

出國報告（出國類別：考察）

## 考察國家測繪資訊於防救災應用系統之建置、資料處理及應用作業

服務機關：內政部國土測繪中心

姓名職稱：蕭世民技士

派赴國家：日本

出國期間：中華民國 98 年 8 月 31 日至 9 月 5 日

報告日期：中華民國 98 年 11 月 25 日

## 摘 要

日本地處太平洋板塊、菲律賓板塊、北美板塊及歐亞板塊等 4 個板塊交界處，地形構造與台灣相近，地震發生的頻率高於台灣，投入大量的時間及資源在防救災領域研究上，多項相關技術值得我們參考學習。國土地理院為觀測地殼變動所建置之 GPS 連續觀測基準網 GEONET 系統，擁有分布全日本約 1240 個 GPS 連續觀測站，站與站間之間隔約 20~25 公里，為目前全球少見之大規模基準網。透過高密度分布和全天候 24 小時觀測，配合控制中心的解算，其成果在地殼變動和災害防治領域起了極大的效用。另為對海底板塊移動進行更詳細的觀察，海上保安廳海洋情報部自 2000 年起陸續在日本外海設立海底基準點，配合 GPS 動態定位與水下音波測距技術進行海底大地測量，持續監測海底地殼變動量。本次參訪行程，考察日本海上保安廳海洋情報部海底地殼變動監測之建置作業及其資訊與防災系統之應用情形；國土地理院所管理之國家測繪資訊，如衛星定位基準站位移速度於防救災應用系統之建置、資料處理、應用作業及關聯性，以作為本中心未來業務推展及研究發展之參考。

# 目 錄

壹、目的-----	1
一、計畫緣起-----	1
二、考察主題-----	2
貳、考察單位-----	5
一、海上保安廳海洋情報部-----	5
二、國土地理院-----	9
參、參訪過程-----	13
一、海上保安廳海洋情報部-----	13
二、國土地理院-----	26
肆、心得與建議-----	40
伍、參考資料-----	44
附錄：參訪照片-----	45

# 壹、目的

## 一、計畫緣起：

本中心掌理全國測繪方案、測繪法令及測量基準之研擬；基本測量之執行及成果管理維護；衛星基準站即時定位系統之規劃、建置、營運及管理維護；地籍測量、地形測量、海洋測量之執行及成果管理維護；國土測繪資料庫之規劃、建置、管理維護及整合流通及其他有關國土測繪事項等。

爲因應國際間 GPS 即時動態定位的蓬勃發展，本中心於 2004 年起開始籌建「e-GPS 即時動態定位系統」，結合於全國各地所建置之 GPS 衛星定位基準站全天候 24 小時連續觀測資料，配合網際網路及無線數據通訊傳輸技術，提供使用者即時動態定位的服務，除可提升 RTK 定位精度與可靠度及大幅延展 RTK 有效作業範圍之外，更可協助訂定國家級測量基準、維護國家坐標系統及地球科學領域研究等多目標增值應用。另由於台灣位處於歐亞板塊和菲律賓板塊的交界上，有活躍的碰撞與隱沒交互作用，地震活動頻繁，爲了解台灣海域地殼變形資料及更詳盡的板塊相對運動速度，本中心於 2008 年委託辦理「臺灣地區實施海底大地測量可行性先期研究」，進行未來臺灣地區辦理海底大地測量可行性評估及規劃。

基於本中心業務發展所需，計畫透過訪查先進國家以引進相關經驗作爲參考。日本地處太平洋板塊、菲律賓板塊、北美板塊及歐亞板塊等 4 個板塊交界處，地形構成與台灣類似，地震發生的頻率更勝台灣，在 GPS 基準站的密度和海底地殼監測等領域皆在國際間處於領先地位，故本次參訪行程，考察日本海上保安廳海洋情報部海底地殼變動監測之建置作業及其資訊與防災系統之應用情形；國土地理院所管理之國家測繪資訊，如衛星定位基準站位移速度於防救災應用系統之建置、資料處理、應用作業及關聯性，以作爲本中心未來業務推展及研究發展之參考。



## 二、考察主題：

### (一) 國家測繪資訊如衛星基準站之位移速度於防救災應用系統之建置、資料處理、應用作業及關聯性。

本中心掌理全國基本測量之執行及成果管理維護；衛星基準站即時定位系統之規劃、建置、營運及管理維護；地形測量、海洋測量之執行及成果管理維護；國土測繪資料庫之規劃、建置、管理維護及整合流通及其他有關國土測繪事項等，擁有豐富之測繪資料，惟如何將其互相結合，創造多元化之加值應用，增加測量業務的應用面，實為本中心今後努力之目標。

國土地理院為日本中央測繪機關，主管各項基本測量業務，在防災方面的主要任務為預防災害、減輕災害及災後的重建協助。為了進行防災業務及有助於國民的防災活動，蒐集地殼活動等自然現象，並結合地形、土地利用等的地理資訊，在適當的時機向相關機關及國民提供是首要任務。

1. 在防止災害，或災害發生時將損害控制在最小限度部分，進行以地殼變動觀測為首的國土監視，促進有關災害及防災的研究，致力於提高防災技術，同時，針對地形、土地條件等與防災相關的地理資訊進行整理，向相關機關及國民提供這些訊息，努力確保國民的安全。
2. 當災害發生或有發生的可能情況下，對相關機關提供有助於擬定災害緊急應對策略為首要任務，例如加強地殼變動的觀測，利用飛機、人造衛星和實地緊急測量等方式進行現況資料收集，同時向相關機關及國民提供防災相關訊息。
3. 當災害發生後，為有助於災區迅速重建恢復舊貌，須全力投入災區基本控制點的重建，地形圖的修正等測量作業。

另為進行國土地殼變動監測，國土地理院自 1994 年起陸續建置分布全日本的 GPS 基準站，至 2009 年為止共有約 1,240 個基準站，站與站間的平均距離約為 25 公里，除部分位於較偏遠地區的基準站外，其餘基準站的衛星觀測資料皆

可即時傳送回國土地理院計算中心，將各基準站的資料進行定期解算，而觀測資料（30 秒 1 筆）和每天解算出的基準站坐標，則公佈在專屬網站上供各界下載使用，除此之外，還能針對發生地震或火山活動的地區進行小範圍即時解算，以公厘級的精度對地殼變形進行監測。

本次考察規劃瞭解日本國土地理院，如何將國家測繪資訊應用在防災領域，對政府擬訂防救災政策提出幫助，當災害發生時，如何為社會貢獻一己之力，以維人民安全福祉。

## （二）監測海底大地變動建置作業及其資訊與防災系統之應用情形。

台灣位處於歐亞板塊和菲律賓板塊的交界上，是多年前兩個板塊互相擠壓而隆起的島嶼，東南方是菲律賓板塊，西北方則為歐亞板塊，這兩個板塊從台灣東方的琉球海溝劃過台灣東部，向南延伸至馬尼拉海溝，有活躍的碰撞與隱沒交互作用。其中菲律賓海板塊不斷的向西北方移動擠壓，沿著臺灣東北方的琉球海溝向下隱沒到歐亞板塊下；同時歐亞板塊在台灣東部沿著臺東縱谷往南至馬尼拉海溝向下隱沒至菲律賓板塊下。也由於複雜的板塊交錯，使得台灣的地震頻繁，對國民的生命財產造成相當大的威脅，甚至成為心中揮之不去的夢魘。

自 2000 年起，日本海上保安廳海洋情報部透過與東京大學生產技術研究所的共同合作，開始進行海底地殼變動的監測。參考地震發生頻繁的區域，在日本沿海逐漸設置海底基準點以進行監測，從日本東北到四國的太平洋海底至今已設置了 10 多組的海底基準點來進行觀測，每組基準點相隔約 100 公里，設置地點的海底深度由 400 公尺至 2400 公尺，近幾年來不管是在船舶和觀測儀器等硬體方面，或是成果解算等軟體方面，皆有十分豐碩的成果與進展。

為深入瞭解台灣海域地殼變動狀況，本中心於 2008 年委託辦理「臺灣地區實施海底大地測量可行性先期研究」，該案主要在蒐集國內外海底大地測量實施現況、目的與效益及規劃台灣未來辦理海底大地測量之海域海底地形研析、選址條件、布設地點、可能布設數量，及其他可能相關必須蒐集資料、未來臺灣地區辦理海底大地測量可行性評估、及海上中長距離動態定位與海下音波定位成果聯合處理技術之研發，提升發展海底大地測量觀測之能力。

本次考察規劃瞭解海洋情報部於海底地殼變動監測的建置作業，目前監測技術的發展現況，及其資料在防災系統之應用情形。

## 貳、考察單位

本次考察由本中心控制測量課蕭世民技士前往日本考察，期間為 98 年 8 月 31 日至 98 年 9 月 5 日止，共計 6 日，主要考察重點為訪查先進國家之國家測繪資訊如衛星定位基準站位移速度、海底地殼變動監測於防救災應用系統之資料處理、應用作業及關聯性，以引進相關經驗作為本中心未來業務推展及研究發展之參考。有關本次考察行程詳如下表。

日期			起迄地點	行程概要
月	日	星期		
8	31	一	中正機場－東京	啓程
9	1	二	東京	資料整理
9	2	三	東京	參訪海上保安廳海洋情報部 ( Hydrographic and Oceanographic Department )
9	3	四	東京	參訪國土地理院 ( Geographical Survey Institute )
9	4	五	東京	資料整理
9	5	六	東京－中正機場	返程

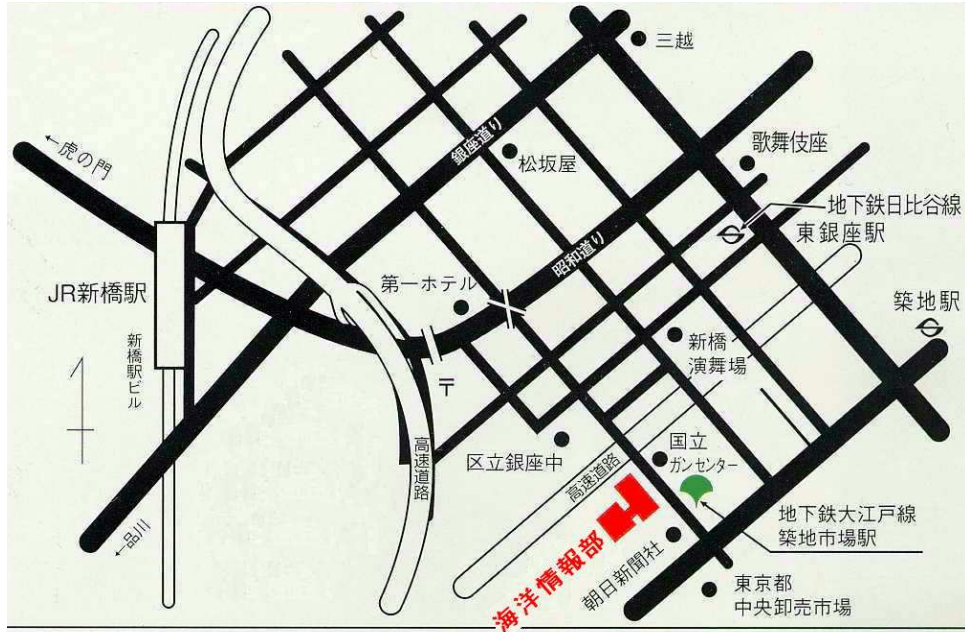
### 參訪單位：

#### 一、 海上保安廳 海洋情報部

地址：〒104-0045 東京都中央区築地 5 - 3 - 1

電話：03-3541-3811

<http://www1.kaiho.mlit.go.jp/>



海上保安廳是以維持日本海上安全及治安為目的的行政機關，屬於國土交通省。在工作細目上主要是海難救助、交通安全、防災及環境保全、治安維持的任務，但實際上是海洋權益保全（領海警備、海洋調查）。

本次所拜訪之機關為海上保安廳所屬轄下海洋情報部，其主要業務為提供電子海圖和水路誌等有助於航海安全的情報資訊，有關海底火山和漂流物的訊息速報，進行對領海的調查，海流、潮流的觀測，航海必要的天文信息的收集與提供，其前身為舊日本海軍水路部。

其主要業務可區分為測量觀測、情報提供及研究業務三大類，分述如下：

#### (一) 測量觀測業務：

1. 水路測量-與海圖的基本訊息、海洋的測量和港灣的現狀等有關的水路圖雜誌等的提供，實施港灣測量，沿岸測量。
2. 地磁氣測量-因受地磁氣影響，磁針表示的方向會因地而異，於八丈水路觀測所連續觀測後，每5年製作地磁圖。
3. 海上重力測量-調查海上的重力異常。
4. 海洋觀測業務-為保障海上交通的安全，對海流的現狀進行調查研究和觀

測。

- 5.天文觀測-與各國的天文台配合進行天文觀測,特別擔任星食的觀測業務。
- 6.潮汐觀測-在日本國內 29 處設立驗潮站,提昇潮汐表的精度和潮汐調和定數的計算,以提供高潮和海嘯等的防災情報利用。
- 7.潮流觀測-船舶通行量多的海峽、水道及港灣等潮流預報的實施,潮流圖的出版等。
- 8.海洋污染調查-爲了海洋污染及海洋環境保護的調查。

