

建立 GPS 自動處理分析系統與支援地球科學研究之網路服務

郭隆晨

中央研究院地球科學研究所

摘要

近年在台灣地區固定式 GPS 連續觀測站設立，愈來愈多了，至 2008 年中，全台已近 400 站了，資料處理是一項繁重的工作；由於設站主要之目標乃著重於地殼變形之觀測，對座標精度之要求很高；因此，測站坐標在連續時間域之分析是很重要的，坐標之計算關係著後續之地殼運動模式分析。由於設立 GPS 觀測站之機構各有其不同之研究目標與研究重點，其研究成果有時較難作為其他研究者的進階使用，除此；在每天的 GPS 計算中，宜儘可能用最好的方式算出正確之坐標外，採用最佳且統一的 GPS 處理方式，其一致性的成果，才能簡化並廣為研究人員進一步分析應用。而快速地提供 GPS 成果給地球科學界應用，其影響與重要性更甚於單一研究之成就；鑑於現今地球科學界之研究多偏個人研究興趣色彩，或因升遷、SCI 點數、計畫爭取等因素，少有個別計畫是(可)為其他計畫而服務的，而真正的縱向與橫向之研究整合是少之又少，既深又廣之長期性研究更如鳳毛麟角；今願以拋磚精神建立一個真正的為地球科學研究而提供快速服務的研究平台，期使地球科學研究人員，因減少付出時間於艱深冗長的 GPS 資料處理與分析，而直接切入其所擅長之研究領域，使研究可做得既深且廣又長遠。

由於資料處理是一項繁重的工作，測站坐標在連續時間域之分析是很重要的。分析成果之好壞是由解算之測站坐標所主宰，坐標精確度關係著後續之地殼運動分析。然大地測量門檻或有高些，阻礙多數研究人員前進節奏；吾人願應用 20 多年從事大地測量之經驗，擬建立一套 GPS 資料自動處理系統，(1)每天自動整理 GPS 資料進入系統化資料庫；(2)並以最好的方式自動算出正確之坐標，提供全部 GPS 測站時間序列分析之數據檔、圖檔與統計分析圖、表；每日釋出累積的平均台灣地殼變動 3D 速度場(圖與數據)，詳細檢視後，每年、季公布各年、季之平均速度場。(3)自動化平台也將計算每筆(30 秒, Epoch by Epoch)GPS 瞬間座標，作為高頻分析用，如同震位移和震後變形或間歇式的小錯動，與地潮、海潮等短、中、長週期性效應，或伴隨震波之非永久性位移等；服務平台將提供每 30 秒、每 1 小時、每日的時間序列數據檔和圖檔。(4)同時，建立網路 GPS 計算服務平台，讓每年定期觀測之 GPS 計畫，可透過網路以 FTP 方式傳送 GPS 資料，平台受理後，自動以統一標準方式代為計算，並將成果自動送回原 GPS 資料擁有者使用。

研究人員可選擇下載平台所提供之數據檔和圖檔，直接應用於研究上或變成進階分析之 Input；另外，平台將開發線上互動式分析研究模組，可直接在平台上從事研究，

設定地區範圍、指定時間段或模式，從事時間序列分析，速度場計算，或設定斷層、地質條件等，計算分析單區、全區之應變及其在時間域之變化；亦可指定參考基準站，檢視相對之速度場與應變、相對之時間序列分析等。

本研究將建立一個台灣地區地殼變動近即時運動模式(Kinematic Model, KM)，可精確監控大地基準框架(Reference Frame)，作為國家級測量之重要依據；並且提供台灣地區各地之應變場(Strain In Taiwan, SIT)，作為地球科學研究之應用，評估與區隔高可能性之潛在地震災害區域，徹底評估全台細部之應變累積情形與特定興趣區域之應變演變過程，促進吾輩更了解應變累積和地震災害之關係。經由本計畫實際運轉，預期將發展出更有效率且新的GPS計算和運作流程，生產出更高品質的GPS定位座標，高標準且細膩的GPS地球科學服務是可以預見的，期使研究人員能更專注於研究，撰寫出較多的優質論文。

