

動態後處理差分技術應用在林地測量之研究

文、圖 ■ 賴幸君 ■ 行政院農委會林務局南投林區管理處埔里工作站技士

一、前言

隨著GPS衛星觀測數量的增加，以及相位未定值求解理論不斷的推陳出新，導致衛星測量的方式亦不斷的演變，從初期的靜態測量（Static）發展到即時動態測量（Real Time Kinematic，簡稱RTK）乃至虛擬參考基站（Virtual Reference Station，簡稱VRS），已發展出具有高產能及高精度的測量技術，使GPS的運用範疇更加擴展。

林務局93年度列舉施政重點中，林地管理與森林保護項目中列舉國有林班地內租地重測後，林務局即開始辦理各項租地重測訓練，為了符合國土資訊化需求，各林區管理處開始引進當時最先進之公分級或亞米級即時差分GPS系統，但使用後發現，林地環境要完成初始化機率相當低，但重測成果要以數值化展現，需進一步謀求如何讓GPS測量系統能於林地環境進行測量的方式。

即時差分系統需要無線電傳送基站衛星訊號，但林地環境受到地形阻隔，基站訊號無法傳送到移動站，為了克服此障礙，即時差分系統可調整作業模式為後處理差分（Post Process），在實務上，以後處理差分作

業模式再配合電子羅盤儀，其作業效能及精度優於傳統導線測量。採用一般後處理差分技術，觀測參數只考慮觀測資料量或觀測時間，作業效率與定位精度無法搭配。而動態後處理差分技術，不僅其觀測時間與觀測衛星數量必須相互搭配，其作業效能與成果精度較易掌控，故本研究採以動態後處理差分技術進行測試。

二、動態後處理差分技術

差分GPS（Differential GPS，DGPS）是為改善電碼定位而發展出來的系統，係採用相對定位的原理，即對不同測點利用差分方式消去大部分共同誤差而獲取較高的精度，從靜態測量到最新VRS虛擬基站觀測均屬之，差分型態包含即時差分與後處理差分二種作業模式。

（一）即時動態差分與動態後處理差分

GPS應用在高精度測量時，需同時接收兩組以上資料，GPS資料接收方式可分成即時動態資料收集與後處理資料收集，即時動態是利用無線電傳送基站資料給移動站，並即時與移動站資料作解算。後處理方式為



先記錄基站與移動站原始觀測量資料，事後在電腦上靠軟體解算座標，因可以在軟體消除干擾訊號，再加上觀測時間大於即時差分，理論上定位精度優於即時差分。

(二) 差分測量型態

差分技術雖可區別為即時與後處理二種，但因作業處理模式及測量型態與作用目的不相同，茲將測量型態與測量作業模式需求整理如表1。

(三) 動態後處理差分定位 (Post-Processed Kinematic (PPK) Positioning)

動態後處理差分定位是先收集GPS訊號並記錄於儲存設備，再於電腦上處理，此項技術通常使用在移動及動態測量，GPS天線必須停留在定位點，動態測量必須同時且持續觀測4顆以上之衛星，初始化相位未定值

之求解必須要5顆衛星以上，且衛星顆數越多定位精度越佳，後處理差分定位之基站通常為1個或更多，位於不同象限位置，提供眾多移動站差分使用。

三、材料與方法

本實驗目的在探討GPS衛星測量在林地環境受到多路徑效應，無法在短時間完成初始化，利用短基線後處理差分技術，取代即時差分定位，以進行林下高精度GPS測量。

所有定位誤差因子中可控制因子為基線長度、基線數量、觀測時間，變動因子為環境之多路徑效應，實驗設計考慮此4種因子下，由8組公分級GPS—6組TRIMBLE 5700型及2組TRIMBLE 5800型移動站，在埔里盆地選擇針、闊2個測區，各測區在選定A