## **(二) 情報提供業務：**

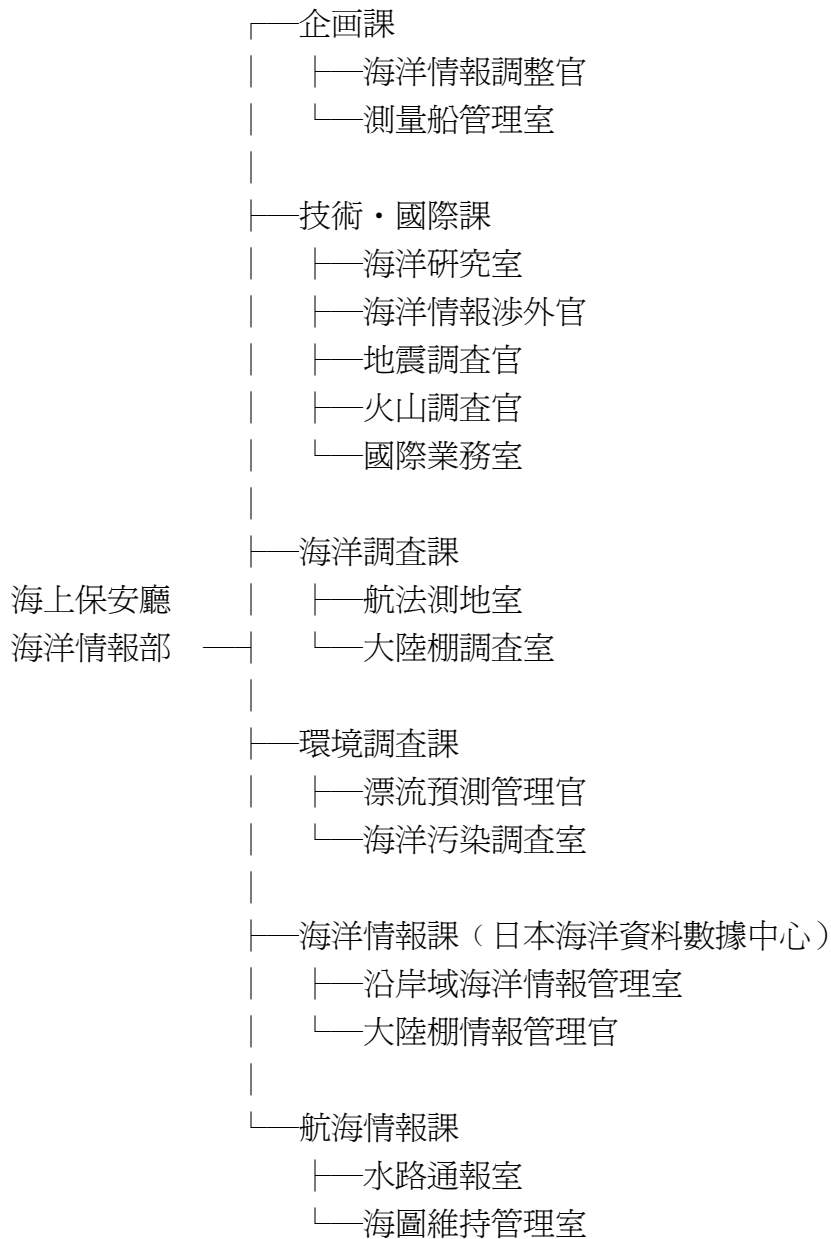
- 1.海圖的編輯、出版-以收集的各種資料做爲基礎,爲了航海安全所必要的海圖的編輯出版。
- 2.潮汐表的編輯、出版-由潮汐觀測所得到的資料做爲基礎,主要港口和水道的各種潮汐信息等的書籍的編輯出版。
- 3.水路書誌的編輯、出版-海洋觀測,天文觀測及港灣調查等的成果,集成水路書誌。
- 4.水路通報的發行-爲了維持水路圖誌的最新狀態,航線標識的變更,在海上的工程和工作,自衛隊和美軍實施的射擊與轟炸訓練等的水路信息,以一週 1 次的頻率用書籍及全球資訊網作更新。由各管區發行轄區水路信息。
- 5.日本海洋資料數據中心-日本唯一綜合的海洋資料數據庫。
- 6.海洋諮詢室-回答海上作業人員、海洋愛好者或一般人對海洋的問題,各種成果發行物的閱覽和舊版海圖的複製。

## **(三) 研究業務：**

- 1.漂流預測模式高度化的研究-爲了確實瞭解海況,以人造衛星對海面水溫數據,海面高度數據等的分析,以掌握水溫、海流的高度。

2.海底狀況的研究-以音響測深機，海底地震計，側面掃描聲納，音響測距裝置等對海底地形進行研究。

3.測地、測量的相關研究開發- GPS 和雷射測距等的測量技術的研究開發。



海上保安廳海洋情報部依其業務性質分為企劃課、技術國際課、海洋調查課、環境調查課、海洋情報課及航海情報課等六個課，本次考察單位為海洋調查課航法測地室。

## 二、國土交通省 國土地理院

地址：〒305-0811 茨城縣筑波市北郷1番

電話：029-864-1111

<http://www.gsi.go.jp/>



國土地理院，由 1869 年時所設置的庶務司地籍圖科為起源，此後經過內務省地理局，參謀本部陸地測量部，內務省地理調查所等等機關改制，在 1960 年時改名為現今的名稱－國土地理院，在 1979 年時由東京目黑遷移到茨城縣筑波市，於 1984 年依國家行政組織法改制為國土交通省之特別機關迄今。



業務內容主要為透過三角點等各式基準點提供定位資訊(經緯度)及海拔高程,經由 GPS 基準站的連續觀測,建立更精準的測量定位,以提供其他政府機關、公共團體應用於公共事務、災害防治或學術研究。另一方面,繪製各種基本圖,尤其是覆蓋全國的 1/25000 地形圖,提供給不同的公共和私營單位作為底圖以進行各方面的應用,如行政區域圖、道路圖或各類主題地圖(土地利用圖、土地現狀圖、火山地形圖、都市區活斷層圖等)。

其主要任務目標為

1. 整理並提供國土的基礎性地理空間資訊。
  - (1) 訂定與國際坐標系統接軌的日本坐標基準。
  - (2) 提供隨時隨地皆能測量的便利環境。
  - (3) 國家基準點網的維護。
  - (4) 在網際網路上提供最新的電子地圖。
  - (5) 提供具備地形地物的地形圖。
  - (6) 保管舊基本圖等貴重國土紀錄。
2. 促進地理空間資訊的有效利用。
  - (1) 實施活用地理空間資訊的政策。
  - (2) 統一測量基準,使各種地理空間資訊保持一致及正確。
  - (3) 創造活用地理空間資訊的環境。
  - (4) 透過基本地圖的提供,來促進地理空間資訊的流通。
  - (5) 透過電子國土 WEB 系統提供地理空間資訊。
  - (6) 為多樣化的社會提供建設的基礎支援。
3. 針對防災與災害重建提供各種地理空間資訊。
  - (1) 地殼變動的監視與災害危險性的分析。
  - (2) 建立對防災有用的地形地物資料。
  - (3) 調查災害的狀況與提供訊息。

4. 透過地理空間資訊的活用與國際合作。

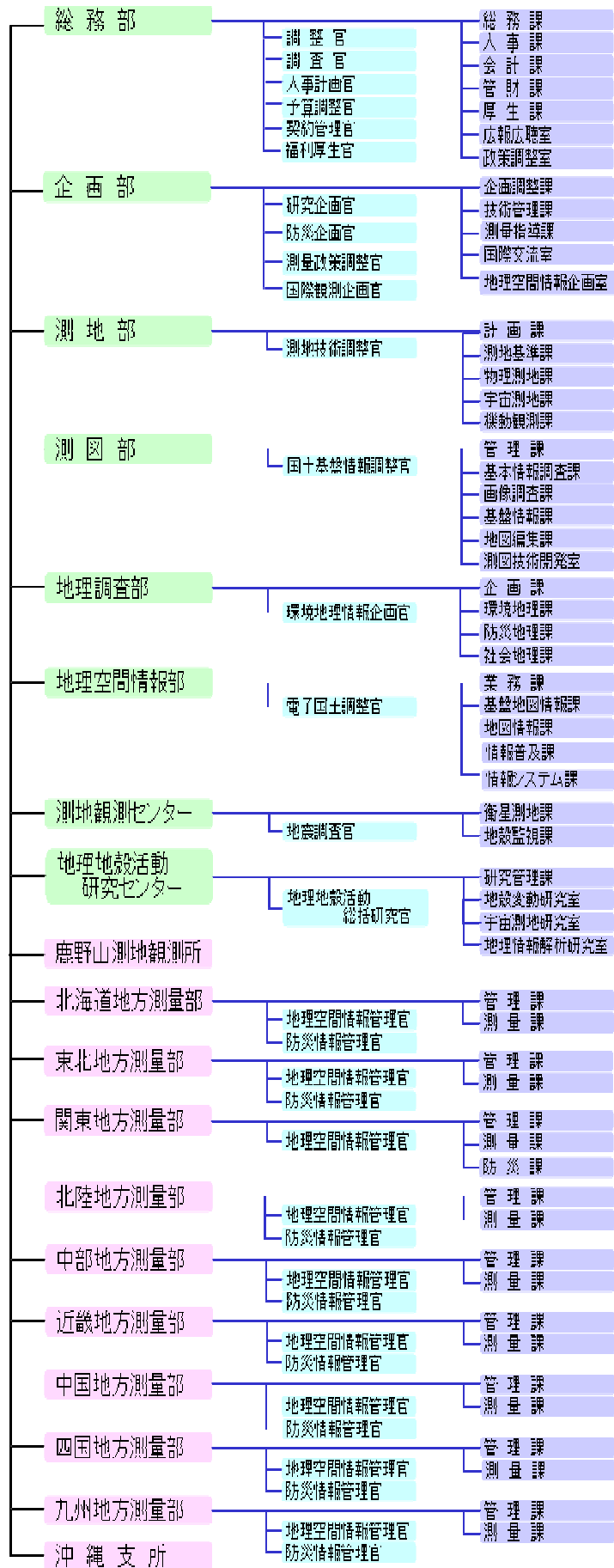
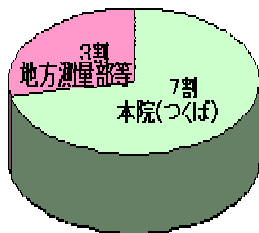
- (1) 建立世界性的基礎地理空間資料（地球地圖）。
- (2) 協助世界各國進行地理空間資料技術的發展。

該院（主要辦公地點）位於茨城縣筑波市，於院下設立總務部、企劃部、測地部、測圖部、地理調查部、地理空間情報部、測地觀測中心及地理地殼活動研究中心等部門。另有北海道、東北、關東、北陸、中部、近畿、中國、四國及九州等 9 個地方測量部分布於全日本各地。

院長

- 参事官
- 主任監査官
- 監査官
- 建設専門官
- 専門調査官
- 調査員

定員 742人

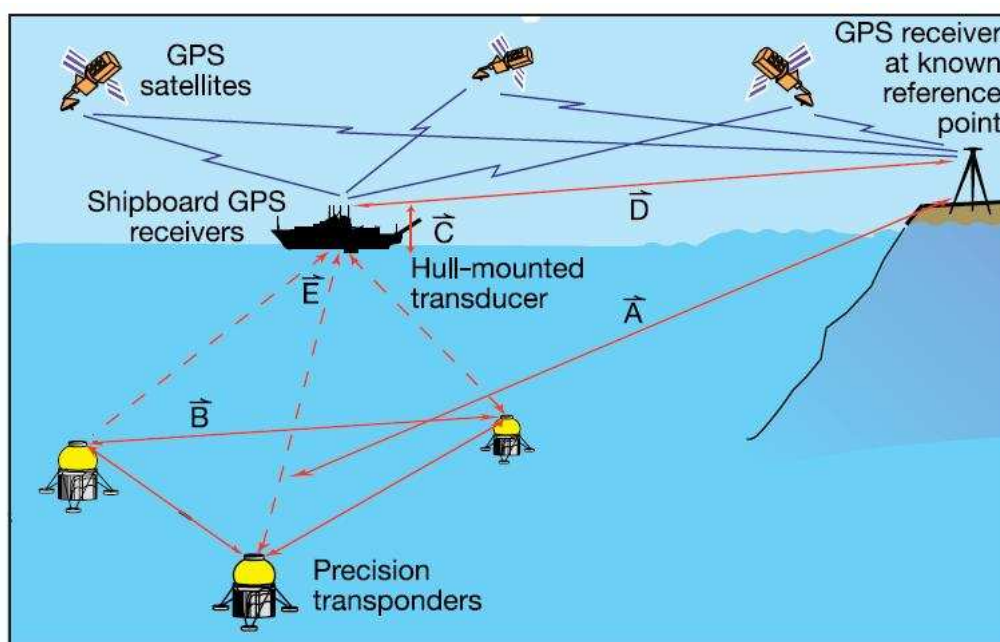


## 參、參訪過程

### 一、海上保安廳海洋情報部：

本次至海上保安廳海洋情報部考察海底大地測量相關技術，考察業務單位為海洋調查課航法測地室，由室長山根勝雄先生及主任衛星測地調查官大門肇先生簡介海洋情報部組織架構及業務屬性。海洋情報部其前身為舊日本海軍水路部，故該單位在海洋測量方面已累積有數十年以上的經驗，本部配有昭洋、拓洋、明洋、天洋及海洋 5 艘測量船及無人測量船じんべい 1 艘，除海底大地測量外，更積極利用各種儀器和技術對日本領海進行廣泛的調查研究。

接著由主任研究官佐藤まりこ小姐進行海底大地測量之簡報，海底大地測量是一種結合動態 GPS 測量及水下音波定位技術，測定海底控制點坐標的觀測方法。由固定於船體的音波轉換器 (Transducer) 發出的音波訊號至海底音波回應器 (Transponder) 的往返走時，測定回應器的相對位置。再藉由船上的 GPS 測量儀與陸上 GPS 參考站的聯測，及船上 GPS 天線與音波轉換器的相對位置關係，可推算音波發射及接收瞬間之音波轉換器大地坐標，結合兩者可得出海底音波回應器的大地坐標。



(Gagnon et al., 2005)

