

行政院所屬各機關因公出國報告書

96 年度赴韓國超導重力觀測實驗室辦理
絕對重力率定作業事宜工作報告書

服務機關：內政部（地政司）

出國人職稱：技正

姓名：何定遠

電子信箱：moi0751@moi.gov.tw

出國地區：韓國

出國期間：96 年 10 月 5 日至 10 月 10 日

摘要

國外諸如美國、英國、日本及澳大利亞等均已建立完整之國家重力控制系統，內政部自 92 年度起辦理「國家基本測量發展計畫」，其中為建立國家重力控制系統，業購得國內首部絕對重力儀 FG5-224 及相對重力儀 EG-1200，以辦理我國重力測量工作。

本部於 96 年初完成「國家重力基準站」並召開「第一屆亞洲超導重力研討會」，韓國世宗大學金正宇（Kim, Jeong Woo）教授於會中向本部洽詢希望借重我方重力研究團隊多年絕對重力觀測經驗，協助韓國完成國內首座超導重力觀測實驗室之絕對重力率定作業，爰以 96 年 9 月 6 日電子函邀請本部等組團於 10 月初前往該校協助檢測並討論合作交流事宜，同時表示願意支應我方人員差旅、儀器運保費用。

本次作業行程自 96 年 10 月 5 日起至 10 月 10 日止，共計 6 天，在旅途時間有限觀測量較少情況下，本報告嘗試統計分析方法篩選較佳數據計 8,471 筆供作計算，獲得率定參數分別為尺度量 -64.513 ± 0.227 ，偏移量 979859598.81 ± 0.558 ，使用該率定參數化算超導觀測數據與絕對重力同步數據進行分析，發現整體精度稍提高且奇異數據亦明顯減少，成效不錯，可作為我國日後處理類似數據之參考。

本次任務因旅途時間有限極具挑戰，因此過程中遭遇了困難特別惶恐，甚至工作到晚上 11 點夜深人靜，幸而團隊全力以赴，不辱使

命，順利完成雙邊同步觀測資料交換，並藉此觀摩韓國超導重力觀測實驗室之技術優點及運作情形，對於本部爭取爾後參與國際測量事務合作機會甚有助益，藉此更加提昇我國重力技術之地位。

綜合此次作業心得，提出下列建議：

- 一、 持續增加專業培訓、建立人才資料庫並加強相關經驗傳承。
- 二、 整合國內產官學技術能力推展重力相關應用。
- 三、 持續參加國際合作提升技術品質以增加國家能見度。

目 錄

壹、緣起.....	1
貳、參與韓國超導站之重力率定作業之單位及人員.....	3
參、工作摘要.....	3
肆、觀測數據處理及分析.....	10
伍、心得與建議.....	15

壹、緣起

現代化國家中，舉凡民生、科技、建設等皆需應用重力資料，例如在民生運用方面之度量衡標準，在工程建設方面之坐標與高程系統，以及在資源探勘、地球變遷、地震預測等科學方面運用。

精確的重力資料需倚賴國家重力網之建立，國外諸如美國、英國、日本及澳大利亞等均已建立完整之國家重力控制系統，本部自 92 年度起辦理「國家基本測量發展計畫」，陸續購得國內首部絕對重力儀 FG5-224 及相對重力儀 EG-1200，以建置全國重力控制網。

為確保儀器性能，使我國重力基準與國際重力系統接軌，本部前於 94 年 9 月份攜帶重力儀器前往法國國際度量衡局 (BIPM) 參與四年一次國際重力儀器比對工作 (2005, ICAGs)，依成果報告顯示，我團隊測量成果最接近其他十多國平均值，顯示觀測技術與儀器性能極佳，成效顯著。另本部於 96 年初完成「國家重力基準站」並召開「第一屆亞洲超導重力研討會」，邀請美、法、德、比、日、韓等二十多位飽學有成、望重士林的科學家與國內專家學者進行多項前瞻性科學研究，我國亦藉此發表首座超導重力觀測實驗室進行絕對重力率定成果，當時與會各國皆對我重力測量技術給予正面肯定，其中韓國世宗大學金正宇 (Kim, Jeong Woo) 教授於會中向本部洽詢雙邊合作意願。

