

財團法人國家實驗研究院國家太空中心

全球定位科學應用研究委託案(3/3)

101年度「全球定位科學應用研究中心」

期末報告

工作項目(5.3)：近即時定軌軟體及軟體使用手冊（第二版）、

測試報告

計畫名稱：掩星資料處理技術建置：定軌計算自主技術發展

執行期間： 2012/02/18~2013/02/17

分項工作管理人：黃金維 教授

參與人員：曾子榜 博士

李宜珊 博士生

中 華 民 國 1 0 2 年 0 2 月

一、 摘要

本研究團隊藉由福衛三號作為研究對象，研發針對福衛三號近即時定軌程序的自動化處理系統，以提供未來國內發展自主衛星任務之參考基礎架構。將自動化處理系統建置於Linux 系統之叢集電腦（PC Cluster）的工作環境下，計算端共配置16 個計算節點可供平行處理運算。配合定軌研究使用的Bernese 5.0 軟體之自動化處理（Bernese Processing Engine, BPE），採用佇列排程控管軟體PBS（Portable Batch System）與Linux 作業系統之例行性工作排程，以實現福衛三號近即時定軌自動化處理系統，其中包含地面站資料收集、對流層參數解算、GPS 時錶改正估計以及福衛三號軌道之求定。運作概念是以例行性工作排程於指定時間啟動自動執行，並將欲執行之近即時定軌解算工作交由佇列排程控管軟體分配計算資源，使各解算工作可獨立且進行平行運作。

二、 前言

本研究中的近即時低軌衛星精密定軌程序，可分為地面站資料收集與處理、GPS 時錶估計以及低軌衛星的軌道求定三部分，如圖 1 所示。第一部分是「地面測站處理程序」，利用此程序對地面觀測料進行下載、合併等整理工作。透過收集的地面 GPS 測站觀測資料，進行第二部分「高取樣率 GPS 時錶差處理程序」，包含求解測站坐標位置與其上空之對流層資訊，進而計算 GPS 時錶偏差，其中以超快速 GPS 精密星曆作為先驗軌道。第三部分則是「低軌衛星定軌處理程序」，此程序利用衛星追蹤衛星技術，以 GPS 觀測資料解算低軌衛星軌道。

本研究之近即時定軌系統架構在 Linux 環境下的 PC cluster，為使福衛三號六枚衛星能夠同時進行定軌解算而不互相影響或佔用系統伺服器端資源，該系統使用佇列排程控管軟體 PBS 分配欲執行之工作至計算端各計算節點進行工作。另針對福衛三號近即時定軌之自動化處理，分別以 shell script 撰寫下載資料的執行檔，定軌處理程序前置編輯作業的執行檔，以及執行工作平行處理運算的 PBS 執行檔，並以 perl 語言整合以上所述之執行檔，配合例行性工作排程每 15 分鐘

定時執行 IGS 地面站觀測資料下載與合併，並每小時執行計算高取樣率 GPS 時錶差計算(如圖 2 所示)，另每隔 10 分鐘偵測是否有新的福衛三號觀測資料釋出並予以定軌(如圖 3 所示)，以此系統自動執行福衛三號之近即時定軌工作。