之後一同與佐藤まりこ小姐、大門肇先生及齋藤宏彰先生進行討論及經驗交流，茲將簡報與會談內容整理如下：

#### **(一) 日本辦理海底大地測量的緣由：**

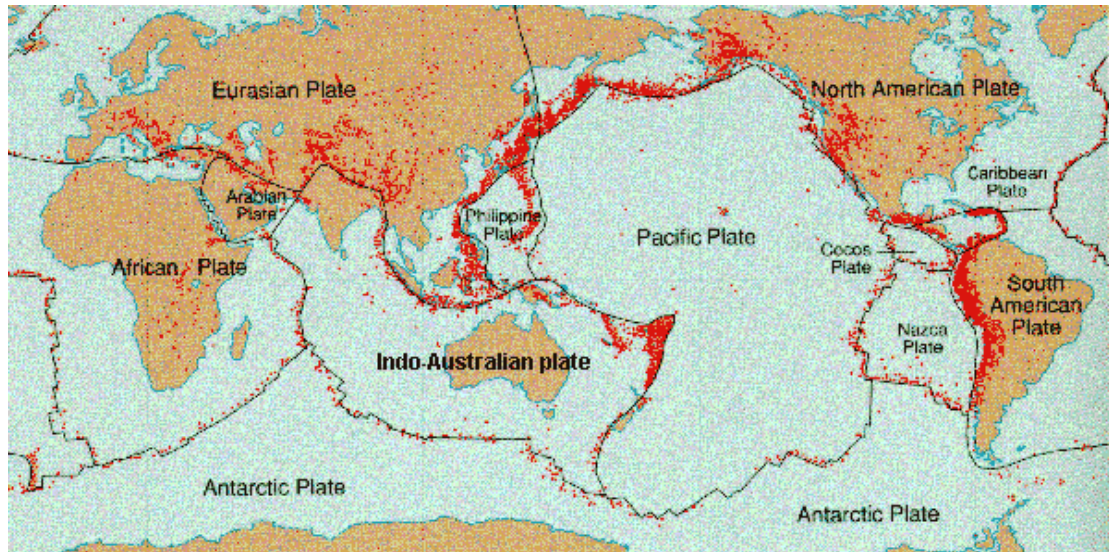
地球表面被 10 幾個厚達數十公里左右的大小岩盤覆蓋著，我們稱其為板塊，其中有 7 個較大的板塊分別為太平洋、歐亞、印度-澳洲、非洲、北美洲、南美洲和南極洲板塊，也有較小的板塊如加勒比海、阿拉伯及菲律賓板塊等；依「板塊構造學說」所述，各個板塊皆浮於軟流圈（asthenosphere）上不斷運動中，向各別的方向每年以數公分的速度移動而相互擠壓。日本國內正好就有 4 個不同板塊互相擠壓移動，分別是太平洋板塊、菲律賓板塊、北美板塊及歐亞板塊，其交會處約在日本沿海太平洋週邊，太平洋板塊和菲律賓板塊分別從日本海溝和南海海槽，向北美及歐亞板塊方向擠壓並往板塊下隱沒。在此同時，由於板塊間磨擦力的作用，當海洋板塊向陸地板塊隱沒時會將上方的部分陸地板塊一起拖入，交界處將慢慢地累積陸地板塊變形的能量，當此變形量累積到了一定的限度，蓄集的能量會發生爆發性的破壞使板塊回復之前的狀況，這種時候都會伴隨著海底地震及海嘯等災害。

如前所述，這種板塊交界處的地震是無法避免且會重複發生，故為因應此種地震的發生，如何預先防範以減低帶來的傷害變成首要任務；由於在板塊交界帶的各個地方，海洋板塊及陸地板塊間的黏著程度有所不同，有的地方板塊間的摩擦力大，造成陸地板塊不斷被拖入，板塊變形的能量在該處就會不斷持續累積；有的地方板塊間幾乎沒有黏著，在此能量就不會被累積。

因此，詳細估計板塊交界帶每個地方的黏著程度對於易發生地震區域的預測會有相當大的幫助。基於這樣的觀點，日本一開始採用透過陸上的 GPS 連續觀測站來收集地殼變動的數據，開始嘗試分析板塊間的黏著狀況，然而，在日本發生的大規模地震震源卻往往在日本領海的海底，僅靠陸地上的資料難以對海底狀況進行詳細分析，為了更了解板塊間的狀況，必須更接近震源位置來取得地殼變動

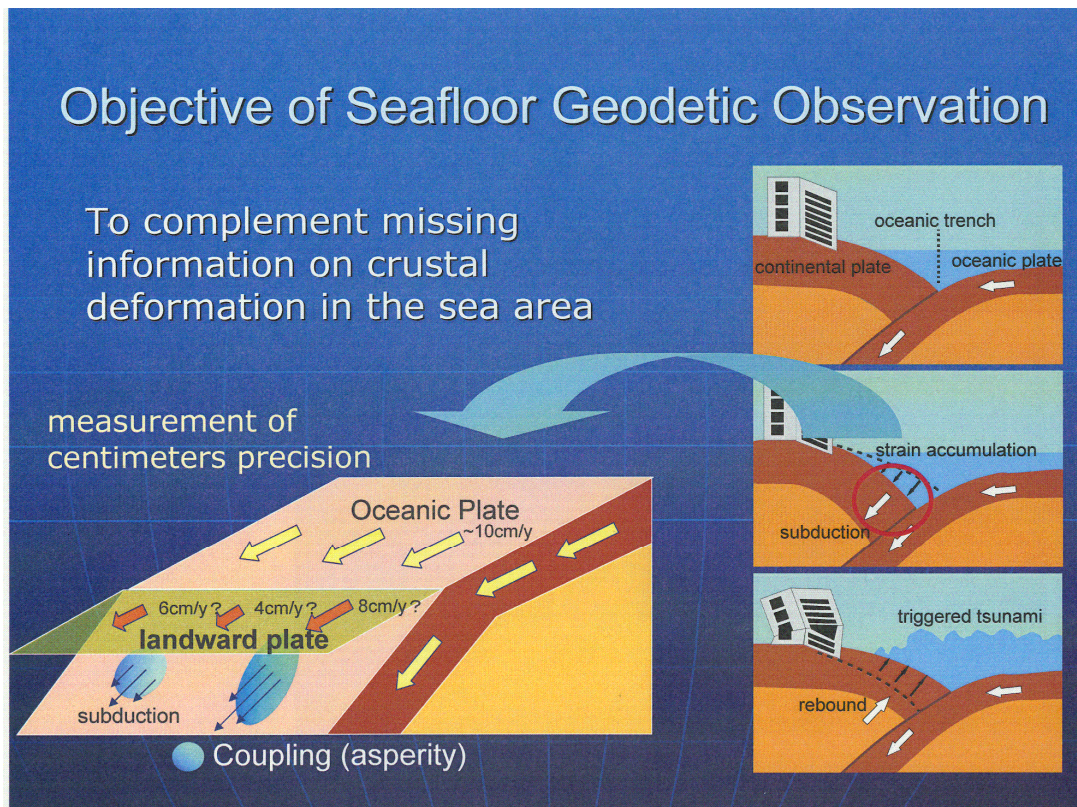


的資料，於是透過海底大地測量技術來監測海地板塊的移動。



全球板塊分布示意圖(Judson and Richardson,1995)

圖中紅點表示發生過地震地點，大多位於板塊交界處。



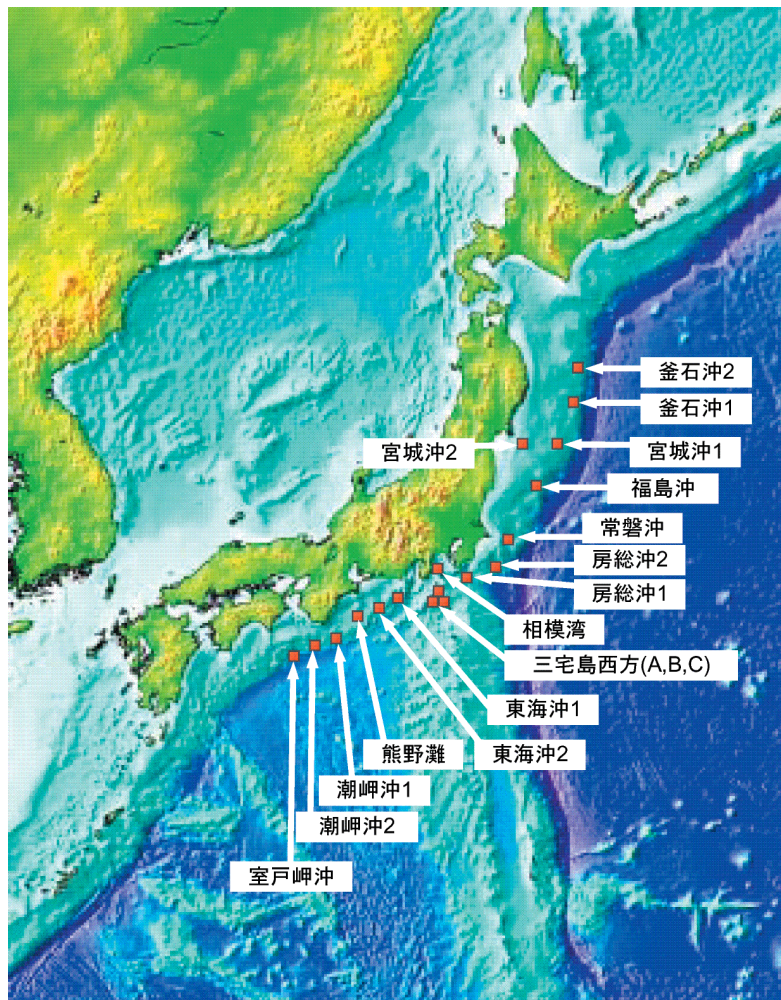
陸地地殼伴隨著海底地殼向下隱沒，當板塊變形能量累積超過限度時，將發生爆發性的破壞，伴隨著海底地震及海嘯等災害。(Mariko SATO, 2009)



## (二) 海底大地測量業務：

日本國內進行海底大地測量領域研究的學校，主要有東京大學、名古屋大學及東北大學三所學校，其所採用之海底音波觀測與 GPS 動態解算方式皆有所不同。海洋情報部自 2000 年開始進行日本沿海的海底地殼變動監測至今已有 9 年多，期間在日本東京大學生產技術研究所的協助之下，不管是在船舶和觀測儀器等硬體方面，或是成果解算等軟體方面，皆有十分豐碩的成果與進展。

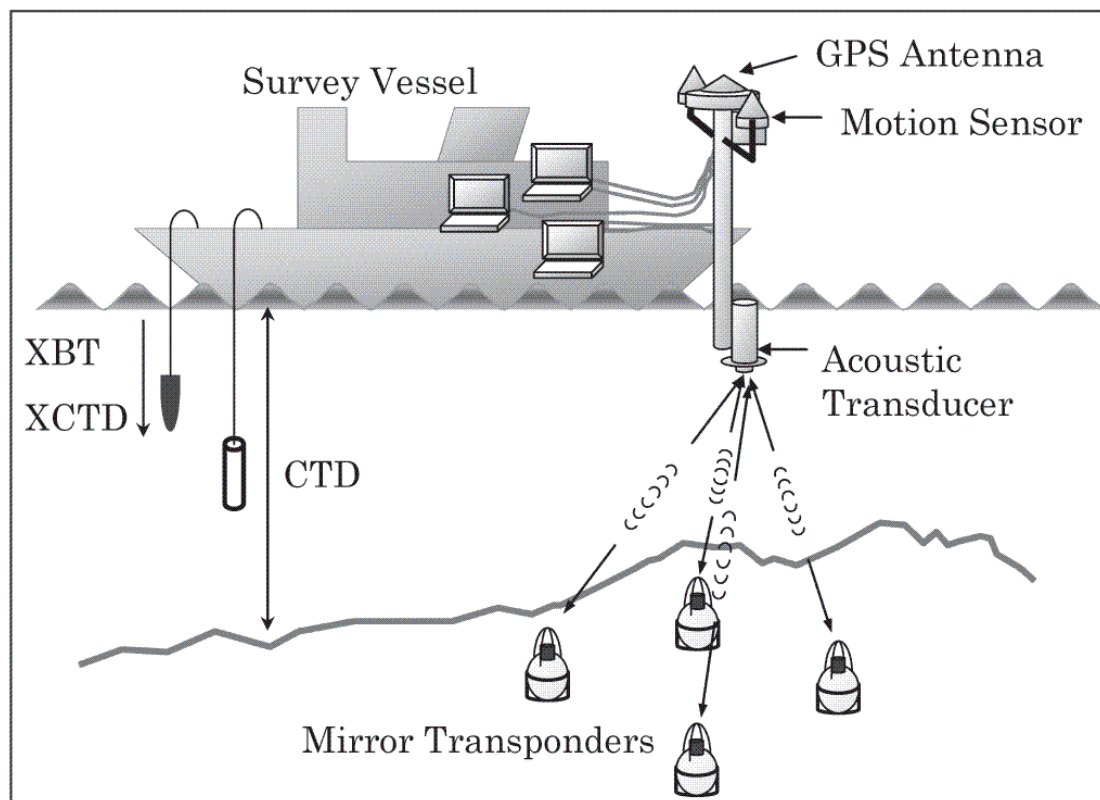
自 2000 年開始，日本海上保安廳海洋情報部透過與東京大學生產技術研究所的共同研究，參考地震發生頻繁的區域，從熊野灘開始，在日本沿海海底逐漸設置海底基準點以進行海底地殼變動觀測，從日本東北到四國的太平洋海底至今已設置了 10 多組的海底基準點來進行觀測，每組基準點相隔約 100 公里，設置地點的海底深度由 400 公尺至 2400 公尺。



海洋情報部佈設之海底基準站分布圖

海洋情報部之觀測系統採用結合 GPS 系統與海底音波技術，將 GPS 天線座與音波轉換器結合固定在船尾進行觀測，同時在 GPS 天線旁加裝 Motion Sensor，藉此求得音波發射及接收時的瞬間姿態以提升精度；GPS 動態解算的資料頻率為 2Hz，使用的解算軟體為 NASA 提供的軟體” IT”；觀測時以船舶漂流方式往返來回進行，收集 1300 筆音波觀測資料為 1 組數據（約需花費 8 小時），重復觀測取得 4 組數據後取結果平均為單一次觀測成果，每年進行 3 次觀測。

分析其觀測過程及成果，實務遭遇到的疑難與台灣目前狀況類似，船舶航行時螺旋槳轉動產生的雜訊對音波測距影響甚鉅，觀測時須將船隻引擎關閉改採用漂流方式，對船隻航行方向完全無法掌握，導致無法順利航行在適當位置以進行音波測距，須不斷來回往返觀測以蒐集資料；同時船隻在海洋上漂流，不但有安全上的顧慮，亦無法於晚上進行作業，故整個觀測時程相當耗時。



