

以 BERNESE 軟體辦理「2010 年國內 GPS 連續觀測站資料解算工作」  
依契約(NLSC-99-51)繳交第一階段: 四- (一)、(二)、(三) 之相關成果資料

今已依國土測繪中心要求，已完成【一】以 ITRF05 國際地面參考框架為基準之計算國內 GPS 連續觀測站 357 站含臺灣鄰近國際站(6 站)之基線解算成果。【二】以其成果結合 ITRF05 國際地面參考框架之 SINEX 解算成果進行國際站分析；挑選穩定之國際站進行約制平差計算國內 GPS 連續觀測站 357 站 ITRF05 at 2010.0 之坐標成果。【三】分析 357 站 GPS 連續觀測站之成果，提出適合作為大地基準之基準站至少 20 站。【四】初步利用 ITRS 所提供之地面參考框架轉換參數及公式，將其成果由 ITRF05@2010.0 轉換至 ITRF00@2010.0 之成果，再進一步由 ITRF00@2010.0 轉換至 ITRF94@ 2010.0 之成果。使其符合國人過去慣用之 TWD97 系統。

『配合內政部召開之會議(99/11/26 09:30)審查討論後之意見，統一天線型式與其修正參數，會議結論建議選擇 TSKB、SHAO、KUNM、PIMO 和 GUAM 等 5 站 IGS 國際站為框架站，重新計算』。

## 【一】：

本工作中，選用 2009/12/01 至 2010/01/31 共 62 天的 GPS 資料，進行計算與分析；總計有 378 站 GPS 連續觀測資料，其中，包含 5 個台灣周圍附近之 IGS 測站，分別為中國上海 SHAO、昆明 KUNM、日本 TSKB、關島 GUAM、菲律賓 PIMO。將全部測站分成 14 個子測網，每個子測網約含有 30-35 個 GPS 測點，每個子測網皆有 6 個共同點，分別為澎湖 S01R、台北 S101、嘉義 S103、屏東 S23R、金門 KMNM、馬祖 MZUM，每次解算一子測網，以最小約制方式約制 S103(天數較齊全)，俟該天 14 個子網全部完成，再將全部測網平差成一完整的測網(約 378 站)，同時，將座標、法方程式、SINEX 等檔案，保存以方便後續分析、整併和強制約制等工作。

### 一、以 Bernese 軟體解算 GPS 連續觀測資料標準處理流程:

自動標準化系統是根據參考框架(特定時刻之座標值及其速度值)，推估該天應有之座標值，作為 GPS 平差計算之起始值。以下流程為 GPS 資料計算平差所採用之標準：

```

#
# Comments: Example PCF to be used to process the RINEX data
#           for Taiwan Tracking Network
#
PID SCRIPT   OPT_DIR  CAMPAIGN CPU      P WAIT FOR....
3** 8***** 8***** 8***** 8***** 1 3** 3** 3** 3** 3** 3** 3** 3** 3**
001 AUTO_COP AUTOCLUS any 1
002 _PRETAB AUTOCLUS any 1 001
003 _ORBGEN AUTOCLUS any 1 002
004 _RXOBV3 AUTOCLUS any 1 003
005 _CODCHK AUTOCLUS any 1 004
006 _CODSPP AUTOCLUS any 1 005
007 _SNGDIF AUTOCLUS any 1 006
008 _MAUPRP AUTOCLU1 any 1 007
009 _MAUPRP AUTOCLU2 any 1 008
010 _MAUPRP AUTOCLUS any 1 009
011 _GPSEDT AUTOCLUS any 1 010
012 _ADDNEQ2 AUTOCLUS any 1 011
013 _GPSEST AUTOFREE any 1 012
014 _GPSQIF AUTO_QIF any 1 013
015 _GPSEST AUTO_TQC any 1 014
016 _ADDNEQ2 AUTOFREE any 1 015
017 _ADDNEQ2 AUTO_TQC any 1 016
018 AUTO_DEL AUTOCLUS any 1 017
#
# additional parameters required for PID's
#
PID USER          PASSWORD PARAM1  PARAM2  PARAM3  PARAM4  PARAM5  PARAM6
3** 12***** 8***** 8***** 8***** 8***** 8***** 8*****
#002                SKIP
#015                SKIP
#016                SKIP
#017                SKIP
#
# That's it
#
VARIABLE DESCRIPTION                                DEFAULT      LENGTH
8***** 40***** 16***** 2*
V_O    ORBIT AND ERP INPUT FILE NAME                R3           2
V_X    BASELINE, AMB.FREE., C:10DEG WGT              E0           2
V_Z    BASELINE, AMB.FREE., 10DEG WGT, RESRMS        EB           2
V_U    NETWORK, AMB.FREE., B:15DEG A:20              EN           2
V_V    NETWORK, AMB.FIX., B:15DEG                    EF           2
V_W    NETWORK, AMB.FIX., C:10DEG WGT.               EW           2

