

台灣地區GPS衛星追蹤站之天線相位中心與 天線罩改正之研究

甯方璽* 鍾玉南**

論文收件日期：102年7月6日

論文接受日期：103年3月26日

摘 要

本文分別利用相對及絕對相位中心改正模式求解台灣追蹤站點位坐標，並藉由約制國際追蹤站進行強制附合平差計算，來分析不同天線相位中心改正對定位精度的影響；另外，在誤植天線罩之情形下，對於GPS資料解算時所造成的影響。研究成果顯示在igs08與igs01兩種相位中心改正模式所計算的坐標成果中，在X分量其差值最大可達3.1 mm，在Y分量其差值最大可達4.0 mm，在Z分量中其差值最大可達7.5 mm；在橢球高差中，其差值最大可達3.3 mm；天線罩誤用計有鳳林、墾丁及陽明山等3個點位，解算成果顯示在X分量上，其影響量介於4.7-4.9 mm，在Y分量上，其影響量介於7.7-7.9 mm，在Z分量上，其影響量介於4.7-5.1 mm，在橢球高差中，其影響量介於10.3-10.4 mm之間，以上結果顯示，天線相位中心改正模式之不同，以及相同天線盤搭配不同天線罩，對於定位結果影響顯著。

關鍵詞：相對相位中心改正、絕對相位中心改正、天線罩

* 助理教授，國立政治大學地政學系，TEL: (02) 29393091#50741, E-mail: fsn@nccu.edu.tw

** 測量官，國防部軍備局生產製造中心第401廠

The Study of GPS Antenna Phase Center and Radome Effect for Tracking Station in Taiwan

Fang-Shii Ning*, Yu-Nan Chung**

Abstract

This study computed the Taiwan tracking station coordinate from the relative and absolute antenna phase center calibration models by using IGS stations fixed constrained adjustment. The impact of using different antenna phase centers and the wrong radome types on the precision is analyzed. The result of this study shows igs08 model and igs01 model of antenna phase center affects the coordinates in X direction reaches 3.1 mm, in Y direction is 4.0 mm and in Z direction is 7.5 mm. The ellipsoid height difference is 3.3 mm. There are three tracking stations used the wrong radome which are FLMN, YMSN and KDNM. The results of these three stations show the coordinates in X direction from 4.7 mm to 4.9 mm, in Y direction from 7.7 mm to 7.9 mm, in Z direction from 4.7 mm to 5.1 mm and ellipsoidal height from 10.3 mm to 10.4 mm. From this study, we can get the different antenna phase center model and different radome are important factors in high accuracy GPS survey.

Keywords: Relative Antenna Phase Center Calibration Model, Absolute Antenna Phase Center calibration model, Radome

* Assistant Professor, Department of Land Economics, National Chengchi University,
TEL: +886-2-29393091#50741, E-mail: fsn@nccu.edu.tw

** Surveying Officer, 401st plant, Materiel Production Center, Armaments Bureau, MND

一、前言

國際全球導航衛星系統服務組織（The International GNSS Service, IGS）自2006年11月6日起採用絕對相位中心改正模式，對於全球廣大的GPS使用者影響重大，其中包括IGS及國際地球參考框架（International Terrestrial Reference Frame, ITRF）參考框架、精密星曆的計算、衛星時錶改正、對流層延遲參數等均受此影響（Kouba, 2009），絕對相位中心改正模式與相對相位中心改正模式相較，除了天線率定的方法不同、衛星天線相位中心改正值不同外，並針對不同天線罩個別進行率定（Rothacher, 2001），而在考慮天線雷達罩的影響後，除了提升定位精度外，亦能改善測站因更換儀器而產生坐標時間序列不連續的問題（Steigenberger and Rothacher, 2009）。

台灣於民國82及83年間分別於陽明山、墾丁、鳳林、金門、北港、太麻里、馬祖及東沙等地，設置八個GPS衛星追蹤站，衛星追蹤站全天候24小時連續接收GPS衛星信號，並與國際追蹤站聯測，精確解算求得八個衛星追蹤站之地心地固坐標，以作為後續測設各級衛星控制點之坐標依據，為達高精度定位成果，台灣衛星追蹤站的天線均採用Topcon TPSCR3_GGD型號之天線盤，唯有不同的是天線罩並未一致，鳳林站與其他站不同；經比對GPS資料發現，於RINEX（Receiver Independent Exchange Format）資料檔頭中的天線形式有鳳林、墾丁及陽明山等3個點位出現天線罩誤植的情形，因此本研究將以IGS08參考框架，利用Bernese 5.0軟體計算國際追蹤站及台灣追蹤站資料，區分不同相位中心改正模式及相同相位中心改正模式下誤植與正確的天線罩之差值，藉此探求相位中心改正參數及天線罩誤植對台灣追蹤站定位精度造成的影響量。

二、研究原理

（一）天線相位中心誤差原理

GPS衛星接收儀接收到衛星訊號的位置稱為相位中心，理論上相位中心之位置應保持一致，然而實際並非如此，相位中心會隨著GPS訊號進入的高度角與方位角而改變。對於同一天線而言，L1與L2信號的相位中心是不一樣的，天線相位中心誤差改正包括相位中心偏移量（Phase Center Offset，簡稱PCO）及其變化量（Phase Center Variation，簡稱PCV）。對高精度GPS測量而言，一組定義良好的天線相位

中心（包括平均偏移及仰角相關變化量之提供）是必備的資料。圖1說明了天線參考點（Antenna Reference Point，簡稱ARP）與PCO及PCV之關係：