海洋情報部之觀測系統採用結合 GPS 系統與海底音波技術，  
配合 CTD/XBT 量測音波行經路徑的傳導性、溫度及海水深度，  
以進行海底大地測量。

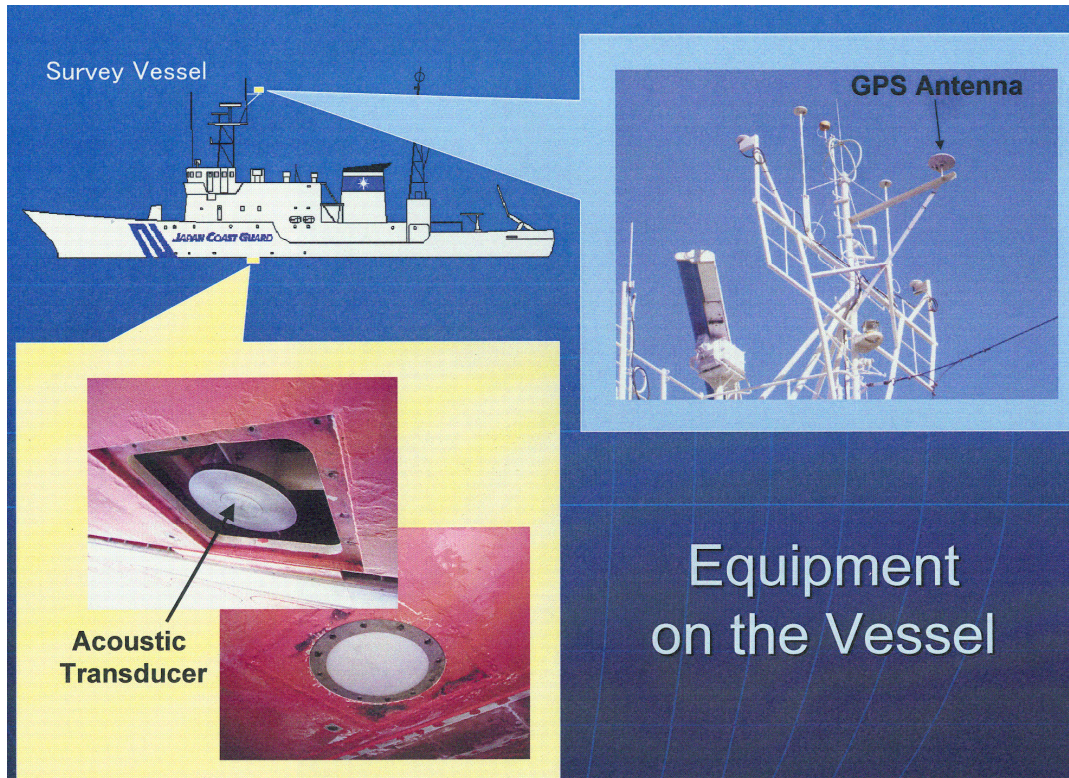


後透過東京大學生產技術研究所的技術協助，對專屬測量船進行改造，將音波轉換器改安裝於船底，Motion Sensor 安裝於船艙中，GPS 天線安裝在船上天線處，希望減少螺旋槳產生的雜訊對音波測距的影響，能以航行的方式進行海底大地測量。從 2008 年度開始進行兩種模式的測試，在「相模灣」與「東海沖」兩座海底基準點同時以「漂流模式」與「航行模式」進行觀測比較，「漂流模式」採用舊設備，如以往般每日觀測 8 小時，蒐集每組各 1300 筆觀測資料共 4 組後，取結果平均為成果；「航行模式」則以改造後之設備按規劃航線航行，分別觀測 4、8 及 12 小時，且進行不同航速的測試。



漂流模式(Pole System)與航行模式(Hull System)之差異(Mariko SATO, 2009)



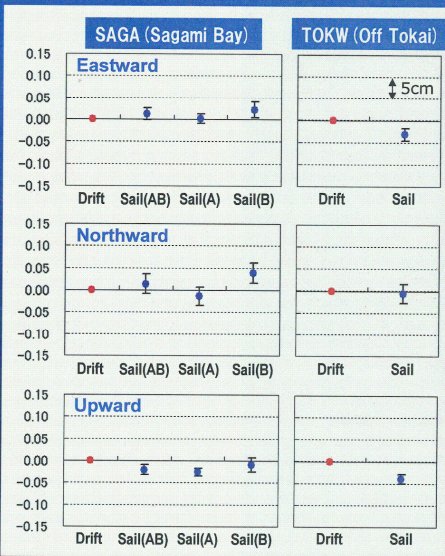
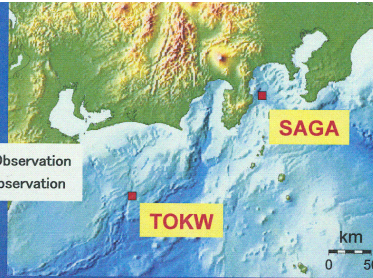


Hull System 的測量船裝備改造 (Mariko SATO, 2009)

測試結果發現改良後的測量船即使在 11 節的航行速度下（約 20 公里/小時），依然可以不受雜訊影響清楚的接收到音波測距的訊號，表示在此速度下螺旋槳的運作已不會對音波轉換器產生影響；將利用「漂流模式」所得的觀測成果與「航行模式」相比，兩種方式所得的觀測成果，其較差在南北方向及東西方向皆只有 2~3 公分；且分析「航行模式」的觀測資料，不管在水平方向或垂直方向皆有相當的一致性，顯示去除掉航行時螺旋槳的雜訊影響，兩種模式所得到的觀測成果精度相近，且「航行模式」所測得的成果具有較佳的穩定性。

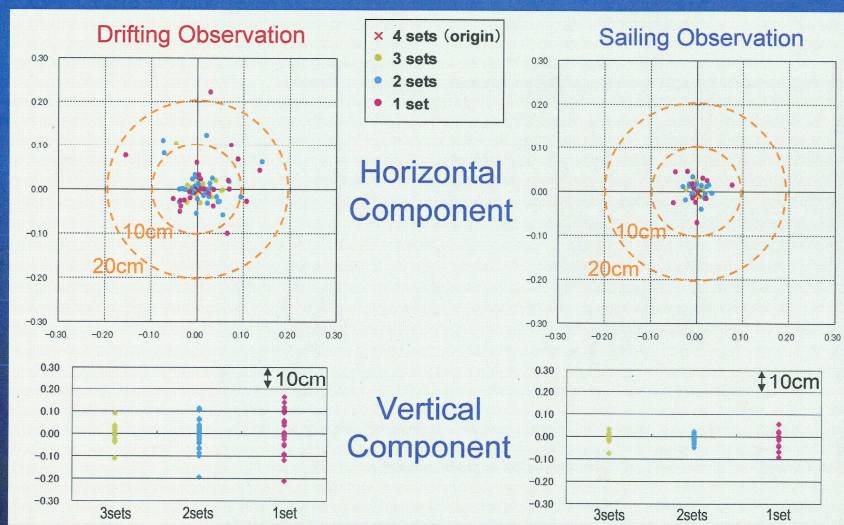


### ③ Estimated Positions of Seafloor Reference Points (July, 2008)



- The differences of estimated positions between drifting observation and sailing observation are about 2-3cm.
- These are supposed to be within the present observational accuracy.
- No major problem with sailing observation has been found so far.

### ④ Stability of Positions by Data-Subset Examinations

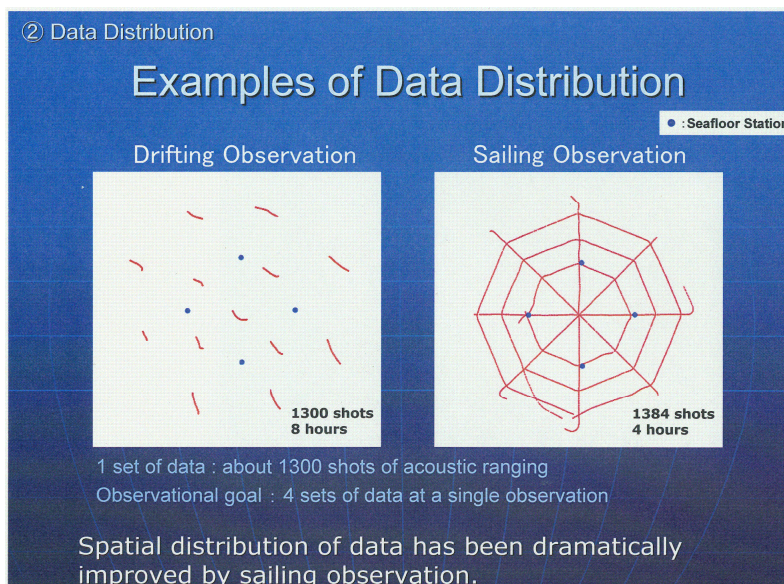
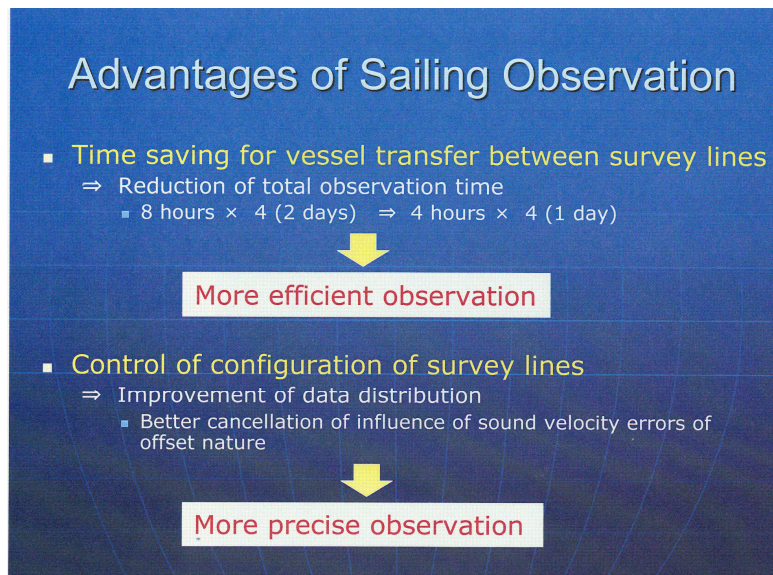


The positions by sailing observation are much more stable than those by drifting observation.

此改善方式於定位精度尚未有明顯增進效益，但可大幅縮短外業觀測時間。以往因觀測時須關掉引擎採「漂流模式」進行觀測，無法順利控制測量船航向，約需花費 8 小時往返觀測才能蒐集一組 1300 筆音波觀測資料，取得 4 組資料才能平均成爲一次觀測成果；改採「航行模式」後，測量船可自行按照規劃之航線進行觀測，僅需約 4 小時即可蒐集到 1300 筆觀測資料，也由於測量船並不是關



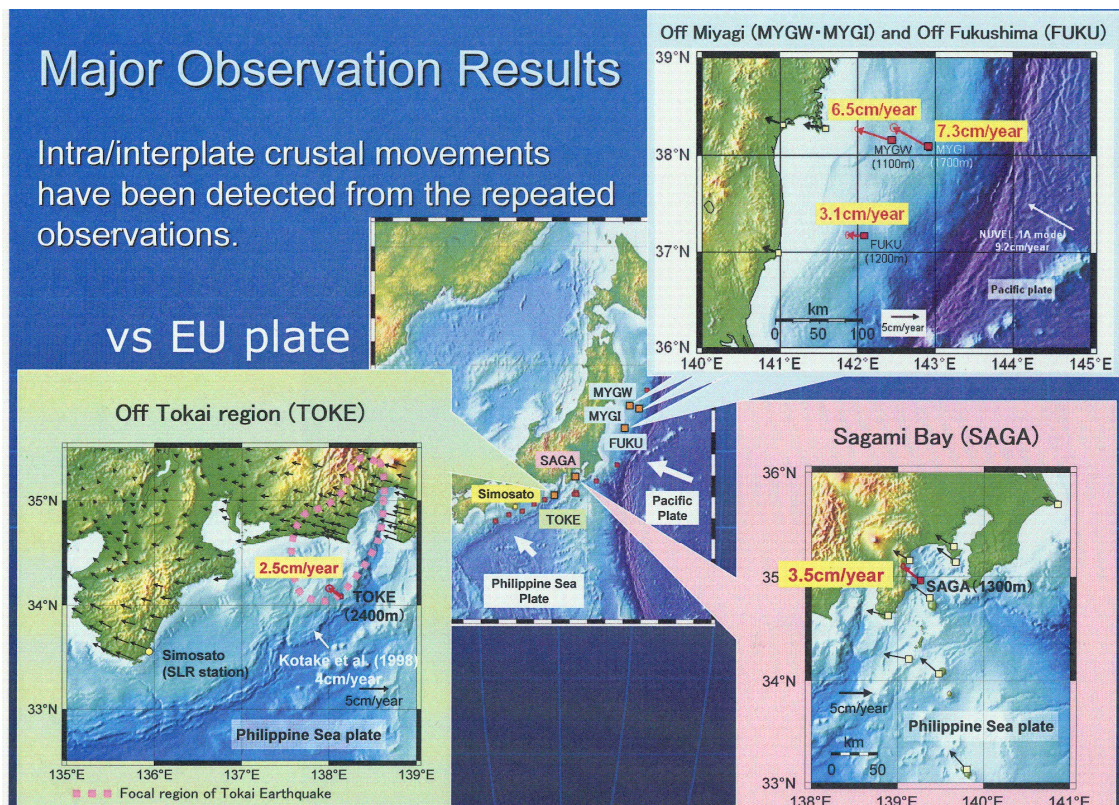
掉引擎漂流，所以在晚上進行觀測作業也較無安全上的顧慮，不需在觀測點附近海域重複多次往返航行，也較不會對附近作業漁船造成影響。比較其作業效率，「漂流模式」每天僅能觀測約 8 小時，蒐集 4 組觀測資料約需 4 天（即使進行夜間觀測也需要 2 天），但改採「航行模式」後僅需 4 小時即可蒐集 1 組觀測資料，1 天觀測 16 小時即可完成一次觀測，作業效率提升了 2~4 倍。分析比較兩種不同模式的成果，發現兩種成果在南北方向及東西方向的較差皆在 2~3 公分之間，已接近目前海底大地測量所能達到的最佳觀測精度，且在「航行模式」搭配新航線觀測法的狀況下，「航行模式」得到的資料甚至比以往呈現較佳的穩定性、一致性，在海底大地測量領域可稱為一大突破。