```

- 001：準備各項步驟所需之程式(更新原程式)、星曆、極運動之資料。
- 002：將精密星曆轉成表列數據，方便下步積分時取樣之用。
- 003：依經驗設刻卡勒參數及數個(3~)大氣輻射壓等衛星軌道模型參數，以 002 之表列時刻之星曆位置，用數值積分方法將表列值去密合衛星軌道模型，一般約 2 次疊代即能密合模型。
- 004：將 GPS 之 RINEX 資料轉換成 Bernese 專用格式；轉換過程可透過一個“轉換表”將測站 RINEX 之表頭，置換成正確的數據，如天線型式、天線高、儀器型式、近似座標等。其中，只要將各站的異動資料，依異動時刻與內容簡列一行即能依時間先後完成重要項目之更正。

- 005：將 Bernese 格式之電碼資料，經過檢視查核，於其中篩出有大誤差的觀測量，並將其刪除，保留乾淨的電碼資料。
- 006：以電碼資料作單點定位方式，求出好的座標供下一步使用，並將每一觀測時刻的時間，修正回 GPS 時間，校準使其在  $0.1\mu\text{s}$  以內，使每一站的觀測時間能同步在  $0.1\mu\text{s}$  以內，使差分之資料不因 Receiver 之時間不同步，而產生內在的觀測誤差。
- 007：將全部  $n$  個測站組成  $(n-1)$  條的基線之一次差觀測量，可依選項作適當的選擇，可依最大“觀測量”或最短“基線”，依“自己”喜好組成一次差。
- 008 009 010：一次差觀測量之大錯、不符合“門檻”或缺失者註記刪除，及遇到有跳週則加以補正，使觀測量變成平滑乾淨的觀測量。並產生近似最後解的“好座標”，供後續使用。具體作法先利用前步 codspp 單點定位產生之座標當先驗值，設定座標值與計算值  $(O - C)$  之界限值寬鬆些約為  $99.9(m)$ ；先過濾一些較大的錯誤，使其進入模型影響座標之正確性；009 步驟：再以 (008) 產生的座標值當作先驗之座標仿 008 之作法，將  $(O - C)$  之界限值設為  $9.9(m)$  再產生更好的座標；同時，第 010 則把界限值  $(O - C)$  設為  $0.5$ ，如此採漸進式緊縮界限值方式，達到控制大中小誤差，並補正大中小跳週之目的，使觀測量正確並產生好的座標供後續使用。
- 011：使用 GPSEST 程式計算上述已清乾淨之觀測量，逐條基線求解座標及未知參數，從中濾出殘留的較大二次差觀測量，將其標示不採用，使資料更精確，在下一步正確的模型內運算時，愈能精確地算出各參數。此步可視為進階的觀測量淨化。
- 012：法方程式將上述各基線堆疊成一完整之網形解，其座標值因模型考慮較 010 者佳，故坐標較精確。
- 013：GPSEST 是以未定值實數解之方式來推求測站座標及對流層附加改正參數，並將兩者保存，以較好且密合現況之座標及對流層改正值提供給下一步 QIF 求解未定值之用。
- 014：GPSQIF 是求解每一條獨立基線觀測量中的未定值之整數解，利用 013 步驟求出的座標及對流層改正值，將其視為已知；同樣以 GPSEST 求解未知參數，此時未知參數只剩下未定值了，將其整數值以“逼近”方式求出，每次僅求出一顆衛星(最佳狀態)之整數值，再將整數值代入(視為已知)再求出另一顆衛星之整數值。依此，將每一顆衛星求出為止，若有衛星之未定值不符合固定式整數之條件，則保留為實數不強迫固定為整數，仍在模型中視為未知數處理。如此，逐條基線解出其未定值的整數值。再提供給下一階段使用。
- 015：GPSEST 是將已求解出的整數未定值代入，(如 013 方式)，將整數未定值參數視為已知，求解座標及對流層附加改正值與殘留實數解未定值等參數。(如此，高解出未定值者其求解未知參數的正確性越高)。在此一步驟結果輸出時，會自動將法方程式及變方協變方之矩陣保留給下一步使用。

016：ADDNEQ2 是將該網內測站的法方程式矩陣透過堆疊平差技巧將其附掛於自訂的框架系統上(例如，以 ITRF2005 框架下之 SHAO 2010 年 1 月 1 日之座標值及其運動速度為座標框架)。

