

後記

## 疼惜家鄉土地 中山大附中學生調查後勁溪汙染

出於對家鄉環境的關心，林晨光及陳萱兩位中山大附中的同學，到高雄應用科技大學實驗室學習，合作了一份調查報告，研究學校旁邊的後勁溪是否受到汙染。

去年三月，台塑仁武廠附近的土壤和地下水，被環保署查出嚴重汙染。當時看到報導的林晨光和陳萱兩人，暗暗關心起環境議題，當他們得知高瞻計畫提供做研究的機會時，便以學校附近的後勁溪為對象，研究溪水受汙染的程度。

追蹤水質 時間和耐心是考驗

事實上，和中山大附中同樣位在高雄的高雄應用科技大學，早已開始針對後勁溪的水質做調查。林晨光和陳萱兩人參加高瞻計畫之後，加入高應大的團隊，沿續他們先前的成果繼續進行調查，在高應大的實驗室工作，和高應大實驗室的負責人及研究生們一起使用儀器。對兩個高中學生而言，這是十分難得的體驗，「會覺得高中生的某些能力不輸給研究生！」林晨光說。

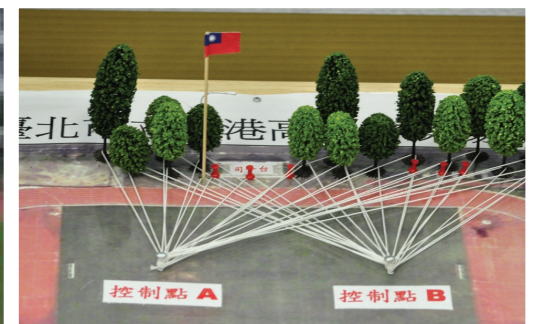
調查水質是一個需要投入長期努力的工作，對還在高中就讀的兩位學生來說，除了平常課業之外，還得抽出額外時間來做；調查過程中，有許多細節都需要良好的耐心，加上兩位學生追求完美的個性，因此大量的時間和精神都集中在這個調查上了。不過他們並不以為苦，而是將它視為挑戰，「做就要做到最好，」林晨光說，「人生總要有一些不同的挑戰。」

和各大學合作 看得遠才是「高瞻」

「以一場演唱會為例，她負責搭舞台，我負責唱歌。」林晨光以幽默的類比說明他和陳萱的團隊合作。原本是同班同學的兩人，林晨光做事習慣看大不看小，喜歡負責規畫研究的方向，而陳萱十分細心、手工靈巧，兩個人正好個性互補，工作起來也很能互補。兩人在今年五月中還參與了國際研討會，為這份研究做了英文簡報，正好二個人英文程度都很好，發表時不成問題。

問到兩人對高瞻計畫的期望，他們表示到高應大的實驗室工作，使用到其他高中生無法使用的儀器，是很寶貴的經驗。林晨光認為，若未來仍有高瞻計畫，他會推薦學弟妹參加；但他也認為高瞻計畫還可以再更「高瞻」，如果能更多開放式的活動，加入專題課程，讓高中學生有機會和大學做連結，就會有更多有趣的成果出現，對學生的未來也會大有幫助。此外，高中生能到大學去修學分，對高中優秀學生也很有吸引力，「高瞻計畫就是要『看得遠』，才名符其實嘛。」林晨光笑著說，「如果課程都和一般高中生一樣就沒意思了。」

