

第四章 研究成果及分析

4-1 單一參考站模擬動態定位分析

將三次不同時間之 GPS 觀測資料利用 Bernese4.2 軟體進行模擬動態定位資料處理，以解單基線的原理分別由每一個參考站和移動站組成一條基線即每次觀測解算三條基線，以 epoch-by-epoch 方式每一筆觀測量即求解出一筆坐標。(計算成果如圖 4-1~圖 4-9 所示)

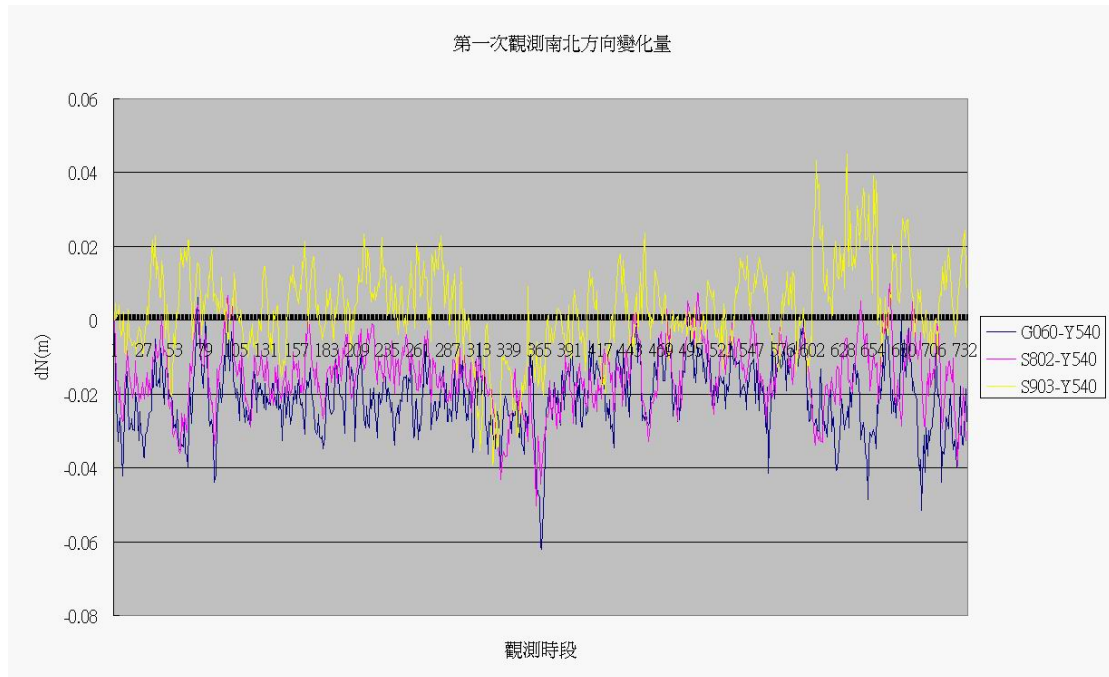


圖 4-1 第一次觀測單一參考站 Y540 南北方向計算成果

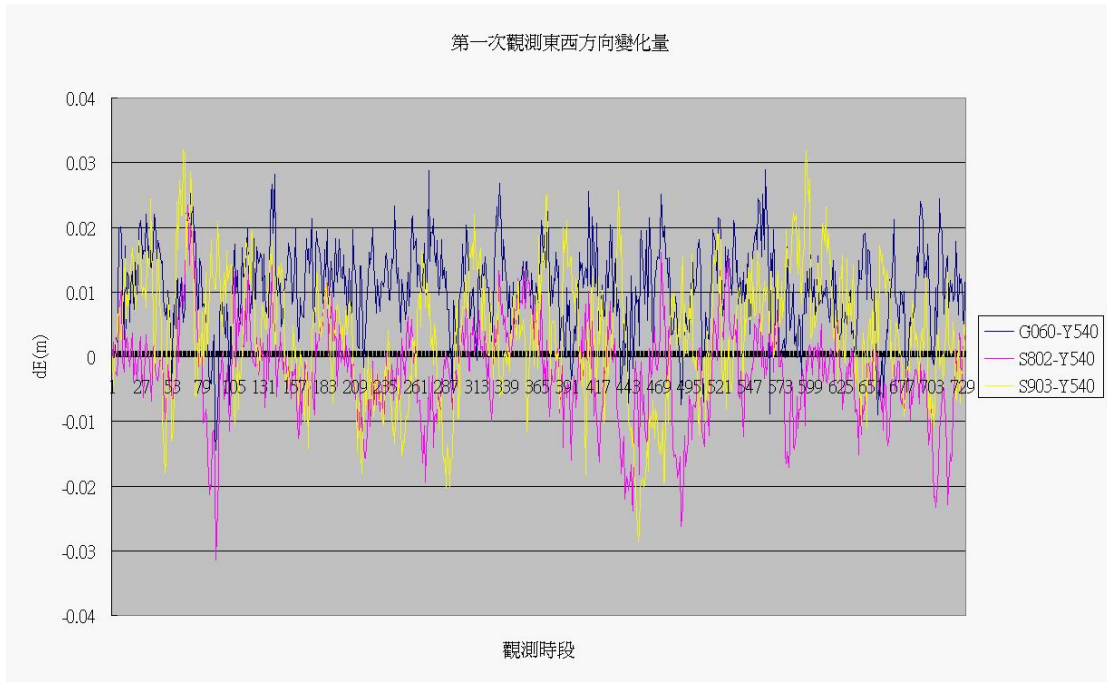


圖 4-2 第一次觀測單一參考站 Y540 東西方向計算成果

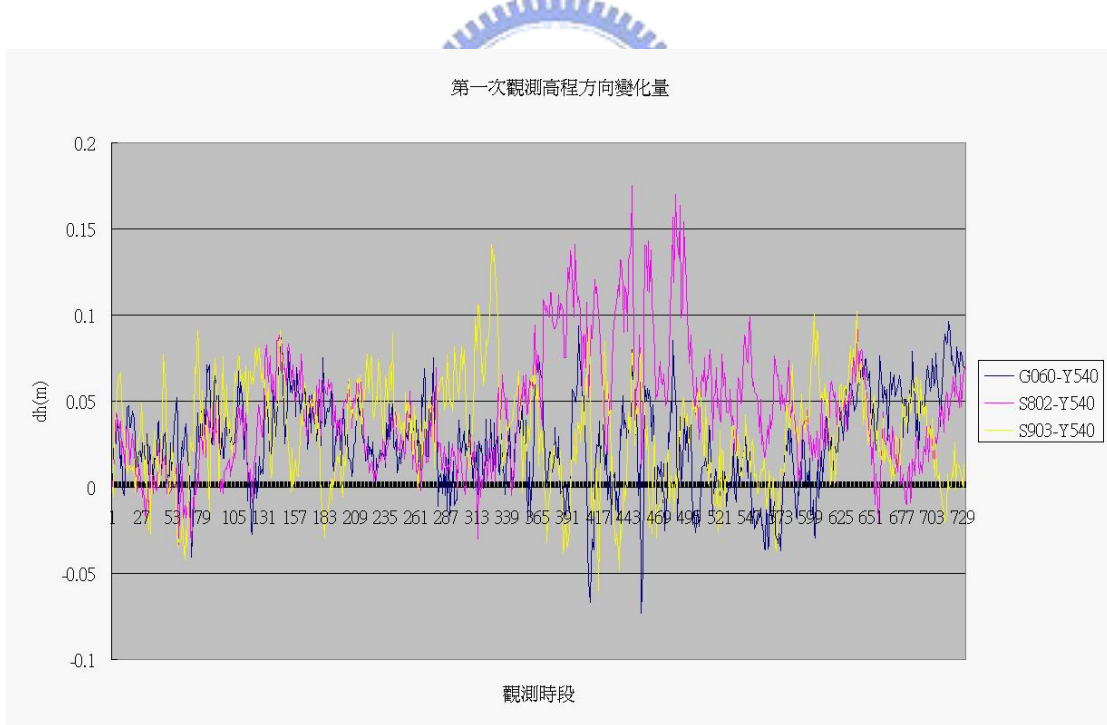