自動化服務研究平台將包含二大部分，一為自動化計算GPS資料平差、時間序列、分析、統計、製作圖表、生產出各種分析所需的數據，另一為展示研究用平台，可直接在平台上利用已開發的輔助研究模組，依研究需要自由操作。

而一個可作為研究用途的數位化研究平台，需有多樣化研究工具組，此研究工具組要儘可能滿足研究人員之基本需求。另外，數位平台除了各式研究工具組豐足外，數位資訊內容也需多樣且豐富，而更新的速率是最為迫切的；數位內容更新速率慢會讓平台使用者漸失興趣與耐心，使用的頻率會降低；同樣地，展示分析用模組更不能過於陽春。因此，擬以自己多年從事地球科學研究之立場出發，設計出各種研究模組，將讓研究人員可直接在研究平台上作線上之互動，依個人所需設定研究地區範圍、指定時間起迄，或不同分析模式選擇，很快地獲知所需的答案，不用經過冗長的編輯整理再送進套裝軟體中分析、繪圖，更不需花時去熟悉套裝軟體之寫作與操作程序。任何有無經驗的使用者皆能輕易操作本平台而獲得其所要的訊息與研究成果。

本研究平台將規劃幾個研究項目，讓使用者參考系統內定(全部)資料並顯示圖檔與數據或使用者自己設定條件，利用平台內的模組達到分析、製圖等相同之目的。而現階段規劃的研究項目有(a)速度場：有內定為ITRF座標系，或使用自行選定相對參考站所產生的速度場，並可選定分析的時間起迄。(b)時間序列分析：全部測站皆含有30秒、1小時、1日的座標值可供各種長、中、短週期之分析。(c)應變場：可指定範圍、格點數、時間與內插條件(地質、斷層等)計算應變場並製圖。(d)地殼變動近即時之運動模式：讓使用者只要輸入時間、地點或用滑鼠點選，即算該新點在某一時刻應有的座標值、速度值、應變值，此模式將不斷地更新改善且每年會公開所有更新、改進之過程與內容，公開討論吸取更佳之方法避免錯誤發生。

期以最簡易的呈現方式，讓任何人可透過服務平台瀏覽全台各地地殼變動情形及應變累積情形，服務對象將會涵蓋一般人及專業學術領域人員，應用範圍將會很廣，影響層面也會很深遠。同時，為了讓4D運動模式能精確地描述地殼變動過程，將公開所有的計算公式、程式及Input data與output，以利研究人員重複驗證之；經由公開檢驗、討論，相信更能激發改良運動模式的前進動力；吾人期許經過數年之努力，模型的精確度、可

靠度將趨於穩定實用。

本研究初步已獲支持並執行數月，預計尚需二年可完成上述各項研究目標，但後續的服務平台永續運轉才是本研究的最終目標，期待本研究服務平台能受到肯定而成為長期的服務性研究計畫。本研究將優先完成現今研究人員最迫切需要的服務，各項目標皆同時進行，惟其先後完成的所耗時間不同，茲將幾項耗時先後完成之順序略述如下：

95.08-96.07

1. 處理地球所與氣象局等連續運轉之每日 GPS 資料，計算全省近 380 測站(見圖一)之每日座標。
2. 計算分析每年重複觀測之全省 GPS 資料，計算地殼運動速度、時間序列分析與應變累積。
3. 與各政府部門協調 GPS 共享事宜，分別發文至內政部地政司、土地測量局、花蓮縣政府、彰化縣政府、台中市政府、台南縣政府等，獲得同意分享 GPS 資料。並與經濟部地調所和各大學 GPS 負責人先達成口頭協議，交換 GPS 資料。
4. 特別於 96 年 03 月 09 日在國科會自然處張文彥博士召開協商會議中，獲得中央氣象局同意提供所有 GPS 之觀測資料，納入國科會自然處「建立 GPS 自動處理分析系統與支援地球科學研究之網路服務」計畫項下，與現有相關部會 GPS 資料共同自動處理分析並支援網路服務。
5. 2006 年底已正式架設 GPS 專用之研究平台，其網址為 <http://gps.earth.sinica.edu.tw>；初步有全台各地之 GPS 測站的各年運動速度與多年平均速度(圖二)，同時，還可檢視每站之任意時間序列(圖三)；僅需輸入正確 E-Mail 與自己想要的帳號即可登錄，系統會核發一組臨時密碼在 E-MAIL 中；第一次登入時，使用自己設的帳號與臨時密碼，在改成自己容易記住之密碼。服務小組在有重要發現、異常、資料更新或錯誤時，可在第一時間利用 E-Mail 通知使用者，避免使用者誤用，造成錯誤之解讀。

