

第六章 運用實測 GPS 資料計算福爾摩沙衛星三號軌道

6-1 福爾摩沙衛星三號之任務現況

福爾摩沙衛星三號於 2006 年 4 月 17 日發射升空，一次共發射六顆微衛星，且每顆衛星均裝載兩個 POD (precise orbit determination) 天線，一個為 POD+X，一個為 POD-X，兩天線同時連接到同一部接收儀。因福衛三號 POD 天線的 GOX 接收儀硬體容量只能容納 32MB，且觀測取樣率為一秒一筆，故每小時的容量大約 7MB，所以每次下載下來的資料有效且連續的觀測時段約為 4.5 小時，最多不會超過 6 小時，且前一筆資料與後一筆資料中間尚有一段時間是無資料狀態，故每一顆衛星的接收狀況不是相當的良好。

NSPO 嘗試取得 24 小時的觀測資料，設定將未達 32MB 的資料先下載來，將一天的資料分成數筆。但這個問題存在著當衛星經過接收站的接收範圍內方能下載，然而，福衛三號目前有六顆微衛星，且有幾顆微衛星距離相當近，若其中有三顆微衛星同時進入接收範圍內，則接收情況會出現問題，故目前六顆衛星的接收情況尚在改善中。

以下本文將呈現從 2006 年 4 月 17 日發射到 2006 年 5 月 8 日，觀測品質較穩定的時間段進行衛星 POD 天線接收的情況分析。圖 6-1 FM1~6 為福衛三號 1~6 顆的代號(a)為 FM1 和 FM2 的 POD+X 和 POD-X 之接收情形；(b)為 FM3 和 FM4 的 POD+X 和 POD-X 之接收情形；從圖 6-1 可以看出 POD+X 和 POD-X 的接收情形不可能同時接收到大於 4 顆的 GPS 衛星，一定是一邊多，另一邊就少，造成無法利用雙天線進行計算，只能用單邊天線進行定軌。若另一邊天線亦可進行計算，則可利用不同天線所計算得到的軌道進行互相檢核。

目前福衛三號 POD-X 天線的接收狀況僅有 1-2 顆 GPS 衛星，初步認為是接收儀本身內部限制 GPS 衛星顆數所造成的。若能更新接收儀內部之軟體，相信 POD-X 天線的接收情況應與 POD+X 天線差不多。

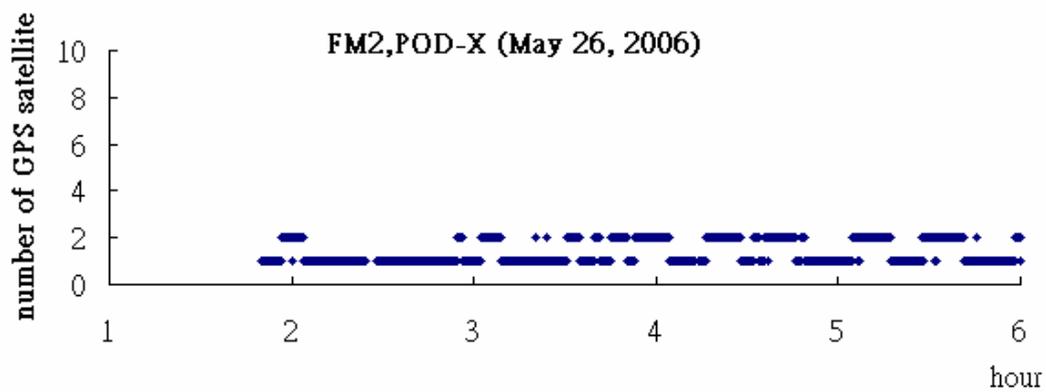
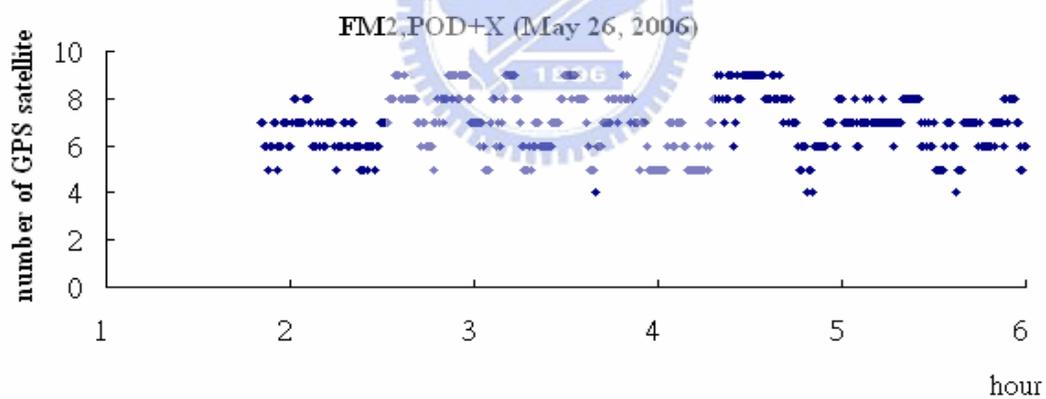
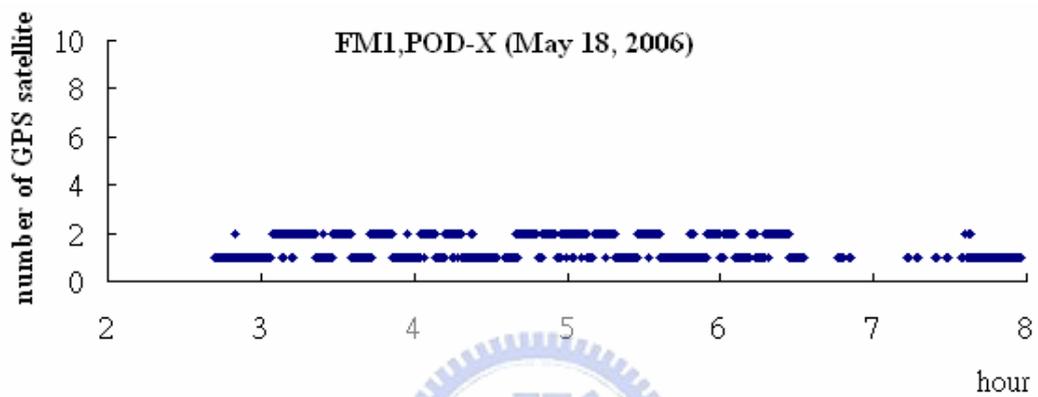
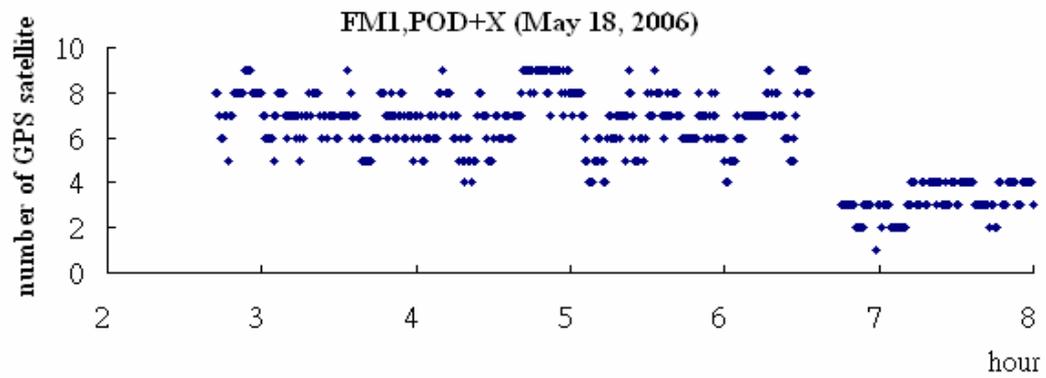