### (三) 海底大地測量的應用－以 2005 年 8 月 16 日日本宮城縣地震觀測為例：

在日本海溝海底，太平洋板塊對歐亞板塊穩定地以每年約 10cm 的速度向西北偏西方向擠壓，並從日本海溝往日本列島下鑽入。而在日本海溝西側的北美洲板塊(大陸板塊)，因為和太平洋板塊有部分地區摩擦力較大，而被太平洋板塊推擠帶動往下沉沒，所以以往在宮城縣海邊的 GPS 基準站可以觀測到每年約 4cm 往西北偏西的移動量。這個移動量表示著太平洋板塊擠壓造成北美洲板塊沉降變形能量的累積，這個能量如果持續累積，可以預知該地區勢必會發生釋放能量的地震。



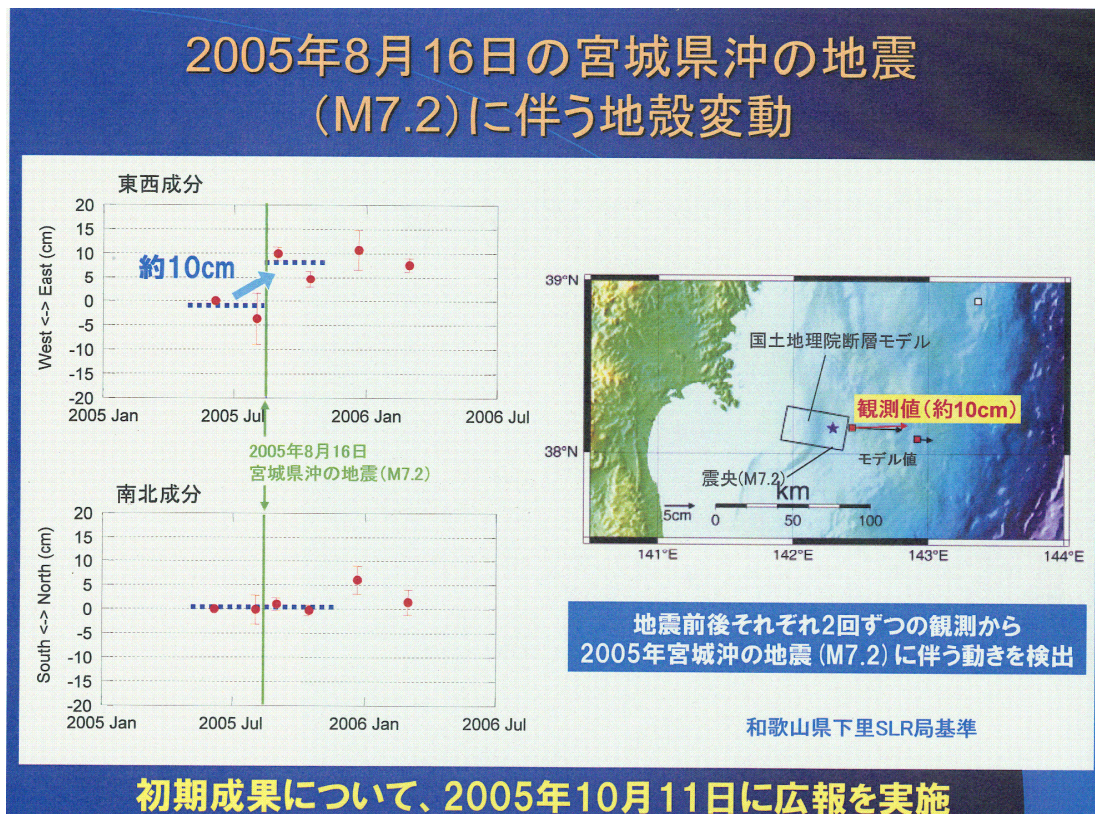
日本海底大地測量重點觀測地區 (Mariko SATO, 2009)

分別為東海地區 (左下)、宮城縣海域 (右上) 及相模灣海域 (右下)

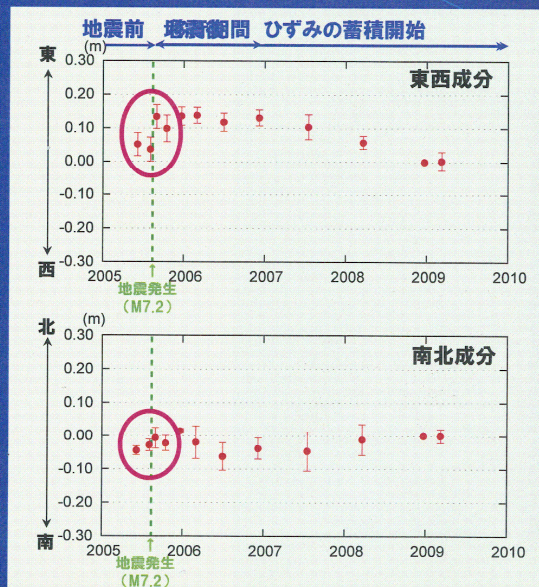
2005 年 8 月 16 日在宮城縣海上發生了 7.2 級的地震，震源非常接近其中一組已設置的海底基準點(約離「宮城沖 2」海底基準點 10 公里)，藉著該處設置



的海底基準點，與持續進行的大海地測量，可分析地殼變形能量釋放後到再次累積的完整過程。分析地震發生前後的觀測成果，發現位於震源的東方約 10 公里的「宮城沖 2」海底基準點(水深約 1100m)，被觀測到在地震發生後向東移動了約 10 公分，之後透過持續的觀測發現，在 2006 年一整年該處幾乎沒有任何移動量，顯示能量釋放之後，板塊間的黏著狀況（摩擦力）減少，所以未有明顯移動量；從 2007 年開始，再次觀測到「宮城沖 2」海底基準點以每年約 6.5cm 的速度往西北偏西方向移動至今，顯示經過平穩期後，板塊間又再度開始累積變形能量。這樣的運動週期模式，被認為是引起地震主要原因—板塊變形能量的累積，透過地震的發生而得到釋放，而經過一年左右的平穩期後，再度被觀測出海底的變形能量累積。這是世界首次對海地板塊變形能量累積到釋放又重新開始累積的完整觀測過程，對瞭解板塊交界處地震發生機制也有著重大的意義。



## 2005年宮城県沖の地震後の動き



➤2005年8月16日  
宮城県沖の地震(M7.2)により、  
東に約10cm移動

【ひずみの解消】

➤地震後～2006年末頃まで  
特に目立った動きなし

【移行期間】

➤2007年頃から、  
西北西向きに移動開始

【ひずみの蓄積開始】

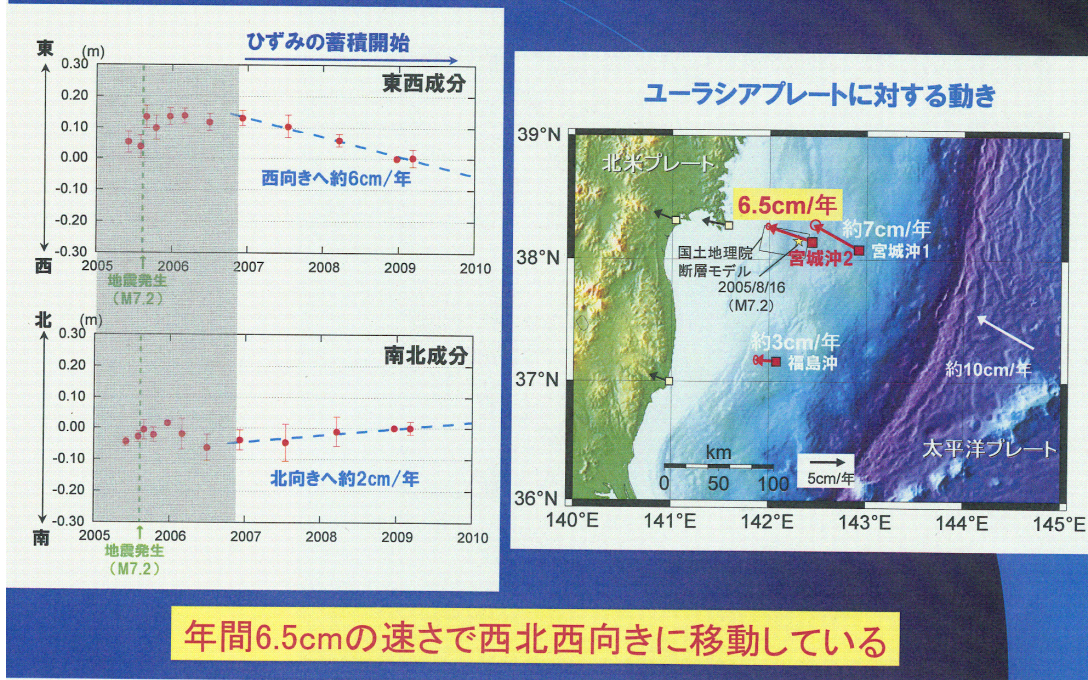
現在もひずみを蓄積中

世界で初めて、地震発生からひずみの蓄積開始に至る一連の過程を、海底の動きとして捉えることに成功

同時結合鄰近海底基準點歷年來的觀測資料與陸地上 GPS 基準站的資料進行分析，「宮城沖 2」海底基準點近年來被觀測到的向西北偏西 6.5 公分/年的移動速度，與離該點東方約 50 公里的「宮城沖 1」海底基準點的移動速度(每年約 7 公分)大致上相同，另一方面，離該點的西南方約 120 公里處有另一個「福島沖」海底基準點，觀測到的移動量僅約每年往西 3 公分，位於陸地上的 GPS 基準站所觀測到的移動量則約每年 4 公分，其位移量比起前述兩點要少許多，同時，考慮到太平洋板塊的擠壓速度(一年約 10 公分)，顯示出由於地點不同，板塊間黏著程度不一，變形能量累積的程度也不相同，亦可推測出在「宮城沖 1」、「宮城沖 2」海底基準點附近兩個板塊間的摩擦力較強，位移量與變形能量的累積較大，附近日後再度發生地震的機率必然高於鄰近其他地區。



# 「宮城沖2」海底基準点の移動速度



綜上所述，由於板塊碰撞擠壓處多半位於海底，要從陸地上的觀測資料來判斷海底的地殼變動是件困難的事，不過，若能透過海底大地測量的方式來收集地殼變動數據，對未來預測發生海底地震的區域和規模將會有很大的幫助。



## 二、國土地理院：

本次參訪國土地理院，規劃瞭解日本國土地理院於防救災業務中的職責，測繪資料於防災相關領域之應用，如 GEONET 系統之建置，同時參觀國土地理院「地圖和測量科學館」的資料保存和展覽，由國土地理院企劃部國際交流室渡邊美千子小姐負責接待，茲將考察內容整理分述如下：

### （一）防救相關災業務執行

#### 1. 防災業務的執行

平時爲了可隨時掌握日本列島和週邊的大範圍地殼活動，按照不同的地域特性分別評估地殼活動的變化，建置了有關地震、火山活動等的地殼變動連續觀測設施，並致力於維護，以確保觀測設施的耐久、耐震性，在提高觀測資料品質的同時，須適時向相關機關及國民提供正確的防災資訊，以推動防災業務。

##### （1）持續進行測繪觀測

- # 建立全國性 GPS 基準站網進行地殼變動連續觀測。
- # 常態性進行日本列島地殼變動觀測、水準測量、重力測量、地磁氣測量及超長基線測量。
- # 針對重點觀測地區設置傾斜儀等設備進行地殼變動連續觀測。
- # 針對火山的活動進行地殼變動觀測、地磁氣測量及重力測量。
- # 建置全國 1/25000 的地形圖及各種地圖作爲防災的基礎。
- # 以航空攝影測量及人造衛星影像的分析進行國土現況的記錄。
- # 調查各地區的地殼條件、活斷層等變動地形調查。
- # 低空 Lidar 測量蒐集精密高程資料。
- # 進行土地現況調查、火山土地現況調查及都市區活斷層調查等，蒐集資

料建置防災主題地圖。

# 爲了迅速便利向各相關機關及民眾提供防災資訊，須建立起包含各種地理資訊的電子國土 Web 系統。

## (2) 防災訓練的實施

針對從事防災業務的人員進行危機管理、相關法令及實務的教育訓練，包含人員的集合，防災相關情報的收集與傳遞等，當在災害發生或有災害發生的可能情況時，相關人員才能迅速且適當的執行防災業務。

## (3) 推動災害、防災相關的研究

爲了確保國民的安全，須不斷推動災害的研究以提升防災技術。

# 全國設置的電子基準點、驗潮站，伸縮儀，傾斜儀等的地殼變動連續觀測，用於地震、火山活動模型的研究。

# 以日本列島地殼變動觀測，水準測量，重力測量，地磁測量及超長基線測量的成果進行地殼變動的研究。

# 干涉合成開口雷達用來進行地殼變動、滑動及地層下沉監視的研究。

# 航照圖，人造衛星影像，Lidar 測量等的地形變化監視及災害發生預測的研究。

# 防災相關的地理資料及地理資訊系統如何結合與有效利用的研究。

# 地理資訊系統如何利用網際網路進行災害相關的地理資料處理、提供的研究。

## (4) 與地震調查研究推進本部等機關的聯合

日本與地震、火山相關的調查與研究，由地震調查研究推進本部、地震預知連絡會、火山噴火預知聯絡會等相關機關合作進行，除進行地殼活動相關的學術性討論會外，透過與海外研究機關共同進行防災研究，在防災策略的擬定上有所貢獻。

