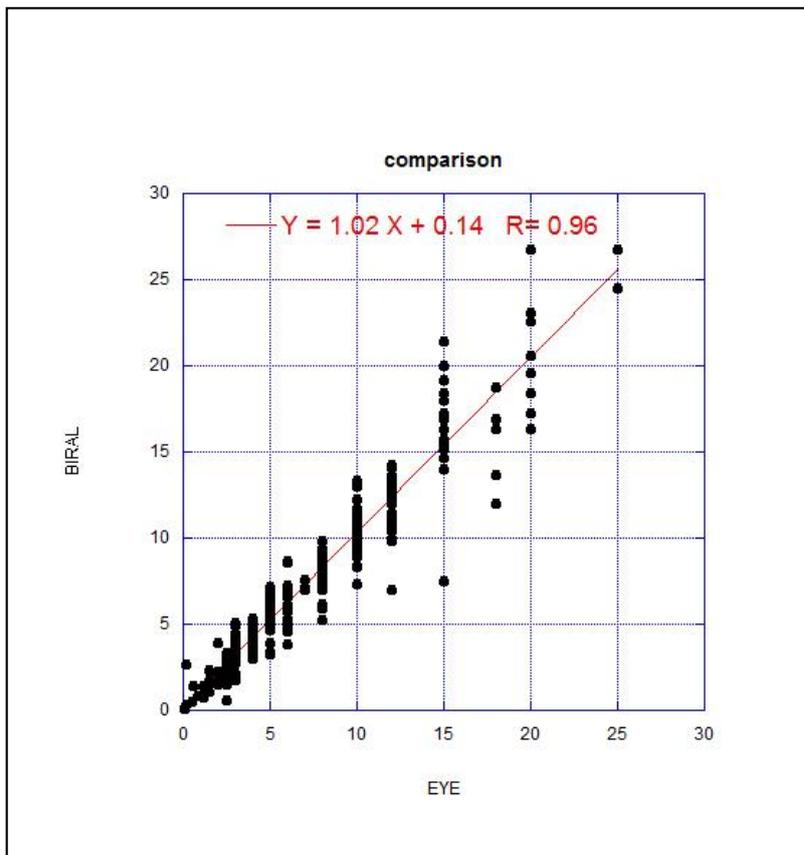
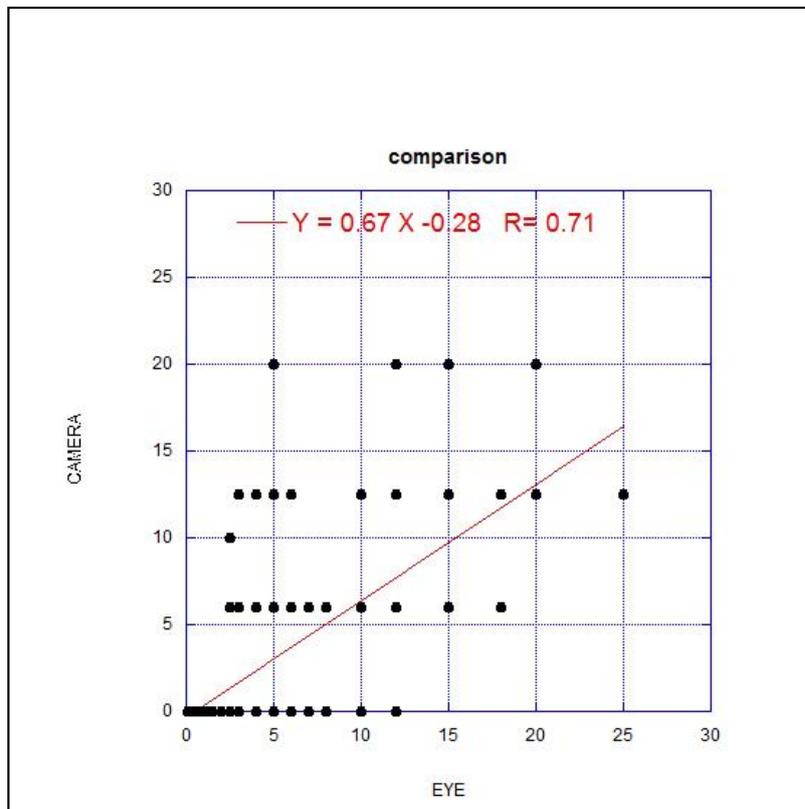


圖 3.5:(上)金門測站 2014 年 1 月 13 日至 3 月 31 日期間 274 筆 Reconyx 相機影像與觀測員人工觀測紀錄的能見度觀測值相關性分析；(下)該測站 BIRAL 能見度儀和觀測員人工觀測紀錄的能見度觀測值相關性分析。

