

行政院及所屬各機關出國報告
(出國類別：考察)

活動斷層調查與分析技術

	服務機關：	經濟部中央地質調查所
出國人	職 稱：	科長
	姓 名：	林偉雄
出 國	地 區：	美國
出 國	期 間：	91年12月5—12日
報 告	日 期：	92年3月1日

I3/
109200446

系統識別號:C09200446

公 務 出 國 報 告 提 要

頁數: 21 含附件: 否

報告名稱:

活動斷層調查與分析技術

主辦機關:

經濟部中央地質調查所

聯絡人/電話:

陳政恒/29462793-275

出國人員:

林偉雄 經濟部中央地質調查所 構造與地震地質組 科長

出國類別: 考察

出國地區: 美國

出國期間: 民國 91 年 12 月 05 日 - 民國 91 年 12 月 12 日

報告日期: 民國 91 年 03 月 01 日

分類號/目: I3/地質學 /

關鍵詞: 活動斷層

內容摘要: 台灣地震災害，主要源自於斷層的活動。因此爲了達到地震減災目的，活動斷層調查研究非常迫切。經濟部中央地質調查所爲政府主管地質業務單位，必須對活動斷層提出調查策略以爲因應。回顧過去活動斷層調查沿革，可以規劃未來工作方向。但是地震災害並非只有侷限在台灣，因此有必要瞭解國際研究現況，以便作爲台灣活動斷層調查業務參考。美國地球物理聯盟12月6日至12月10日在舊金山舉辦2002年會，因爲11月3日美國阿拉斯加州剛發生規模7.9大地震，會議中將有此地震地質調查研究成果發表，因此配合該會議赴美與會，以便就近拜會活動斷層研究相關人員，並瞭解近來這方面研究發展方向。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

目 錄

摘要	1
壹、前言	2
貳、目的	5
參、過程	6
肆、心得	11
伍、參考文獻	12
陸、附錄	14

「活動斷層調查與分析技術」出國報告

摘要

台灣地震災害，主要源自於斷層的活動。因此為了達到地震減災目的，活動斷層調查研究非常迫切。經濟部中央地質調查所為政府主管地質業務單位，必須對活動斷層提出調查策略以為因應。回顧過去活動斷層調查沿革，可以規劃未來工作方向。但是地震災害並非只有侷限在台灣，因此有必要瞭解國際研究現況，以便作為台灣活動斷層調查業務參考。美國地球物理聯盟 12 月 6 日至 12 月 10 日在舊金山舉辦 2002 年會，因為 11 月 3 日美國阿拉斯加州剛發生規模 7.9 大地震，會議中將有此地震地質調查研究成果發表，因此配合該會議程赴美與會，以便就近拜會活動斷層研究相關人員，並瞭解近來這方面研究發展方向。

壹、前言

台灣歷史地震紀錄顯示災害性地震常伴隨地表破裂，而這些破裂位置均位在地表斷層跡上，這個現象顯示台灣所發生破壞性地震大多源自於斷層的活動。近百年來台灣已承受五次斷層活動所導致嚴重地震災害，如 1904 年梅山地震（梅山斷層），1935 年新竹地震（獅潭及屯子腳斷層），1946 年新化地震（新化斷層），1951 年花東地震（縱谷斷層），而 1999 年的九二一地震，即因車籠埔斷層活動所導致。根據主計處統計資料，九二一地震所造成的生命財產損失包括：2494 人喪生，11,305 人受傷，及 107,002 棟房子破壞，有形資產損失共計新台幣 2364.7 億元。因此為了達到地震減災目的，活動斷層調查研究非常迫切，以便施政措施有所依循。

經濟部中央地質調查所為政府主管地質業務單位，必須對活動斷層提出調查策略以為因應。回顧過去，在民國八十六年以前，地質調查所已經陸陸續續投入活動斷層調查工作，比如說張麗旭等（1947）、徐鐵良和張憲卿（1979）、李錦發（1991）、黃鑑水（Huang，1984；黃鑑水等，1994）、朱傲祖和游明聖（1997）等等，然而這些研究在當時並未形成正式施政計畫。將他們的成果整合及彙整其他單位資料，以編輯比例尺五十萬分之一的活動斷層分布圖（張徽正等，1998）則是在民國八十六年。當時開始推動活動斷層普查施政計劃（經濟部

中央地質調查所，1996；1998a），首先考量活動斷層分布需先確定才能決定調查方向，因此回顧文獻資料編輯活動斷層分布圖。隨後展開野外核査，工作項目分別為地形分析、地表地質調查和淺層反射探勘，部分成果則陸續發表（林啟文等，2000a）。