## (5) 辦公設施的災害預防措施及通訊方式的確保

辦公廳舍平時需進行耐震檢查，必要時進行結構的加強，確認預防火災、

器物破損及緊急發電的設備，確保災害時辦公廳舍能維持正常功能。另爲了迅速執行防災對策，各地方測量部與相關機關的連繫，須活用特別架設的災害時優先使用電話，甚至是透過行動電話、衛星電話等多種管道。

#### (6) 防災知識的普及與啓發

國土地理院所管理的地形圖、土地現況圖、都市區活斷層圖等防災相關資料，應致力向外推廣其應用，達到防災知識的普及與啓發。

## 2. 災害發生時之作爲

主要目的爲災害發生時能正確且持續地收集、提供災害相關資訊。在災害發生或有災害發生的可能情況時，國土地理院會迅速成立「國土地理院災害對策本部」，進行防災業務的執行，同時，各地方測量部的負責人依其業務權責執行防災業務，若判斷有需要可設立現地災害對策本部，針對重點地區加強觀測，如提高觀測頻率、設置機動觀測設施，派遣實地調查團至實地掌握災區現況等。建立起迅速提供災區資料的機制管道，向災害對策本部等相關機關即時提供情報。

#### (1) 防災相關情報的收集及傳達

當災害發生或可能發生的情況下，爲擬定萬全的災害應對策略，迅速且正確的收集情報及傳遞資訊是必要的，如何建立起各機關間的連絡機制並確保災害時情報能正確且迅速的傳遞是首要任務。

##### a. 災害情報的掌握、連絡

當災害發生或可能發生的情況下，除了來自相關機關的資訊外，收集電視、收音機等的資料，用以確認災害的規模、範圍，以作爲災害應對策略的參考，同時爲了迅速且適當的立即作出反應，鄰近災害發生地點的地方測量部，須迅速就週邊的受害狀況與本院進行連絡通報。

##### b. 地形圖的確認與提供

當災害發生或可能發生的情況下，要立即掌握災區地形圖、土地現況圖的庫存數量，不足的狀況下須以緊急印刷等方式補充數量，為使災害應對策略迅速且正確的擬定並實施，必須向各相關機關提供地形圖、GIS 基本圖層等地理資料。

c. 實地緊急測量調查等的實施

如設置臨時 GPS 連續觀測點等的機動測量、航空攝影測量、衛星影像的分析災區受害狀況的實地緊急測量調查等皆有助於掌握災區實地現況，以迅速確實地對災區進行幫助。

d. 通訊方式的確保

災害發生後需立刻確保通訊傳輸的可行性，以作為觀測資料收集和防災相關資料連絡用。

(2) 設施的緊急檢查

災害發生後，以電子基準點為首的各種觀測設施、辦公廳舍、緊急發電裝置和通信設備等，須迅速實施檢查整理的作業。

### 3. 災後重建的支援

配合災區重建的計畫進行支援，向地方公共團體提供所需的地形圖與地理資料，必要時，根據航照圖進行災區內地形變動區域的重新測量，以修正地形圖；檢視電子基準點、三角點、水準點等基本控制點是否仍適用，迅速進行重新測量並將修正後之測量成果公佈，以供後續使用。

## (二) 國家測繪資訊的應用作業

日本是由容易受到大規模自然災害的列島組成的國家，可能發生的災害有地震、火山活動、颱風、洪水和海嘯等。為了使國民在這些災害中，盡量減少財產損失和人員傷亡，必須加緊努力，全面實施有效的防災措施。

國土地理院依法為相關業務主管機關，積極收集、提供與防災密切相關的訊息：包括國家的地殼運動、地形和土地狀況等地理資訊，給各級中央和地方政府單位應用，幫助加強災害預防與應變。

### 1. 地殼變動的資訊

國土地理院在日本各地進行各種測量和監測活動，隨著科技的進步，地殼變動監測的技術包括 GPS 基準站的連續觀測、VLBI 觀測（超長基線干涉）、水準觀測、重力測量、地磁測量，潮汐觀測，SAR（合成孔徑雷達）等。

#### (1) GPS 基準站的連續觀測

分布全國的 GPS 基準站進行全天 24 小時的連續觀測，再藉由網際網路傳送即時觀測資料至國土地理院進行處理，對地殼變動進行分析與監測的工作。

#### (2) 水準測量

日本設置約 17,700 個水準點，主要分布在全國各國道主要幹線上，透過水準測量資料的分析，地殼的垂直位移觀測精度可以準確到 1 公厘(mm)，數據資料可以顯示特定地區的高程每年重複的季節性變化和持續的下陷，如果下陷的狀況停止或幅度變大，可以被視為是地震的前兆。

#### (3) 機動觀測

國土地理院有多種不同機動觀測裝置，例如當地震或火山爆發，或者有發生的疑慮時，國土地理院會準備 REGMOS(Remote GPS Monitoring System) 到災區設置，加密當地的觀測網來監控區域地殼變動。REGMOS 主要由 GPS

連續觀測裝置、距離角度觀測裝置和高程觀測裝置組成，電力來源為太陽能及風力發電，可確認水平和垂直方向的位移，以加強當地小區域的地殼監測。另一方面也有重力儀和磁氣儀等機動觀測裝置，可用來確定地球內部組成構造。

#### (4) SAR 合成孔徑雷達觀測

利用衛星發射雷達訊號以觀測地形結構資料，且觀測過程中不受煙霧或雲的影響，而經由比較地震前後的雷達圖像可測得地殼變動。

## 2. 地理資訊

國土地理院管理著各種不同種類的地圖，從地形圖、航照圖到土地現況圖（land condition maps）包羅萬象，可結合各種防災資訊成爲主題圖，並提供給社會大眾使用。

### (1) 災區測繪基本圖

與災區有關的重要地理資料爲地形改變、地面狀況，以及防災相關的房屋設施有關的資訊，包括的地圖如下：

#### a. 市區活斷層地圖（Active Fault Map in Urban Areas）

製作目的主要是提供基本地圖資訊給發展地震防災方面使用，比例尺爲 1/25,000，結合了詳細的陸地活斷層的定位資料與地形分類，以供分析斷層之活動及其能量釋放。

#### b. 土地現況圖（Land Condition Map）

比例尺爲 1/25,000，主要用途爲提供以作爲對於風災、水患和土石流等災害的基本對策參考，主要內容包括地形分類、等高線（一米間隔）、及防災相關設施。

#### c. 海岸土地現況圖（Land Condition Map of Coastal Areas）

比例尺為 1/25,000，範圍為日本沿海陸地地區包括沿海水深不足 50 公尺的區域，結合陸域和海域的測量進行整合，主要用途為提供防災措施的基本資料，特別是海嘯和大浪，內容包括地形分類、測深線（一米間隔）及海底沉積層厚度。

#### d. 火山土地現況圖

比例尺為 1/15,000~1/50,000，針對日本國內主要的活火山進行製作，主要用途為對火山爆發災害的對策擬定，提供必要的基本資料，內容包括火山活動產生的熔岩、火山碎屑流、泥石流，以及進行火山觀測或防災避難的房屋設施。

### (2) 航照圖

航照圖為測量飛機在空中飛行時，用航空攝影機所拍攝的照片，這類提供地表狀況的影像資料被廣泛應用在各種方面，特別是國家土地利用、安全和防災規劃。藉由比較同一地區在災難發生前後的航照圖，可在災難發生後立即評估災害受損範圍及後續防災規劃，能幫助中央及地方政府有效預防災害。

### (3) 數位日本 (Digital Japan)

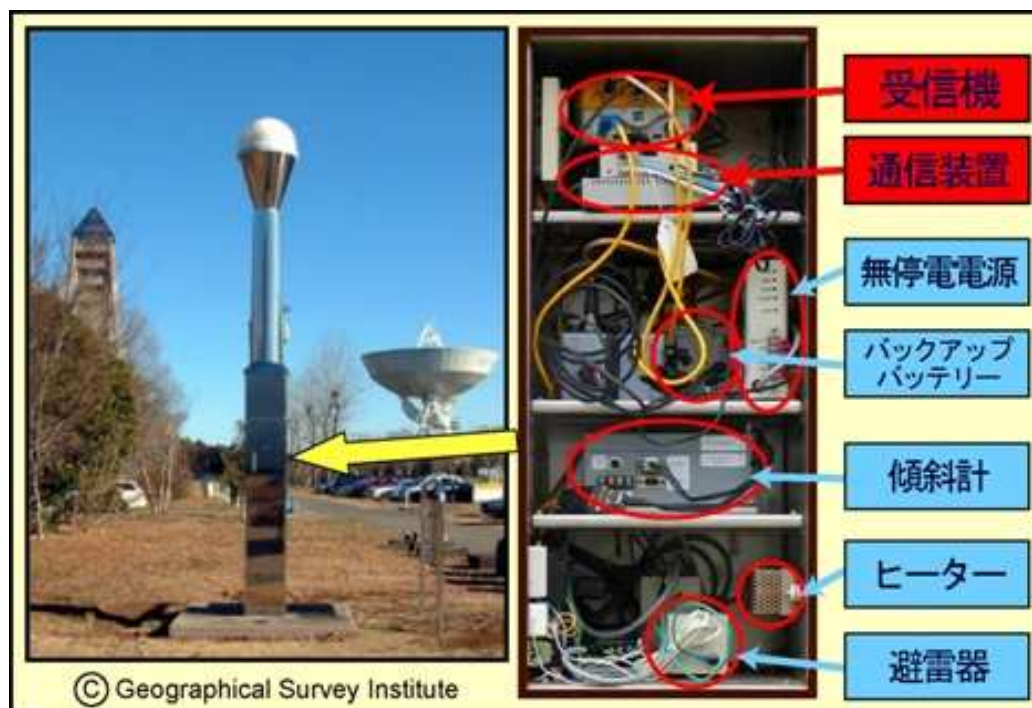
透過整合各種可獲得的地理資訊建立起國土資料的數位化，廣泛收集各種地理資訊後將其適當的分類，建立起資料共享的平台，使得相關資料可以方便的在網際網路上，讓各類政府機關團體進行共享，有助於快速擬定防災策略，促進國家安全。

### (三) 日本的 GPS 連續觀測

GEONET (GEONET: GPS Earth Observation Network System) 為日本國土地理院建立之高精度全球衛星連續觀測系統, 以高密度遍布全日本的電子基準點 (GPS 連續觀測站) 組成的連續觀測網, 結合國土地理院的計算中心進行資料處理, 建構成以監控大範圍地殼變動為目的的 GPS 連續觀測系統。

#### 1. 電子基準點：

電子基準點外觀為約 5 米高之不鏽鋼柱體, 其構造由上而下主要分為 GPS 天線、柱體、GPS 接收儀、通信裝置、不斷電系統 (停電後可維持運作 6 小時)、傾斜儀 (偵測基準點基座是否傾斜)、加熱器 (下雪地區用) 及避雷器等, 除 GPS 天線安裝於柱體上端外, 其餘設備皆設置於不鏽鋼柱體中之收納箱內, 部分點位於柱體上會加裝氣象觀測裝置。

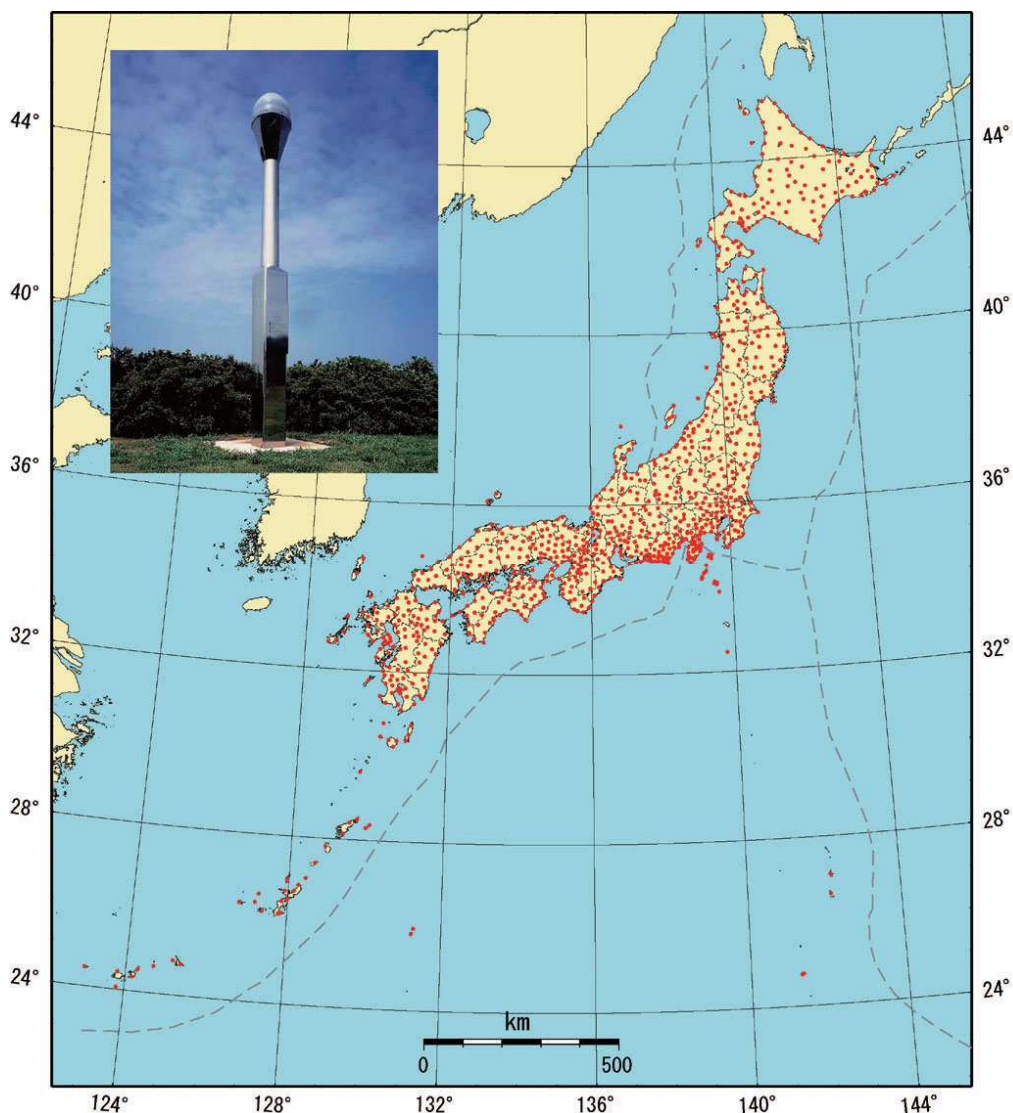


電子基準點設備圖 (<http://www.gsi.go.jp/>)