圖 6-1 (a) FM1 和 FM2 的 POD+X 及 POD-X 之接收情形

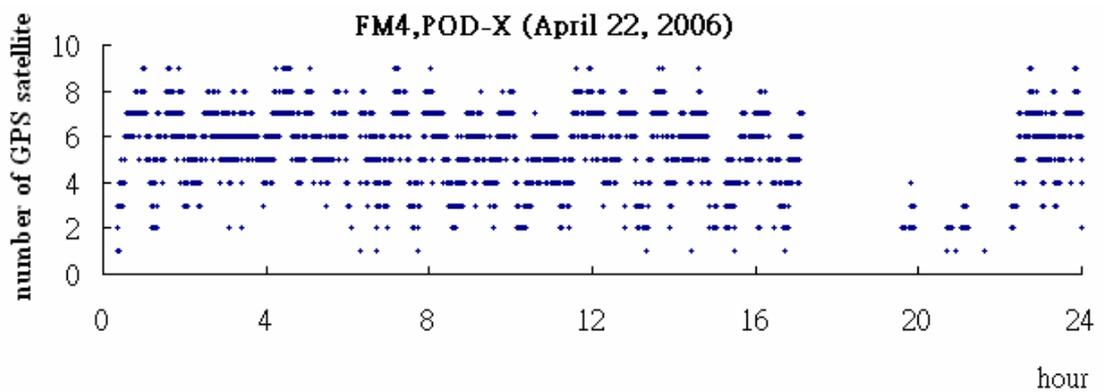
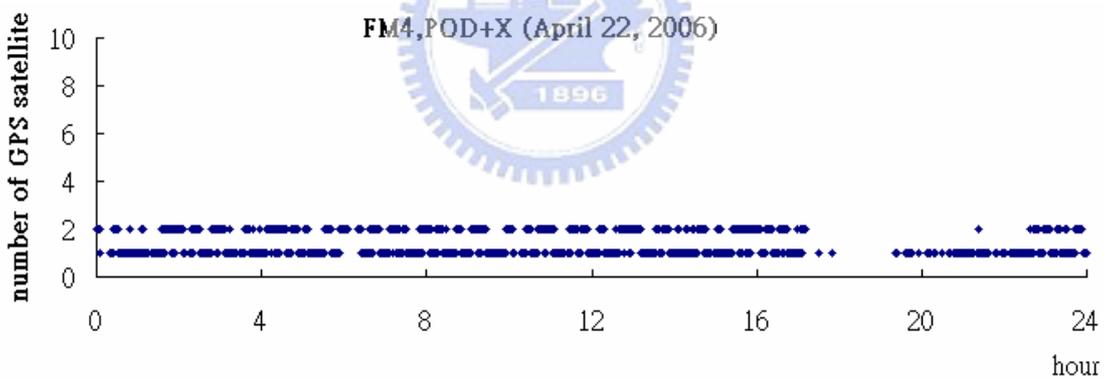
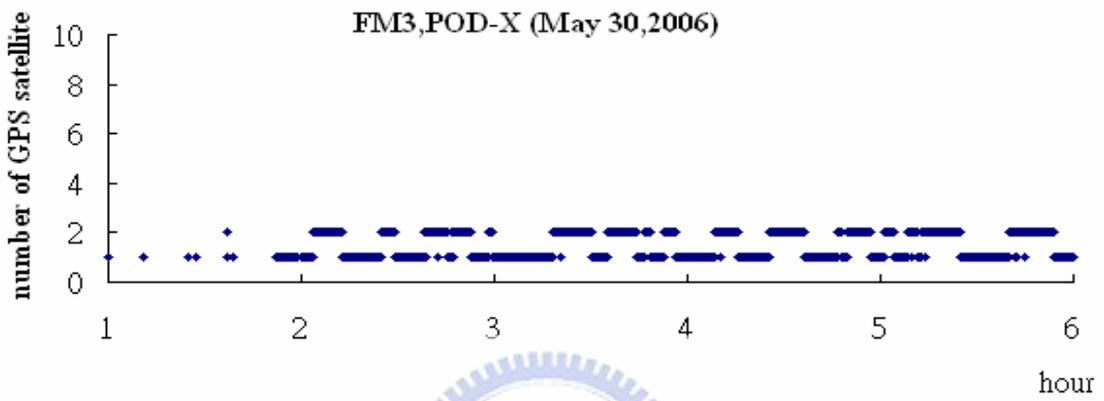
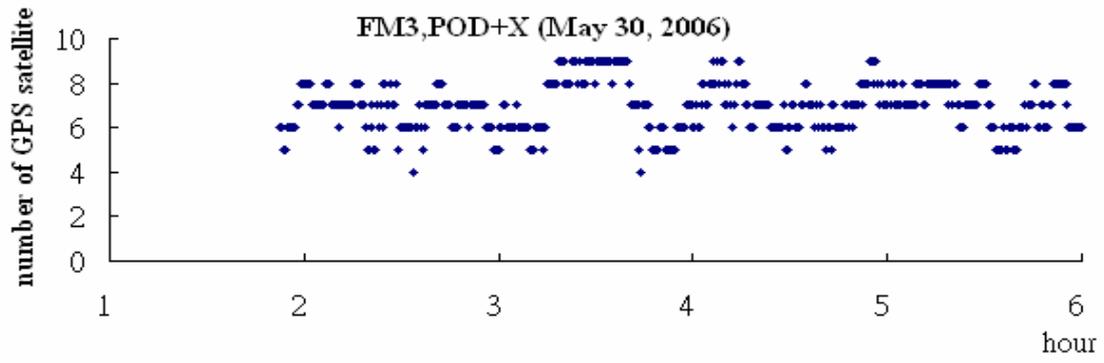


圖 6-1 (b) FM3 和 FM4 的 POD+X 及 POD-X 之接收情形

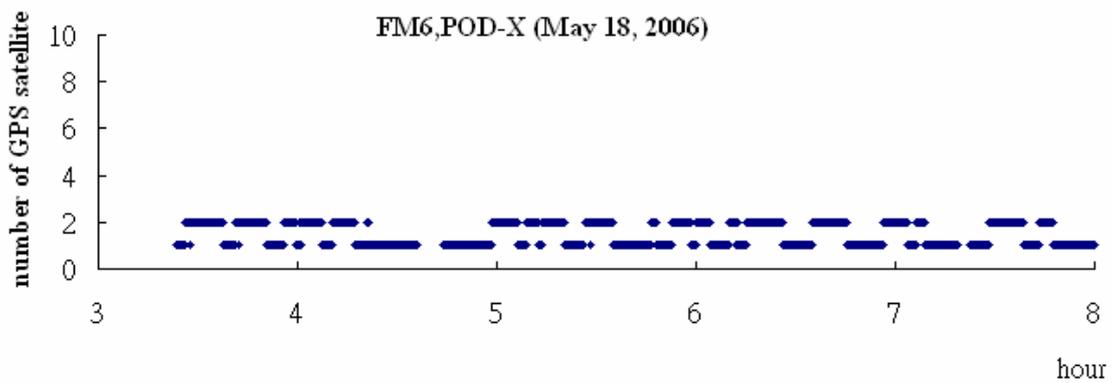
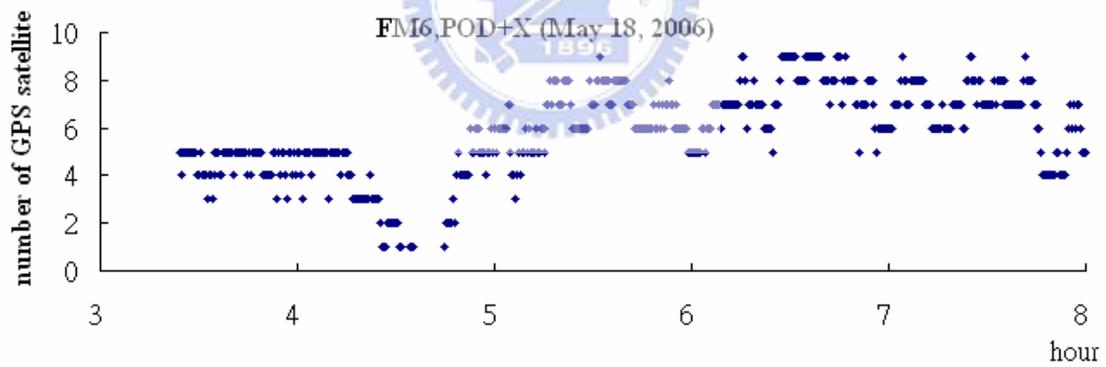
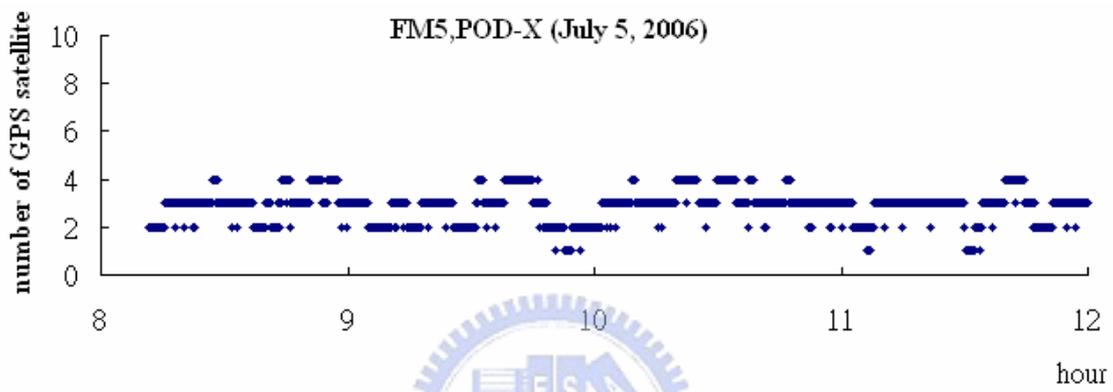
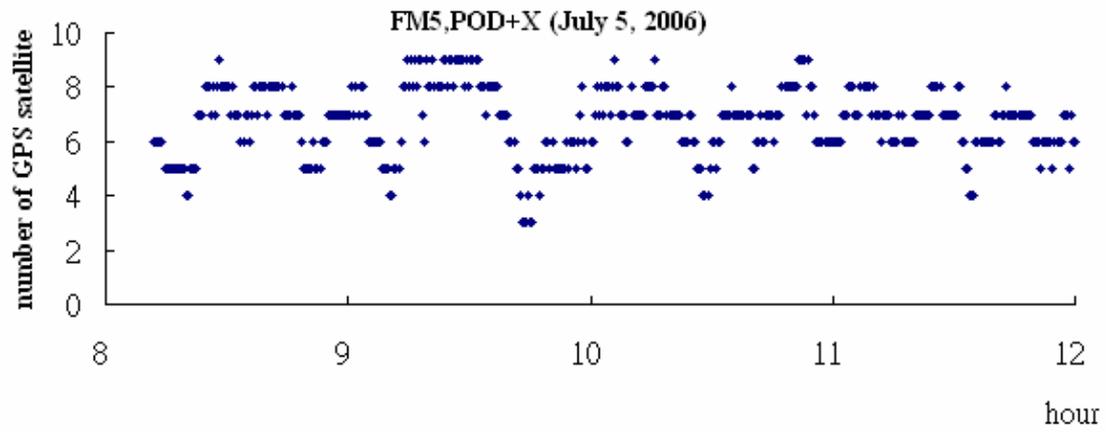


圖 6-1 (c) FM5 和 FM6 的 POD+X 及 POD-X 之接收情形

6-2 福爾摩沙衛星三號減動力定軌

在進行福爾摩沙衛星三號減動力法定軌之前，本文須說明在定軌時所下的參數與所用的模式。表 6-1 為本文所用之參數與模式，其餘參數設定請參照劉展鵬，(2005)。

由於福衛三號並無加裝 SLR(satellite laser ranging)，故無法利用地面的控制點進行外部精度的檢核，僅能利用軌道重疊的方式進行內部精度的評估。將接收到的觀測資料分成前四分之三的時間和後四分之三的時間或者更長，然後將前四分之三和後四分之三的軌道計算出來，再進行重疊軌道部分的較差，且進行分析。因在計算軌道之前與後，週波未定值的解尚不穩定，故本文將軌道重疊的時段前後各剔除半小時或一小時不等的資料量進行評估分析。

本文利用 2006 年第 138 天的 FM1、第 146 天的 FM2、第 150 天的 FM3、第 112 天的 FM4、第 156 天的 FM5、第 138 天的 FM6，進行分析，原因為該天該顆衛星觀測時間段比較長。分析出來的結果理應較可靠。本文利用減動力法計算出的內部精度為 FM1：徑向方向為 0.106 m、沿軌跡方向為 0.130 m、跨軌跡方向為 0.089 m；FM2：徑向方向為 0.076 m、沿軌跡方向為 0.088 m、跨軌跡方向為 0.035 m；FM3：徑向方向為 0.097 m、沿軌跡方向為 0.192 m、跨軌跡方向為 0.160 m；FM4：徑向方向為 0.104 m、沿軌跡方向為 0.101 m、跨軌跡方向為 0.107 m；FM5：徑向方向為 0.167 m、沿軌跡方向為 0.095 m、跨軌跡方向為 0.341 m；FM6：徑向方向為 0.120 m、沿軌跡方向為 0.205 m、跨軌跡方向為 0.246 m。見表 6-2。圖 6-2(a)~(f)分別為 FM1~FM6 減動力軌道重疊之差異圖。