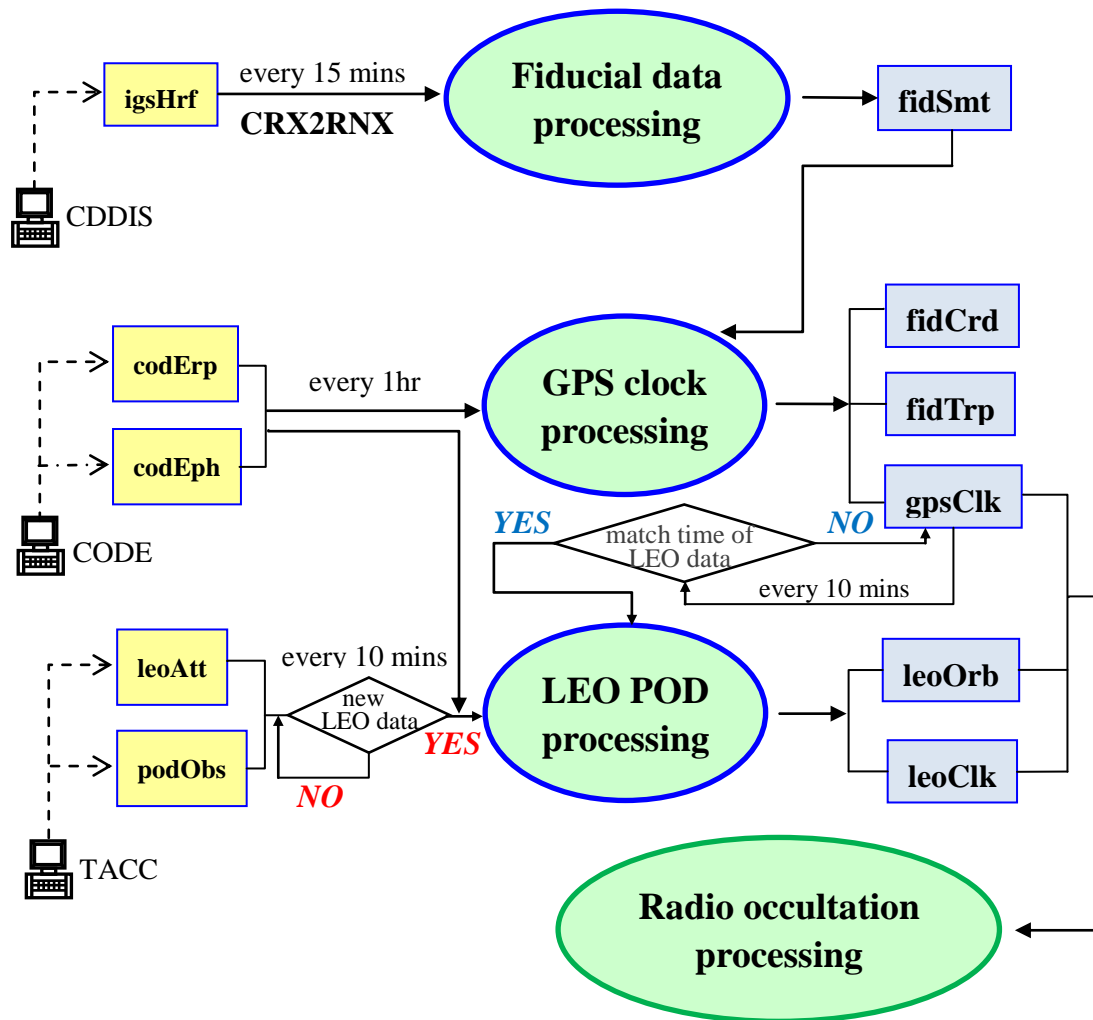


圖 1: 自動化近即時定軌系統架構

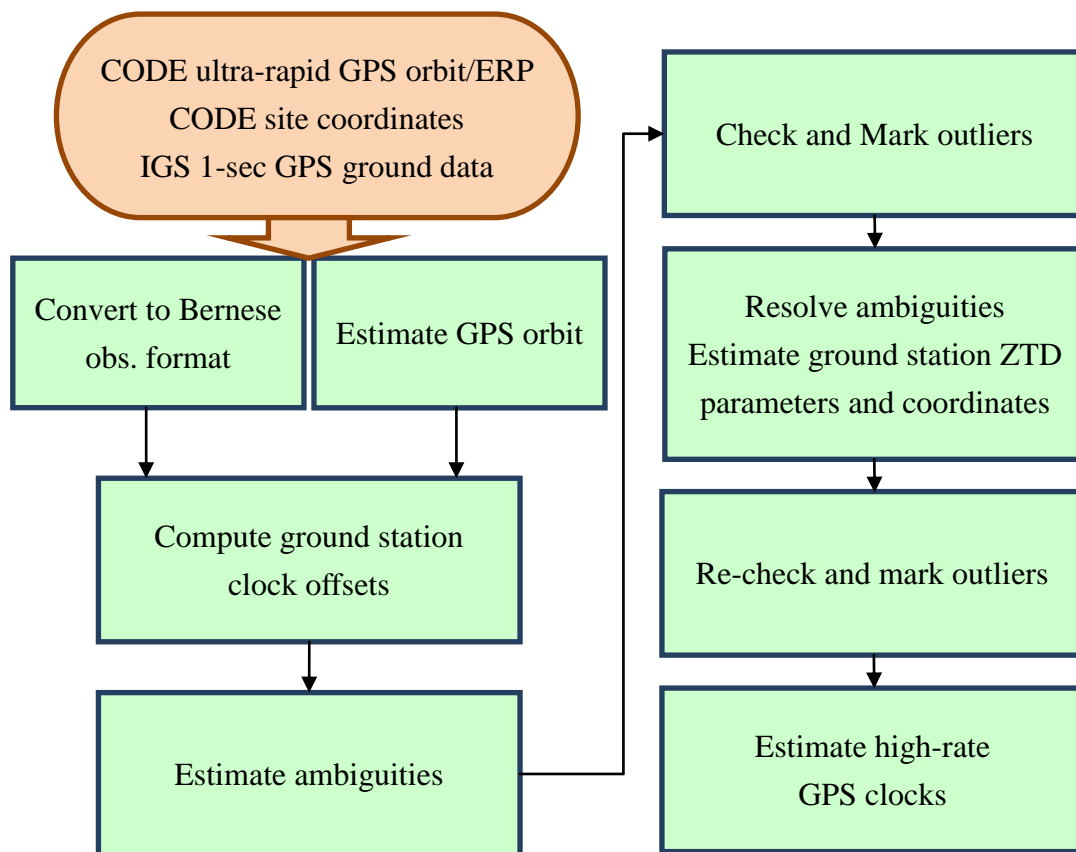


圖 2: GPS 時錶改正解算流程

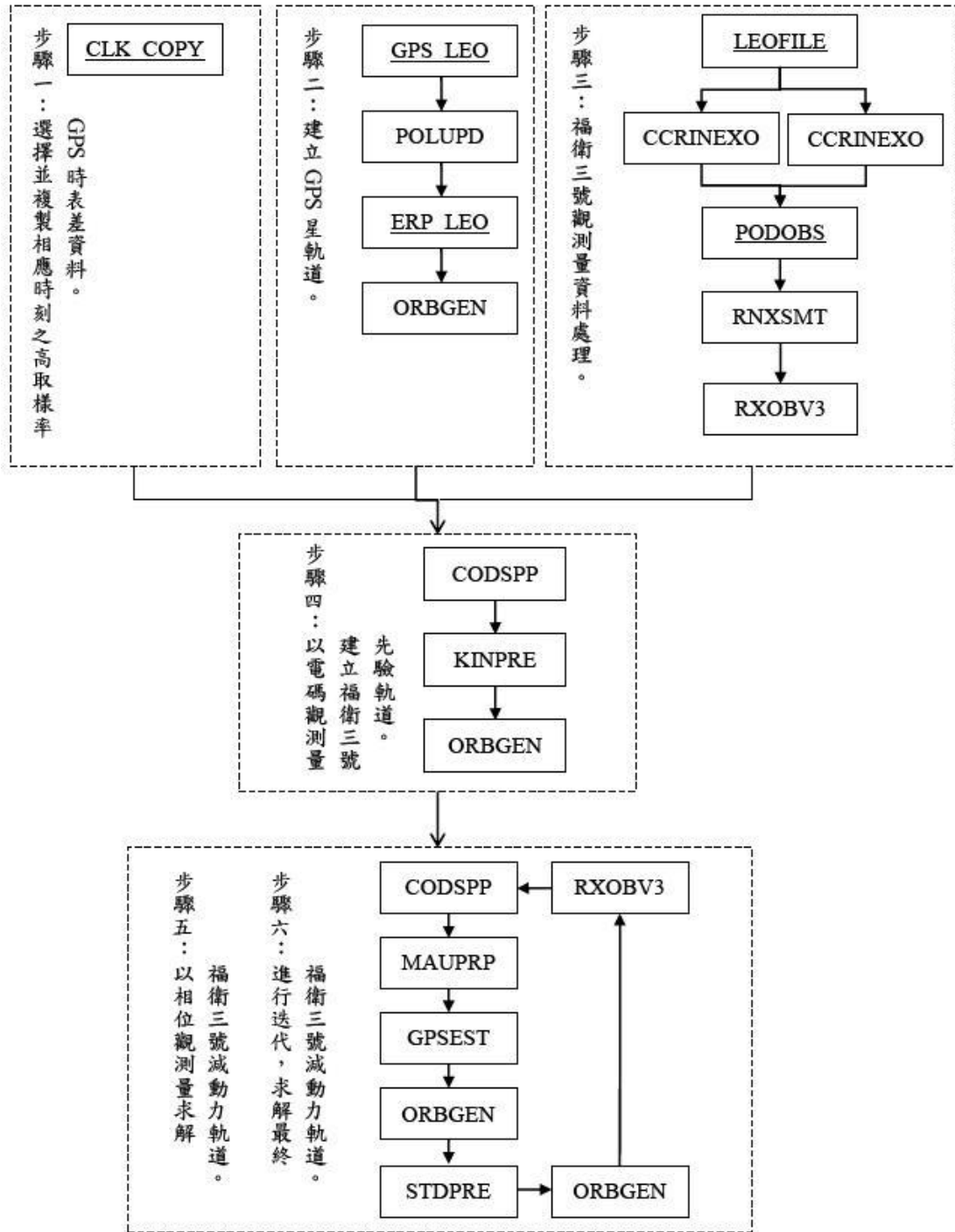


圖 3: 福衛三號及時定軌計算流程

三、 成果報告

3-1 地面站的使用

為使地面站資料均勻全球分布，目前 TACC 使用的 CDAAC 軟體其所採用的地面站資料來源有四，分別是 IGS, NRCAN, EUMETSAT and CDAAC，如圖 4(a)所

示。受限於資料交換使用合約，目前本團隊研究使用之地面站資料來源僅為 IGS，若以 2011 年第 86 天所下載使用之地面站為例，如圖 4(b)所示，TACC 所使用之地面站較本研究所使用之地面站其幾何分佈更為均勻。圖 4(b)中之淺藍色線為 GPS 衛星的地面軌跡。下一章節將顯示由 TACC 所求定的 GPS 時錶差與本研究所求定的時錶差之比較。