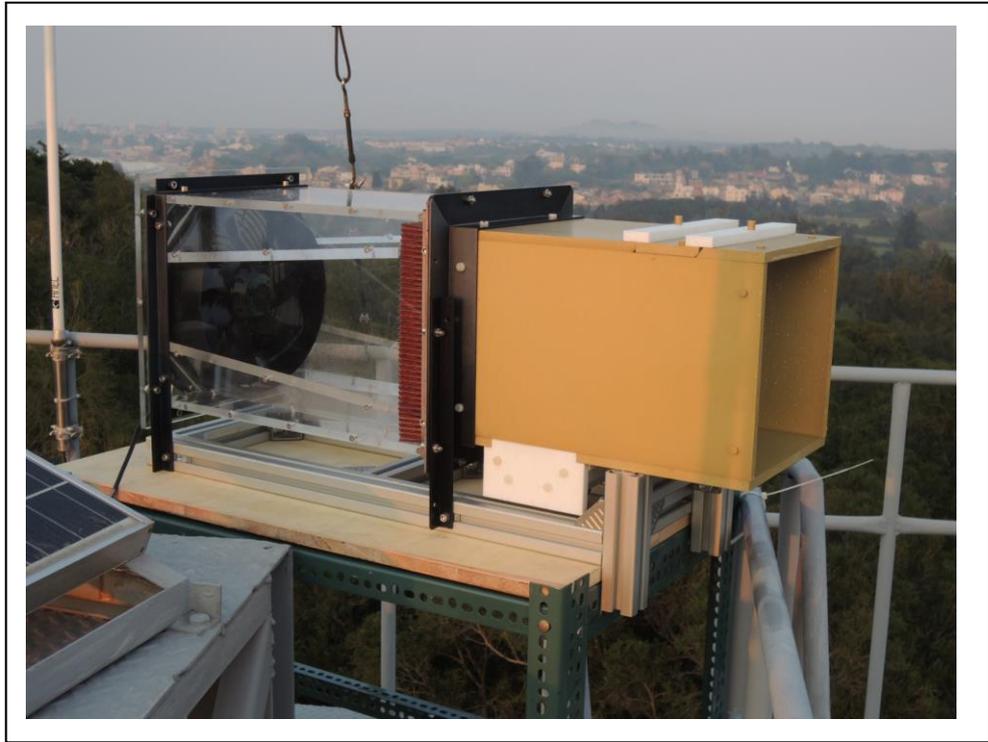


圖 3.6:2014 年金門雲霧密集觀測期間，德國 Munster University 裝置於金門氣象測站測風塔現場。

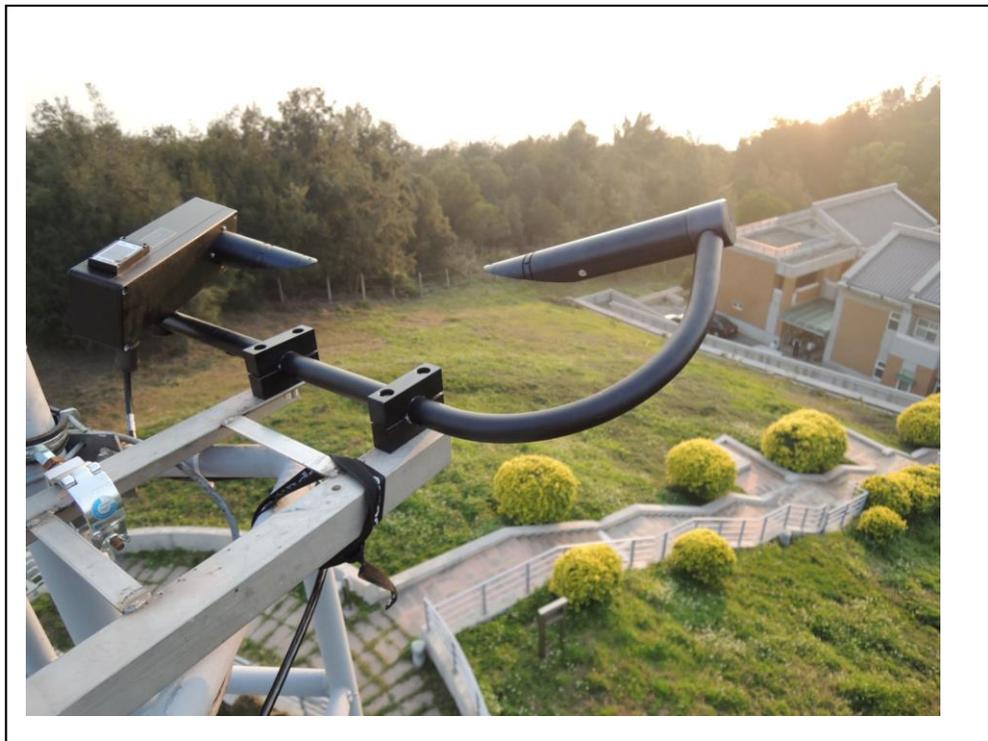


圖 3.7: 德國 Munster University 搭配霧水蒐集器啟動(能見度 ≤ 1 km)的 Vaisala PWD11 能見度儀。