本論文利用軌道重疊來當成內部精度檢核，其軌道坐標每一方向精度約 10 公分，由於福衛三號尚在測試階段，接收到的觀測量品質尚不算良好，等待福衛三號硬體測試趨於穩定，相信定軌精度應會有所提升。然而目前福衛三號尚無公認的真實軌道，故本研究僅能以內部精度呈現。若 POD-X 可供計算，如此將可以互相檢核，以便確定軌道是否正確。然而以內部精度呈現，將會消除一些系統性的誤差，無法看出軌道是否受其他因素之影響，將會是一大隱憂。

表 6-1 本文所設定的參數

觀測量取樣率	30 秒一筆
相位中心偏差	採用 UCAR 所提供
最小訊號強度	設定為 4
對於福爾摩沙衛星三號的重力場描述	使用 EIGEN2 重力場模型,地球的重力位設定為 80 階
週波未定值的求解	每一時刻,當成未知數進行求解
隨機參數的求解數目	一所輸入的觀測時間多寡而定,本文是以 10 分鐘解一組參數
radial、along-track、cross-track 三方向先驗的隨機參數	徑向(radial)設定為 0.00002 m/s^2 , 沿軌跡方向(along-track)設定為 0.00001 m/s^2 , 跨軌跡方向(cross-track)設定為 0.00001 m/s^2

表 6-2 FM1~6 減動力軌道重疊差異統計表

FM1~FM6 (day of year, doy)	MEAN(m)	STDEV(m)	RMS(m)
	(radial/along/cross)	(radial/along/cross)	(radial/along/cross)
FM1,POD+X (138)	-0.031/-0.021/0.087	0.101/0.128/0.019	0.106/0.130/0.089
FM2,POD+X (146)	0.040/-0.010/0.024	0.065/0.088/0.026	0.076/0.088/0.035
FM3,POD+X (150)	-0.047/-0.152/-0.152	0.085/0.116/0.046	0.097/0.192/0.160
FM4,POD-X (112)	-0.009/0.015/-0.009	0.104/0.100/0.107	0.104/0.101/0.107
FM5,POD+X (156)	0.130/0.048/-0.336	0.104/0.081/0.059	0.167/0.095/0.341
FM6,POD+X (138)	-0.066/-0.101/0.147	0.010/0.178/0.196	0.120/0.205/0.246

