

出國報告（出國類別：其他）

2009 國際絕對重力儀比對工作
（ICAG-2009）工作報告書

服務機關：內政部（地政司）

姓名職稱：陳南松技正

派赴國家：法國

出國期間：98年9月15日至9月23日

報告日期：98年12月2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 年度起開始建立國家重力控制系統，購置絕對重力儀 FG5-224、FG5-231、超導重力儀 SG48、SG49、相對重力儀 EG-1184、EG1200 及空載/傳載重力儀 L&R S130 等諸多精密儀器，辦理我國重力測量工作，其中又以重力基準之絕對重力測量工作為基礎。

為確保重力儀器與全球量測及公制單位標準之一致性、可追溯性，目前可行方法就是進行重力比對工作，故內政部攜帶絕對重力儀 FG5-224 參加在法國 BIPM 舉行的第八屆國際絕對重力儀比對工作 (ICAG-2009)，以提昇我技術能力，並作為我國重力控制系統之準據。

壹、緣起	1
貳、目的	3
參、國際絕對重力測量比對工作	4
肆、過程	8
伍、觀測資料及成果分析	15
陸、心得與建議	24

壹、緣起

國家各項建設皆需仰賴高精度之國家基本控制測量系統為基礎，而一國之基本測量包括大地控制網、高程控制網、重力控制網等三大測量工作，範圍涵蓋陸域及海域。內政部為國家測量主管機關，為健全國家基本控制測量系統，內政部規劃兼顧延續性及發展性的一系列基本控制測量計畫，自 82 年度起陸續執行「應用全球定位系統實施台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」及「國家基本測量發展計畫」，引進新儀器、新技術，依序建立現代化衛星控制網、高程控制網、重力控制網，延續陸域基本控制測量系統進行領海海域內的海域基本圖測量，並持續維護已建立之基本控制測量系統，提供完整、統一、高精度之基本控制測量系統成果供各界使用。

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。

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，業已購置絕對重力儀 FG5-224、

FG5-231、超導重力儀 SG48、SG49、相對重力儀 EG-1184、EG1200 及空載/傳載重力儀 L&R S130 等諸多精密儀器，全面展開，辦理我國重力測量工作，其中又以重力基準之絕對重力測量工作為基礎。

為發展絕對重力測量相關工作，內政部於 93 年度與日本京都大學竹本修三教授合作，完成台日兩地雙邊絕對重力基準網聯測工作；於 94 年第 1 次參與「國際大地測量及地球物理學會」(IUGG) 之四年一次國際絕對重力儀器比對工作 (7th International Comparison of Absolute Gravimeters, 2005, ICAGs)；於 95 年開始台法合作—利用絕對重力觀測台灣造山運動；於 96 年初完成國家重力基準站，並受邀赴韓國世宗大學協助完成該國首座超導重力觀測實驗室之絕對重力率定作業。

為能確保內政部重力儀器與全球量測及公制單位標準保持一致性、可追溯性，內政部委託財團法人工業技術研究院（代管國家度量衡實驗室）辦理「98年度重力基準維護及測量整合服務工作」案，其中「協助參與國際測量事務合作」最重要的工作項目，即為協助內政部攜帶內政部所屬之國內絕對重力儀FG5-224，赴法國巴黎國際度量衡局（BIPM）參加第八屆國際絕對重力測量比對工作（ICAG, 2009），以達成內政部重力儀器與全球量測及公制單位標準保持一致性、可追溯性之目的。

由於我國團隊於 94 年已參加過第七屆國際絕對重力測量比對工作，且該比對告顯示我團隊觀測成效良好。本次赴法國巴黎國際度量衡局（BIPM）參加第八屆國際絕對重力儀器比對工作，很快地就完成行前準備工作，本次成果將可提供內政部絕對重力儀（FG5-224）在國際上可公認、可追溯之量測率定標準，除作為我國重力系統之依據外，更可爭取日後國際上更多合作機會，以提昇國家重力技術地位。

貳、目的

本次赴法國巴黎國際度量衡局（BIPM）參加第八屆國際絕對重力儀器比對工作，成果將可提供內政部絕對重力儀（FG5-224）在國際上可公認、可追溯之量測率定標準，作為國家重力測量之重要依據，爭取國際上更多合作機會，以提昇國家重力技術地位。

參、國際絕對重力測量比對工作 (8th International Comparison of Absolute Gravimeters, 2009)

一、工作摘要

第八屆絕對重力儀國際比對活動 (ICAG-2009)，在法國巴黎的國際度量衡局 (BIPM) 舉行，我國以Chinese Taipei名稱參加，活動期間自98年9月5日至98年9月30日止，計有25個單位計畫參加。

本次絕對重力儀比對，我國使用絕對重力儀FG5-224參與比對，時間安排在9月18日至20日的晚間進行。參與國家中，除來自歐洲地區儀器之外，如美國、加拿大、日本...等偏遠地區國家皆需利用空運運送儀器，因此內政部之儀器提早於9月7日進行裝箱、公證並運離國家重力基準站，於9月15日運抵法國巴黎。

二、參與團隊

本次活動計有25個單位計畫參加，其中有14成員(member)參加關鍵比對，包括韓國KRISS、中國NIM、日本NMIJ/AIST及中華台北CMS/ITRI等亞州國家；另有德國BKG、美國NOAA、法國Univ. Montpellier等11單位參加先導研究，詳如表1。這次比對先導實驗室(Pilot Laboratory)由BIPM負責，全部共分5組，中華台北CMS/ITRI屬第二組，本次絕對重力儀比對之表定行程表如表2。