7-1  
地理資訊  
科學小論文



## 天羅地網 改良傳統測量方式以快速蒐集地理資訊

臺北市立南港高級工業職業學校  
周南威、闕育晴



## 天羅地網——改良傳統測量方式以快速蒐集地理資訊

上個學期，我們兩人很幸運的被選上參加學校的高瞻計畫課程，課程內容多元且環環相扣，使我們獲益良多。在多位老師輪流指導的過程中，讓我們實際使用了全球定位系統(Global Positioning System, GPS)接收儀，並使我們體認到GPS接收儀在淨空良好的情況下，能夠很快速的定出接收儀所在位置。然而在實際的操作過程中，我們也發現每當GPS接收儀接近建築物或樹叢邊時，衛星即呈現週波脫落狀態而無法確實定位，常讓我們搞不清楚調查結果之正確性，這時才感覺到GPS其實並沒有想像中那麼的全方位，不但在室內或建築物旁無法正常使用，就連初始化搜尋衛星也必須耗費一段時間。於是在高瞻計畫中有一項名為「搶救雷恩大兵」的課程單元，內容就是讓我們運用GPS並搭配傳統經緯儀測量方式，精確的定出大地方位。

當我們了解到GPS並非萬能後，就希望能對GPS接收儀及傳統儀器測量之間的異同與優劣，進行更深入的研究與探討。我們跟著指導老師於去年11/8參加了台灣師範大學「福衛二號衛星與地理教學」研習課程，從師大學長姐所做出的植物種類分布圖(圖1)資料中，明顯看出調查後的結果有誤判，導致部分樹群的分佈落在校區範圍之外甚遠，而且越接近學校圍牆越明顯，證明GPS接收儀雖可快速定位，但其死角是在淨空不良的情況下，無法全面得到目標物之正確位置資料，精度很難與傳統測量相提並論，這與我們在先前高瞻計畫之「搶救雷恩大兵」單元中遇到的問題完全相同。

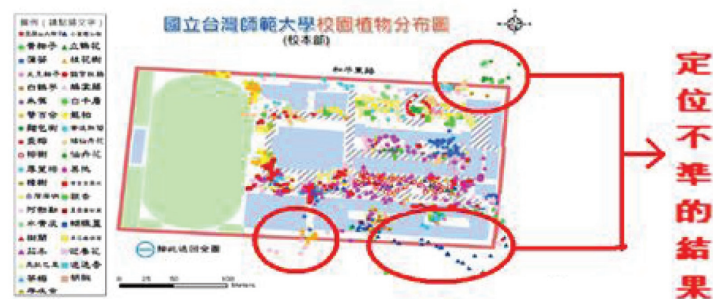


圖1 國立台灣師範大學校園植物分布圖  
(資料來源：台灣師範大學 福衛二號衛星影像研習會)

傳統測量的過程為由整而零，大範圍地區以「導線控制測量」為主，精度要求高，主要測量工具為經緯儀或全站儀；而小範圍測區常使用「前方交會法」測定單點座標，其結果亦可達到平面控制測量的精度要求。傳統地面測量適合取得平面精確位置資料，但卻耗時費力，無法符合短時間內大量收集地理資訊的需求。業界為降低人力成本，常自行研發測量程式增加計算速度，將測量成果快速確認。

在本篇論文中，我們仿照台灣師範大學的情境，於本校操場邊選定一排茂密樹叢，嘗試取出GPS之對空性與傳統測量之對地性兩種方式的優點加以融合，希望以原有的「前方交會法」測量知識與技術為基礎，藉由高瞻計畫所學習到的3S地理資訊課程內容，以及搭配精度精準之e-GPS，來研發改良傳統測量數據的後處理方式，再自行編寫一套Microsoft Excel電腦輔助推算式，將e-GPS與傳統測量兩者並用後所取得的數據資料，輸入這套Excel程式中，構成「天羅地網」，快速且精確的得到全方位之地理資訊。

最後，我們會將所得到的數據與計算出的成果，利用Google Earth進行比對印證，Google Earth是目前發展最完全的地理資料庫，且提供使用者快速、合法、便利的取得方式。Google Earth大多以航測與衛星攝影判讀地面影像，定位精度可達公分級，我們希望本篇論文成果能從Google Earth中得到印證，以提高論文中所採用研究方式之可行性。