本部委託財團法人工業技術研究院及國立交通大學辦理「96 年度基本測量整合服務工作」案，其中為規劃協助本部參與國際測量事務，國立交通大學與韓國世宗大學保持聯繫，韓國世宗大學金教授表示，希望借重我方重力研究團隊多年絕對重力觀測經驗，協助韓國完成國內首座超導重力觀測實驗室之絕對重力率定作業，爰以 96 年 9 月 6 日電子函邀請本部等組團於 10 月初前往該校協助檢測並討論合作交流事宜，同時表示願意支應我方相關人員差旅、儀器運保費用。

此次活動對於本部爭取爾後參與國際測量事務合作機會甚有助益，將以平等互惠原則交換同步觀測資料並進行雙邊技術交流，藉此觀摩韓國超導重力觀測實驗室之技術優點及運作情形，可爭取日後國際上更多合作機會，更加提昇我國重力技術地位。

貳、參與韓國超導站之重力率定作業之單位及人員

一、我國團隊

內政部：何定遠技正

財團法人工業技術研究院：謝文祺副工程師、高瑞其實習生

二、韓國團隊

韓國世宗大學：金正宇 (Kim, Jeong Woo) 教授、金基炯 (Dr. Kim, Ki Dong) 博士

參、工作摘要

本次作業係由我國團隊攜帶本部絕對重力儀FG5-224及相對重力儀EG-1200前往韓國首座超導重力觀測實驗室進行絕對重力率定作業，出發前本部委託代管單位財團法人工業技術研究院量測中心辦理相關設備裝箱打包作業，因為絕對重力儀有部分組件嚴禁傾倒，故在包裝的木箱上設置有傾倒與震盪指示標誌，本部重力儀設備於10月4日上午完成包裝並交由託運公司空運至韓國。



木箱 A 裝箱情形



木箱 A 包上防水膠膜



木箱 B 裝箱情形



木箱 B 包上防水膠膜



傾倒指示標誌



震盪指示標誌



木箱搬運情形 (一)



木箱搬運情形 (二)

行程自 96 年 10 月 5 日起至 10 月 10 日止，共計 6 天；相關行程紀要如下：

- 一、10 月 5 日（五）自桃園中正機場搭機前往韓國仁川機場（Inchon International Airport）與金基炯（Kim, Ki Dong）博士會面後，前往位於首爾（Seoul）晤談後續的觀測計畫。
- 二、10 月 6 日（六）前往韓國首座超導重力觀測實驗室，勘查絕對重力觀測所用基樁的大小、作業空間與實驗室結構，並規劃儀器架設方式。下午儀器運抵實驗室，進行木箱拆解及裝備檢查，由於運送過程超過了 2 天，絕對重力儀 FG5-224 落體腔（Dropping Chamber）的真空度不足以進行測量，必須使用渦輪泵浦進行抽真空作業。
- 三、10 月 7 日（日）抵達韓國首座超導重力觀測實驗室。由於絕對重力儀落體腔尚須更多時間來達到必要真空度，故先進行相對重力梯度測量，使用相對重力儀 EG-1200 與工業技術研究院自製之梯度架，量取基樁點位之重力梯度，以供絕對重力測量化算之用。傍晚，落體腔之真空度已達到可量測範圍，便著手進行絕對重力量測。
- 四、10 月 8 日（一）抵達韓國首座超導重力觀測實驗室，初步分析儀器所量取資料，因重力值離散度（Drop Scatter）較大，研判儀器尚未達最佳狀態，為爭取作業時間，團隊嘗試了數個方法來處置，包括了：重新架設儀器、重新啟動電源、於不斷電系統上安裝接地線、清潔電子控制箱之電子接點…等，最後懷疑是實驗室靜電影響了鈷鐘的頻率穩定性，因此利用了一塊硬海綿隔絕了電子控制箱（鈷鐘位於箱中）與其他金屬物品的接觸，發現此一動作使絕對重力讀數獲得明顯改善，穩定性也持續增加。