民國八十七年七月十七日發生芮氏規模 6.2 瑞里地震，造成新中橫多處坍方（張徽正等，1999），因此斷層活動性問題開始受到重視，地質調查所除了持續活動斷層普查工作，另外提出「斷層活動性觀測與地震潛勢評估調查研究」科技計畫（經濟部中央地質調查所，1998b），計畫期程五年自八十八年七月至九十三年九月，當時考慮活動斷層調查若僅止於確定斷層位置和活動性分類，則其活動對人民生命財產的威脅無法減低，但是透過槽溝開挖及定年研究，可以分析斷層中長期活動速率和復發週期，已經可以解決長程地震預報問題，但是隨著時間推移，預期中的地震發生機率也越來越大，短期地震前兆觀測便是解決之道。因此為了進行地震潛勢評估，開始進行地殼變量觀測和環境地球化學（包括地下水文）觀測，主要工作是利用井下應變計和地下水化學元素變化研究地震前兆。此項研究首先完成觸口斷層福建坪監測井設置，開啟國內井下應變測量的首頁（經濟部中央地質調查所，2001a），而地下水觀測也有重要成果發表（Lee *et al.*, 2002）。

民國八十九年九月二十一日發生芮氏規模 7.3 集集地震重創台灣中部（經濟部中央地質調查所，1999；2000）。因應各界對地震防災和活動斷層資訊需求日益殷切，活動斷層分布圖隨即利用已調查地質資料更新發行（林啟文等，2000），而且開始調整活動斷層調查方向，除了斷層位置需要更精確的定位，其他斷層活動性質問題均必須早點解決（李錦發，1991；宋國城等，1998），因此變更早期活動斷層普查工作，推動防災國家型計畫「地震地質調查及活動斷層資料庫建置」，進行活動斷層精查工作解決上述問題（經濟部中央地質調查所，2001b）。此期活動斷層的調查目標在於工作成果能達到地震災害評估，因此活動斷層位置調查仍然是首務，其次則是地震災害評估的參數，如長期滑移速率、短期滑移速率、最大可能地震規模，和斷層活動週期。預期目標包括（1）經由地表地質調查、鑽井、地球物理探勘和地下地質構造分析等方式，確定斷層位置及性質，並出版比例尺二萬五千分之一斷層條帶地質圖；（2）利用槽溝開挖及變動地形的調查研究，來分析每一條活動斷層的中期與長期滑移速率和復發週期。（3）利用跨越斷層的密集式衛星定位系統測量及精密水準測量，不同時間衛星影像分析，建立臺灣主要活動斷層的監測系統。（4）整合近年來活動斷層研究資料，建置活動斷層資料庫，提供學術界研究以及工程界與民眾查詢之用。希望藉由這些工作成果，能落實進行地震

災害評估並達到災害減輕的目的。此項工作期程為五年自九十一年起至九十五止，活動斷層調查的標的分年分區進行，九十一年度研究對象分別為新城斷層、彰化斷層、車籠埔斷層、梅山斷層與新化斷層，此部分成果已陸續發表（林啟文等，2003；石同生等，2003；李元希等，2003；盧詩丁等，2003；劉彥求和林偉雄，2003），九十二年研究標的則為大尖山斷層、觸口斷層、九芎坑斷層、後甲里斷層和六龜斷層。

因為地震災害並無國界之分，國際交流有助於資訊分享和能力提昇，為了推動活動斷層調查業務，經濟部中央地質調查所陸續派員赴國外參訪，除了瞭解最新研究動態，並積極發展國際合作關係，目前已經與日本地質調查所活動斷層研究中心、美國地質調查所及相關研究單位建立起長期合作關係。

貳、目的

職在 2002 年 4 月由礦物岩石組調至新成立的構造與地震地質組服務，負責防災國家型科技計畫—「地震地質調查及活動斷層資料庫建置」，考量新任職務需先了解過去業務，因此在原有區域地質組活動斷層研究同仁林啟文組長、李民科長、李元希技正、盧詩丁技士、高銘健技士和石同生技士等人協助下，逐漸掌握業務的方向。

回顧台灣活動斷層調查沿革，可以瑞里地震發生作為時間點來說

明，該次地震前活動斷層調查目標在於確定斷層位置及性質，地震後斷層活動性問題的解決列為要務，整個業務發展與宋國城等（1998）所提構想是一致。以活動斷層調查業務為案例，我了解到地質調查所業務，已經從早期研究礦物岩石空間的分布及其演化，逐漸轉移到以地質作用的研究領域，也就是人與自然互動下，如何應用地質知識，增進人民和社會福祉。過去業務如此了然於心，但是當前調查分析技術、國際研究動態和國外關係建立仍待加強，因此被遴選派赴國外考察研習。

2002 年 11 月 3 日美國阿拉斯加州剛發生規模 7.9 大地震，而 12 月 6-10 日美國地球物理聯盟在舊金山舉辦 2002 年會，會議中將有此地震地質調查研究成果發表，配合該會議程時間決定赴美與會，以便就近了解美國地質調查所和相關研究單位在此事件的因應措施。此外，該年會也是國際上地球物理和地質專家每年聚集討論發表心得場所，藉此機緣可以面晤活動斷層研究相關人員，省去各地奔波往返之累。另一方面，年會現場有壁報展示及廠商設攤，恰好可以同時參訪，獲取新知及技術產品。