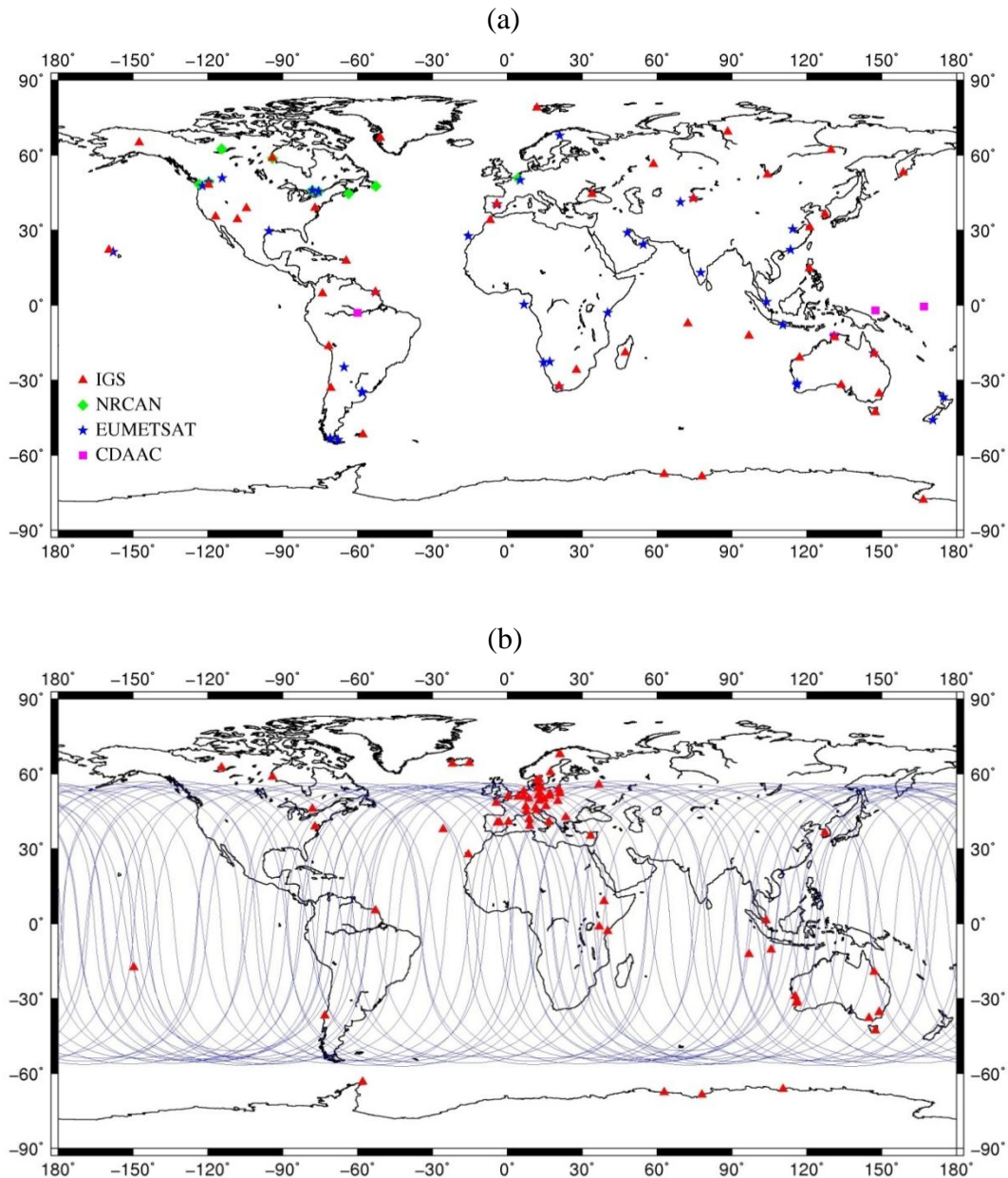


圖 4: (a)TACC 地面站的使用(b)本研究地面站的使用

3-2 GPS 時錶差之比較

以 2011 年第 83~90 資料計算為例，表 1 及圖 5 說明了三種不同計算軟體的高取樣率 GPS 時表差結果：(1)本研究團隊求得之近即時時錶差，稱為 NRT(NCTU)；(2) UCAR 的 CDAAC 軟體求得之近即時時錶差，稱為 NRT(CODE)；(3) CODE 的後處理時表差，稱為 PP(CODE)。由表 1 可知，每一個 GPS 時錶改正的產品，因選擇的時鐘基準不同造成差異，但其差異仍介於同一等級。此外，即時的產品當中 NCTU 與 UCAR 的比較(NRT (NCTU) – NRT (UCAR))比其他兩列來的高，是由於 CODE 使用精度較的後處理 GPS 軌道進行 GPS 時錶差估計；反觀 NRT (NCTU) – PP (CODE)與 NRT (UCAR) – PP (CODE)的比較，其量級較為相近，意指兩個產品(NCTU 與 UCAR)所估計出來的即時 GPS 時錶改正精度相當。

表 1: GPS 時錶差之 RMS 與平均值的比較(NRT 意指即時;PP 意指後處理)

Case	RMS	Mean
NRT (NCTU) – PP (CODE)	1.427	-0.292
NRT (UCAR) – PP (CODE)	1.332	-0.515
NRT (NCTU) – NRT (UCAR)	1.939	-0.202