圖 4-3 第一次觀測單一參考站 Y540 高程方向計算成果

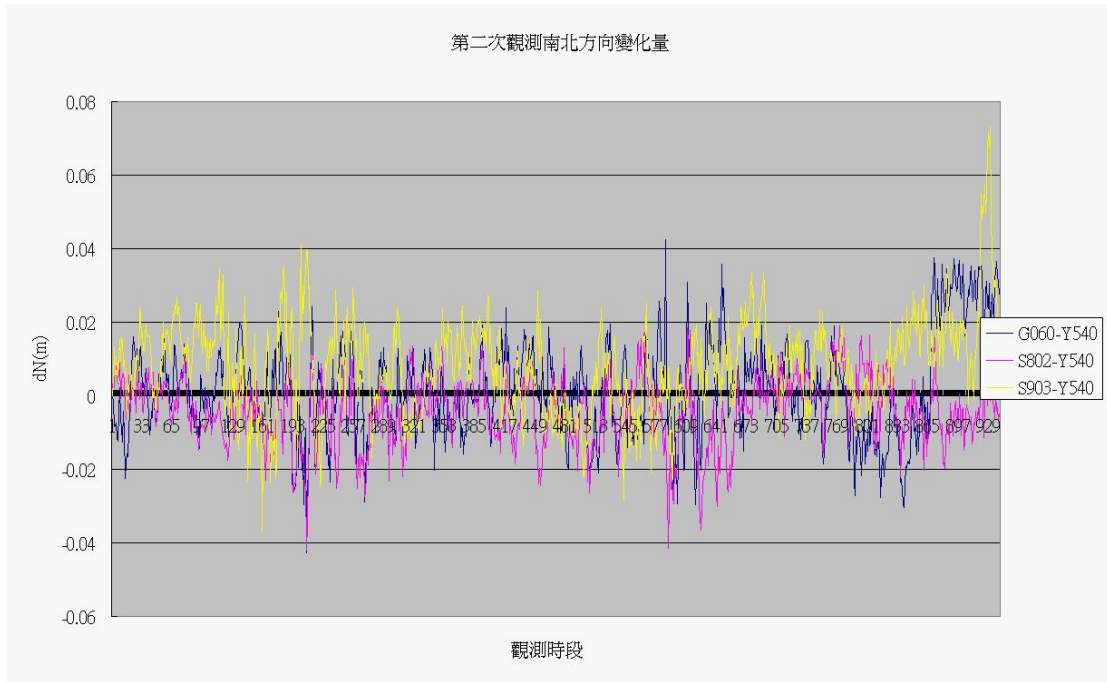


圖 4-4 第二次觀測單一參考站 Y540 南北方向計算成果

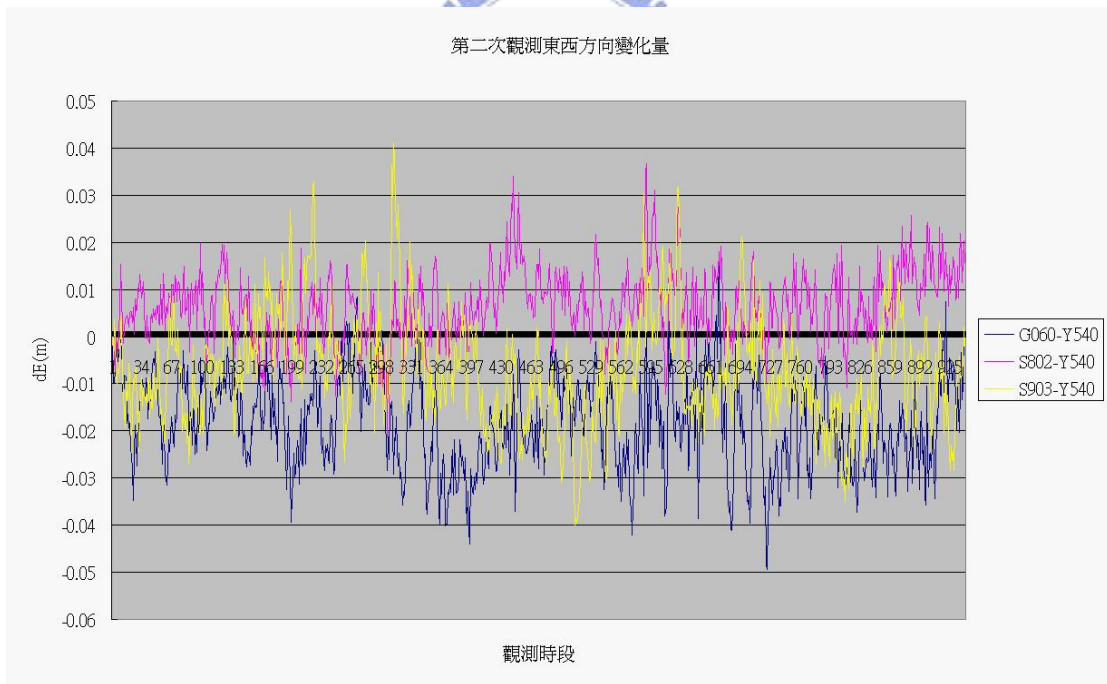


圖 4-5 第二次觀測單一參考站 Y540 東西方向計算成果

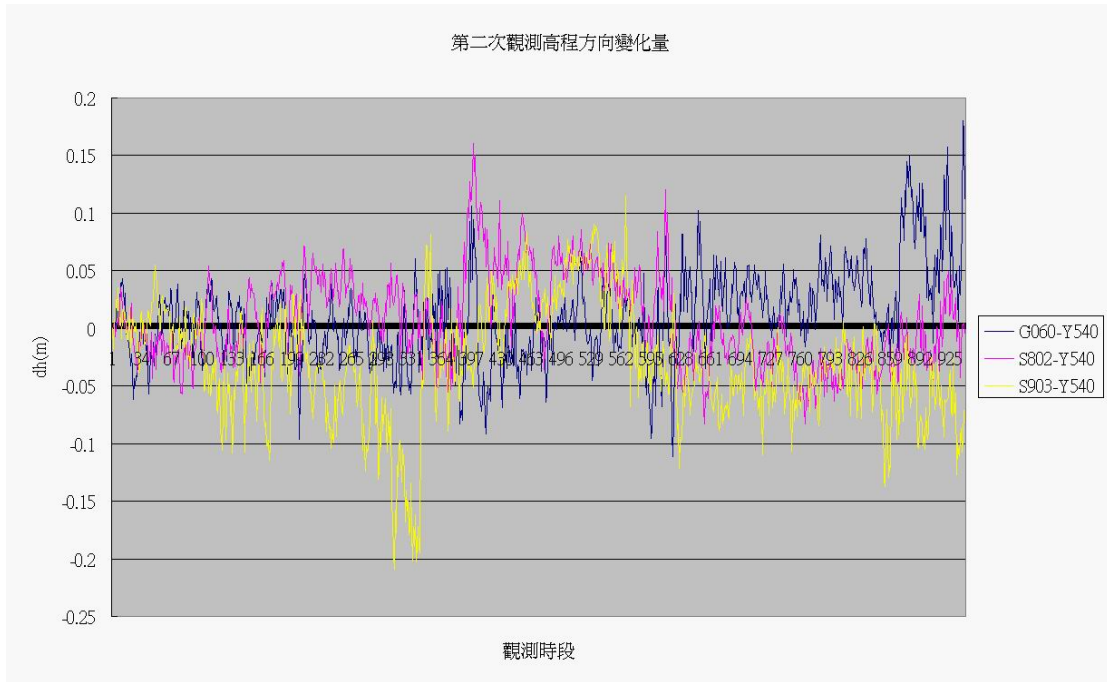


圖 4-6 第二次觀測單一參考站 Y540 高程方向計算成果

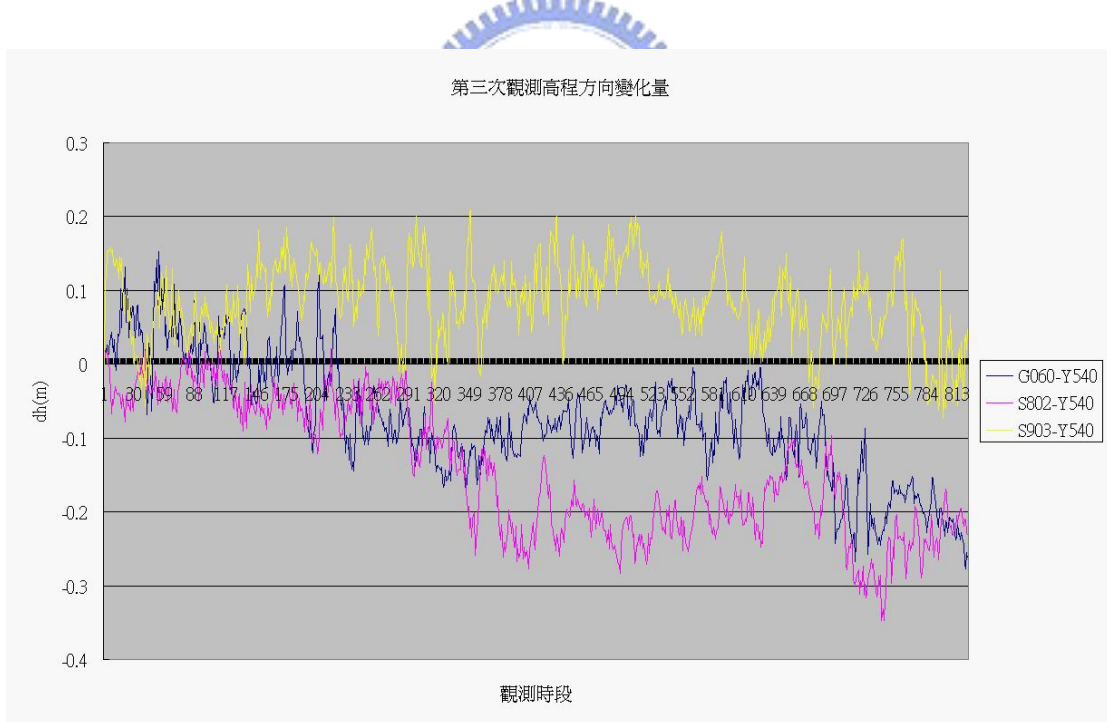


圖 4-7 第三次觀測單一參考站 Y540 南北方向計算成果