96.08-至今之研究進度

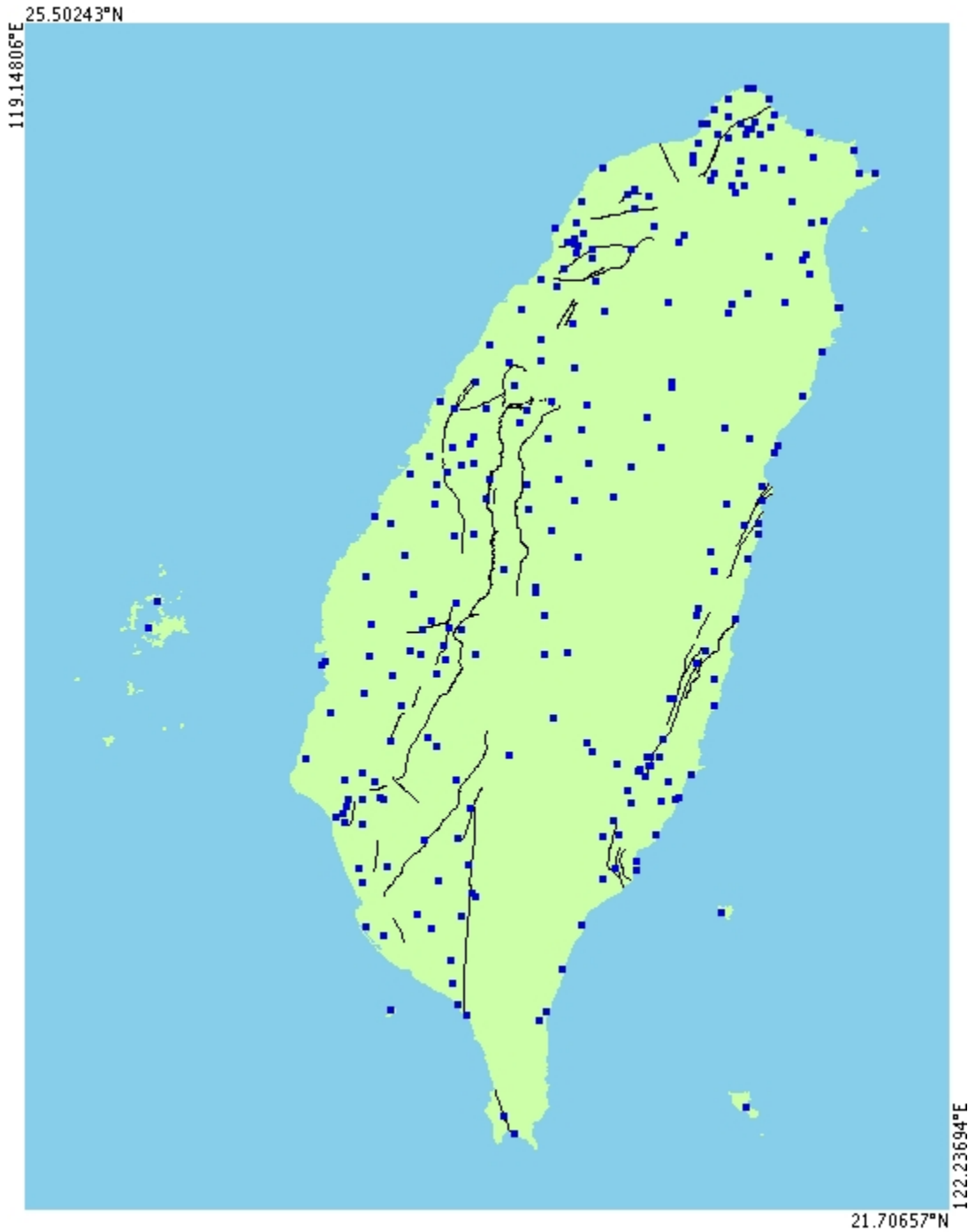
1. 持續計算每天的常態自動化GPS計算分析，更新時間序列成果、速度場等，繼續往回計算1990-1999較長久的GPS資料。
2. Epoch-by-Epoch計算出的高頻座標，預計2007年底可全部回補計算完畢(2000-2007,8年)，期間部分(2006-2008)高頻座標可先於前一年底完全釋出(正確說法，每完成1天成果，就立即上網釋出)。
3. 持續前一年各項延續性工作，本年度的研究重心將放在把各年全台GPS測站的運動模式，用4D(時間與3D)曲面來描述之；將研究各種內插模式、曲面，找出一個最能密合現今GPS觀測到的地殼運動情形。
4. 完成線上應變(見圖四)分析模組，完全讓使用者自由地依自己的想法設定研究範圍、設定邊界條件、應變累積期間，並可在前一年研究公佈的應變模組中自由選擇適合的