我國團隊由內政部陳南松技正、財團法人工業技術研究院量測技術發展中心李瓊武正工程師、謝文祺副工程師組成。截至9月20日，實際參與比對活動團隊之觀測行程如圖1所示。

表1 ICAG-2009 參加單位

Key Comparison			
<i>number</i>	<i>Gravimeter</i>	<i>Institute</i>	<i>Country</i>
KC-1	FG5-108	BIPM	
KC-2	FG5-209	METAS	Switzerland
KC-3	FG5-211	CEM/IGN	Spain
KC-4	FG5-213	NMIJ/AIST	Japan
KC-5	FG5-215	VÚGTK/RIGTC	Czech Republic
KC-6	FG5-221	FGI	Finland
KC-7	FG5-224	CMS/ITRI	Chinese Taipei
KC-8	FG5-105	NRC	Canada
KC-9	FG-L	KRISS	Rep. of Korea
KC-10	A10-005	TÜBITAK UME	Turkey
KC-11	IMGC-02	INRiM	Italy
KC-12	NIM-2	NIM	China
KC-13	JILAg-6	BEV	Austria
KC-14	SYRTE-CAG	SYRTE	France
Pilot Study			
<i>number</i>	<i>Gravimeter</i>	<i>Institute</i>	<i>Country</i>
PS-1	FG5-101	BKG	Germany
PS-2	FG5-102	NOAA	USA
PS-3	FG5-216	Univ. of Luxembourg	Luxembourg
PS-4	FG5-220	IfE	Germany
PS-5	FG5-228	Univ. Montpellier	France
PS-6	FG5-230	Warsaw Univ. of Technology	Poland
PS-7	FG5-233	Lantmäteriet	Sweden
PS-8	FG5-238	INGV	Italy
PS-9	A10-014	IPGP-IRD-IGN	France
PS-10	A10-020	Inst. of Geodesy and Cartography	Poland
PS-11	MPG-2	Max Planck Institute for Physics of Light	Germany

表 2 第八屆絕對重力儀國際比對表定行程表

Group #	Date	Gravimeter				
	5-10 Sept	NIM-II NIM (KC)				
	8-10 Sept	FG5-228 Univ. Montpellier (PS)	A10-004 IPGP-IRD-IGN (PS)			
Group 1	14-16 Sept	FGL-103 KRISS (KC)	SYRTE SYRTE (KC)	FG5-213 NMIJ/AIST (KC)	FG5-215 VÚGTK/RIGTC (KC)	FG5-209 METAS (KC)
Group 2	18-20 Sept	JILAg-6 BEV (KC)	A10-005 TÜBITAK (KC)	FG5-224 CMS/ITRI (KC)	FG5-211 CEM/IGN (KC)	
Group 3	22-24 Sept	FG5-105 NRC (KC)	FG5-101 BKG (PS)			
Group 4	26-28 Sept	MPG-2 Max Plank Inst. (PS)	FG5-220 IfE (PS)	FG5-216 Luxemburg Univ. (PS).	FG5-102 NOAA (PS)	FG5-230 WUT (PS)
Group 5	30 Sept – 2 Oct	FG5-233 Lantmäteriet (PS)	FG5-238 INGV (PS)	A10-020 IGC (PS)	IMGC-02 INRiM (KC)	FG5-221 FGI (KC)

		Saturday		Sunday		7.9.09	8.9.09	9.9.09	last update: 19.09.09, 18:30 p.m.		
		4.9.09	5.9.09	6.9.09	7.9.09	8.9.09	9.9.09	10.9.09	11.9.09		
B	night										
B1			NIM-II, KC			A10-004, PS		FG5-228, PS		NIM-II, KC	
B2		NIM-II, KC				SYRTE, KC	SYRTE, KC	SYRTE, KC		SYRTE, KC	
B5				NIM-II, KC		FG5-228, PS	A10-004, PS				
B6						NIM-II, KC	FG5-228, PS	A10-004, PS			
		11.9.09		12.9.09		13.9.09		14.9.09		15.9.09	
B	night										
B1		SYRTE, KC				FG5-209, KC		FG5-213, KC		SYRTE, KC	
B2			SYRTE, KC			SYRTE, KC		FG5-215, KC		FG5-213, KC	
B5				FG5-209, KC		FG5-213, KC		SYRTE, KC		FG5-215, KC	
B6						FG5-215, KC		FGL-103, KC		FG5-224, KC	
		18.9.09		19.9.09		20.9.09		21.9.09		22.9.09	
B	night										
B1		SYRTE, KC		SYRTE, KC							
B2		FGL-103, KC		A10-005, KC							
B5		JILAg-6, KC		FG5-224, KC							
B6		FG5-224, KC		JILAg-6, KC							
		25.9.09		26.9.09		27.9.09		28.9.09		29.9.09	
B	night										
B1											
B2											
B5											
B6											

Note: red border of the cell - completed measurement; black border of the cell - adjustment, tests, not yet completed measurements