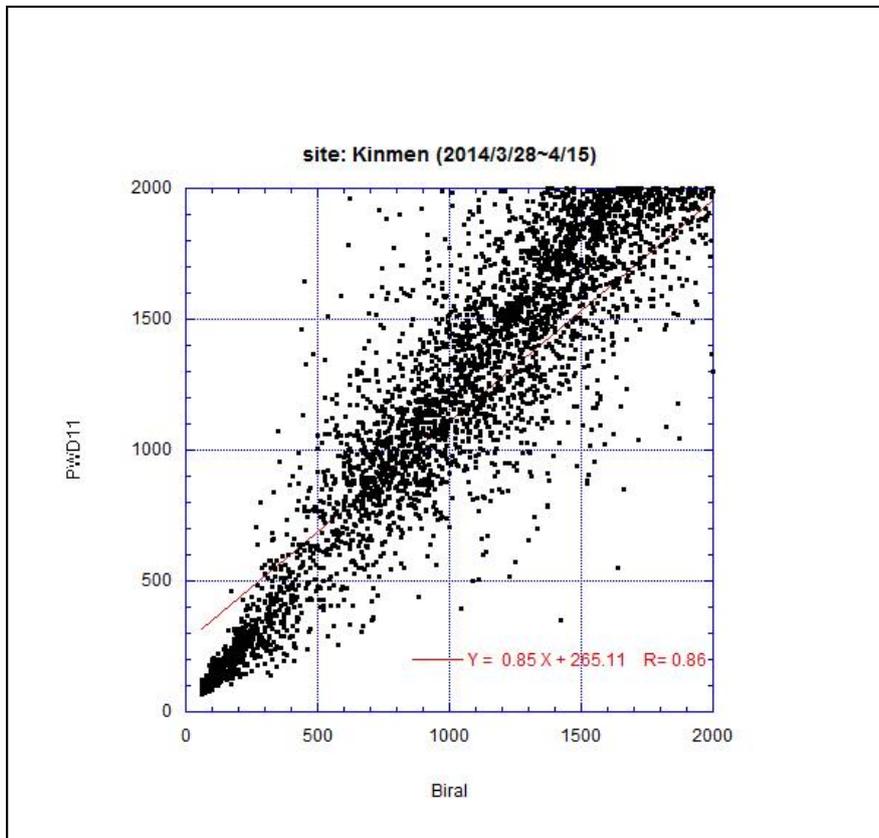


圖 3.8(a): 2014 年金門雲霧密集觀測期間，PWD11 能見度儀觀測值與 BIRAL 能見儀觀測值比較。

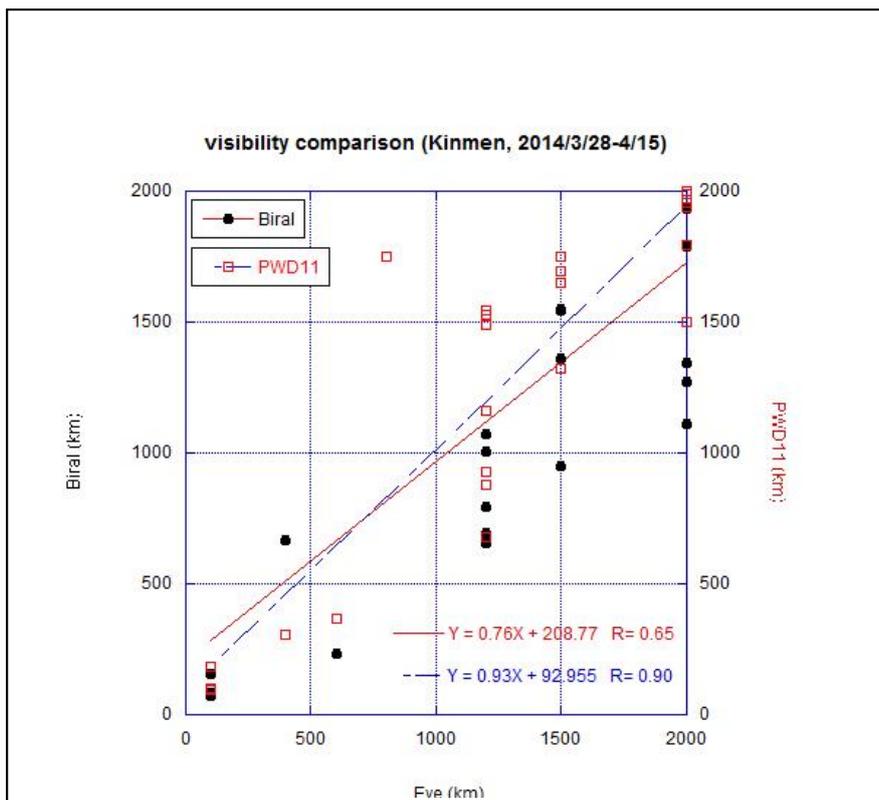


圖 3.8(b): 2014 年金門雲霧密集觀測期間，PWD11 能見度儀觀測值與 BIRAL 能見儀觀測值(雙 Y 軸)和金門測站觀測員人工目視觀測(X 軸)比較。