### A 測量級GPS與調查級GPS的分別

#### 一、測量級GPS：

本研究中特別向儀器公司借用此等級之GPS接收儀，以確定基準點位置。此類接收儀定位時間約數分鐘，定位精度高，誤差達公分級，若地形空曠且衛星分布狀況良好，可再縮短定位時間，適合精密定位之平面控制測量使用(圖2)。



圖2 高精度GPS  
(資料來源：<http://ngs.woc.noaa.gov/ANTCAL/images>)

#### 二、調查級GPS：

此類接收儀定位速度僅約數秒鐘，即使是周波脫落狀態亦可模擬定位，但定位精度低，僅為次米級。我們分別以Trimble、GARMIN兩大廠牌之調查級GPS進行調查時常常斷訊，凡遇此情況就必須整個人先退出樹叢外，等待初始化定位後才能再進行調查，25個目標物共花費40分鐘才調查完畢(圖3)。



圖3 作者以調查級GPS 進行樹種調查



## B 傳統地面測量以「前方交會法」施測座標

前方交會法最大的優點，是不用量測距離及可得到準確的平面座標，其計算方式如下範例所示。

範例：A、B 兩點為已知座標之控制點，以經緯儀分別測得 $\angle A$ 及 $\angle B$ ，利用正弦定理推算C點。

$$\overline{AB} = \sqrt{(2578.343 - 2496.501)^2 + (1055.274 - 1278.645)^2} = 237.8922m$$

$$\Phi_{AB} = \tan^{-1}((2578.343 - 2496.501)/(1055.274 - 1278.645)) + 180^\circ = 110^\circ 07' 21.28''$$

$$\Phi_{AC} = \Phi_{AB} - \angle A = (110^\circ 07' 21.28'') - (46^\circ 53' 08'') = 63^\circ 14' 13''$$

$$AC = 237.8922 \times \sin(71^\circ 10' 47'') \div \sin(61^\circ 56' 05'') = 255.1793 \text{ m}$$

$$E_c = E_a + AC \times \sin \Phi_{AC} = 1055.274 + 255.1793 \times \sin(63^\circ 14' 13'') = 1283.1177 \text{ m}$$

$$N_c = N_a + AC \times \cos \Phi_{AC} = 2578.343 + 255.1793 \times \cos(63^\circ 14' 13'') = 2693.2504 \text{ m (待檢核)}$$

$$\Phi_{BC} = \Phi_{BA} + \angle B = (110^\circ 07' 21.28'') - (180^\circ 00' 00'') + (71^\circ 10' 47'') = 1^\circ 18' 8.28''$$

$$BC = 237.8922 \times \sin(46^\circ 53' 08'') \div \sin(61^\circ 56' 05'') = 196.8002 \text{ m}$$

$$E_c = E_b + BC \times \sin \Phi_{BC} = 1278.645 + 196.8002 \times \sin(1^\circ 18' 8'') = 1283.1177 \text{ m}$$

$$N_c = N_b + BC \times \cos \Phi_{BC} = 2496.501 + 196.8002 \times \cos(1^\circ 18' 8'') = 2693.2504 \text{ m (檢核無誤)}$$

