

行政院所屬各機關因公出國報告書

93 年台日雙邊絕對重力聯測工作
—赴日參訪及聯測工作報告書

服務機關：內政部（地政司）

出國人職稱：技士

姓名：黃鉅富

電子信箱：moi1009@moi.gov.tw

出國地區：日本

出國期間：93 年 11 月 15 至 11 月 24 日

報告日期：94 年 2 月 24 日

摘要

內政部於 92 年購得國內首部絕對重力儀器 (FG5-224)，以進行我國絕對重力測量工作，此次赴日與京都大學竹本修三教授等人進行台日儀器聯測工作，係為確保儀器高精確性能，相信本次達成任務後，有助於參與「國際大地測量及地球物理學協會」(IUGG) 之四年一次國際絕對重力儀器比對工作 (2005, ICAGs)，爭取日後國際上更多合作機會，以提昇國家重力技術地位。

綜合此次赴日參訪及聯測心得，提出下列建議：

- 一、積極參與國際性測繪學術與應用研討會議。
- 二、持續參加國際合作提升技術品質以增加國家能見度。
- 三、加速通過國土測繪法草案以確立國家測繪政策並強化測繪主管機關組織功能。
- 四、儘早研發相關衛星測繪技術。

目 錄

壹、緣起.....	1
貳、行程紀要.....	3
參、研討會議.....	6
肆、參訪國土地理院.....	15
伍、京都大學重力測量工作.....	35
陸、FG5 絕對重力儀在日聯測計畫.....	44
柒、觀測成果分析.....	52
捌、心得與建議.....	67
附錄、攜回資料.....	73

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，而精確的重力資料則倚賴國家重力網之建立，而美國、英國、日本及澳大利亞等國均已建立完整之國家重力控制系統，且為使其國家重力基準與國際重力系統接軌，保持高精度絕對重力儀器性能，各國皆積極進行國際絕對重力基準網（IAGBN）聯測工作，並參與「國際大地測量及地球物理學協會」（IUGG）之四年一次國際絕對重力儀器比對工作（ICAGs），日本國土地理院近來更是積極與京都大學合作於馬來西亞、印尼等東亞地區進行重力站聯測工作。

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，業於 92 年由本人承辦購得國內首部絕對重力儀器（FG5-224），以辦理我國重力基準建置及絕對重力測量工作。有鑒於我國初次自行辦理，並為積極準備參加明年國際絕對重力儀器比對工作（2005, ICAGs），爭取日後國際上更多合作機會，以提昇國家重力技術地位，本人利用申請 93 年度台日技術合作計畫之便，多次聯繫京都大學竹本修三教授，取得赴日技術交流共識，爰邀函本人轉請內政部攜帶絕對重力儀，於 93 年 11 月 15 日至 24 日赴日進行

儀器比對及聯測工作，並觀摩其超導重力儀（SG）量測技術，以共同促進東亞地區大地測量及地球動力研究發展。

有關本次赴日辦理聯測工作，屬臨時需要指派乙員前往，因不及於年度出國計畫內編製報核，所需國外旅費約 123 千元，報請 大院同意以 93 年 4 月 22 日院臺內字第 0930018351 號函，按行政院及所屬各級機關因公派員出國案件編審要點第五點第五款規定，於地政司九十三年度預算「測量及方域—國家基本測量發展計畫」國內旅費項下勻支，並經簽奉核准由本人代表內政部前往辦理，而工業技術研究院因受內政部委託辦理「93 年度離島地區絕對重力點測量及國際聯測工作」亦指派二員前往協助，將在京都大學竹本修三教授、東敏博博士、及其研究生的合作下順利完成任務。

貳、行程紀要

原定行程自 93 年 11 月 15 日起至 93 年 11 月 24 日止，共計 10 天，因台日兩部儀器遇海關查驗等不可抗力因素，增加 25 及 26 兩日休假以完成任務。相關行程紀要如下：

一、11 月 15 日（一）起程，自桃園中正機場出發，飛往日本成田機場，當日下午抵達日本東京，準備隔日會議相關資料。

二、11 月 16 日（二）赴日本東京大學地震研究所，出席「日本地球衛星重力任務會議」第一天專題演講，該天上下午兩階段議程，分別由任職於日本國家情報通訊機構之大坪俊通博士、長野重夫博士主持，包含衛星重力任務內容、衛星任務試驗開發的評價等兩大主題，與會者皆為現今日本產官學界重力研究的權威，過程中另拜訪地主地震研究所大久保修平教授。

三、11 月 17 日（三）出席「日本地球衛星重力任務會議」第二天專題演講，該天上下午兩階段議程，分別由日本京都大學之菅野貴之教授、國土地理院之黑石裕樹博士主持，包含地球重力場・軌道決定的精密測位資料解析、衛星重力任務對於地球的固相・液相・氣相與時間變動關係等兩大主題，與會者皆為現今日本產官學界重力研究的權威，過程中會晤內政部申請 92 年度台日技術合作計畫所邀請來台之國立天文台佐藤忠弘博士。

- 四、11月18日（四）在京都大學竹本修三教授的引薦及國土地理院黑石裕樹博士的協助下，前往日本國土地理院進行拜訪，首先拜會國土地理院測地部長，並由日方介紹國土地理院相關測繪任務並引導參觀其測繪博物館。
- 五、11月19日（五）啟程前往京都，會同京都大學東敏博博士前往日本快遞公司了解台日兩部儀器運送狀況，因為海關查驗程序且20日起連續假日無法順利取貨，所以決定調整觀測計畫，晚間與東敏博博士會餐。
- 六、11月20日（六）會同竹本修三教授前往京都大學，會見福田洋一教授，參觀京都大學超導重力儀實驗室，研討重力觀測技術。
- 七、11月21日（日）前往京都大學，參觀京都大學校園，交換重力觀測經驗心得。
- 八、11月22日（一）前往京都大學，研討觀測計畫。
- 九、11月23日（二）前往京都大學，下午日本快遞公司運送內政部絕對重力儀器（FG5-224）、相對重力儀（EG-1184）抵達校園，點驗無誤後，日友人協助搬運至地下觀測室，立即架設儀器，暖機後查驗雖尚未達最佳狀態，仍可先行觀測。
- 十、11月24日（三）前往京都大學，檢查隔夜測試之觀測資料及重力儀狀況後，確認兩部儀器皆可開始進行觀測，量測相關電位

值，按先前規劃觀測方式完成參數設定，進行該點位重力量測，奈良大學向井厚志教授前來拜訪。

十一、11月25日（四）前往京都大學，檢查隔夜觀測資料及重力儀狀況，確認達正常標準後，量測相關電位值，繼續先前規劃觀測方式完成參數設定，進行該點位重力量測。

十二、11月26日（五）前往京都大學，檢查隔夜觀測資料及重力儀狀況，確認達正常標準後，量測點位垂直重力梯度值，完成內政部絕對重力儀器（FG5-224）、相對重力儀（EG-1184）在日觀測計畫，拆卸儀器，在日友人協助下，裝櫃運上日本快遞公司貨車，日方絕對重力儀器（FG5-225）於同一點位接續進行觀測，晚間與東敏博博士會餐致謝慶功。

十三、11月27日（六）自日本關西機場返回。

過程中，會晤如內政部申請92年度台日技術合作計畫所邀請來台之國立天文台佐藤忠弘博士、93年度台日技術合作計畫隨同竹本修三教授來台之奈良大學向井厚志教授、國土地理院黑石裕樹博士、及當地專家學者等，這些日籍友人皆對本次台、日辦理絕對重力聯測工作，表示非常肯定且祝福，也相當關心我們內政部辦理國家重力基準站建置及其儀器設備購置工作的進展情形，相信未來更可借重這些專家在各方面的經驗，順利進行我國基本測繪工作。

參、研討會議

一、日本「地球衛星重力任務」會議



演說方式：

一般的主題演講 20 分鐘（演說 15 分鐘，問答 5 分鐘）

特別議題演講 30 分鐘（演說 22 分鐘，問答 8 分鐘）

93 年 11 月 16 日（二）

10:50-16:25 衛星重力任務內容

主持：大坪俊通（NICT）

時間	主題
	演講者
10:50	序言
	大坪俊通（NICT）

10:55	最近衛星重力的研究方向
	福田洋一（京都大學）
11:15	雷射干涉儀的簡介
	川村靜兒（国立天文台）
11:45	午休
	12:00–13:00 重力小組委員會議
13:15	地震計及加速計的簡介
	新谷昌人（東京大學）
13:45	衛星軌道力學的簡介
	久保岡俊宏（NICT）
14:15	地球重力場決定的簡介
	山本圭香，福田洋一（京都大學）
14:45	海洋潮汐模式研究的簡介
	松本晃治（国立天文台）
15:15	休息
15:35	PGR 的簡介
	奧野淳一（東京大學）
16:05	非起源於地球的大規模板塊變形的簡介
	日置幸介，小川涼子（北大）

16:25-17:25

衛星任務試驗開發的評價

主持：長野重夫（NICT）

時間	主題
	演講者
16:25	衛星間測位用超高安定雷射光源的開發 II
	佐藤孝，前原進也，二文字俊哉，大河正志（新潟大），伊東宏之，吉野泰造，國森裕生，細川瑞彦，長野重夫（NICT），川村静児（国立天文台）
16:45	地球重力場計測の内部衛星間測位用雷射干涉計任務的開發
	長野重夫，國森裕生，細川瑞彦，吉野泰造（NICT），川村静児（国立天文台），佐藤孝，大河正志（新潟大）
17:05	衛星搭載型加速度計開發的現状
	新谷昌人，大久保修平，高森昭光（東大），大竹雄次（理研）

93年11月17日(三)

09:10-11:50 地球重力場・軌道決定的精密測位資料解析

主持：菅野貴之(京大)

時間	主題
	演講者
09:10	CHAMP 衛星作用似非重力擾動—模式化計算値及搭載 加速度計の計測値比較 -
	久保岡俊宏，大坪俊通，後藤忠広(NICT)
09:30	高度 100km 至 1000km 間大氣變動及衛星搭載加速度 計の觀測
	齊藤昭則(京大)
09:50	多樣体補正相似高精度軌道計算
	福島登志夫(国立天文台)
10:10	休息
10:30	GPS 受信機を搭載した低軌道衛星の軌道決定
	後藤忠広，大坪俊通，久保岡俊宏(NICT)
10:50	JAXA 高精度軌道決定系統性的地球重力模式策略
	中村信一，内村孝志，鈴木明信，片桐征治， 沢辺幹 夫， 山本洋介(JAXA)

11:10	地表質量模式近似形成月重力異常圖
	菅野貴之（京大），日置幸介（北大）
11:30	CHAMP 精密軌道資料與重力場的復元
	黒石裕樹，宗包浩志（国土地理院）
11:50	午休

13:20-15:20 衛星重力任務對於地球的固相・液相・氣相與時間
變動關係

主持：黒石裕樹（国土地理院）

時間	主題
	演講者
13:20	精密軌道決定相似海洋荷重變形模式的評價解析
	大坪俊通（NICT），松本晃治（国立天文台），久保岡 俊宏，後藤忠広（NICT）
13:40	衛星重力觀測與地上檢証的關係
	佐藤忠弘（国立天文台）
14:00	Dislocation Love numbers determined by satellite gravity missions
	孫文科，大久保修平（東大）

14:20	順壓海洋的短周期變動特性
	吉田祥子, 広瀬直毅, 市川香 (九大), 青木茂 (北大)
14:40	海洋深層流觀測與衛星重力計相對觀測
	市川香 (九大), 内田裕, 山本浩文, 深澤理郎 (JAMSTEC), 安倍大介 (九大)
15:00	陸域質量變動資料庫
	仲江川敏之, 飯塚壯一郎 (氣象研)
15:20	休息

15:40-16:20 未來任務的方向

主持：福田洋一 (京大)

20 分鐘	小型衛星時程計畫
	國森裕生, 木村真一 (NICT)

綜合討論

二、會議短紀

在竹本修三教授的引薦下參加於 11 月 16 及 17 兩日在東京大學地震研究所舉辦的「日本地球衛星重力任務會議」，第一天專題演講，分上下午兩階段議程，分別由任職於日本國家情報通訊機構（NICT）之大坪俊通博士、長野重夫博士主持，演講內容包含衛星重力任務內容、衛星任務試驗開發的評價等兩大主題，與會者皆為現今日本產官學界重力研究的權威，共有來自 NICT、京都大學、國立天文台、東京大學、北大、新瀉大、理研……等單位的數十位學者、研究員、教授與會，首先福田洋一博士介紹現今衛星重力研究的動向，值得國內研究重力科學人士參考，接下來一連串干涉計、地震計、加速計、衛星用超高安定雷射光源開發、地球重力場測定用衛星間雷射干涉計開發等介紹，已經讓人驚歎，原來日本已經悄悄進行研發重力衛星的關鍵量測設備技術，而且本次日本內部任務會議的主軸正是成果研討，無怪乎出席者皆為日本相關技術專家。當天會議尚未進行前，另拜訪地主地震研究所大久保修平教授，暢談其利用地面及衛星重力測定方式研究地震、斷層及火山運動的課題。

第一天議程



專心聆聽演講

京都大學福田洋一博士

11月17日(三)繼續赴日本東京大學地震研究所，出席第二天專題演講，當天上下午兩階段議程，分別由日本京都大學之菅野貴之教授、國土地理院之黑石裕樹博士主持，包含地球重力場・軌道決定的精密測位資料解析、衛星重力任務對於地球的固相・液相・氣相與時間變動關係等兩大主題，同樣為現今日本產官學界重力研究的權威出席，其中有關 CHAMP 及 GRACE 衛星任務已經開始有國內專家進行研究，相關應用資訊，有助於我國海潮模式的建立、地球質量分部變化研究等，最後小型衛星的研究報告，建議國內太空計畫室應該特別著重衛星軌道定位技術，以強化衛星訊號的解析功能；過程中會晤內政部申請 92 年度台日技術合作計畫所邀請來台之國立天文台佐藤忠弘博士，該友人相當關心我們內政部辦理國家重力基準站建置及