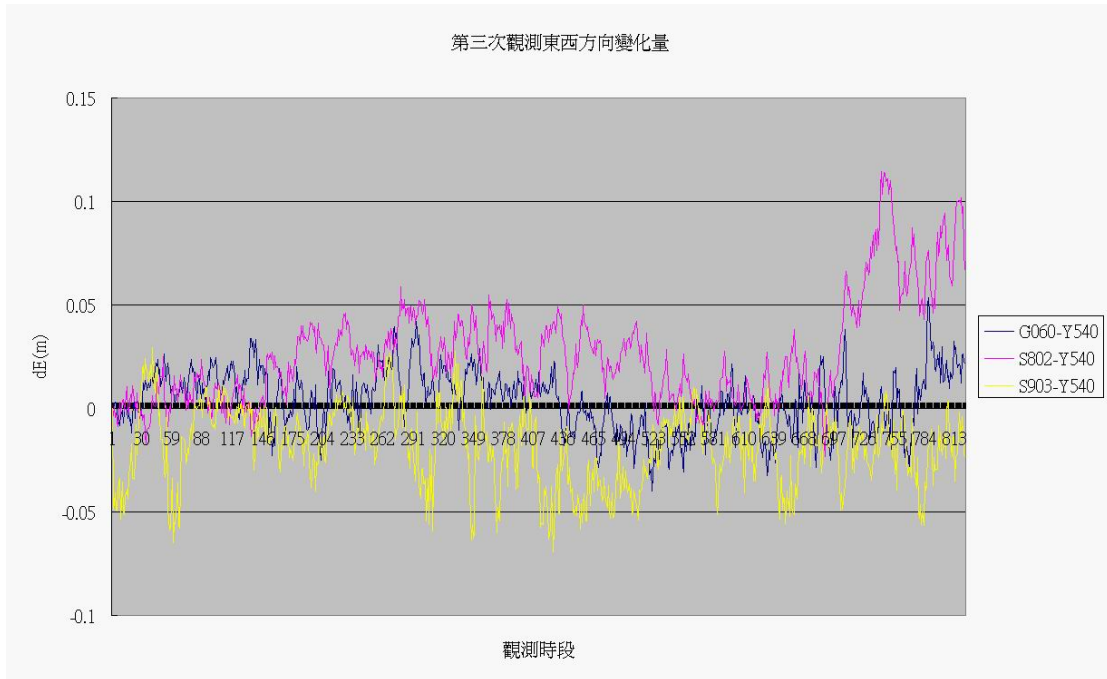


圖 4-8 第三次觀測單一參考站 Y540 東西方向計算成果

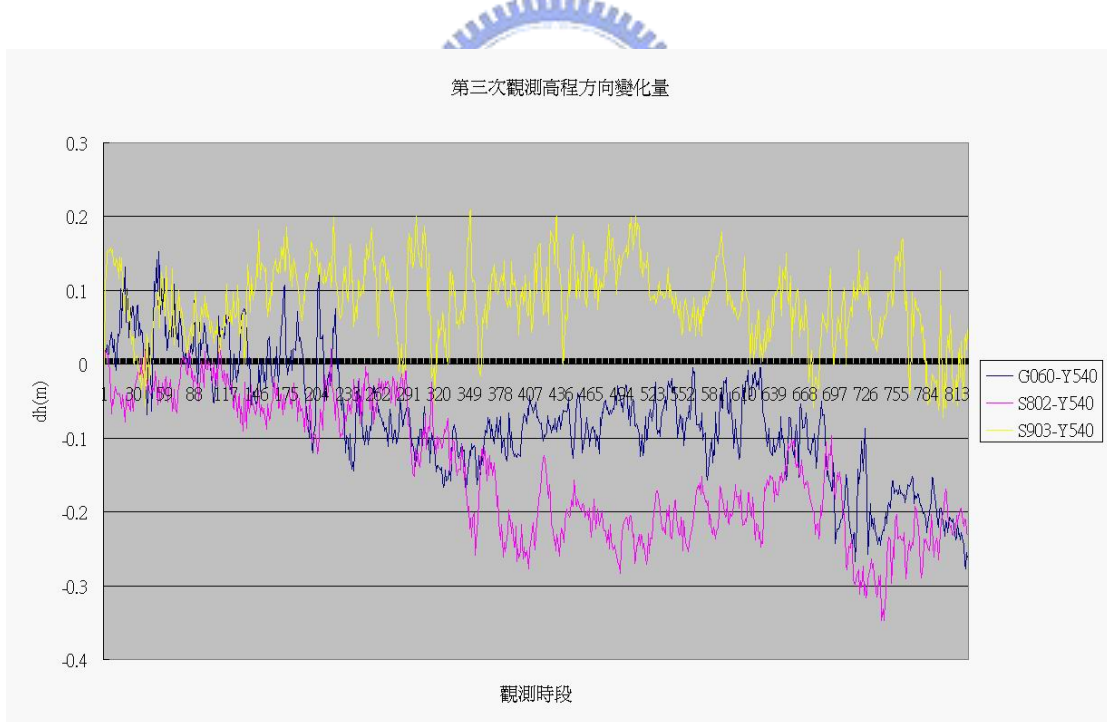


圖 4-9 第三次觀測單一參考站 Y540 高程方向計算成果

綜觀三個時段的計算成果中，N、E 方向的分量標準差約在 1~3cm，而 h 方向分量的標準差約 3~10 cm (詳見表 4-1)，且高程方面的精度明顯較平面精度為差。在基線長度約 30 km 的情況下，GPS 原始觀測資料中存在軌道誤差、電離層、對流層延遲誤差、多路徑效應和雜訊等無法輕易消除的系統誤差。每一時刻之變動量差異較大，應用於地表監測時精度不足以判斷變動量之產生與否。

