

出國報告（出國類別：國際會議）

參加 2014 美國地球物理聯合會

服務機關：經濟部中央地質調查所

姓名職稱：陳棋炫 技士

派赴國家：美國舊金山

出國期間：2014/12/14~22

報告日期：2015/3/4

## 摘要

2014 年美國地球物理秋季聯合大會，依照往例於美國舊金山舉行，本人此次參與發表了近年來於地震構造及集水區地動訊號研究成果，與會期間與多位國內外學者之討論，顯示研究議題之複雜性及重要性。另外於 5 天的會議裡，參加了數場自然災害、地震學、板塊構造、地震預警等主題的演講會議，並於壁報區與壁報作者請教相關技術及想法，所獲得的經驗，將有助於回國後與本所業務之進一步連結，朝向更高科技的地球科學願景邁進。報告提供數點建議及想法，若時間及經費可行的前提下，個人覺得相當值得進行，尤其研究自然科學的行政機關，更應在學術研究的基礎下，探討實際應用面的議題。最後，感謝經濟部地調所支持此次出國經費。

## 目 錄

一、	目的.....	1
二、	過程.....	3
三、	心得及建議.....	12

## 一、 目的

美國地球物理秋季聯合會(American Geophysical Union)為目前無論在囊括之領域及參與之人數均為全世界排名第一之國際研討會。領域包含大氣科學、生物科學、生物科學、測地學、全球環境變遷、水文學、礦物岩石物理學、古海洋、古氣候、火山學、板塊構造學、地震學、教育學門、社會科學及公共事務學等。2014 年度據統計來自全球之各領域專家學者約有 24,000 位。此會議每年約在 12 月中旬於美國加州舊金山之莫斯康會議中心舉辦。2014 年末參加美國地球物理秋季聯合會(2014 AGU Fall Meeting)，主要目的為發表本所於近幾年來在地震地質的研究成果，以及土砂運移監測之新技術；並希望在出國期間，了解各國在相關領域上之進展，以及與本國及各國專家學者進行交流討論。

近年本所於地震地質學的研究已於傳統地表地質調查之基礎上，進一步往地下深處之構造研究邁進，藉由結合地表地層、構造資訊與地下震波速度層析成像(seismic tomography)，能進一步探討地表延伸至地下數公里至數十公里之構造，除探求中、下部地殼現況外，更能對於臺灣造山運動及重要地質構造加以了解。地下速度構造為目前探求地球內部構造最廣泛使用之方法，各種推算方法目前正蓬勃發展中，本次在此領域提出一篇論文，題名為：Seismological Evidence for the Crustal Exhumation Bounded by Lishan Fault in Central Taiwan (從地震學的證據探求中臺灣之地殼掘升受阻於梨山斷層)，目前相關研究同時已投稿至 Tectonophysics 期刊，尚在審查階段。臺灣的大地構造為世界各國之專家學者所感興趣，梨山斷層存在與否之爭議也從外間斷，因此從地殼深處的角度出發，希望能藉此機會獲取對臺灣此條界限斷層之討論及看法。

另一方面，本所甫於 2013 年利用 8 年期的易淹水水患治理計畫，完成全臺流域土砂運移調查，計畫執行過程中與臺大團隊合作於旗山溪、荖濃河流域佈設地震站，監測期間土砂崩塌及運移之震波訊號，此領域在國際上屬相當新穎之研究技術。本次以共同作者共同發表論文題名為：Seismologically determined

bedload flux during the typhoon season (利用地震學方法測量颱風期間的底床載流量)，颱風期間造成河道輸砂的量體，為地質界、水利界、水保界、土木界所關注的課題，其牽涉到臺灣造山的剝蝕率、工程措施的排解及防堵設計，然而颱風期間於河道的量測又是相當艱鉅，因此本研究利用相對遠距佈置的地震儀觀測資料，定量求得底床載的搬運，相較於以往的現地量測可有較安全的作法及較即時的觀測資料。前往參加會議期間文章尚於審查階段，目前此篇文章已接受並刊登於 Scientific Reports.