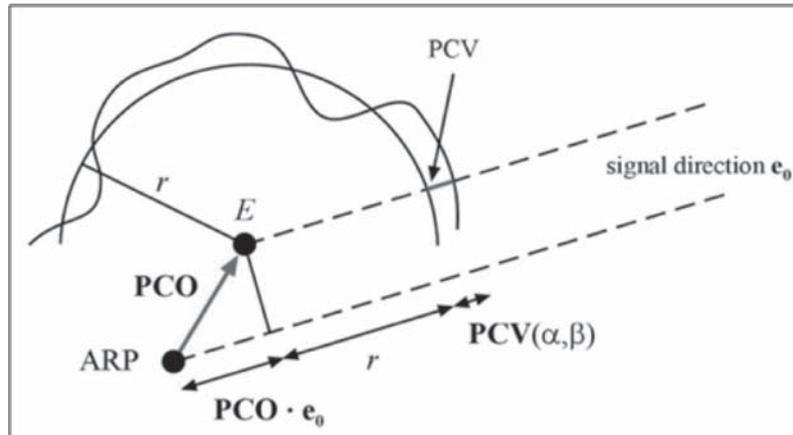


圖1 實驗室法天線校正配置圖（Zeimetz, 2008）

（二）天線相位中心改正模式介紹

天線相位中心改正模式區分相對（igs01）與絕對（igs05及igs08）兩種，天線相位中心改正模式包含接收儀天線相位中心及衛星天線相位中心兩個部分，在相對天線相位中心改正模式中，接收儀天線相位中心為美國國家大地測量局（National Geodetic Survey, NGS）以檢校場率定接收儀天線相位中心之偏移量及變化量，使用參考天線代號為AOAD/M_T，其方法所率定的改正值均是相對於參考天線，而衛星天線相位中心改正僅針對天線相位中心偏移量依衛星世代不同進行改正。

在絕對天線相位中心改正模式中，接收儀天線相位中心改正以個別天線進行率定，不受參考天線的影響，並考慮方位角的改正量及天線雷達罩的影響，而衛星天線相位中心偏移量則針對每顆衛星進行個別改正，並增加以衛星世代不同的衛星天線相位中心變化量，不同相位中心模式之比較如表1所示，igs05的改正值目前已由igs08取代，不再進行更新，因此本研究採用的是igs01與igs08的改正值進行分析比較。

1. 接收儀天線相位中心改正方法介紹

接收儀天線相位中心改正主要分為三種方法，實驗室法（Anechoic Chamber Measurement）、相對檢校場度量法（Relative Field Calibration）及絕對檢校場度量法（Absolute Field Calibration），其改正方式分述如下。

表1 不同相位中心改正模式之比較 (Schmid, 2009)

改正模式	接收儀天線			衛星天線	
	相位中心 偏移量	相位中心 變化量	天線雷達罩	相位中心 偏移量	相位中心 變化量
igs01 (1996-2006)	相對於參考天線 AOAD/M_T		忽略	區分衛星 世代	忽略
igs05 (2006-2011)	接收儀天線個別改正		考慮其 影響量	衛星個別 改正	區分衛星 世代
igs08 (2011-Now)	更新		更新	更新	不變

實驗室法

實驗室法就是在無反射無線電波實驗室設置一個固定天線發射無線電訊號，另有一承載率定天線支撐架，該支撐架可獨立依兩個不同軸向旋轉，同時可在三個方向移動，兩天線之間距離約1.8m，實驗室法天線校正配置圖如圖2所示，率定時，首先在各種不同的方位角上旋轉天線使天頂距由-90°變化至90°，當進行量測時，測試天線盡可能精確地以平均相位中心為旋轉點，並移動旋轉中心，直到相位中心隨仰角的變化 (+Z~-Z) 達到最小且對稱，此平移量即天線參考點與平均相位中心的偏移量。再由所得的記錄值，可獲得相位中心的變化量。在實驗室法中，L1與L2訊號須個別率定。

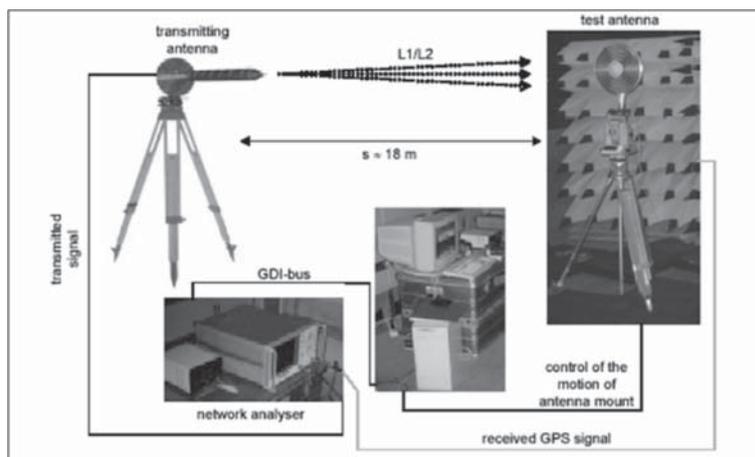


圖2 實驗室法天線校正配置圖 (Görres, 2006)

相對檢校場度量法

美國國家大地測量局以檢校場率定接收儀相對天線相位中心之偏移量及變化量 (Mader, 1999)，NGS天線相位中心率定所使用之參考天線為Alan Osborn antenna，天線代號為AOAD/M_T，其平均L1、L2相位中心偏移量分別定義為11.0 cm及12.8 cm，檢校場設置於一平坦之草地上，檢校場地如圖3，檢校場上設置兩座高1.8 m直徑6英吋之水泥樁，樁頂則設置強制定心基座；參考天線整置於北方樁位，而試驗天線整置於南方樁位，兩樁間距為5 m；參考天線及試驗天線皆連結至Ashtech Z12接收儀，接收仰角設為 10° ；此外，設置一鈷振盪器為兩接收儀之外部頻率基準。NGS檢校場地配置圖如圖4。



圖3 NGS 檢校場地
(Mader, 1999)

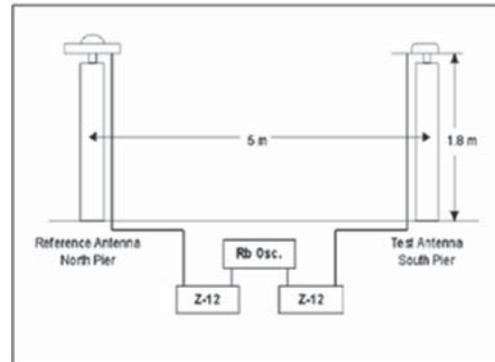


圖4 NGS天線相位中心檢校場配置
(Mader, 1999)