017：ADDNEQ2 是將該天內全部測網(例分成 A、B...M、N，等 14 個測網)，只要已算好者，就將他們全部堆疊在一起平差(類似拼圖)，即每一次計算到最後都會將本次測網及前面之測網的座標全部平差在一起。

018：將不必要的檔案清除或移走，並恢復原先的檔案及程式。

註記：在 #additional parameters ... 之下的 PID 欄位有“#002”“#015”...其中“#”表註記無作用，但若把“#”去除，該列全部往前移一格，即表示“002”“015”...這些步驟是要 Skip(跳過不作)，這表示吾人可跳過某些已做過的流程(步驟)。此正可讓吾人作相當大的彈性活用此作業流程。

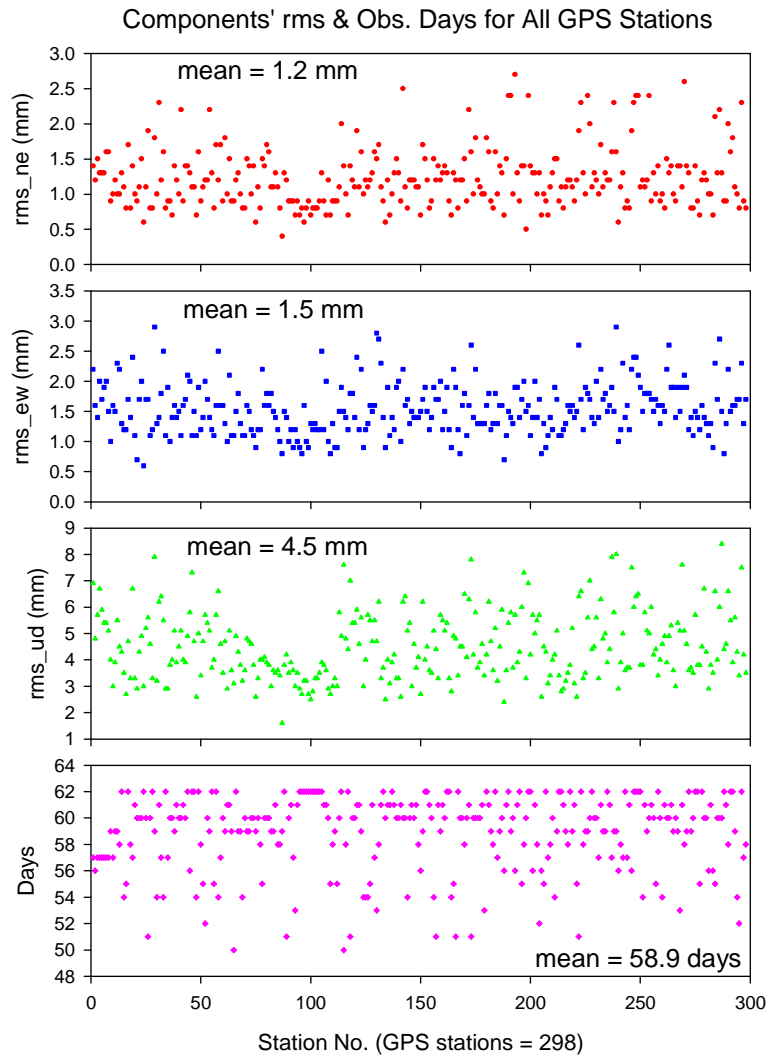
【詳細資料，見電子檔目錄 A1 內個子目錄:每日解 crd\IGSyddddd.CRDs、nq0\IGSyddddd.NQ0s、snx\IGSyddddd.SNXs(yy:年, ddd:太陽天)。分析成果有 2009/12/01-2010/01/31 之每一測站(SITE)之時間序列分析圖 SITE.JPGs 和其數值檔 SITE.DATs 存放在 timeseries 目錄中，每站在 2009/12/01-2010/01/31 期間之去除趨勢後平均座標精度 rms.txt】

rms.txt: (欄位說明)

站名	起	-	迄	天數	平均精度(mm)		
					ns	ew	ud
0498	2009.9139	-	2010.0833	57	1.4	2.2	6.9
0499	2009.9139	-	2010.0833	56	1.2	1.6	4.8
0500	2009.9139	-	2010.0833	57	1.5	1.4	5.7
0747	2009.9139	-	2010.0833	57	1.3	2.0	6.7
0748	2009.9139	-	2010.0833	57	1.3	1.7	5.9
0749	2009.9139	-	2010.0833	57	1.3	1.9	5.4
0750	2009.9139	-	2010.0833	57	1.6	2.0	5.4
0751	2009.9139	-	2010.0833	57	1.6	1.5	5.1.