其儀器設備購置工作的進展情形，期間對我們指導甚多，對本次台日辦理絕對重力聯測工作非常支持且祝福，相信未來更可借重這位專家在超導重力測量方面的經驗，順利完成國家重力基準站建置工作。

第二天議程



國立天文台佐藤忠弘博士



國土地理院黑石裕樹博士

肆、參訪國土地理院(GSI)

國土地理院（GSI）最早緣起於 1869 年日本建設服務部的地球地理部門地籍登記圖科。之後，在 1877 年擴展成為家務部地球地理局所屬單位，於 1888 年更成為日本最高土地測量諮詢辦公室，在 1945 年被重整於家務部下的獨立機構，更在 1948 年於建設部下建立現在的架構，1960 年開始沿用現今國土地理院（GSI）的名稱。

GSI 於 1979 年移往筑波（Tsukuba）科學城市，1984 年被指定為建設部的特別組織，也就是 2001 日本政府重組後的土地建設交通部之特別機關。



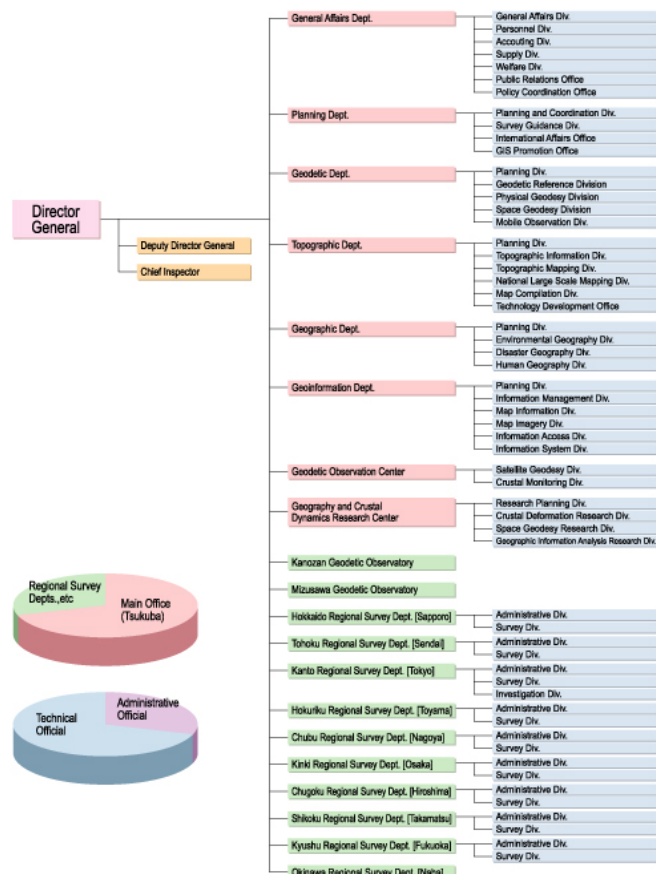
一、任務

國土地理院(GSI)透過如全國製圖、基本控制測量等工作，扮演發展國土規劃及基礎建設強化的重要功能。GSI 是建立在日本測繪法及土地建設交通部組織法下的政府組織，以聯繫國家測繪行政及基本測繪為其重要工作，任務如下：

1. 研擬國家測繪政策
2. 國土資訊基本建設及研究發展工作
3. 指導並整合各級政府測繪工作
4. 參與並發展國際測繪活動

二、組織：

除院長、秘書、總務、會計、人事等基本架構外，其中的重要業務單位包含：企劃部（負責研究企劃、防災企劃、測量指導、國際交流等各課室）、測地部（負責測地基準、物理測地、宇宙測地、機動觀測等各課）、測圖部（負責調查資料、地形、國土基本圖、地圖編輯、測圖技術開發等各課室）、地理調查部（負責環境地理、防災地理、社會地理等各課）、地理情報部（負責資訊管理、地圖資訊、地圖影像、資訊供應、資訊系統等各課）、大地觀測中心（負責衛星大地測量、地殼監測等課）、地理地殼動力研究中心（負責地



殼變動研究、空間大地研究、地理資訊分析研究等課)，還有鹿野山、水沢兩個測地觀測所，及北海道、東北、關東、北陸、中部、近畿、中国、四国、九州等九個地方測量部，以及沖繩支所等之所屬外單位，目前合計約 804 名員工。

三、第六階段基本測繪長期計畫

所謂基本測繪指日本測繪法第四條所稱國家基本測繪的事務，日本土地建設交通部將制定長期計畫作為執行國家基本測繪的依據。自從 1953 年起日本已經成功地執行了五階段的基本測繪長期計畫，為此，日本研擬了第六階段長期計畫自 2004 年起開始施行：



在快速變遷的社會，對於測繪行政的本質，就是去發展一個任何

人在任何時候可以發現自己位置的生活環境，並且在這人們可以透過各種不同方式，獲得週遭生活相當精確的地理資訊，得以選擇更美的未來。實現這期計畫的中心策略如下：

1. 發展廣泛應用並使用的「全球參考框架建設（動態網格化日本）」之推動工作
2. 發展應用並利用的「數值化日本基本資訊系統」之推動工作
3. 應用並利用的「災害減緩地理資訊系統」之推動工作

四、研擬國家測繪政策

現階段重點工作是實現數值化日本的概念：

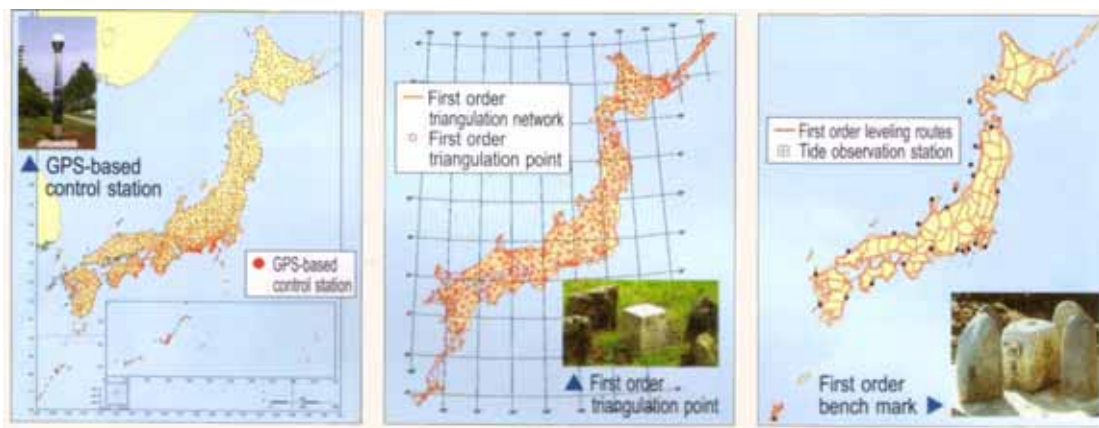
1. 推動數值化日本網站系統（Denshi Kokudo Web system）的應用
工作該系統包含 GSI 及不同單位所建立的各式地理資訊資料
2. 數值化日本網站系統公開民眾利用
3. 地理資訊系統應用的宣導及推動策略
4. 修正測繪法建立日本 2000 大地坐標參考系統
5. GPS 參考控制站的即時資料供應



五、國土資訊工程及研究發展工作

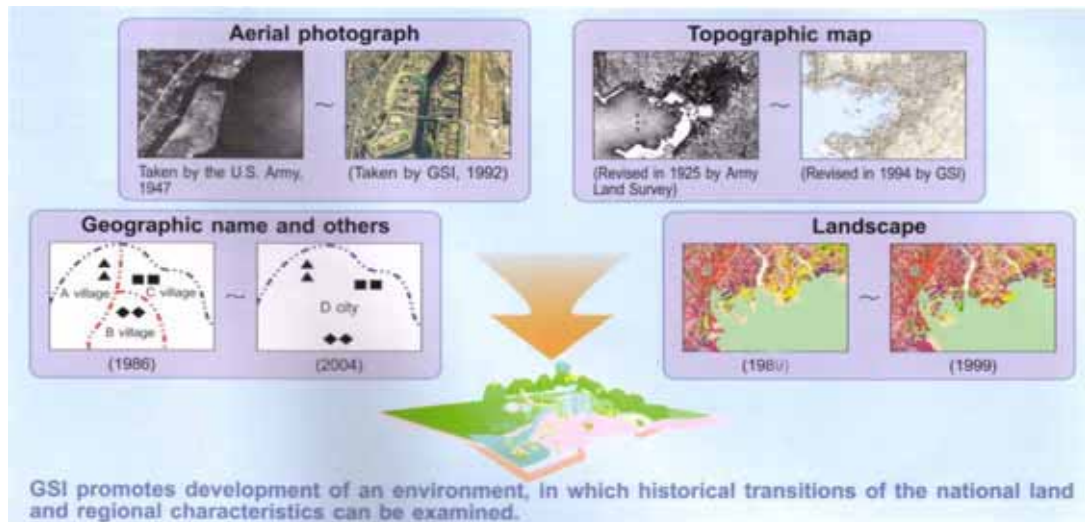
發展並供應地球參考框架的資訊

1. 建立全國控制點
2. 發展全球參考框架的資訊工作
3. 利用 GPS 連續觀測站監測地殼運動

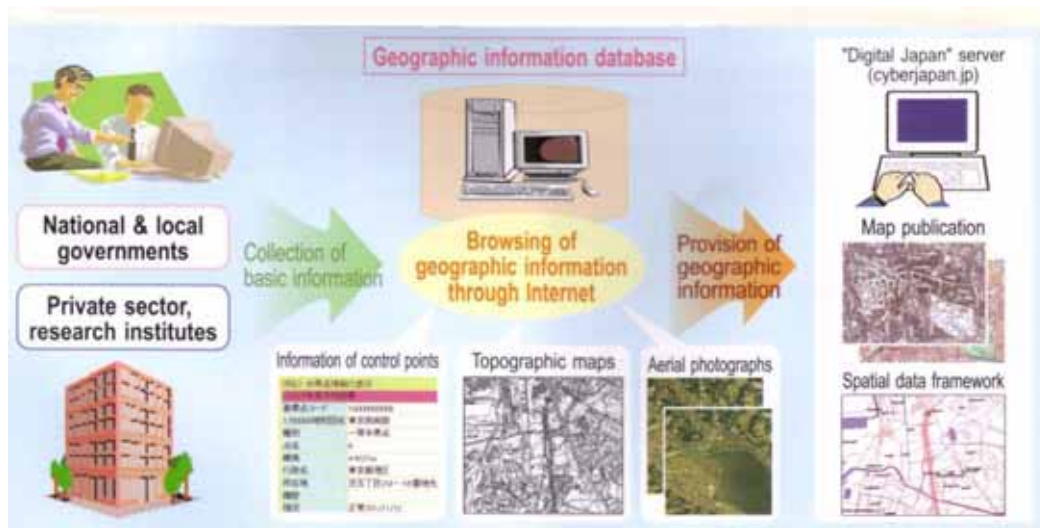


發展並供應數值化日本基本資訊

1. 地形圖測製供國土管理利用
2. 數值地圖的製作與供應
3. 建立全國土地變遷紀錄文件

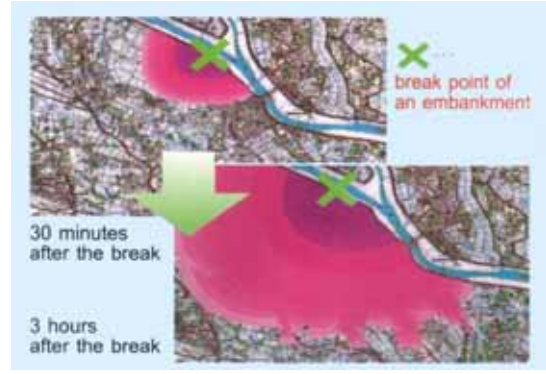
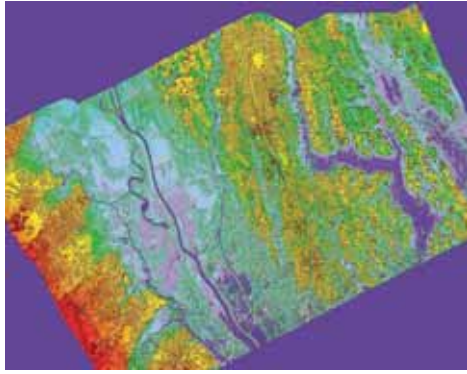