alias-gravimeters-measurements_ICAG-2009

圖1 截至9月20日實際參與活動團隊之觀測行程

肆、過程

本次行程自 98 年 9 月 15 日起至 98 年 9 月 23 日止，共計 9 天；我國團隊於 9 月 23 日達成工作目標搭機回國。相關行程紀要如下：

- 一、9 月 15 日（二）自桃園國際機場搭機前往法國巴黎。
- 二、9 月 16 日（三）清晨抵達法國巴黎，至下榻飯店放置行李後，前往 BIPM 向主辦比對負責人 Dr. Leonid Vitushkin 報到，隨即檢視儀器狀態，並積極進行儀器觀測之前置作業。經檢視，裝載絕對重力儀 FG5-224 之兩大木箱已妥善放置於 BIPM 倉庫中，外觀無損傷。其次，拆箱，使用渦輪泵浦進行儀器真空處理，以達到適合量測之真空度。由於真空處理需要一段時間，在此同時，我們聯絡協調 Dr. Lennart Robertsson 進行碘穩頻雷射波長校正，結果顯示波長準確度達 10^{-11} ；下午聯絡了 Mr. Laurent Tisserand 進行銣頻率校正，換算頻率值為 9 999 999.989 10 Hz。。
- 三、9 月 17 日（四）上午，落體腔已有較佳之真空度，此時啟動離子泵浦並關閉渦輪泵浦。經與負責人 Dr. Leonid Vitushkin 討論後，確定有點位可提供我方擺設儀器觀測，便著手進行儀器搬運與架設。本次比對活對場地位於 Site B，Site B 內有 7 個絕對重力點，本日架設點位為 B6，爾後每日由 Dr. Leonid Vitushkin 視前日量測結果與該日參與單位調整調度量測點位。於 B6 點位架設過程一切順利，進行量測測試也無大問題產生，因此便於 B6 點位持續量測數據，比預定行程早 1 日進行量測。
- 四、9 月 18 日（五）由 B6 點位移動至 B5 點位。在量測測試期間，偶爾會發生落車抬升失敗之異常現象，若無即時人工排除（於控制器上手動調整 Dropper Mode），將會造成量測所使用之「g」

軟體中斷。由於此異常現象尚無法確認造成原因，且為偶發事件，故只能安排人員監控其量測過程，但主辦單位要求人員夜間不得停留於 Site B 內，因此人員只能監控至傍晚 7 點左右。。

五、9 月 19 日（六）上午 8 點半抵達 Site B 後，發現儀器於人員離開後沒多久隨即中斷量測，因此我方與其他單位協調後，於上午持續於 B5 點位量測數據，中午再由 B5 點位移動至 B2 點位。移至 B2 點位後，啟動電源供應器（Power Supply）時陸續燒斷了數個保險絲，判斷可能是轉接頭接觸不良導致接地不完全所造成，因此使用膠帶將轉接頭予以固定，此現象便不再發生。

六、9 月 20 日（日）上午檢視 B2 點位之量測結果，一切正常，並未中斷。因主辦單位希望可以累積 3 個點位的夜間資料，因此由 B2 點位再次移動至 B5 點位，嘗試收集 9 月 18 日晚間未收集到的 B5 夜間資料。

七、9 月 21 日（一）上午 8 點半檢視量測結果，又發生了異常中斷，約略是晚間 10 點左右中斷。惟因行程及班機因素，只得將儀器裝箱打包，雖然 B5 點位無法獲得夜間資料，但也累積了不少日間資料，可提供主辦單位作為參考。