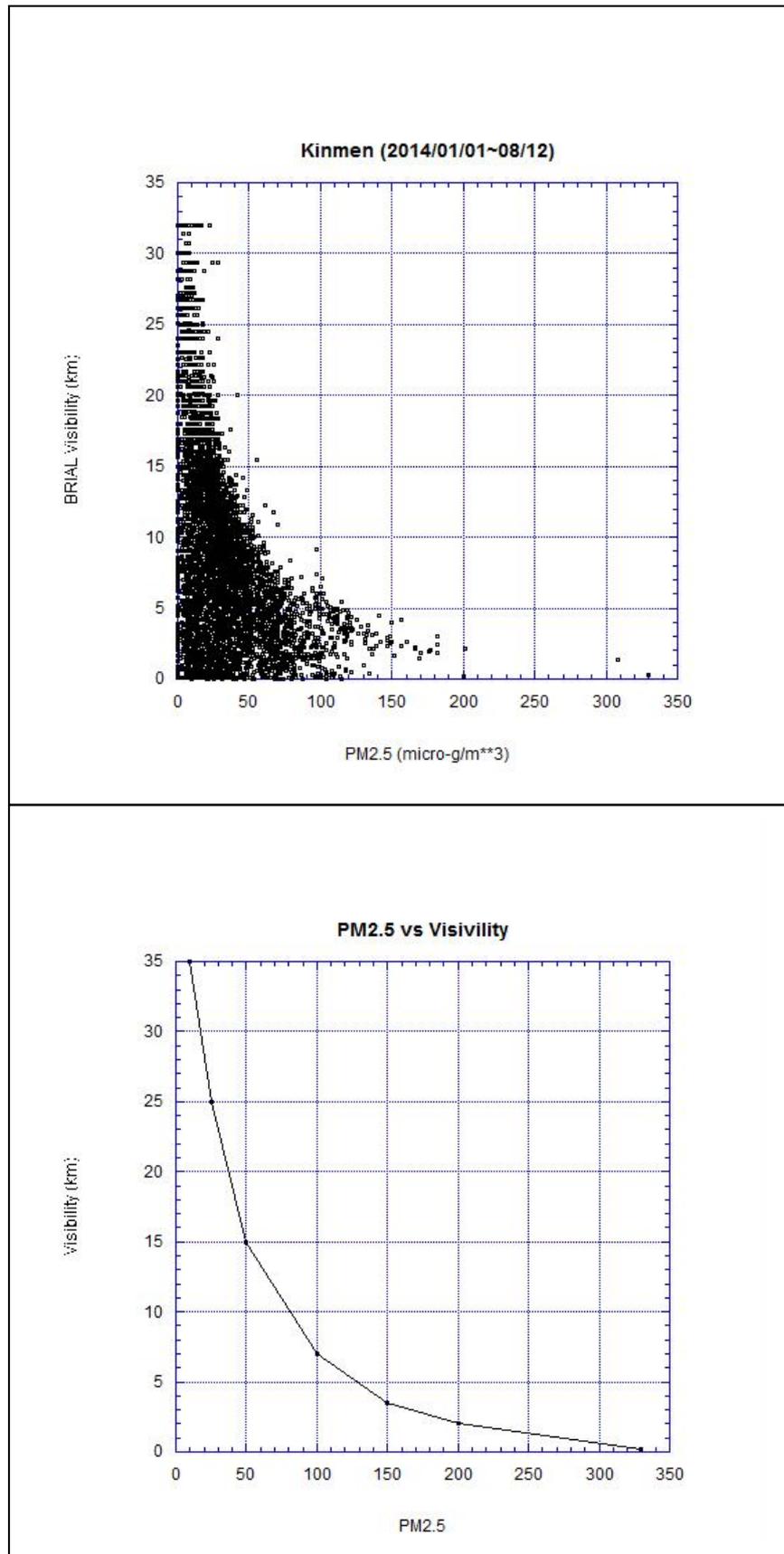


圖 3.9: 2014 年環保署金門測站 PM2.5 濃度(X 軸)和金門氣象站 BIRAL 能見儀觀測值 (Y 軸)比較和逼近的 exponential 函數。