五、10月9日（二）抵達韓國首座超導重力觀測實驗室，觀察絕對重力量測正持續進行，狀況良好，絕對重力讀值的離散度也維持在 $20 \mu\text{Gal}$ 左右，至第一階段設定的測量時間結束，約收集了14小時左右的穩定數據。於設定第二階段絕對重力測量開始前，我們利用時間再次進行一次重力梯度測量。

六、10月10日（三）順利完成第二階段的絕對重力量測，結束此次絕對重力及重力梯度測量工作，取得韓國超導重力儀同步觀測資料。儀器打包裝箱，交付空運公司，達成任務，團隊搭機回國。

作業過程中部分之攝影剪輯如下：

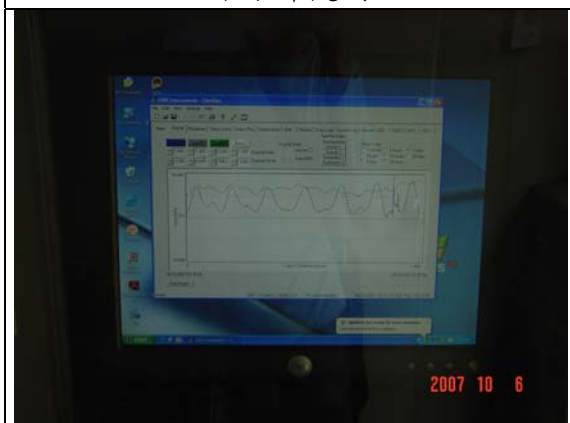




地下水井觀測站



與韓國超導重力儀合照



韓國超導重力觀測情形



韓國超導重力儀感測器



貨物運抵實驗室



緊急調派起重機支援



兩只木箱搬運情形



檢查 A 箱



檢查 B 箱



拆箱取貨



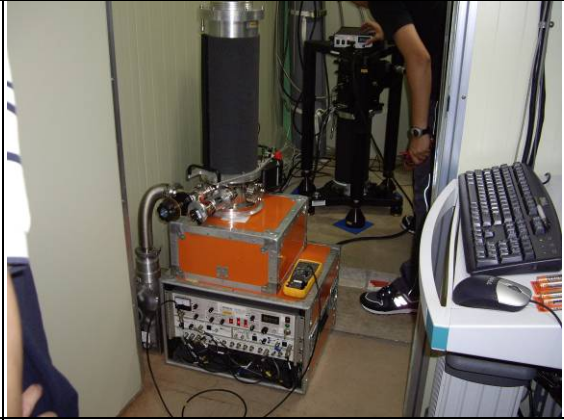
實驗室中可供架設儀器的空間



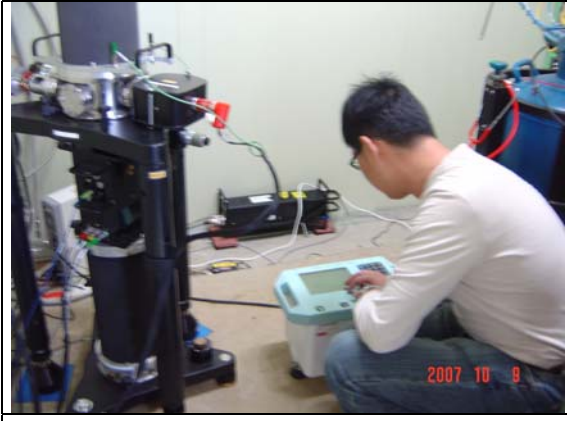
與金正宇教授、金基炯博士合照



先架設絕對重力儀底座 (Superspring)