八、9 月 22 日（二）上午 9 點抵達巴黎戴高樂機場，搭機返回桃園國際機場。

九、9 月 23 日（三）下午 17 點抵達桃園國際機場。

活動剪影



國際度量衡局 (BIPM) 入口



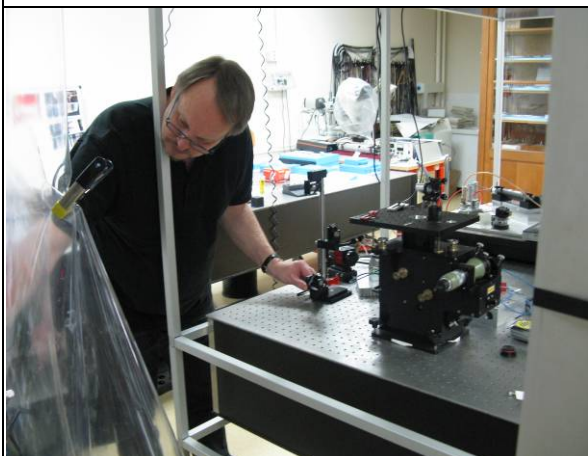
國際度量衡局 (BIPM) 一隅



內政部 FG5-224 木箱運抵 BIPM 倉庫



使用渦輪泵浦抽真空



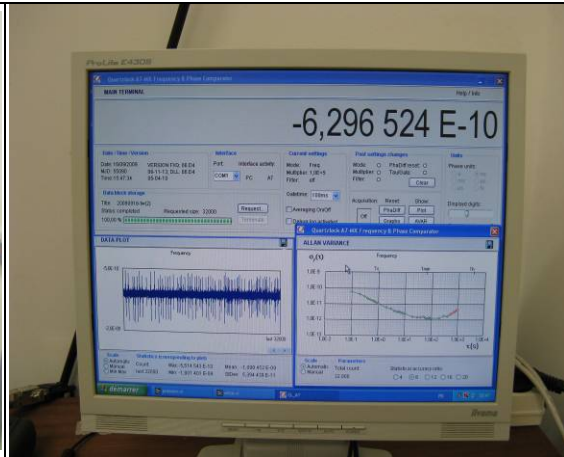
碘穩頻雷射波長校正作業 1



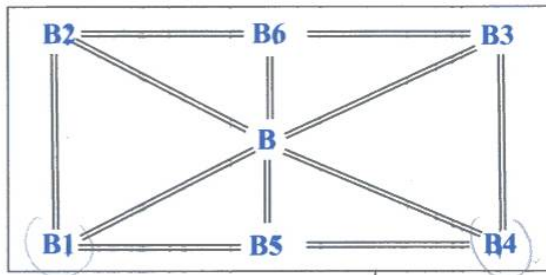
碘穩頻雷射波長校正作業 2



鈷鐘頻率校正作業中



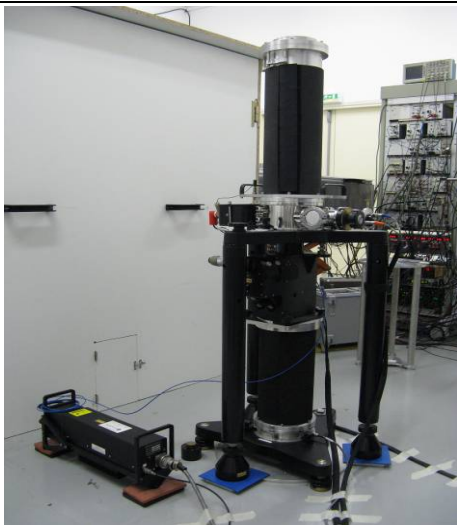
鈷鐘頻率校正結果



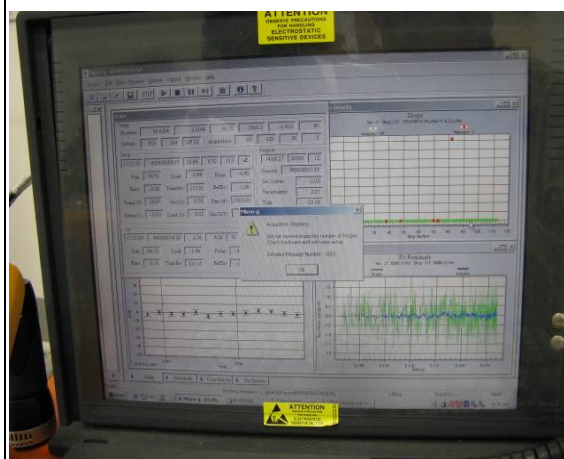
Site B 各絕對重力點位示意圖



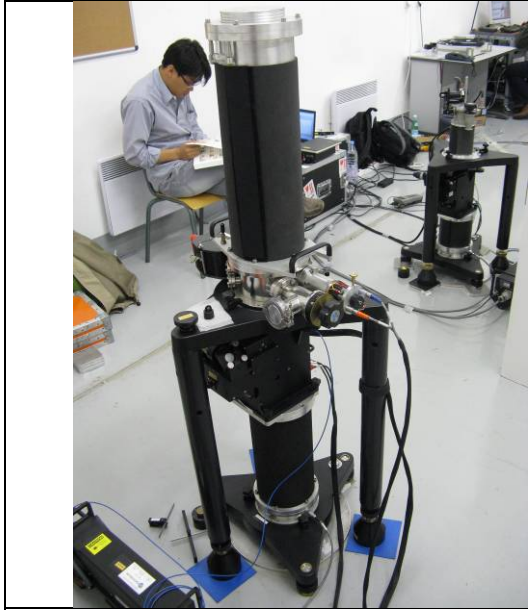
9月17日 FG5-24 架設於 B6



9月18日 FG5-24 架設於 B5



9月18日量測中斷「g」軟體畫面



9月19日 FG5-224 架設於 B2



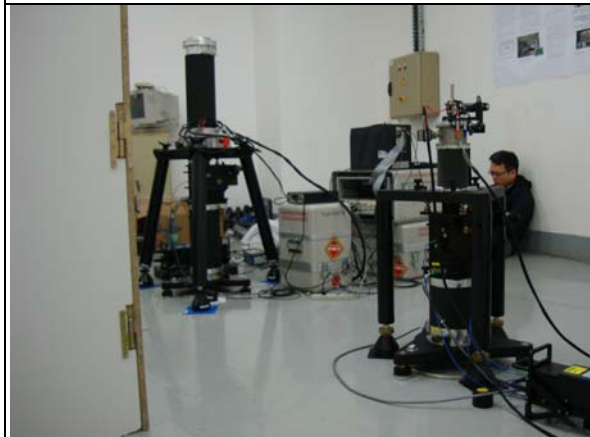
以膠帶固定轉接頭



9月20日 FG5-224 架設於 B5



9月20日量測中斷「g」軟體畫面



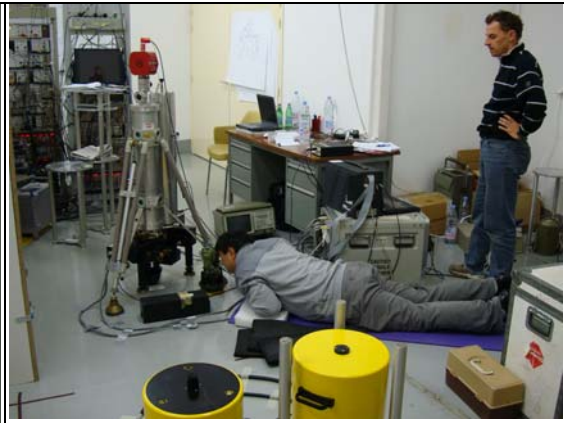
日本團隊所使用 FG5 (左)