.  
. .  
.

自 378 站中選出平均天數多於 50 天的測站者，共有 298 站(平均 58.9 天)，經過分析後，平均精度在南北向約 1.2mm、東西向約 1.5mm、高程向約 4.5mm。



**【二】:**

以 ITRF05 國際地面參考框架為基準之計算國內 GPS 連續觀測站 378 站含臺灣鄰近國際站 (5 站) 之基線解算成果。本次分析選用鄰近台灣之 IGS 國際站有日本 (TSKB)、關島 (GUAM)、上海 (SHAO)、昆明(KUNM) 和菲律賓 (PIMO) 等 5 個 IGS 站作為參考站，以組成區域網求解。軌道資料方面，我們使用 IGS 公佈的 GPS 最終精密軌道資料 (IGS Final Orbit)，以確保軌道資料準確。

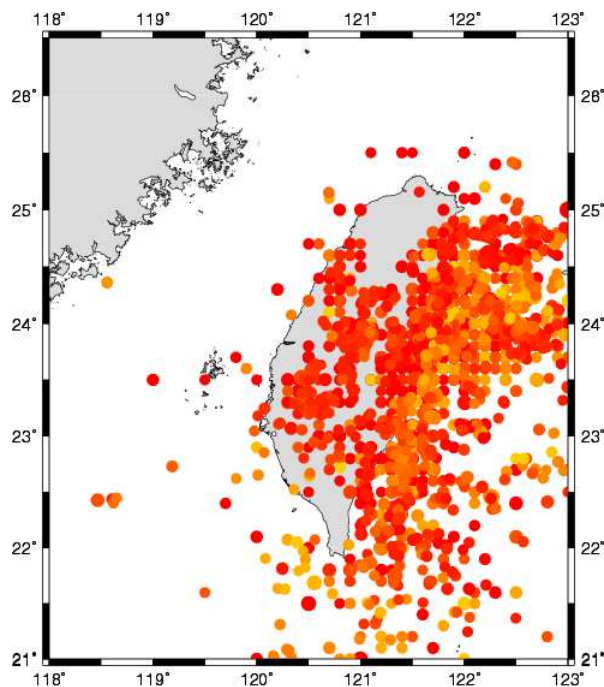
本次計算時，採用的座標框架系為 ITRF2005@2010.0，其數值以 ITRF 官方網站 (<http://itrf.ensg.ign.fr>) 公佈者為準，並作為平差時約制之依據。數值檔案名稱 ITRF05.CRD，其各測站之座標值如下：



### 【三】

分析全部 GPS 連續觀測站之成果，提出適合作為大地基準之基準站至少 20 站議案。由【一】分析知道，平均天數多於 50 天的測站有 298 站，平均而言，平面精度約 1-2mm，高程向約 5mm。大體上，測站座標變動很小，亦即沒明顯相對變動，皆可當動態框架之參考框架基準站。

但考慮台灣地區常有地震，易造成同震變形(位移)，使參考框架基準站也有錯動之情事發生，全台幾乎無一處沒有受地震影響者。



就地震發生位置而言，如附檔(map.png):1990-2010 地震規模大於 5 之淺層(深度小於 50 公里)地震，20 年地震位置之分布情形。

即使相對穩定的澎湖 S01R 測站，也因 1999 年 921 地震約有 2 公分之錯動，台北陽明山 YMSM、楊梅 TWTF(IGS 站)座標，也因 2002 年 331 地震而有 2-3 公分之位移。南部雖沒受 921 與 331 地震影響，但 2006/12/26 恆春地震，也造成墾丁 KDNM、小琉球 LIUC 等地約 4 公分之位移。2010 年高雄甲仙地震也造成約 4-5 公分之位移。

地震或其他因素造成參考框架基準站錯動，其座標系統之『絕對值應否因應調整』之疑慮，一直困擾測量單位。今，建議：變動區內與近變動區 100 公里內之測站，應避免選為參考原點(基準)。以 921 地震為例，影響範圍約 100-150 公里。