## 二、 過程

表 1 本次出國行程:

出國行程說明			
預定起訖日期	天數	到達地點	工作內容簡述
103/12/14	1	台北-美國舊金山	啟程赴美國舊金山(台北-舊金山)
12/15-16	2	會場	參加地震地質構造研究相關場次，並與現場國際學者交論
12/17	1	會場	發表論文
12/18-20	3	會場	參加山崩研究相關場次，會後與國外學者討論臺灣地震構造研究事宜
12/21-12/22	2 (共 9 天)	舊金山-台北	回程(舊金山-台北)

會議首日早上 7 點半抵達會場(圖 1)，已有報到及領取書面資料之排隊人潮(圖 2)，會議現場提供議程列印成冊之書面資料(圖 3)供索取，由於發表文章及場次之多，且包含口頭演講及壁報張貼討論，會議議程早於數周前即於網上公告，並提供個人行程 App 及行事曆製作及連結(圖 4)，由於本次會館除了莫斯康會議中心西館及南館外，新增了 Marriott Marquis 飯店，且會議期間陰雨綿綿，僅在最後一日才放晴，因此使得個人排定議程於各場次移動遷徙間增加了些許路程。本人於會議 5 日內除了 1 日個人壁報張貼討論期間外，另外主要參與了幾個主要議題之演說及壁報討論，主要包含地震地質構造研究、山崩目錄建置及山崩潛勢分析、全波形反演地下速度逆推、表面雜訊淺層地下速度逆推、光達掃描地形應用於山崩自動判釋、山崩過程模擬等相關議程。