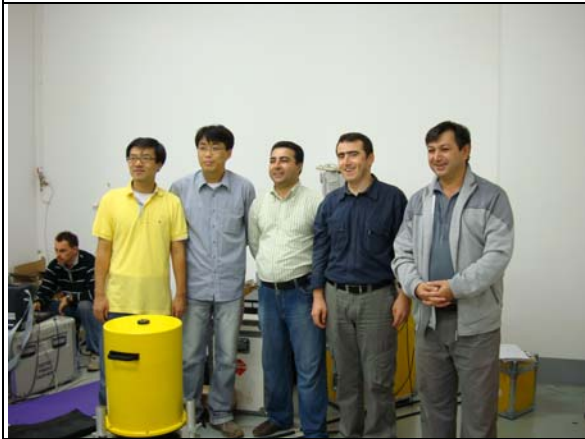
韓國團隊 FG-L 問題排除中



Site B 的 B6 點位



奧地利 JILA 儀器設定



韓國與土耳其團隊於 A10 前合影



我國、韓國與土耳其團隊合影



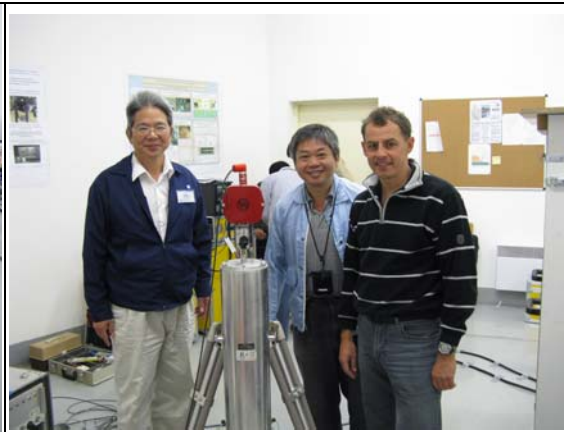
於土耳其 A10 前留影



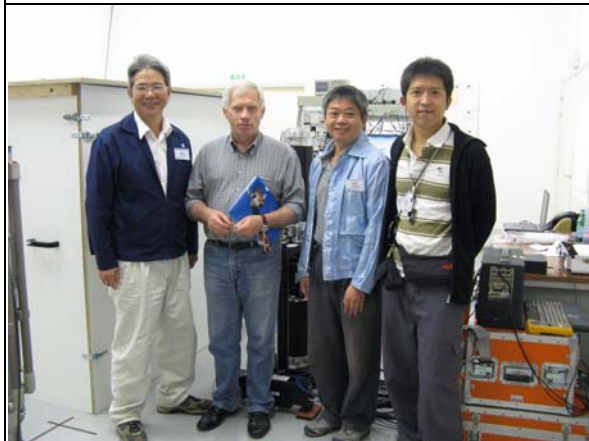
法國實驗中之原子重力儀



FG5-224 於 B2 作業中



與奧地利團隊合影



我團隊與活動負責人 Dr. Leonid Vitushkin 合影



作業完成，儀器打包裝箱



與德國團隊成員胡華博士合影



德國自製 MPG-2.2 絕對重力儀

伍、觀測資料及成果分析

一、觀測地點：國際度量衡局(Bureau International des Poids et

Mesures, BIPM)重力室B內。

二、執行人員：內政部陳南松、工研院李瓊武、工研院謝文祺

三、儀器資訊

4.1 絕對重力儀

型號	序號	出廠高度 (cm)
FG5	224	116.37

4.2 鈷頻率標準器：頻率=9 999 999.989 10 Hz

4.3 碘穩頻氦氖雷射

型號	序號	調整頻率 (Hz)
WEO100	200	8 333.350

四、每日觀測資料及成果

(一) 9月17日(夜間)

1. 量測結果

絕對重力值 (μGal)	擴充不確定度 (μGal)	重力梯度值 ($\mu\text{Gal cm}^{-1}$)
980 927 995.1	4.5	-2.876

註1：絕對重力值係基點 90 cm 高度位置¹。

註2：擴充不確定度係在 95%信賴水準，涵蓋因子 2.0 之信賴區間⁵。

註3：1 $\mu\text{Gal} = 1 \times 10^{-8} \text{ m s}^{-2}$ 。

2. 測量說明

2.1 觀測日期

本測量作業係於 2009 年 9 月 17 日至 2009 年 9 月 18 日期間執行。

2.2 測點資訊

點號	緯度(°)	經度(°)	高程(m)
B6	48.829 40	2.219 40	56.33

2.3 相關設定

2.3.1 雷射設定：

波段	波長(nm)	電壓值(V)
ID	632.991 177 54	0.53
IE	632.991 194 73	0.12
IF	632.991 212 59	-0.22
IG	632.991 230 23	-0.54
IH	632.991 368 90	-1.36
II	632.991 398 22	-1.50
IJ	632.991 427 04	-1.43

2.3.2 架設高度(上盤高+下盤高)：11.85 cm

2.3.3 換算高度：90.00 cm

2.3.4 梯度值： $-2.876 \mu\text{Gal cm}^{-1}$

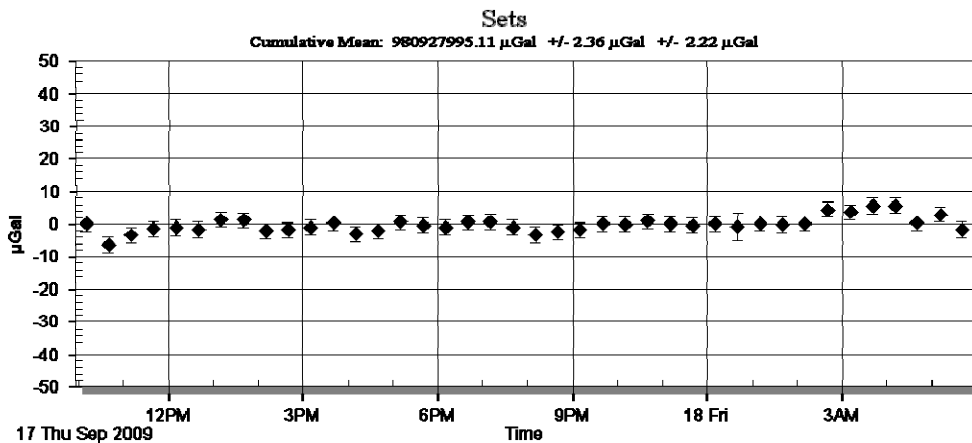
2.3.5 實驗設定：

組間距(min)	下落間距(sec)	下落/組
30	5	40

2.4 量測結果補充說明

檔名	組離散度	量測精度	總組數	使用下落數	排除下落數
B6 09260a	2.4 μGal	0.4 μGal	40	4 695	105

2.5 Set Gravity 圖檔



(二) 9月18日(夜間)

1. 量測結果

絕對重力值 (μGal)	擴充不確定度 (μGal)	重力梯度值 ($\mu\text{Gal cm}^{-1}$)
980 928 015.1	4.6	-2.955