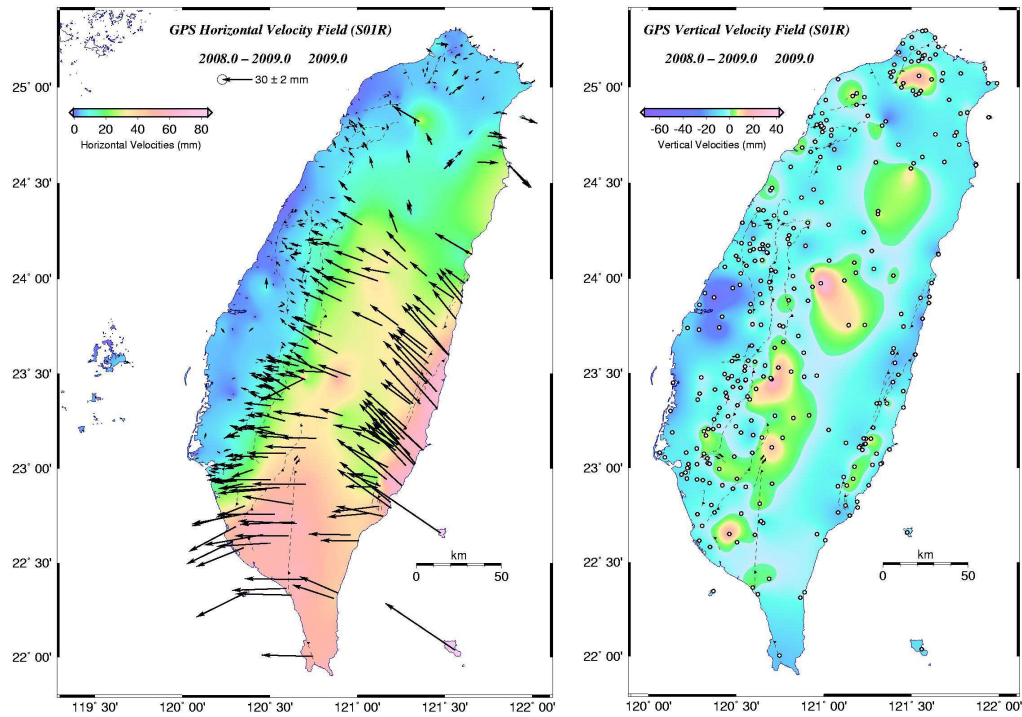
因此，金門、馬祖、上海等地選為動態框架之『參考原點』，其座標之穩定性是有規律的、線性的、可預期的，亦即可長時期保持座標系之穩定；其餘，鄰近地殼變形帶與常發生地震區之參考框架基準站，仍使用於監控其座標時序變化，若有發現座標時序變化不連續（跳動）或變動速率改變，隨時可調整其應有之『正確』座標值、速率和參考時刻，是解決上述問題方式之一。

0498 0499 0500 0747 0748 0749 0750 0751 8118 AKND ALIS ANKN BALN BANC BANP  
BDES BEGN BKBL BLOW COO2 CAOT CHEN CHGO CHIA CHIH CHIN CHIU CHKU CHNT CHSG  
CHUA CHUL CHUN CHYI CHYN CISH CKSV CLAN CLON CTOU CWEN DAHU DAJN DAWU DCHU  
DNAN DONA DONS DONY DOSH DPIN DSIN DULI ERLN FALI FCU1 FCWS FENP FIVE FLNM  
FLON FNGU FUGN FUNY FUSI FUSN GAIS GFES GOLI GSO1 GSO2 GSO3 GSO5 GSO6 GSO7  
GSO8 GSO9 GS10 GS11 GS12 GS14 GS15 GS16 GS17 GS18 GS19 GS20 GS21 GS22 GS23  
GS24 GS25 GS26 GS27 GS28 GS29 GS30 GS31 GS32 GS33 GS34 GS35 GS36 GS38 GS39  
GS40 GUFU GUKN GUKW HANS HCHM HENC HLIU HNES HOKN HOPN HRGN HSIN HSUE HUAL  
HUAP HUSI HUWE ICHU ILAN JHCI JIBE JLUT JNHU JNSA JONP JPEI JPIN JSUI JULI  
JUNA KAFN KASH KASU KDNM KMMN KYIN KZN1 LANY LAOL LEYU LGUE LIKN LIUC LIYU  
LNCH LNJS LNKO LONT LSBO LTUN LUDA LUGU LUKN LUSN MAJA MATZ MFEN MIAO MITO  
MLON MZUM NAAO NANK NCKU NDHU NEMN NHSI NIUT NJES NJOU NSHE PAKU PANG PAOL  
PAOS PEIM PEIN PING PKGM PLAN PLIM PLIN PTUN PUSN RENI RFES S011 S016 S01R  
S101 S104 S105 S106 S167 S170 S23R SALU SAND SANJ SANL SCES SFON SGAN SGUN  
SHAN SHJU SHMN SHUL SHWA SICH SIND SINL SINY SLNP SOFN SONA SPAO SSUN SUAB  
SUAN SUCH SUN1 T103 T105 T107 TACH TAIP TANS TAPE TAPO TATA TCYU TEGS THAI  
TIAN TMAM TOFN TSHI TSIO TSLN TTUN TUCN TUNH TWTf VRO1 VRO2 WO21 WO29 WANC  
WANL WARO WDAN WFEN WIAN WUFN WUKU WULI WULU WUST YAME YENL YILN YMSM YNTS  
YSAN YSLL YULI ZEND ZWEN TSKB SHAO KUNM PIMO GUAM