參、過程

會議期間拜訪了美國地質調查所研究員 George Plafker，史丹佛大學教授 Atilla Aydin 和博士班研究生 Kaj Johnson，哈佛大學教授

James Rice 和研究員 Renata Dmowska，普渡大學教授 Arvid Johnson，以色列耶路撒冷大學教授 Reches Zeev 等人，得知目前地震地質研究和活動斷層調查工作，主要在於監測和理論探討。

監測工作的重點可以分為施測佈線及精確度分析，施測佈線主要在於決定變形來源區位置地點，然後再決定施測範圍。比如說變形來源區在地下深部，則地表變形範圍影響大於變形來源區在地下淺部，因此佈線方式有所不同。目前史丹佛大學博士班研究生 Kaj Johnson 研究台灣地下構造，認為 GPS 測量所反應台灣東西方向剖面位移速度為線性，並非成階梯狀變化，因此變形來源可能來自為深部，不過此看法仍在研究階段，以台灣目前佈站方式，中央山脈及雪山山脈並無較密控制點，因此對變形來源研究仍待加強。此外，精確度分析則著重於測量誤差和應變分析，測量誤差可以經由同時測量四邊形網四邊及對角線距離，得到測量數目較變異數目多，再經由誤差分析求得測量精度（overdetermined problem）。確定測量精度後，就可以利用理論應變分析所得值與測量值對照，以便決定此次測量結果是否有意義（significance test）。

關於阿拉斯加州大地震，目前瞭解是該地震發生時間為 2002 年 11 月 3 日當地時間下午 1 點 12 分 41 秒，地點在美國阿拉斯加州安格拉治市（Anchorage）北北東 283 公里處（北緯：63.520 度；西經：

147.530 度)，芮氏規模 7.9 的大地震，震源深度 5 公里，靠近震央最大震度達 7 級，地表震動長達 2 分鐘，隨著離震央距離增加，震波頻散因而震動時間也變長。

地震起因是德納利斷層（Denali Fault）再活動所致，德納利斷層為右移斷層，東西走向，傾角向北，斷層長約 700 公里，橫貫阿拉斯加州。地表破裂起始於德納利斷層西側，然後向東延展約 200 公里，至曼達斯大湖（Mentasta Lake）附近離開德納利斷層，破裂轉向東南，再沿透匈達斷層（Totschunda fault）活動，地表破裂總長約 320 公里，最大水平錯移量 7 公尺。該地一天僅有五小時白晝且斷層位置無路可達，美國地質調查所因此將地表破裂分成十數段，交由不同研究團體前去調查，目前唯一交通工具為直昇機。

德納利斷層在麥克琴蕾公園（McKinley Park）和理察生公路（Richardson Highway）之間現代斷層崖很明顯，只是有點受侵蝕形狀退化，估計可能上次地震發生在數百年前。美國地質調查所地質學家喬治（George Plafker）在震源區域發現上次地震錯移 6-8 公尺。在最後一次冰期約一萬年前，此斷層滑移速率每年 1 公分，因此 6-8 公尺位移量需要 600-800 年來累積應變量。此外，10 月 23 日發生在此次震央西側規模 6.7 的地震，其餘震分布也是沿德納利斷層，因此目前研究認為應是本次地震的前震徵兆。

大地震所造成的破壞，主要是山崩和公路封閉，建物和人只有少數受損和受傷，令人感到慶幸的是並無人死亡。最重要的公共工程——縱貫阿拉斯加的輸油管線，在此次大地震並未嚴重受損。早期鋪設油管工程時，美國地質調查所也參與油管路線地質調查，雖然當時地表並無明顯斷層跡象，但是經過評估決定大致斷層可能經過位置，工程上在地表建立橫桿橋架，橫桿橋架上配置滑輪與油管分開，規劃斷層活動時，橫桿橋架可以移動，油管則以慣性方式懸載其上，可以不受影響。事實證明當時的調查、評估與設計，完整的保全油管被破壞的威脅，誠是不幸中的大幸。

現階段由地震破裂研究，地震緣起於 Denali 斷層西側，並以逆斷層形式引發，但是隨即破裂改為走向平移形式延展（右移斷層），向東延伸直至其分叉 Totschunda 斷層。哈佛大學教授 James Rice 的研究團隊，根據破壞力學導出此次斷層活動路徑與野外觀察所得一致。因此，以目前地震地質理論研究，已達到可以預期斷層活動方式，台灣或許在未來可以應用此成果來做災害評估。

關於活動斷層監測方面，國外也是採用全球衛星定位系統來做。這方面研究組織有專門針對地質動力學研究的全球衛星定位系統服務組織（International Global Positioning System Service for Geodynamics: IGS），該單位於 1994 年元旦成立，但是在 1999 年元旦

它改名為 (International Global Positioning System Service: IGS)。IGS 追蹤網中台灣有兩個站，分別位於新竹和桃園。台灣目前中央研究院地球科學研究所和中華電信研究所是團體會員，而中研院地科所劉啟清是個人會員。對照大陸相關研究單位，他們團體會員有隸屬於中華測量及製圖學會的地球資訊中心、地震局、地殼運動觀測網、昆明天文觀測所、國家測量及製圖局、科學院陝西觀測所、科學院上海天文觀測所、西藏自治區測量及製圖局、武漢科技大學測量及製圖中心、科學院雲南觀測所等共 10 個團體會員，而其個人會員則有 7 位，其中 1 位在武漢科技大學、2 位在地震局和 4 位在科學院。目前 IGS 的首頁網址為 <http://igscb.jpl.nasa.gov>，出版刊物與工作成果介紹則可以在其下網頁 <http://igscb.jpl.nasa.gov/overview/pubs.html> 找到，至於檔案傳輸服務則是 <ftp://igscb.jpl.nasa.gov>。