表1 差分作業模式測量型態與作業模式需求表

作業模式與設備需求	測量型態			
	即時差分	即時差分+後處理	動態後處理差分	快速靜態
移動站	✓	✓	✓	✓
移動站無線電	✓	✓		
基站	✓	✓	✓	✓
基站無線電	✓	✓		
配合雷射儀器	✓	✓	✓	✓
快速靜態				✓
地形測量	✓	✓	✓	
控制點測量	✓	✓	✓	
快速點測量	✓	✓		
連續點測量	✓	✓		
監測	✓	✓		

資料來源：本研究整理。

及AA 2個樣區（圖1），每個樣區經由樹冠影像分析儀（DIGITAL PLANT CANOPY, IMAGER CI-110），採用瞬間拍攝法再選定3種葉面積指數（Leaf Area Index, LAI）之測點。組合成12個測試點（表2）進行遮蔽度、樹種、單雙基站及基線長度對於動態後處理差分之定位精度研究。12個對照組座標由1 hr靜態觀測取得林外圖根點後再由經緯儀取得，觀測參數如表3。

基線解算必須考慮接收衛星訊號之品質與解算成功率，林地環境之多路徑效應嚴重，尤其是低仰角之衛星訊號，故解算基線時以調高衛星觀測仰角對於解算成功機率有幫助。LAI指數I、II等級，由於衛星訊號受干擾與訊號中斷情形較不嚴重，差分解算由觀測仰角 15° 開始解算， 15° 以下訊號忽略不計，未通過限差值與基線解型態（Solution Type）未達Fixed等級之基線，調高 5° 衛星觀測仰角，因此 20° 以下訊號忽略不計，而後再重新解算，直到調高衛星觀測仰角至 35° ，未通過之基線則放棄（表4）。

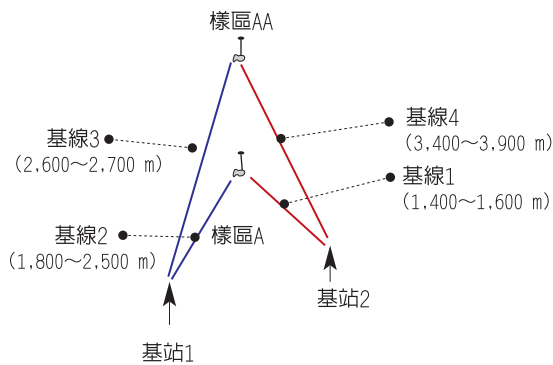


圖1 基線長度與基站數量試驗配置圖。

表2 測試點LAI與林型交叉組合表

林型	地點代號	LAI代號（指數）		
		I (0.5~0.8)	II (0.9~1.2)	III (1.5~2.0)
針葉樹	C	CI	CII	CIII
針葉樹	CC	CCI	CCII	CCIII
闊葉樹	B	BI	BII	BIII
闊葉樹	BB	BBI	BBII	BBIII

表3 觀測參數設定值

參數項目	參數值
衛星觀測仰角	15°
資料擷取率	2 sec
衛星幾何分布結構值	< 6
接收4顆衛星觀測時間	10 min
接收5顆衛星觀測時間	8 min
接收6顆以上衛星觀測時間	5 min

表4 基線差分解算參數

共同解算參數	
解算波段	L1、wide lane
對流層參數	Hopefield 2
基線解型態（solution type）	Fixed
葉面積指數I、II等級解算精度門檻值	
衛星觀測仰角限度	$15^{\circ} \sim 35^{\circ}$
中誤差（RMS）	< 0.4 m
比值（ratio）	> 1.5
參考變方（reference variance）	< 200
葉面積指數III等級解算精度門檻值	
衛星觀測仰角限度	$15^{\circ} \sim 20^{\circ}$
中誤差（RMS）	< 0.4 m
比值（ratio）	> 1.5
參考變方（reference variance）	無設限