表 4-1 單一參考站模擬動態定位 N、E、H 各方向之坐標標準差

觀測時段	坐標標準差			
	基線組成	N 方向(cm)	E 方向(cm)	h 方向(cm)
2003 年 11 月	G060-Y540	0.98	0.68	2.73
	S802-Y540	0.93	0.75	3.47
	S903-Y540	2.82	1.81	9.28
2004 年 2 月	G060-Y540	1.45	1.00	4.20
	S802-Y540	0.91	0.81	3.82
	S903-Y540	1.30	1.20	5.02
2004 年 5 月	G060-Y540	1.93	1.44	8.04
	S802-Y540	2.14	2.49	8.96
	S903-Y540	1.78	1.79	5.35

4-2 VRS 模擬動態定位分析

由 G060、S802、S903 三個參考站組成之 GPS 網絡，來估計該區域內的 GPS 誤差模型，提供 Y540 移動站 GPS 誤差即時內插的資訊，得到經由 GPS 網絡模擬出位於移動站附近的虛擬參考站的觀測數據。以 Trimble Total Control 之 VRS

後處理模組進行虛擬參考站資料之產生，再使用 Bernese 4.2 軟體內的模擬動態

定位功能進行短基線動態定位的求解。（計算成果如圖 4-10~圖 4-12 所示）

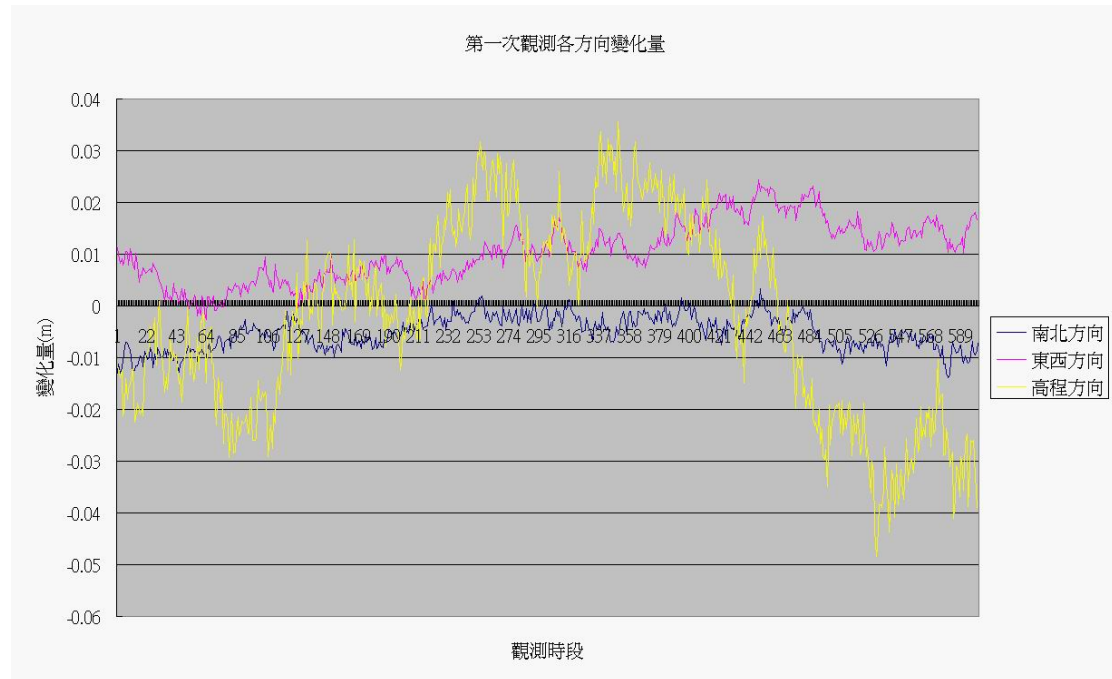


圖 4-10 第一次觀測使用 VRS 計算 Y540 各方向的變化量

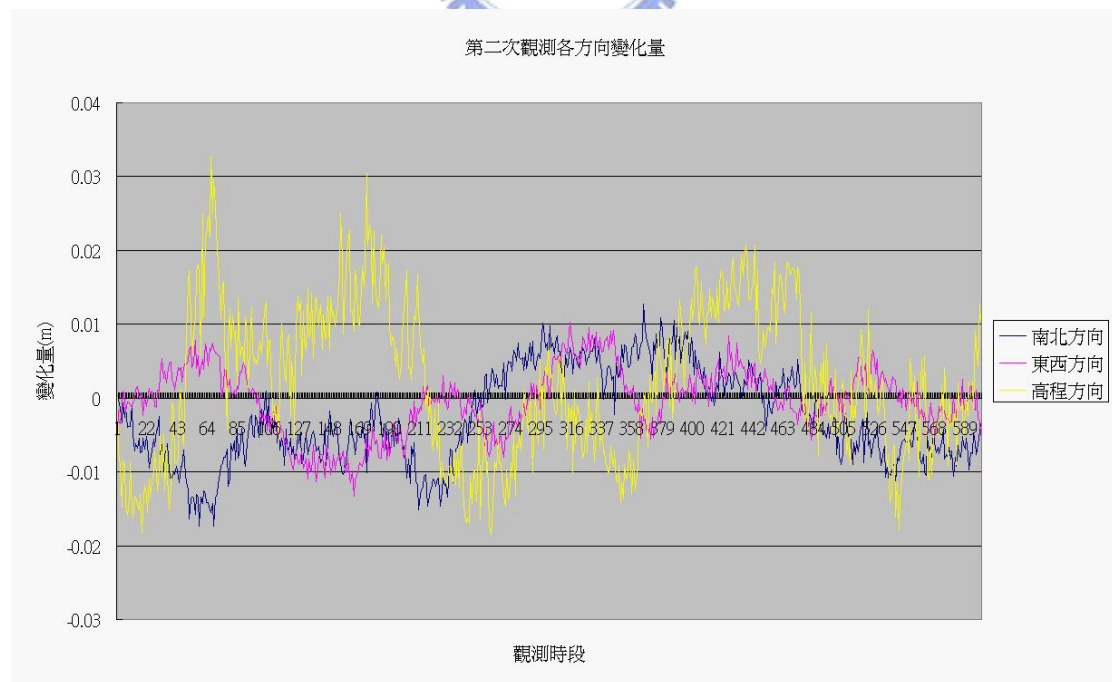


圖 4-11 第二次觀測使用 VRS 計算 Y540 各方向的變化量

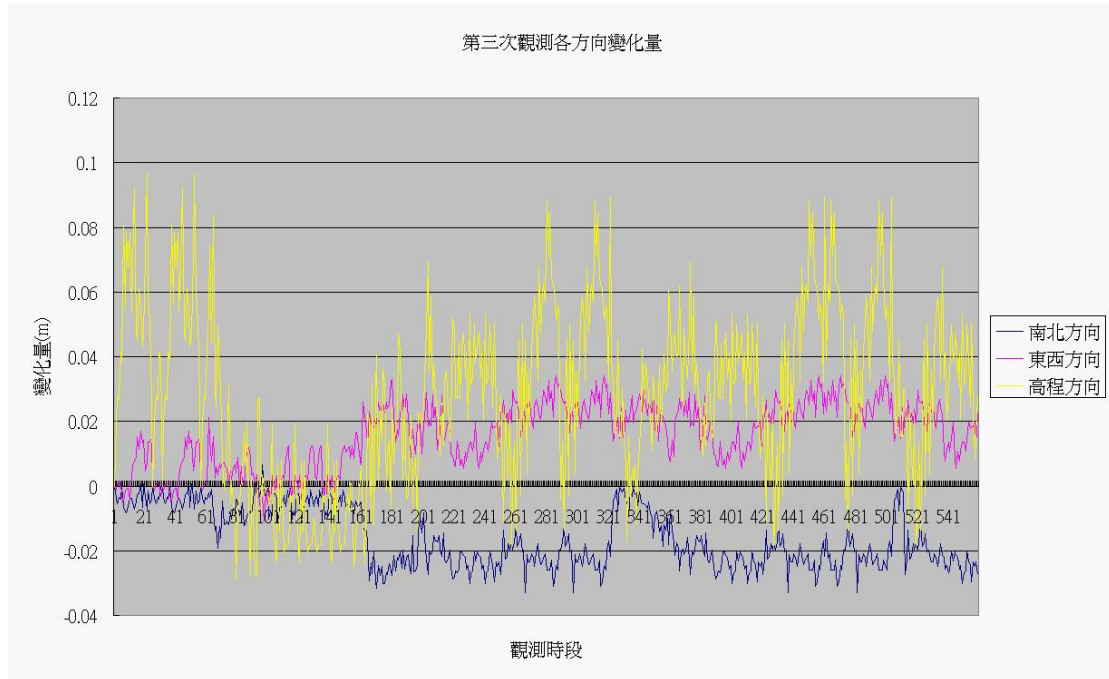


圖 4-12 第三次觀測使用 VRS 計算 Y540 各方向的變化量

從計算成果得知使用 VRS 進行動態定位解算平面方向（N、E 方向）的精度約在 0.5 cm~2 cm，而高程方向的精度約在 1~4 cm（見表 4-2），與單一參考站模擬動態定位成果相比，無論是平面或是高程其定位精度有顯著的提升。不過受限於 GPS 定位技術的限制，無論是單一參考站或是 VRS 模擬動態定位高程方向精度遠較平面方向精度為差。

表 4-2 VRS 模擬動態定位 N、E、h 各方向之坐標標準差

坐標標準差 觀測時段	N 方向(cm)	E 方向(cm)	h 方向(cm)
2003 年 11 月	0.70	0.63	2.35
2004 年 2 月	0.54	0.65	1.49
2004 年 5 月	1.67	1.75	3.74

在 2003 年 11 月的觀測中，所有參考站皆使用 Ashtech Z-Surveyor 接收儀組成 GPS 網絡；2004 年 2 月的觀測，參考站分別為 Leica SR530、Ashtech Z-Surveyor、Novatel DL-2 等三部接收儀；2004 年 5 月的觀測，參考站分別為 JPS ODYSSEY、Ashtech Z-Surveyor、Leica SR530 等三部接收儀。第一次觀測是使用相同廠牌型號的觀測網，其他兩次為混合其他廠牌型號組成的觀測網，這些不同廠牌型號的儀器在接收觀測資料時，都有各家廠牌獨特的紀錄格式，經轉換為 RINEX 格式後，除了觀測資料檔頭的紀錄方式有所不同外，其餘的資料內容皆相同。使用 Trimble Total Control 進行虛擬參考站的產生，該軟體可支援 RINEX 檔案的讀取及各家廠牌原始格式的讀取。在進行移動站坐標的求解時，使用 Bernese 4.2 軟體內的模擬動態定位功能都支援 RINEX 檔案格式的資料。GPS 技術發展至今已經相當成熟，各家廠牌觀測資料皆有一定的精度，於解算成果中顯示以不同廠牌型號儀器組成的觀測網進行即時動態定位解算其成果與相同廠牌型號儀器組成的觀測網並不會有顯著的差異。

