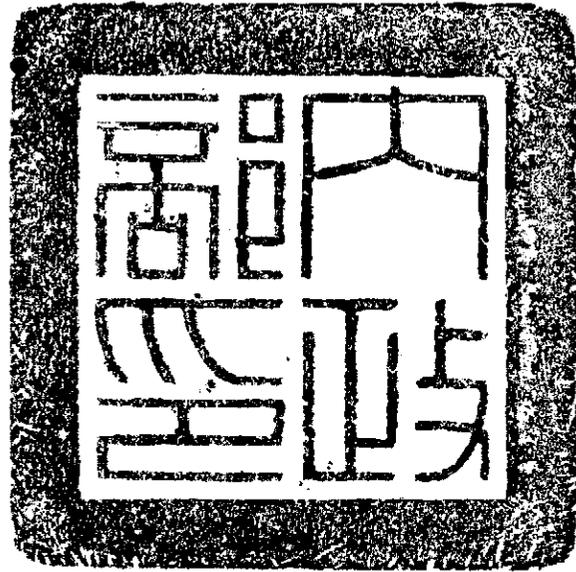


內政部 公告

發文日期：中華民國103年06月04日
發文字號：台內地字第1030178307號



主旨：公告103年臺灣地區大地起伏模型成果。

依據：國土測繪法第15條第1項。

公告事項：

- 一、旨揭成果之「103年臺灣地區大地起伏模型成果說明」如附件。
- 二、旨揭成果由本部國土測繪中心依「內政部基本控制測量成果供應要點」提供。

部長陳威仁

103年臺灣地區大地起伏模型成果說明

一、前言

全球定位系統(GPS)技術發展成熟，已改變傳統高程測量的方法及概念，然而 GPS 測量所得高程為橢球高系統，與傳統高程測量之正高系統，需透過高精度之大地起伏模型轉換。為利各界使用，內政部於 91 年首次公布臺灣地區大地起伏模型，供各界申請。

內政部及內政部國土測繪中心(以下簡稱國土測繪中心)近年來積極推動臺灣地區重力測量工作，克服臺灣特殊之地理環境，辦理陸地重力測量、空載重力測量、船載重力測量，建立完整之重力網，並搭配高精度及高解析度數值地形模型(Digital Terrain Model, DTM)、一等水準點之 GPS 及水準測量資料修正，完成 103 年臺灣地區大地起伏模型，以提供各界於橢球高與正高轉換媒介。

大地起伏模型分為重力法大地起伏模型及混合法大地起伏模型。

二、重力法大地起伏模型(TWGEOID2014)

大地起伏可分為長波長(低頻)、中波長(中頻)與短波長(高頻)大地起伏效應，各效應所需的計算資料分別為地球重力場、重力資料與數值地形模型等，其使用資料分述如下：

- (一)地球重力場：採用 EGM2008 展開至 2190 階之參考重力場。
- (二)大地參考系統：GRS80/ITRF94。
- (三)數值地形模型

使用之地形資料為行政院農業委員會林務局農林航空測量所經由航照圖實測之 40 公尺平面解析度數值高程模型(Digital Elevation Model, DEM)萃取出平面解析度約 90 公尺的點位資料，製作成 3 秒×3 秒網格以及 9 秒×9 秒網格之 DTM。

(四)重力資料

使用之重力資料包括陸測重力資料、船載重力資料、空載重力資料及衛星測高重力資料：

1. 陸測重力資料

所蒐集資料自民國 69 年至 101 年，計 9,042 點重力資料，提供機關包含內政部、國土測繪中心、中央研究院、中國測量工程學會等單位，詳如表 1，全部點位分布如圖 1。

表 1 陸測重力資料表

時間(民國)	點數	提供機關及概述
69~88年	1,626	中央研究院、中國測量工程學會
93~95年	4,356	內政部 一、二等重力測量工作
93~95年	201	國土測繪中心 離島一等水準點重力測量工作
96年	2,198	國土測繪中心 一等水準點上重力測量檢測工作
100~101年	661	國土測繪中心 花東及山區重力測量工作
合計	9,042	