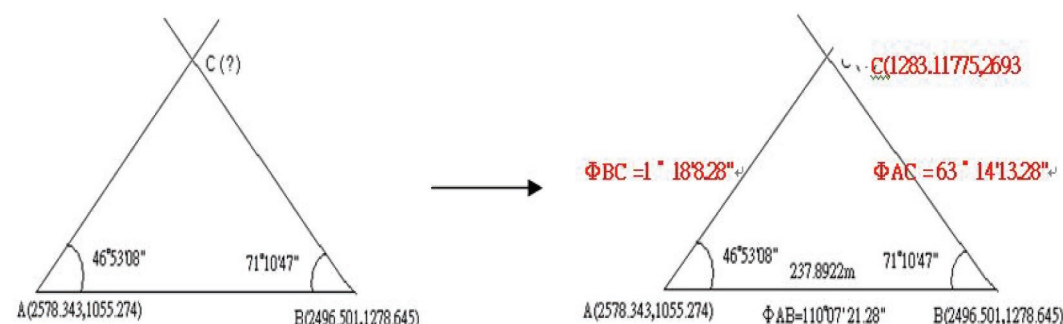


圖4 前方交會法定位示意圖

此種測量法必須先利用經緯儀實地測量，測得 $\angle A$ 及 $\angle B$ 後，推求方位角 $\Phi_{AC}$ 與 $\Phi_{BC}$ ，再利用公式算出AC與BC距離，分別以A、B已知座標求得C點座標並檢核。此法耗時耗力，但測量所得到的座標結果較GPS精確許多。

## C 改良GPS、前方交會測量，設計Excel輔助程式推算座標

1. 首先於本校（南港高工）操場空曠處選定A、B兩點，先以e-GPS取得此兩點確實座標（耗時約2分鐘），分別測得此兩點精確座標為A(2772174.100, 311487.000)、B(2772230.809, 311474.964)。
2. 於A、B兩點各架設一台經緯儀，互相後視並歸零，而後選定操場右側（靠樂群路）之茂密樹叢為目標物，分別對每棵樹、路燈、電桿共25個目標物進行觀測，過程如示意圖（圖5），並將讀數及屬性資料記錄於測量手簿中。

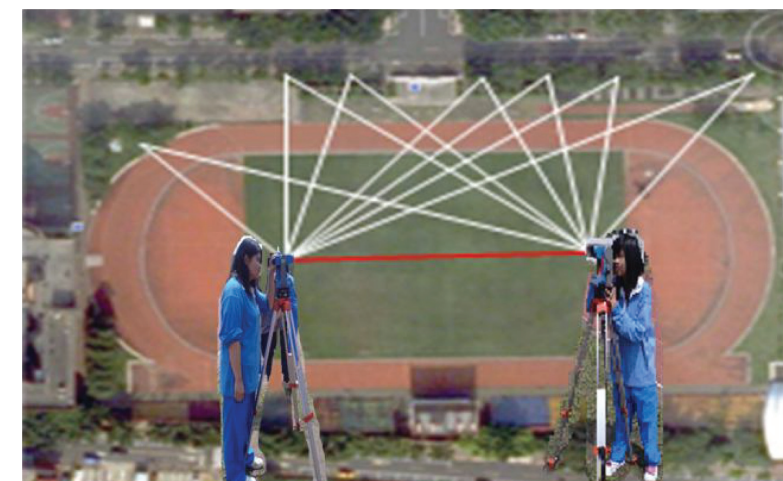


圖5 測量示意圖

3. 將數據輸入自己編寫的程式計算，以下就各程式之目的及步驟分述如下：  
Step1：將A、B兩點控制點，直接以程式算出方位角 $\Phi_{AB}$ （圖6）。

D6		B		C	
1					
2					
3	料：				
4	座標	初值	初值	初值	初值
5	N	E			
6	2772174.100	311487.000	348.01728	348	1
7	2772230.809	311474.964			2.19
8	值				

圖6 Excel表格

Step2：將方位角 $\Phi_{AB}$ ，轉換為習慣上常用之度、分、秒系統（圖7）。

控制點資料：					
測站	座標		初始值	初始方位角	
	N	E		°	'
A	2772174.100	311487.000	348.017276	348	1
B	2772230.809	311474.964			2.19

圖7 Excel 表格

Step3：此欄僅為測量數據輸入欄位，無函數程式（圖8）。

測點	∠A觀測值			∠B觀測值		
	°	'	"	°	'	"
1	330	10	3	127	27	22
2	329	18	32	125	21	24
3	328	37	49	121	9	1
4	326	12	51	117	29	18
5	324	13	27	112	30	42
6	323	5	17	109	31	51
7	322	34	7	107	38	16
8	321	42	10	106	1	8
9	320	57	56	102	14	13
10	318	33	20	98	44	41
11	316	8	32	93	5	37