4-3 實驗區變形分析

台灣西南地區地勢平坦，地質主要以現代沖積層為主，其中以濁水溪沖積扇之面積最大，此區上游有廣大的流域面積，下游有寬度之沖積扇，是由砂礫組成而且流量大，因此地下水資源豐富。當大量抽取地下水時，承載應力減小導致地盤沉陷，產生地層下陷問題；加上台灣地區的地震活動頻繁，且活動斷層與褶

變態分布廣泛，這些都會是導致實驗區內變形量產生之因素。

利用統計檢定進行變形量的判斷，根據選擇一部分的資料，通過檢驗來判斷母體分佈是否具有指定的特徵。

常態分佈 Density function

$$f(x) = \frac{1}{(2\pi)^{0.5}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \text{ 當 } -\infty < x < \infty, x \sim N(\mu, \sigma^2) \quad \mu: \text{平均值}, \sigma^2: \text{變方}$$

標準常態分佈

當 $y = (x - \mu) / \sigma$, $y \sim N(0, 1)$

$$f(y) = \frac{1}{(2\pi)^{0.5}} \int_{-\infty}^y e^{-\frac{y^2}{2}} dy \quad (4-1)$$

上述統計量的信心區間 $100(1-\alpha)\%$ 由下式確定

$$P\left\{-z_{\frac{\alpha}{2}} < \frac{x-\mu}{\sigma} < z_{\frac{\alpha}{2}}\right\} = 1-\alpha \quad (4-2)$$

表示 $(x - \mu) / \sigma$ 有 $100(1-\alpha)\%$ 的機率是在 $\left(-z_{\frac{\alpha}{2}}, +z_{\frac{\alpha}{2}}\right)$ 的區間內，通常把

$\left(-z_{\frac{\alpha}{2}}, +z_{\frac{\alpha}{2}}\right)$ 的區間內稱為接受域，而 $\left(-z_{\frac{\alpha}{2}}, +z_{\frac{\alpha}{2}}\right)$ 的區間以外的範圍稱為拒絕

域。

將 (4-2) 式改寫成

$$P\left\{\left|\frac{x-\mu}{\sigma}\right| < z_{\frac{\alpha}{2}}\right\} = 1-\alpha \quad (4-3)$$

$$P\left\{\left|\frac{x-\mu}{\sigma}\right| > z_{\frac{\alpha}{2}}\right\} = \alpha \quad (4-4)$$

故依據一部分的資料來判斷母體分佈是否具有指定的特徵時，先作一個假設，稱為零假說 (H_0)。然後找一個適當且其分佈為已知的統計量，從而確定該

統計量經常出現的區間，使統計量落入此區間的機率接近於 1。如果抽樣的結果所算出的統計量數值不落在這一經常出現的區間內，那就表示小機率的事件發生了，則應拒絕原假設 H_0 。當 H_0 遭到拒絕，實際上相當於接受另一個假設，這另一個假設稱為備選假說 (H_1)。因此假設檢驗實際上就是要在零假說 (H_0) 和備選假說 (H_1) 中作出選擇。

接受域和拒絕域的範圍大小跟給定的 α 值的大小有關。 α 愈大，則拒絕域愈大， H_0 被拒絕的機率就愈大。當 $\left| \frac{x - \mu}{\sigma} \right| > z_{\frac{\alpha}{2}}$ 時，可稱 x 與 μ 之間的差異是顯著的；反之，則稱 x 與 μ 之間的差異並不顯著。所以 α 又稱為顯著水平。