【詳細資料，見電子檔目錄 A3 目錄，由中研院地球所提供全台 GPS 時間序列分析，最近三年有連續觀測之 GPS 測站共計 340 站(\_gps3yrs.lst)；因此，符合 (1) 平均天數多於 50 天的測站有 298 站 (2) 且近三年有連續觀測者，共計 277 站。測站名稱之詳細列表如 ok.lst 檔。上海之 SHAO、金門地區之 LEYU、KMMN、JNSA、JNHU、與馬祖地區 MATZ、MZUM、BEGN、DONNY 等三地區，當作第一穩定框架原點；澎湖地區 WIAN、PANG、S01R、JIBE、HUSI 當作第二穩定框架原點。其餘，各地之 GPS 測站，均可作為座標框架點之用。在此，建議國土測會中心考慮以『即時(real time)能取得 GPS 資料的測站』當作優先考慮之對象，以利 VRS 與一般 GPS 外業聯測之需，方便作為一般測量或地籍測量之應用。事後取得之資料，則以監測座標框架與地殼變形為主。選擇作為大地基準之基準站時，宜避免台灣西南部沿海地區(彰化以南、高雄以北、中山高以西)，地層下陷速率較大，每年約 3-9 cm，且有季節性之變化，並非規則的等速下陷。另外，現有中央山脈地區，如玉山地區 YUSN、TATA、南橫地區 TENC、MESN，自



2004 年起 GPS 監測資料顯示，每逢連續多天下大雨皆有數公分以上之大範圍位移。而宜蘭與花東地區則屬變動劇烈地區，且常有地震發生，容易造成座標之時序，多段不連續，須每隔幾年就調整公告座標一次，不利測量實務。】



【四】

由 ITRF2005 座標係轉換至 ITRF200 再轉換到 ITRF1994 座標係使用之參數:

```
=====
Transformation parameters and their rates from ITRF2005 to ITRF2000
at EPOCH 2000.0 (estimated using 70 stations)
=====
```

P :	T1	T2	T3	D	R1	R2	R3
	mm	mm	mm	ppb	mas	mas	mas
	0.1	-0.8	-5.8	0.40	0.00	0.00	0.00

dP:	T1	T2	T3	D	R1	R2	R3
	mm/y	mm/y	mm/y	ppb/y	mas/y	mas/y	mas/y
	-0.2	0.1	-1.8	0.08	0.00	0.00	0.00

```
=====
Transformation parameters and their rates from ITRF2000 to ITRF1994
at EPOCH 1997.0 (estimated using 20 stations)
=====
```

P :	T1	T2	T3	D	R1	R2	R3
	mm	mm	mm	ppb	mas	mas	mas
	6.7	6.1	-18.5	1.55	0.00	0.00	0.00

dP:	T1	T2	T3	D	R1	R2	R3
	mm/y	mm/y	mm/y	ppb/y	mas/y	mas/y	mas/y
	0.0	-0.6	-1.4	0.01	0.00	0.00	0.02

\*\* 1 mas = 0.001" / 206265" = 4.85e-9 ; 1 ppb = 1.0e-9

<<http://itrf.ensg.ign.fr>>

上述之轉換參數是定義在一特定之參考時刻(EPOCH)，今若要在任一時間點(t)進行基準框架轉換，其轉換參數值 P(t)須推到 t 時刻，即考慮參數隨時間而有線性變化，也就是應考慮參數之速率 dP 與時間差(t - EPOCH)之關係(理論推導，參考 ITRF 官方網站之 RELATIONSHIP BETWEEN TRSs)，其簡化後之數學式如下：

$$P(t) = P(\text{EPOCH}) + dP * (t - \text{EPOCH}) \quad (1)$$

(引用自 ftp://itrf.ensg.ign.fr/pub/itrf/ITRF.TP)