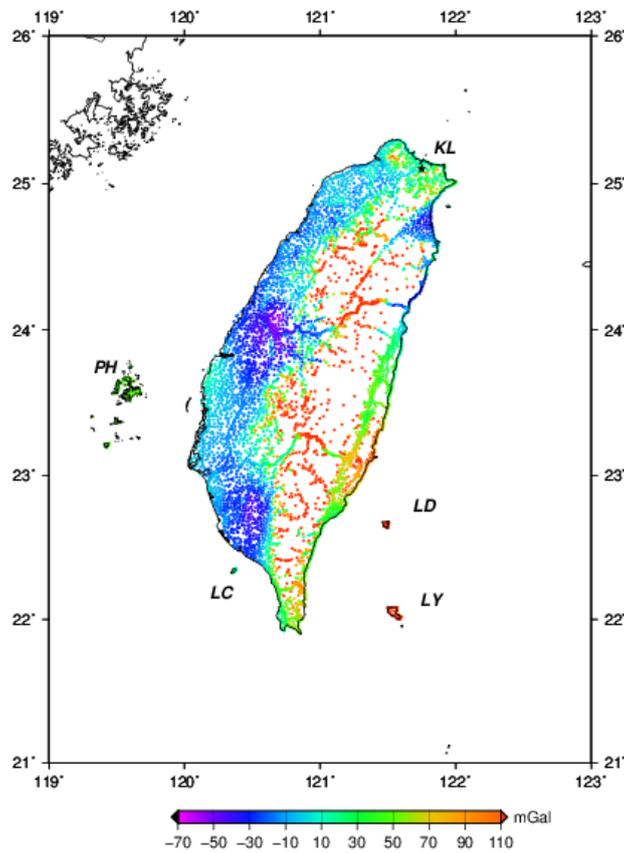


圖 1 所有陸測重力異常點位分布圖

2. 船載重力資料

所蒐集資料自民國 85 年至 102 年，計 20,844 點重力資料，提供機關包含國立中央大學、國土測繪中心等單位，內容詳如表 2，點位分布如圖 2 及 3。

表 2 船載重力資料表

區 域	時間(民國)	點數	提供機關及概述
臺灣環海	85 年	4,084	國立中央大學及由 Nation Geophysical Data Center(NGDC) 下載之船載重力測量資料，經篩選後點位分布如圖 2
基隆、小琉球、綠島、蘭嶼及澎湖海域	95~97 年	9,265	國土測繪中心 臺灣本島與離島高程連測計畫
臺灣本島西南、西北及東部近岸	100~102 年	7,535	國土測繪中心 臺灣本島近岸船載重力測量作業
合 計		20,844	