柱體下方為 8 米立方（2 米\*2 米\*2 米）之水泥基座，基座上方有一電子基準點附屬鋼標以供測量使用，為因應部分地區下雪時，土中水分結凍會對基座造成擠壓位移，部分點位基座會進行加強改造，包括將基座周圍的土換成含水量較少的土、以隔熱材質將基座包圍，和在基座下方設置排水管等。

其具備 24 小時連續觀測衛星資料及即時傳送資料之功能，以 20~25 公里の間隔平均分布於全日本（包含沖繩群島、八重山群島、南鳥島等），目前點數約為 1,240 點（統計至 2009 年 6 月）。



電子基準點分布圖 (<http://www.gsi.go.jp/>)

日本之電子基準站於 1993 年開始進行長期設置規劃（1994-2003 年），其目標為建立分佈全國之 GPS 觀測站以進行連續觀測，並藉由這些觀測站與國際間通用之座標系統相結合，建立起高精度的日本座標系統框架；同時透過長期蒐集這些觀測站的資料，進行大範圍的地殼變動監測，並能對 GPS 測量之使用者提供協助，使其測量作業提高精度及更有效率。

基於上述目的，國土地理院先於 1994 年於全國平均設置了 100 座電子基準點（GRAPES：GPS Regional Array for Precise Surveying/Physical Earth Science），以架構全國地殼變動監測網為目的；同時於「日本地震預知連絡會」選定之重點觀測地區中，選定南關東、東海地域設置了地殼連續監視設施

（COSMOS-G2：Continuous Strain Monitoring System），於南關東、東海地域設置了電子基準點 111 點，平均點位間隔為 15 公里，觀測資料傳送回控制中心進行基線分析解算。

1995 年 1 月 17 日發生阪神大地震後，如何由日本近畿地方開始，建立起全國性高密度的電子基準點觀測網，被列為重點業務；故在 1995 年前半年度，於全國新增設 400 座電子基準點以增加分佈密度，並規劃將 GRAPES 與 COSMOS-G2 兩套觀測系統整合為一成 GEONET。後又於 1995 年後半年度再度增設 277 座電子基準點，至此，分佈全日本之高密度電子基準點觀測網（887 點）已大致成形，於 1996 年 4 月 GEONET 開始正式運用，對地殼變動監視與日本國內坐標基準開始發揮功效。

其後，加密全國電子基準點的間隔至 20~25 公里的設置計劃確定後，逐年開始在日本各地加密電子基準點，計劃設置約 1,200 點，其中包含較偏遠地區，如富士山頂（2002 年 9 月）、南鳥島（2002 年 12 月）等；同時也開始針對特殊地區，對電子基準站本體構造作改造，如為了減少日照影響，導致不鏽鋼柱體熱脹冷縮，而使頂端天線盤產生細微位移，將柱體改造成雙層二重管構造的八角柱體。又考慮到日本地處高緯度地區，許多地區皆有下雪積雪的情形，將柱體頂端設計為坡面，以避免天線盤遭雪凍結。



電子基準點的演進 (<http://www.gsi.go.jp/>)



富士山基準站



沖之鳥島基準站

特殊電子基準點 (<http://www.gsi.go.jp/>)

## 2. GEONET 資料處理系統的構造和各裝置的功能：

上述電子基準點之即時衛星觀測資料，透過網際網路傳送至國土地理院的計算控制中心，資料彙整計算後，可求出各電子基準點的坐標及相對位置變化量，據以研判地殼變形是否有異常現象，當基線的長度有發生異常的變化量，我們便可推斷該地區地殼活動的程度，對附近居民提出警訊，達到防災的預期目標。

GEONET 定期解算之坐標成果有迅速解析、速報解析、最終解析三種，其所

使用之解算模組相同，差別在所使用之星曆、觀測資料時間段及公佈成果速度的不同，當使用的觀測資料時間越長，則精度越好，視需要不同而進行分析使用：

迅速解析：用來作為平時地殼變動的監測及災害發生時的緊急觀測用，以 6 小時（UTC time）的連續觀測資料配合 IGS Ultra Rapid Orbit 超快速星曆進行解算，每 3 小時公布 1 次前 6 小時觀測資料解算成果。

速報解析：使用一天 24 小時（UTC time）之連續觀測資料，配合 IGS Ultra Rapid Orbit 超快速星曆進行解算，每天公佈解算成果。

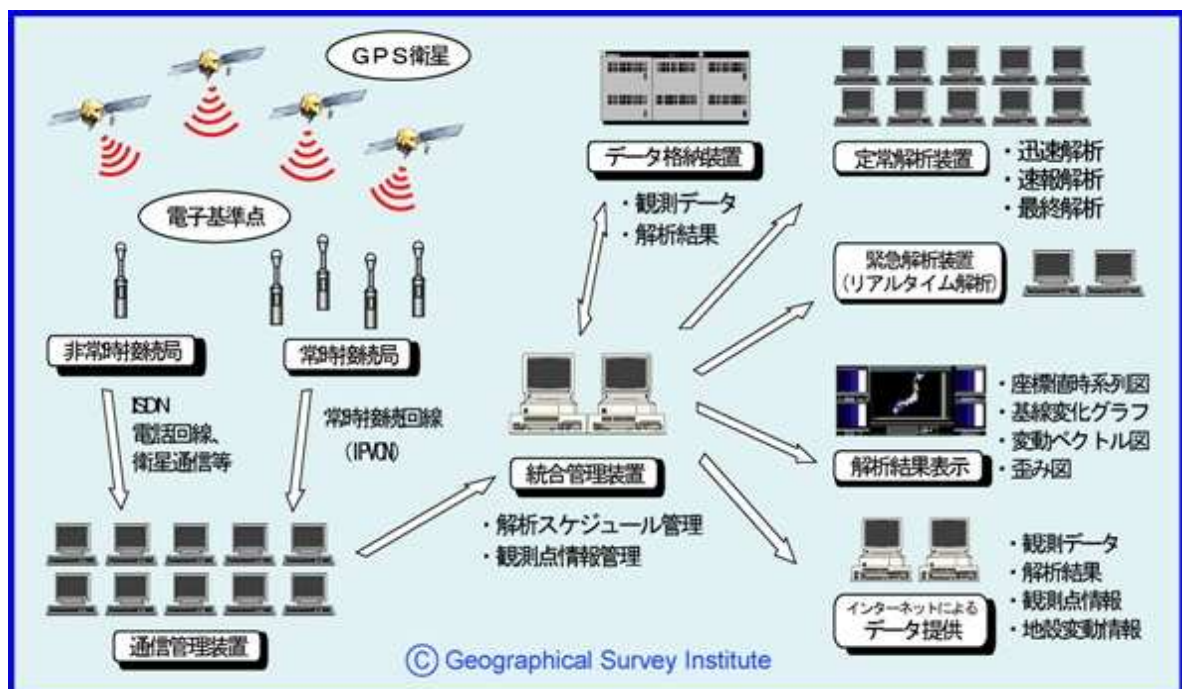
最終解析：以一天 24 小時（Local time）之連續觀測資料配合 IGS Final Orbit 精密星曆進行解算，二週後公佈解算成果。

資料處理系統相關裝置茲分述如下：

- (1)即時資料通信管理裝置：主要功能為接收來自電子基準點的即時資料，接收到的觀測數據以 1 小時為間隔，自動製作為 RINEX 格式的檔案(資料頻率有 1 秒 1 筆和 30 秒 1 筆兩種)，再發送 RTCM 格式的即時資料給即時資料解算處理裝置。
- (2)資料通信管理裝置：部分電子基準點因地處偏遠，受到通訊網路或電力系統的限制而無法傳輸即時觀測資料，本裝置的功能為接收無法傳送即時觀測資料的電子基準點的數據，基本裝置功能皆與即時資料通信管理裝置相同。
- (3)電子基準點管理控制裝置：負責控制資料處理系統的自動運用管理，電子基準點遠端控制，電子基準點資料庫的管理。
  - a.自動運用管理－RINEX 檔案的自動結合及品質檢查，定時解算的設定、啟動，檔案的傳送和儲存等的自動實施。
  - b.電子基準點控制功能－接收儀的資料下載和觀測開始、結束等的遠端控制。
  - c.數據庫管理功能－電子基準點的點名和所在地等的基本資料，各種檔案的儲存，解算設定與解算結果，並透過專門的程式將這些成果以圖形方式具

體的展現。

- (4)資料儲存裝置：儲存電子基準點的 RINEX 資料、解算結果檔案等。每 3 小時的觀測資料儲存為一份 RINEX 檔案，最後合成一天一個檔案來管理，再配合各種外接式儲存媒體來進行備份。
- (5)定期解算處理裝置：以 Bernese/BPE 作為核心軟體進行每日定期解算，考慮臨時故障的狀況，需另準備一組相同功能的裝置，以便隨時正常運作。
- (6)即時資料解算處理裝置：接收即時觀測資料進行解算，供災害發生時緊急觀測，評估災情使用。
- (7)解算成果表示裝置：以圖表化的方式展現定期解算與即時解算結果。按照用途更細分為 4 個裝置。
  - a.定期解算結果表示裝置。
  - b.即時解算結果表示裝置。
  - c.外部情報提供裝置。
  - d.地殼情報管理裝置。



(<http://www.gsi.go.jp/>)

### 3. GEONET 監測成果提供：

GEONET 之每日解算成果，定期提供給下列委員會，配合其他資料進行防災分析。

#### (1)地震調查委員會

自從 1995 年發生了阪神大地震後，爲了記取該地震的教訓，於同年推動全國性的地震防災政策，成立了「地震調查研究推進本部」，「地震調查委員會」爲該組織其中之委員會，由相關機關的職員及學者所組成，每月定期召開會議，針對觀測結果與研究成果進行討論與分析；當臨時發生地震或有顯著的地殼變動時，會臨時召開會議討論地震活動的狀況和餘震發生的機率等問題。

#### (2)地震預知聯絡會

以促進地震預測實用化爲目標，由實施地震預測的相關機關和大學中的 30 名委員所組成，主要進行各機關間研究報告與觀測資料的互相交換，每 3 個月召開一次例行會議，每 2 次會議內容會集結成冊出版，當臨時發生地震或有顯著的地殼變動時，會根據該區域召開臨時會議，會議討論結果都會在記者說明會和網路上公開。

#### (3)火山噴火預知聯絡會

目的爲透過各機關研究和業務的成果交換，對火山活動的現象進行綜合的判斷，主要由學者及相關機關的專家所組成，每 4 個月召開一次例行會議，進行全國火山活動狀態的綜合討論，當火山有異常的徵兆時，會緊急召開臨時會議，討論火山情形，必要時提供意見予防災活動參考。

#### (4)地震防災對策強化地區判斷會委員

該會主要是爲了討論東海地震發生的可能性，作爲氣象廳諮詢的機構，由 6 名專家學者所組成，配合氣象廳、國土地理院每月召開例行討論會，討論東海地區週邊的詳細觀測數據，再由氣象廳統一對外發佈「最近東海地區的地震與地殼活動」報告。

## 肆、心得與建議

### 一、心得：

(一)、海洋情報部隸屬於國土交通省海上保安廳，其主要業務為提供電子海圖和水路誌等有助於航海安全的情報資訊，有關海底火山和漂流物的資料速報，進行對領海的調查，海流、潮流的觀測，航海必要的天文信息的收集與提供。臺灣四面環海，豐富海洋資源的開發與利用應為重點政策，為此需整合政府資源，透過有計畫的測量與調查，以專責機關來執行海洋測量業務，提供完整圖資供相關機關及民間業者使用。海洋情報部配置有五艘測量船專供海洋測量調查使用，豐富的資源加上產官學界緊密的配合，使其能在專業領域上獲得卓越的成果，反觀我國對於海洋測量方面的設備投資與相關研究甚少，進行研究或外業觀測時，船隻的使用皆以租用為主，難以視業務需要進行裝備上的修改，若能成立專責機構統籌辦理海測業務，搭配自有船隻視業務需要進行改造，單次出航同時進行多項海測業務，不僅可降低工作成本，亦便於實務經驗傳承，培訓海測專業人才。

(二)、臺灣位於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊交界處，因板塊碰撞所引發之地殼活動相當活躍，地殼變形快速，地震活動頻繁，對國民的生命財產造成很大的威脅，且造成國家坐標系統的維護不易，影響後續各種應用測量的進行。近年台灣雖大量應用 GPS 於控制點檢測及地殼變動觀測作業，但觀測作業大多於陸地上進行，而上述兩板塊交界帶除台灣東部海岸山脈之外，大多位於深海中不易觀測，使得這部份的資料較為缺乏；假使能配合海底地形、海流等觀測資料，及東部海岸和離島架設的 GPS 觀測站，來辦理海底大地測量研究，則可彌補海域部分板塊變動資料的不足，若能在琉球海溝及馬尼拉海溝兩個隱沒帶連續實施數年的海底大地測量作業，可得知板塊間的移動和變形，用於評估其對國家測量控制網