另一方面，全球衛星定位系統資料分享方式，目前也發展出一套檔案管理分享機制，以 GPS Seamless Archive Centers (GSAC) 服務方式為例 http://www.unavco.ucar.edu/data_support/data/gsac/gsac.html，它利用不同單位架設的測量站址所得資料，透過檔案傳輸服務 (FTP) 伺服器提供資源分享，藉由整合不同 FTP 伺服器，令使用者不須知道到底他由哪裡得到資訊。加入 GSAC 者需定期提供一份 GSAC 標準格式資料清單 (GSAC-defined Data Holdings Files and a Monument

Catalog)，以便 GSAC 建立目錄。未來台灣各單位間，全球衛星定位系統資料也可以仿照它們運作模式，建立一套資料互通的機制。

肆、心得

台灣目前活動斷層研究已經具有國際水準，此次參訪各個專家都對我們在 921 大地震的工作成果表示肯定。此外，經濟部中央地質調查所 2002 年 11 月 26 日配合行政院國家科學委員會辦理 2002 亞太經合會（APEC）關於「都會區地震研究、防災和地震預警系統」國際會議的「活動斷層研習會」訓練來訪外國專家學者二十餘人，11 月 27 日舉辦野外地質勘查活動，赴集集地震地表破裂區域考察，在南投竹山槽溝開挖場地，實地講解台灣在活動斷層研究方面的進展。

當然這些成果並不能令我們自滿，在未來可以發揮的地方是地震前兆觀測，因為當前斷層活動性觀測，已經建構地質、地形、地球物理和地球化學等方面觀測站，隨著資料累積，我們需要有分析能力和理論架構，來幫助釐清資料間的統合問題，並為台灣地震災害做出貢獻。此外，國外學者非常願意與我們攜手合作，未來國際會議也可以租下攤位介紹我們自己，為「立足台灣放眼天下」寫下新的歷史。

伍、參考文獻

- 石同生、林偉雄、李元希、盧詩丁 (2003) 新城斷層調查，中國地質學會九十二年度年會暨學術研討會論文集論文集。(已投稿)
- 朱傲祖、游明聖 (1997) 台東縱谷地震與斷層關係之研究，行政院國家科學委員會專題研究成果報告，經濟部中央地質調查所，共 132 頁。
- 宋國城、王乾盈、李錫堤、林慶偉、胡植慶、葉永田、楊耿明、劉平妹、劉家瑄、劉聰桂、鄧屬予、朱傲祖、李建成、李重毅、周穎蔚、洪日豪、陳于高 (1998) 台灣的活斷層研究規劃報告書，行政院國家科學委員會專題研究成果報告，國立成功大學地球科學系，共 154 頁。
- 李元希、盧詩丁、石同生、林啟文、張徽正 (2002) 台灣的活動斷層，地質，第二十一卷，第二期，1-30。
- 李元希、盧詩丁、石同生、林偉雄、林燕慧、劉彥求、黃存慧 (2003) 車籠埔斷層調查，中國地質學會九十二年度年會暨學術研討會論文集論文集。(已投稿)
- 李錦發 (1991) 活動斷層調查方法之研究，經濟部八十年度研究發展專題，經濟部中央地質調查所，共 132 頁。
- 林啟文、盧詩丁、石同生、張徽正、石瑞銓 (2000a) 從野外觀察探討西南部四條存疑性活動斷層的存在，經濟部中央地質調查所彙刊，第十三號，77-102。
- 林啟文、張徽正、盧詩丁、石同生、黃文正 (2000b) 臺灣活動斷層概論一五十萬分之一臺灣活動斷層分布圖說明書。經濟部中央地質調查所特刊，第十三號，共 122 頁。
- 林啟文、林偉雄、侯進雄、李元希、盧詩丁、石同生、林燕慧、陳建良、許文靈 (2003) 地震地質與活動斷層九十一年調查報告—新城斷層、彰化斷層、車籠埔斷層、梅山斷層與新化斷層，地質。(已投稿)
- 徐鐵良、張憲卿 (1979) 台灣第四紀斷層，中國地質學會專刊，第三號，155-165。
- 黃鑑水、張憲卿、劉桓吉 (1994) 台灣南部觸口斷層之地質調查與探勘，經濟部中央地質調查所彙刊，第九號，51-76。
- 張徽正、林啟文、陳勉銘、盧詩丁 (1998) 臺灣活動斷層概論一五十