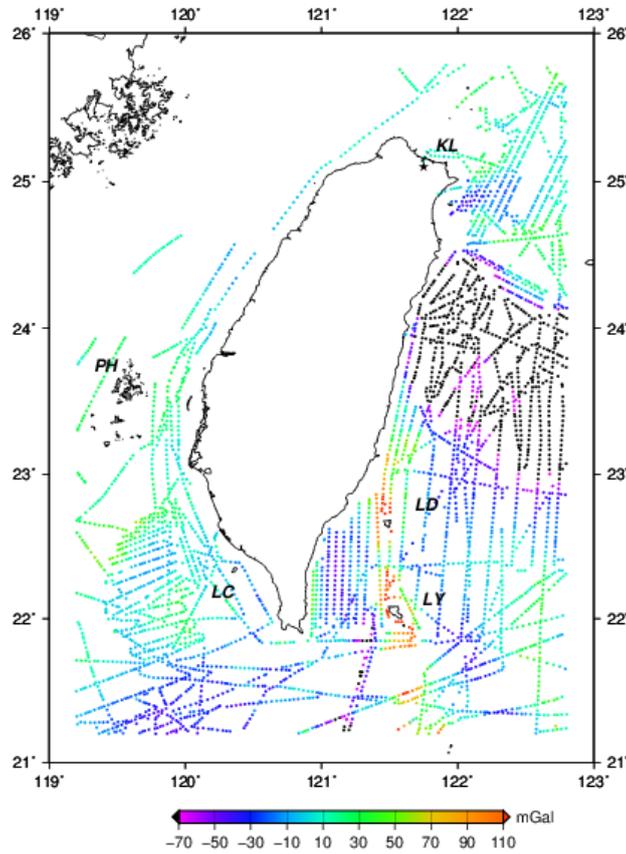


圖 2 85 年蒐集臺灣環海船載重力異常點位分布圖

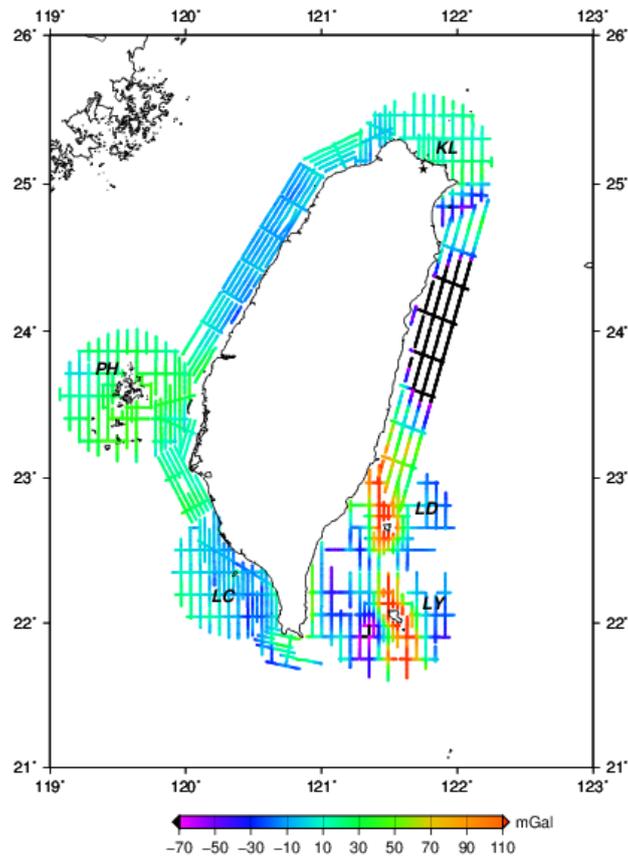


圖 3 各離島海域及近岸船載重力異常分布圖

3. 空載重力資料

所蒐集資料自民國 93 年至 98 年，計 2,596 點重力資料，提供機關為內政部，內容詳如表 3，點位分布如圖 4、5 及 6。

表 3 空載重力資料表

區 域	時間(民國)	點數	提供機關及概述
臺灣本島	93~94 年	1,342	內政部「空載重力測量工作」，平均航高約為 5,156 公尺
東部海域	95~97 年	673	內政部「低航高空載重力測量工作」，平均航高約為 1,620 公尺
西部海域	96~98 年	575	內政部「西部及東沙海域空載重力測量工作」，平均航高約為 1,620 公尺(東沙群島位處偏遠，未將該重力資料納入本模型成果)
合 計		2,596	