絕對檢校場度量法

目前IGS所公告絕對天線相位中心改正模式採用絕對檢校場度量法，由德國GEO++公司與漢諾威大學教授Wübbena所共同開發，其原理為將校正天線架設於機器手臂上，利用機器手臂依不同方向快速旋轉來求得該天線與衛星之間在不同高度角與方位角的偏差量 (Wübbena, 2000)，天線校正示意圖如圖5。該方法提高衛星的覆蓋範圍，靜態天線與動態天線衛星接收分布圖如圖6及圖7所示。



圖5 絕對檢校場天線校正示意圖 (Wübbena, 2000)

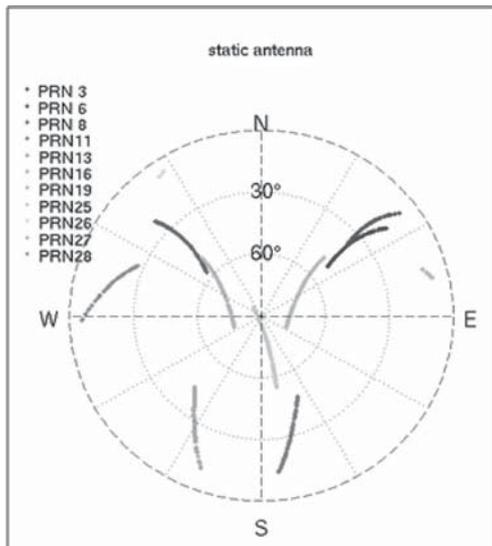


圖6 靜態天線衛星接收分布圖
(Wübbena, 2000)

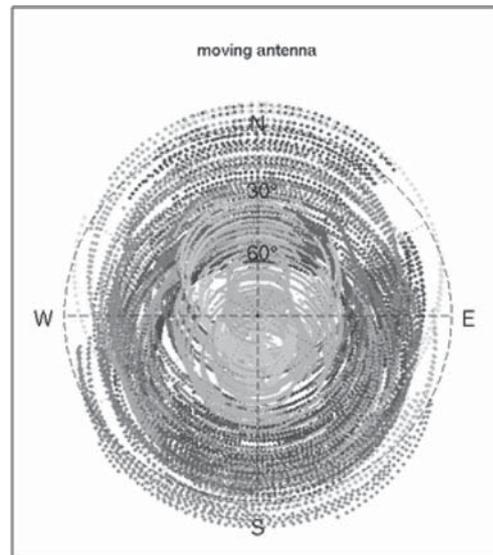


圖7 動態天線衛星接收分布圖
(Wübbena, 2000)

2. 衛星天線相位中心偏移

IGS提供的精密星曆是化算至衛星質心，而廣播星曆與觀測量是針對衛星天線相位中心，這之間的差值稱為衛星天線相位中心偏移 (Satellite Antenna Phase Center Offset)，如圖7所示。在2006年11月4日以前，IGS採用的是衛星相對天線相

位中心改正，以不同系列的GPS衛星做區分；2006年11月4日之後，IGS改採igs05天線相位中心模式，其中包括原本的衛星天線相位中心偏差從GPS衛星系列做區分的改正值改為每顆衛星個別改正，再加上GPS衛星系列做區分的衛星天線相位中心變化量（Satellite Antenna Phase Center Vibration），其變化量改正為圖8中Z方向天底角（Nadir Angle）的變化，從0°至14°之間共15個角度改正值（Kouba, 2009）。

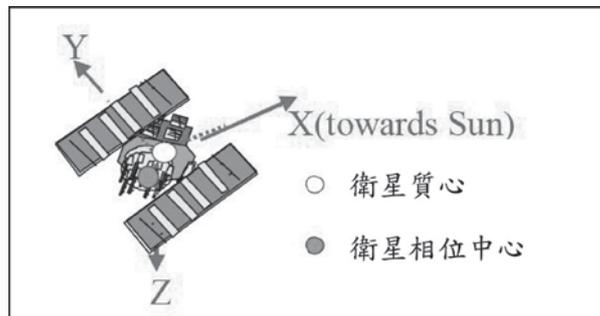


圖8 衛星天線相位中心偏差示意圖（Kouba, 2009）

在衛星天線相位中心改正中，以igs01與igs05之間的差異最大，igs08天線相位中心模式則為igs05的更新，其改變主要為資料計算採用更長的時間，計算分析中心從2個提高至5個，採用的參考框架也不同，igs05與igs08衛星天線相位中心偏移量計算差異如表2；本研究整理目前在軌運轉衛星不同相位中心模式之衛星天線相位中心偏移量，如表3，表中 ΔX 與 ΔY 為衛星製造商所提供之參數，而 ΔZ 則為IGS分析中心經過計算得到的值。

表2 igs05與igs08衛星天線相位中心偏移量計算差異表

相位中心模式	igs05	igs08	備註
資料	1994-2004	1994-2007 and 2008-2010AC SINEX	
參考框架	IGb00	ITRF 2008	
分析中心	GFZ TUM	CODE ESA GFZ MIT NRCan	各分析中心的平均值

表3 不同相位中心模式之衛星天線相位中心偏移量比較 (m)