4. 獲取並供應最新的地理資訊



發展並供應地理資訊供作災害預防及減緩工作

1. 建立地理資訊化的災害地圖
2. 建立供災害預防的地理資訊

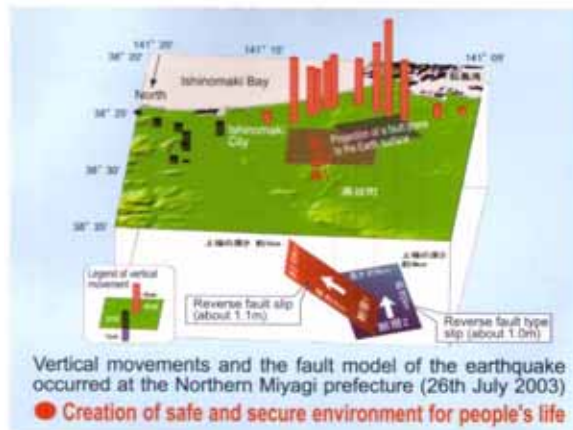


【5公尺網格數值高程模型】

【堤岸破壞點x所造成的氾濫區(R)】

研究並發展相關測繪技術

1. 研發供測繪工作及政府施政
2. 研發供提昇未來測繪技術
3. 研發供作災害預防及環境保護工作
4. 研發供作地球及國土相關科學發展



【創造安全無害的生活環境】

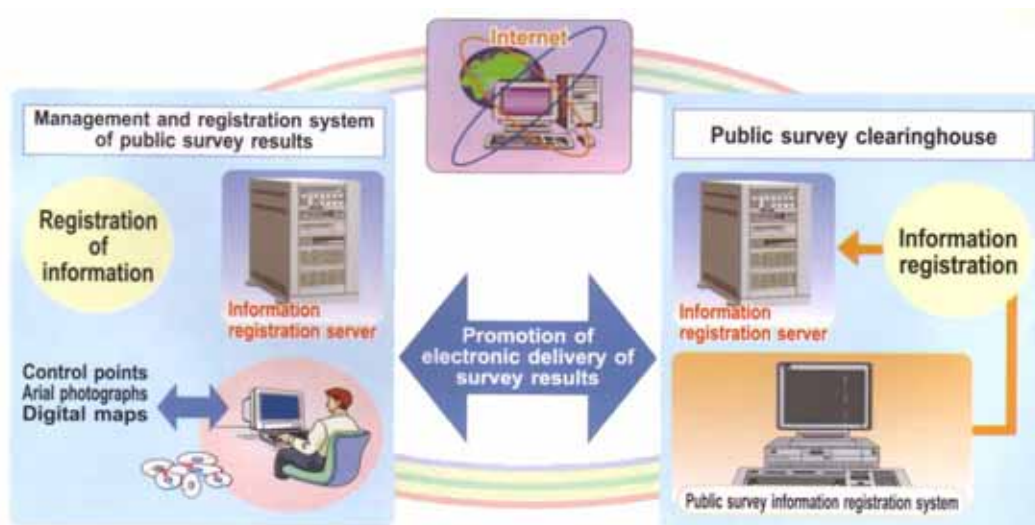
災害防治對策

1. 進行地殼變動資訊收集及分析可供作大範圍災害影響區之參考
2. GSI 推動地震研究為全國地震研究及預測協調委員會之重要成員



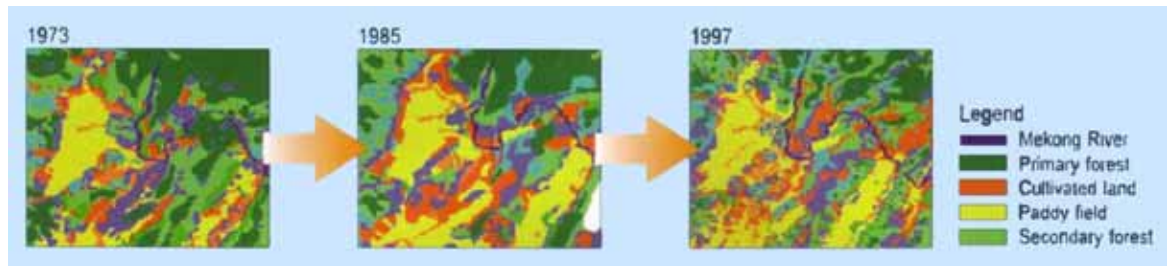
六、指導並整合各級政府測繪工作

1. 公共測繪新技術的標準化工作
2. 發展公共測繪的技術情報交換站



七、參與並推動國際測繪活動

1. 發展全球電子地圖



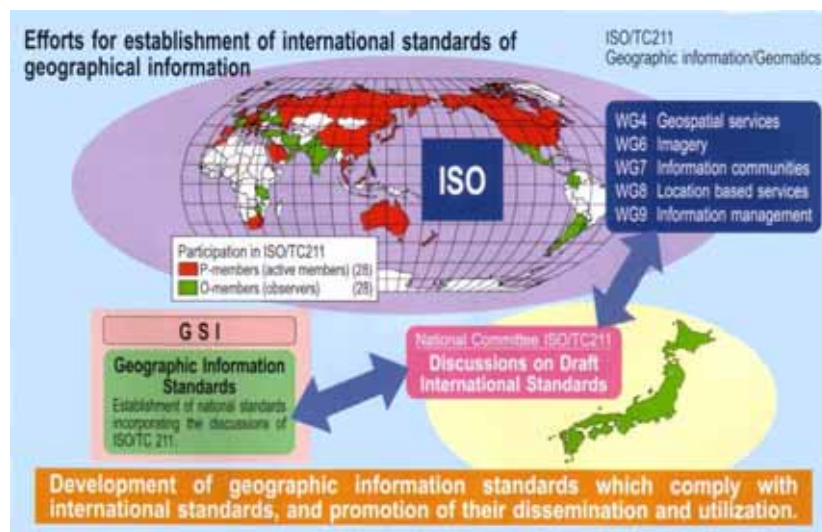
【泰國湄公河流域的土地利用變遷】



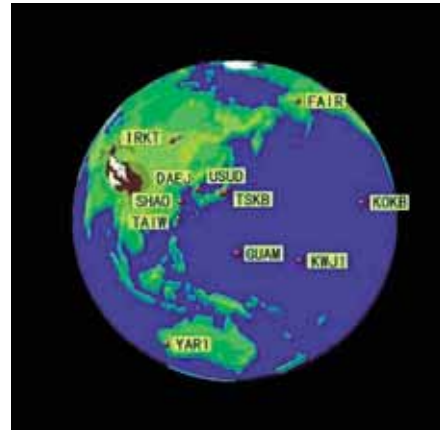
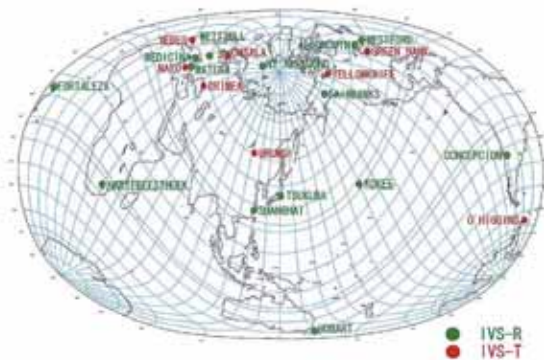
【肯亞 3D 電子地圖】

【2004,Jan.為止全球電子地圖計畫執行情況】

2. 建構與國際標準一致的地理資訊標準格式



3. 參與 IVS (VLBI, 國際長基線測定服務) 及 IGS (國際 GPS 定位服務) 等組織以推動國際合作觀測與研究工作



【IVS (VLBI, 國際長基線測定服務)】【IGS (國際 GPS 定位服務)】

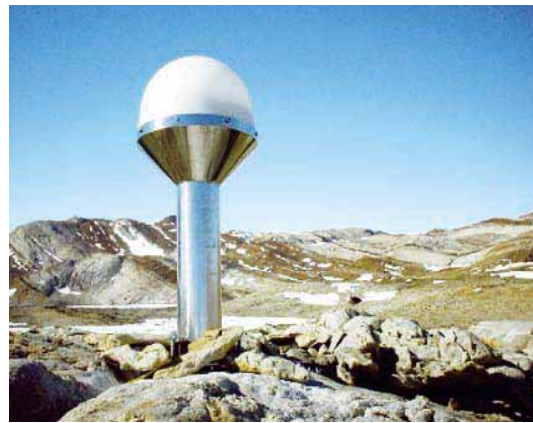
4. 參與各式國際會議以積極貢獻發展測繪技術

<p>第十六屆聯合國亞太 太平洋區地圖會議 (UNRCC-AP)暨第九 屆亞太平洋區的 GIS 建置委員會(PCGIAP) (July 2003, Okinawa Japan)</p>	<p>全球地圖會議 (July 2003, Okinawa, Japan)</p>	<p>聯合國全球地圖會議 (ISCGM) (February 2004, India)</p>

5. 對發展中國家提供測繪技術合作 (派遣專家前往及接受選送訓練)



6. 參與南極研究考察工作



自從 1956 年第一次前往南極考察，GSI 已經派遣多位職員辦理例行性的重力測量、磁力測量、GPS 連續觀測站，並利用航照技術測製其地形圖，提供南極洲大陸的科學基本資料。

八、參觀行程簡述

11月18日(四)在京都大學竹本修三教授的引薦，及國土地理院地理地殼活動研究中心宇宙測地研究室之主任研究員黑石裕樹(Yuki Kuroishi)博士的協助下，前往日本國土地理院進行拜訪，首



先拜會國土地理院測地部長小牧和雄博士(Kazuo Komaki)，並由測地部物理測地課之課長補佐福崎順洋(Yoshihiro Fukuzaki)、重力係長平岡喜文(Yoshifumi Hiraoka)介紹國土地理院相關測繪任務(如前述)，並引導參觀其「地圖及測量科學館」，以下介紹參觀過程中所拍相關照片：

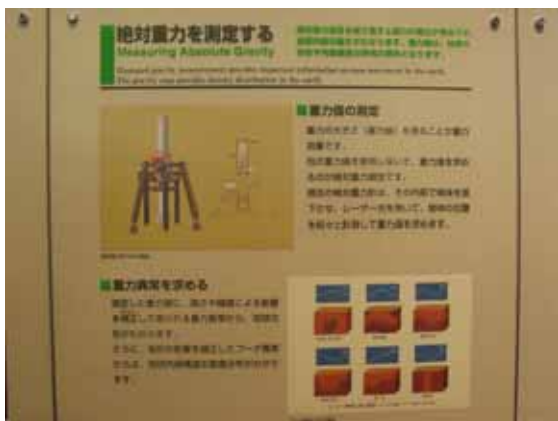
參觀國土地理院「地圖及測量科學館」



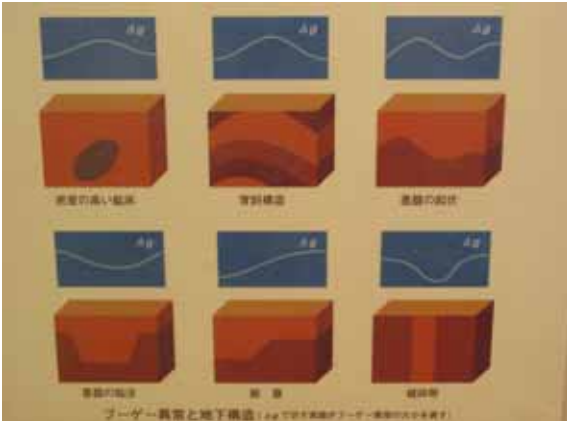
地圖及測量科學館



多媒體展覽



絶対重力測量



重力異常與地層結構關係



全球測地網



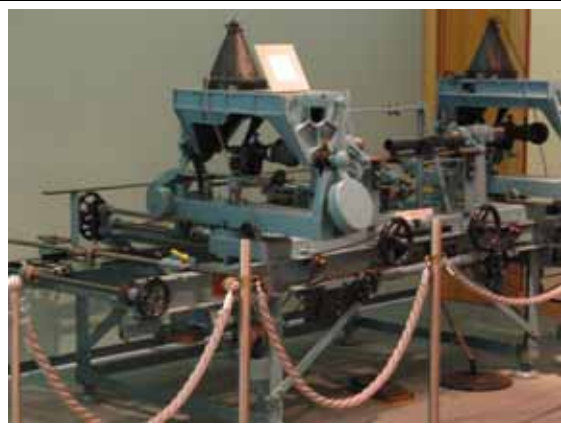
現代測繪技術介紹



模擬板塊運動與地表位移



地面測繪儀器



航測製圖儀



數值航照儀



地理資訊系統 (GIS)



實際操作資料查詢



地圖學介紹



模擬飛行操作



土地利用與土地改良調查



地形調査

參觀國土地理院外設施



其他訪問團參觀其電子基準站



各國技術交流團來訪所留紀念碑



超長基線干涉儀 (VLBI)