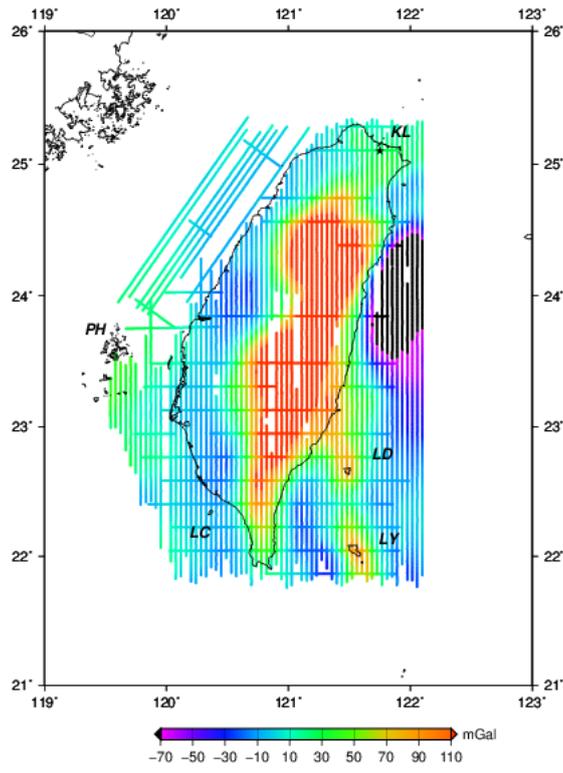


圖 4 臺灣本島空載重力異常分布圖

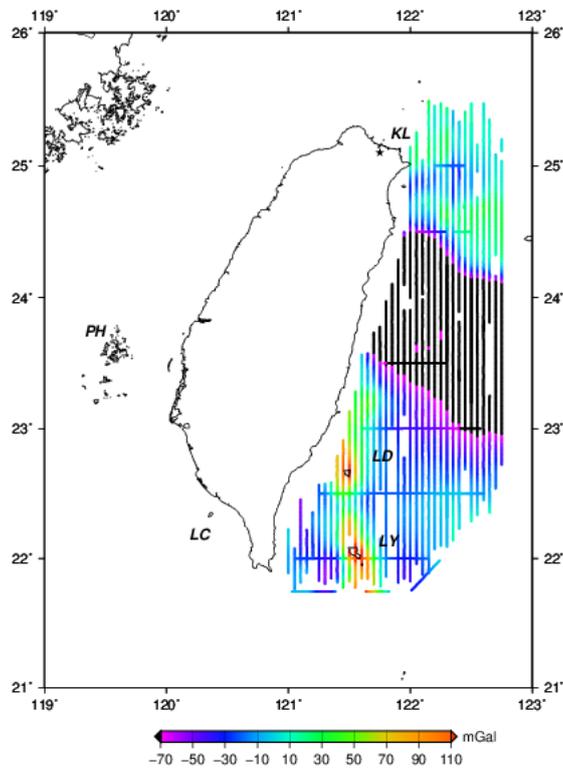


圖 5 臺灣東部海域空載重力異常分布圖

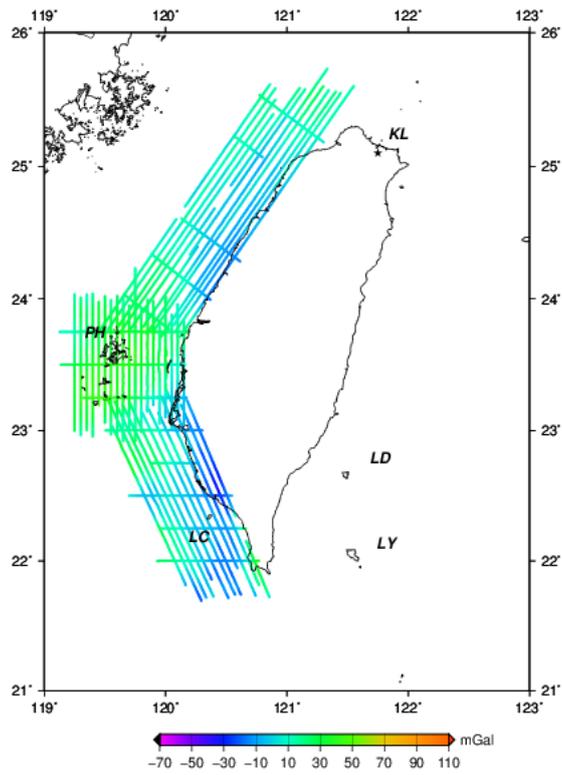


圖 6 臺灣西部海域空載重力異常分布圖

4. 衛星測高重力資料

為填補海上及沿岸船載重力資料之不足，而發展多種衛星測高數據(包括 Geosat/GM、ERS-1/GM、Geosat/ERM、ERS-1/35d、ERS-2/35d 和 T/P)反演臺灣附近測高海洋重力異常模型，如圖 7。

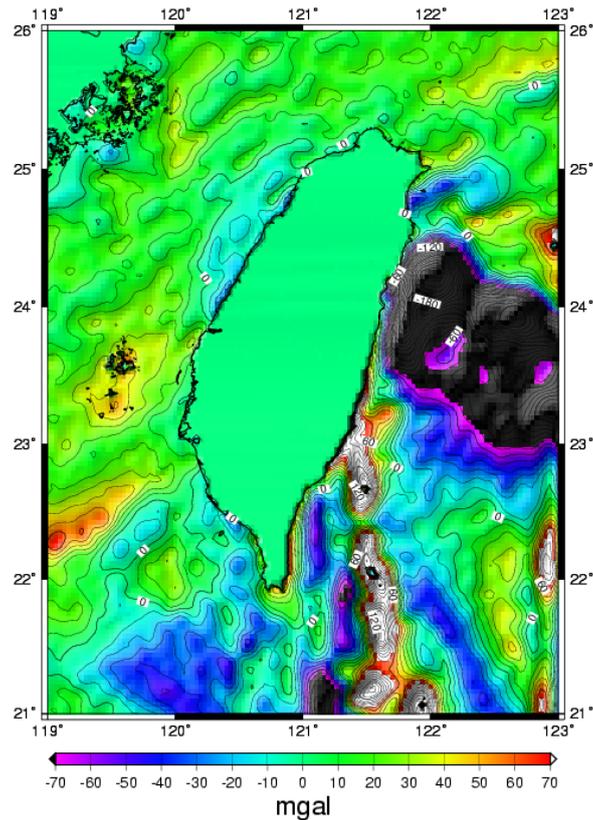


圖 7 測高海洋重力異常模型圖

(五) 計算

大地起伏模型計算方法，主要分為 Stokes 積分法與最小二乘配置法(Least Squares Collocation, LSC)。Stokes 積分法的優點為可利用快速傅立葉(Fast Fourier Transform, FFT)計算之，可節省大量計算時間；最小二乘配置法的優點則是可整合不同精度與空間解析度的重力異常並直接計算大地起伏值。

由於所蒐集重力資料包括陸測重力、船載重力、空載重力、衛星測高重力等不同型態重力資料，故於重力資料整合時採用最小二乘配置法計算自由空間重力異常網格後，再使用 Stokes 積分計算大地起伏模型，計算流程如圖 8。此重力法大地起伏模型為 30 秒× 30 秒網格模型，如圖 9。