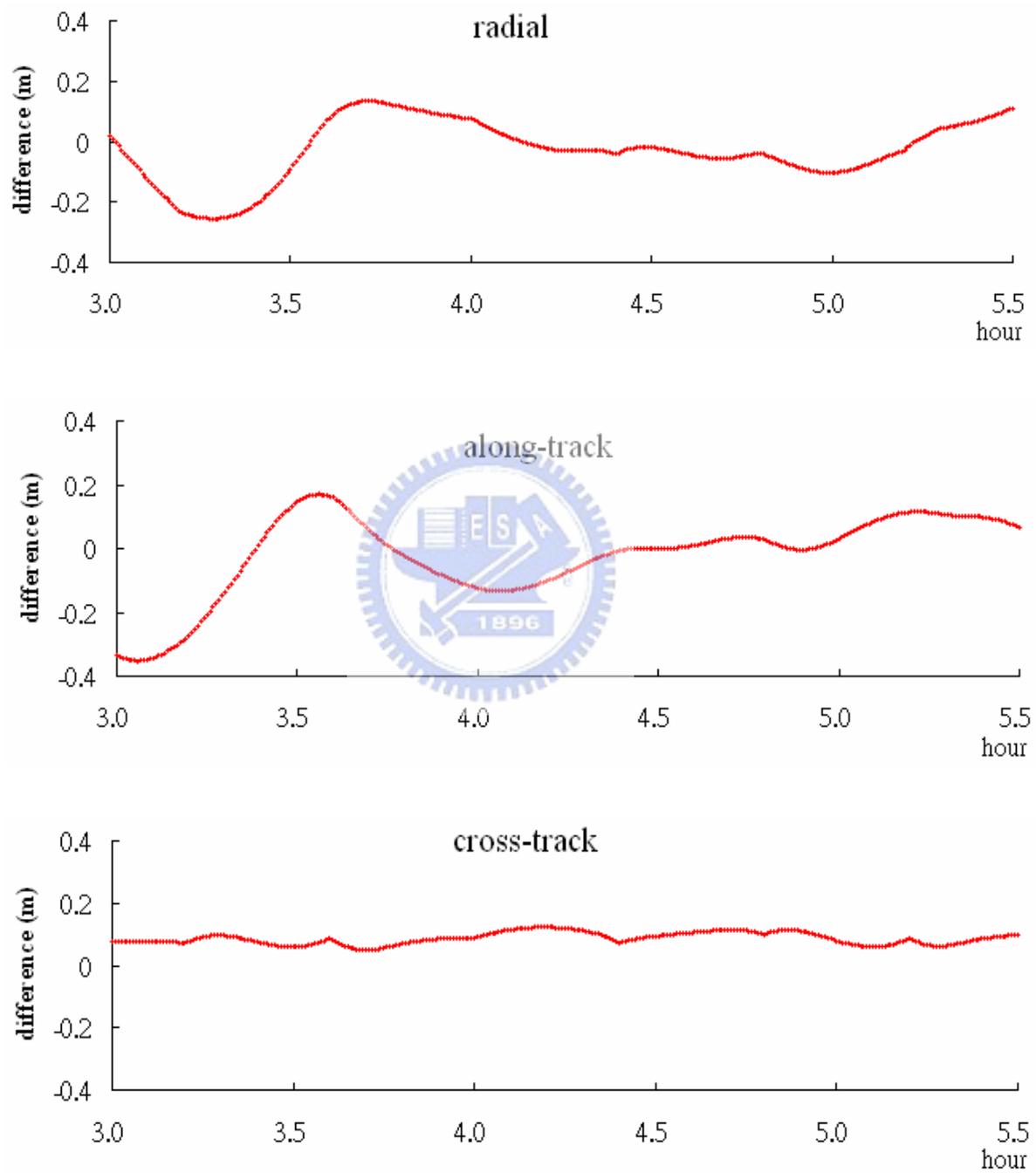


圖 6-2 (a) FM1, POD+X (第 138 天)減動力軌道重疊之差異圖

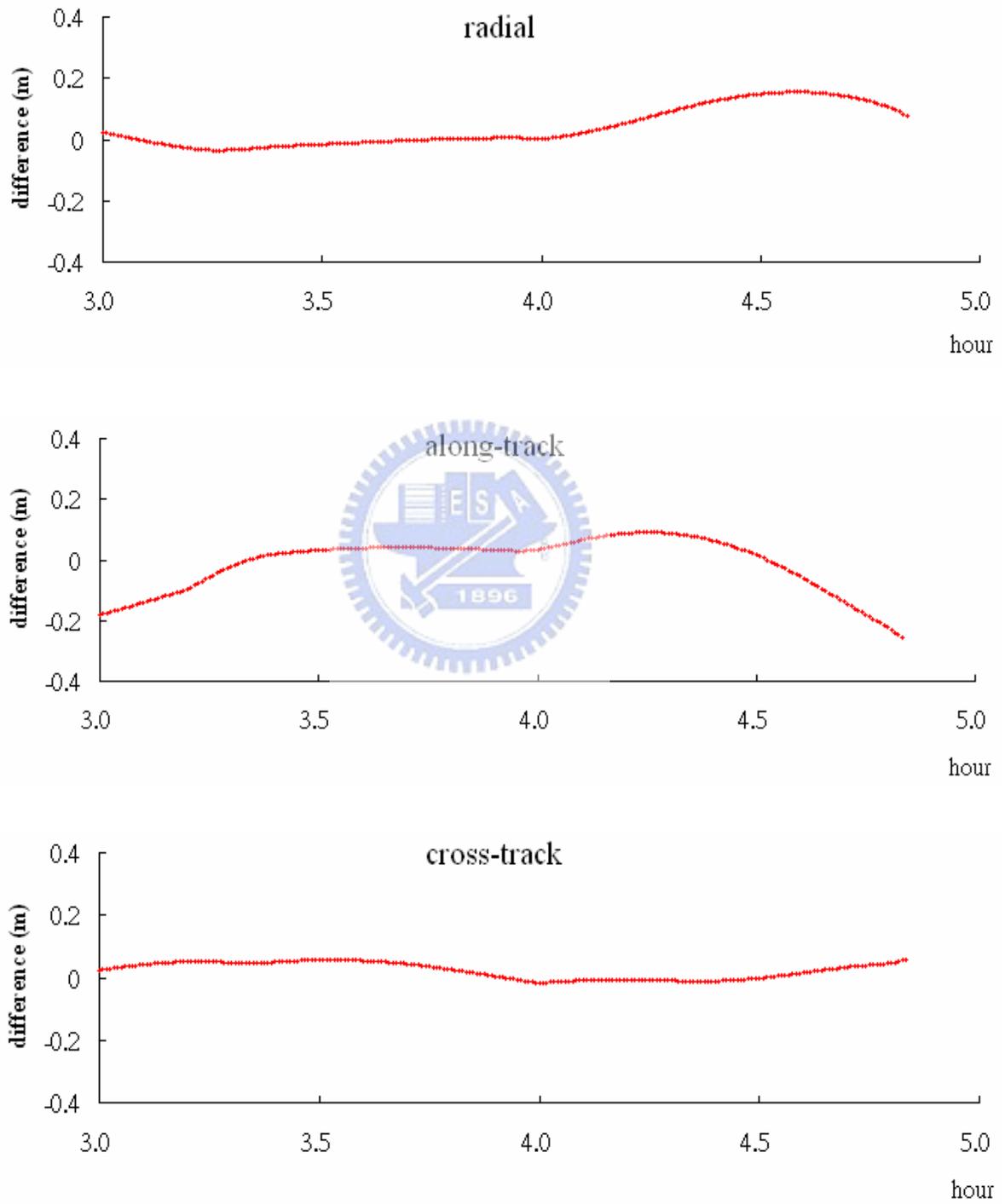


圖 6-2 (b) FM2, POD+X(第 146 天)減動力軌道重疊之差異圖

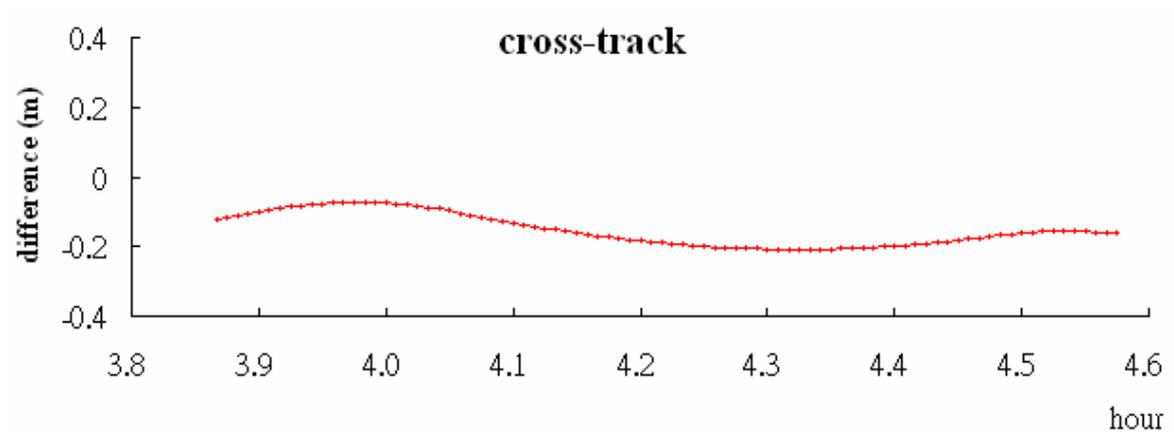
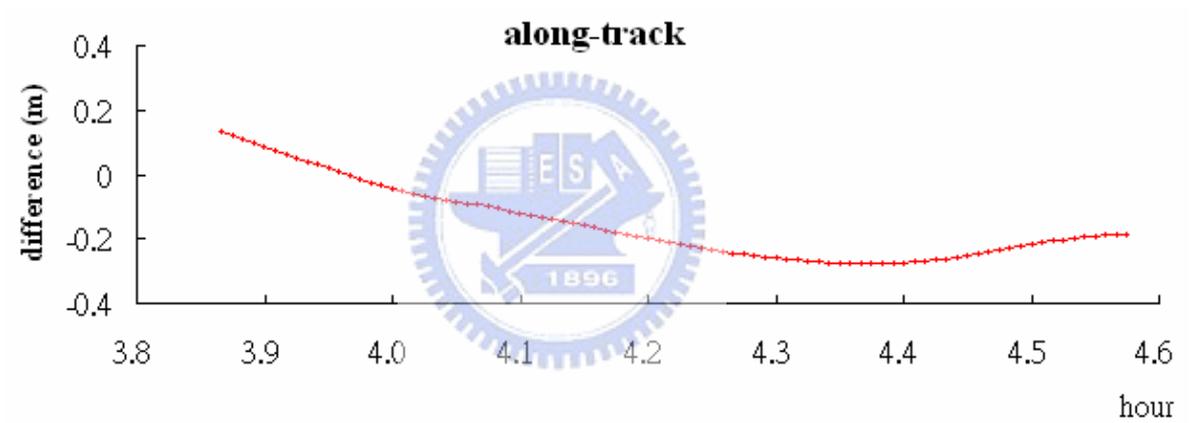
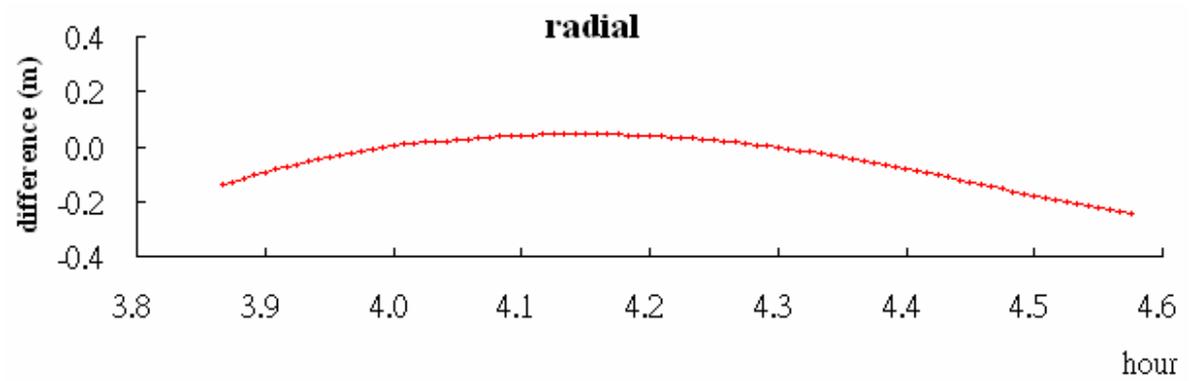


圖 6-2 (c) FM3, POD+X(第 150 天)減動力軌道重疊之差異圖

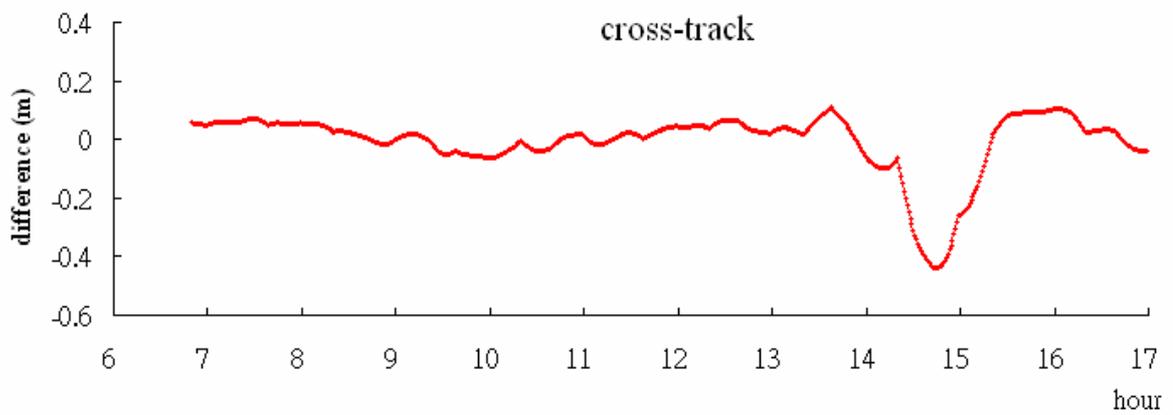
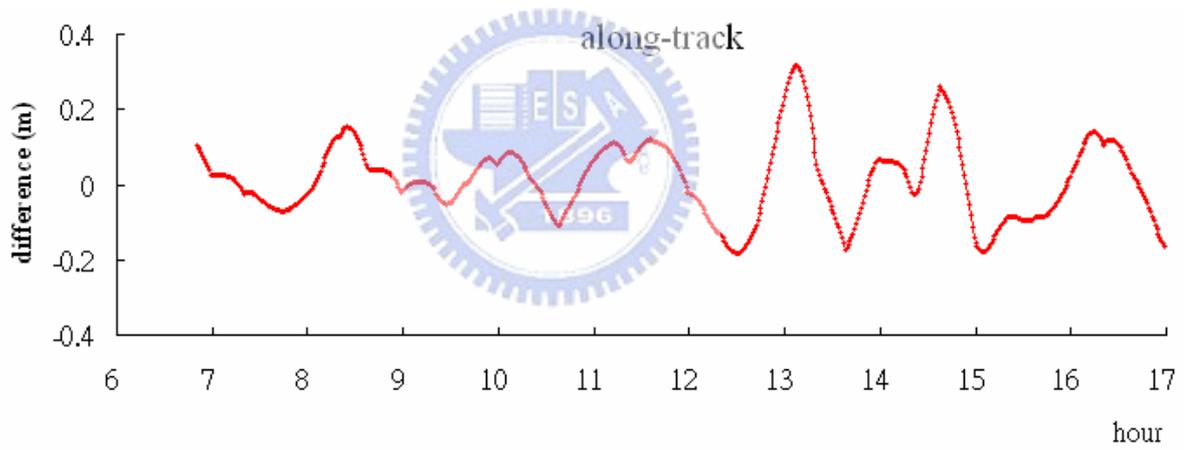
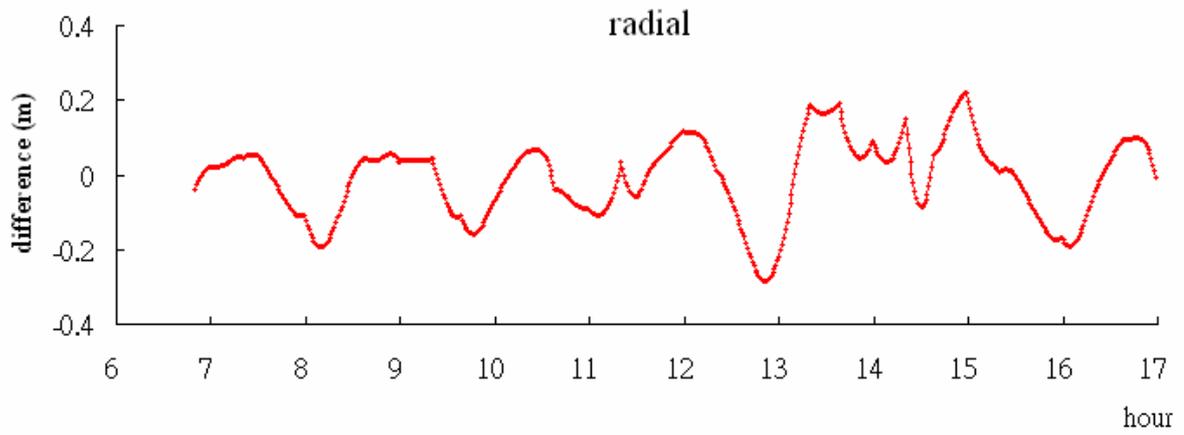