模組(數學式), 期能產生更精緻的應變場, 以利各別的細部構造解釋。

5. 統計96年8月到98年2月止, GPSLAB互動網站已有129人登記為使用者, 在19個月中共有881人次登入使用。平均而言, 只計上班日(週休2日不算), 每天約2.2人次使用; 若以全年無休計, 每天約1.6人次使用。(見圖五)
6. 已開放1994初-2007底全省387GPS測站之時間序列, 座標隨時間(每日)變動之連續變化, 全部測站的時間序列數值檔壓縮為1994_2007.zip, 供使用者下載, 完全可依個人喜好而作最大的發揮。

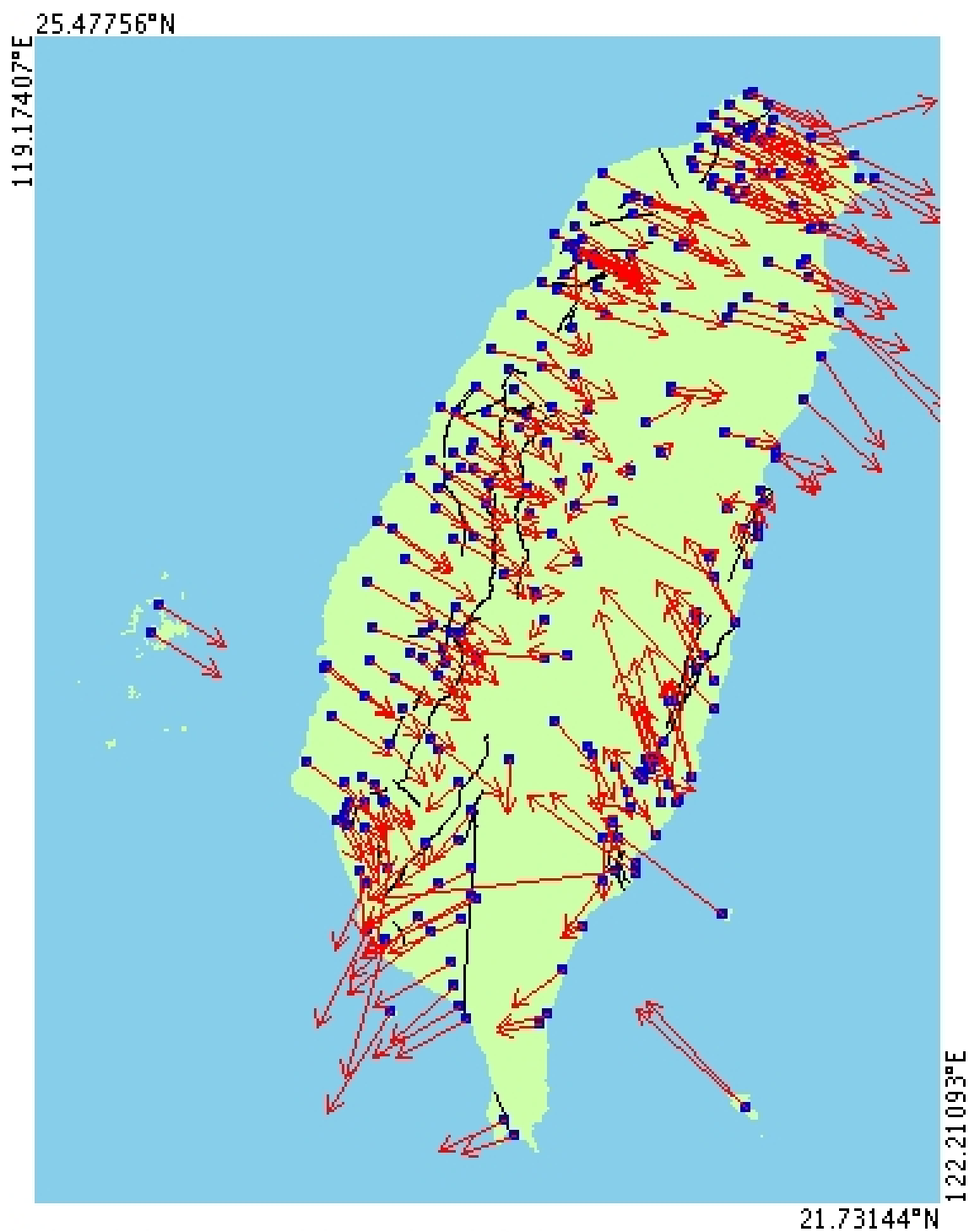
97.08-98.09


1. 持續進行長期性檢查成果, 進行品質管制, 提升成果更新的即時性, 讓使用者可在1-4小時內閱覽到所需的GPS成果。
2. 仍將維持每年、每季公佈速度場及應變場, 此為平台版本的正式產品, 可作為各界自行研究的成果之互相參考比較用。相同的Input, 不同的條件設定, 或不同的模型或不同技巧, 有不同結果是可以討論的, 由異到同, 由歧歸一, 是平台設計的期待而非宗旨。
3. 將至少完成一個可靠度高的全台4D地殼變動教學模型, 並將自研究過程中被選用的各模型中, 挑出各種較適合小區域細部研究的, 推薦給使用者作為精緻研究之用。
4. 完成高頻GPS座標之時間序列分析, 徹底解開GPS觀測的任一瞬間座標變化, 找出可能的無震潛移, 短時間的間歇錯動, 或短、中週期(幾分鐘到幾週)的地球科學信息, 挑選出重要的資訊、時間與地點, 公開給科學家去研究解讀, 或許某些尚未被發現的自然現象能因此撥雲見日。