概括來說，進行假設檢驗的要點：

1. 根據實際需要提出零假說 (H_0) 和備選假說 (H_1)。
2. 選取適當的顯著水平 α 。
3. 確定檢驗用的統計量，其分佈應是已知的。
4. 根據已定的顯著水平 α ，求出拒絕域的界限值，如被檢驗的數值落入拒絕域，則拒絕 H_0 (接受 H_1)。否則接受 H_0 (拒絕 H_1)。



以移動站在不同時刻與起始時刻的坐標差值變動量 dx 和變動量中誤差 σ_{dx} 所決定之標準常態分佈 $\frac{dx}{\sigma_{dx}}$ ，並選定一顯著水平值 ($\alpha = 0.05$)，其臨界值

($K_0 = 1.96$)，當 $\frac{dx}{\sigma_{dx}} > K_0$ 時，表示表示該時刻的坐標值與起始時刻相比有顯著的

變動量產生，也就是說在 95% 的信心水平下坐標變動量產生了。

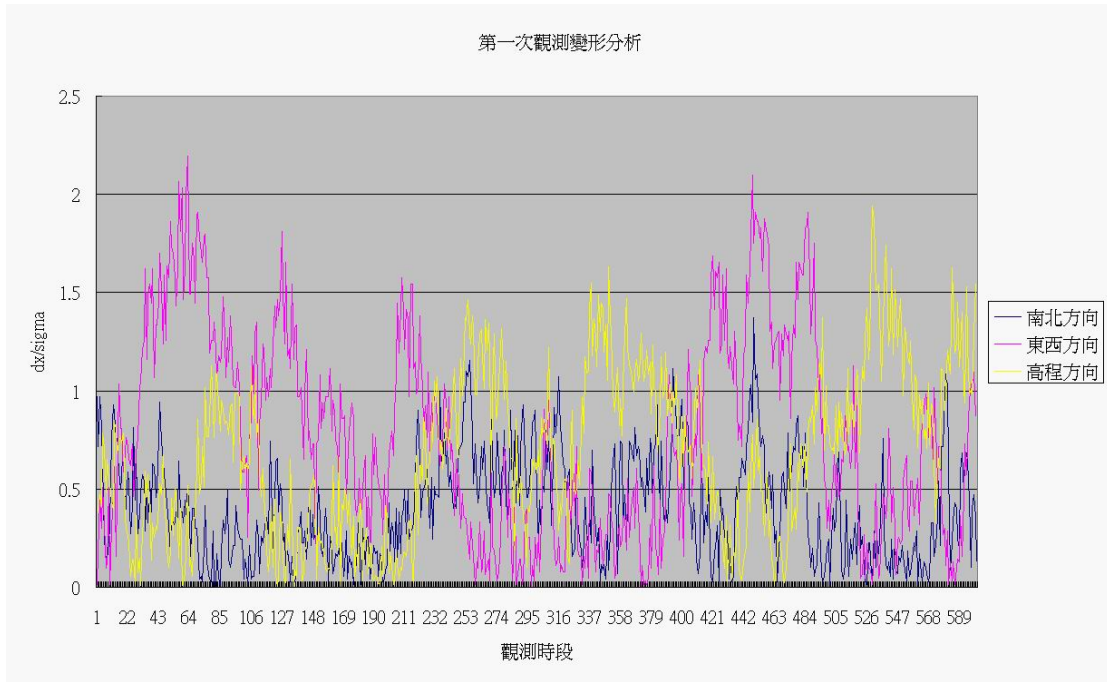


圖 4-13 第一次觀測變形分析

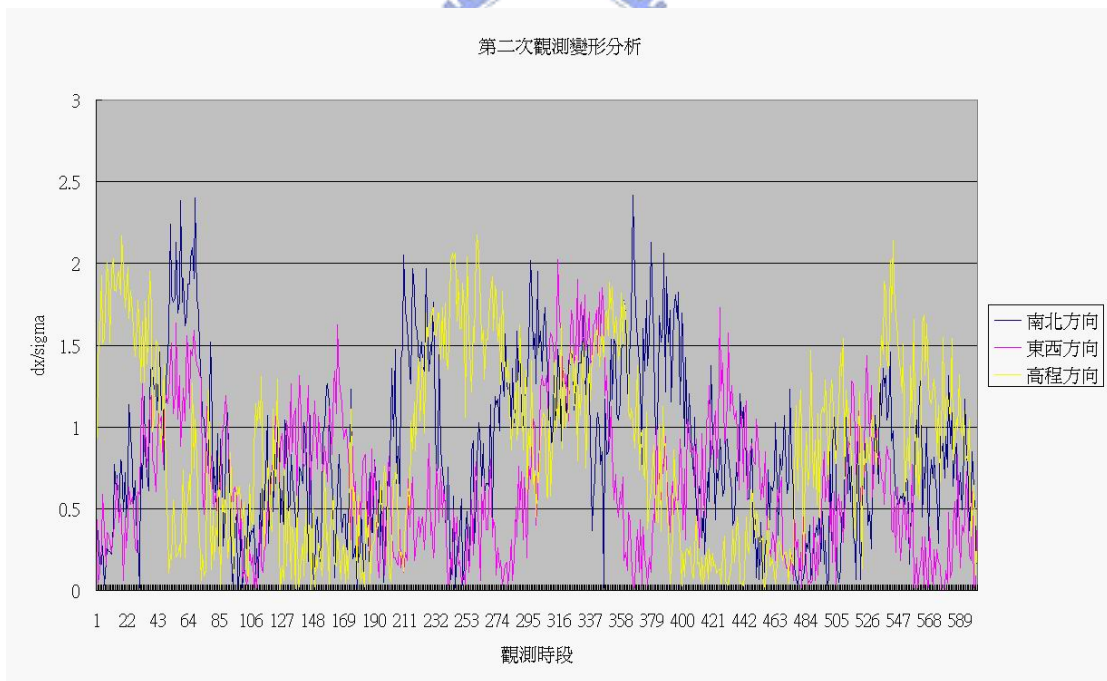


圖 4-14 第二次觀測變形分析

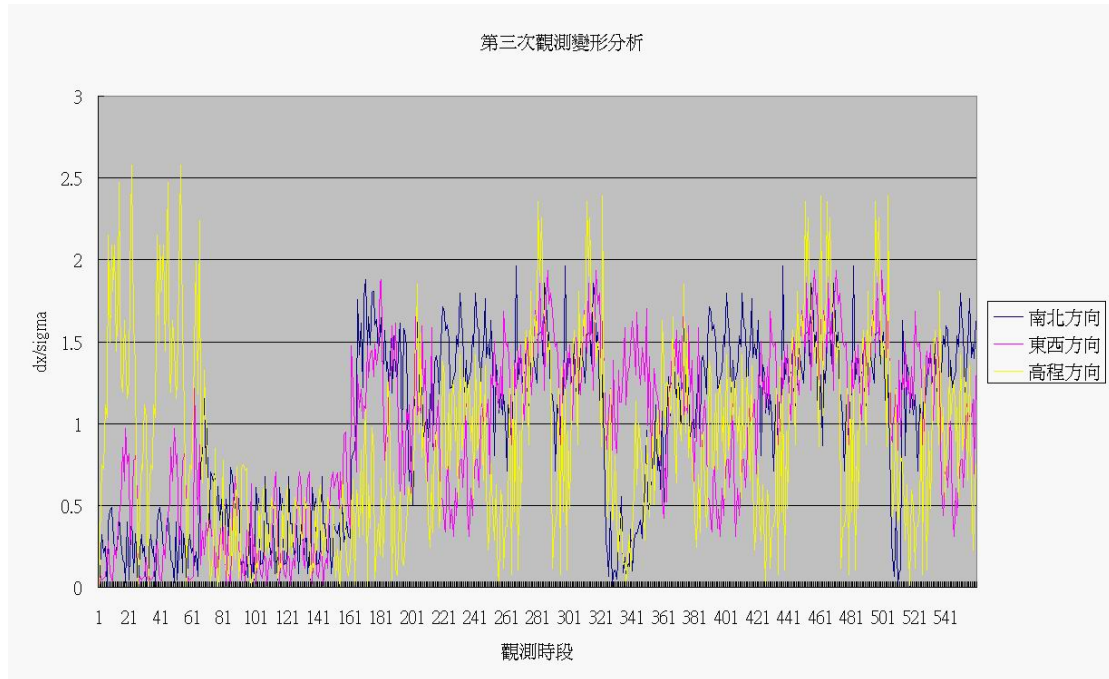


圖 4-15 第三次觀測變形分析

Y540 點位的各次觀測時段變形分析成果來看（圖 4-13~圖 4-15），當顯著水平值 $\alpha = 0.05$ 時，在 95% 的信心水準下，大部分的資料都在合理的誤差範圍內，表示多數的時段 Y540 點位在 95% 的信心水平下沒有變形量產生。第一次觀測時段，南北方向和高程方向的變化量其 $\frac{dx}{\sigma_{dx}}$ 皆未超過臨界值，東西方向則是有少數時段超過臨界值；第二次觀測時段，三個方向皆有小部分的資料其 $\frac{dx}{\sigma_{dx}}$ 超過臨界值；第三次觀測時段，只有高程方向的部分時段超過臨界值。本研究的觀測資料皆屬連續觀測，少數時段的 $\frac{dx}{\sigma_{dx}}$ 超過臨界值可能係粗差導致，故將該部分資料視為粗差予以剔除。

4-4 三維雷射掃描成果

以 Y540 點位附近之高速鐵路高架橋墩為掃描物體，使用 Mensi GS100 雷射掃描儀（圖 4-16），配合其計算軟體 RealWorks Survey 可於掃描後解算求得掃描

物體之模型。



圖 4-16 MENSIGS100 雷射掃描儀

使用 3 個十字絲規標和 6 個白色圓球作為共軛基準點 (圖 4-17)，其中 3 個白色圓球的擺設點除作為共軛基準點外，進行 GPS 靜態觀測計算出三個點位的精確坐標以作為控制基準，當掃描到十字絲規標時三維雷射掃描儀會自動進行加密掃描。



圖 4-17 共軛基準點位置圖

將 2004 年 2 月和 6 月於 Y540 點位附近之高速鐵路高架橋墩掃描資料，使用計算軟體 RealWorks Survey 計算求得掃描物體之模型 (圖 4-18、圖 4-19)。本次掃描距離最遠為 26 m，其最大掃描誤差約為 3~4 mm。當有大的變化量產生時