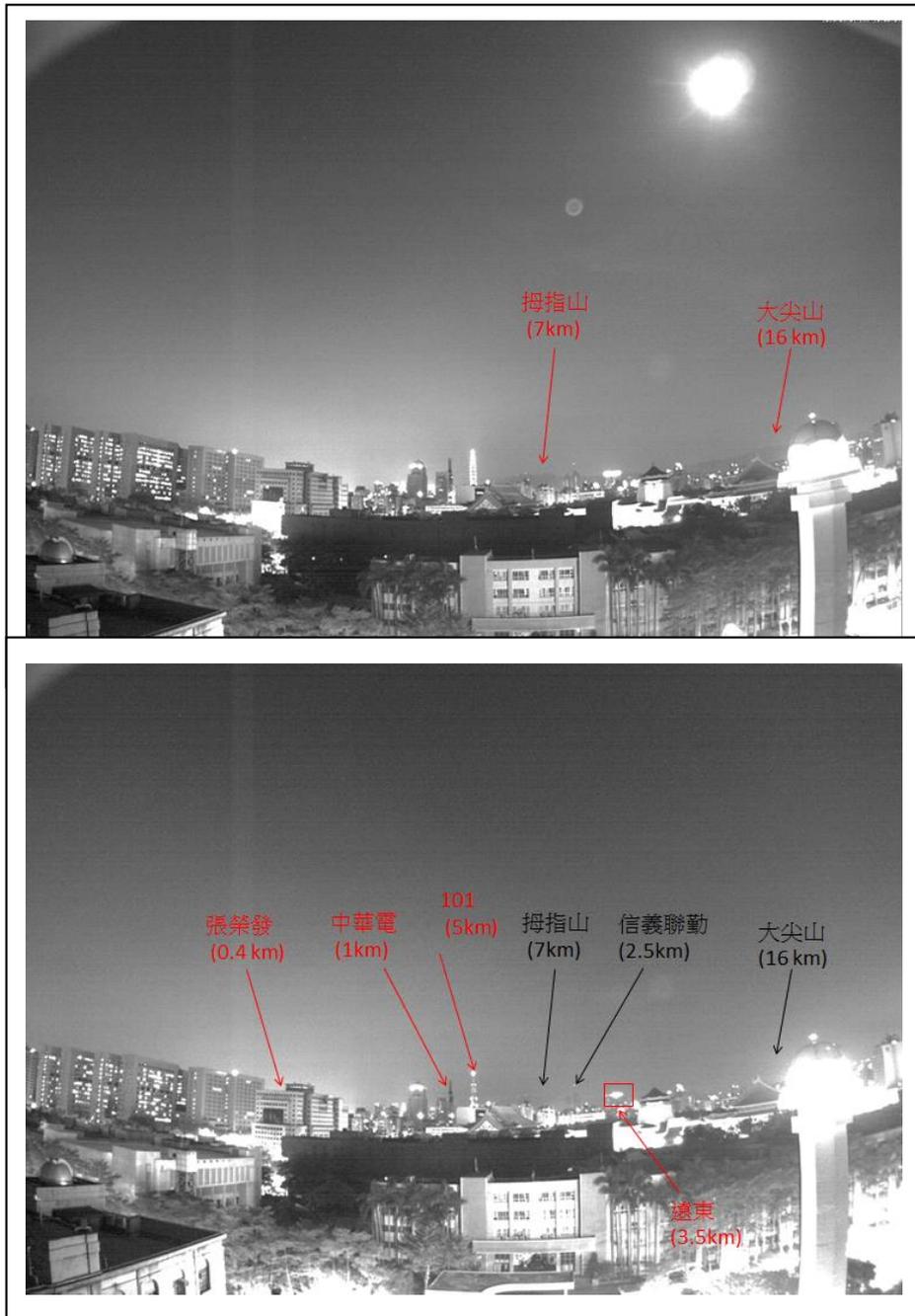


圖 3.10:2014 年 9 月 7 日 08:00pm 以及 11:00pm 台北測站兩張 Mobotix M12 影像。

2014/09/07 21:00



Index value 32058

2014/09/07 23:00



Index value 22017

2014/09/08 02:00



Index value 6981

圖 3.11: 台北測站 VM95 影像 2014 年 9 月 7 日 09:00pm、11:00pm、9 月 8 日 2:00am 三張影像及其對應的 index value 閾值。