圖8 Excel 表格

Step4：將 $\angle A$ 觀測值及 $\angle B$ 觀測值導入Q14、R14、S14欄位中（為求表格整齊，故將換算後之 $\angle A$ ，以Q、R、S欄位運算），推算出 $\angle C$ ，並利用下拉功能直接向下推算各點 $\angle C$ （圖9）。

	F	G	H	I	J
10					
11					
12	∠B觀測值		測點角度		
13	'	"	°	'	"
14	27	22	22	42	41
15	21	24	23	57	8

圖9 Excel 表格

Step5：推算目標物C1實際座標，並利用下拉功能直接推算其他各點座標（圖10）。

	F	G	H	I	J
10					
11					
12	∠B觀測值		測點角度		
13	'	"	°	'	"
14	27	22	22	42	41
15	21	24	23	57	8

圖10 Excel 表格

## D 結論

當時指導老師建議我們做這篇論文的時候，從沒有接觸過電腦程式的我們，原以為自己根本無法完成，但最後的結果讓我們非常振奮。結果顯示，運用電腦運算處理，可以使傳統測量作業效率大幅提升，原本需時數小時之測量作業，竟可縮短至30分鐘內完成，且精度遠勝於GPS，整個研究的過程開啓了我們e化的視野，看到自己的成果與想法得到驗證，是我們所獲得最大的鼓勵與收穫。

本篇論文中我們利用新舊測量儀器及技術，配合Excel自編計算系統求出未知點座標，再利用工研院之座標換算軟體將TWD97座標轉成適用於Google Earth之WGS84座標，且學習到Google Earth的基本運用。雖然我們花了很多時間去編寫Excel計算式，但老師說這些計算式並不複雜，只能說是最初階的程式，使我們更能實際體會到地理資訊的建立，確實是需要花費大量的時間、人力、尖端的軟硬體與測量技術才能建置完成，也讓我們瞭解現代測量界的發展，已經從原本的單點精度要求轉變成多點式之資料建置，這些都必須要有強大的電腦資料後處理系統才能達成。

本次高瞻計畫課程中，指導老師帶領我們去實際參觀測量領域的最新技術及趨勢，也間接使得我們定出這次專題研究的方向，參觀時我們看到了「光達」的實際操作，也看到了歐美「測量車」的資料蒐集影片，深刻感受到測量的發展幾乎已無遠弗屆，這些尖端科技應用在各種領域上都能有令人驚喜的成果，本次高瞻計劃研究的過程中，得知國內已積極研發屬於自己的測量車與光達，雖然我國落後歐美技術多年，仍衷心期盼國內專業技術人才能夠群策群力，迎頭趕上。



## 後記

### 佈下天羅地網 快速測量地理方位有撇步

為了改良GPS定位在有障礙物的地方會產生誤差，二位南港高工的學生關育晴、周南威，將GPS配合傳統測量方法「前方交會法」，加上自己寫的電腦程式，終於達成更快、更準確的地理測量。

南港高工的高瞻計畫課程，是每個學生都可以參與的，上學期單數座號學生，下學期雙數座號學生；課程內容也特別活潑，重視應用性，讓學生有動手實習的機會，例如「搶救雷恩大兵」課程，就是讓學生運用GPS加上傳統測量方式來學習定位。兩位學生關育晴、周南威，就是在這門課中點燃了對定位系統的興趣。

努力、細心、多提問 做研究進步多多

為了更深入學習GPS相關知識，兩位學生跟著老師到師大參加研習營，用GPS觀察師大校園的植物分佈圖；但是這麼一去，他們發現在師大的測量結果，和他們在高瞻課堂上測量的有一樣的問題，「只要遇到靠近建築物的地方，GPS搜尋到的座標誤差都非常的大，」關育晴說，「所以我們就想要找出一個方法來減少誤差。」這就是研究計畫的發想歷程。

