

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 海底地震儀之觀測研究--從海底地震儀折射與多頻道反射 震測資料探討地殼構造 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：整合型  
計畫編號：NSC 95-2116-M-002-008-  
執行期間：95年08月01日至96年07月31日  
執行單位：國立臺灣大學海洋研究所

計畫主持人：劉家瑄

計畫參與人員：教授-主持人(含共同主持人)：劉家瑄  
碩士-專任助理人員：莊惠如

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 97 年 05 月 13 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫期末精簡報告

## 海底地震儀之觀測研究一

### 從海底地震儀折射與多頻道反射震測資料探討地殼構造

### Mapping of the crustal structures from OBS refraction and multichannel seismic reflection data

計畫編號：NSC 95-2116-M-002 -008

執行期限：95 年 8 月 1 日至 96 年 7 月 31 日

主持人：劉家瑄 台灣大學海洋研究所

計畫參與人員：莊惠如 台灣大學海洋研究所

#### 一、中文摘要

本研究在為期三年的「海底地震儀之觀測研究：台灣外海之孕震作用與上部地幔演化」整合型研究計畫中將扮演研究地殼上部構造的角色，並協助提供海底地震儀佈放位置的地質背景，以從淺至深，瞭解地殼變形、孕震作用、以至上地幔之構造與演化。除了提供海底地震儀佈放地點的淺部地殼資訊之外，本計畫執行期間將配合台美合作的「台灣地體動力 (TAIGER) 研究計畫」以及台法合作台灣東部海域地震觀測研究計畫，對台灣東部海域的孕震帶及台灣地區板塊構造從隱沒到碰撞的地體動力問題進行探討。三年計畫執行內容包括：計畫第一年協助國內海底地震儀之佈放及場地調查，並規劃、準備 TAIGER 計畫主動聲源 (active source) 實驗多頻道反射震測部分之研究工作。計畫第二年將進行多頻道震測資料之處理分析工作，以初步建立研究地區上部地殼構造。計畫第三年執行 TAIGER 計畫主動聲源實驗之多頻道反射震測作業，收集並處理多頻道震測資料，探討台灣周邊海域之孕震機制與板塊地體動力機制。

**關鍵詞：**海底地震儀、多頻道震測、地殼構造、板塊隱沒碰撞、地體動力

#### Abstract

Upper crustal structures not only reveal crustal deformation styles but also provide shallow velocity constraints around the OBS sites, thus improve the seismic images of the deep earth. This study collect, process and jointly analyze multichannel seismic (MCS) reflection and OBS refraction data in the area where broadband (BB) OBSs and short-period MicroOBSs are deployed for the purposes of mapping crustal structures and constructing upper crustal velocity models. Several key target areas will be investigated in the 3-year project period:

1. The subduction-collision zone off eastern Taiwan. The area off eastern Taiwan where the Ryukyu subduction system terminates against the Taiwan mountain belt is a seismically very active area. This area is also the target of a planned Taiwan-France investigation on the seismicity and geohazard. This sub-project will perform a critical role in providing site characterizations and regional crustal deformation styles.

2. The subduction to collision zone off southern Taiwan. A major Taiwan-US cooperative deep seismic imaging project, the TAIGER project, is being carried out in 2008 and 2009. An active source experiment using the US seismic vessel R/V Langseth is scheduled in spring 2009. OBS and MCS data along several transects across the subduction-collision zone will be collected.
3. BB OBS site characterization. BB OBSs have been deployed at several locations in this Integrated Project for earthquake observation. This sub-project has provided sea floor information for selecting BB OBS locations, and also characterized the site geology using MCS data.

Key Words: Ocean bottom seismometer, multichannel seismic reflection survey, crustal structure, geodynamics.