絕對重力儀落體腔抽真空



重力梯度測量



本部相對重力儀



使用梯度架量測高處之相對重力值



使用接地線降低靜電的影響



使用電子接點清潔劑處理電子接點



使用硬海綿隔絕靜電



觀測設定後進行最後檢查



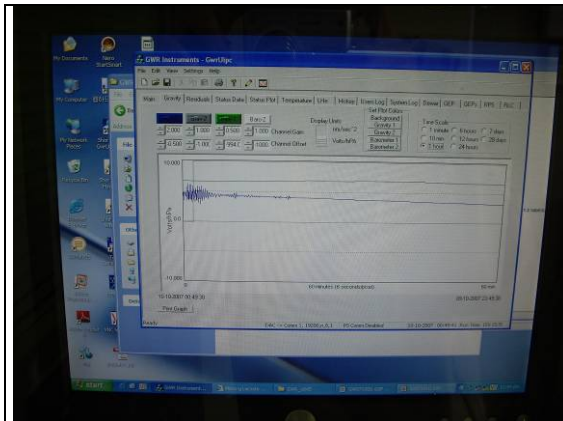
開始進行絕對重力觀測



絕對重力觀測情形



第二次重力梯度觀測



超導重力資料收集情形



木箱 A 裝箱情形



木箱 B 裝箱情形



運載至貨車上

肆、觀測數據處理及分析

一、觀測數據處理

綜合分析此次絕對重力測量數據，初期因靜電或是其他不明因素造成量測值不穩定，幸好經採取正確處置之後，讀數獲得明顯改善，穩定性也持續增加，觀測數據可分為兩個階段，圖 4-1 為第一階段絕對重力測量數據，剔除前段不穩定量測值後，其結果相當穩定（圖 4-2）；圖 4-3 為第二階段絕對重力測量數據，扣除最後一組（Set）數據（因受當時地震造成其重力值離散度較大）外，其餘結果相當穩定。

為提昇絕對重力率定成果精度，經評估決定合併運用兩階段數據

並剔除第一階段前段不穩定數據與第二階段最後因地震造成影響的數據，綜合該數據顯示為圖 4-4，合計約有 36 小時的觀測數據可供韓國超導重力觀測之絕對重力率定分析之用。

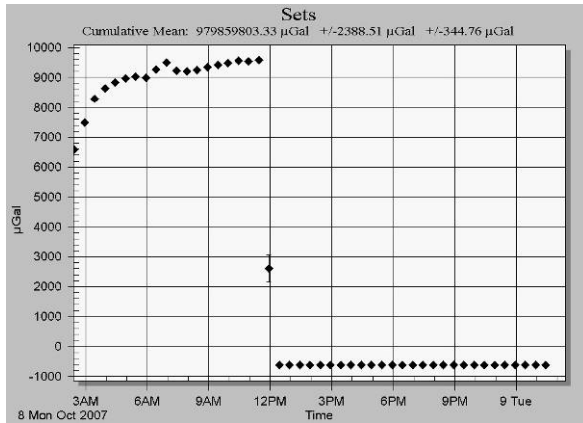


圖 4-1、第一階段絕對重力測量數據

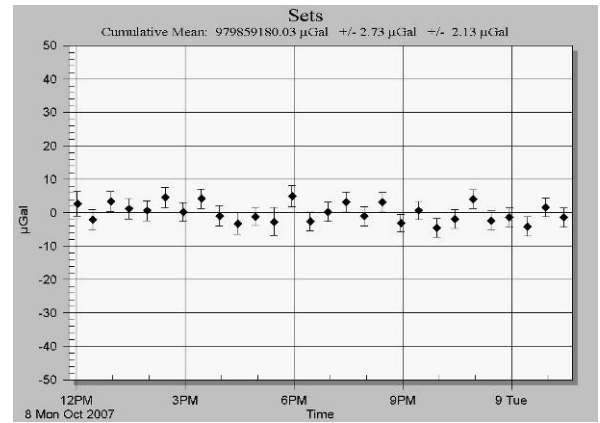


圖 4-2、第一階段絕對重力測量數據

(剔除前段不穩定數據)