四、實驗結果

(一) 差分前與差分後之差異分析

差分前與差分後之中誤差平均值差異明顯，由原始觀測與完成差分之水平中誤差相差3.116 m (3.523—0.407) 垂直中誤差平均值相差3.186 m (5.259—0.392)，水平中誤差最大誤差值亦由24.036 m降至6.014 m，其中95%信賴區間亦明顯縮減，水平中誤差在0.362~0.452之間，垂直中誤差在0.349~0.434 m之間(圖2)。

(二) 定位精度差異與相關性分析

本實驗定位精度差異與相關性分析將分為4個項目，第一項為遮蔽度對於定位精度之影響；第二項為林型差異對於定位精度之影響；第三項為單基站與雙基站之差異；第四項為基線距離對於定位精度之差異分析。

1. 葉面積指數水平及垂直中誤差

由葉面積指數之描述性統計之定位誤差平均數、95%平均數信賴區間均顯示，誤差大小與變異區間，均依據LAI等級升高而增大，定位點個數依據葉面積指數等級升高而

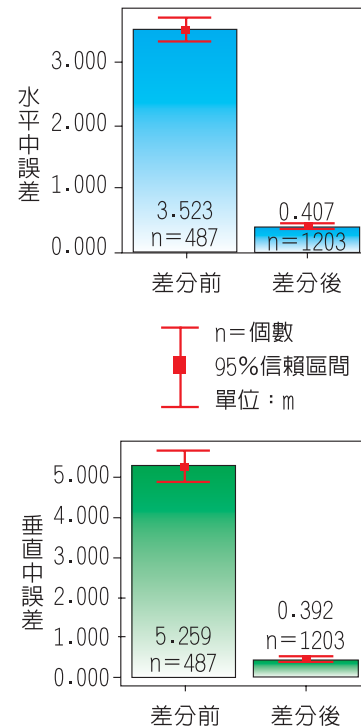


圖2 差分前後水平及垂直中誤差長條圖。

下降(表5)，多重比較變異數分析顯示LAI (I—II) (I—III) (II—III) 區間差異顯著。

2. 樹種

(1) 點位數量差異分析

闊葉林型於3級LAI林分中，差分解算成

表5 LAI水平及垂直中誤差描述性統計

單位: m

	LAI等級	個數	平均數	標準差	標準誤	平均數的 95% 信賴區間		最小值	最大值
						下界	上界		
水平中誤差	I	645	0.273	0.616	0.024	0.225	0.320	0.002	4.553
	II	366	0.456	0.791	0.041	0.375	0.537	0.004	3.516
	III	193	0.761	1.160	0.084	0.596	0.926	0.004	6.014
垂直中誤差	I	645	0.267	0.584	0.023	0.222	0.312	0.000	6.356
	II	366	0.422	0.723	0.038	0.348	0.497	0.001	4.307
	III	193	0.748	1.147	0.083	0.585	0.911	0.001	6.302

表6 完成差分之針、闊林型LAI數量交叉表

		LAI等級			總和
		I	II	III	
林型別	針葉樹	315	146	56	517
	闊葉樹	330	220	137	687
總和		645	366	193	1,204

功率優於針葉林型（表6），分析原因，雖為相同之LAI等級，但針葉林型之樹幹密度大於闊葉林型，對於衛星訊號產生遮蔽情形較闊葉林型嚴重，由於後處理差分作業模式必須持續觀測4顆以上衛星才能完成觀測，故針葉林型發生重新計時之機率較闊葉林型高，則闊葉林型之點位觀測數量多於針葉林型。

（2）水平中誤差與垂直中誤差

針葉林型中誤差平均數0.182 m小於闊葉林型的中誤差平均數0.576 m，95%信賴區間差異亦顯示闊葉林型大於針葉林型，針葉林型垂直中誤差平均數為0.258 m小於闊葉林型中誤差平均數0.492 m，但其95%信賴區間差異不大（圖3），水平中誤差與垂直中誤差差異性分析顯示，針葉林型與闊葉林型之差異極顯著，代表在相同LAI等級、基線長與基站數量下，針葉林型定位精度優於闊葉林型。從林型型態分析，闊葉林型葉部反射面較針葉樹大，因此判斷葉部型態為影響定位精度之重要因素。