## 二、緣由與目的

瞭解台灣下方板塊的幾何架構及地體動力不僅關係到板塊隱沒-碰撞作用以及台灣造山作用的演化與動力機制這些地球科學上的重要問題，而板塊隱沒與弧-陸碰撞在台灣地區產生了密集的地震，瞭解孕震機制與地震的正確分布在地震防災方面也是重要課題。台灣過去研究板塊的大架構多利用地震資料分析，由於台灣地區地震大部分發生在海域之中，如能在海底佈放海底地震儀，則對地震的觀測將更能精確掌握。除了地震觀測以外，利用海底地震儀接收人工震源的廣角反射及拼射震波訊號，再結合多頻道反射震測（MCS）資

料，能夠探討地殼的構造變化，以連接地表形貌與板塊深部之構造。因此在本整合型研究計畫中，本子計畫之研究重點在於利用 MCS 與 OBS 折射資料來進行研究分析，計畫目的為：1. 建立整合型計畫研究區域的上部地殼構造資訊，提供良好的地殼淺部構造控制以探討深部的構造變化。2. 在台美 TAIGER 合作計畫中參與海域 MCS 及 MCS-OBS 聯合震測作業，並負責處理分析部分 MCS 及 OBS 資料，探討隱沒帶的地殼構造，以及從隱沒帶到碰撞帶之間的構造演化。3. 在台灣東部海域地震密集區觀測地震對淺部地殼及地表所造成的影響，探討大地震發生時對台灣東部沿海地區可能造成的災害。

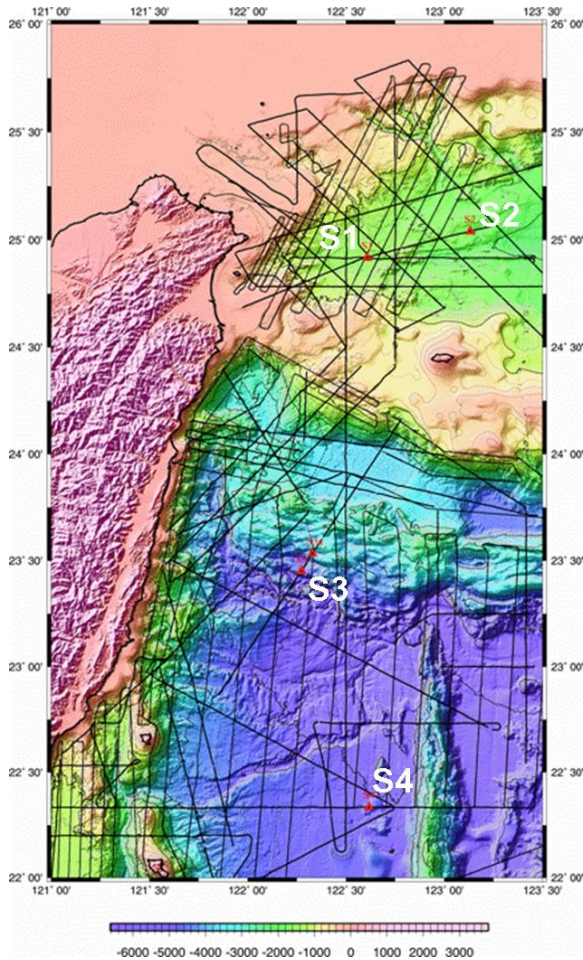
## 三、研究步驟

本年度為三年期研究計畫的第一年，主要研究工作分為兩部份進行：1. 彙整台灣東部海域多頻道反射震測資料與地形資料，提供本整合型計畫中總計畫佈放寬頻海底地震儀(BB-OBS)所需之海床地質資訊，並提出佈放地點之建議。2. 重新分析台灣東部海域既有之多頻道反射震測資料，建立花東海盆中沉積物之分布與構造。

在協助 BB-OBS 佈放方面，本計畫主持人與總計畫主持人郭本垣博士及子計畫主持人戚務正博士首先議定四顆 BB-OBS 之大致分布，隨即檢視計畫主持人所有之反射震測剖面，並繪製海底地形圖，最後定出四顆 BB-OBS 之佈放位置(圖一)。本研究並分析通過 BB-OBS 站位之反射震測剖面，建立其淺部地殼構造形貌。