VLBI 観測臺基本資料



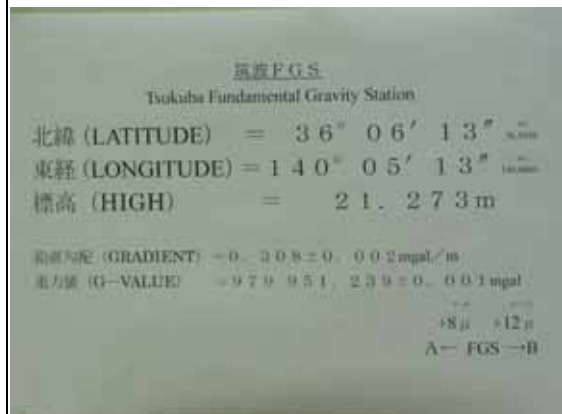
各國 VLBI 觀測站分部



VLBI 觀測站內電子設備



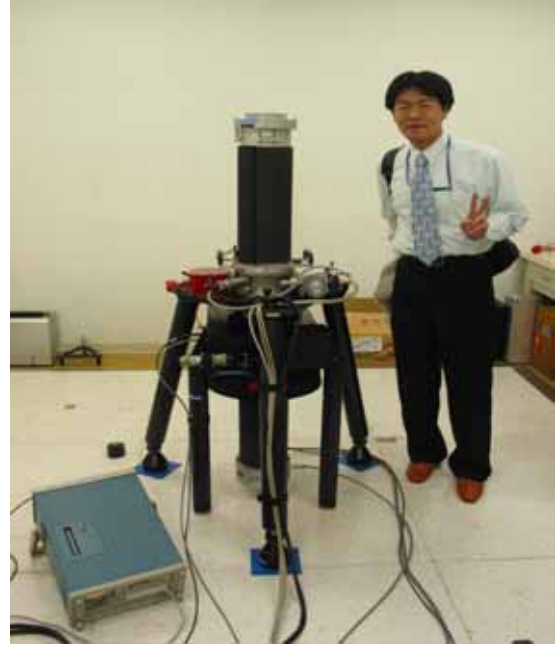
VLBI 觀測臺之地面參考點位



筑波重力基準站之坐標與重力值



舊式高架三角點



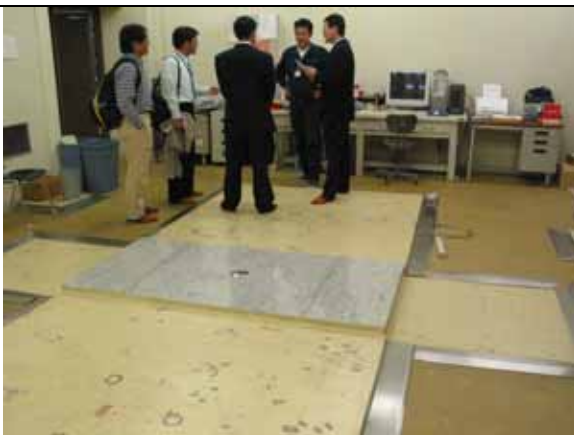
GSI 所有舊式 FG5-205 絕對重力儀



筑波 GSI 重力基準點位



GSI 所設一等重力點位



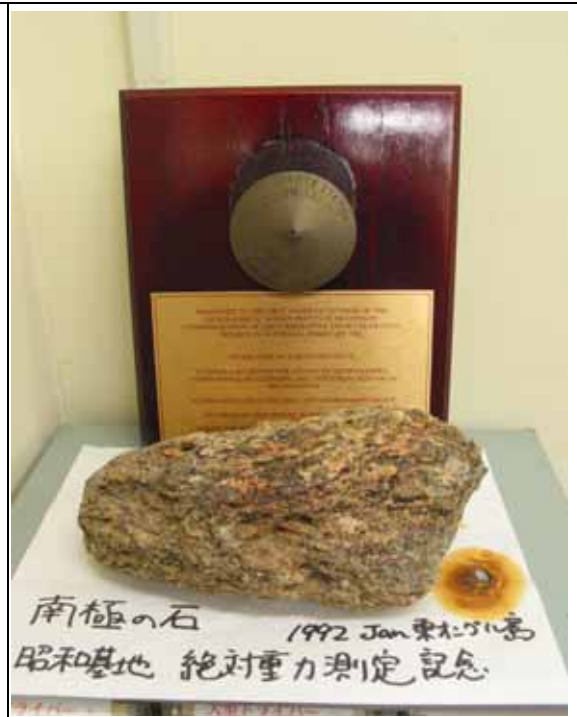
GSI 重力基準點觀測基台



GSI 所有多部相對重力儀器



GSI 參與南極洲昭和基地重力觀測



南極站舊點位與攜回石塊



GSI 人員進行電子水準檢測



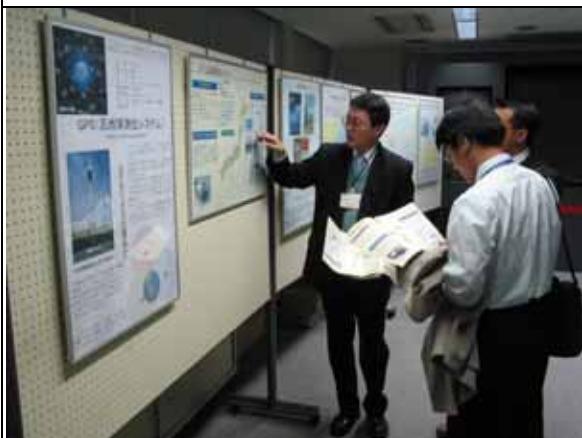
GSI 測繪圖書館



GSI 所設各式地面測量標



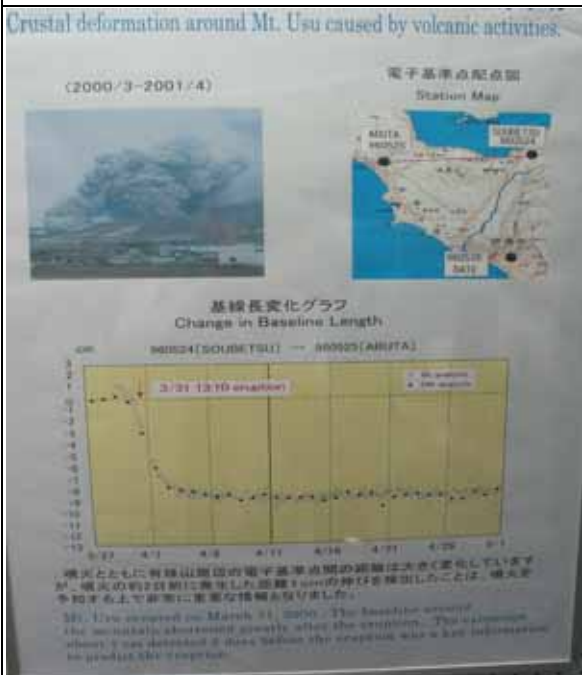
GSI 所屬機坪及測繪機



技官福崎順洋解説日本 GEONET



GEONET (GPS 地球観測網)



火山活動與近 Usu 山地殼變動情況



GSI 所設全國験潮站

伍、京都大學重力測量工作

一、「東亞及東南亞區高精度重力量測之地球動力研究工作」

係由京都大學竹本修三教授等人主導的東亞及東南亞區各國重力聯測工作，目的在使亞太地區各國重力基準接軌，藉由比對技術，保持高精度絕對重力儀器性能，為國際絕對重力基準網（IAGBN）之亞太地區重要計畫工作，本次內政部辦理台日雙邊聯測計畫，正是本人研讀該計畫後，主動聯繫參與該聯測網，目前我方規劃工研院量測中心實驗室 B12、B24 兩點位，已由竹本修三教授攜帶其絕對重力儀 FG5-225，偕同東敏博博士等人，於同年 11 月 1 日至 14 日來台完成聯測工作。

日籍參與單位及人員：

日本京都大學地球科學研究所：Dr. Shuzo Takemoto, Yoichi Fukuda, Toshihiro Higashi

日本國土地理院：Dr. Hiroyuki Nakagawa, Isao Kimura, Yoshifumi Hiraoka, Yohei Hiyama

計畫內容摘要：

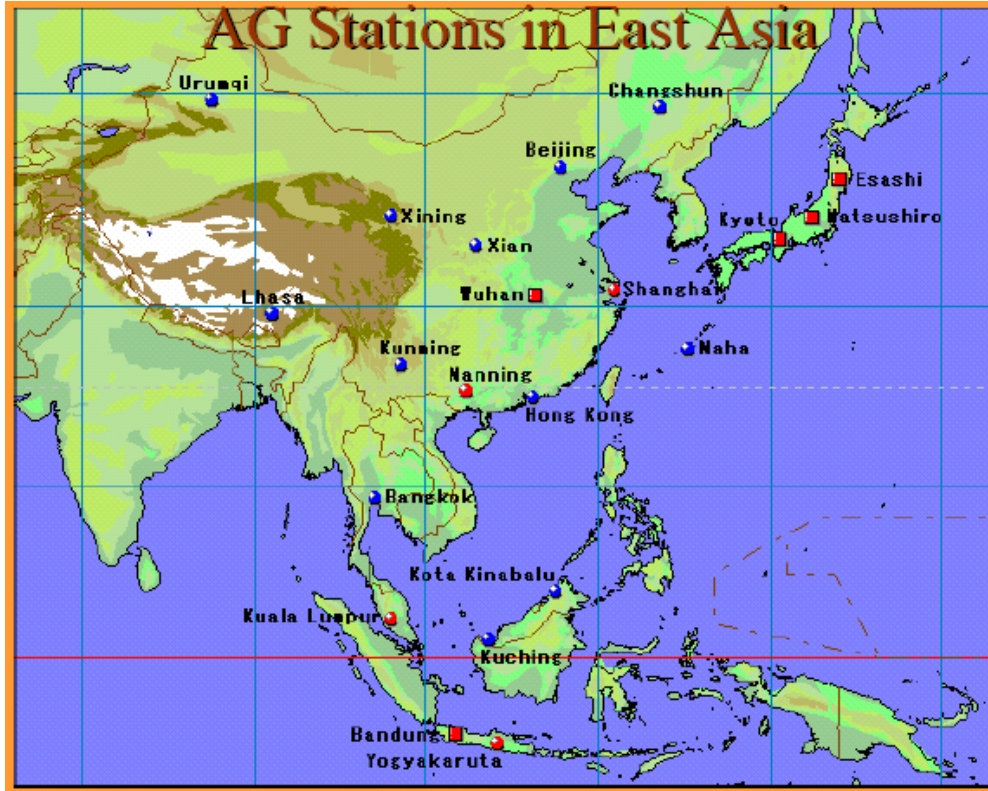
因為參與了著名組織 SEDI, IUGG 中重要的國際地球動力計畫（GGP），我們已經利用 GWR 的超導重力儀器，在日本京都、中國

武漢和印尼埔東等地進行高精度的重力觀測，用以決定精密的海潮參數，研究地球動力問題，其中包含近日變的地心晃動、Slichter triplet 運動、核心運動及微震模式、地球自轉和極運動等現象。我們同樣調查環境參數（例如：地表負載、海洋潮汐、大氣壓力、地下水之變化）的影響。期間，我們已經利用京都大學地球科學所、日本國土地理院及大陸地科院的 FG5 絕對重力儀器，分別率定日本（GWR T09 in Kyoto, T11 in Matsushiro and T07 in Mizusawa-Esashi），大陸（GWR C032 在武漢）等之超導重力儀器。

現在我們正計畫繼續利用 FG5 絕對重力儀器，一起努力建立東亞及東南亞的絕對重力標準網，作為國際大地學會（IAG）之亞太地區空間地球動力計畫（APSG）的合作研究工作。自從 2002 年起，我們已經測定了幾個重力網內的標準站重力值，精度在幾個 μGal 級內，其中包含：位在印尼的 Bandung and Yogyakarta，馬來西亞的 Kuala Lumpur and Kota Kinabalu，大陸的 Wuhan, Nanning, Shanghai, Beijing, Kunming and Lhas 等地；此外，接下來我們要進行絕對重力觀測的點位是：大陸的 Ulumuqi, Xi'an, Xining, Changchun and Hongkong，台灣的 Taipei and Hsinchu，泰國的 Cheng-Mai，印尼的 Cibinong and Pontianak，以及菲律賓的 Manila 等地。

計畫工作部分成果：

1. 建立東亞絕對重力標準網



2. 印尼 Bandung 站之絕對重力觀測 (2002 年 11 月 15 至 20 日)

Bandung, Indonesia (November 15 – 20, 2002)
The Directorate of Volcanology and Geological Hazard Mitigation,
The Geothermal Division of the Directorate of Mineral Resources Inventory



6.8964° S, 107.6317° E,
713m
FG5#210



Gravity Value (μ gal)
977976701.2 \pm 0.1

3. 印尼 Yogyakarta 站之絕對重力觀測 (2002 年 11 月 23 至 26 日)

Yogyakarta, Indonesia (November 23 – 26, 2002)

7.7978° S, 110.3843° E, 106m
FG5#210



Gravity Value
(μ gal)
978203093.5 \pm 0.4

4. 馬來西亞 Kuala Lumpur 站絕對重力觀測(2003 年 6 月 5 至 11 日)

Kuala Lumpur, Malaysia (June 05 – 11, 2003)

Department of Survey and Mapping Malaysia (JUPEM)

3.1901° N, 101.6993° E,
38.211m
FG5#201



Gravity Value (μ gal)
978028576.5 \pm 0.2

5. 大陸武漢站之三部絕對重力觀測 (2003 年 2 月 19 至 26 日)

Wuhan, China (February 19 – 26, 2003)

Institute of Geodesy and Geophysics
Chinese Academy of Sciences

30.5159° N, 114.4898° E, 83.415m



Gravity Value (μ gal)

FG5#112 (CAS) :

979339718.8 \pm 0.1

FG5#201 (GSI) :

979339729.5 \pm 0.1

FG5#210 (KYO) :

979339722.3 \pm 0.1

6. 大陸上海站之絕對重力觀測 (2003 年 3 月 3 至 6 日)

Shanghai, China (March 03 – 06, 2003)



31.01° N, 121.20° E, 31m

FG5#210

Gravity Value

(μ gal)

(CAS (2000) 891935890.2)



7.大陸南寧站之絕對重力觀測（2003年2月27日至3月4日）

Nanning, China (February 27 – March 04, 2003)



22.9642° N, 108.3244° E,
188.1m
FG5#201



Gravity Value (μ gal)
978745966.6 \pm 0.1
(CAS (1996) : 978745970.9)

8.2002 至 2003 年絕對重力標準站觀測成果

**Absolute Gravity Values
Obtained in 2002-2003**

Station	ϕ	λ	h	Gravity Value (μ gal) (FG5 No.)
Bandung	6.90° S,	107.63° E,	713m	977976701.2 \pm 0.1 (#210)
Yogyakarta	7.80° S,	110.38° E,	106m	978203093.5 \pm 0.4 (#210)
Wuhan	30.52° N,	114.49° E,	83m	979339718.8 \pm 0.1 (#112:CAS) 979339729.5 \pm 0.1 (#201:GSI) 979339722.3 \pm 0.1 (#210:KYO)
Shanghai	31.01° N,	121.20° E,	31m	979395891.3 \pm 0.1 (#201)
Kuala Lumpur	3.19° N,	101.70° E,	38m	978028576.5 \pm 0.2 (#201)

二、參觀行程簡述

11月20日(六)會同竹本修三教授前往京都大學，會見福田洋一教授，並在東敏博博士引導下，參觀京都大學超導重力儀觀測室(GGP-KY站)，並先瞭解本次赴日聯測工作之觀測室及台日儀器觀測點位(IAGB,國際重力基準站)，研討重力觀測技術，以下介紹參觀過程中所拍相關照片：