因此；在 2010 年 1 月 1 日(2010.0)時刻 ITRF2005 轉成 ITRF2000 的參考框架其轉換參數值為：

```
時刻] t=2010.0, EPOCH=2000.0, (t - EPOCH) = 10.0
P(t) = P(EPOCH) + dP * (t - EPOCH)
=====
T1 = +0.1      +(-0.2) * (10.0)      = -1.9mm
T2 = -0.8      +(0.1) * (10.0)       = +0.2mm
T3 = -5.8      +(-1.8) * (10.0)      = -23.8mm
D  = +0.40     +(0.08) * (10.0)      = +1.2ppb
R1 = +0.0      +(0.00) * (10.0)      = +0.00mas
R2 = +0.0      +(0.00) * (10.0)      = +0.00mas
R3 = +0.0      +(0.00) * (10.0)      = +0.00mas
```

同理；在 2010 年 1 月 1 日(2010.0)時刻 ITRF2000 轉成 ITRF1994 的參考框架其轉換參數值為：

```
時刻] t=2010.0, EPOCH=1997.0, (t - EPOCH) = 13.0
P(t) = P(EPOCH) + dP * (t - EPOCH)
=====
T1 = +6.7      +(0.0) * (13.0)       = +6.7mm
T2 = +6.1      +(-0.6) * (13.0)      = -1.7mm
T3 = -18.5     +(-1.4) * (13.0)      = -36.7mm
D  = +1.55     +(0.01) * (13.0)      = +1.68ppb
R1 = +0.0      +(0.00) * (13.0)      = +0.00mas
R2 = +0.0      +(0.00) * (13.0)      = +0.00mas
R3 = +0.0      +(0.02) * (13.0)      = +0.26mas
```

座標系統轉換時，依下列七參數轉換數學式：

$$XS = X + T1 + D * X - R3 * Y + R2 * Z$$

$$YS = Y + T2 + R3 * X + D * Y - R1 * Z$$

$$ZS = Z + T3 - R2 * X + R1 * Y + D * Z$$

先將 ITRF2005 座標框架轉成 ITRF2000 的座標框架，其中，XS、YS、ZS 是等待轉成之新基準 ITRF2000 的座標值，而 X、Y、Z 是 ITRF2005 的座標值，七個轉換參數 T1、T2、T3、D、R1、R2、R3 為 t=2010.0 之 ITRF2005 轉成 ITRF2000 之參數值。俟座標轉成 ITRF2000 時，可依同樣方式，再將座標係轉換到 ITRF1994。

以 SHAO 為例，其在 2010.0 時之 ITRF2005 座標值為：X= -2831733.652m、Y=4675665.890m、Z=3275369.363m，因此，在 2010.0 時之 ITRF2000 新座標值為：

其中，R1=0、R2=0、R3=0，故

$$XS=-2831733.652 + (-0.0019) + (1.20e-9)*(-2831733.652)=-2831733.6573$$

$$YS=4675665.890 + (+0.0002) + (1.20e-9)*(4675665.890)=4675665.8958$$

$$ZS=3275369.363 + (-0.0238) + (1.20e-9)*(3275369.363)=3275369.3431$$

同理，將在 2010.0 時之 ITRF2000 座標係轉換成 ITRF1994:

其中，R1=0、R2=0、R3=0.26mas=1.26e-9，故

$$\begin{aligned} XS &= -2831733.6573 + (+0.0067) + (1.68e-9)*(-2831733.6573) - (1.26e-9)*4675665.8958 \\ &= -2831733.6612 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} YS &= 4675665.8958 + (-0.0017) + (1.68e-9)*(4675665.8958) + (1.26e-9)*(-2831733.6573) \\ &= 4675665.8984 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ZS &= 3275369.3431 + (-0.0367) + (1.68e-9)*(3275369.3431) \\ &= 3275369.3119 \end{aligned}$$

由於，尺度量 D 與旋轉量 R 數值很微小(e-9)，D\*X 近乎等於 D\*XS，R\*X 近乎等於 R\*XS，故二階段基準的七參數轉換可直接進行一次到位之轉換，即把 3 個平移參數 T、尺度參數 D、3 個旋轉參數 R 在應用時直接相加即可，

$$T_{2005-1994}=T_{2005-2000}+T_{2000-1994}、D_{2005-1994}=D_{2005-2000}+D_{2000-1994}、$$

$$R_{2005-1994}=R_{2005-2000}+R_{2000-1994}、$$

$$T1_{2005-1994} = +0.0048m； T2_{2005-1994} = -0.0015m； T3_{2005-1994} = -0.06058m$$

$$D_{2005-1994} = +2.88e-9； R1_{2005-1994} = R2_{2005-1994} = 0.00； R3_{2005-1994} = +1.26e-9$$