PRN	BLOCK	SVN	ΔX	ΔY	ΔZ (igs08)	ΔZ (igs05)	ΔZ (igs01)
1	IIF	63	0.394	0	1.650		1.093
2	IIR-B	61	0	0	0.779	0.614	0
3	IIA	33	0.279	0	2.793	2.619	1.023
4	IIA	34	0.279	0	2.420	2.279	1.023
5	IIR-M	50	0	0	0.823	0.700	0
6	IIA	36	0.279	0	2.879	2.676	1.023
7	IIR-M	48	0	0	0.853	0.700	0
8	IIA	38	0.279	0	2.578	2.405	1.023
9	IIA	39	0.279	0	2.461	2.340	1.023
10	IIA	40	0.279	0	2.547	2.389	1.023
11	IIR-A	46	0	0	1.141	0.971	0
12	IIR-M	58	0	0	0.841	0.700	0
13	IIR-A	43	0	0	1.390	1.203	0
14	IIR-A	41	0	0	1.345	1.178	0
15	IIR-M	55	0	0	0.681	0.700	0
16	IIR-A	56	0	0	1.506	1.307	0
17	IIR-M	53	0	0	0.827	0.645	0
18	IIR-A	54	0	0	1.291	1.133	0
19	IIR-B	59	0	0	0.850	0.668	0
20	IIR-A	51	0	0	1.344	1.154	0
21	IIR-A	45	0	0	1.405	1.300	0
22	IIR-B	47	0	0	0.906	0.792	0
23	IIR-B	60	0	0	0.808	0.602	0
25	IIF	62	0.394	0	1.663	1.407	1.093
26	IIA	26	0.279	0	2.460	2.307	1.023
27	IIA	27	0.279	0	2.633	2.472	1.023
28	IIR-A	44	0	0	1.043	0.911	0
29	IIR-M	57	0	0	0.857	0.700	0
30	IIA	35	0.279	0	2.622	2.575	1.023
31	IIR-M	52	0	0	0.971	0.750	0
32	IIA	23	0.279	0	2.777	2.575	1.023

(三) 國際地球參考框架與天線相位中心的關係

國際地球參考框架由國際地球旋轉組織 (International Earth Rotation and Reference System Service, IERS) 負責維護、管理及制訂，該組織由國際天文協會 (International Astronomical Union, IAU) 及國際大地測量學及地球物理學聯合會 (International Union of Geodesy and Geophysics, IUGG) 組成，其成立於1987年，並於1988年初開始運作。最初ITRF測站之坐標與速度場，是以超長基線干涉測量 (Very Long Baseline Interferometry, VLBI)、月球雷射測距 (Lunar Laser Ranging, 簡稱LLR) 和衛星雷射測距 (Satellite Laser Ranging, SLR) 等空間大地測量技術所訂定，但自1991及1994年起，也分別併入GPS及DORIS的成果 (李征航，2005)。

2006年11月5日，IERS國際地球參考框架更新為ITRF2005；同時，IGS組織選用ITRF2005中132個追蹤站點位，並利用igs05絕對相位中心改正模式重新計算點位坐標，此為IGS05參考框架。IGS05與ITRF2005經七參數轉換後，兩框架間之轉換差異量平面偏差約1 mm，高程偏差約10 mm，其影響主要為採用不同天線相位中心改正模式所致。

2011年4月17日，ITRF2005更新至ITRF2008，IGS組織從ITRF2008中挑選232個穩定且成果良好的測站制定IGS08參考框架，ITRF2008是以igs05相位中心改正模式所計算的資料進行加權平均，IGS08參考框架是以igs08相位中心改正模式所計算，IGS組織以精密單點定位計算轉換天線相位中心改正模式的影響，測試結果如平面超過1.2 mm或高程超過3 mm時，則會修正IGS08的坐標，最後IGS08有65個測站進行修正，其餘167個測站站坐標與ITRF2008相同。

在台灣坐標系統TWD97坐標計算時，其參考框架係採用ITRF94，天線相位中心改正模式採用igs01；另於2010年公告「TWD97【2010】」成果，本次成果為ITRF05框架於2010.0時刻之坐標值 (ITRF05@2010.0)，再依國際地面參考系統公告之框架轉換參數化算至ITRF94之坐標，所以天線相位中心仍採用igs01相位中心改正模式 (林文勇、劉至忠、劉正倫，2012)。

總結上述不同參考框架與相位中心改正模式的關係，如表4所示，在使用參考框架時必須了解其資料計算時採用何種相位中心改正模式，以達資料解算的一致性，確保成果定位精度。

表4 不同參考框架所使用之相位中心改正模式

參考框架系列	天線相位中心改正模式
ITRF2000以前	igs01
ITRF2005	igs01
ITRF2008	igs05
IGb00以前	igs01
IGS05	igs05
IGS08	igs08
TWD97	igs01
TWD97【2010】	igs01

三、研究資料

(一) 研究資料選定

為探討台灣衛星追蹤站與國際追蹤站聯合解算時，不同相位中心改正模式之引用造成成果之影響，本研究採用以下GPS追蹤站資料：

1. 內政部國土測繪中心所提供之台灣地區內政部衛星追蹤站等7站之觀測資料，採用點位為FLNM（鳳林）、KMMN（金門）、MZUM（馬祖）、PKGM（北港）、TMAM（太麻里）、KDNM（墾丁）及YMSM（陽明山），台灣追蹤站點位分布如圖9。資料時間段選定2011年5月14日至5月20日共7日。
2. 參照「一九九七坐標系統之2010年成果」中所選擇台灣周邊地區之IGS國際追蹤站，除TSKB（日本）因2011年3月11日地震造成點位位移剔除外，本文選用SHAO（上海）、PIMO（菲律賓）、KUNM（昆明）及GUAM（關島）等4站坐標為固定框架，進行強制附合平差計算台灣追蹤站點位坐標，國際追蹤站點位分布如圖10。

(二) 天線形式校驗

在本研究之RINEX（Receiver Independent Exchange Format）資料檔頭中的天線罩形式有部分與現況不符，藉由內政部國土測繪中心網站及NGS網站所提供之天線盤圖片，經比對後確認台灣衛星追蹤站正確天線盤之天線罩型號，台灣追蹤站點位天線型式如表5，除鳳林站外，其餘點位為TPSCR3_GGD CONE，經洽詢Topcon儀器公司後，得到鳳林站的天線盤型式為TPSCR3_GGD TPSH，然目前NGS天線改正



圖9 台灣追蹤站點位分布圖



圖10 國際追蹤站點位分布圖

值中並無TPSCR3_GGD TPSH的改正值，所以在資料計算時，依IGS對於天線罩引用的定義（Schmid, 2007），以TPSCR3_GGD NONE的改正值代替，計算時所使用之天線改正值如表6所示，本次研究7個點位中共有鳳林、墾丁及陽明山等3個點位出現天線罩誤植的情形，所以將誤植之天線型式以igs08天線相位中心改正模式進行資料解算，希望能藉此探求天線罩的誤用對於台灣追蹤站成果解算的影響。