在規劃、準備 TAIGER 深部震測調查工作方面，本年度的工作重點在於探討台灣東部花東海盆的沉積構造。本計畫重新整編、分析在花東海盆中的反射震測剖面

資料，並利用 1995 年 TAICRUST 計畫所收集的海底地震儀資料所建立的速度資訊推估花東海盆中沉積物的速度構造，建立整編完成花東海盆沉積物等厚度圖。



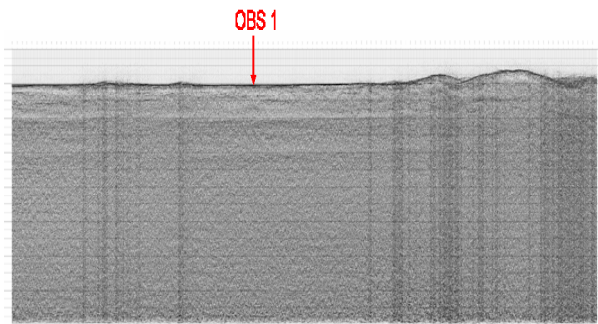
圖一、台灣東部海域寬頻海底地震儀佈放位置圖。紅色三角形為 BB-OBS 站位(分別標示為 S1, S2, S3 與 S4)，黑色線為計畫主持人過去收集來之反射震測剖面位置。

#### 四、研究結果

在 BB-OBS 佈站位置之調查方面，各站位處之震測剖面解釋簡述如下：

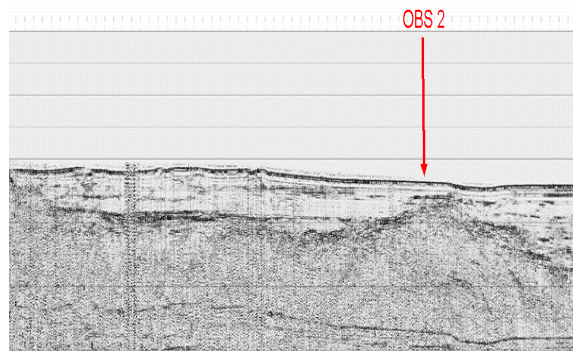
1. BB-OBS 第一站(S1，位置見圖一)位於沖繩海槽南端，海床平整，有薄層沉積物覆蓋，但站位左右震測剖面上均有凸起構造，應是海底火山或入侵火成岩體(圖二)，宜避免太接近此類構造。此站

BB-OBS 在 2007 年夏回收時尚未能順利回收，有可能是受到海底火山活動影響。



圖二、EW9509-12 震測剖面顯示在 S1 站位附近之海床構造，OBS-1 之箭頭指向 S1 站位位置。

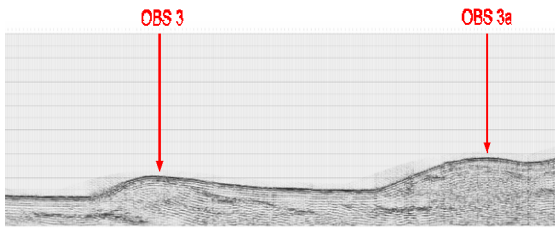
2. BB-OBS 第二站(S2，位置見圖一)位於沖繩海槽中央 123°E 經度附近，海床上有薄層沉積物覆蓋於一隆起之基盤上(圖三)。此站位位於一東西走向的淺丘之南，可利用此狹長淺丘阻隔北棉花峽谷帶下來的沖積物。此站 BB-OBS 已順利於 2007 年夏回收。



圖三、MCS423-20 震測剖面顯示在 S2 站位附近之海床構造。OBS-2 之箭頭指向 S2 站位位置。

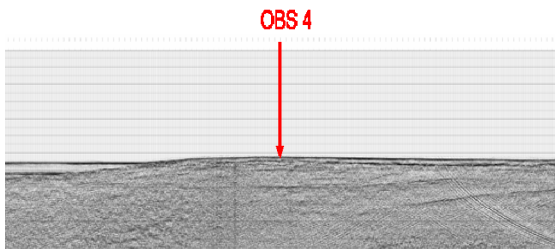
3. BB-OBS 第三站(S3，位置見圖一)位於琉球海溝北邊之耶雅瑪海脊前緣，為增積岩體之背斜構造(圖四中 OBS 3 位置)，該處水深超過 4000 公尺，且在活