可以快速從點雲中看出，可以利用點雲處理軟體立即量測出來，資料可以輸出至

CAD 或*.asc 相關軟體做相關資料分析比對。

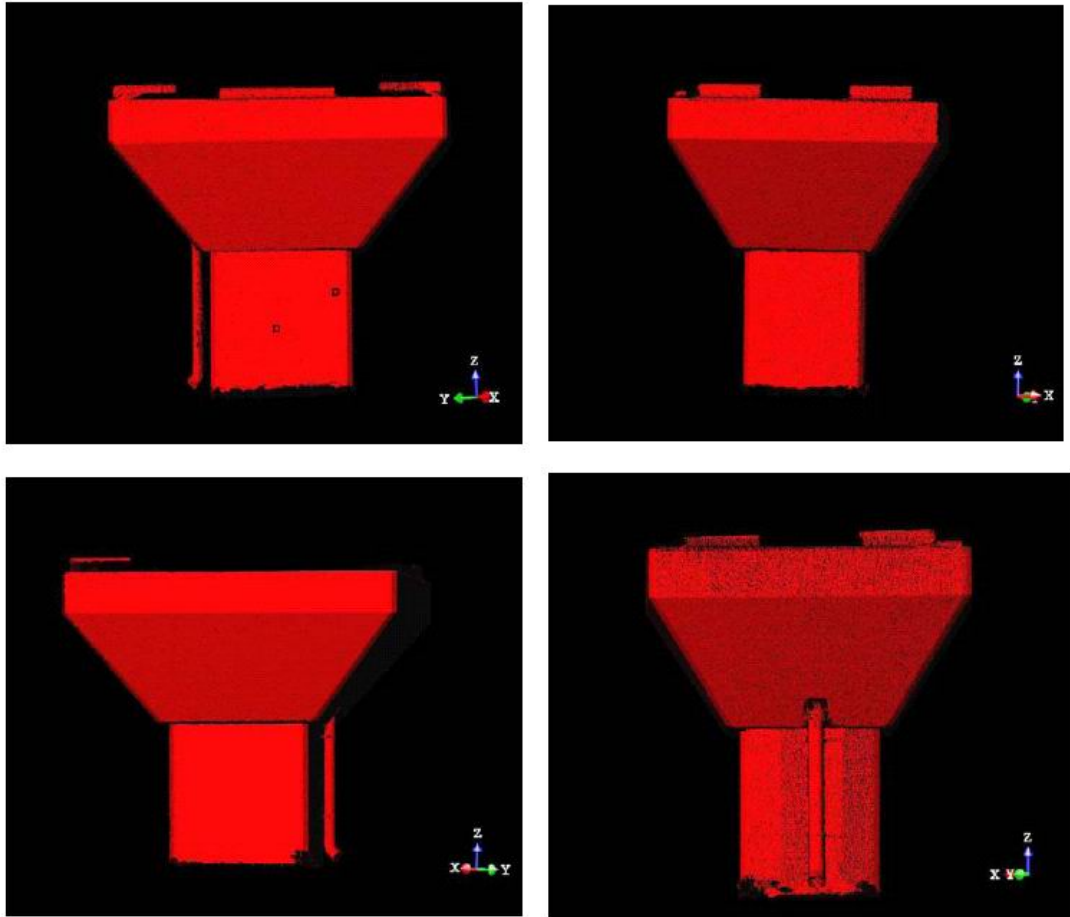


圖 4-18 2004 年 2 月掃描物體模型

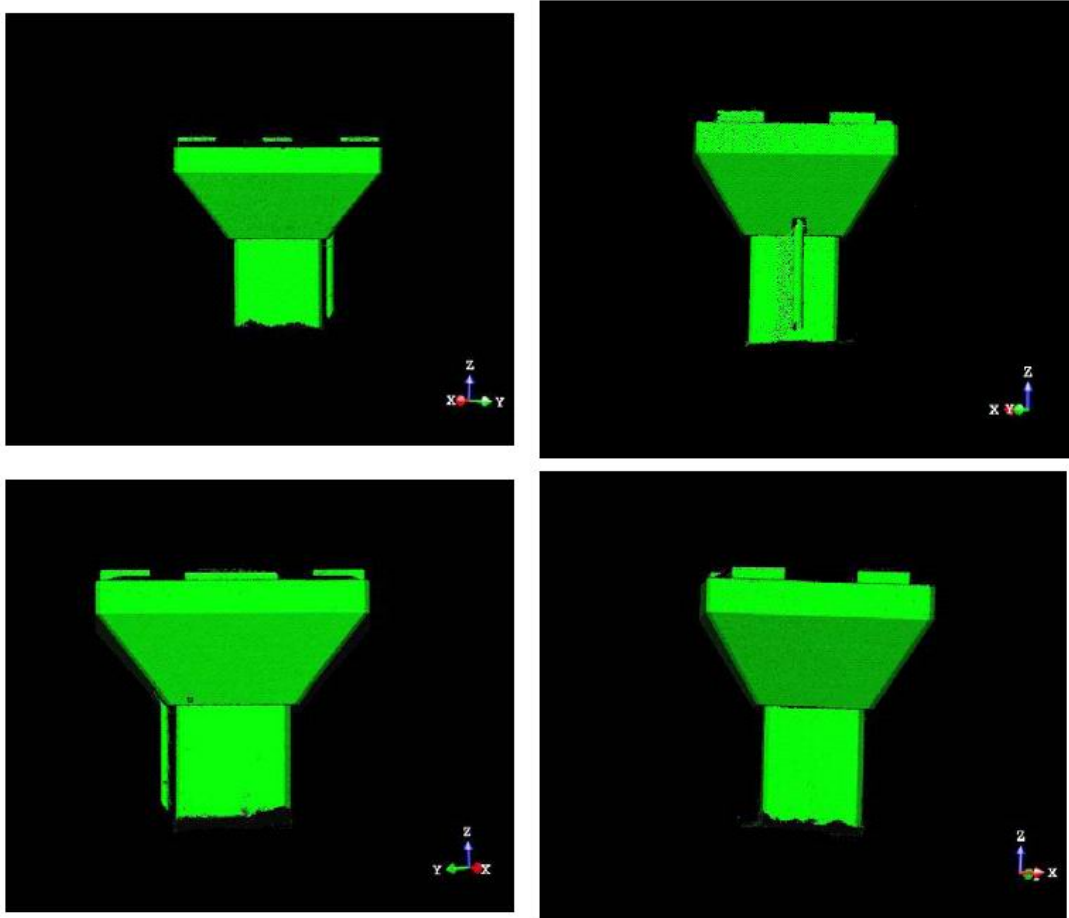


圖 4-19 2004 年 6 月掃描物體模型

第一次掃描資料套球精度：station1 平均誤差 1.86mm、Station2 平均誤差 1.28mm、Station3 平均誤差 0.71mm (詳見圖 4-20)，所有的點雲套疊誤差皆小於 1mm。

Control tool

Station View

Unmatch

Matched Station

Name	Correspond...	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Sea...
<input type="checkbox"/> Station_1		1.86 mm					
<input type="checkbox"/> Sphere_1	--	--	--	--	--	0.84 mm	7991.62 mm
<input type="checkbox"/> Sphere_2	--	--	--	--	--	0.73 mm	15470.22 mm
<input type="checkbox"/> Sphere_3	--	--	--	--	--	0.85 mm	11520.51 mm
<input type="checkbox"/> Target_1	mTARGET7	1.41 mm	0.68 mm	-1.16 mm	0.44 mm	0.00 mm	14002.00 mm
<input type="checkbox"/> Target_2	mTARGET8	2.15 mm	0.10 mm	0.38 mm	-2.12 mm	0.00 mm	13464.00 mm
<input type="checkbox"/> Target_3	mTARGET9	2.00 mm	-0.77 mm	0.78 mm	1.67 mm	0.00 mm	12629.00 mm
<input type="checkbox"/> Station_2		1.28 mm					
<input type="checkbox"/> Target_1	mTARGET7	1.41 mm	-0.68 mm	1.16 mm	-0.44 mm	0.00 mm	18836.00 mm
<input type="checkbox"/> Target_2	mTARGET8	2.15 mm	-0.10 mm	-0.38 mm	2.12 mm	0.00 mm	19610.00 mm
<input type="checkbox"/> Target_3	mTARGET9	2.00 mm	0.77 mm	-0.78 mm	-1.67 mm	0.00 mm	20321.00 mm
<input type="checkbox"/> Sphere_3	mTARGET12	0.55 mm	0.03 mm	0.55 mm	0.03 mm	0.84 mm	19153.86 mm
<input type="checkbox"/> Sphere_1	mTARGET10	0.61 mm	0.59 mm	0.16 mm	-0.02 mm	0.78 mm	24587.48 mm
<input type="checkbox"/> Sphere_2	mTARGET11	0.95 mm	-0.63 mm	-0.71 mm	0.00 mm	0.91 mm	19469.60 mm
<input type="checkbox"/> Station_3		0.71 mm					
<input type="checkbox"/> Sphere_1	mTARGET10	0.61 mm	-0.59 mm	-0.16 mm	0.02 mm	0.88 mm	7618.06 mm
<input type="checkbox"/> Sphere_2	mTARGET11	0.95 mm	0.63 mm	0.71 mm	0.01 mm	0.89 mm	11474.84 mm