參觀京都大學超導重力儀觀測室 (GGP-KY 站)	
	
京大測地學計測器試驗室	舊式 GWR-TT70 超導重力儀
	
超導站用基台	絕對重力量測比對用參考點位



超導重力儀之冷卻頭



冷卻用壓縮機



相關電子儀器設備



超導重力之全球動力觀測計畫

參觀京都大學國際重力基準站 (IAGB 站)



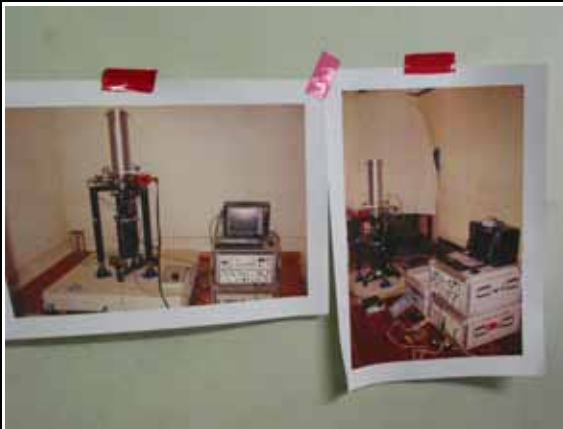
京大測地學計測器試驗室

IAGB-KYOTO 點位，於 1986 年由日本建設省國土地理院協助設置，本次赴日聯測工作之觀測點位



國土地理院另設基準重力點位

多部相對重力儀



前次比對情況

東敏博博士解說上次數據成果

陸、FG5 絕對重力儀在日聯測計畫

一、FG5絕對重力儀

隨著科技的日益精進，重力量測的相關儀器不斷地推陳出新，也顯著地提高了量測絕對重力值之能力。早自19世紀，Kater(1855)以可倒擺儀器量測絕對重力值，準確度約為 10^{-5} m/s^2 ，20世紀初期應用相對擺儀普遍提高了重力量測的準確度，之後發展的相對重力儀，因為能更精確地量測彈簧長度，絕對重力量測值的準確度也隨之增加，而直到20世紀中期，藉由時間量測技術的發展，才開始以自由落體法來量測絕對重力值。

第一台可移動式自由落體絕對重力儀是Faller和Hammond與美國國家標準局(NIST)合作於1968-1969年研製成功，準確度可達 $\pm 0.5 \mu\text{m/s}^2$ ，自此以後，Dr. Faller與其同僚不斷地改革技術，也因此促成了1990年代商業化絕對重力儀-FG5絕對重力儀的誕生，此儀器的準確度可達 $1 \mu\text{Gal}$ ($1 \mu\text{Gal}=10^{-8} \text{ m/s}^2$)。

由於FG5絕對重力儀具有可移動性與高準確性的優點，近十年來已成為地球科學、大地測量、地震預測、資源探勘、航空太空發展、全球海洋變遷、計量標準等領域的重要工具。因此，FG5絕對重力儀對於重力量測與國家重力基準站的建立有其不可取代的獨特重要性，而重力量測的數據是否準確可靠，則與所用的儀器是否準確和量

測不確定度評估是否合理有密切關係。有鑑於此，為使我國的量測技術與科技發展能與世界先進各國並駕齊驅，建立屬於國內的重力基準站已是刻不容緩，FG5絕對重力儀不確定度評估則可作為重力基準站先期運轉的重要參考依據。

Section	Parameter	Value	Unit
Modeling	Earth Tides Factor	0.001	
	Ocean Load Factor	0.1	
	Barometric	1	uGals
	Polar Motion	0.05	uGals
System	Laser	0.01	uGals
	Clock	0.5	uGals
	System Model	1	uGals
Environmental	Tide Swell	0	uGals
	Water Table	0	uGals
	Unmodeled	0	uGals
Set-up	System	1	uGals
	Gradient Uncert.	0.03	uGal/cm
Gradient		0.91	uGals
[Uncertainty due to gradient depends on vertical transfer]			
System Model		FG5	
Total (quadrature) Systematic Uncertainty=		2.02	

圖6-1 FG5絕對重力儀之不確定度

二、內政部絕對重力儀（FG5-224）

FG5 絕對重力儀是量測重力加速度的高準確度可移動式儀器，其操作原理很簡單，是以一個單位質量的物體置於真空容器內之機械裝置中，使其下落約 20 公分，當此單位質量的物體因重力產生加速度時，以雷射干涉儀精確地定出其自由落下的位置，然後由量測的軌跡計算出單位質量物體之絕對重力加速度。

當測試的物體落下時，雷射干涉儀會產生光干涉條紋，再以鈷原子鐘計時與計數來獲得精確的時間與距離之數據組，此觀測資料符合拋物線軌跡，並依此算出重力加速度 g 之觀測值。由於重力加速度觀測值之衡量完全符合度量衡學之定義，並依據標準長度與時間所定出，故依此方法所測之重力為絕對量。距離刻化量是由干涉儀內的穩頻氦氖雷射決定，精確計時所需之距離刻化量則由鈷原子鐘提供，FG5 之重力值可不必像相對觀測儀器再做往返觀測化算與零點漂移改正。

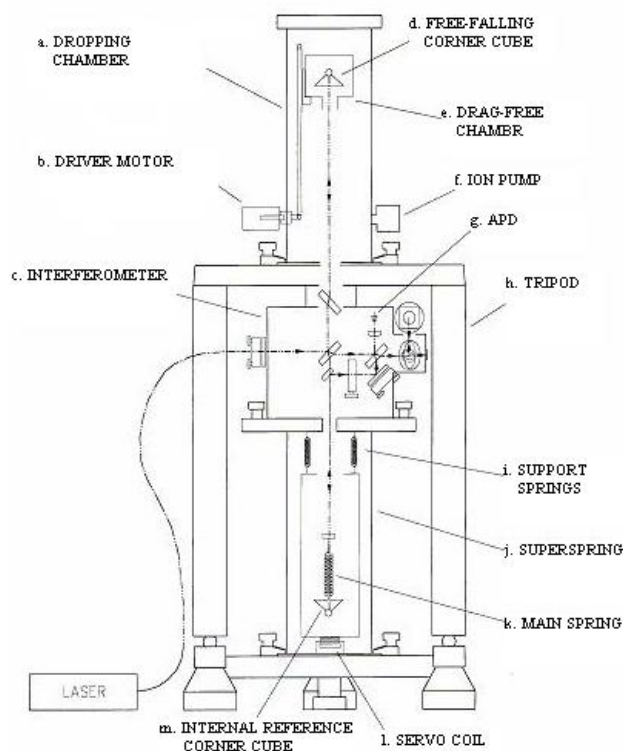


圖 6-2 FG5 系統架構圖

於地表直接測定點位重力加速度 g 值的儀器稱為絕對重力儀；而

利用絕對重力儀直接測定地球表面某點之重力加速度 g 值稱為絕對重力量測。目前絕對重力量測大都採用自由落體法進行，最具代表的絕對重力儀則為 FG5。重力加速度 g 值若由物理學之自由落體的運動方程式可表示為：

$$S = S_0 + v_0 t + \frac{1}{2} g t^2$$

其中：

S 為自由落體的下落距離

S_0 為自由落體的起始高度

t 為從起始高度起算的下落時間

v_0 為在起始高度上，自由落體的下落速度

g 為待測點之重力

圖 1 為新型絕對重力儀 FG5 的系統架構圖，量測基本原理為自由落體法(free-fall method)。系統上部為落體腔(a)，內含一角隅稜鏡(d)。量測時，此角隅稜鏡(d)沿垂直方向自由下落，然後利用雷射干涉儀(c)量測其下落位移，及使用時間間隔分析器(Time Interval Analyzer, TIA)計數其下落時間，由這兩個數值組合推算出重力加速度 g 值。當雷射光經分光鏡(Beam Splitter)後，分成兩束：參考光束及量測光束。參考光束直接透射至雪崩式光電二極管 (Avalanche

Photo Diode, APD) (g)。而量測光束被反射至上方的角隅稜鏡，然後再射至下方的角隅稜鏡，最後被反射至 APD(g)，並與參考光束重合。經由上方角隅稜鏡(d)的位移變化，因而產生光干涉條紋，經光電轉換後，成為弦波信號。時間間隔分析器的內部為穩定的頻率源—鈷振盪器，可提供 10 MHz 正弦信號，作為測定計數干涉條紋時間之依據。由於所測之落下位移與時間皆符合長度與時間之標準定義，故此法所得之重力量測值為絕對量。

落體腔內之測試質量物體因重力加速度自由落下時，每一次下降位移約 20 公分的過程中，可測得 700 次時間與距離數據組，雖然儀器設計為每 2 秒即可落下一次，但按正常操作，一般設計為每 10 秒重複一次自由落下過程。本研究設計的操作程序為每小時重複至少 50 次落下測試，每小時的落下資料為一組(set) 重力量測資料，在相同條件下重複操作，每次量測以一天為限，取得一天落下資料後，再以統計方法分析取得每日絕對重力量測估計值。

取得每次落下之時間與距離數據組資料後，軟體以統計方法之最小平方法使資料符合下列公式，取得每一次落下的重力量測估計值。

$$x_i = x_0 + v_0 \tilde{t}_i + \frac{1}{2} g_0 \tilde{t}_i^2 + \frac{1}{6} \gamma_0 \tilde{t}_i^3 + \frac{1}{24} \gamma_0 \tilde{t}_i^4$$

$$\tilde{t} = t_i - \frac{(x_i - x_0)}{c}$$

其中， x_0, v_0, g_0 分別為起始點的位置、速率與加速度， r 為垂直

重力梯度， c 為光速。上述方程式 x_i 與拋物線參數 x_0, v_0, g_0 成線性關係，並考慮光速與區域引力梯度可能造成的時間差並加以修正。有關垂直引力梯度造成的誤差可藉由有效的高度量測法則來決定，1% 的梯度估計誤差所造成絕對重力估計值的誤差約為 $0.19\mu\text{Gal}$ ，FG5 引用的垂直重力梯度是經由相對重力儀觀測值所導出，因此不列入絕對重力量測的直接誤差來源。由於時間量測是經由光干涉條紋射至測試物體得出，必須考慮光行經下落位移所產生的時間差並加以修正。

由於地球外部環境改變是影響重力 g 變化的主要原因，一般重力 g 是定義在一“正常”之地球狀態，此狀態為無日月之潮位引力，無海潮，氣壓為標準大氣壓，無極移，地下水位為一長期平均水位，土壤濕度值為一長期平均值。所以，要移除這些環境影響因子，得將依上述公式所得出的重力量測估計值，針對潮位、海洋負載、極移運動與大氣壓力等因子進行相關改正，得出絕對重力量測值。

此外，為了確保量測品質及符合國際標準化組織(ISO)的品保要求，量測及試驗設備（包括測試軟體），應在已知其量測不確定度，且所需量測能力與其相一致時方可使用，而根據國際標準化組織(ISO)所定之量測不確定度表示方法指引(GUM)，不確定評估報告內容應包含：觀測值與輸入資料的詳細描述及其不確定度表示方法、不確定度的組成及完整的評估程序、數據分析程序以及列出分析所用的修正因

子，常數與其來源。國內首部絕對重力儀FG5-224(如圖6-2)由內政部於2003年底購置，正由工業技術研究院量測中心進行絕對重力儀的不確定度及穩定度評估測試。



圖 6-3 內政部絕對重力儀 FG5-224

三、觀測計畫

自 93 年 11 月 23 日起至 11 月 26 日止，於京都大學之國際絕對重力基準站 KYOTO 點上設置我絕對重力儀 FG5-224 進行施測比對，隨後，自 93 年 11 月 23 日起至 12 月 1 日止，由京都大學東敏博博士與日本財團法人地震預知綜合研究振興會東濃地震科學研究所 (TRIES) 田中俊行博士，協同設置 11 月初日方來台同部絕對重力儀 FG5-225 進行同點位施測比對，此後，由京都大學東敏博博士以其絕對重力儀 FG5-210 接續進行同點位施測比對，觀測方式，經

雙方討論後如下：

1.每 10 秒測 1 筆 (drop)，30 分鐘 1 測回 (set)，每測回 (set) 連續施測 50 個 (drop)，合計每日 24 測回 (set) 約 1,200 筆數據資料，經剔除超出平均值 $20 \mu\text{Gal}$ 以上的重力值，其加權平均數即為測站未經各種改正的觀測重力值。

2.自行攜帶最新式內政部 EG 型相對重力儀 (EG-1184) 進行不同高度之垂直重力梯度量測，用作絕對重力值量測所需梯度改正。

3.待雙方完成觀測後，交換數據，共同研討成果。

四、觀測成果

本次赴日聯測工作，雖逢台日兩部儀器遇海關查驗、日本國定假日等不可抗力因素延滯行程，仍克服萬難，前往日本快遞公司關切儀器運送狀況，積極調整施測計畫，並增加 25 及 26 兩日休假得以順利完成任務，本人以取得 11 月初日方來台同部絕對重力儀 FG5-225 在同點位施測數據，經分析後成果相當良好，相關數據分析如下章，而京都大學絕對重力儀 FG5-210 因儀器偶遇故障於隔 (94) 年 1 月初才完成修復，其接續觀測數據待完成後取得一併分析。本案將可使我國家重力基準與國際重力系統接軌，保持高精度絕對重力儀器性能，並為參加國際絕對重力儀器比對工作 (2005, ICAGs) 做好準備，爭取日後國際上更多合作機會，以提昇國家重力技術地位。