動隱沒帶前緣，施放時 BB-OBS 即顯示異常狀態(信號時斷時續)，目前仍在海底未能成功回收。



圖四、MCS423-16 震測剖面顯示在 S3 站位附近之海床構造。OBS3 之箭頭指向 S3 站位位置。

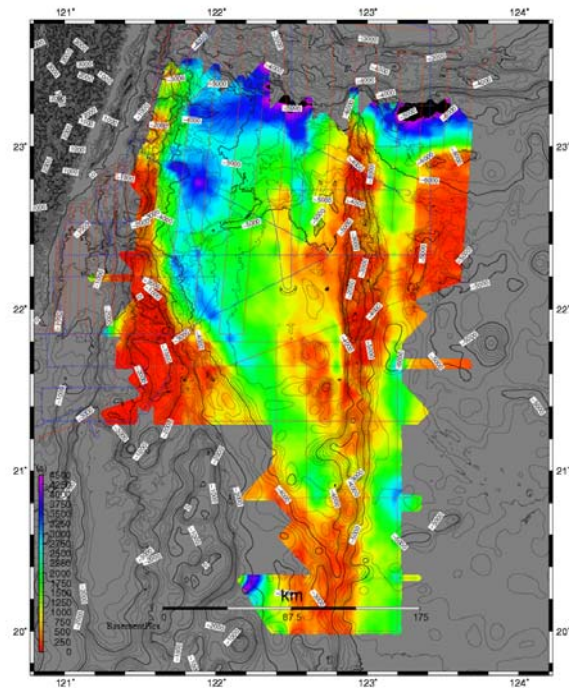
4. BB-OBS 第四站(S4，位置見圖一)位於花東海盆東側接近加瓜海脊。站位下方有隆起之基盤，上覆淺層沉積物(圖五)，為理想之 BB-OBS 佈放點。此 S4 OBS 已順利於 2007 年夏回收。



圖五、EW9509-19 震測剖面顯示在 S4 站位附近之海床構造。OBS-4 之箭頭指向 S4 站位位置。

另外在花東海盆之沉積構造研究方面，本計畫整編完成花東海盆之沉積物等厚度圖(圖六)，顯示花東海盆中主要沉積物來自台灣造山帶，並經由海底峽谷帶入其中，故花東海盆北半部之花蓮峽谷、奇美峽谷、三仙峽谷以及台東峽谷流域地帶沉積物均相當厚(最厚處位於琉球海溝中，厚度超過 4500 公尺)。另外呂宋島弧東側坡腳下亦為沉積物堆積區，厚度超過 3000 公尺。花東海盆東側近加瓜海脊一帶沉積物較薄，且加瓜海脊西側尚有兩座南-

北走向的小海脊平行於加瓜海脊。此部份之研究成果正撰寫論文中。



圖六、花東海盆海床沉積物等厚度圖。色階顯示沉積物之厚度(紅、黃色少於 1000 公尺，深藍及紫等色厚過 3000 公尺，黑色超過 4500 公尺)。

# 參加 IUGG XXIV 大會報告

劉家瑄

臺灣大學海洋研究所

## 一、前言

IUGG 是 International Union of Geodesy and Geophysics，即國際大地測量與地球物理聯合會的簡稱。這個國際組織包括七個地球科學方面的國際專業協會，分別是 International Association of Geodesy (IAG)，International Association of Geomagnetism and Aeronomy (IAGA)，International Association of Hydrological Sciences (IAHS)，International Association of Meteorology and Atmospheric Sciences (IAMAS)，International Association of Physical Sciences of the Ocean (IAPSO)，International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior (IASPEI)，and International Association of Volcanology and Chemistry of Earth's Interior (IAVCEI)，領域涵蓋了大地測量、地磁、水文、大氣、太空、海洋、地震與固體地球物理，以及火山和地球化學，可說明國際地球科學界地位最崇高的學術組織。其每四年舉辦一次大會(General Assembly)，而今(2007)年是該組織舉辦第 24 屆大會，在義大利的 Perugia 市舉行。為了對國際地球科學組織有較多的接觸以及希望能了解目前最受國際地球科學社群注意的議題，筆者今年首度參加了 IUGG 的大會，茲將參與會議經過與心得分述如下。