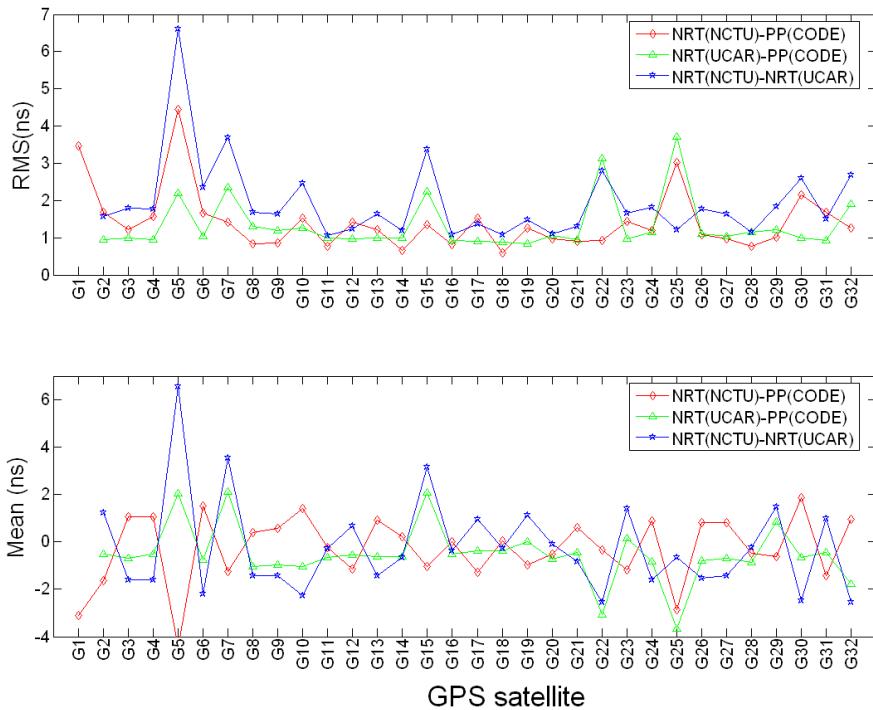


圖 5:GPS 時錶改正 RMS 與平均值分布圖

3-3 定軌結果比較

在定軌計算中，同樣以 2011 年第 83~90 天的觀測資料進行計算。對定軌成果精度分析，表 2 與圖 6 中的軌道比較包括三種不同來源的定軌成果：(1)本研究團隊求得之近即時定軌成果，稱為 NRT(NCTU)；(2) UCAR 的 CDAAC 軟體求得之近即時定軌成果，稱為 NRT(UCAR)；(3)後處理定軌成果，稱為 PP。在近即時定軌系統精度成果分析中，分別以近即時減動力軌道重疊較差、近即時減動力軌道與後處理減動力軌道較差、不同近即時減動力軌道較差等三種方式估算。在近即時軌道重疊比較中，NCTU 近即時軌道精度約為 9 公分(NRT (NCTU) – NRT (NCTU))，而 UCAR 近即時軌道精度約為 15 公分(NRT (UCAR) – NRT (UCAR))；在近即時減動力軌道與後處理減動力軌道比較中，NCTU 近即時軌道與後處理軌道差異約為 10 公分(NRT (NCTU) – PP)，而 UCAR 近即時軌道精度約為 15 公分(NRT (UCAR) – PP)；在 NCTU 與 UCAR 近即時減動力軌道比較中，兩者的近即時軌道差異約 18 公分(NRT (NCTU) – NRT (UCAR))。

表 2 各軌道較差之平均均方根值(單位:公尺)

Case of overlap	Position (m)	Velocity (mm/s)
NRT (NCTU) – NRT (NCTU)	0.090	0.238
NRT (UCAR) – NRT (UCAR)	0.153	0.245
NRT (NCTU) – PP	0.097	0.239
NRT (UCAR) – PP	0.154	0.258
NRT (NCTU) – NRT (UCAR)	0.177	0.261