表5 台灣追蹤站點位天線型式

點位名稱	正確天線型式		計算之天線型式		誤植之天線型式		照片
鳳林 (FLNM)	TPSCR3_GGD	TPSH	TPSCR3_GGD	NONE	TPSCR3_GGD	CONE	
墾丁 (KDNM)	TPSCR3_GGD	CONE	TPSCR3_GGD	CONE	TPSCR3_GGD	NONE	
金門 (KMNM)	TPSCR3_GGD	CONE	TPSCR3_GGD	CONE			
馬祖 (MZUM)	TPSCR3_GGD	CONE	TPSCR3_GGD	CONE			
北港 (PKGM)	TPSCR3_GGD	CONE	TPSCR3_GGD	CONE			
太麻里 (TMAM)	TPSCR3_GGD	CONE	TPSCR3_GGD	CONE			
陽明山 (YMSM)	TPSCR3_GGD	CONE	TPSCR3_GGD	CONE	TPSCR3_GGD	NONE	
NGS網站	TPSCR3_GGD	CONE					

表6 台灣追蹤站點位天線相位中心改正值

點名	天線型號	L1		L2	
		igs08 (mm)	igs01 (mm)	igs08 (mm)	igs01 (mm)
鳳林	TPSCR3_GGD NONE	62.8	80.5	98.2	103.5
墾丁	TPSCR3_GGD CONE	63.7	80.3	96.8	102.7
金門	TPSCR3_GGD CONE	63.7	80.3	96.8	102.7
馬祖	TPSCR3_GGD CONE	63.7	80.3	96.8	102.7
北港	TPSCR3_GGD CONE	63.7	80.3	96.8	102.7
太麻里	TPSCR3_GGD CONE	63.7	80.3	96.8	102.7
陽明山	TPSCR3_GGD CONE	63.7	80.3	96.8	102.7

(三) 資料解算策略

本研究使用Bernese 5.0軟體進行數據解算，天線相位中心改正模式以IGS公告之igs01及igs08相位中心改正模式，以最大觀測量組成基線之一次差觀測量，平差方式採用自由網，最後求解點位坐標，最後經反算點位坐標求得各點間的基線長及橢球高差，以利後續分析，資料解算流程如圖11所示。對流層延遲效應採Dry Niell改正模式為初始模式，並以Wet Niell函數作為初始模式之映射函數（Mapping Function），每1小時附加1個修正參數，於數據處理中一併求解（Dach, 2011）。

電離層延遲改正為兩個部分，如次（陳國華, 2004）：

- 1.在各時段解算整數週波未定值階段，每筆觀測量均引用電離層的修正模式進行改正，藉以分別求解L1載波與L2載波的整數週波未定值，若順利求解得整數解，則將其值固定，並視為已知量代入二次差觀測方程式中，求解其他待算參數，如坐標參數、對流層附加參數等，若未能成功得到整數解，則將未能確定的整數週波未定值視為待求解之參數，並與待求的坐標參數及對流層附加參數一併解算。
- 2.在未定值參數解算階段，解算參數包括坐標參數、對流層附加參數以及整數週波未定值，採L3雙頻無電離層效應之二次差GPS載波相位觀測方程式，進行GPS觀測資料之參數解算。

在Bernese軟體中，天線相位中心資訊主要存在於衛星資訊檔及天線相位中心檔，此檔案可由Bern大學之ftp站下載，衛星資訊檔分別為SATELLIT.I01及SATELLIT.I08，天線相位中心檔分別為PHAS_COD.I01及PHAS_COD.I08，此檔案為Bernese軟體的內部格式，其內容與IGS組織公布之天線相位中心改正模式相

同，在使用上必須注意衛星資訊檔與天線相位中心檔不可混用，因為衛星相位中心改正的衛星天線相位中心偏移量（Satellite Antenna Phase Center Offset）存放於衛星資訊檔，而衛星相位中心改正的衛星相位變化量（Satellite Antenna Phase Center Variation）存放於天線相位中心檔，資料解算模式參數設定如表7所示。