## 二、與會經過

IUGG XXIV 於 2007 年 7 月 2 日至 7 月 13 日假義大利中部的古城 Perugia 舉行。由於會期長達兩星期，7 月 8 日星期日這一天並未安排任何科學議程。這次會議的場地主要利用 Perugia 大學的教室、演講廳等地舉行，因此各科學議題的報告場地分散在整個校園中，Perugia 是一個山城，許多不同的論文發表場地間，不僅距離遠，更須上坡、下坡，不像一般在國際會議中心舉行的國際會議，其論文發表場地皆相鄰而設，很容易的從一個場地轉到另一個場地。因此這次參加會議只能以分項研討會的議題為主，每半天大概只能待了一個場

地中聆聽論文發表。另外，此次會議的壁報論文展示均安排在晚上 6 點至 8 點間舉行，且分散在兩個距離很遠的場地，想要一個晚上觀閱兩個不同場地的壁報論文也很麻煩，筆者也只能擇要參加。

筆者於 7 月 3 日晚搭機飛往義大利，7 月 4 日抵達羅馬，再乘坐巴士前往 Perugia 市，抵達該市已是傍晚。7 月 5 日一早趕到 Perugia 大學大會報到處報到並領取會議資料後，即參加筆者要報告的 JSS014 論文發表場次。這個場次的主題是討論大陸邊緣的地殼與岩石圈構造 (Crustal structure and Tectonophysics – Crustal and lithospheric structure in active continental blocks and their boundrys)，7 月 5 日從早上 9：30 開始一直到晚上 8：00 結束，其中口頭報告分上、下午兩場，晚上則是壁報展示。上午的報告有六篇都是利用 GPS 觀測資料來解釋包括紐西蘭、美國西部與亞洲大陸的地塊變形與板塊構造演化。其餘的八篇(包括筆者發表的一篇)則係以地震或反射/折射震測資料來探討西藏高原、台灣、日本、墨西哥、美國加州等造山帶或隱沒帶的地殼與岩石圈構造。筆者的論文：Plate deformation and crustal structure at the southwestern of the Ryukyu subduction zone off eastern Taiwan，被排在 7 月 5 日下午 2：15~2:30，以口頭報告方式發表。筆者介紹了台灣東部海域琉球弧溝系統從隱沒到碰撞的過渡帶中地殼變形的觀察結果，同時也介紹了即將於今年秋天展開的台、美、法、日合作台灣地體動力整合研究計畫(TAIGER 計畫，Taiwan Integrated Geodynamic Research 計畫)。由於與會學者大多數並不熟悉台灣相關的研究，因此報告後並未有太多討論，但也達到國際交流的目的。

其餘筆者有興趣挑選出的論文發表場地，包括了

#### 1. 海底觀測系統(Underwater Observatory)，7 月 6 日舉行

這是目前海洋觀測最新的突破性發展之一，把許多觀測儀器放於海底，利用電纜連接(傳送電力及傳回訊號)，可以即時且長時間進行海底觀測，不僅在科學觀測上打開新的一頁，在海洋防災(如地震、海嘯)上也將扮演重要角色。台灣中央氣象局將在台灣東部海域佈設海底地震及海嘯觀測系統，因此此項主題筆者有高度興趣。會中歐洲、日本、美國等國學者報告了他們在此方面研究的最新發展，筆者有相當收穫，並認識了一些此領域的研究學者。

#### 2. eGY：電子地球物理年(2007-2008)

IUGG 在 1957 年推動國際地球物理年(IGY, International Geophysical Year)非常成功，許多國家合作進行地球觀測，獲致科

學上重要的進度，也建立起地球科學國際合作研究的典範。50 年後在今年，IUGG 再度推動「電子化地球物理年，eGY」，希望在 2007 下半年到 2008 上半年的一年中，各國學者均能進行電子資訊的彙整、交換，以提升我們對地球的了解。7 月 7 日上午 IUGG 特別舉行了 eGY 的開始儀式並大力推廣。