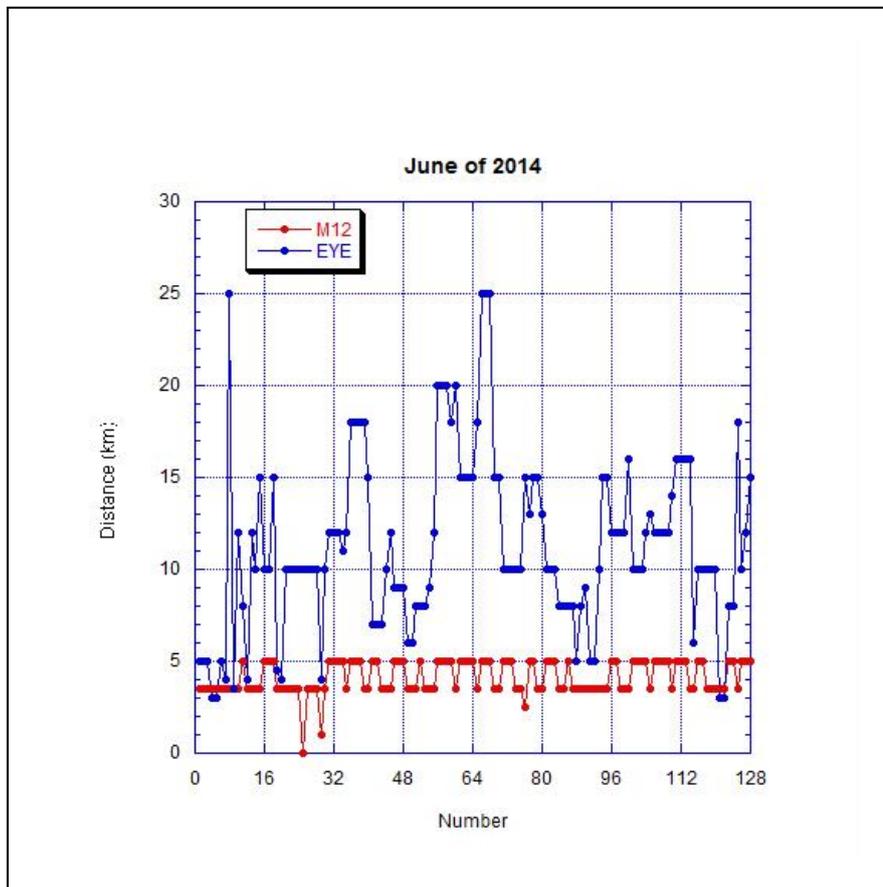


圖 3.12: 2014 年 6 月台北測站 M12 夜間時段影像判斷與觀測員人工觀測(EYE)之能見度數據。

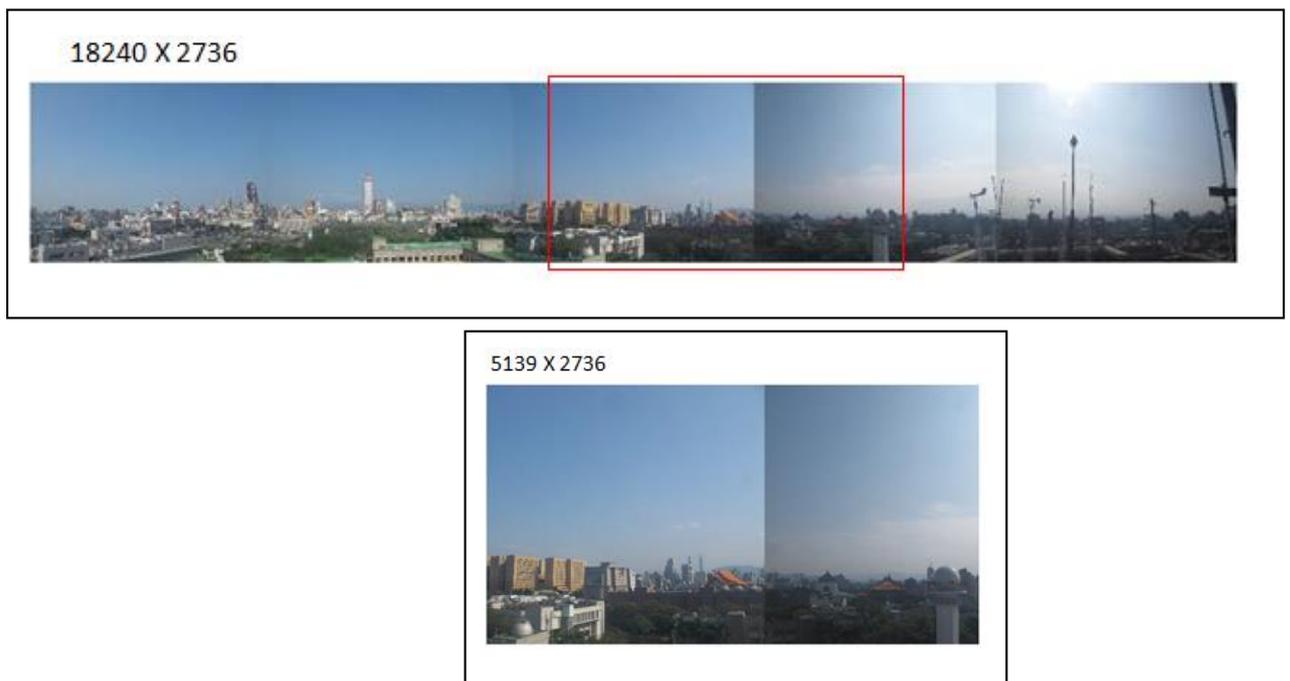


圖 3.13: 2013 年 12 月 31 日 13:07LST 台北測站 VM95 環場影像樣本(大 18240*2736 pixels)，紅框區則是 Mobotix M12 影像之範圍(5139*2736 pixels)。



圖. 3.14:上半部是 2013 年 12 月 31 日 12:02LST VM95 影像以及 11 個目標物距離與 index value。下半部是 2014 年 3 月 6 日 12:07LST VM95 影像。