註1：絕對重力值係基點 90 cm 高度位置¹。

註2：擴充不確定度係在 95%信賴水準，涵蓋因子 2.0 之信賴區間⁵。

註3：1 $\mu\text{Gal} = 1 \times 10^{-8} \text{ m s}^{-2}$ 。

2. 測量說明

2.1 觀測日期

本測量作業係於 2009 年 9 月 18 日至 2009 年 9 月 19 日期間執行。

2.2 測點資訊

點號	緯度(°)	經度(°)	高程(m)
B5	48.829 40	2.219 40	56.33

2.3 相關設定

2.3.1 雷射設定：

波段	波長(nm)	電壓值(V)
ID	632.991 177 54	0.39
IE	632.991 194 73	-0.05
IF	632.991 212 59	-0.36
IG	632.991 230 23	-0.66
IH	632.991 368 90	-1.36
II	632.991 398 22	-1.50
IJ	632.991 427 04	-1.43

2.3.2 架設高度(上盤高+下盤高)：11.95 cm

2.3.3 換算高度：90.00 cm

2.3.4 梯度值：- 2.955 $\mu\text{Gal cm}^{-1}$

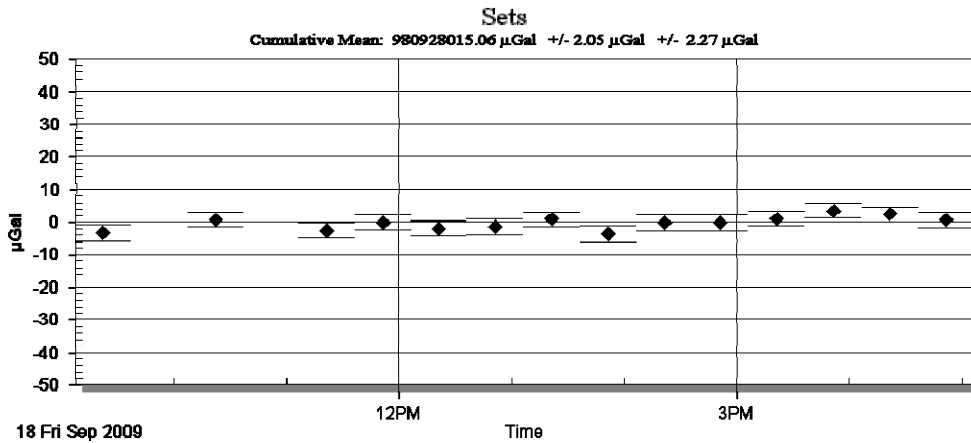
2.3.5 實驗設定：

組間距(min)	下落間距(sec)	下落/組
30	5	15

2.4 量測結果補充說明

檔名	組離散度	量測精度	總組數	使用下落數	排除下落數
B5 09261a+b	2.1 μGal	0.6 μGal	14	1 580	100

2.5 Set Gravity 圖檔



(三) 9月19日(白天)

1. 量測結果

絕對重力值 (μGal)	擴充不確定度 (μGal)	重力梯度值 ($\mu\text{Gal cm}^{-1}$)
980 928 015.8	4.7	-2.955

註 1：絕對重力值係基點 90 cm 高度位置¹。

註 2：擴充不確定度係在 95%信賴水準，涵蓋因子 2.0 之信賴區間⁵。

註 3：1 $\mu\text{Gal} = 1 \times 10^{-8} \text{ m s}^{-2}$ 。

2. 測量說明

2.1 觀測日期

本測量作業係於 2009 年 9 月 19 日執行。

2.2 測點資訊

點號	緯度(°)	經度(°)	高程(m)
B5	48.829 40	2.219 40	56.33

2.3 相關設定

2.3.1 雷射設定：

波段	波長(nm)	電壓值(V)
----	--------	--------

ID	632.991 177 54	0.39
IE	632.991 194 73	- 0.05
IF	632.991 212 59	- 0.36
IG	632.991 230 23	- 0.66
IH	632.991 368 90	- 1.36
II	632.991 398 22	- 1.50
IJ	632.991 427 04	- 1.43

2.3.2 架設高度(上盤高+下盤高)：11.95 cm

2.3.3 換算高度：90.00 cm

2.3.4 梯度值：- 2.955 $\mu\text{Gal cm}^{-1}$

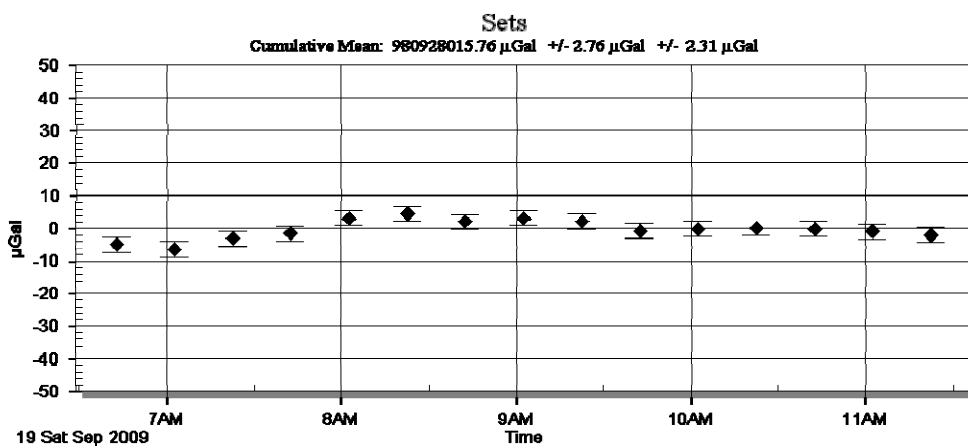
2.3.5 實驗設定：

組間距(min)	下落間距(sec)	下落/組
20	5	15

2.4 量測結果補充說明

檔名	組離散度	量測精度	總組數	使用下落數	排除下落數
B5 09261c+d	2.8 μGal	0.8 μGal	15	1 726	74

2.5 Set Gravity 圖檔



(四) 9月19日(夜間)