3．基站數量差異之水平及垂直中誤差

基站數量差異分析在於區別動態後處理差分使用單一基站與雙基站對於定位精度之差異，實驗結果發現，後處理差分作業模式在此基線距離模式下，單基站或雙基站對於

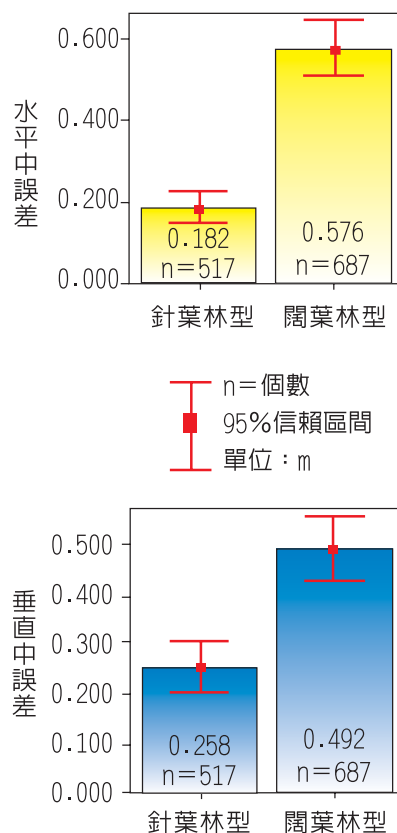


圖3 林型分類之水平及垂直中誤差長條圖。

定位精度並無明顯差異（圖4）。

4．基線長度

基線長度試驗由單一基站與雙基站進行測試，單一基站依據實驗配置可得到4條基線，而雙基站可得到2條基線作分析。

（1）單基站水平及垂直中誤差

水平及垂直中誤差之平均值，水平中誤差除基線長度等級2之誤差值較距離等級1小外，誤差值似依基線長度遞增（圖5），故基線愈長誤差值愈大。

（2）雙基站水平及垂直中誤差

雙基站之移動站距離差距，針葉林型約1,000 m，闊葉林型約700 m，分析結果，

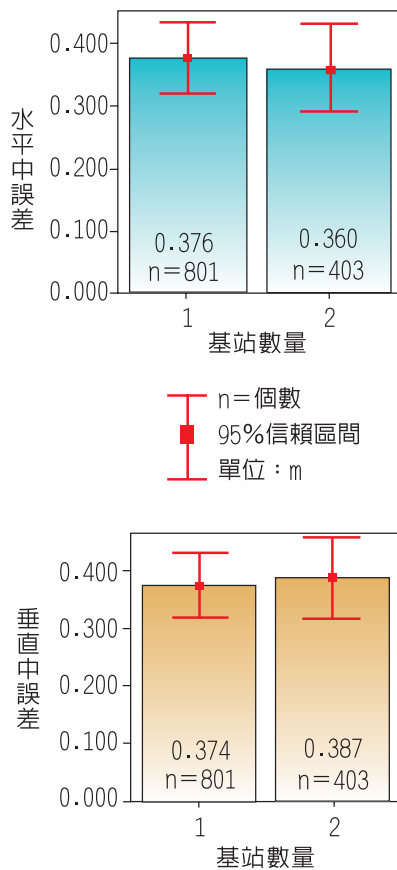


圖4 單基站與雙基站水平及垂直中誤差長條圖。

長距離基線組合之平均中誤差值為0.432 m，大於短基線組合之平均誤差值0.299 m，95%信賴區間誤差範圍亦是長基線組合大於短基線組合（圖6），差異顯著性分析顯示差異不顯著，但顯著性值為0.055，若差距等級再加大其差異性應會變為顯著。