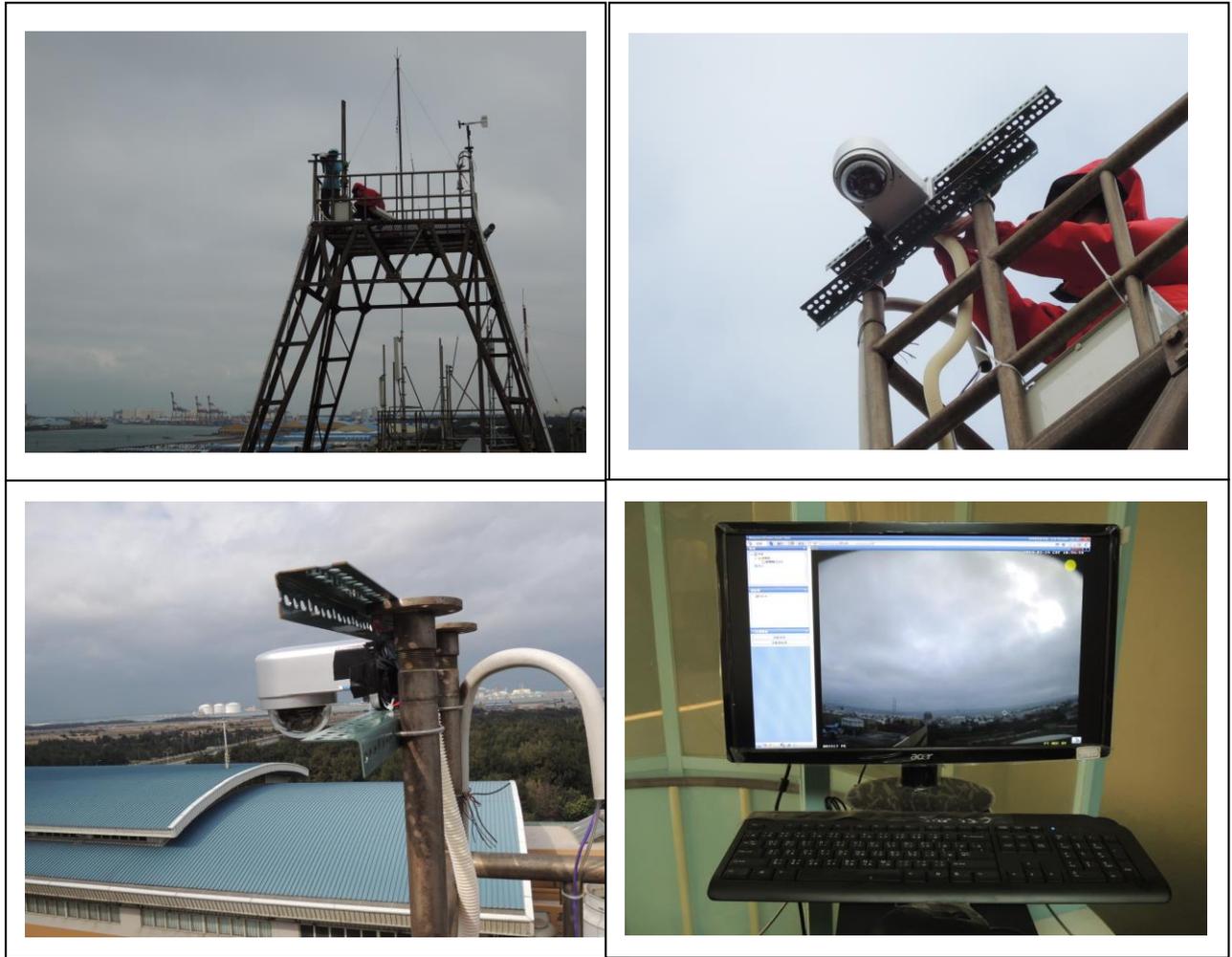


圖 3.15:2014 年 2 月 13 日~14 日於梧棲測站屋頂測風塔上所安裝的 BlueEyes-
BE3213A 環場網路攝影機以及鏡頭控制伺服器。

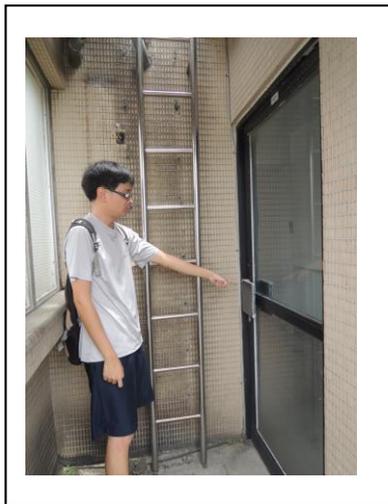


圖 3.16：2014 年新款戶外型攝影機 BlueEyes-BE3213S2 環場網路攝影機與紀錄系統安裝於台北測站屋頂。



圖 3.17: 2014 年 9 月 30 日 9:00LST BlueEyes 攝影機水平旋轉所拍下的 12 張影像，紅框代表 Mobotix M12 的影像範圍。