圖 6-2 (d) FM4, POD-X(第 112 天) 減動力軌道重疊之差異圖

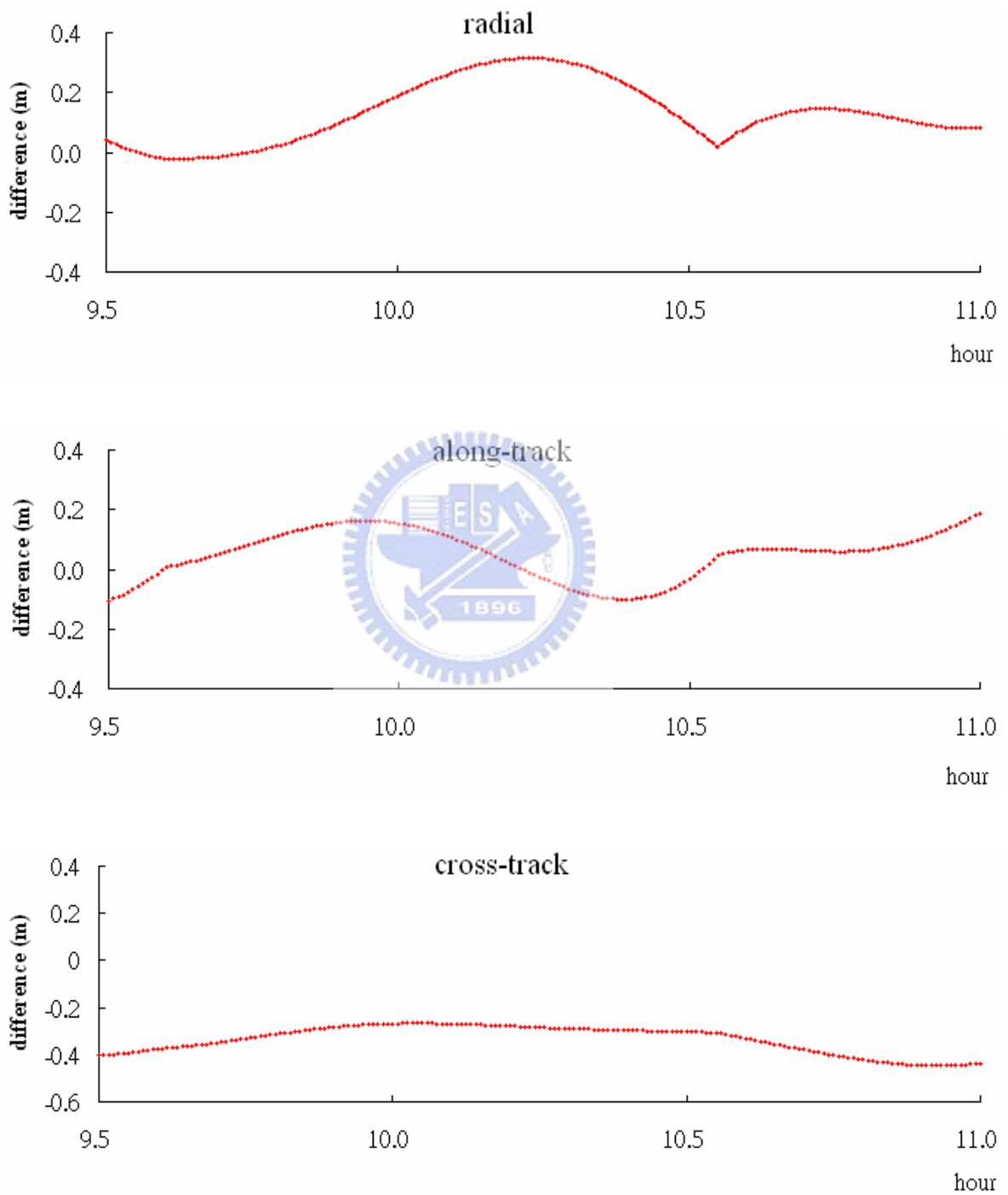


圖 6-2 (e) FM5, POD+X(第 156 天)減動力軌道重疊之差異圖

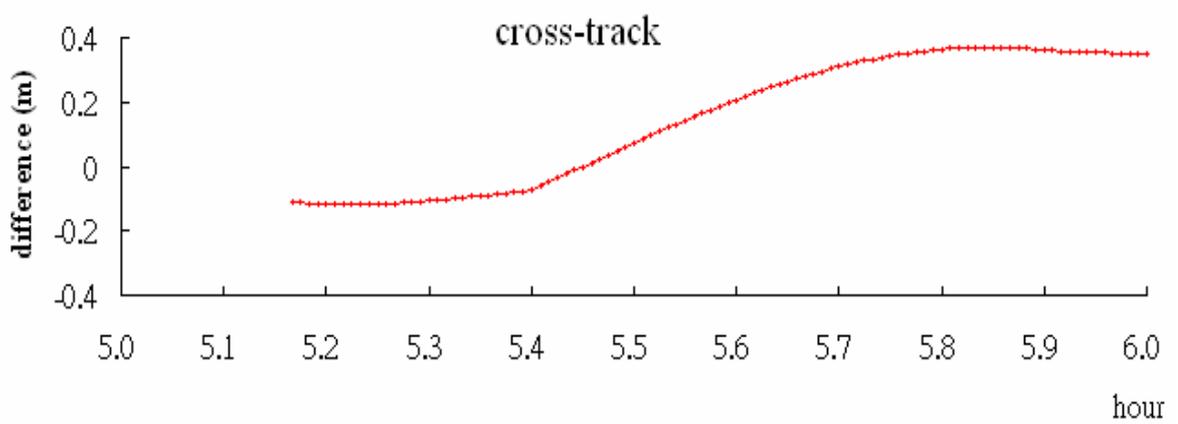
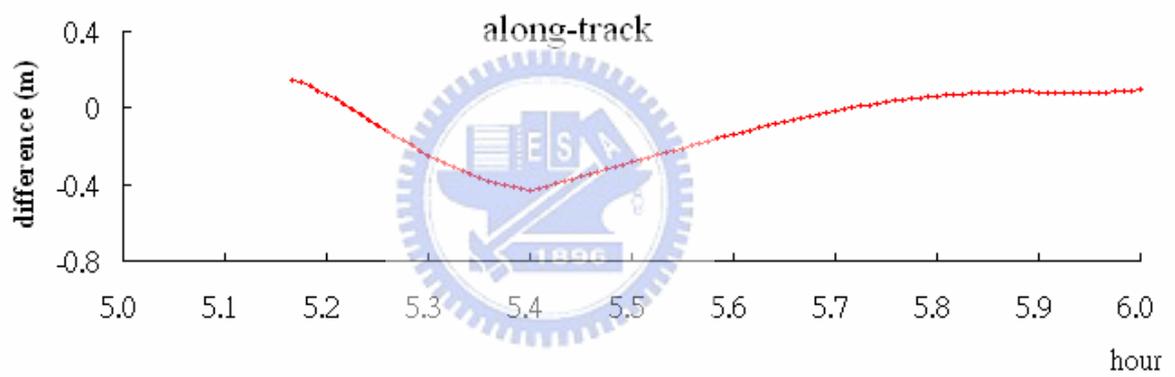
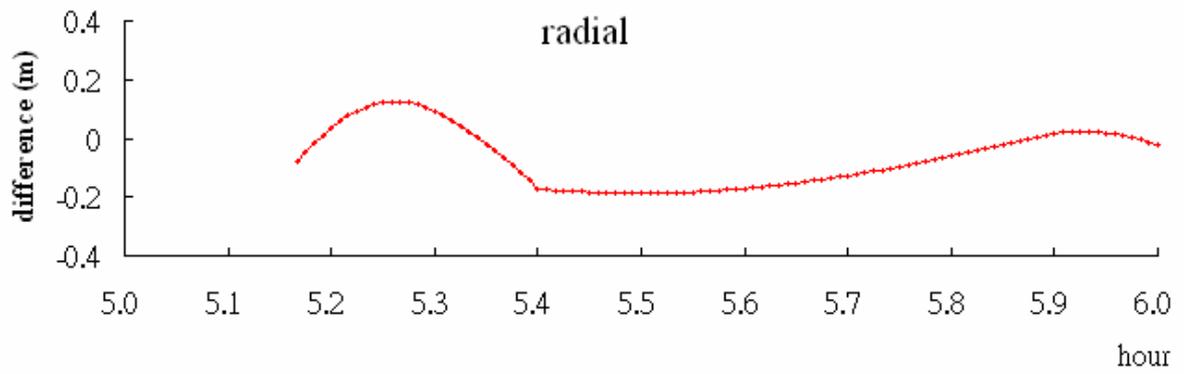


圖 6-2 (f) FM6, POD+X(第 138 天)減動力軌道重疊之差異圖

6-3 福爾摩沙衛星三號減動力軌道與動態軌道之差異

本文未做福爾摩沙衛星三號之動態軌道重疊評估，是由於動態軌道相當依賴觀測量的多寡與觀測時間的長短。觀測量太少造成無法解算出動態位置；觀測時間太短或追蹤 GPS 衛星時間太短，導致週波未定值解算不佳，影響定位精度。目前依福衛三號的情況來看，動態軌道重疊之精度並不會高於減動力軌道重疊之精度。

本文進行福衛三號動態軌道的解算，並將福衛三號動態軌道與福衛三號減動力軌道進行較差，並將較差大於 1 公尺的觀測量視為粗差進行分析評估。由於某些時刻觀測量太少，造成動態軌道無法求解，故本文將利用減動力軌道來補足該時刻動態軌道之不足。

本文利用動態法計算福衛三號軌道與利用減動力法計算福衛三號軌道進行比較，FM1：徑向方向為 0.566 m、沿軌跡方向為 0.554 m、跨軌跡方向為 0.214 m；FM2：徑向方向為 0.392 m、沿軌跡方向為 0.360 m、跨軌跡方向為 0.341 m；FM3：徑向方向為 0.233 m、沿軌跡方向為 0.267 m、跨軌跡方向為 0.264 m；FM4：徑向方向為 0.377 m、沿軌跡方向為 0.489 m、跨軌跡方向為 0.481 m；FM5：徑向方向為 0.255 m、沿軌跡方向為 0.249 m、跨軌跡方向為 0.178 m；FM6：徑向方向為 4.372 m、沿軌跡方向為 5.286 m、跨軌跡方向為 7.838 m。見表 6-3。圖 6-3 (a)~(f)分別為 FM1~FM6 減動力軌道與動態軌道之差異圖。圖 6-3 出現斷層的地方即為無法解算出動態軌道之處。