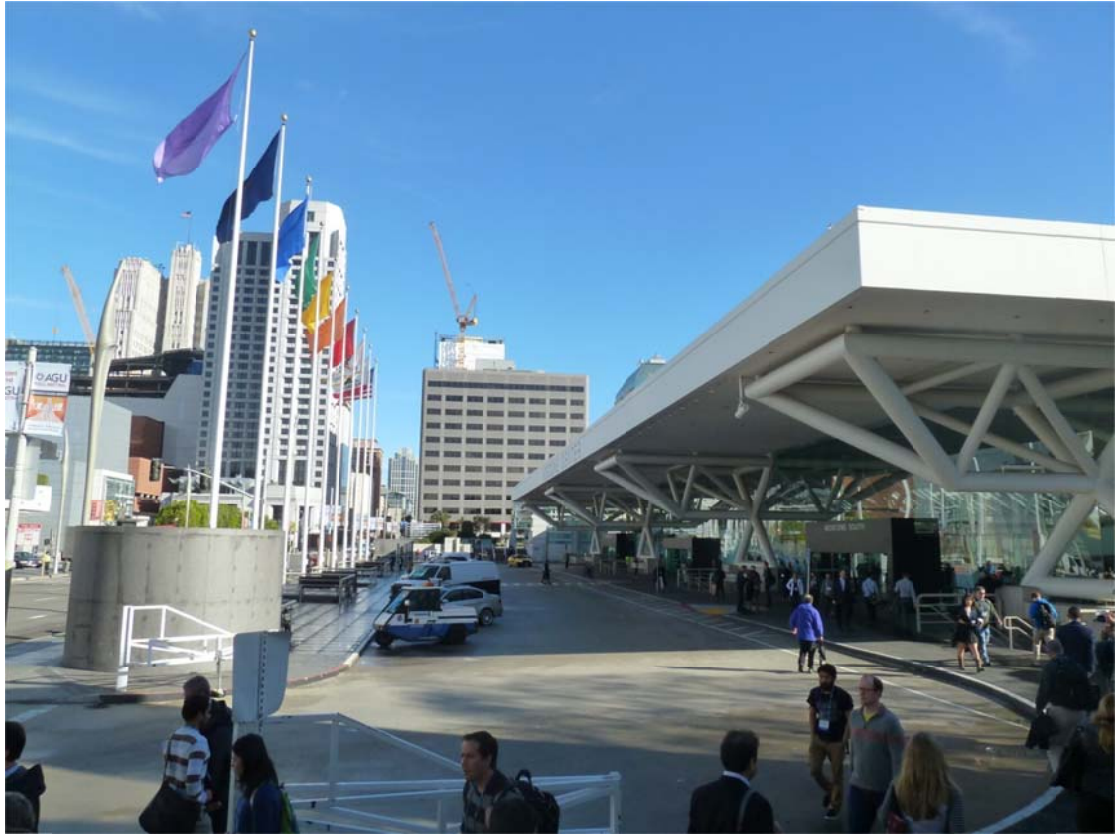


圖 1 莫斯康會議中心

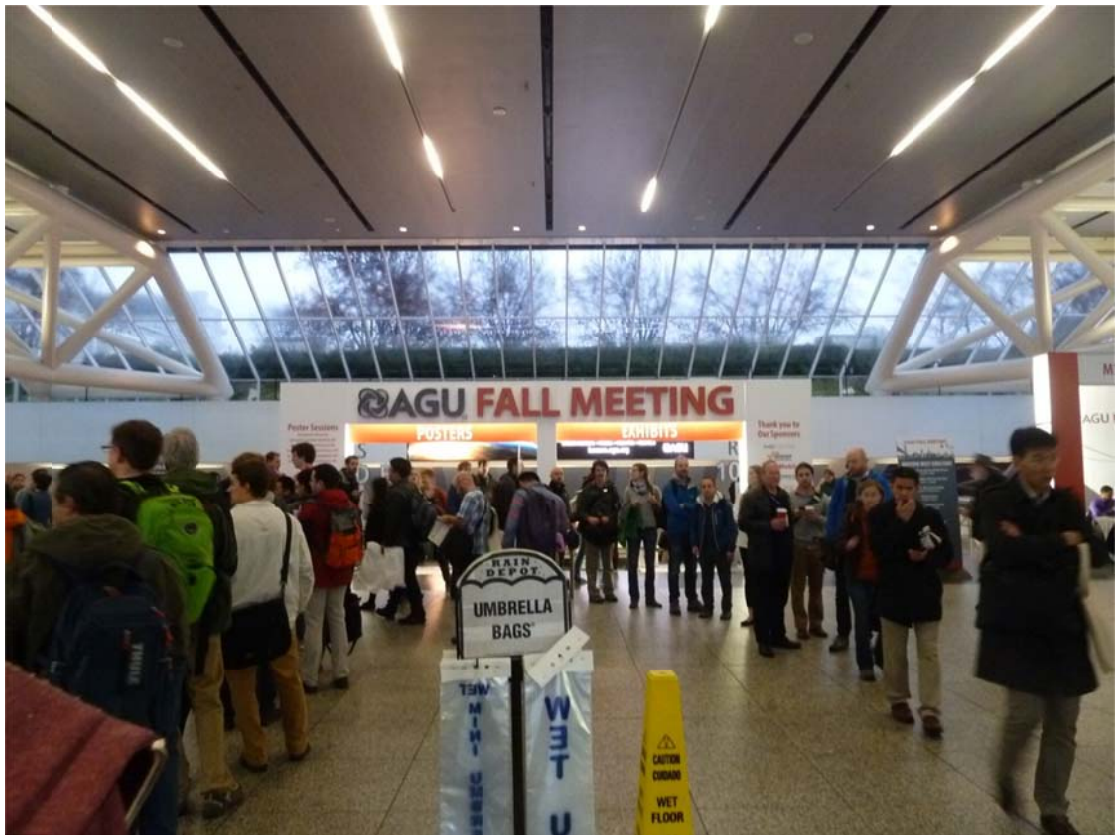


圖 2 會議首日排隊報到之人潮





本次發表文章之篇名及摘要內容節錄如下，而以第一作者壁報張貼的場次於周三上午(圖 5)，來到發表壁報前討論學者，包含史丹佛大學劉忠光教授、賓漢頓大學吳大銘教授、康乃狄克大學 Timothy Byrne 教授、中研院李建成教授、師大陳卉瑄教授、中正大學李元希教授、東華大學劉瑩三教授、中央大學董家鈞教授，另外尚有許多目前在美國攻讀博士的臺灣學生共同參與討論。討論內容以梨山斷層之論證為主，地震層析成像在跨越斷層有明顯的速度變化，但是單單何謂明顯的變化即有不同意見，雖在部分區域很明顯，但其南北方向之延伸性及地下東傾或西傾之延伸性，則需要再保守討論。另外速度變化不必然代表梨山斷層是重要界限斷層，其仍有可能是地殼或地層往東傾的逆斷層覆瓦疊置，造成速度構造異常而梨山斷層只是被動存在。雖然梨山斷層的重要性有多種情境可討論，但是雪山槽沿著斷坡從約 20 公里深處往西邊地表逆衝，以及其東側可能代表梨山斷層的界線，過去於本區域的研究研究受限於解析度及電腦計算能力之限制，並無法觀察到臺灣的山區底下，分別在雪山山脈及中央山脈下方，有兩包接近中部地殼隆起的高速體，中間被低速體分隔，應為本研究最具貢獻的地方。利用區域地震解析到的速度構造約不深於地下 30 公里，能探討的範圍涵蓋到中下部的地殼，若要繼續往深處探討，則應進一步結合遠震資料的逆推結果。依照目前多位學者所提出多樣的臺灣造山運動模型，搭配本研究所討論的地下速度模型，中央山脈及雪山山脈不同階段的地殼掘升，為較符合本研究之造山運動機制。

表 2 大會手冊刊登本人第一作者發表地震地質研究摘要

### **T31C-4628** Seismological Evidence for the Crustal Exhumation Bounded by Lishan Fault in Central Taiwan

The characteristics of Lishan Fault or its existence has been under controversies in the past decade, leading to the arguments for the orogenesis of Taiwan. To better describe the subsurface structures in central Taiwan, we conducted a well-conditioned joint inversion of P-wave ( $V_p$ ) and S-wave velocity ( $V_s$ ) structures to explore detailed local structures and discontinuities in higher resolution. The results show that the Lishan Fault can be well delineated by a prominent velocity