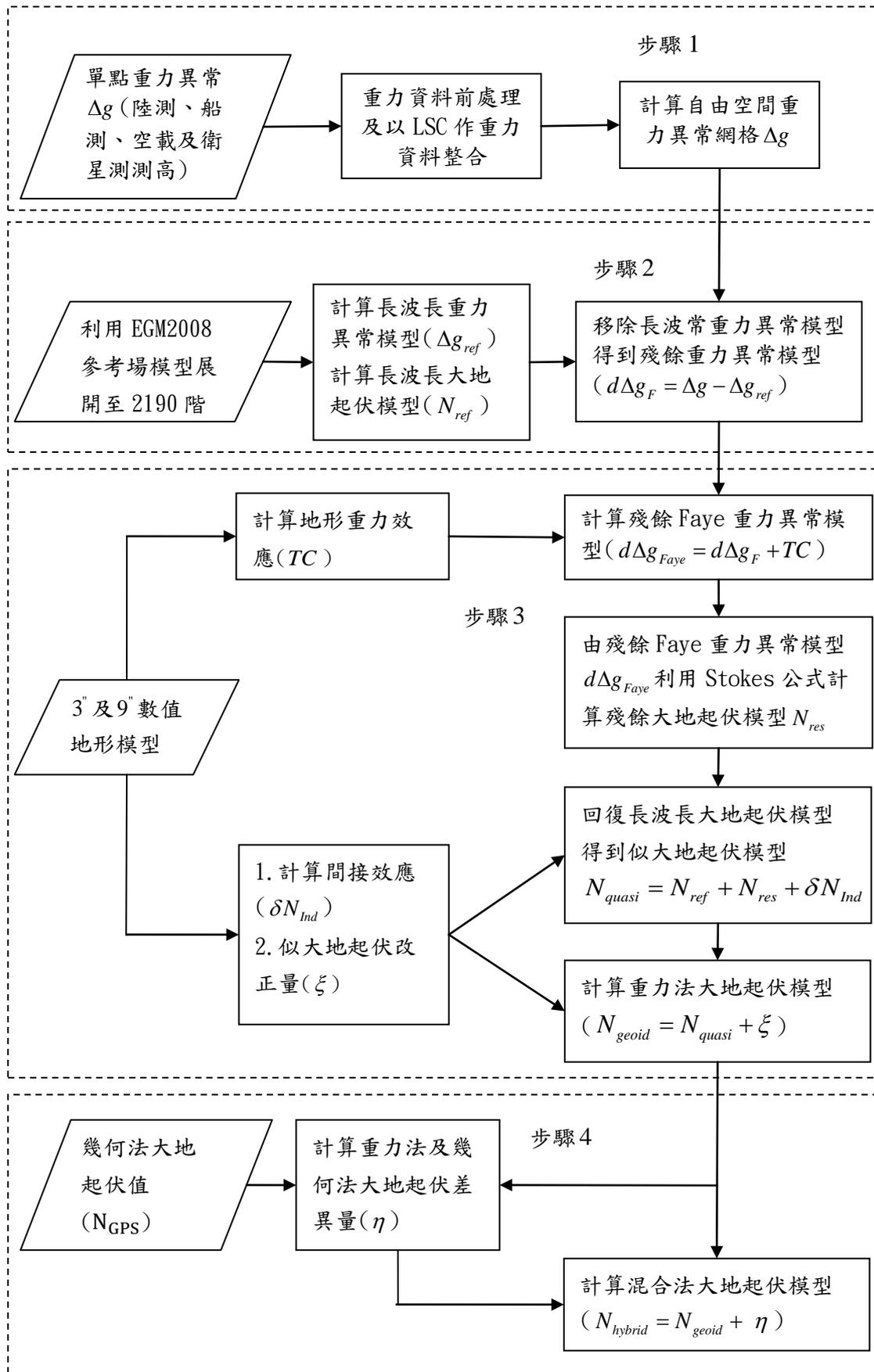


圖 8 大地起伏計算流程圖

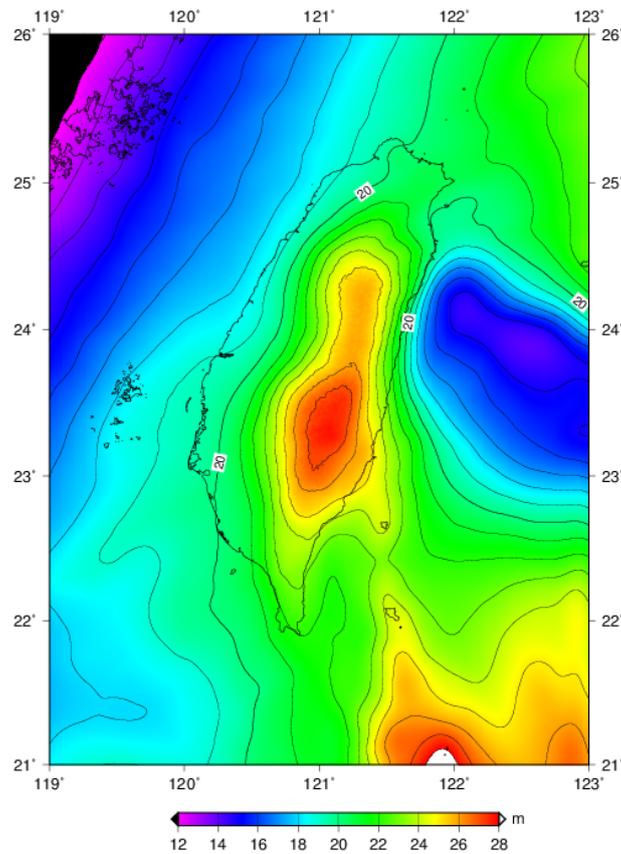


圖 9 重力法大地起伏模型(TWGEOID2014)圖

三、混合法大地起伏模型(TWHYGEO2014)

混合法大地起伏模型是以重力法大地起伏模型為基礎而建置，由於重力法大地起伏模型與大地水準面存在一系統性的偏移量。一個點位內插重力法大地起伏模型所得出的值為 $N_{gravity}$ ，另該點若利用 GPS 測得之橢球高 h 減去正高 H 所得出的為大地起伏值 N_{GPS} ，這二個值存在一偏移量，為解決 $N_{gravity}$ 與 N_{GPS} 之差異，需蒐集分布均勻且具有 N_{GPS} 之點位，將高精度的 N_{GPS} 修正至重力法大地起伏模型，而得一混合法大地起伏模型。