- 萬分之一臺灣活動斷層分布圖說明書。經濟部中央地質調查所特刊，第十號，共 103 頁。
- 張徽正、李元希、林啟文、盧詩丁、石同生、陳宏仁（1999）台灣嘉義瑞里地震之地質災害，地質，第十九卷，第一期，1-28。
- 張麗旭、周敏、陳培源（1947）民國 35 年 12 月 5 日台南之地震，台灣省地質調查所彙刊，第一號，11-18。
- 經濟部中央地質調查所（1996）活動斷層調查研究第一期五年（八十七年度至九十一年度）研究計畫，共 24 頁。
- 經濟部中央地質調查所（1998a）活動斷層調查研究，八十七年度中央地質調查所年報，16-25。
- 經濟部中央地質調查所（1998b）斷層活動性觀測與地震潛勢評估調查研究全程計畫書，共 37 頁。
- 經濟部中央地質調查所（1999）九二一地震地質調查報告，共 315 頁。
- 經濟部中央地質調查所（2000）九二一集集大地震專輯，經濟部中央地質調查所特刊，第十二號，共 272 頁。
- 經濟部中央地質調查所（2001a）斷層活動性調查與觀測，八十八下半年度及八十九年度中央地質調查所年報，37-40。
- 經濟部中央地質調查所（2001b）防災國家型科技計畫—地震地質調查與活動斷層資料庫建置全程計畫書，共 39 頁。
- 經濟部中央地質調查所活動斷層調查研究網頁（2003）
<http://www.moeacgs.gov.tw/result/Fault/web/index.htm>
- 劉彥求、林偉雄（2003）竹山—樟湖山地區大尖山斷層調查，中國地質學會九十二年度年會暨學術研討會論文集論文集。（已投稿）
- 盧詩丁、李元希、林燕慧、劉彥求、黃存慧、林偉雄、（2003）梅山斷層與新化斷層調查，中國地質學會九十二年度年會暨學術研討會論文集論文集。（已投稿）
- Huang, C.S. (1984) Quaternary faulting in the coastal area between Hsinchu and Chunan, northwestern Taiwan, Spec. Publ. Central Geological Survey, 3, 103-126.
- Lee, M., Liu, T. K., Ma, K. F. and Chang, Y. M. (2002) Coseismic hydrological changes associated with dislocation of the September 21, 1999 Chichi earthquake, Taiwan, Geophys. Res. Lett., 29(17), 5-1~5-4。