3. 地磁異常與地震、地質與大地構造的關係(JAS012: Seismologic geologic and tectonic interpretation of geomagnetic anomalies)。這個主題於 7 月 6 日與 7 月 7 日兩天分三個場次發表，筆者過去進行過類似研究，因此也挑了一些有興趣的文章去聆聽與觀看壁報。
4. 活動斷層的地球物理研究(SW002: Geophysical study of Active Faults)。這個場次於 7 月 9 日舉行，與會學者利用各項高解析度地球物理探勘技術來調查，研究活動斷層。由於台灣活動斷層遍佈，筆者也利用機會吸取一些活動斷層調查的技術與觀念。
5. 海嘯(JS002: Tsunami: Generation and Hazard)以及早期預警系統(JS003a and b: Early Warning system)這兩個相關的主題在這次 IUGG 大會中是重點，從 7 月 11 日、7 月 12 日一直延伸到 7 月 13 日的 US012: Early Warning and National Hazards 專題。7 月 13 日一早大會並安排了日本的著名海嘯研究專家 Kenji Satake 提出專題演講：「Lessons from the 2004 Sumatra – Andaman Earthquake and the Asian Tsunami」，這也是大會的四場專題演講之一。Satake 博士說明了 2004 年蘇門達臘地震及南大海嘯發生的原因及經過說明這是近 40 年地球最大的地震(上次的大地震是 1960 年的智利大地震，也引發環太平洋多處地方發生大海嘯，造成許多傷亡)。大地震會不斷發生，人類應記取教訓，利用科技來將災害降到最低。他認為研究過去發生的大地震及所引發的海嘯非常重要，將能幫助我們瞭解這些災難發生的方式及時機。另一方面，需要進行地震與海嘯監測，各國應該積極廣於交換即時的地震與海嘯資訊。濱海地區則需要建立災害模式，推估地震或海嘯可能致災的範圍與程度，並建立預警系統。教育也是非常重要，群眾一定要有足夠的嘗試在災難發生時，能冷靜應對，平時做好防災、減災的預備工作，才能將天災的損害程度降至最低。

在 JSS002 與 JSS003 這兩個論文發表場地中也有不少精彩論文提出，可見利用科技來研究災害及減災已是科學家非常重視的工作了。



### 三、成果與心得

這是筆者第一次參加 IUGG 這種超大型學術會議。此次與會的人數超過 5000 人，在人數上雖比不上美國地球物理聯合會(AGU)與歐洲地球科學聯合會(EGU)的年度大會(人數有時超過 1 萬人)，但其領域涵蓋非常廣，是非常好一個廣領域交流的場所。另外，IUGG 扮演著地球科學學界對人類社會的需求採取一些行動或做出一些建議的主導組織。像在此次大會中地震與海嘯的災防研究即是重點之一。另一個重點是全球氣候變遷，全球暖化的議題在此大會中亦有多個場地進行探討。而 IUGG 今年推動 eGY，提倡電子資料化及廣泛的交流合作，亦是希望人類對所居住的地球能有更暢通、更完整的資訊，增進我們對地球環境的了解。

在會場籌備與規劃方面，主辦單位可說是花了相當多的心力。各方面的資訊很完整，服務也非常周到。但受限於場地的分散，使與會學者散佈在大學校區的各角度，多數人均待在自己有興趣的某單一場次，反而不易達到跨領域交流的目的。另外，Perugia 是一個小山城，IUGG 的舉辦在當地已是一件大事，而同時又碰上該城一年一度的「爵士樂年華」，整個山城及鄰近城鎮擠滿了人，旅館難訂、交通擁塞，街上滿是人潮，也影響到會議品質。不過從另一方面來看，義大利本來就是文化寶地，Perugia 這個古城有豐富的文化寶藏，加上「爵士樂年華」帶來的熱鬧氣氛，會議中偷閒或一天會議結束後，漫步在山城街道上，倒是驚奇處處(古老的教堂及建築與到處搭起的演唱舞台交織)，使兩個星期的會期絕不單調。

對筆者個人而言，此次 IUGG 在學術上雖沒有如 AGU 或 EGU 會議般有豐碩的收穫或忙碌(AGU 及 EGU 時常是白天研討會，晚上開小型國際合作相關規劃會議)，但有機會接觸到地球科學的總組織以及獲知目前地球科學界重視的研究主題與研究方向，並有機會浸沐於義大利的文化氣息中，也是珍貴的收穫。