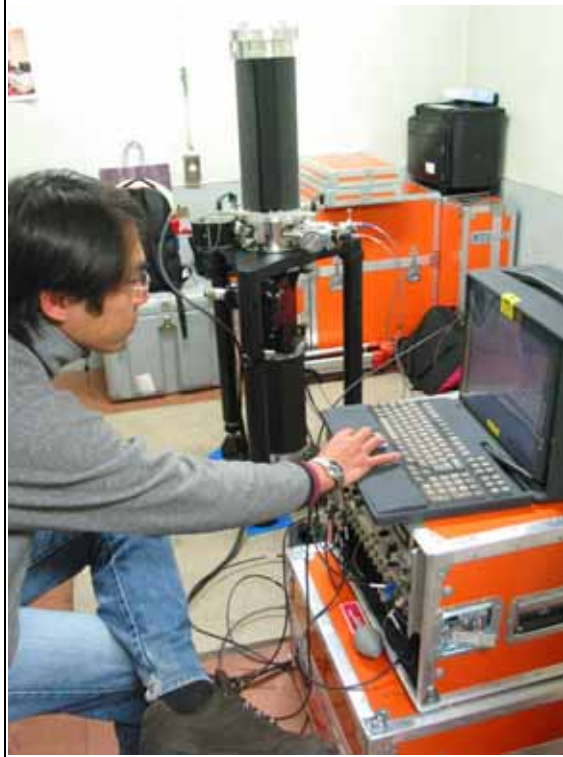
柒、觀測成果分析

一、觀測情形短紀

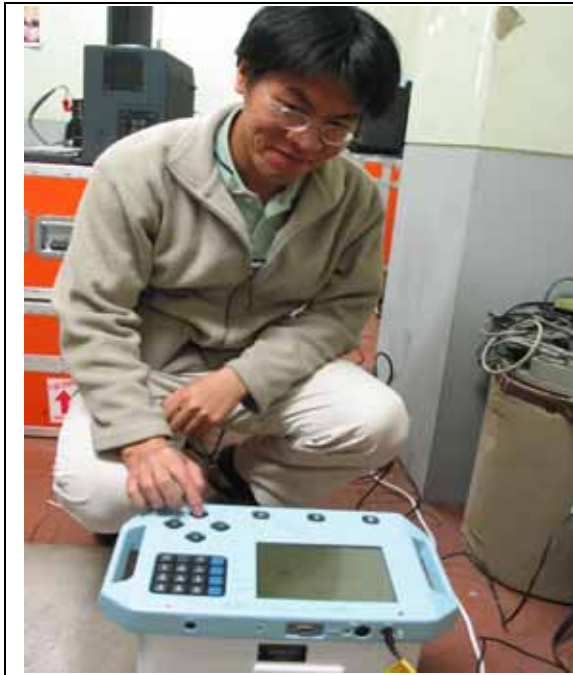
於京都大學國際絕對重力觀測室（KYOTO 站）觀測情形



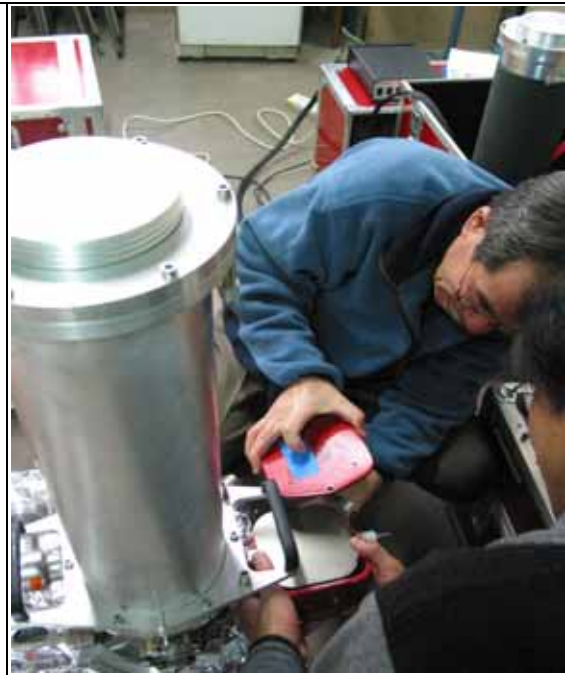
花了好多功夫終於把儀器搬來了，我們已經完成初步裝設囉



暖機 OK 完成設定就大功告成，接下來就靠老天幫幫忙別出狀況囉



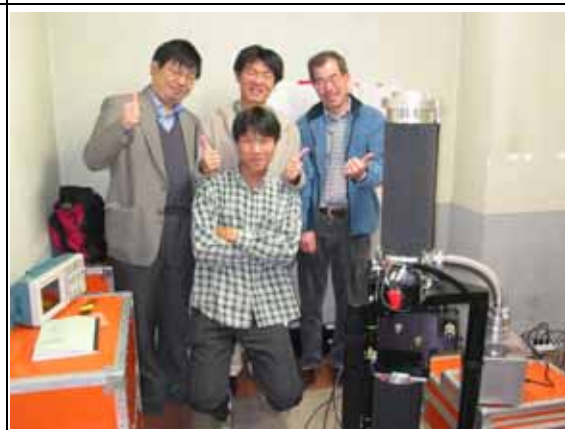
看我施測相對重力儀 (EG-1184) 吧



京大 FG5-210 儀器離子磊壞了



幫忙修也可以趁機學學呀



奈良大學向井厚志教授來拜訪耶



預祝台日聯測工作成功啦



順利完工慶祝一下吧

二、觀測數據及計算成果

1. 京都大學之國際絕對重力基準站 KYOTO 點位資料

Station Data

Name: KYOTO

Lat: 35.02580

Long: 135.78640

Elev: 59.86 m

Datum Height: 100.00 cm

Gradient: -2.720 uGal/cm

Nominal Air Pressure: 1006.08 mBar

2. 內政部絕對重力儀器 FG5-224，由本人偕同工業技術研究院游輝

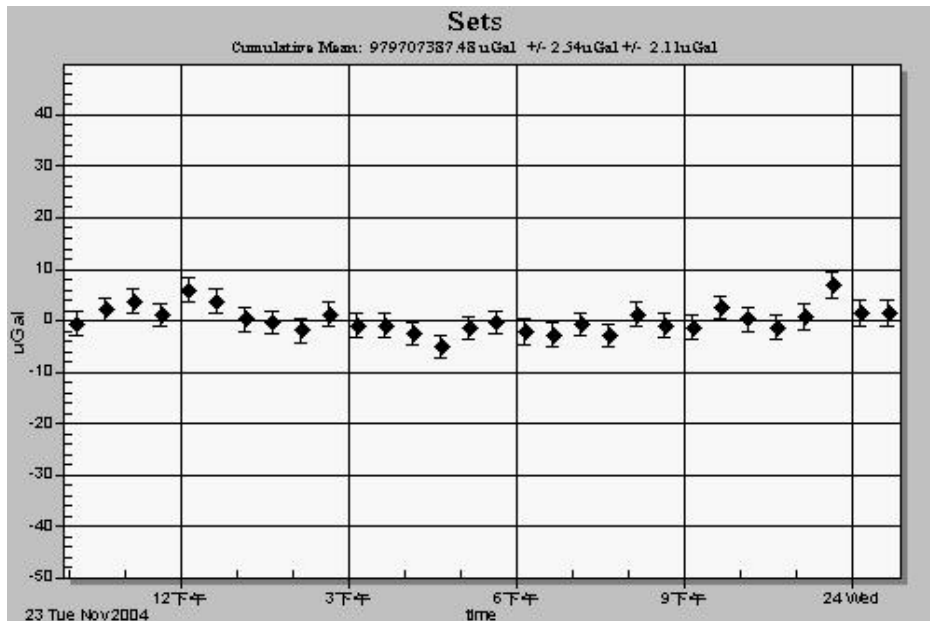
欽、葉大綱等人共同設置觀測

Instrument Data

Meter Type: FG5

Meter S/N: 224

(1) 自 93 年 11 月 23 日起至 24 日止之觀測數據及計算成果



Processing Results

Date: 11/23/04

Time: 17:23:13

DOY: 328

Year: 2004

Gravity: 979707387.48 uGal

Set Scatter: 2.54 uGal

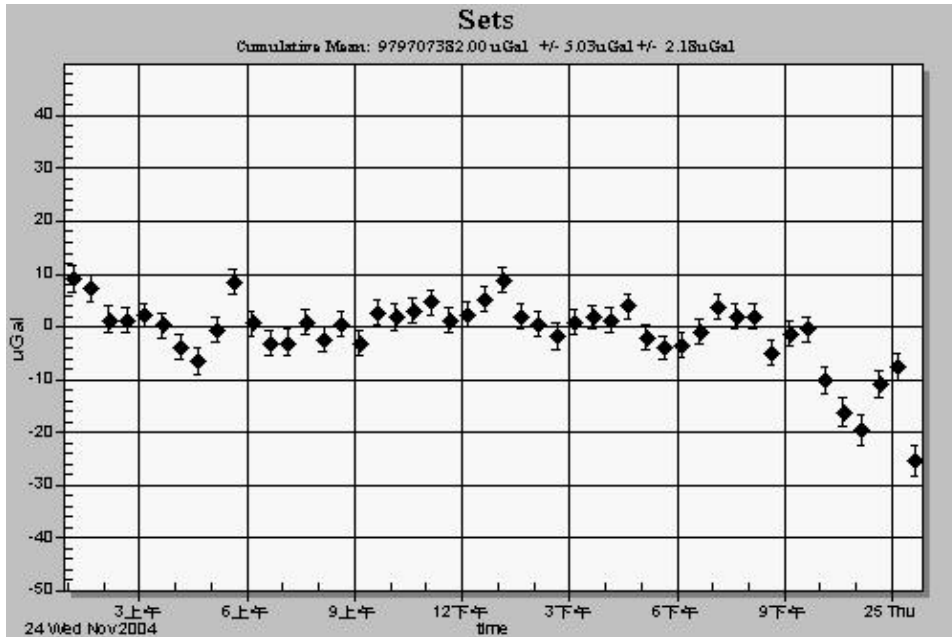
Measurement Precision: 0.46 uGal

Total Uncertainty: 2.11 uGal

Number of Sets Collected: 30

Number of Sets Processed: 30

(2) 自 93 年 11 月 24 日起至 25 日止之觀測數據及計算成果



Processing Results

Date: 11/24/04

Time: 11:23:15

DOY: 329

Year: 2004

Gravity: 979707384.13 uGal

Set Scatter: 3.53 uGal

Measurement Precision: 0.55 uGal

Total Uncertainty: 2.13 uGal

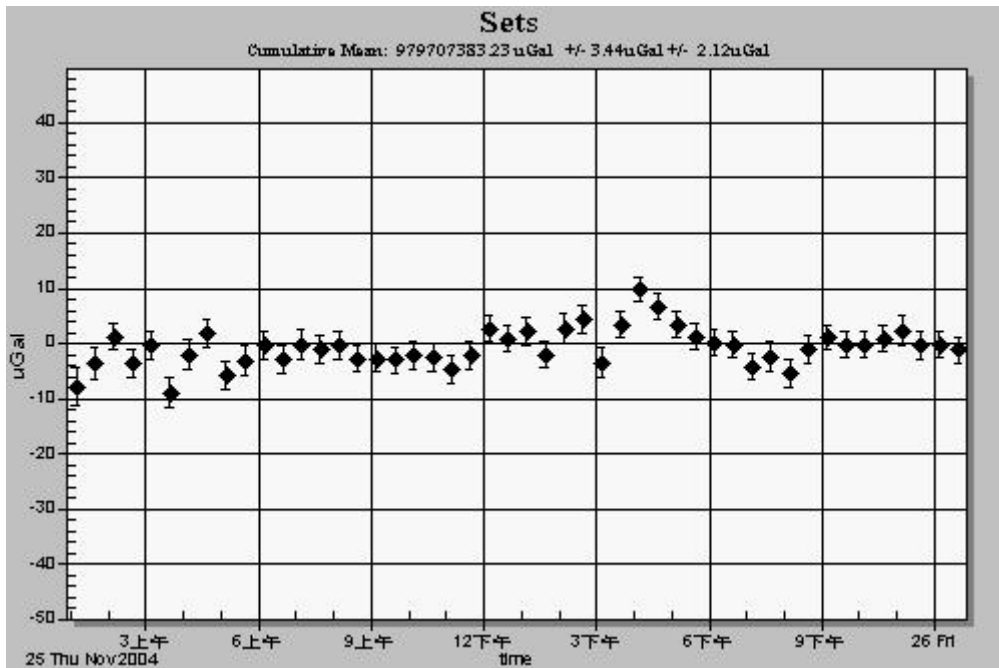
Number of Sets Collected: 48

Number of Sets Processed: 42

Number of Sets NOT Processed: 6

Set #s NOT Processed: 43,44,45,46,47,48

(3) 自 93 年 11 月 25 日起至 26 日止之觀測數據及計算成果



Processing Results

Date: 11/25/04

Time: 12:53:13

DOY: 330

Year: 2004

Gravity: 979707383.23 uGal

Set Scatter: 3.44 uGal

Measurement Precision: 0.50 uGal

Total Uncertainty: 2.12 uGal

Number of Sets Collected: 48

Number of Sets Processed: 48

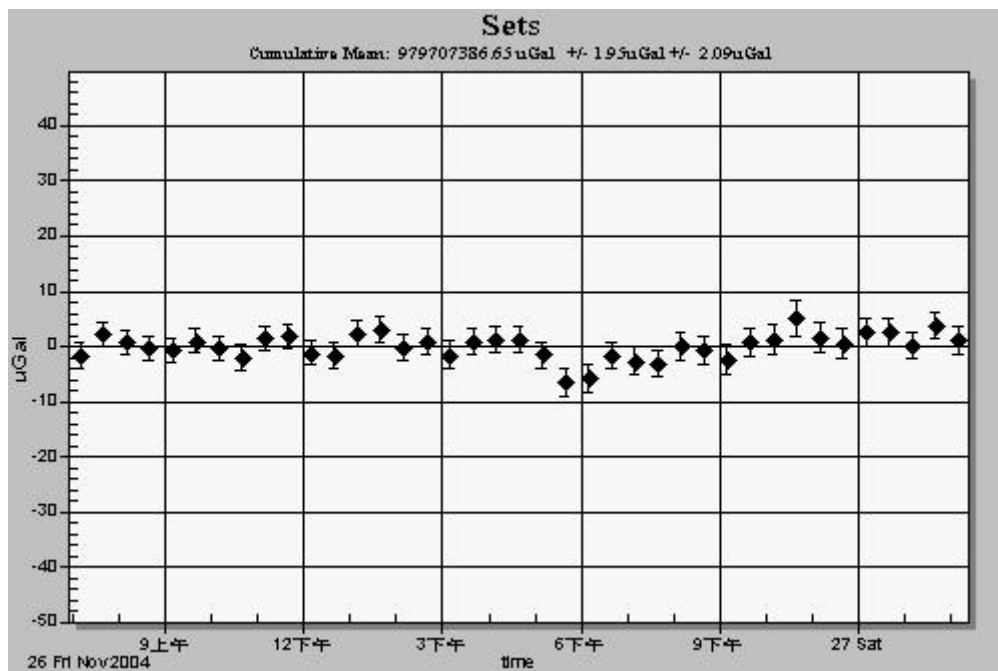
3. 日本東濃地震科學研究所 (TRIES) 之絕對重力儀 FG5-225，由京都大學東敏博博士與日本財團法人地震預知綜合研究振興會東濃地震科學研究所 (TRIES) 田中俊行博士共同設置儀器