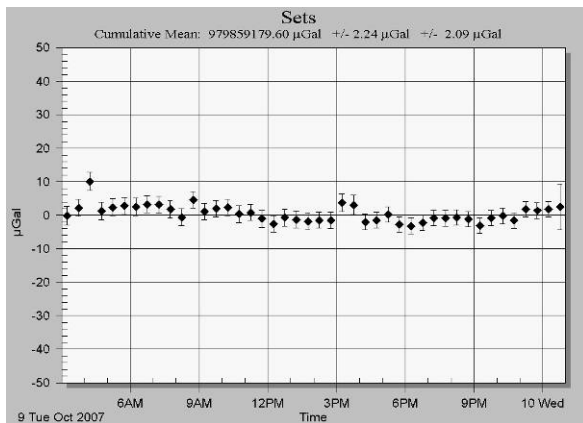


圖 4-3、第二階段絕對重力測量數據

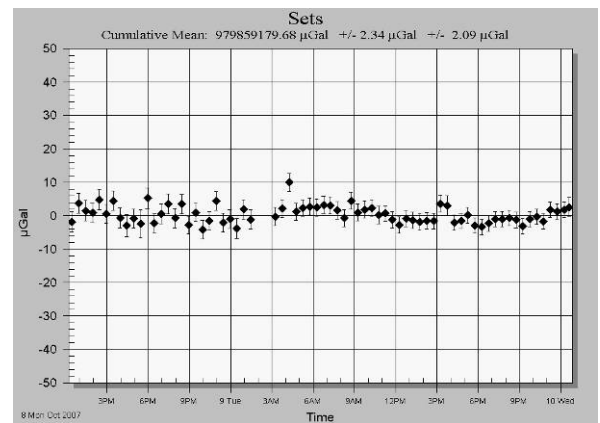


圖 4-4、兩階段絕對重力測量數據

(剔除不佳數據)

二、重力比對分析

因為超導重力儀原始觀測數據單位為電壓 (voltage)，無法供重

力變異分析使用，故需進行絕對重力比對工作，本次任務除順利完成二階段的絕對重力測量、兩次相對重力測量外，亦取得韓國超導重力儀同步觀測數據，足以進行韓國超導重力觀測之絕對重力率定作業。

將韓國超導重力儀觀測數據與前開兩階段絕對重力數據(圖 4-4)進行比對，可分析獲得 8,541 筆同步數據，本報告係採用簡單線性回歸分析公式計算該超導重力儀之率定參數 (a 指尺度量, b 指偏移量)，線性回歸分析公式為 $Y=aX+b$ ，其中 Y 指絕對重力數據 (單位：uGal)，X 指超導重力數據 (單位：voltage)。

依據前開觀測數據及分析公式，可初步獲得韓國超導重力儀之率定參數分別為 ($a=-64.458 \pm 0.249$, $b=979859598.681 \pm 0.612$) (圖 4-5)，使用該率定參數化算超導重力儀觀測數據後，其與絕對重力同步數據分布結果為圖 4-6，發現仍有部分數據明顯奇異。

本報告另嘗試採用統計方式 (三倍偏異值 19.912uGal) 篩選較佳數據計 8,471 筆供作計算，重新獲得率定參數分別為 ($a = -64.513 \pm 0.227$, $b = 979859598.81 \pm 0.558$) (圖 4-7)，使用該率定參數化算超導觀測數據與絕對重力同步數據分布結果為圖 4-8，不但整體精度稍提高奇異數據亦明顯減少，成效也不錯，可作為我國日後處理類似數據之參考。