實際作法是將所有 N_{GPS} 減去對應相同位置上的 $N_{gravity}$ ，再組成一修正面，接著將此修正面加入重力法大地起伏模型，得到修正後的大地起伏模型，稱之為混合法大地起伏模型(hybrid geoid model)，可作為橢球高系統與正高系統轉換之用。

而 N_{GPS} 資料採用以下點位(水準測量資料則為 TWVD2001 高程系統資料)：

- (一)內政部 92 年公布之一等一級、一等二級水準點(GPS 觀測時間約

- 1~3 小時)，計 1,721 點，點位分布如圖 10。
- (二)蒐集多項計畫以路線距離約 10 公里並考量點位分布所特選 14 條路線之水準點(GPS 觀測時間為 12 小時或 24 小時)，計 214 點，點位分布如圖 11，路線點位資料如表 4 及 5。
- (三)國土測繪中心 e-GPS 衛星定位基準站(GPS 觀測為全年無休，正高值由國土測繪中心提供)，計 52 點，點位分布如圖 12。
- 利用以上點位之 N_{GPS} 資料，得到混合法大地起伏模型，同樣為 30 秒 \times 30 秒網格模型，如圖 13。

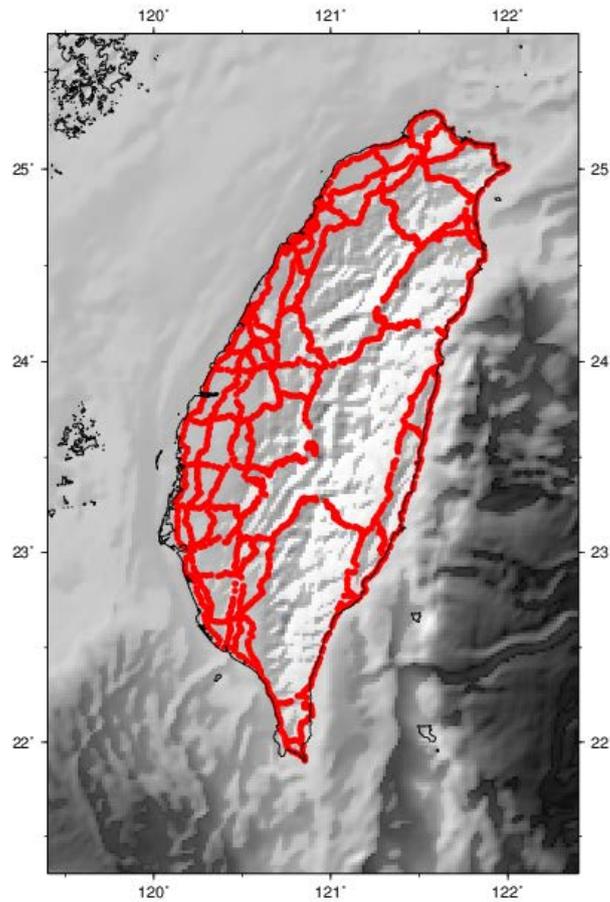


圖 10 一等一級、一等二級水準點觀測 GPS 點位分布圖

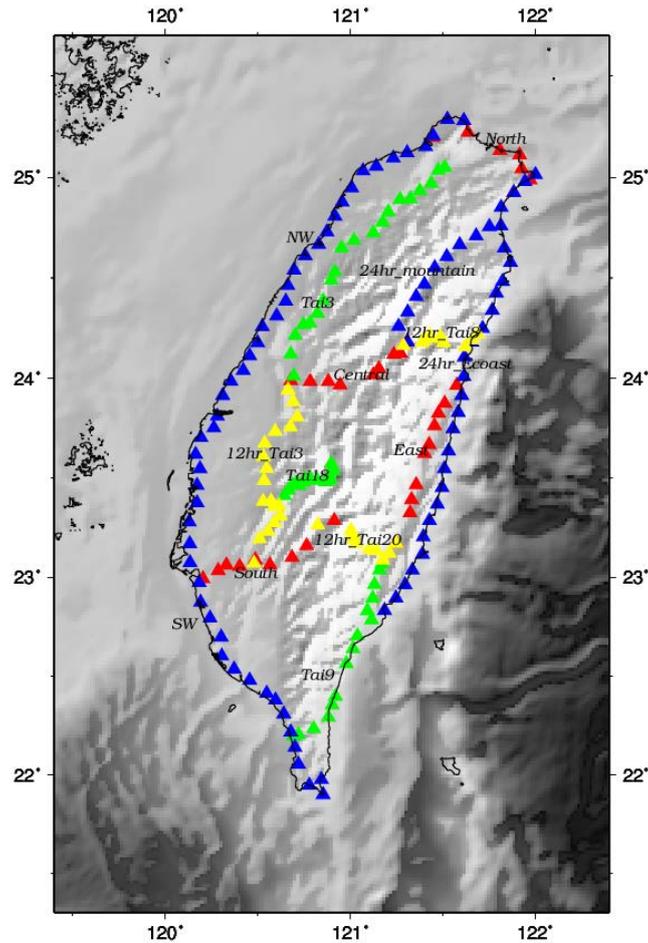


圖 11 特選 14 條路線點位分布圖

表 4 特選路線點位資料_24 小時 GPS 觀測

路線名稱	路線概述	點位數量	提供機關
North (▲)	台 2 線北部基隆沿岸	9	內政部
Central (▲)	台 14 線中部山區	10	內政部
South (▲)	台 20 線南部地區	9	內政部
East (▲)	台 9 線東部地區	10	內政部
Tai3 (▲)	台 3 線西北部	20	國科會計畫
Tai9 (▲)	台 9 線東南部南迴公路	15	國科會計畫
Tai18 (▲)	台 18 線中部山區	15	國科會計畫
SW (▲)	台 17 線西南沿岸	20	國土測繪中心
NW (▲)	台 61 線西北沿岸	30	國土測繪中心
24hr_Mountain (▲)	台 7 甲線宜蘭山區至大禹嶺	10	國土測繪中心
24hr_Ecoast (▲)	台 2 線、台 9 線及台 11 線東部沿岸	28	國土測繪中心

表 5 特選路線點位資料_12 小時 GPS 觀測

路線名稱	路線概述	點位數量	提供機關
12hr_Tai3(▲)	台 3 線臺中霧峰烏溪橋至高 雄內門	18	國土測繪中心
12hr_Tai8(▲)	台 8 線大禹嶺至太魯閣節點	10	國土測繪中心
12hr_Tai20(▲)	台 20 線向陽至富里節點	10	國土測繪中心