contrast subvertically. A high velocity body enclosed by  $V_p = 6.0$  km/s is exhumed under the eastern Hsuehshan Range and right stop by the Lishan Fault on the east, demonstrating that the basement uplift in central Taiwan is bounded/controlled by the Lishan Fault, as a boundary fault. Parts of the high-velocity body also characterized with high  $V_p/V_s$  ratio area may indicate the mafic bodies related to the ancient rifting event. Furthermore, in 3D geometry, we found that this exhumed body that branches into the area in between two closely located Nantou earthquakes in 2013 may serve as a reason for the separating distribution of their aftershocks. Such findings could shed a light on the complicated orogenic tectonics and the hazard mitigation in the central Taiwan.

**Key words:** Lishan Fault, Nantou earthquakes, Basement uplift, Mountain building

#### Authors

- [Chi-Hsuan Chen](#)
  - *Central Geological Survey ;Department of Geoscience, National Taiwan University*
- [Hsin-Hua Huang](#)
  - *Institute of Earth Sciences Academia Sinica*
- [Yih-Min Wu](#)
  - *Department of Geoscience, National Taiwan University*
- [Wei-An Chao](#)
  - *Department of Geoscience, National Taiwan University*
- [Chien-Hsin Chang](#)
  - *Central Weather Bureau, Taiwan*
- [Mien-Ming Chen](#)
  - *Central Geological Survey*
- [Hao-Tsu Chu](#)
  - *Central Geological Survey*