由表 6-3 可看出 FM6 的精度最差，若視 1 公尺較差為粗差，則 FM6 將沒有任何一較差是在 1 公尺以內，其動態軌道解算的相當不佳，從 MEAN 觀察出含有極大的系統誤差，故本文未將 FM6 剔除粗差；由圖 6-3 (d)看出 FM4 之減動力軌道與動態軌道差異僅有數個較差點，初步分析應是觀測品質不良所致，因 FM4 在 2006 年第 112 天的觀測相當多，不太可能因觀測量太少導致解算不佳，理應是觀測品質不良。

表 6-3 FM1~6 動態軌道與減動力軌道之差異統計表

FM1~FM6 (day of year, doy)	MEAN(m) (radial/along/cross)	STDEV(m) (radial/along/cross)	RMS(m) (radial/along/cross)
FM1,POD+X (138)	-0.101/-0.068/0.023	0.557/0.550/0.213	0.566/0.554/0.214
FM2,POD+X (146)	-0.019/0.023/-0.322	0.391/0.360/0.112	0.392/0.360/0.341
FM3,POD+X (150)	0.003/0.012/0.168	0.233/0.266/0.203	0.233/0.267/0.264
FM4,POD-X (112)	-0.200/0.053/0.014	0.320/0.486/0.481	0.377/0.489/0.481
FM5,POD+X (156)	-0.032/-0.105/-0.011	0.253/0.226/0.178	0.255/0.249/0.178
FM6,POD+X (138)	-3.209/-0.878/-5.499	2.970/5.213/5.585	4.372/5.286/7.838