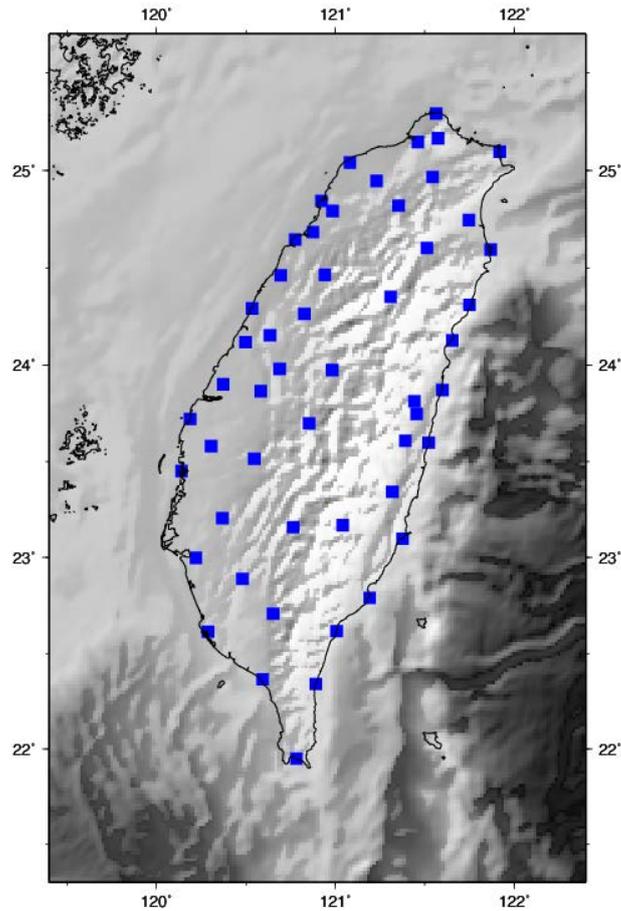


圖 12 內政部國土測繪中心 e-GPS 衛星定位基準站分布圖

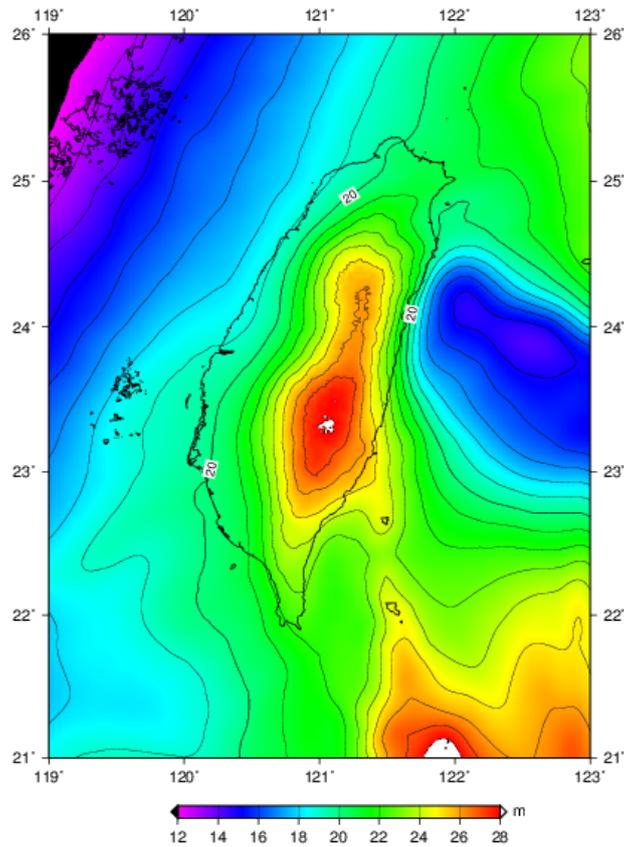


圖 13 混合法大地起伏模型(TWBYGEO2014)圖

四、 大地起伏模型精度評估

點位上的 N_{GPS} 除可加入混合法大地起伏模型外，亦可作為大地起伏模型精度評估，一般評估方式為比較相應水準點間 $N_{gravity}$ (評估混合法大地起伏模型則為 N_{hybrid}) 與 N_{GPS} 之差值 ΔN 的標準偏差來評估大地起伏模型精度。

為評估大地起伏模型於各區域的精度，以採用特選 14 條路線之水準點計 214 點進行評估；另國土測繪中心 e-GPS 衛星定位基準站計 52 點具有高精度、分布均勻且長期連續觀測的特性，亦可評估大地起伏模型之整體精度，以下區分重力法與混合法大地起伏模型精度評估統計。

表 6 重力法大地起伏模型與各路線資料精度評估統計表 (單位: 公分)

路線名稱	最大值	最小值	平均值 ($\overline{\Delta N}$)	標準差 (STD)
North	-9.6	-14.0	-11.5	1.6
Central	1.8	-13.6	-4.9	4.7
South	-25.9	-38.6	-32.7	4.7
East	-16.6	-28.7	-22.8	3.2
Tai3	-18.1	-27.1	-22.9	2.2
Tai9	-9.2	-28.4	-22.4	4.5
Tai18	-8.4	-17.1	-13.8	2.6
SW	-7.3	-28.4	-18.0	5.0
NW	-11.0	-25.0	-14.9	3.3
24hr_Mountain	11.0	-17.6	-8.1	9.3
24hr_Ecoast	-3.1	-26.8	-17.1	6.4
12hr_Tai3	-19.3	-26.6	-23.1	2.3
12hr_Tai8	-12.4	-25.0	-18.6	3.8
12hr_Tai20	-16.2	-27.4	-23.3	3.4
整體 214 點(All)	11.0	-38.6	-18.1	7.3