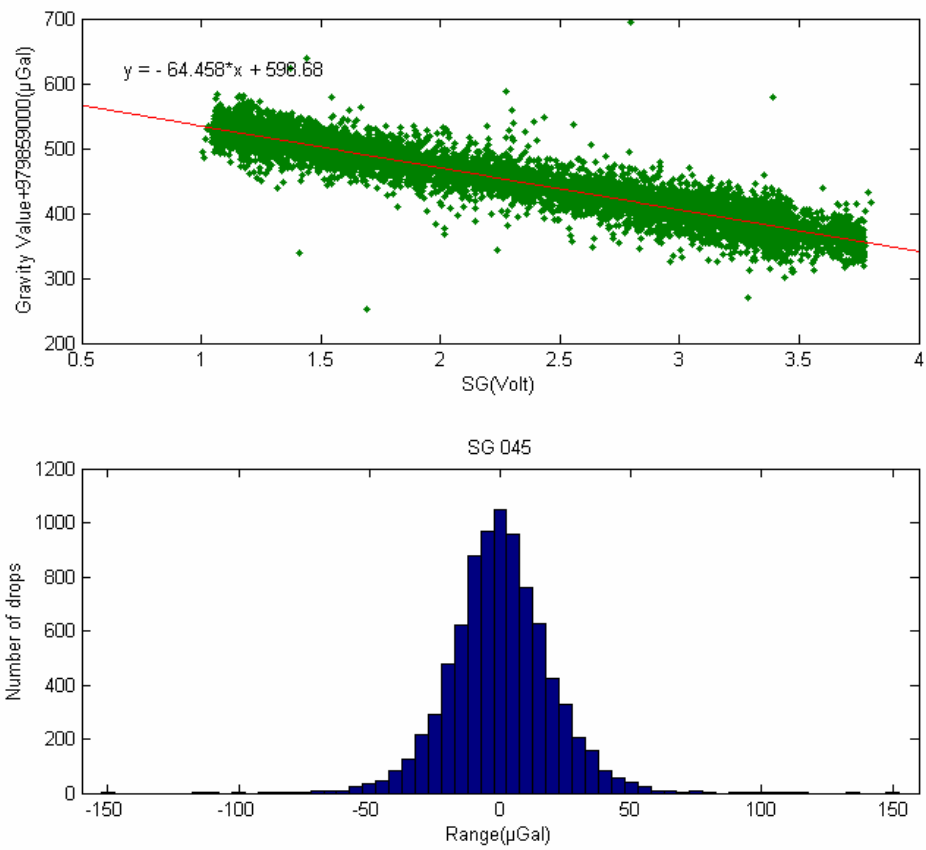


圖 4-5 超導重力儀之率定參數及其觀測數據回歸分析結果

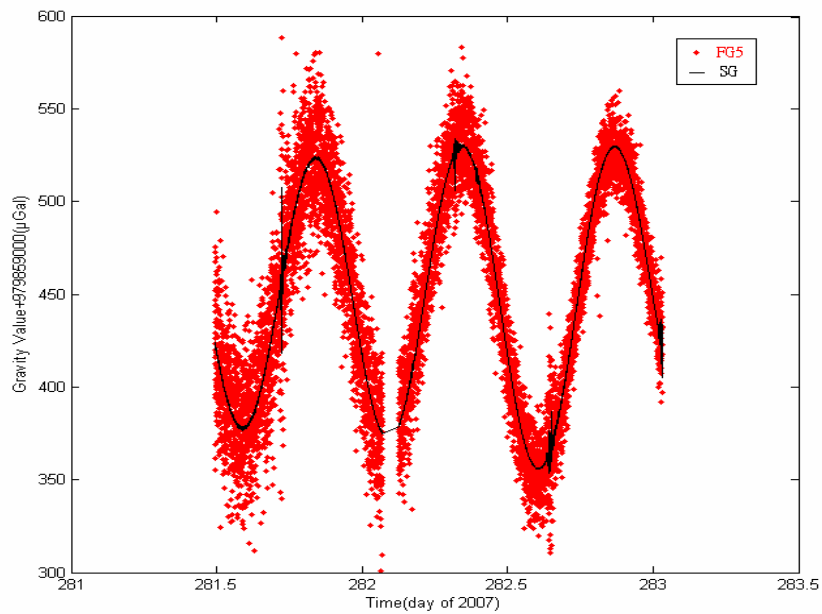


圖 4-6 使用率定參數化算超導觀測數據與絕對重力同步數據分布結果

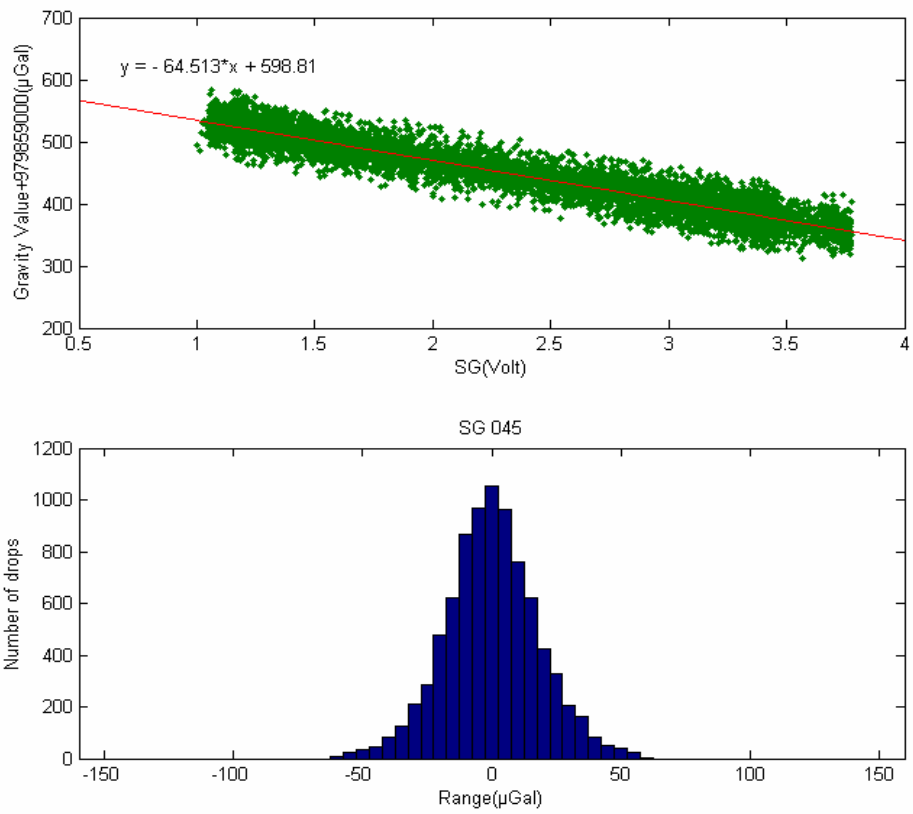


圖 4-7 經篩選數據後之率定參數及其觀測數據回歸分析結果

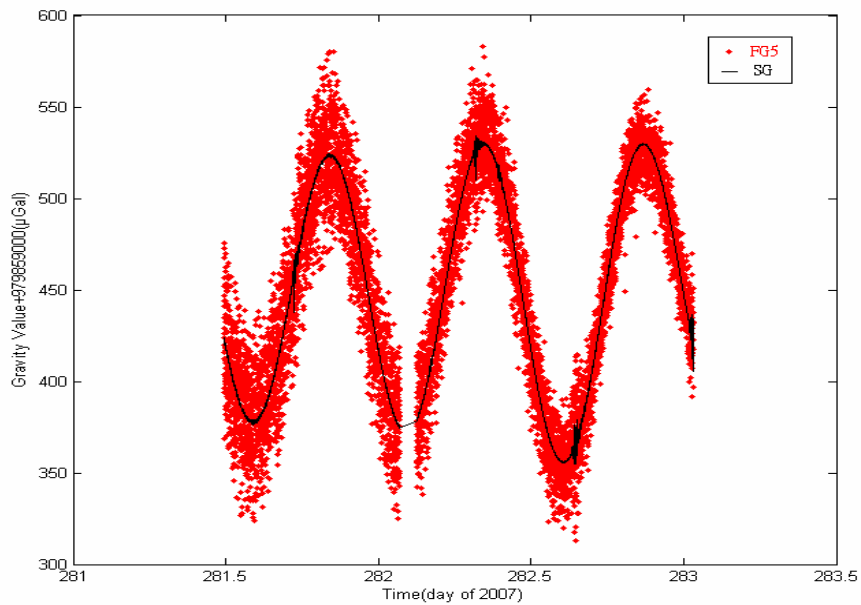


圖 4-6 使用經篩選數據後之率定參數化算超導觀測數據與絕對重力同步數據分布結果

伍、心得與建議

一、心得

- (一) 在目前我國重力測量技術深受各國肯定之時，本人能代表本部赴韓國超導重力觀測實驗室與世宗大學金正宇教授等人進行絕對重力率定作業，感到非常榮幸。本次任務因旅途時間有限極具挑戰，因此過程中遭遇了困難特別惶恐，甚至工作到晚上 11 點夜深人靜，幸而團隊全力以赴，不辱使命，圓滿達成任務，同時也獲得了不少寶貴經驗。