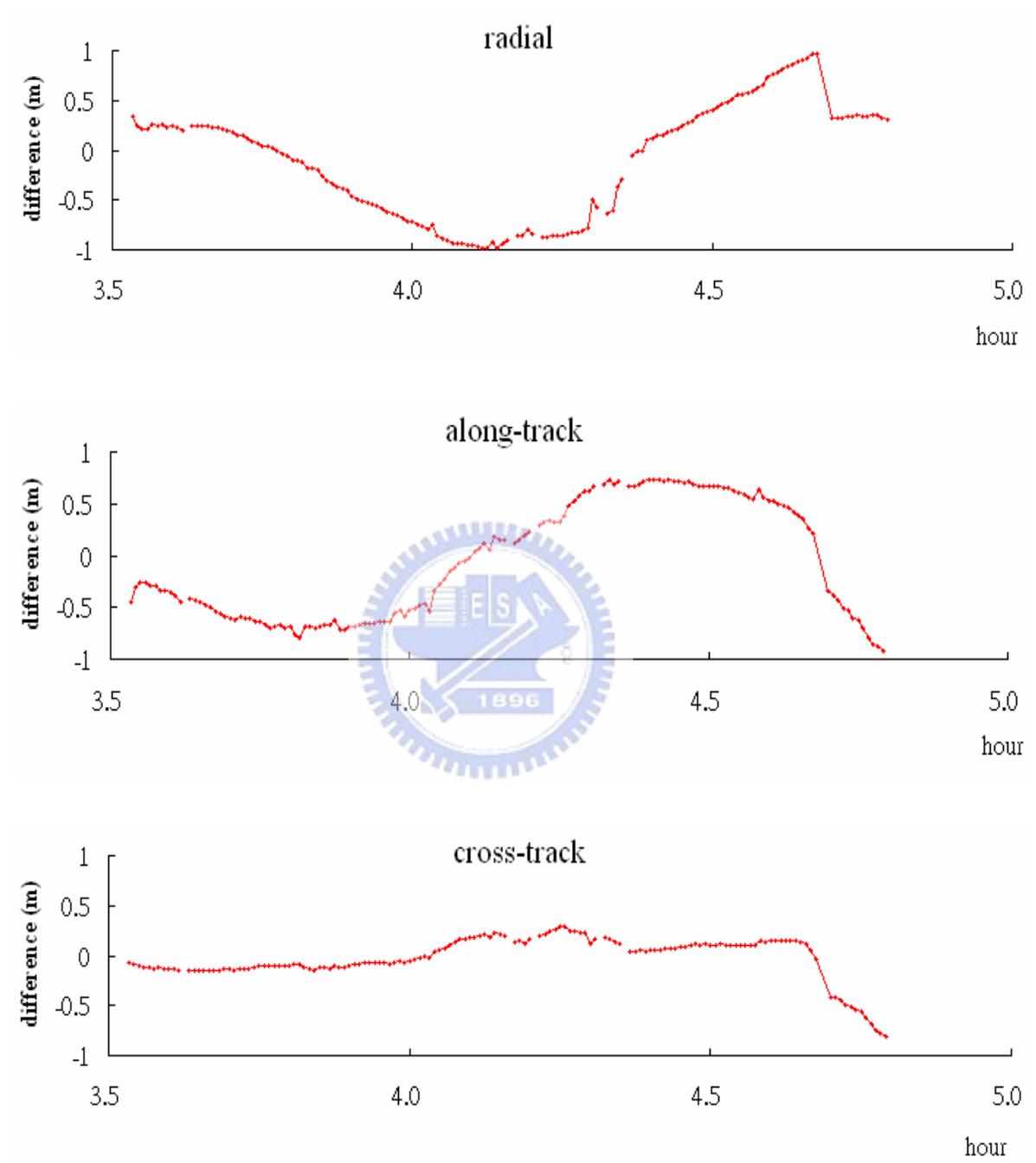


圖 6-3 (a) FM1 減動力軌道與動態軌道之差異圖

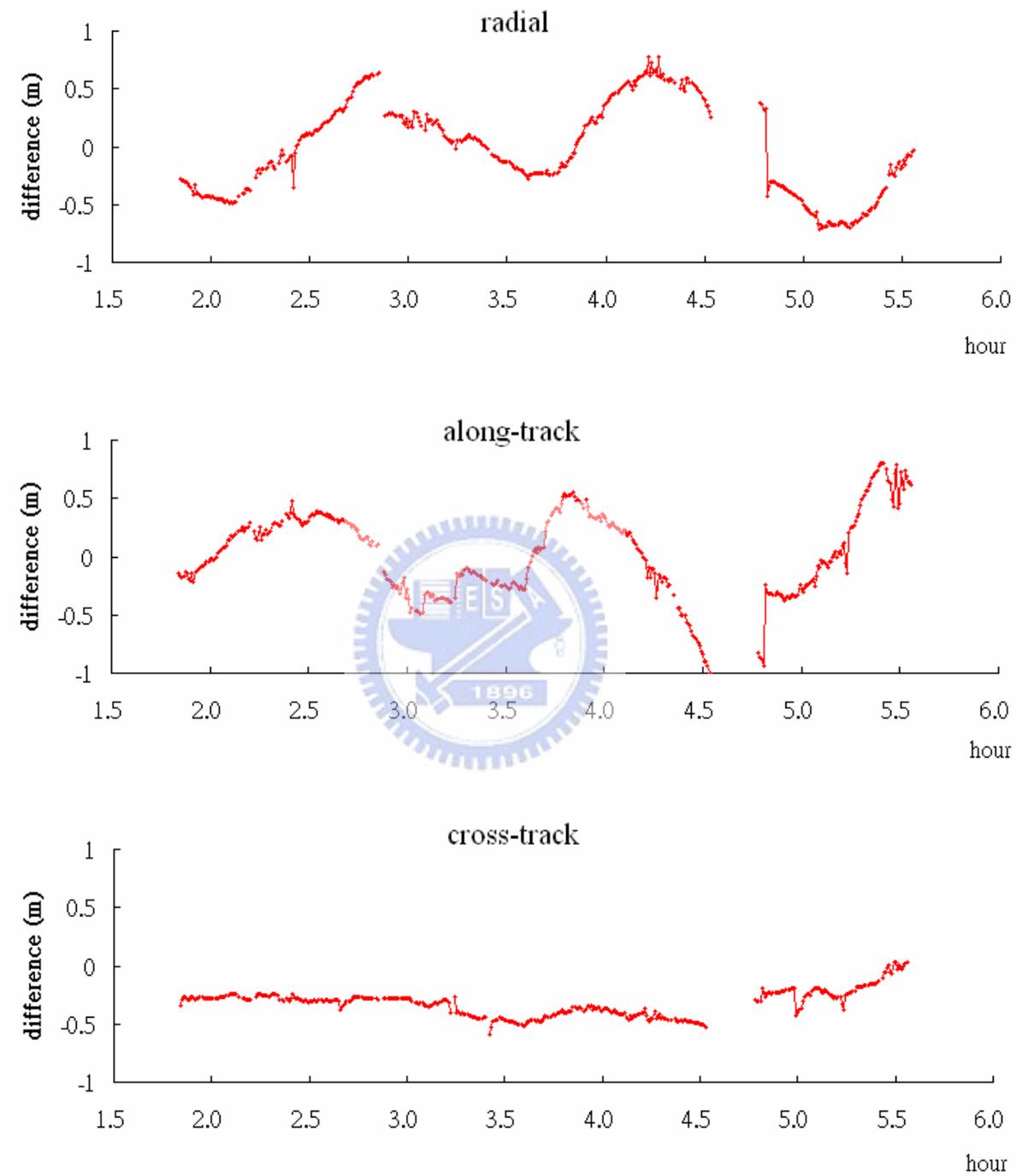


圖 6-3 (b) FM2 減動力軌道與動態軌道之差異圖

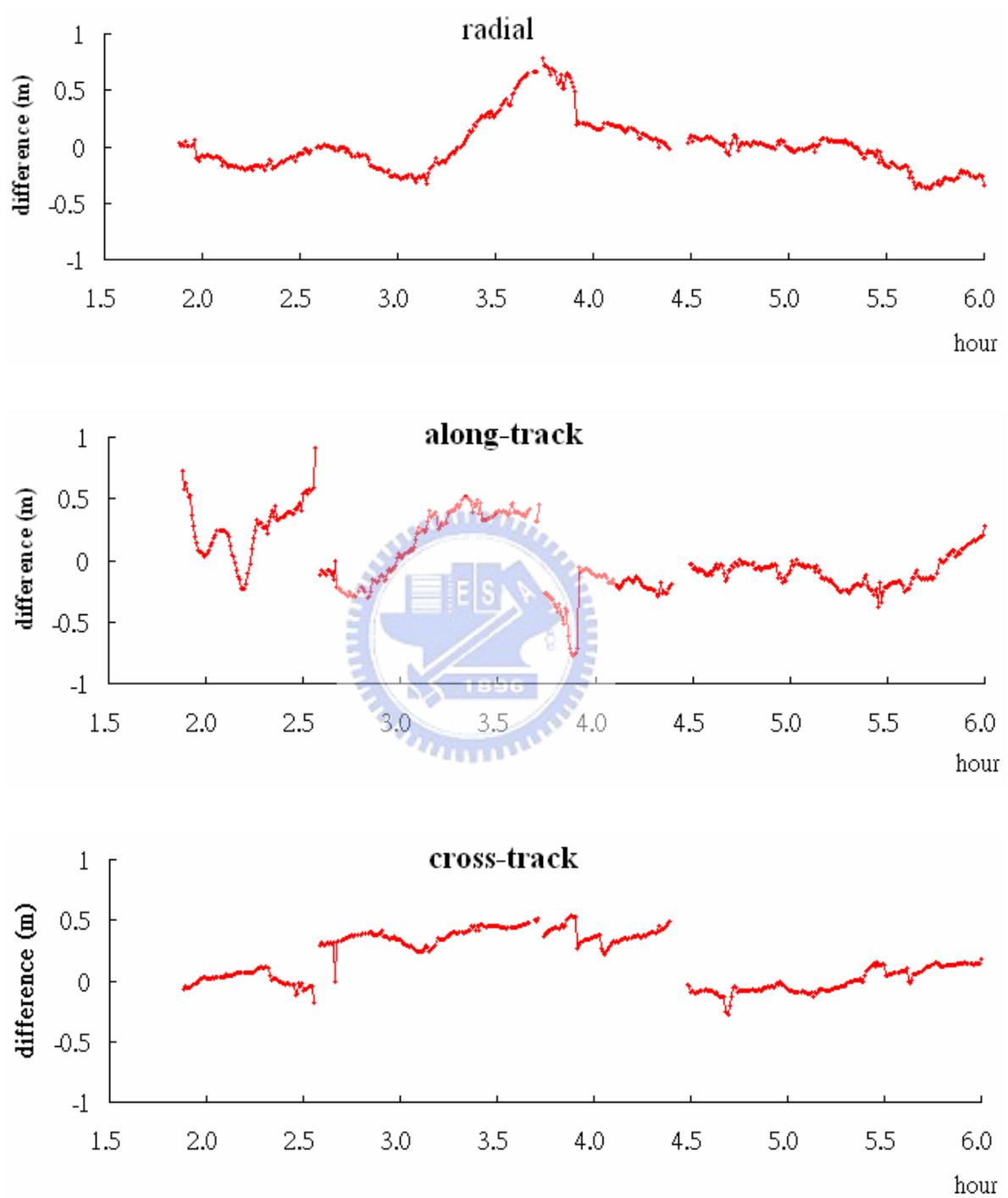


圖 6-3 (c) FM3 減動力軌道與動態軌道之差異圖

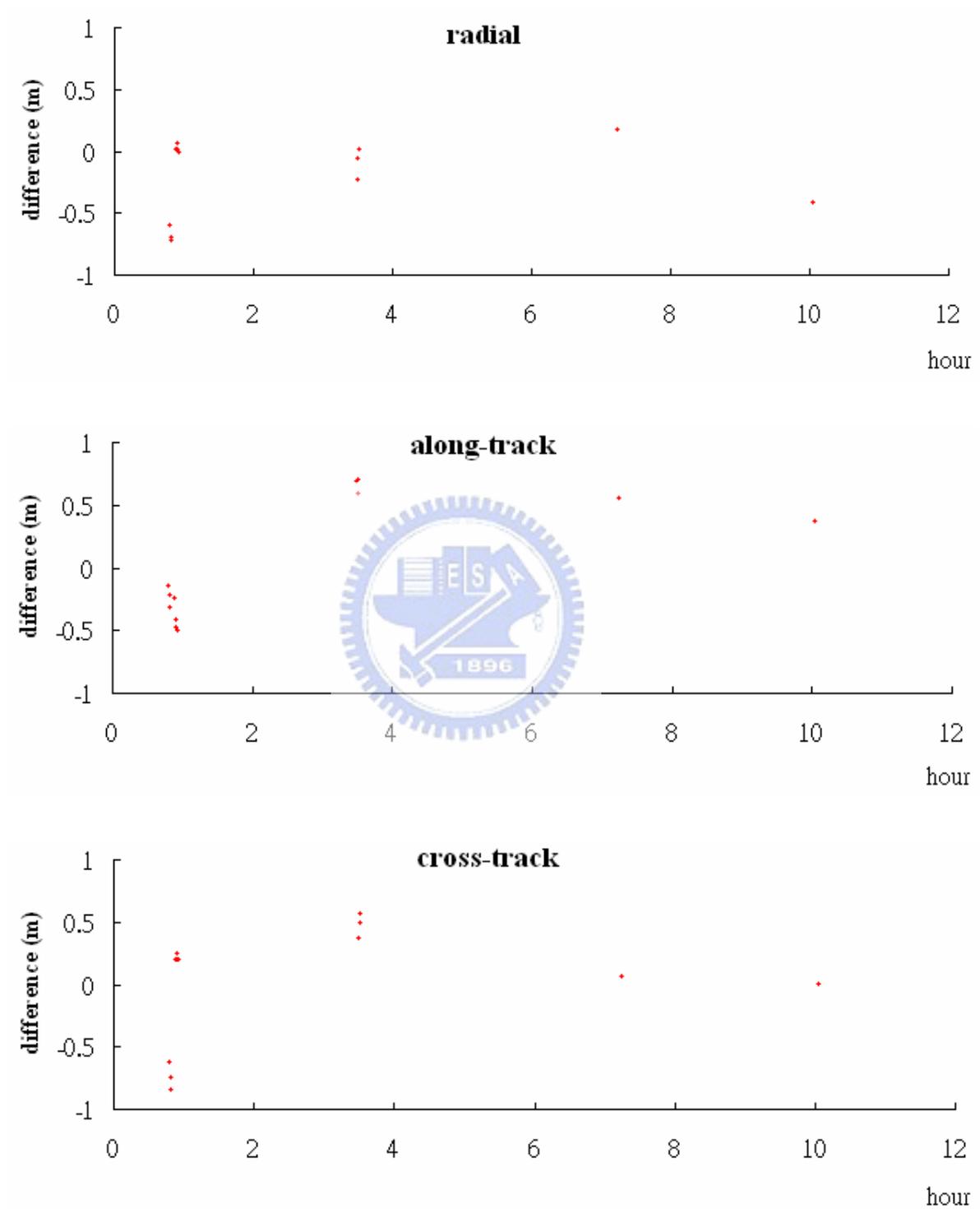


圖 6-3 (d) FM4 減動力軌道與動態軌道之差異圖

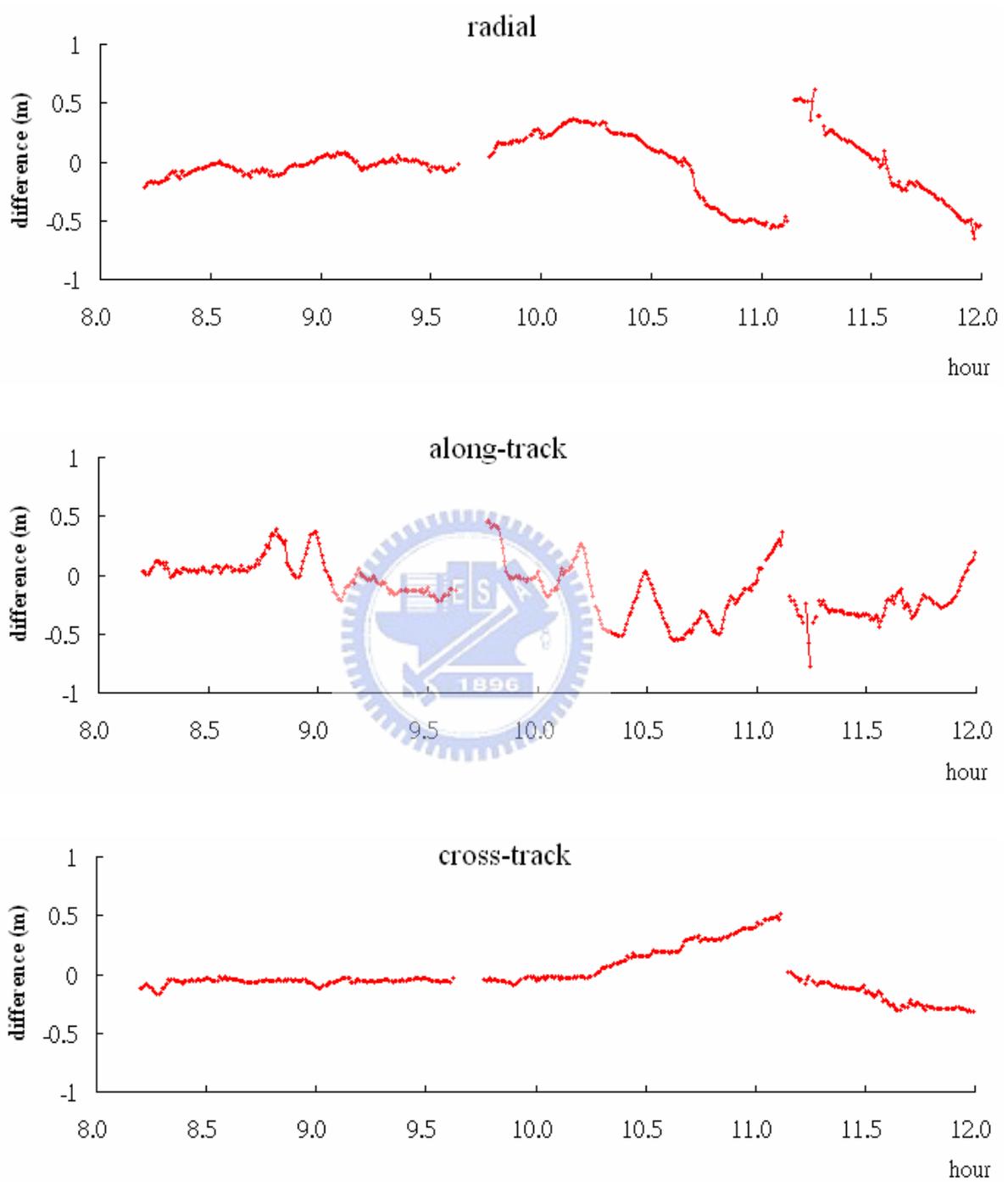


圖 6-3 (e) FM5 減動力軌道與動態軌道之差異圖

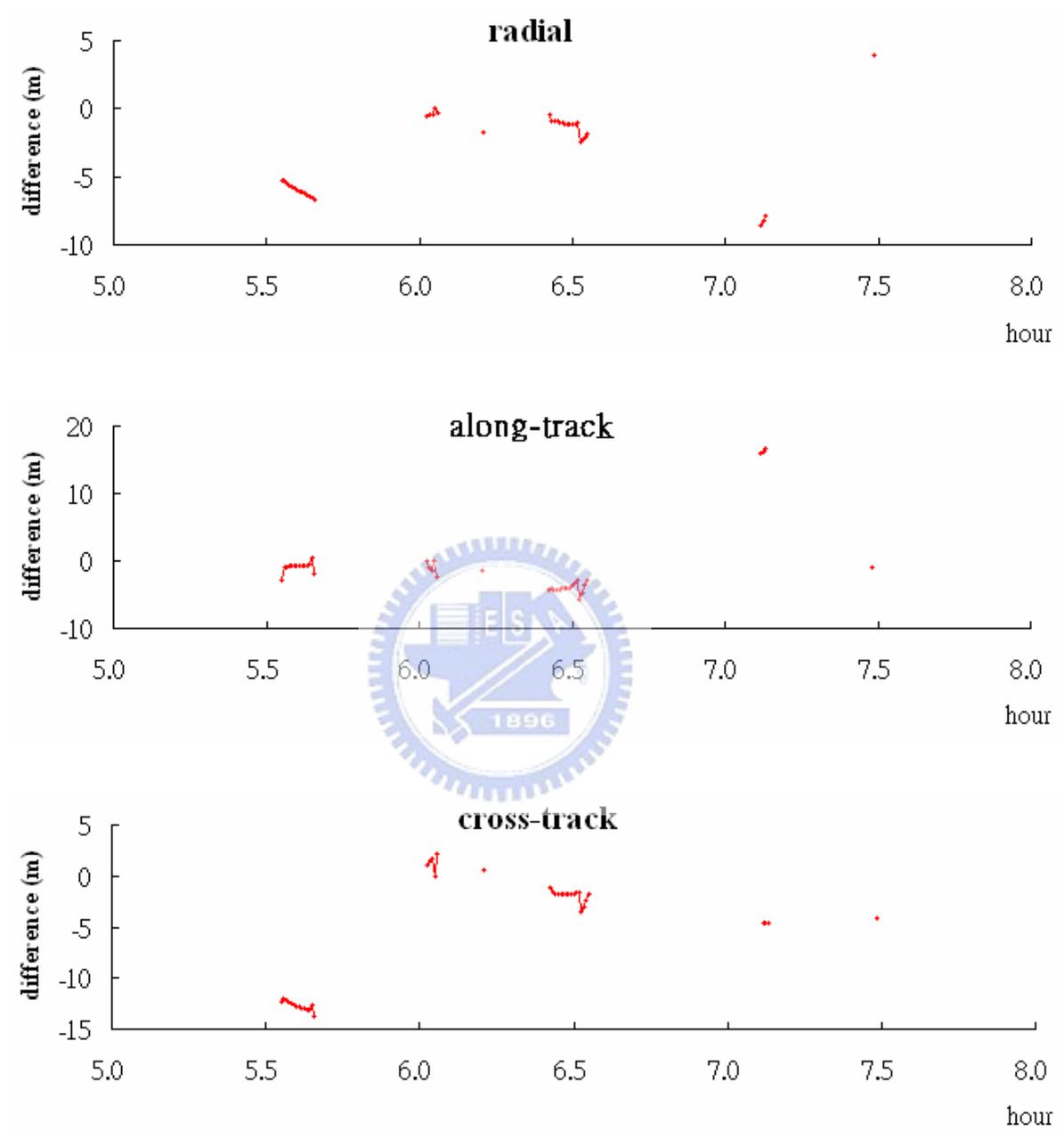


圖 6-3 (f) FM6 減動力軌道與動態軌道之差異圖

6-4 即時(real-time)與後處理(post-processing)減動力軌道之比較

本文利用 CODE 即時發布的快速預估(rapid orbit prediction) GPS 星曆和預估的地球自轉參數，進行即時的減動力軌道求定，嘗試比較出即時之福衛三號減動力軌道與後處理之福衛三號減動力軌道之差異量級。本文利用 Bernese 從快速預估 GPS 星曆萃取出 15 分鐘一筆的 GPS 時錶改正資訊，利用以上這些檔案進行即時的減動力軌道求定。之後再等待 GPS 精密星曆、高取樣率 GPS 時錶改正和精密的地球自轉參數發布之後，進行後處理的減動力軌道求定。