陸、附錄

2002 年 11 月 3 日美國阿拉斯加州大地震

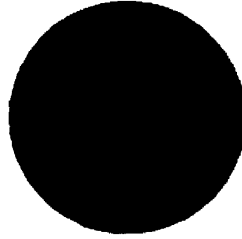
時間 2002 11 03 22:12:41 UTC

震央 63.52N 147.53W

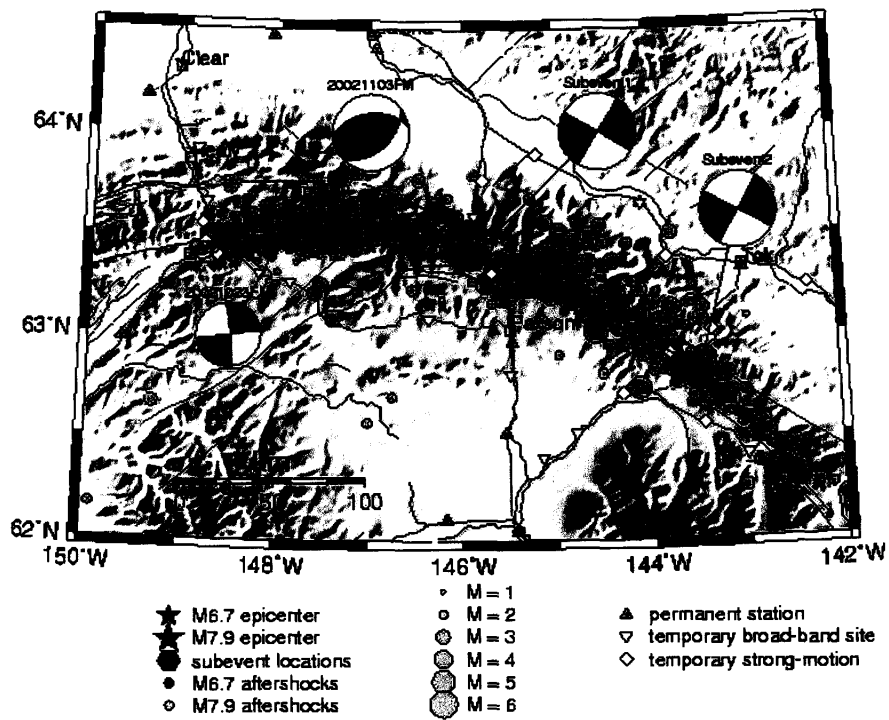
深度 5.0 公里

規模 7.9

地區 阿拉斯加州中部

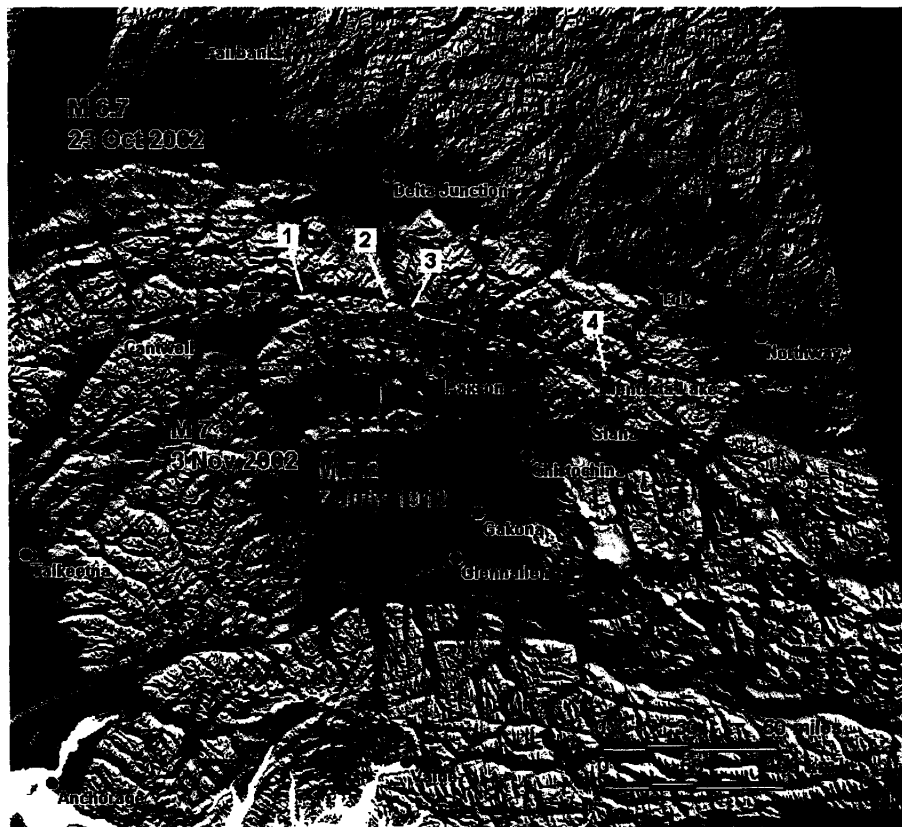
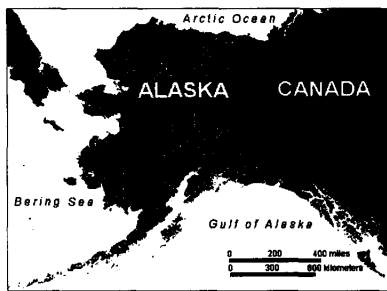


Reviewed aftershocks of M6.7 & M7.9 events



GMI 2002 Dec 13 17:17:14

美國阿拉斯加州大地震餘震分布及地震斷層機制



2002 年 11 月 3 日在美國阿拉斯加州發生規模 7.9 大地震，地震起因是德納利斷層（Denali Fault）再活動所致，地表破裂起始於德納利斷層西側，剛開始為 49 公里的低角度向東南逆衝活動，垂直錯距最大達 1.5 公尺，然後破裂向東延展約 200 公里，至曼達斯大湖（Mentasta Lake）附近離開德納利斷層，破裂轉向東南，再沿透匈達斷層（Totschunda fault）活動，地表破裂總長約 320 公里，最大水平錯移量 7 公尺，紅色星號為該地震震央，藍色星號為 10 月 23 日規模 6.7 前震震央，黃色線條代表過去 2 百萬年內第四紀曾經活動的斷層（美國阿拉斯加州自然資源部 Rod Combellick 繪圖）。



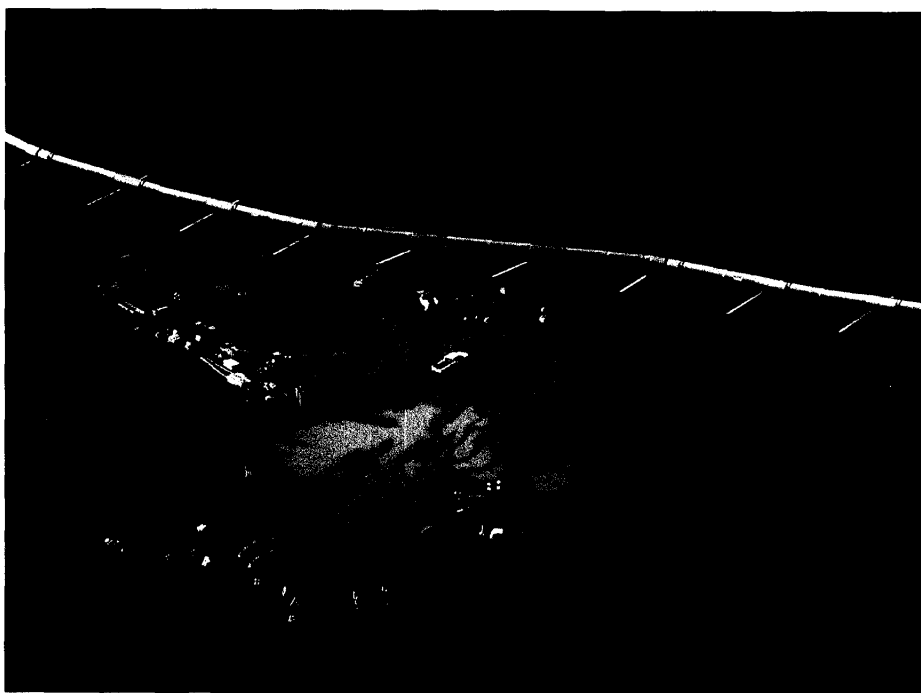
在 Delta River 西側靠近 Augustana Creek 的斷層崖，錯移量為 4.8 公尺，地表破裂深達 2.7 公尺，注意背景顯示為壟起的壓力脊構造。(美國地質調查所 Peter Haeussler 攝)。