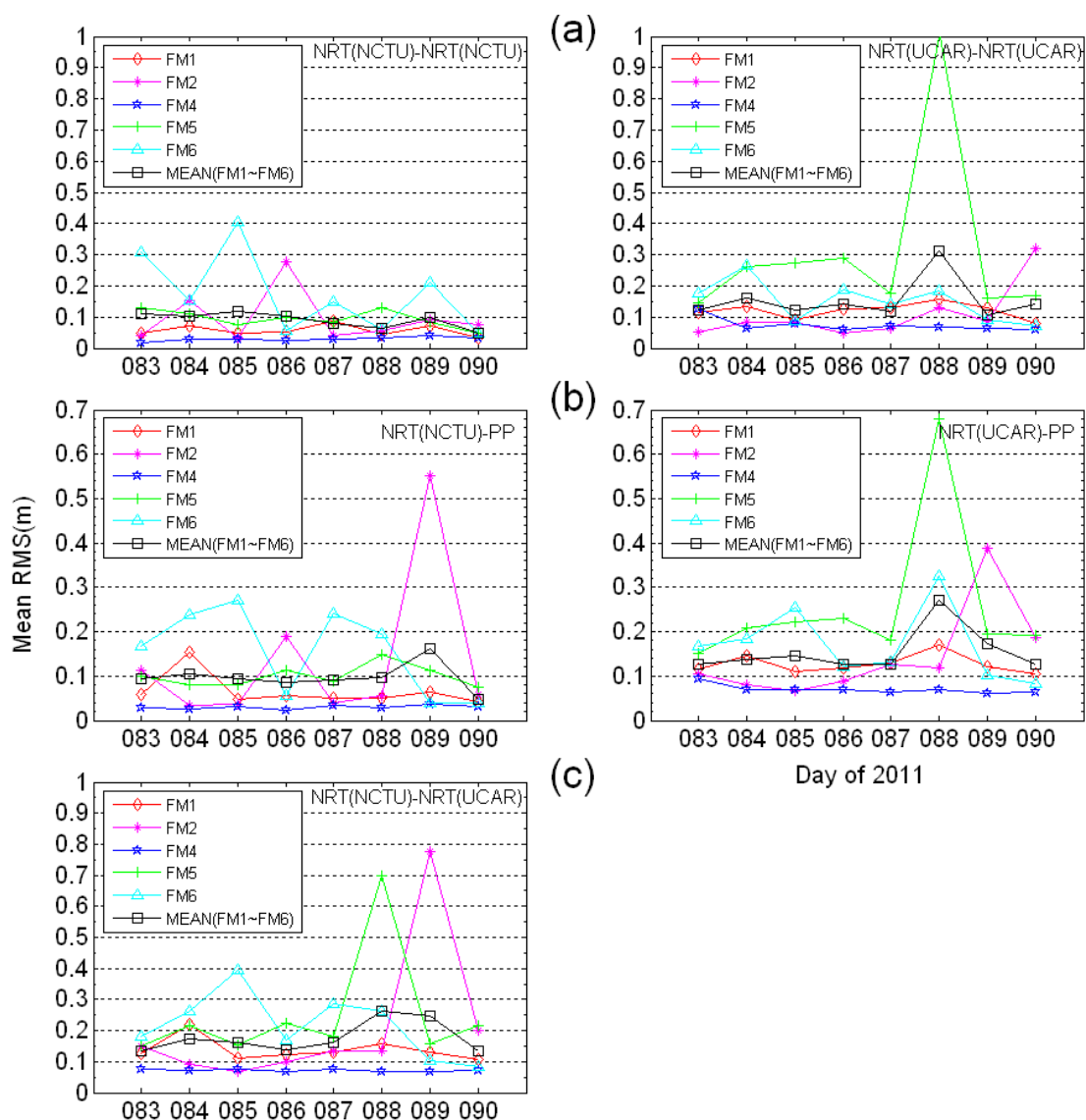


圖 6 近即時軌道精度比較成果。(a) 近即時減動力軌道重疊較差；(b) 近即時減動力軌道與後處理減動力軌道較差；(c)NCTU 與 UCAR 近即時減動力軌道較差

四、 結語

目前本團隊對於福衛三號自動化近即時定軌程序業已完成，包含地面處理程序與太空定軌處理程序之整合，從資料下載到完成計算均由電腦系統自動進行不須人工操作，真正達到自動化近即時處理之目標。藉由福衛三號建置自動化近即時定軌處理系統，除提供福衛三號即時軌道以利大氣科學研究應用，並可作為未來我國發展太空科技之參考架構。在目前有限地面 GPS 觀測資料來源下，本自動化近即時定軌處理系統之軌道重疊精度約為 10 公分，計算延遲時間約為 15 分鐘，已和 CDAAC 為相同等級，若能加入全球均勻分布地面觀測資料來源，定能有效提升本系統各項表現精度。本系統相關軟體程式已移交太空中心，進行整合測試。

五、 自評表

原規劃目標	完成與否	說明
繳交近即時定軌軟體及軟體使用手冊	是	已完成軟體及手冊繳交。接下來為等待太空中心，進行整合測試。
測試報告	是	