將即時之減動力軌道與後處理之減動力軌道進行較差，嘗試看出此差異之量級。本文利用 2006 年第 156 天的 FM5 作為實驗，得出在徑向方向差異為 0.573 m，沿軌跡方向差異為 0.583 m，跨軌跡方向差異為 0.270 m；見表 6-4 即時減動力軌道與後處理減動力軌道之差異統計表；圖 6-4 為 FM5 的即時減動力軌道與後處理減動力軌道之差異圖。

從表 6-4 可看出在徑向、沿軌跡方向和跨軌跡方向其差異量及大約介於 0.3 m ~ 0.6 m 之間，其原因應是 GPS 預估星曆之精度為 50 公分，再加上其他因素，如時錶改正為造成的誤差等等。以此精度之等級理應可供給福衛三號大氣研究所需即時軌道。若想再提升即時軌道之精度，可使用超快速(ultra-rapid) GPS 星曆進行實驗，其 GPS 軌道精度為 10 公分，可即時獲取資訊，亦可從 GPS 星曆檔中萃取出 15 分鐘一筆的 GPS 時錶改正資訊。

表 6-4 即時減動力軌道與後處理減動力軌道之差異統計表

	MEAN(m)	STDEV(m)	RMS(m)
	(radial/along/cross)	(radial/along/cross)	(radial/along/cross)
FM5,POD+X (156)	-0.279/-0.317/0.158	0.500/0.489/0.219	0.573/0.583/0.270

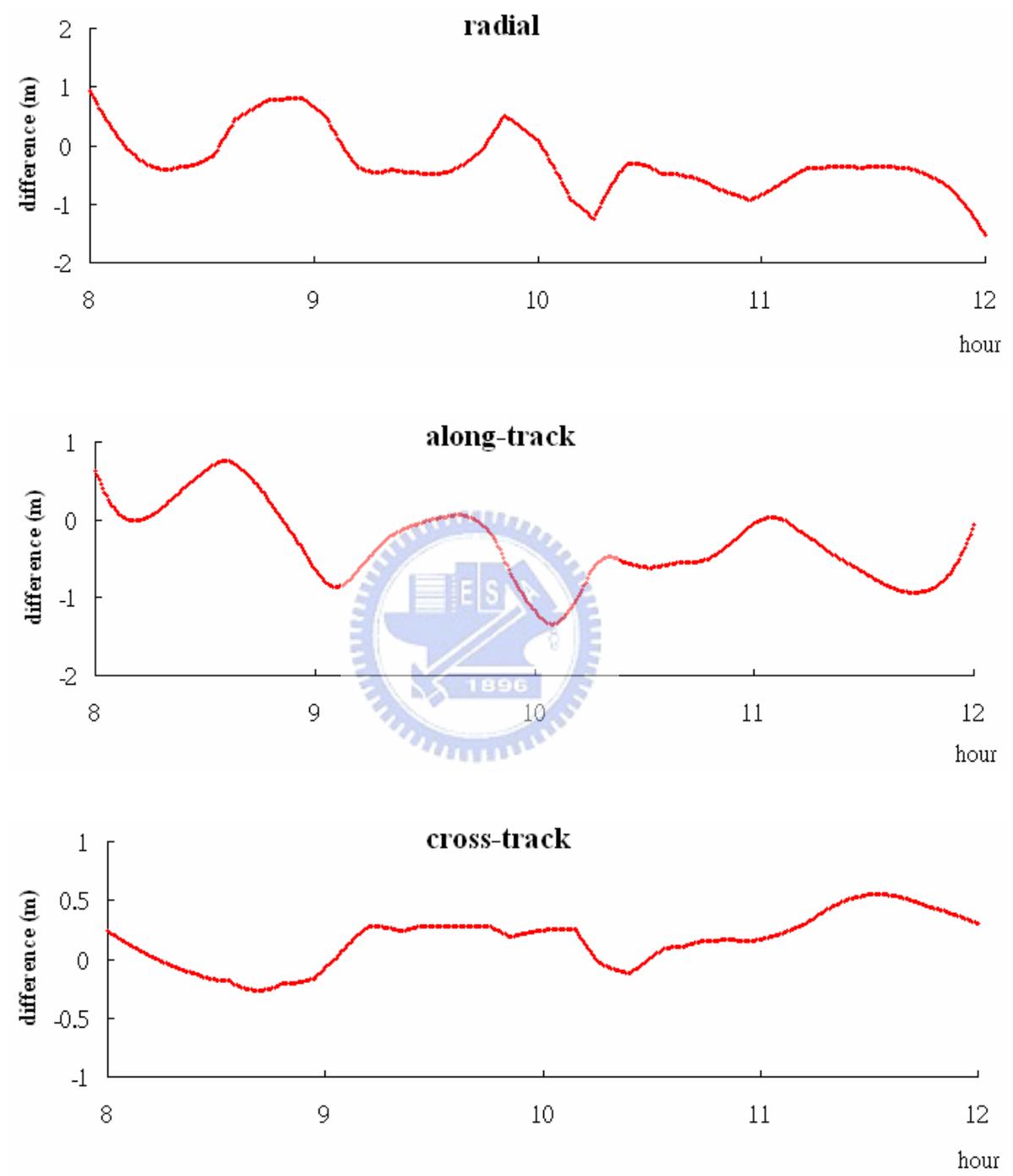


圖 6-4 FM5 的即時減動力軌道與後處理減動力軌道之差異圖