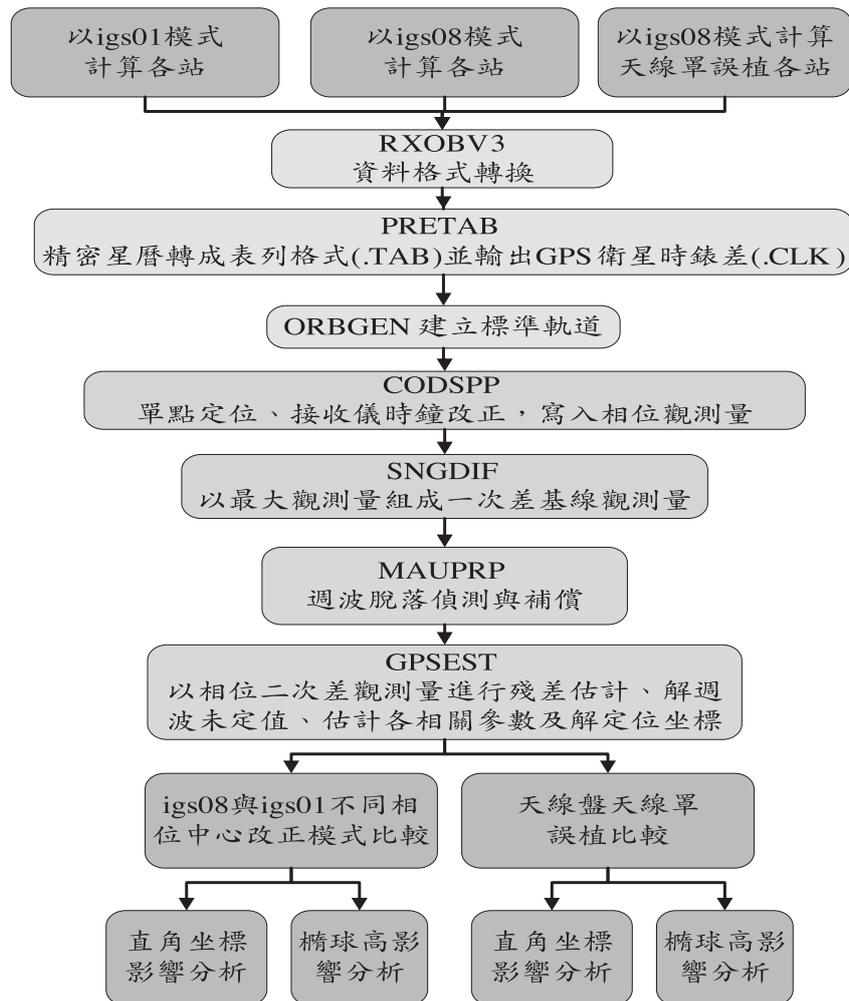


圖11 Bernese5.0資料解算流程圖

表7 資料解算模式參數設定

	igs01	igs08
解算軟體	Bernese 5.0	
取樣頻率	30sec	
衛星軌道	igswwwd.sp3	
地球自轉參數	igswwwd.IEP	
電離層改正模式	CODwwwd.ION	
對流層先驗模式	Dry Niell	
映射函數	Wet Niell	
外部氣象資料	無	
截取角	15°	
海潮改正模式	FES2004.BLQ	
天線行為檔	PHAS_COD.I01	PHAS_COD.I08
衛星資訊檔	SATELLIT.I01	SATELLIT.I08

四、成果分析

本研究以IGS08參考框架為基準計算國內台灣衛星追蹤站7站含臺灣鄰近國際站（4站）之基線解算成果，分別利用相對相位中心改正（igs08）、絕對相位中心改正（igs01）及天線罩的差異（igs08_correctt-igs08_wrong）進行比較分析，igs08_correctt代表以igs08天線相位中心改正模式計算台灣衛星追蹤站正確天線罩，igs08_wrong代表因誤植天線罩計算之結果，為分析相位中心改正對於GPS定位精度的影響量，分析採用各種模式計算出之每日解相減取絕對值後，將其差異量取平均值，計算公式定義如下：

$$\text{Difference} = \frac{\sum_{j=1}^N |I01_j - I08_j|}{N} \dots\dots\dots (1)$$

式中，

N：觀測數

I01_j：以I01相位中心改正模式計算之第j個坐標值。

I08_j：以I08相位中心改正模式計算之第j個坐標值。

(一) igs08 與 igs01 不同相位中心模式影響分析

將七個追蹤站資料先以國際站資料進行約制計算求取其坐標，然後以2011年5月14日至5月20日共7日觀測量，分別以igs08與igs01兩種相位中心改正模式計算，其坐標差及橢球高差如表8所示，在X分量中，其差值最小之點位為YMSM（陽明山），其差值為1.9 mm，其差值最大之點位為FLNM（鳳林），其差值為3.1 mm 在Y分量中，其差值最小之點位為KMNM（金門），其差值為1.4 mm，其差值最大之點位為FLNM（鳳林）及TMAM（太麻里），其差值為4.0 mm，在Z分量中，其差值最小之點位為FLNM（鳳林），其差值為3.3 mm，其差值最大之點位為MZUM（馬祖），其差值為7.5 mm，如圖12；在橢球高差 Δh 中，其差值最小之點位為PKGM（北港）及YMSM（陽明山），其差值為1.8 mm，其差值最大之點位為FLNM（鳳林），其差值為3.3 mm，如圖13。以上兩種分析結果顯示，不同相位中心改正模式確實會影響定位結果，因此，為提高GPS定位精度，對於相位中心改正模式的選用必須相當謹慎。

(二) 天線罩誤植影響成果分析

經本研究發現台灣追蹤站天線罩有誤用之狀況，因此同樣將所有追蹤站以七天的觀測資料利用igs08天線相位中心模式對的天線罩及錯誤天線罩進行解算，其坐標分量及橢球高差異如表8所示，成果顯示在X分量上，其影響量介於4.7-4.9 mm，在Y分量上，其影響量介於7.7-7.9 mm，在Z分量上，其影響量介於4.7-5.1 mm，各分量坐標差統計如圖14；而在橢球高差 Δh 其影響量介於10.3-10.4 mm之間，如圖15，以上結果顯示，雖然使用相同天線盤，但是天線罩的正確與否，對於定位結果產生明顯的影響量。

表8 台灣地區追蹤站igs01與igs08坐標差統計表

點名	坐標差	平均值 (mm)	極大值 (mm)	極小值 (mm)
FLNM	ΔX	3.1	4.6	0.1
	ΔY	4.0	6.2	2.4
	ΔZ	3.3	4.8	1.9
	Δh	3.3	6.4	0
KDNM	ΔX	2.4	4.2	0.9
	ΔY	3.1	6.2	1.5
	ΔZ	4.8	6.4	3.1
	Δh	2.2	5.8	0.8
KMNM	ΔX	2.5	4.9	0.3
	ΔY	1.4	3.7	0.2
	ΔZ	6.7	7.8	4.9
	Δh	2.1	4.1	0.3
MZUM	ΔX	2.2	3.5	0.9
	ΔY	1.6	3.9	0.0
	ΔZ	7.5	9.0	6.1
	Δh	1.9	4.4	0.5
PKGM	ΔX	2.6	4.3	0.6
	ΔY	2.8	5.6	1.0
	ΔZ	5.5	7.1	3.8
	Δh	1.8	4.9	0
TMAM	ΔX	2.7	4.2	0.6
	ΔY	4.0	6.4	2.1
	ΔZ	4.8	6.4	3.1
	Δh	2.9	5.9	1.1
YMSM	ΔX	1.9	3.4	0.8
	ΔY	2.5	5.6	0.7
	ΔZ	6.7	8.1	5.0
	Δh	1.8	3.8	0