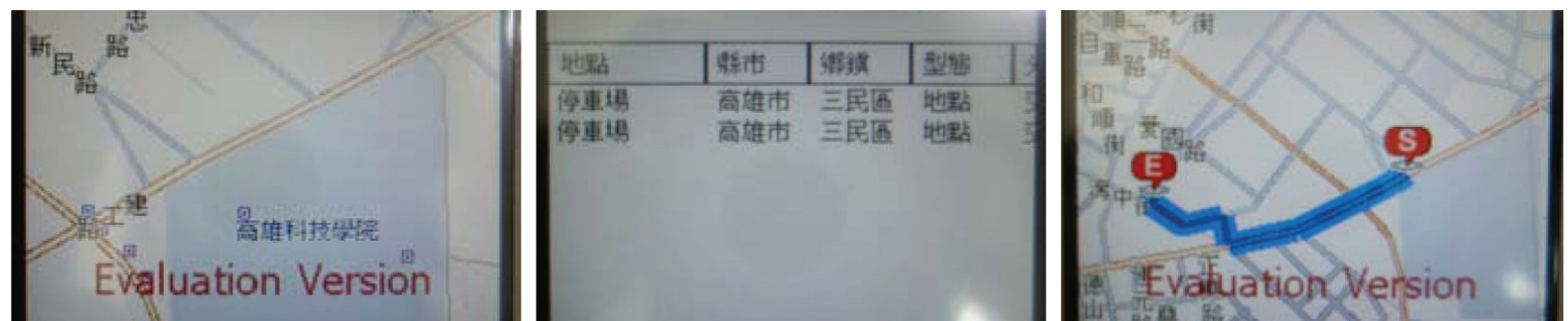
兩位同學自己設計研究的主題和方向，指導老師孫德昌老師，只幫他們做些修改，從旁輔助。他們以傳統測量方式「前方交會法」，設下固定的A、B兩點，再去比對目標物C點的座標；為了讓計算過程更快速，他們自己寫了電腦程式來跑計算，而原本兩人只有一點基本程式能力，所以為此下了一番苦心。「我們問了機概老師，但其實不只問他，幾乎整科裡的老師都有幫忙。」周南威說。兩人努力測量、細心地登記和計算數據，終於找到了結合GPS快速便利、傳統前方交會法精確度高、具方向性的特性的測量方法。除此之外，他們也自己想像了這方法的應用面，「在都市規畫方面會很有幫助。」

參加高瞻計畫 開了眼界也順遂了升學之路

說到參與高瞻計畫嘉年華的經驗，他們最印象深刻的事，便是能見到其他學校來的各路好手，若其中有和他們科系相關的作品，更是引發他們注意，「例如有一件奈米材料抑制磚牆白華的作品就讓我們印象很深。」周南威表示。此外有一件有趣的事，他們記得很清楚，「我們在比賽的前一天，在飯店房間裡練稿，結果外面有別隊在偷聽！」關育晴笑著說。可見參與高瞻計畫嘉年華的隊伍之間，對彼此的作品充滿好奇心，同時想必也帶著些較量的心情吧！

現在兩位同學都已畢業，關育晴就讀高應大的資訊工程系，似乎是做高瞻計畫時寫程式寫出了興趣，「我喜歡程式，只要將資料套用到寫好的程式就可以馬上知道答案，很酷！雖然說寫程式還蠻煩的。」她笑著說。周南威就讀的則是高應大土木工程智慧科技組，學的是自己很有興趣的電學。他們都覺得參加高瞻計畫讓他們可以操作到特殊的儀器，得到就讀理想學校的機會，在計畫中學到的東西和未來工作也有所結合，可說是助益良多。

## 7-2 地理資訊 科學小論文



## 一機在手，車位無窮 智慧型手機結合RFID的應用

高雄市立高雄高級工業職業學校  
林家宇、張庭榮、黃品叡、陳瑜