的影響，還可由地殼變形資料評估地震發生機率，對我國防災工作及維護國家坐標系統將有實質助益。

(三)、國土地理院隸屬於國土交通省，其業務為辦理全國基本測量，對其他行政機關和公共團體進行公共測量的指導，積極參與國際測繪業務。國土地理院身為中央測繪機關，業務重心在建立和維護全國統一之測量基準及基本圖，以作為測量基礎；建構出 GEONET 系統以監控地殼變動、維護國家測量基準，測製全國 1/25,000 地形圖，配合不同需求繪製成各種主題圖。本次參訪瞭解到日本對測量專業領域的重視，投入大量的人力和資源，持續不斷追求精進的精神，在此同時，對於老舊儀器的保存、測繪知識的推廣，也是不遺餘力，在國土地理院內就有三角點、高規標、電子基準點、VLBI 等各種不同時期的測量儀器在展示，漫步在院內，隨處可見；同時國土地理院還設置了「地圖與測量的科學館」，對外開放給一般民眾參觀，內容包含測量歷史和各種測繪領域的介紹，展示各類測量儀器與地圖，利用小遊戲讓小朋友了解測量和地圖的知識，透過多樣化展覽和專業人員的說明，創造出一個寓教於樂的活動空間，使親子雙方能在互動間學習到新知。他山之石可以攻錯，目前國內普遍對「測量」這個領域感到陌生，正因不瞭解而顯得不重視，相同地，我們應該嘗試多透過各種途徑和方式，讓一般民眾可以有機會了解測繪技術，如地圖、GPS 等平時隨處可見的小知識，體認其在日常生活中的重要性，進而重視測繪業務，以藉此提升測繪人員的社會地位，再將其反饋於社會，為國家多作貢獻。



(四)、日本因地處數個板塊交界處，地震、火山爆發等自然災害發生的頻率遠高於其他國家，故政府極度重視防災措施，除在日常教育灌輸國民良好的防災意識外，制訂防救災機制，明定各機關職責，加強相關領域研究，對防災的推動不遺餘力，在各方面的作為皆有值得我們學習的地方。在測繪資訊提供方面，日本進行各種傳統測量已有百餘年的歷史，同時隨著科技的進步，不斷引進如 GPS-CORS (Continuously Operating Reference Stations)、VLBI (Very Long Baseline Interferometry)、海底大地測量等先進測繪技術，透過持續的觀測所累積的大量資料，可交叉比對不同區域、不同時間的國土環境變遷，藉由資料分析達到災害預警的功用。在制度方面，日本有多個災害相關的委員會與連絡會定期召開，結合各界專家學者共同討論，將各種資料進行公開交流，災害發生時，各單位能迅速成立應變中心，就其業務職掌進行資料提供或防救災指揮。台灣地理條件與日本相似，國土皆位於板塊交界處，同樣常受颱風、地震等自然災害的威脅，為有效減少災害的損失，政府應勤於利用各種管道宣導災害預防的重要性，使民眾保有危機意識，同時建立防救災制度，組織國內相關資源，以期達到災前預警，災後迅速反應的目標。

## 二、建議：

### (一)、結合學術單位研發先進測量技術，以提昇測量水準

海洋情報部透過與日本東京大學生產技術研究所的共同合作，進行先進測繪技術的研究，並將其應用在實務作業中，以本次考察之海底大地測量業務為例，不管是在測量船舶和觀測儀器等硬體方面，或是長距離動態 GPS 成果解算等軟體處理方面，皆能依業務執行中所遭遇之疑難作適切地改善，進而獲得豐碩的成果與進展。學術單位擁有許多高科技人才及先進技術資源，以本中心所辦理之衛星定位測量、海洋潮間帶測量、重力測量、光達測量等業務來說，若能善加與學界、業界合作，引進先進的技術來辦理，必可提昇工作效率和測量精度，加速推動測量業務的推展，增加測量業務的應用面。

### (二)、強化產官學界合作機制，提升 e-GPS 系統價值

國土地理院所建置之 GPS 連續觀測基準網 GEONET 系統，擁有分布全日本約 1240 個 GPS 連續觀測站，站與站間之間隔約 20~25 公里，為目前全球少見之大規模基準網，透過高密度地分布和全天候 24 小時觀測，配合控制中心的解算，其成果在地殼變動和災害防治領域起了極大的效用；另外將基準站網的即時觀測資料對外開放提供，與民間公司配合，利用 GEONET 的資源發展網路 RTK 定位技術，建構出便利、精準的測繪環境。

本中心自 2004 年起開始規劃建置 e-GPS 即時動態定位系統，以本中心自行建置基準站為主，陸續結合內政部地政司、交通部中央氣象局等單位之基準站資料，建構出目前之 e-GPS 系統基準網，目前包含 79 座 GPS 連續觀測站，點位間隔約 30~50 公里，自 98 年 1 月 1 日正式對外開放營運，主要提供服務項目為即時動態定位、基準站觀測資料申請下載、資料後處理服務。惟目前提供服務之對象仍限於測繪相關機關及業者，未能達到全面開放普及化。未來若能建立起產、官、學界的合作機制，對外開放 e-GPS 即時動態定位系統之資源，配合產業界及

學術界進行系統功能的擴增或加值應用的研發，將可達成建立 e-GPS 即時動態定位系統建立之目標與提升其價值。

### (三)、整合國內測繪資源，建構高密度觀測網

近年來隨著 GPS 應用技術的推廣，國內各公務機關、學術單位或私人機構為不同的應用領域及業務需求，在臺灣地區建置的衛星基準站或 GPS 連續觀測站已超過 300 處，參考日本 GEONET 衛星基準站數量與國土面積之比值(1240 站:37.7 萬平方公里)，臺灣目前國內衛星基準站總數已達相當程度之密度(300 站:3.6 萬平方公里)，惟各設置機關之建置目的不同，加上缺乏資料共享的管道，使國內之基準站建置及資料應用，仍處於各司其政、欠缺整合的狀況。

未來本中心若能在考量分布密度的前提下，有效整合各單位自行建置之 GPS 連續觀測站，這些豐富的資源除能增加觀測網形的密度，以提升即時動態定位成果品質、降低工作成本外，透過長期的衛星觀測資料蒐集，處理後之成果可建立準確的速度場資訊，用於地殼變動偵測、各類科學研究使用，更能幫助訂定國家測繪基準，維護國家坐標系統，達到多方加值應用的目的。

## 伍、參考資料

余水倍(2009)臺灣地區實施海底大地測量可行性先期研究。

佐藤まりこ(2009)Technological development of the seafloor geodetic observation system。

國土地理院測地觀測中心(2004)Establishment of the nationwide observation system of 1,200 GPS-based control stations。

國土地理院：<http://www.gsi.go.jp/>

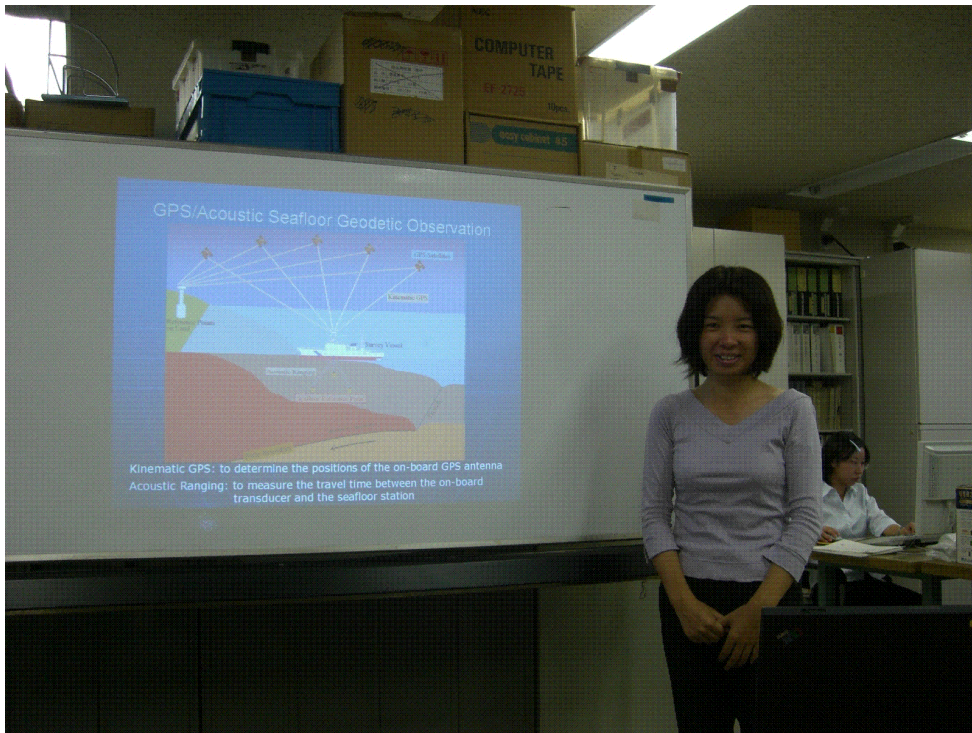
海上保安廳海洋情報部：<http://www1.kaiho.mlit.go.jp/jhd.html>

## 附錄：參訪照片

### 一、海上保安廳海洋情報部：

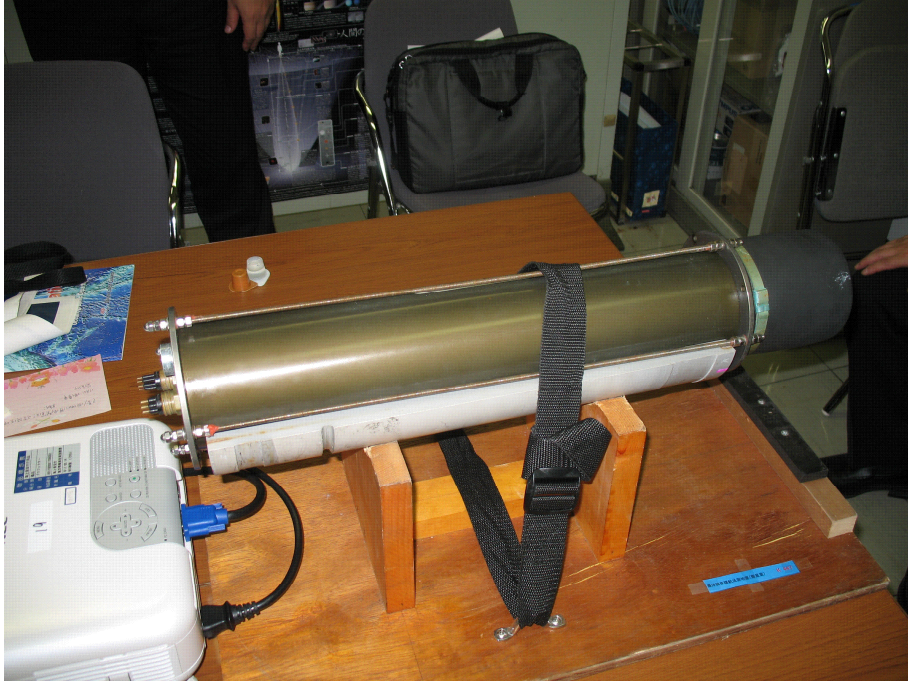


本中心參訪人員與日本海洋情報部人員合照





海洋情報部佐藤まりこ小姐介紹海底大地測量業務



音波轉換器



音波回應器



## 二、國土地理院：



國土地理院介紹電子基準點構造



與國土地理院人員討論 GEONET 系統構成





GEONET 展示系統

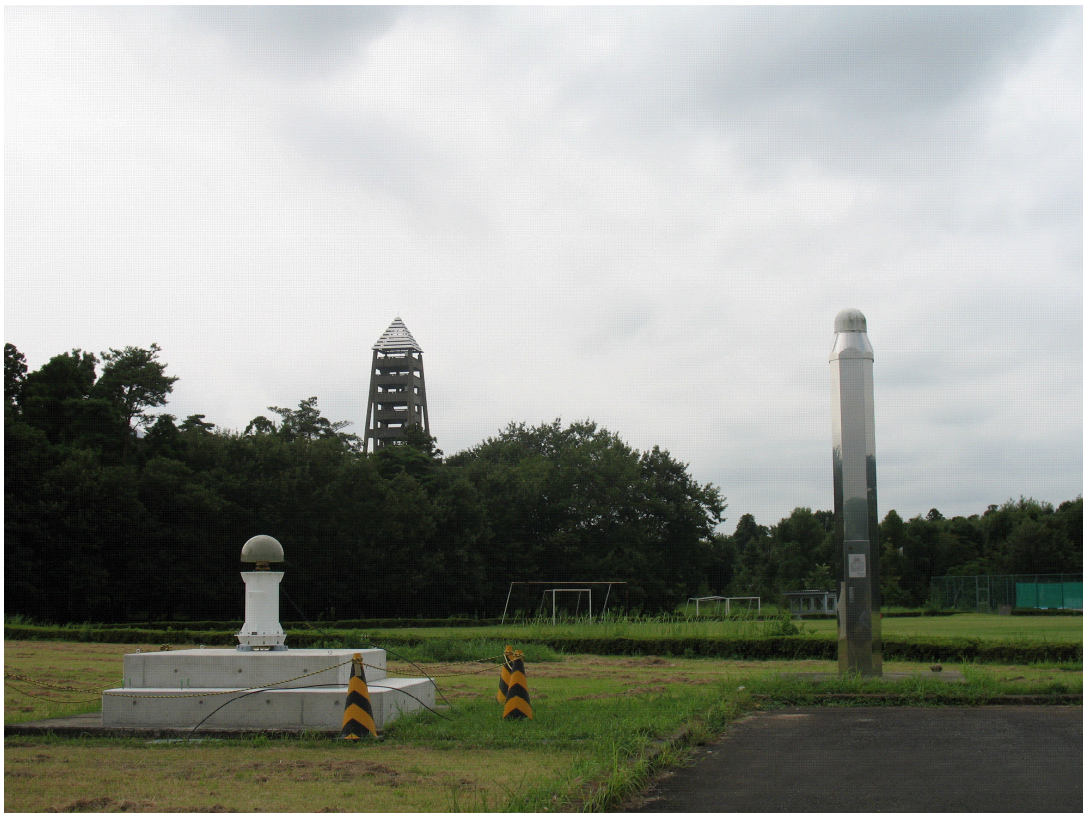


電子基準点模型、GPS 受信機、GPS 天線盤





VLBI 無線電天文望遠鏡



IGS 基準站、高視標、電子基準點





日本首座測量用航空飛機



日本列島球體模型





地圖與測量科學館一隅（測量編年史）



地圖與測量科學館一隅



(三) 東京市内：



日本経緯度原点



日本水準原点