表 3 大會手冊刊登本人共同作者發表之土砂運移研究摘要

**S41A-4441 Seismologically determined bedload flux during the typhoon season**

Continuous seismic records near river channels can be used to detect the energy induced by river sediment transport. During the 2011 typhoon season, we deployed a seismic array along the Chishan River in the mountain area of southern Taiwan, where there is strong variability in water discharge and high sedimentation rates. We observed hysteresis in the high-frequency (5-15 Hz) seismic noise level relative to the associated hydrological parameters. In addition, our seismic noise analysis reveals an asymmetry and a high coherence in noise cross-correlation functions for several station pairs during the typhoon passage, which likely corresponds to sediment particles impacting along the riverbed where the river bends sharply. Comparison of sediment flux between seismologically determined bedload and derived suspended load indicates temporal changes in the sediment flux ratio, which imply a complex transition process from the bedload regime to the suspension regime and/or a difference in the amount of climate-controlled hillslope mass wasting into the fluvial system between typhoon passage and off-typhoon periods.

**Authors**

- Wei-An Chao
  - *Department of Geoscience, National Taiwan University*
- Yih-Min Wu
  - *Department of Geoscience, National Taiwan University*
- Li Zhao
  - *Academia Sinica*
- Chi-Hsuan Chen
  - *Central Geological Survey*
- Victor Tsai
  - *Caltech-Seismological Lab*