1. 量測結果

絕對重力值 (μGal)	擴充不確定度 (μGal)	重力梯度值 ($\mu\text{Gal cm}^{-1}$)
980 927 994.0	4.5	- 2.803

註 1：絕對重力值係基點 90 cm 高度位置¹。

註 2：擴充不確定度係在 95%信賴水準，涵蓋因子 2.0 之信賴區間⁵。

註 3：1 $\mu\text{Gal} = 1 \times 10^{-8} \text{ m s}^{-2}$ 。

2. 量測說明

2.1 觀測日期

本測量作業係於 2009 年 9 月 19 日至 2009 年 9 月 20 日期間執行。

2.2 測點資訊

點號	緯度(°)	經度(°)	高程(m)
B2	48.829 40	2.219 40	56.33

2.3 相關設定

2.3.1 雷射設定：

波段	波長(nm)	電壓值(V)
ID	632.991 177 54	0.44
IE	632.991 194 73	0.05
IF	632.991 212 59	- 0.30
IG	632.991 230 23	- 0.61
IH	632.991 368 90	- 1.36
II	632.991 398 22	- 1.50
IJ	632.991 427 04	- 1.43

2.3.2 架設高度(上盤高+下盤高)：12.15 cm

2.3.3 換算高度：90.00 cm

2.3.4 梯度值：- 2.803 $\mu\text{Gal cm}^{-1}$

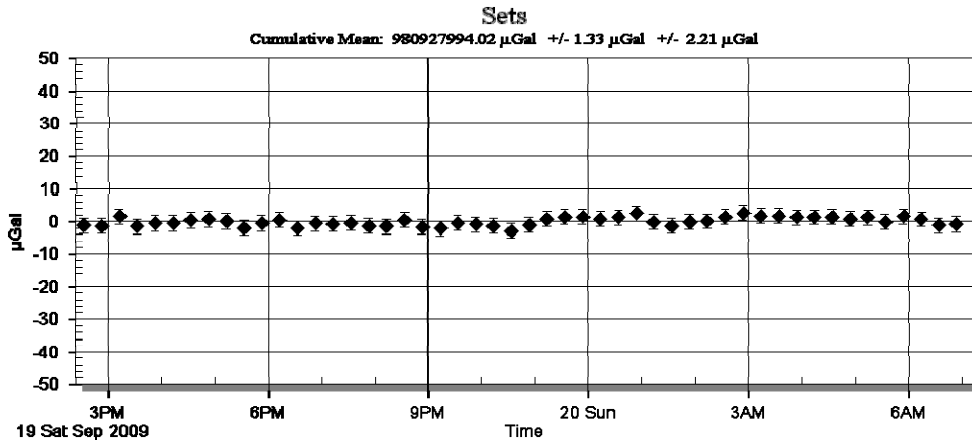
2.3.5 實驗設定：

組間距(min)	下落間距(sec)	下落/組
20	5	60

2.4 量測結果補充說明

檔名	組離散度	量測精度	總組數	使用下落數	排除下落數
B2 09262a	1.3 μGal	0.2 μGal	52	6 158	82

2.5 Set Gravity 圖檔



(五) 9月20日

1. 量測結果

絕對重力值 (μGal)	擴充不確定度 (μGal)	重力梯度值 ($\mu\text{Gal cm}^{-1}$)
980 928 017.2	4.5	-2.955

註 1：絕對重力值係基點 90 cm 高度位置¹。

註 2：擴充不確定度係在 95% 信賴水準，涵蓋因子 2.0 之信賴區間⁵。

註 3：1 $\mu\text{Gal} = 1 \times 10^{-8} \text{ m s}^{-2}$ 。

2. 量測說明

2.1 觀測日期

本量測作業係於 2009 年 9 月 20 日執行。

2.2 測點資訊

點號	緯度(°)	經度(°)	高程(m)
B5	48.829 40	2.219 40	56.33

2.3 相關設定

2.3.1 雷射設定：

波段	波長(nm)	電壓值(V)
ID	632.991 177 54	0.47
IE	632.991 194 73	0.08
IF	632.991 212 59	-0.26
IG	632.991 230 23	-0.58