阿拉斯加州自然資源部 Patty Crawu 研究員和美國地質調查所 Peter Haeussler 地質師在 Augustana Creek 量測斷層的垂直位移(阿拉斯加州自然資源部 Soloy Helicopters 攝)。



地震所引發的山崩土石流橫越 Black Rapids 冰河(美國地質調查所 Dennis Trabant 攝影，Rod March 負責相片鑲嵌)。



圖中左下角公路被斷層通過破壞，阿拉斯加油管穿越斷層卻沒有受到影響。鋪設油管工程時，經過評估決定在斷層可能經過位置，地表建立橫桿橋架，架上配置滑輪與油管分開，規劃斷層活動時，橫桿橋架可以隨斷層移動，油管則以慣性方式懸載其上不受影響(美國阿拉斯加州自然資源部 Rod Combellick 繪圖)。

=====

Source rupture processes of the central Alaska earthquake of Nov. 3, 2002, inferred from teleseismic body waves (+ the 10/23 M6.7 event)
by M. Kikuchi, and Y. Yamanaka (ERI, Univ. Tokyo)

=====

<Data>

Broadband records at teleseismic distances were retrieved from IRIS Web site: WILBER-II. The waveforms are very complex, indicating a multiple shock nature of this earthquake source process.

<Analysis>

We first applied the iterative deconvolution by Kikuchi and Kanamori (1991), where the source process is modeled as a sequence of discrete subevents with variable mechanisms. Then two subevents were derived: the one for initial 30 s and the other for a later 60 s. The mechanism is completely different: the first event is a reverse-fault striking NE-SW and the second is a right lateral strike-slip (Fig.1). The source parameters for the reverse-fault are: (strike, dip, rake) = (227, 40, 99); the source duration = 16s; $M_0 = 4.6 \times 10^{19}$ Nm. Note that even an introductory rupture has a size of Mw 7.0.

The centroid of the main event is located about 180 km east to the initial break (63.74N, 147.69W after QED). For the rupture process of the main strike-slip, we constructed the grid scheme on the fault plane to determine the spatio-temporal distribution of the moment release. The results are shown in Fig.2 (moment-rate, waveform comparison etc.) and Fig.3 (map view: slip distribution projected on a horizontal plane).

A strike-slip rupture started near the epicentral area and rapidly extended to the east with 3 km/s. The total length exceeded 200 km. The source parameters for the major strike-slip event are as follows:

centroid depth	$h_0 = 15$ km
(strike, dip, rake)	(294, 86, 161)
seismic moment	$M_0 = 7.8 \times 10^{20}$ Nm (Mw=7.9)

source duration $T = 70 \text{ s}$
fault area $S = 200\text{km} \times 30\text{km}$
dislocation (Maximum) $D_{\text{max}} = 12 \text{ m}$
(averaged) $D_a = 4.3 \text{ m}$ (rigidity = 30GPa)
stress drop (averaged) $\Delta\sigma = 4.2 \text{ MPa}$

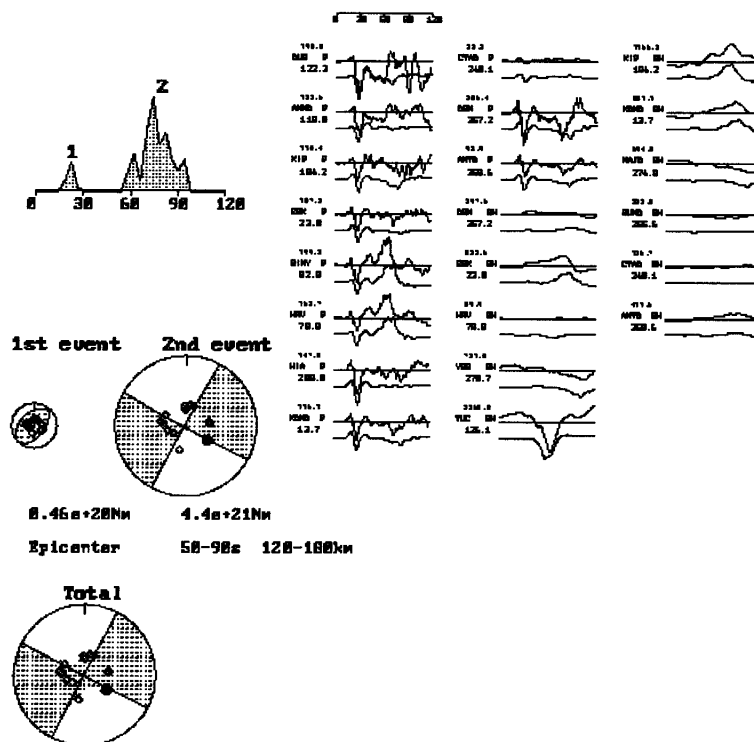
((Appendix))