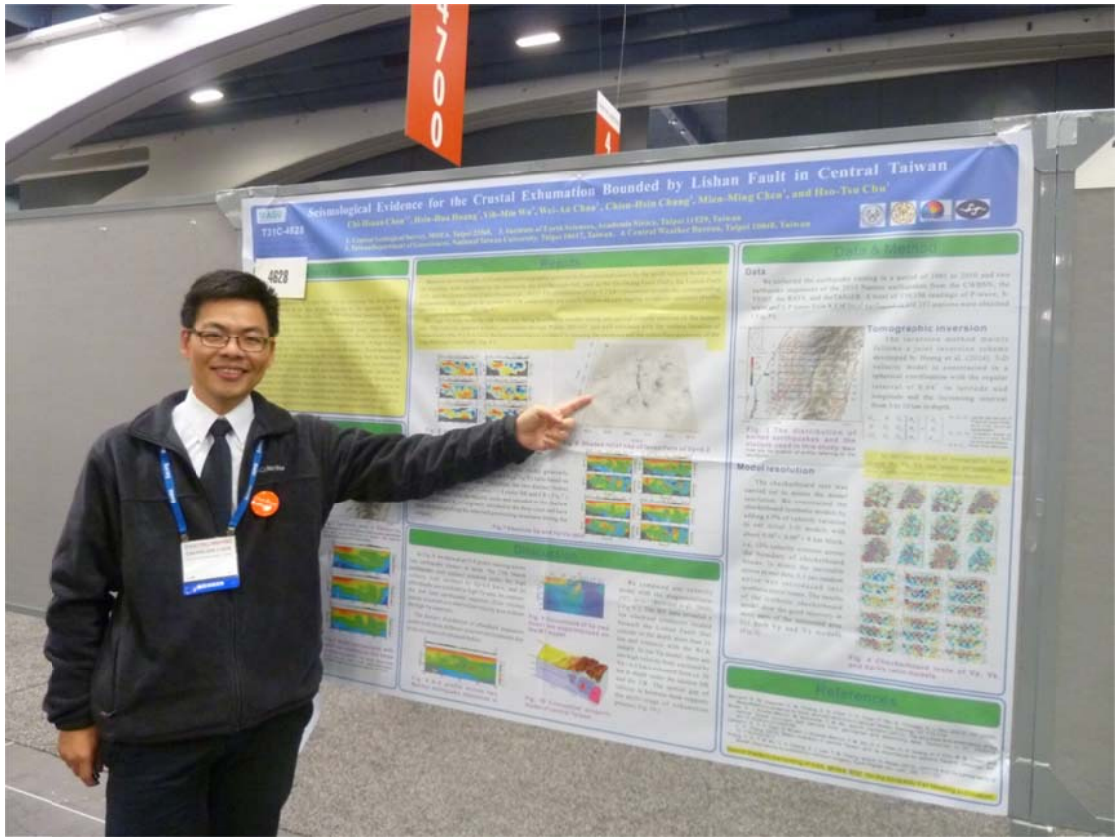


圖 5 張貼研究壁報於會場

美國地球物理聯合會每年吸引各國的研究組織、儀器商、出版商、寶石、礦物、化石商前往設攤參展(圖 6)，臺灣地球科學研究推動中心也有擺攤位(圖 7)，並在現場發放臺灣之夜入場券(圖 8)，臺灣之夜可說是每年臺灣旅居各國學者與臺灣友好伙伴之團聚之夜(圖 9)，現場駐美舊金山代表、自然處長陳于高處長、地科推動中心董家鈞主任均上台致詞期勉臺灣學術界要前仆後繼，旅外學者與各國友人也要多與臺灣雙邊合作交流，以使我國科學研究持續走在世界之前端。





圖 6 會場參展之單位



圖 7 臺灣地球科學研究推動中心設攤參展



圖 8 臺灣之夜入場券



圖 9 臺灣之夜陳處長致詞

### 三、 心得及建議

距離上次參加 AGU 會議已經是 7 年前了，上次第一次參加會議完對於在一個場合就能接觸到世界頂尖研究，心裡有很大的衝擊。本次參加完會議有不同感受，AGU 可以是個很嚴肅卻又開放的學術戰場，各國的最新研究成果都在此提出討論發表，且可讓一個方法很快蓬勃崛起，且極盡所能的進化。以固體地球 (solid earth) 領域的地震學而言，地核、地函、地殼的研究成果不斷創新，地下速度的反演從近震體波到時反演，進震聯合遠震的反演、近幾年的全波形反演，表面波環境噪訊的反演，深部構造之反演，到極淺層速度構造之反演，所有的技術在解析度及運算能力上的提升，都可幫助我們進一步探討深奧的地球內部。以山崩研究之領域，利用近十年來發展的 LiDAR 技術，快速且準確的建置災害發生的山崩目錄為目前 LiDAR 資料之一項重要應用，而山崩發生機制，則透過並利用連續地震波形紀錄、粒子運動模式，模擬山崩發生機制及崩壞過程，有助於災害防治的應用。參與如此的政界、學界及產業界的年度學術發表盛事，更覺得資料的開放、分享及討論，為促成研究進化之不二法門。

針對此次觀察到目前世界科學技術的進展，提出以下幾點建議，供我國未來施政計畫，以及本所在未來的施政或研究方向上斟酌參考：

- (一) 針對目前地震地質研究，建議可以地表資料，結合地震資料，震波速度反演資料，針對目前地震活躍度最高之可能斷層區域進行研究，例如南投地區、宜蘭地區及花東地區，此些重要地質構造可能與板塊的活動邊界有關，且通常造成規模較大之地震，釐清地震機制及成因，有助於對地震活動度進一步掌握及了解。
- (二) 有關特定有活動性的坡地監測，建議監測儀器納入數顆地震儀，地震儀能提供每秒上百點的震動紀錄，可與目前之水位計、水壓計、測傾管、應變計相互比對，並能提供更高解析度的地動訊號紀錄，以釐清各時間點的坡面物質變動。

(三) 建置多時間段、多事件之多年期山崩資料庫，對於過去各單位所建置之各類山崩資料庫進行收集及檢核，而未來應定期購置高解析度影像、掃描高解析度數值地形，針對建置一手精確山崩資訊而準備。山崩重現率之統計與地震統計特型相似，然山崩有更複雜之外部因子及重複發生不易探測之特性，因此對於未來山崩之可能重現週期，有賴於鑑往知來之資料統計來達成。

(四) 增加與學界資料開放研究交流之機會，臺灣學界之頂尖研究多是在大學裏面進行，而本所施政所面臨到對於科學不確定性的問題，很多在學術界裡已進展到一定階段，但常常是學界成果與官方資料無法互通，因此建議應多增加邀請與施政問題相關之國內外專家學者蒞臨演講與交流，並增加及鼓勵本所人員到學校或出國進修及交流之機會。