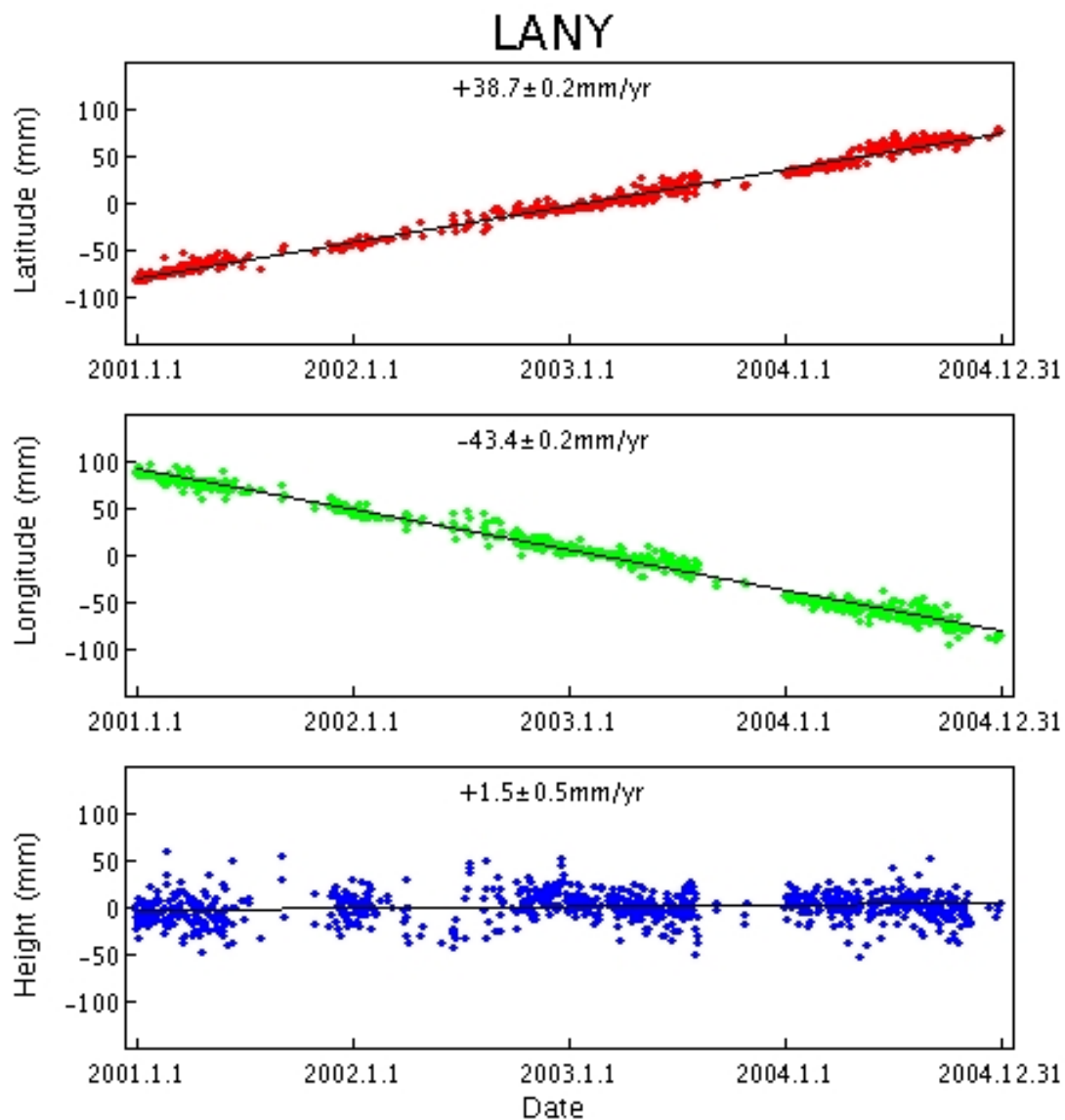
圖一、GPS 測站由下列單位建置:(總站數:309)。

分別為中央氣象局(CWB)153 站、地調所(CGS)40 站、土地測量局(LSB)30 站、內政部地政司(MOI)18 站、中研院地球所(IES)61 站、台大地質系(NTU)10 站、台中市政府(TCH)8 站、日本(GSI)8 站、花蓮縣政府(HUA)6 站、林正洪(LIN)5 站、彰化縣政府(CHG)3 站、國際(IGS)3 站、成大(CKU)2 站、工研院(NML)2 站、名家公司(CSC)1 站、中華電信(CTL) 1 站、交大(CTU)1 站、青雲大學(CYU)1 站、逢甲大學(FCU)1 站、中央大學(NCU) 2 站、宜蘭大學(NIU)1 站等。目前自動化處理分析後之測站坐標時間序列和速度場已可線上互動分析了。