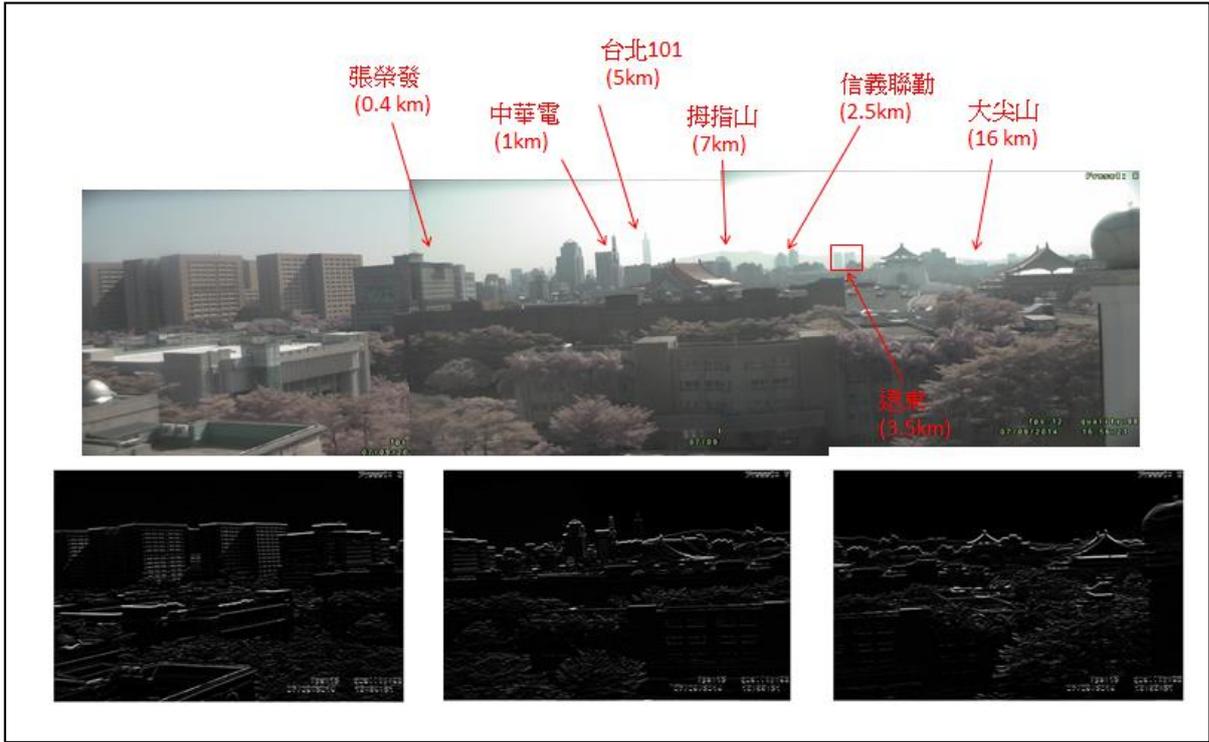


圖 3.18: 圖 3.15 紅框範圍內目標物框架，以及其經過本計畫演算法所呈現的目標物清晰輪廓邊界線條。

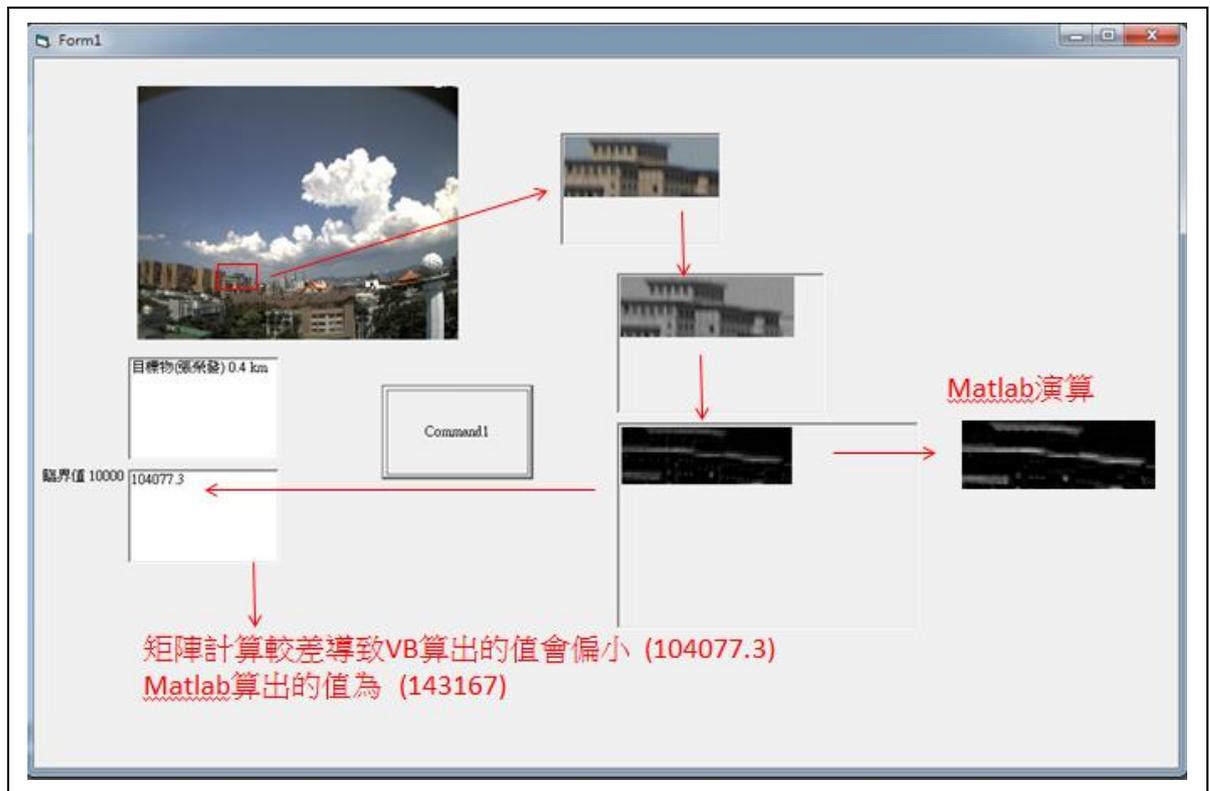


圖 3.19: Windows 視窗作業環境的 Virtual Basic (VB) 語言改寫 Matlab 套裝軟體內建的「Prewitt」跟「Log」影像訊號濾波器的 M12 影像分析結果。



圖 3.20: 本計畫擬在下年度安裝於各測站 Mobotix M12 接收主機之 VB 人機介面畫面。(左)2014 年 8 月 26 日 11:00am 晴天個案(右)10 月 1 日 08:00am 陰天個案。

附件一：2014 年新款戶外型攝影機 BlueEyes-BE3213S2 環場網路攝影機規格（參見 <http://blueeyes.com.tw/BE3213S2.php>）



藍眼HD CCTV -- 畫質是市售監視系統的16倍

本公司以回饋消費者精神，保證所有商品皆為全國最低價，買貴一律退您差價，歡迎您立刻詢價

 24小時即時報價系統

特色 規格 型錄 保固 技術 軟體

- 一百三十萬畫素，影像更新率高達1280x1024@30fps(SXGA)
- 三模壓縮H.264 High Profile, MPEG4, M-JPEG，兼顧畫質與頻寬
- 彩色0.1Lux@F1.8，黑白0.05Lux@F1.8，感度提升後可達0.0001Lux@F1.8
- 光學放大12倍，數位放大16倍，總放大倍數高達192倍
- 具有自動對焦與自動光圈的伸縮鏡頭
- 寬動態範圍高達128倍，克服高反差呈現清晰完美畫質
- 內建強光抑制(HLC)、透霧(defog)、防抖動圖像穩定(DIS)功能
- 具備3D動態降噪、感度提升(256倍)、馬賽克隱私遮擋、進階移動偵測功能
- 具有自動校時功能，支援網路NTP校時伺服器
- 室外用IP66防水防護等級，適用於特殊環境需求
- 支援ONVIF全球性開放介面標準，軟體整合沒煩惱

附件二：中央氣象局 103 年度委託研究計畫期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱	影像分析在天氣觀測之應用(2/3)	
計畫編號	MOTC-CWB-103-M-01	
計畫主持人	林博雄	
執行機構	國立臺灣大學	
審查委員姓名	審查意見	執行機構處理說明
李委員育棋	<p>一、目前 VB 程式建議考慮其未來運作的效能，另對於影像分析的時間解析度能否提高，透過統計分析法提高影像研判的穩定與代表性。</p> <p>二、對於影像的判斷是否能考慮人工能見度的權重調整。</p>	<p>本年度影像分析都是每日整點 M12 照片，VB 程式計算一張影像的臨界值可在一分鐘內完成，因此可提高時間解析度到一分鐘一張，可滿足未來作業化運作效能需求。我們建議下年度各測站繼續進行 VisRecord 紀錄來提高各季節樣本，協助本計畫影像研判的穩定與代表性。同時，透過各季節影像判斷與人工判斷能見度的誤差程度來調整修正權重。</p>
朱委員雨其	<p>一、本年度計畫成果及工作項目符合預期目標，且對夜間能見度亦做探究，應予肯定。</p> <p>二、針對金門島的能見度觀測及相關實驗結果，建請考量金門 PM2.5 濃度對能見度影響。</p> <p>三、建議以一完整的流程圖(或類似的圖說)表達後續將導入此套作業的操作模式。</p>	<p>1. 能見度跟 PM2.5 濃度分析在第一期報告中有過分析，金門站兩種資料的相關性係數是 0.39，第二年度再次收納金門 PM2.5 濃度重新分析(新增圖 3.9)。</p> <p>2. 期末報告修訂版已新增圖 3.3 加以說明。</p>
陳委員怡良	<p>一、充分善用經費嘗試各種不同技術開發並獲致豐富成果，大幅提高未來的可能性，審查通過。</p>	<p>謝謝委員肯定與指導。</p>