由表 6 得知，重力法大地起伏模型與特選 14 條路線計 214 點(All)資料整體精度評估， ΔN 最大值 11.0 公分、最小值-38.6 公分、平均值-18.1 公分、標準差 7.3 公分。

另重力法大地起伏模型與 e-GPS 站資料精度評估， ΔN 最大值-2.6 公分、最小值-29.0 公分、平均值-20.0 公分、標準差 6.5 公分。

表 7 混合法大地起伏模型與各路線資料精度評估統計表 (單位:公分)

路線名稱	最大值	最小值	平均值 ($\overline{\Delta N}$)	標準差 (STD)	均方根誤差(RMS)
North	3.3	-3.4	0.7	1.9	2.0
Central	18.7	1.5	7.7	5.6	9.5
South	-2.1	-5.6	-4.0	1.1	4.1
East	6.2	0.0	2.7	1.9	3.3
Tai3	0.1	-2.6	-1.2	0.8	1.4
Tai9	3.4	-4.8	-0.9	2.1	2.2
Tai18	7.9	0.4	3.9	1.8	4.3
SW	4.5	-3.5	0.2	1.9	1.9
NW	6.7	-2.9	0.6	2.1	2.2
24hr_mountain	11.1	0.1	3.9	3.7	5.3
24hr_Ecoast	7.6	-2.9	0.6	2.4	2.5
12hr_Tai3	3.4	-2.1	0.7	1.2	1.4
12hr_Tai8	3.1	-3.5	-0.3	2.0	2.0
12hr_Tai20	1.6	-3.2	0.0	1.3	1.3
整體 214 點(All)	18.7	-5.6	0.8	3.1	3.2

由表 7 得知，混合法大地起伏模型與特選 14 條路線計 214 點(All)資料整體精度評估， ΔN 最大值 18.7 公分、最小值-5.6 公分、平均值 0.8 公分、標準差 3.1 公分、均方根誤差 3.2 公分。

另混合法大地起伏模型與 e-GPS 站資料精度評估， ΔN 最大值 9.7 公分、最小值-8.6 公分、平均值-0.01 公分、標準差 5.1 公分、均方根誤差 5.1 公分。

五、 適用範圍

本次公告成果-臺灣地區大地起伏模型(TWHYGEO2014)是採用混合法大地起伏模型，適用範圍為北緯 21 度至 26 度，東經 119 度至 123 度所形成之矩形範圍。