igs01與igs08坐標差統計圖

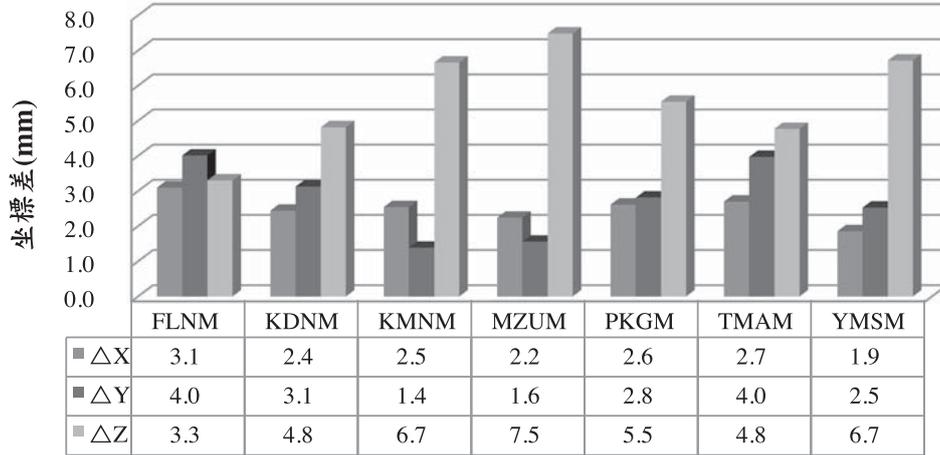


圖12 igs01與igs08坐標差統計圖

igs01與igs08橢球高差統計圖

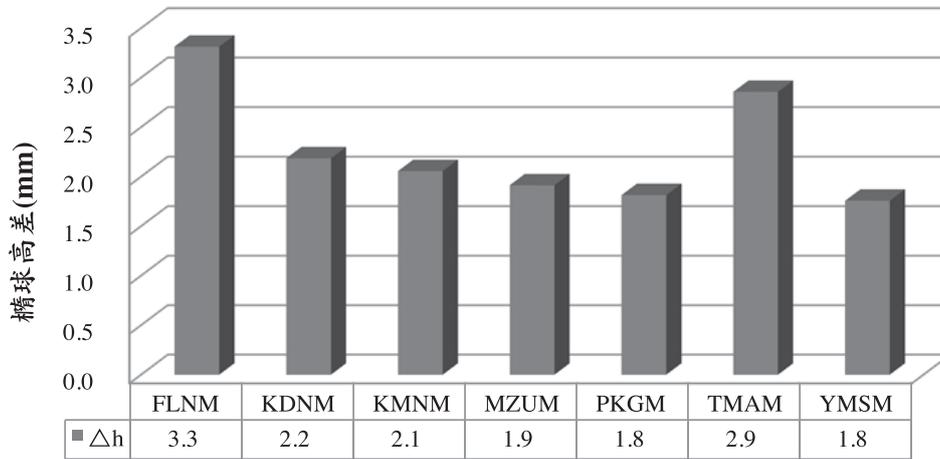


圖13 igs01與igs08橢球高差統計圖

表9 台灣地區追蹤站igs08_correctt與igs08_wrong坐標差統計表

點名	坐標差	平均值 (mm)	極大值 (mm)	極小值 (mm)
FLNM	ΔX	4.8	5.0	4.8
	ΔY	7.8	8.2	7.6
	ΔZ	4.9	5.0	4.8
	Δh	10.4	10.8	10.2
KDNM	ΔX	4.9	5.0	4.7
	ΔY	7.9	8.3	7.6
	ΔZ	4.7	4.8	4.5
	Δh	10.4	10.8	10.1
KMNM	ΔX	0.1	0.1	0.0
	ΔY	0.1	0.7	0.0
	ΔZ	0.0	0.2	0.0
	Δh	0.2	0.6	0
MZUM	ΔX	0.0	0.1	0.0
	ΔY	0.1	0.8	0.0
	ΔZ	0.0	0.2	0.0
	Δh	0.1	0.8	0
PKGM	ΔX	0.0	0.1	0.0
	ΔY	0.2	0.8	0.0
	ΔZ	0.1	0.3	0.0
	Δh	0.2	0.8	0
TMAM	ΔX	0.0	0.2	0.0
	ΔY	0.1	0.6	0.0
	ΔZ	0.1	0.3	0.0
	Δh	0.2	0.7	0
YMSM	ΔX	4.7	5.1	4.5
	ΔY	7.7	8.7	7.3
	ΔZ	5.1	5.4	5.0
	Δh	10.3	11.4	9.9