Instrument Data

Meter Type: FG5

Meter S/N: 225

(1) 自 93 年 11 月 26 日起至 27 日止之觀測數據及計算成果



Processing Results

Date: 11/26/04

Time: 16:39:32

DOY: 331

Year: 2004

Gravity: 979707386.65 uGal

Set Scatter: 1.95 uGal

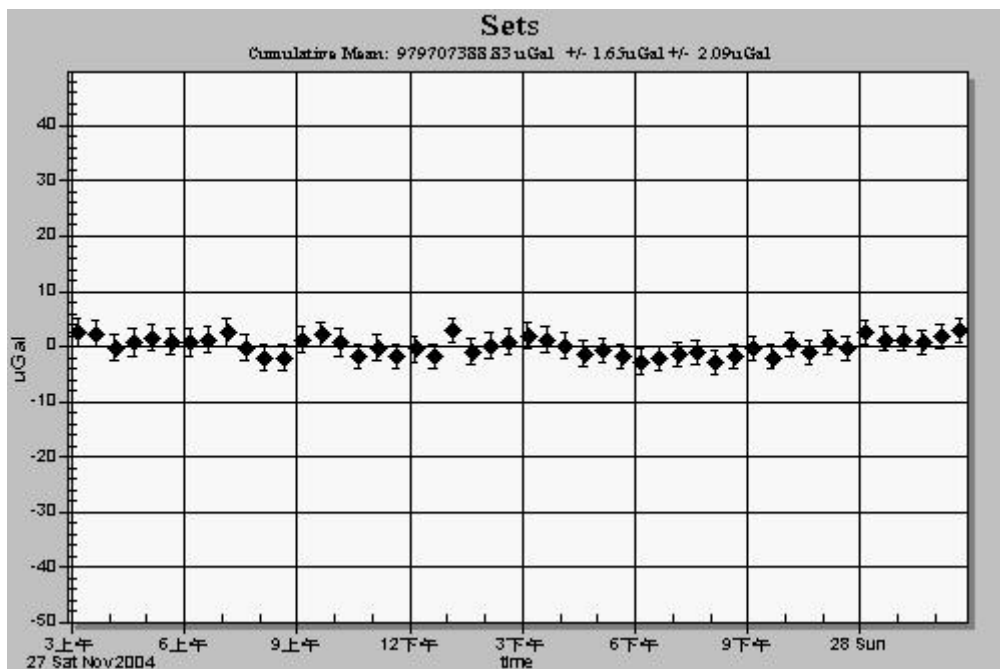
Measurement Precision: 0.31 uGal

Total Uncertainty: 2.09 uGal

Number of Sets Collected: 39

Number of Sets Processed: 39

(2) 自 93 年 11 月 27 日起至 28 日止之觀測數據及計算成果



Processing Results

Date: 11/27/04

Time: 14:53:16

DOY: 332

Year: 2004

Gravity: 979707388.83 uGal

Set Scatter: 1.65 uGal

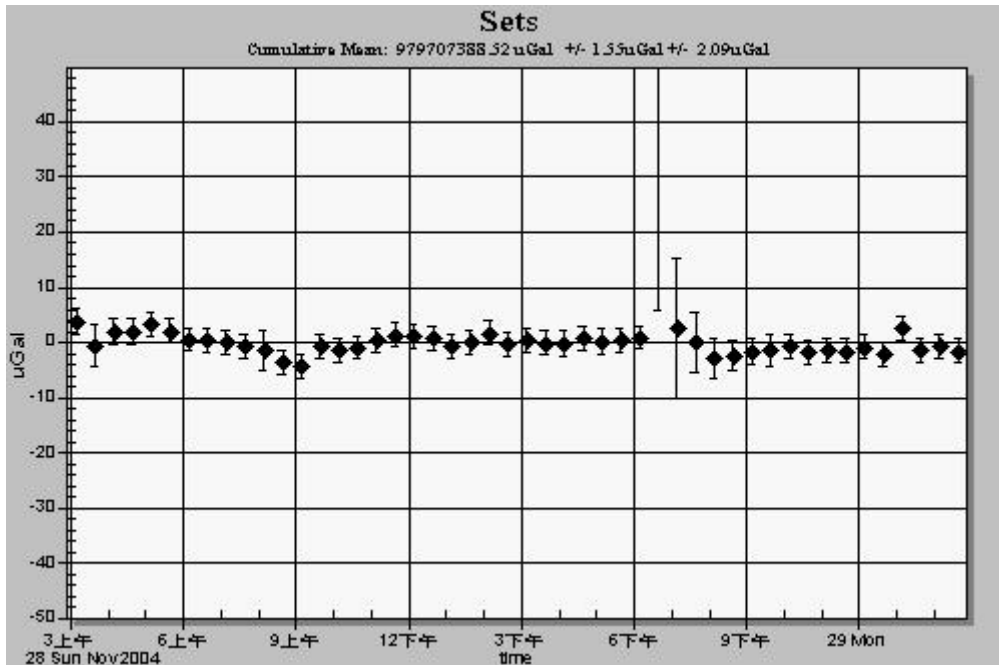
Measurement Precision: 0.24 uGal

Total Uncertainty: 2.09 uGal

Number of Sets Collected: 48

Number of Sets Processed: 48

(3) 自 93 年 11 月 28 日起至 29 日止之觀測數據及計算成果



Processing Results

Date: 11/28/04

Time: 14:53:16

DOY: 333

Year: 2004

Gravity: 979707388.52 uGal

Set Scatter: 1.54 uGal

Measurement Precision: 0.23 uGal

Total Uncertainty: 2.09 uGal

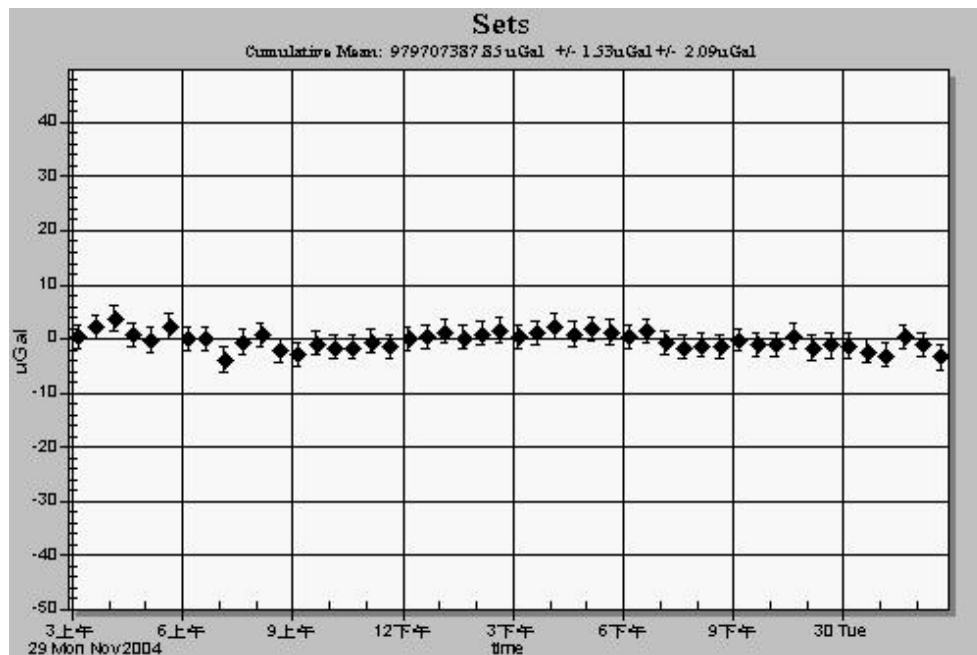
Number of Sets Collected: 48

Number of Sets Processed: 46

Number of Sets NOT Processed: 2

Set #s NOT Processed: 32, 33

(4) 自 93 年 11 月 29 日起至 30 日止之觀測數據及計算成果



Processing Results

Date: 11/29/04

Time: 14:53:15

DOY: 334

Year: 2004

Gravity: 979707387.85 uGal

Set Scatter: 1.53 uGal

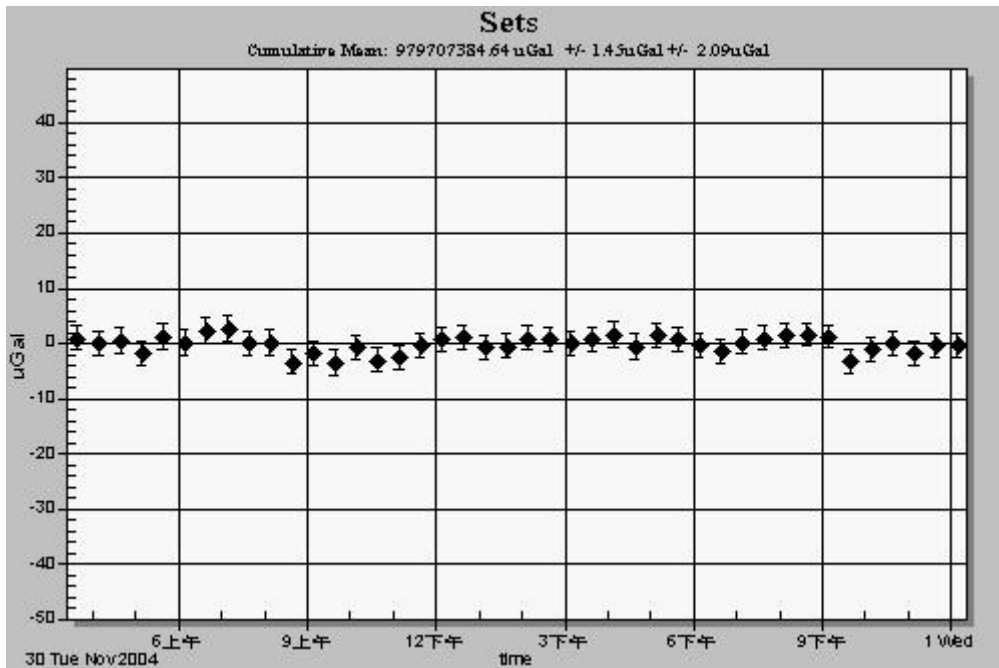
Measurement Precision: 0.22 uGal

Total Uncertainty: 2.09 uGal

Number of Sets Collected: 48

Number of Sets Processed: 48

(3) 自 93 年 11 月 30 日起至 12 月 1 日止之觀測數據及計算成果



Processing Results

Date: 11/30/04

Time: 13:53:14

DOY: 335

Year: 2004

Gravity: 979707384.64 uGal

Set Scatter: 1.45 uGal

Measurement Precision: 0.22 uGal

Total Uncertainty: 2.09 uGal

Number of Sets Collected: 42

Number of Sets Processed: 42

二、成果統計分析

日期 \ 儀器	MOI, FG5-224 (uGal)	TRIES, FG5-225 (uGal)
93.11.23-24	979707387.48	
93.11.24-25	979707384.13	
93.11.25-26	979707383.23	
93.11.26-27		979707386.65
93.11.27-28		979707388.83
93.11.28-29		979707388.52
93.11.29-30		979707387.85
93.11.30-12.1		979707384.64

IAGB-KYOTO			
MOI, FG5-224 (uGal)		TRIES, FG5-225 (uGal)	
AG	SCATTER (SETS)	AG	SCATTER (SETS)
979707387.48	± 2.54 (30)		
979707384.13	± 3.53 (42)		
979707383.23	± 3.44 (48)		
		979707386.65	± 1.95 (39)
		979707388.83	± 1.65 (48)
		979707388.52	± 1.54 (46)

		979707387.85	$\pm 1.53 (48)$
		979707384.64	$\pm 1.45 (42)$
AVERAGE	A-STD	AVERAGE	A-STD
979707385.12	± 0.57	979707387.32	± 0.17

根據上述分析成果，自93年11月23日起至26日止，內政部絕對重力儀（FG5-224）三天之量測值分別為979707387.48 \pm 2.54 μ Gal、979707384.13 \pm 3.53 μ Gal、979707383.23 \pm 3.44 μ Gal，經加權計算後平均值為979707385.12 \pm 0.57 μ Gal。