- (二) 本次國外作業過程中，發現儀器會因場地環境限制可能造成靜電或其他因素而影響觀測；另絕對重力儀操作過程上仍有些許狀況（如鈷鐘的頻率穩定性）無法全盤掌握，需針對此項問題特別留意並予改善。
- (三) 此次任務以平等互惠原則交換同步觀測資料，經比對分析後成果良好，已提供韓國超導重力觀測實驗室參考，其分析成果及實驗室運作情形亦供我國家重力基準站運作參考，有效達成雙邊技術交流目的。

二、建議

- (一) 持續增加專業培訓、建立人才資料庫並加強相關經驗傳承
重力測量為先進測繪技術，除需使用高精密重力儀設備外

更需由專業人員進行操作，因精密重力儀不當操作非但無法獲得高精度觀測成果更可能損傷儀器，本次作業在受託單位財團法人工業技術研究院專業協助下順利完成任務，考量爾後可能因不同任務需要選派人員操作儀器，建議本部或代管單位持續增加專業培訓並選送人員赴原廠進行故障排除訓練，建立人才資料庫並加強相關經驗傳承。

(二) 整合國內產官學技術能力推展重力相關應用

按韓國世宗大學金教授來函邀請本部組團前往該校，協助其進行首座超導重力觀測實驗室之率定作業並討論合作交流事宜，且得以順利達成本次任務，多有賴本部委託財團法人工業技術研究院及國立交通大學（聯合承攬立約商）辦理 96 