IH	632.991 368 90	- 1.36
II	632.991 398 22	- 1.50
IJ	632.991 427 04	- 1.43

2.3.2 架設高度(上盤高+下盤高)：11.90 cm

2.3.3 換算高度：90.00 cm

2.3.4 梯度值：- 2.955 $\mu\text{Gal cm}^{-1}$

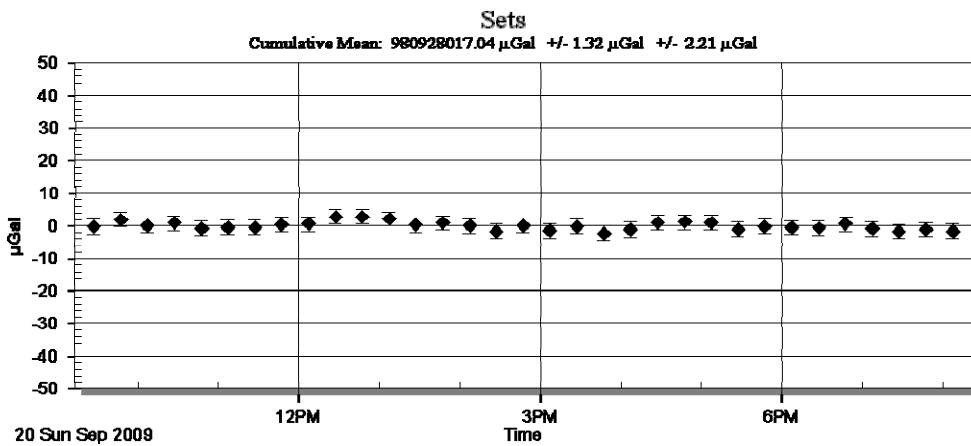
2.3.5 實驗設定：

組間距(min)	下落間距(sec)	下落/組
20	5	72

2.4 量測結果補充說明

檔名	組離散度	量測精度	總組數	使用下落數	排除下落數
B5 09263a	2.1 μGal	0.4 μGal	33	3 903	57

2.5 Set Gravity 圖檔



五、成果統計分析

綜上，我團隊於9月16日到BIPM調校絕對重力儀FG5-224，9月17日至9月21在B區(Site B)之B2、B5及B6等3點位，進行每點位至少連續12小時絕對重力觀測，比較3點位本次觀測初步結果(2009)與2005年參考值(2005gr)結果如表3，顯示較差約 $(2.7 \sim 3.6) \times 10^{-8} \text{ m s}^{-2}$ ，具一致性。

表 3 我國團隊絕對重力儀初步測量成果

Date	Polar Day	Site	Time	Set	Drop	Actual Height	Gradient	Gravity 980920000 + uGal (2009)	Gravity 980920000+ uGal (2005gr)	(2009) - (2005gr) uGal
2009/9/17	260	B6	9/17 10:00 ~ 9/18 05:50	40	4,695	128.22	-287.6	7995.1	7997.8	-2.7
2009/9/18	261	B5	9/18 09:10 ~ 9/18 17:00	14	1,580	128.32	-295.5	8015.1	8020.5	-5.4
2009/9/19	262	B5	9/19 06:30 ~ 9/19 11:30	15	1,726	128.32	-295.5	8015.8	8020.5	-4.7
2009/9/19	262	B2	9/19 13:30 ~ 9/20 07:00	52	6,158	128.52	-280.3	7994.0	7997.6	-3.6
2009/9/20	263	B5	9/20 09:20 ~ 9/20 20:20	33	3,903	128.27	-295.5	8017.2	8020.5	-3.3
(90 cm in height above the station)										

經初步計算分析，此次比對工作的量測品質相當理想，顯示內政部絕對重力儀（FG5-224）仍保持高精度儀器性能，且其精確等級與其他國家儀器相當，更證明我方的技術層面已達國際水準。此結果僅是初步計算結果，我們仍待國際度量衡（BIPM）進一步公布第八屆國際絕對重力測量比對工作成果報告，提供內政部絕對重力儀（FG5-224）量測率定標準

陸、心得與建議

一、心得

- (一) 本次比對工作行前準備早已整備完成，亦有 93 年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經驗、94 年參加國際重力儀比對、95 年台法合作、96 年韓國絕對重力率定等諸多經驗，然而在國外期間卻還是發生許多預料中及預料之外的事情，所幸尚能夠完成任務，在各突發事件發生與排除之後，對於提升絕對重力測量能力與經驗有莫大的助益。
- (二) 內政部絕對重力儀於 92 年底購置，至 98 年間，每年絕對重力儀器進出實驗室進行野外量測若干次，作業負荷大，除耗材本身的置換之外，儀器本身的機件老化與疲乏已是可以預期，當然，不同的使用單位與不同的操作人員的不當使用，也間接造成對儀器本身的傷害。為能維持儀器正常運作，應將絕對重力儀定期送回原廠調校整修。
- (三) 經初步計算分析，此次比對工作的量測品質相當理想，顯示內政部絕對重力儀 (FG5-224) 仍保持高精度儀器性能，且其精確等級與其他國家儀器相當，更證明我方的技術層面已達國際水準。此結果僅是初步計算結果，我們仍待國際度量衡 (BIPM) 進一步公布第八屆國際絕對重力測量比對工作成果報告，提供內政部絕對重力儀 (FG5-224) 量測率定標準。
- (四) 絕對重力測量係屬高科技之測量技術，國際上有此能力之國家並不多，經多次參與國際間活動，我國已經具有國際級絕對重力測量技術，並建置國家重基準站，引進超導重力儀，加入國際學術組織 Global Geodynamic Project (GGP) 之運作。此外，內政部推動空載重力測量及海洋重力測量工作成效良好，國際上漸已獲關注，如內政部可寬籌經費、積極加入國際測繪合作事項，藉由國際合作計畫，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，亦可藉由

學術交流，增加國家能見度。

- (五) 本次絕對重力比對活動係由聯合國之國際度量衡局所負責，參與者為國際上實際從事絕對重力測量之各國團隊，我團隊參與比對活動，可拓展吾人之國際視野，並藉由比對活動中與其他參與團隊進行交流，受益良多。
- (六) 按國土測繪法已於 96 年 3 月 21 日公布施行，內政部為中央主管機關，負有諸多國家測繪任務，另所轄國土測繪中心之業務亦已逐漸轉型，從事基本測量及部分應用測量，吾人深覺國際上測繪科技及業務之與時俱進、國際合作之必要性及國內之測繪業務整合，在在均需由專責獨立之測繪機構積極從事，內政部實有依國土測繪法第 4 條第 2 項規定檢討中央主管機關掌理事項委任國土測繪中心辦理，並考慮提升該中心之層級，以執行全國之測量事務及推展國際合作事項。

二、建議

- (一) 現階段測繪技術，實為高科技之運用，建議內政部及所屬國土測繪中心鼓勵所屬員工，積極進修，吸收新知，以因應測繪科技工作所需。
- (二) 建議內政部及所屬國土測繪中心寬列經費，積極參與國際性測繪學術，持續參加國際合作事務，以提升我國測繪技術品質，藉由技術交流，增加國家能見度。
- (三) 建議內政部依國土測繪法第 4 條第 2 項規定檢討中央主管機關掌理事項，擴大委任國土測繪中心辦理，並考慮提升該中心之層級，以執行全國之測量事務及推展國際合作事項。