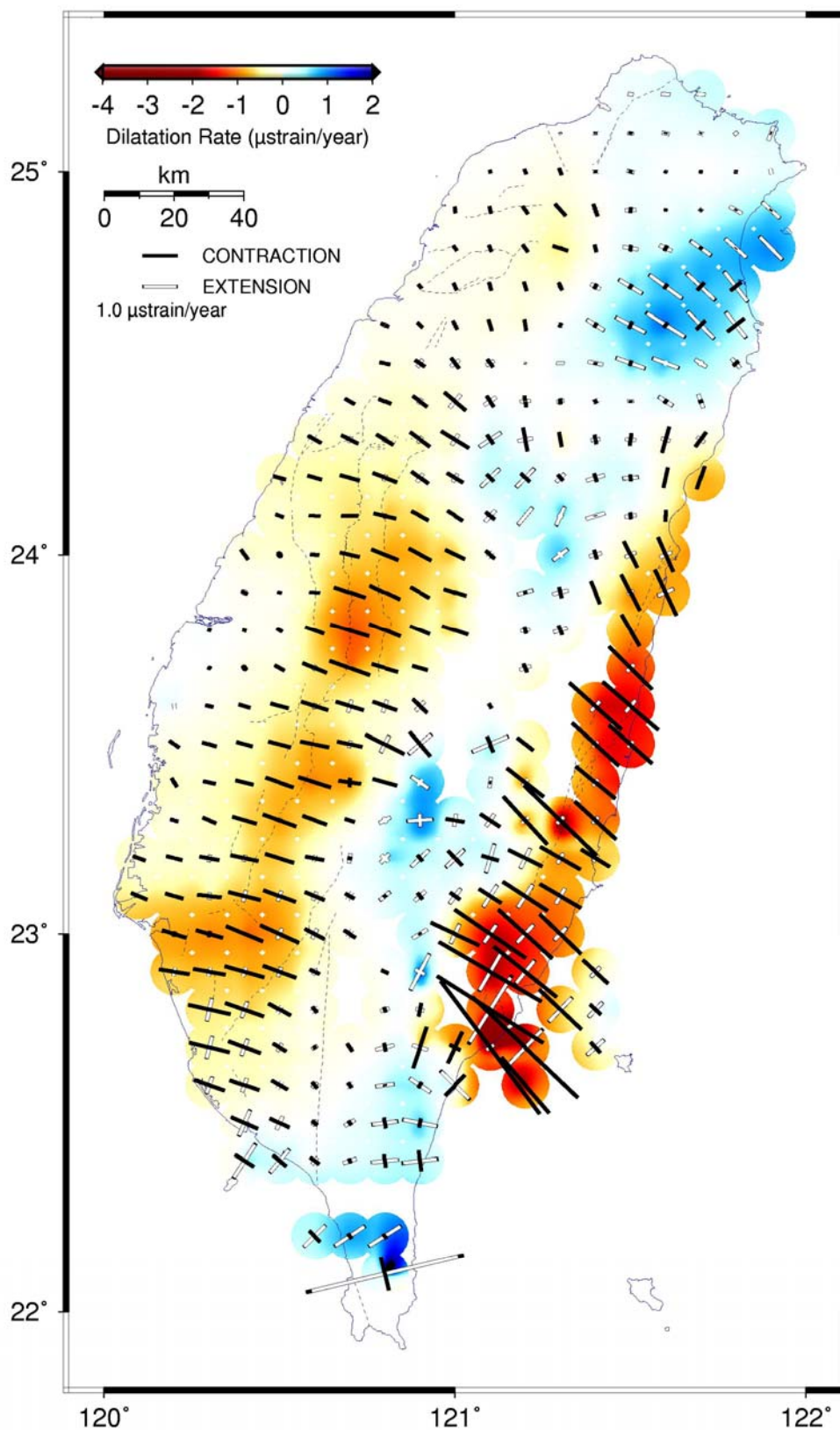


40mm/yr  Data: 1994.001~2006.996

圖二、自 1994 年初至 2006 年底之平均速度場。其中有些站(約 40-50 站)可追溯到 1994-1995，大部份之 GPS 測站觀測約在 921 地震後，陸續建立的。因此，建議使用時宜略微考慮時序上之一致性問題。