年度基本測量專業整合服務工作，進行國家重力基準站管理運作、本部精密重力儀器管理維護、基準資料標準化處理及國際合作推動等多項委託服務事項及卓越研究專題，此為金教授指出我國重力技術能力短期快速提昇之重要因素且特別值得推崇之處，因此未來國家重力基準站參與全球地球動力計畫（Global Geodynamic Project）等國際監測合作事務，仍有賴國內產官學共同參與，並整合技術能力推展重力相關應用。

(三) 持續參加國際合作提升技術品質以增加國家能見度

縱觀目前各國測繪學術與應用發展方向，兼具科學性及實用性，其內涵包括了地球表面水陸、地下、地上空間及太空科技，測繪科學家試圖應用科學方法將地球表徵呈現出來，藉由測繪技術，將其量化訊息提供給各國政府施政、企業行為、人民生活應用等各項政策規劃之依據。

國土測繪法業於 96 年 3 月 21 日奉 總統令公布施行，中央主管機關內政部負責全國性測繪業務之規劃、實施及管理，其中第 4 條第 1 項第 3 款特別將國際測繪事務之聯繫協調及規劃合作列為中央主管機關掌理事項，建議本部除推動基礎建設所需測繪工作（如基本圖籍測製）之外，應持續注意各國技術演進，積極參加國際合作藉此提升技術品質，選派人員參與國際性測繪研討以研擬創新政策，提昇國家競爭力。