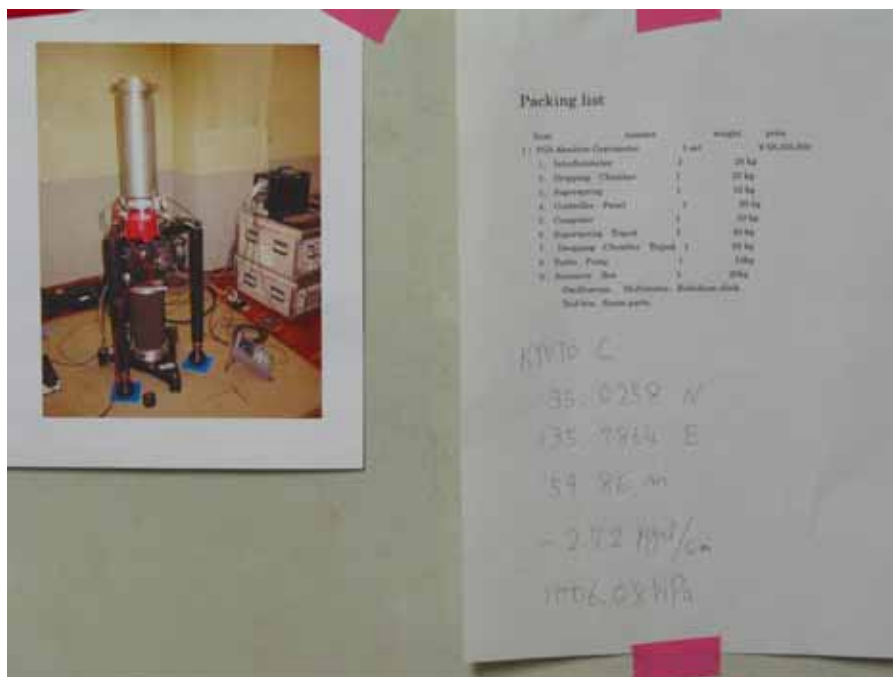
日本東濃地震科學研究所（TRIES）之絕對重力儀FG5-225，由京都大學東敏博博士與日本財團法人地震預知綜合研究振興會東濃地震科學研究所（TRIES）田中俊行博士共同設置儀器，我們亦在設置儀器當天從旁觀摩，回國後，經連絡田中俊行博士取得原始觀測資料予以分析後，自93年11月26日起至12月1日止，五天之量測值分別為979707386.65 \pm 1.95 μ Gal、979707388.83 \pm 1.65 μ Gal、979707388.52 \pm 1.54 μ Gal、979707387.85 \pm 1.53 μ Gal、979707384.64 \pm 1.45 μ Gal，經加權計算後平均值為979707387.32 \pm 0.17 μ Gal。



東濃地震科學研究所(TRIES)田中俊行博士與其絕對重力儀FG5-225

根據東敏博先生提供的重力比對點的地面高度絕對重力值約為 979707660 μGal ，而內政部絕對重力儀（FG5-224）三天所測得點位平均值為 979707385.12 \pm 0.57 μGal 、日本東濃地震科學研究所（TRIES）絕對重力儀（FG5-225）五天所測得點位平均值為 979707387.32 \pm 0.17 μGal ，此二項量測平均值為距地面1公尺之高度，以東敏博先生提供之重力梯度值- 2.72 $\mu\text{Gal}/\text{cm}$ 計算，則內政部絕對重力儀於地面之測量結果約為 979707657 μGal 、日本TRIES絕對重力儀於地面之測量結果約為 979707659 μGa ，初步計算的結果，內政部觀測結果與東敏博先生所提供之絕對重力值相差約 3 μGal ，而日本TRIES觀測結果與東敏博先生所提供之絕對重力值相差

約1 μGal ，顯示內政部絕對重力儀（FG5-224）與日本TRIES絕對重力儀（FG5-225）兩部儀器的精確等級相當，且優於其他國際上儀器比對結果，此外，我們也注意到日本TRIES絕對重力儀（FG5-225）的觀測離散度（SCATTER）及觀測值標準偏差（STD）皆比較小，可能與其配備自動水平裝置減少地面噪動雜訊有關，必須更進一步研究分析。此結果僅是初步計算結果，我們將待日本京都大學絕對重力儀（FG5-210）儀器修復進行觀測後，聯絡其提供數據一併分析。



日本京都大學絕對重力儀（FG5-210）及點位觀測設定參考值

捌、心得與建議

一、心得

- (一) 內政部於 92 年購得國內首部絕對重力儀器 (FG5-224)，以辦理我國絕對重力測量工作，為保持儀器高精確性能，本人非常榮幸代表內政部，赴日與京都大學竹本修三教授等人進行台日儀器比對及聯測工作，相信本次達成任務後，更有信心順利完成內政部參與「國際大地測量及地球物理學協會」(IUGG) 之四年一次國際絕對重力儀器比對工作 (2005, ICAGs)，爭取日後國際上更多合作機會，以提昇國家重力技術地位。
- (二) 在竹本修三教授的引薦下，難得參加於 11 月 16 及 17 兩日在東京大學地震研究所舉辦的「日本地球衛星重力任務會議」，與會者皆為現今日本產官學界重力研究的權威，會中發表衛星用超高安定雷射光源、地球重力場測定用衛星間雷射干涉計等開發，讓人驚歎，原來日本已經悄悄進行研發重力衛星的關鍵量測設備技術，而據了解出席單位中日本國家情報通訊機構即是主導相關研發計畫的官方單位，且本次日本內部任務會議的主軸正是成果研討，相信我國也應該積極加強相關衛星測繪科技領域的研發工作。

(三) 日本國土地理院(GSI)執掌如全國製圖、基本控制測量等工作，成為扮演國土規劃及基礎建設強化的重要角色。GSI是建立在日本測繪法及土地建設交通部組織法下的政府單位，以國家測繪行政及基本測繪為其重要工作，任務為：研擬國家測繪政策、國土資訊基本建設及研究發展工作、指導並整合各級政府測繪工作、參與並發展國際測繪活動等，反觀，目前我國中央測繪主管機關組織架構未臻完整，國土測繪法草案亦遲遲未能通過，相對使得我國在測繪政策制定與基本測繪工作上，較無法通盤考量規劃。

(四) 為使其國家重力基準與國際重力系統接軌，各國皆積極進行國際絕對重力基準網 (IAGBN) 聯測工作，日本國土地理院近來更是積極與京都大學合作於馬來西亞、印尼等東亞地區進行重力站聯測工作，本次能夠利用申請 93 年度台日技術合作計畫之便，聯繫京都大學竹本修三教授，完成台日雙邊聯測計畫，已經使台灣納入了東亞及東南亞的絕對重力標準網之中，該國際大地組織之亞太地區空間地球動力計畫 (APSG) 中非常重要的長期監測網，目前還有印尼、馬來西亞、大陸、泰國、菲律賓等之點位，我國則是少數有能力自行辦理測量及進行比對的國家。

(五) 我國過去在重力測量方面，由於在儀器缺乏及人才培育不足下，無法與先進國家同步發展，以往只能利用研究案得到美國之幫助，協助台灣從事少量之量測，現在在內政部的努力下，採購最先進的儀器並不斷的技術研發，目前無論在地面重力測量、空載重力測量、船載重力測量、及明年超導重力測量等各方面，皆將全面性展開施測，期以幾年的時間，追上先進國家多年的成果，我們應該珍惜所擁有的資源並研發新的技術應用於各界，藉此培育人才，期望我大地測量於國際學術上能佔有一席之地。

二、建議

(一) 積極參與國際性測繪學術與應用研討會議

研究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。

建議各級政府應重視基礎建設所必須之測繪工作（如：基本圖籍測製），並注意到與世界潮流的結合，積極參與國際性測繪學術與應用研討會，培養測繪人才，提昇測繪科技水準，研擬創新政策，提昇國家競爭力。

(二) 持續參加國際合作提升技術品質以增加國家能見度

目前全球超導重力站僅 20 站，我國可藉著今年度超導重力儀的引進及國家重基準站建置工作，積極爭取加入國際學術組織 Global Geodynamic Project (GGP)，另外我國已經具有絕對重力儀，亦可積極加入國際大地學會 (International Association of Geodesy, IAG) 之國際絕對重力基準網 (IAGBN) 聯測或亞太空間動力計畫 Asia-Pacific Space Geodynamics Project (APSGP)，參與其亞太地區絕對重力

測量，以及「國際大地測量及地球物理學協會」(IUGG)之四年一次國際絕對重力儀器比對工作(ICAGs)，此外，因為南極冰層因全球氣候溫度上昇，產生融化提昇海水位的現象，國際大地學會(IGU)於2003年時，在Commission 2組織中推動「南極大地水準面計畫」，我國因有航空重力儀且具備航空重力測量經驗，已經有該計畫參與人士向我方聯繫，共同努力研究貢獻全人類，總而言之，建議應持續參加國際合作計畫，以培養測繪人才，提昇測繪科技水準，除可提升我測量技術的國際學術地位，亦增加國家能見度。

(三) 儘早研發相關衛星測繪技術

「日本地球衛星重力任務會議」係日本官方國家情報通訊機構所主導的衛星技術研發計畫之成果研討，此外，GPS衛星定位的精度不斷地提升，逐漸地由靜態測量改為相對動態測量，將大大的提升其定位精度與應用層面，相信我國也應該積極加強相關衛星測繪科技領域的研發工作，提昇測繪科技水準，如同福爾摩沙二號之遙測功能，期許未來得以自行主導我國衛星測繪工作。

(四) 加速通過國土測繪法草案以確立國家測繪政策並強化測繪主管機關組織功能

國土地理院(GSI) 可以說是建立在日本測繪法及土地建設交通部組織法下的日本中央測繪主管機關，最早緣起於 1869 年日本建設服務部的地球地理部門地籍登記圖科，隨著該國逐漸重視基礎測繪及災害防護工作，在 1945 年被重整於家務部下的獨立機構，更在 1948 年於建設部下建立現在的架構，1960 年開始沿用現今國土地理院 (GSI) 的名稱，內政部自從推動「應用全球定位系統實施臺閩地區基本控制點測量計畫」、「國家基本測量控制點建立及應用計畫」、「國家基本測量發展計畫」、「高精度及高解析度數值地形模型建置計畫」..... 等，已經逐漸整合各項基本測繪工作，然而國家的測繪工作是基礎的、延續的且需上下各級整合的特殊性業務，建議參考國土地理院 (GSI) 的法制及組織規模，接續整合國家測繪行政及基本測繪工作，加速通過國土測繪法草案以確立國家測繪政策，並強化測繪主管機關組織功能。

附錄、攜回資料

一、印刷品資料總表

編號	資料名稱	資料來源	數量	存放地點	保管者	備註
1	The Science Museum of Map and Survey	GSI	1	地政司衛星測量中心	黃鉅富	皆為單份之彩色印刷品資料，若有需要，請洽保管者借閱。
2	GPS Earth Observation Network System	GSI	1	地政司衛星測量中心	黃鉅富	
3	Radio Waves From Deep Space Survey Our Home Planet	GSI	1	地政司衛星測量中心	黃鉅富	
4	Surveying of the Earth's Interior	GSI	1	地政司衛星測量中心	黃鉅富	
5	Geographical Survey Institute Japan	GSI	1	地政司衛星測量中心	黃鉅富	
6	Kyoto University Facts And Figures	Kyoto University	1	地政司衛星測量中心	黃鉅富	

二、各機構受訪人員名片影本

国土交通省国土地理院
測地部 物理測地課
課長補佐

国土交通技官 福崎 順洋
FUKUZAKI Yoshihiro
〒305-0811 茨城県つくば市北郷1番
TEL 029-864-4774
FAX 029-864-1802
E-mail: fukuzaki@gsi.go.jp

東京大学地震研究所 助教授

理学博士 孫 文科
〒113-0032 東京都文京区弥生1-1-1
Tel: 03-5841-5721
Fax: 03-5841-5693
E-mail: sunw@eri.u-tokyo.ac.jp

主任研究員 黒石 裕樹
理学博士
宇宙測地研究室
地理地殻活動研究センター
国土交通省国土地理院
〒305-0811 茨城県つくば市北郷1番
電話 〇二九八(六四)二六八〇
FAX 〇二九八(六四)二六八五
E-mail: yukki@gsi.go.jp

理学博士 小牧 和雄
測地部長
国土交通省国土地理院
〒305-0811 茨城県つくば市北郷1番
電話 〇二九八(六四)二六八〇
E-mail: komaki@gsi.go.jp

京都大学助教授
理学博士 福田 洋一
〒606-8502 京都市左京区北白川追分町
京都大学大学院理学研究科
地球惑星科学専攻(地球物理学教室)
Tel & Fax: 075-753-3912
E-mail: fukuda@kugi.kyoto-u.ac.jp

 京都大学教授
理学博士 竹本 修三
〒606-8502 京都市左京区北白川追分町
京都大学大学院理学研究科
地球惑星科学専攻地球物理学教室
固体地球物理学講座(測地学)
電話: 075-753-3911
Fax: 075-753-3917
E-mail: takemoto@kugi.kyoto-u.ac.jp

向井 厚志

勤務先 〒636-8503 奈良県生駒郡三郷町立野北3丁目12-1
奈良産業大学 情報学部
電子メール mukai@nara-su.ac.jp
電話番号 (0745) 73-6245
FAX 番号 (0745) 72-0822

京都大学大学院
理学研究科 助手

理学博士 東 敏博

京都大学大学院理学研究科地球物理学教室
〒606-8502 京都市左京区北白川追分町
Tel: 075-753-3915
Fax: 075-753-3717
E-mail: higashi@kugi.kyoto-u.ac.jp