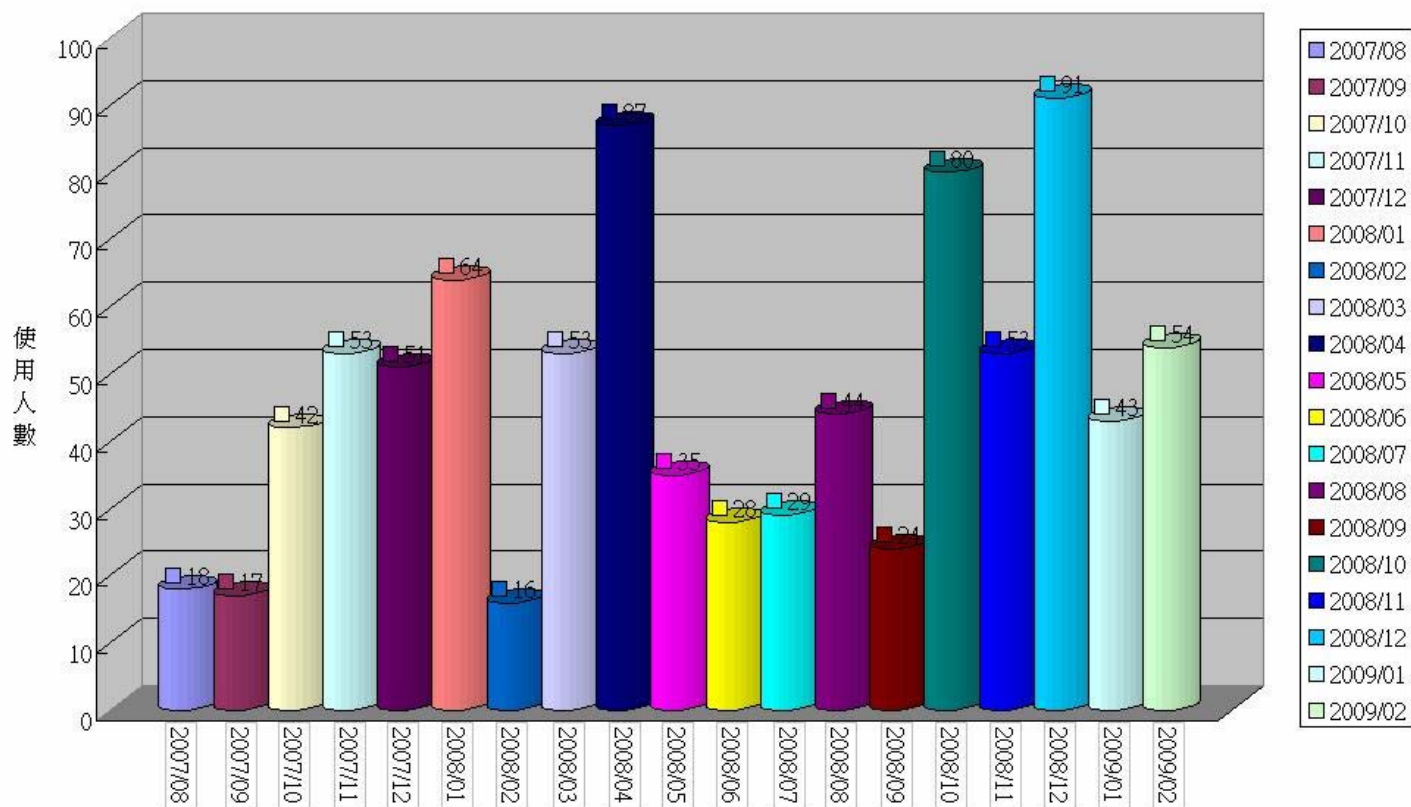


圖三、以觀看台東蘭嶼 GPS 測站坐標各分量之時間序列為例，使用者自行選擇觀看之時間窗口(X 軸)與各坐標分量之縮放尺度(Y 軸)，並可計算線性迴歸分析速度值及其中誤差，或畫回歸線等。



圖四、2007 年 1 月到 12 月全年之應變累積情形。

GPSLAB 瀏覽使用人數統計



圖五、統計96年8月到98年2月止，GPSLAB 互動網站已有 129 人登記為使用者，在19個月中共有 881 人次登入使用。