五、結論

即時動態與虛擬參考基站模式為目前GPS作業效率最高之測量模式，但僅止於作業環境必須在透空狀況良好，且無多路徑效應下，林地環境要達到初始化狀態機率

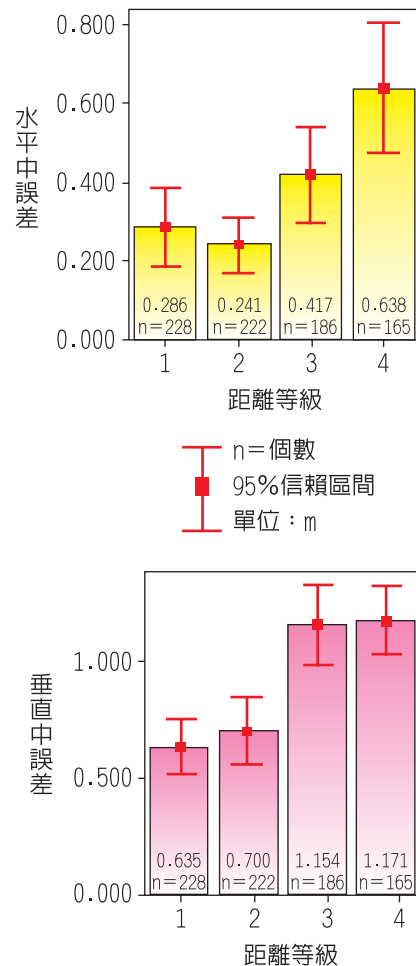


圖5 單基站基線長度與水平及垂直中誤差長條圖。

不高，本研究採用動態後處理差分作業模式，當即時差分作業模式無法達到初始化狀



（圖片 / 高遠文化 攝影 / 葉品好）

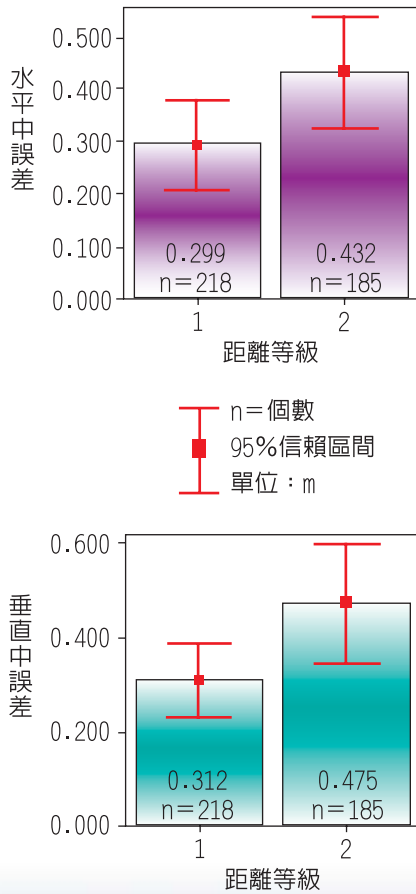


圖6 雙基站基線長度與水平及垂直中誤差長條圖。

態時，在不改變即時動態差分設備下，即可切換成動態後處理差分作業，其定位精度在未差分前水平中誤差平均值為3.523 m，差分後水平中誤差平均值下降至0.407 m，此數值已包含極端環境之觀測值，此誤差在林地環境已可被接受。

本研究從林型與誤差值分析發現，闊葉林型之多路徑效應比針葉林型明顯，顯示反射體型態對於GPS衛星訊號具有相關性。針葉林型因樹幹密度大於闊葉樹，影響到觀測衛星數量，相對影響觀測數量，作業效能比闊葉樹低。

加強定位精度方面，短基線對於增加基站並無明顯效益，在本實驗之基線距離模式下，已接近差異顯著門檻值，若再拉長基線距離則雙基站作業模式對於提升定位精度具有功效。🏠



(圖片 / 高遠文化 攝影 / 葉品好)