天線罩誤植坐標差統計圖

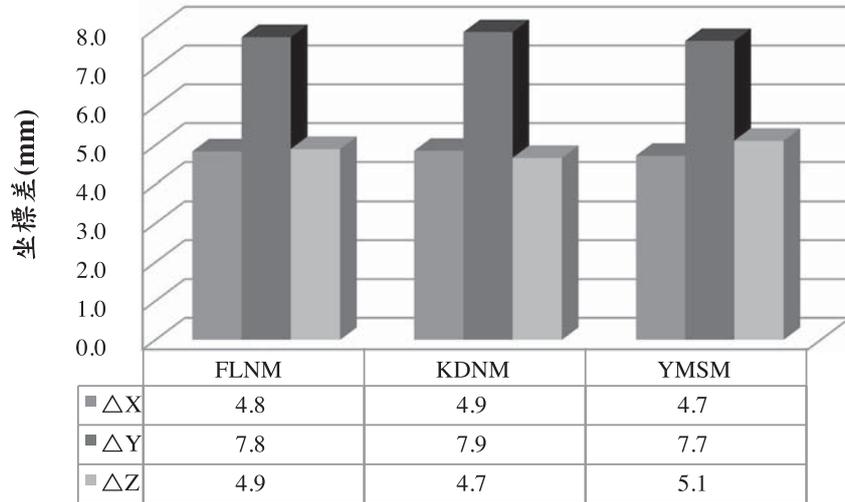


圖14 igs08_correctt與igs08_wrong坐標差統計圖

天線罩誤植橢球高差統計圖

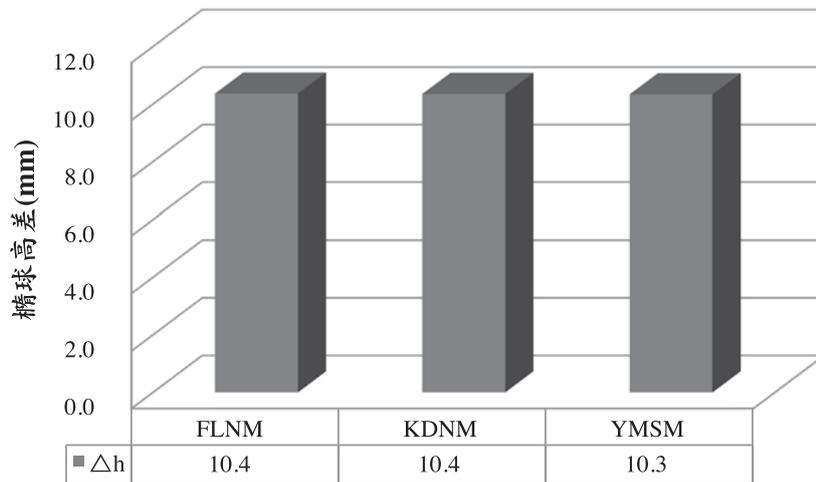


圖15 igs08_correctt與igs08_wrong橢球高差統計圖

五、結論及建議

1. 本研究藉由內政部國土測繪中心網站及NGS網站所提供之天線盤圖片，經比對後確認台灣衛星追蹤站正確天線盤之天線罩型號，除鳳林站為TPSCR3_GGD TPSH外，其餘點位為TPSCR3_GGD CONE，而目前NGS天線改正值中並無TPSCR3_GGD TPSH的改正值，所以在資料計算時，依IGS對於天線罩引用的定義，以TPSCR3_GGD NONE的改正值代替，結果證實天線罩的影響不可忽視。
2. 在igs08與igs01兩種相位中心改正模式所計算的成果中，在X分量中，其差值最大可達3.1 mm，在Y分量中，其差值最大可達4.0 mm，在Z分量中，其差值最大可達7.5 mm；在橢球高差 Δh 中，其差值最大可達3.3 mm，在以上兩種分析結果顯示，不同相位中心改正模式確實會影響定位結果，因此，為提高GPS定位精度，對於相位中心改正模式的選用必須相當謹慎。
3. 台灣追蹤站點位天線罩誤用計有鳳林、墾丁及陽明山等3個點位，解算成果顯示在X分量上，其影響量介於4.7-4.9 mm，在Y分量上，其影響量介於7.7-7.9 mm，在Z分量上，其影響量介於4.7-5.1 mm，在橢球高差 Δh 中，其影響量介於10.3-10.4 mm之間，以上結果顯示，雖然使用相同天線盤，但是天線罩的正確與否，對於定位結果產生明顯的影響量。
4. 在本文中介紹天線相位中心改正模式與參考框架之間的關係，在台灣坐標系統TWD97@2010採用ITRF2005參考框架作為約制，其使用仍為igs01天線相位中心改正模式，在未來台灣坐標將持續進行更新，建議在採用ITRF參考框架時，須注意其採用的天線相位中心改正模式，以求得最佳定位成果。

參考文獻

- 李征航、黃勁松，2005，GPS 測量與數據處理，武漢大學出版社，武漢，第 176 頁。
- 林文勇、劉至忠、劉正倫，2012，台灣大地基準之一九九七坐標系統 2010 年成果，地籍測量，第 31 卷，第 3 期，第 1-15 頁。
- 陳國華，2004，整合 TWVD2001 水準及 GPS 資料改進台灣區域性大地水準面模式以應用於 GPS 高程測量，博士論文，國立成功大學測量及空間資訊學系，台南，第 44-45，97-98 頁。
- Dach, R., Hugentobler, U., and Walser, P., 2011, Bernese GPS Software Version 5.0 Tutorial Processing Example Introductory Course Terminal Session, Astronomical

- Institute, University of Bern, Switzerland, pp. 38-42.
- Görres, B., Campbell, J., Becker, M., and Sieme, M., 2006, "Absolute calibration of GPS antennas: Laboratory results and comparison with field and robot techniques," *GPS Solutions*, Vol. 10, No2, pp. 136-145.
- Kouba, J., 2009, "A Guide to Using International GNSS Service (IGS) Products," Geodetic Survey Division, Canada, pp. 1-30.
- Mader, G., 1999, "GPS Antenna Calibration at the National Geodetic Survey," *GPS Solutions*, Vol. 3, No1, pp. 50-58.
- Rothacher, M., 2001, "Comparison of absolute and relative antenna phase center Variations," *GPS Solutions*, Vol.4, No.4, pp. 55-60.
- Steigenberger, P. and Rothacher, M., 2009, "Effects of Different Antenna Phase Center Models on GPS-Derived Reference Frames," *Proceeding of International Association of Geodesy Symposia*, pp.84-88.
- Schmid, R., Steigenberger, P., Dach, R., Schmitz, M., Dilssner, F., and Hugentobler, U., 2009, "Interaction of the IGS reprocessing and the IGS antenna phase center model," *Fall Meeting of American Geophysical Union, USA*, pp. 1-10.
- Schmid, R., Steigenberger, P., Gendt, G., Ge, M., and Rothacher, M., 2007, "Generation of a consistent absolute phase center correction model for GPS receiver and satellite antennas," *Journal of Geodesy*, Vol.81, pp. 781-798.
- Wübbena, G., Schmitz, M., Meng, F., Boder, V., and Seeber, G., 2000 "Automated Absolute Field Calibration of GPS Antennas in Real-Time," *Proceedings of the 13th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation*, Salt Lake City, USA, pp. 2512-2522.
- Zeimet, P., Kuhlmann, H., 2008, "On the Accuracy of Absolute GNSS Antenna Calibration and the Conception of a New Anechoic Chamber". *Proceedings of the FIG Working, Week 2008*, 14.-19. June, Stockholm, Sweden.