$$X_{2005-1994} = X + T1_{2005-1994} + D_{2005-1994} * X - R3_{2005-1994} * Y + R2_{2005-1994} * Z$$

$$Y_{2005-1994} = Y + T2_{2005-1994} + R3_{2005-1994} * X + D_{2005-1994} * Y - R1_{2005-1994} * Z$$

$$Z_{2005-1994} = Z + T3_{2005-1994} - R2_{2005-1994} * X + R1_{2005-1994} * Y + D_{2005-1994} * Z$$

其中，X、Y、Z 為 ITRF2005 在 2010.0 時刻之座標值。

同理，將來 ITRF2008 在 2010.0 時刻之座標值(XYZ)要轉成 ITRF1994 時，可仿上述方式為之，將三段式轉換簡化成一段式，即

$$T_{2008-1994} = T_{2008-2005} + T_{2005-2000} + T_{2000-1994}、$$

$$D_{2008-1994} = D_{2008-2000} + D_{2005-2000} + D_{2000-1994}、$$

$$R_{2008-1994} = R_{2008-2005} + R_{2005-2000} + R_{2000-1994}$$

依此類推，無論未來座標框架多寡，跨多框架座標系統間之轉換，以上述方式為之，可方便使用者直接應用。

【座標框架轉換之執行檔與程式之原始檔，詳見目錄 A4 中 \_TRS.EXE 和 \_TRS.FOR。內附 IREF2005@2010.0 座標檔:itr10001.crd 與轉換成 ITRF1994@2010.0 之座標檔:twd97.crd。程式原始碼有詳列 ITRF 座標系間之轉換，同時，將 ITRF2008 在 2010.0 時刻之座標值(XYZ)轉成 ITRF1994 的情況，也一併預留備用】

## 結論、

動態框架之『參考原點』一但選定，通常 20-30 年不會輕易更動其系統之座標值；例如，NAD83 北美大地系統至今仍使用中。

座標只要相對正確，與現地相符，絕對變動(量)，不應是考慮的重點，世人無法知道地球座標之絕對量、原點在哪裡？其數值為何？目前，絕對座標是開會協調出來的，為一種定義，也就是相對的。

因此，各國只能各自定義適用自己的大地基準(含座標框架)。緊鄰國家間或有協調，共同使用同一基準，如歐洲、北美等，但也沒有強制付合到最新的大地基準，並沒有隨新的全球框架座標系公佈，而隨之改變。

從古至今，無論圖解式或數值式座標與圖資，其座標多是相對的。此與所謂絕對或另一次重測之座標值差距，大部分多可經由簡易的相似轉換或分區局部轉換，即可完成，並使圖資仍可繼續使用。而盡量不要大規模去更改基準或系統；歷史圖資重改坐標系，耗資費時，且牽涉法規與人民權益，不宜輕易為之。

金門、馬祖、上海若選為參考框架原點，台、澎地區三百多站 GPS 連續站，可相對於金門、馬祖、上海，檢視各地測站之坐標變化，作為監測大地座標系統之基本框架，時時刻刻掌握各 GPS 框架點之變動情形。此即所謂『動態框架』，框架點每天都有一個座標值。因此，使用者無論在何處何時觀測得之座標，皆可附著於當日之『動態框架系統』上。由於相對座標是與現地吻合，且帶有觀測的時刻，讓吾人可依各地區之地殼變形量與時間的關係，建立一簡易公式：即某 GPS 測點在某時刻應有之修正量= $F(t,B,L)$ ；即，代入觀測時間  $t$ 、緯度  $B$ 、經度  $L$ ，就可時間的歷程上往前或往後，推估某特定時刻應有的正確座標。

例如，2007 年 6 月 1 日測點 TEST 之 GPS 觀測座標值為  $X$ ，附掛於當時的動態框架上，今若要將其化算到 2012 年 1 月 1 日其應有的座標，僅需考慮其周圍動態框架 GPS 站在 2007 年 6 月 1 日到 2012 年 1 月 1 日的座標變動量或平均變動速率，就可輕易把 2007 年 6 月 1 日測點 TEST 之 GPS 觀測座標為  $X$  加上推估修正值  $dX$ ，而得到 2012 年 1 月 1 日測點 TEST 其應有的座標值  $X(\text{new})@2012/01/01$ 。

修正量= $F(t,B,L)$ 模式之建立，用簡單的(雙線性)曲面就可描述應有的變形(位移)量；其作法可仿 DEM 格點估算與內插方式為之。惟斷層線附近應 constrain(仿山谷線與斷涯不能跨線內插)或另行加密觀測斷層帶之實際變化。

簡易作法”可利用現 GPS 連續觀測站之地殼變動量，推估各 GPS 測站之平均年位移量，分區或網格化建立單區或細部之變形模式，提供因應時、空產生的變形，使任何時刻之 GPS 測點的觀測值，都能修正到指定得時刻(基準)上。