No selection

圖 4-20 第一次掃描資料套球精度

第二次掃描資料套球精度報表：station1 平均誤差 1.18mm、Station2 平均誤差 1.28mm、Station3 平均誤差 2.54mm（詳見圖 4-21），所有的點雲套疊誤差皆小於 1.23mm。

Name	Corresponds...	Residual Error	Delta X	Delta Y	Delta Z	Fitting Error	Distance to Sea
f01		1.18 mm					
Sphere_1	mTARGET2	1.77 mm	1.65 mm	0.63 mm	-0.04 mm	1.23 mm	5128.87 mm
Sphere_2	mTARGET1	1.11 mm	-0.85 mm	0.68 mm	-0.22 mm	0.94 mm	11320.66 mm
Sphere_3	mTARGET4	0.98 mm	-0.86 mm	0.35 mm	0.30 mm	0.88 mm	13129.44 mm
Sphere_3	--	--	--	--	--	1.00 mm	11320.88 mm
Sphere_4	mTARGET3	0.69 mm	-0.49 mm	0.45 mm	0.16 mm	0.99 mm	16957.95 mm
Sphere_5	mTARGET5	1.33 mm	-0.31 mm	-1.29 mm	-0.12 mm	0.93 mm	9141.67 mm
Target_1	--	--	--	--	--	0.00 mm	16578.00 mm
L01		1.28 mm					
Sphere_3	mTARGET6	0.67 mm	0.65 mm	0.15 mm	0.00 mm	1.07 mm	20628.21 mm
Sphere_4	mTARGET3	1.47 mm	-1.18 mm	0.86 mm	0.05 mm	0.82 mm	11806.69 mm
Sphere_5	mTARGET5	1.70 mm	1.14 mm	-1.26 mm	-0.06 mm	1.03 mm	19688.62 mm
n01		2.54 mm					
Sphere_3	mTARGET1	2.83 mm	2.54 mm	1.25 mm	0.01 mm	1.21 mm	37284.26 mm
Sphere_1	mTARGET2	2.36 mm	-2.11 mm	-1.06 mm	0.00 mm	1.18 mm	26179.72 mm
Sphere_4	mTARGET3	2.42 mm	0.71 mm	-2.31 mm	-0.07 mm	1.11 mm	26967.78 mm
point		1.49 mm					

Sphere_1
object of station Station_1 and of target mTARGET2

Sphere_1 (Station_1) <-> Sphere_1 (n01) - Delta: 22.61 - Delta X: 19.97 - Delta Y: 10.59 - Delta Z: 0.06
 Sphere_1 (Station_1) <-> Sphere_1 (m01) - Delta: 18.50 - Delta X: 16.22 - Delta Y: 8.90 - Delta Z: 0.09
 Sphere_1 (Station_1) <-> Sphere_1 (point) - Delta: 21.46 - Delta X: 18.78 - Delta Y: 10.38 - Delta Z: 0.15

圖 4-21 第二次掃描資料套球精度

雷射掃描儀提供 mm 級精度的監測，可針對特定的、規則的及標準化的目標，或是不宜移動、危險、非接觸性、不規則、非線性、高價值、資產密集性的複雜目標實體或實景進行資料獲取、建立模型及立體貼圖。為一有效率且安全的方法，比起傳統的技术如全測站、GPS 僅能施測有限點位坐標的限制，雷射掃描儀所得到的點雲資料之數量眾多，可充分描述一個面，點雲中的每個點都有其三維坐標值，更具經濟效益且節省時間。特別是在緊急災難發生時，即時地了解結構物是否有變形產生是極為重要的課題。