Teleseismic analysis for the M6.7 shock of Oct. 23, 2002 is shown in Fig.4
 (moment-rate, waveform comparison etc.) The epicenter is referred to USGS's:
 (63.62N,148.04W). The main source parameters obtained are:
 $M_0 = 1.2 \times 10^{19} \text{ Nm}$ ($M_w 6.7$); (strike,dip,rake)=(265,80,179); Fault area $S = 30\text{km} \times 10\text{km}$; $D_{\text{max}} = 1.7\text{m}$ $D_a = 1.4\text{m}$; stress drop = 6.0MPa.

C. Alaska 02/11/03 Ms 7.9

$M_0 = 4.5 \times 10^{20} \text{ Nm}$ $M_w = 7.7$

$H = 15 \text{ km}$ Two subevents var. = 0.5166



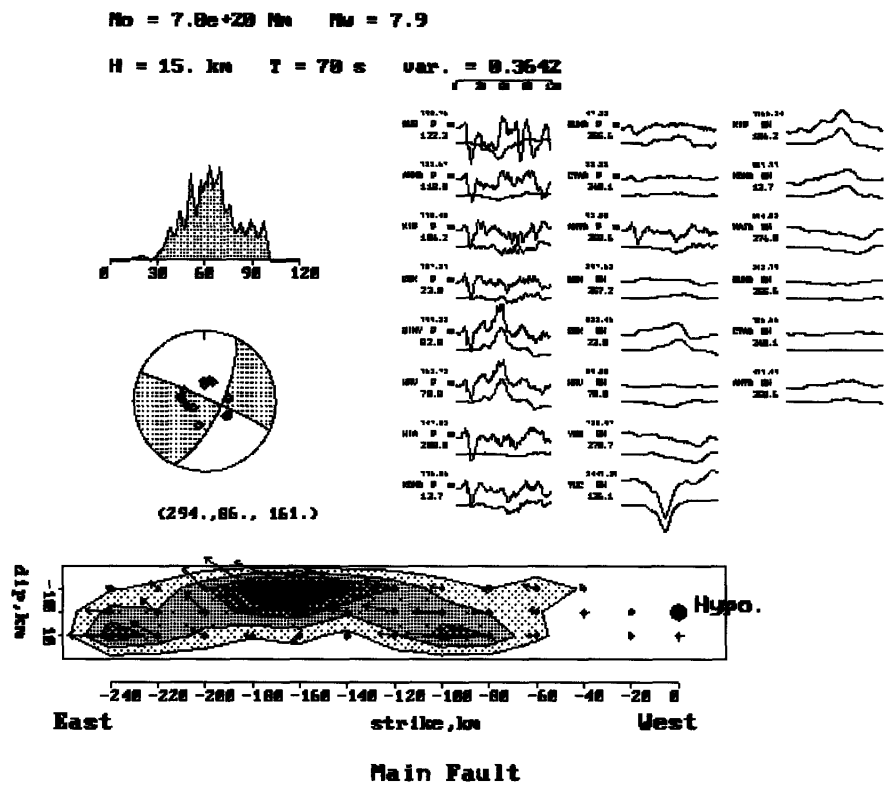


Figure 2

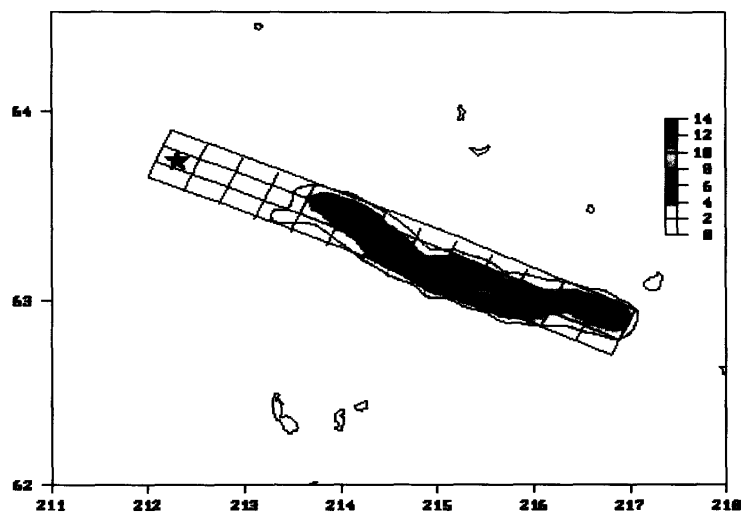


Figure 3

C. Alaska 02/10/23 M6.7

$M_0 = 1.2e+19$ Nm $M_w = 6.7$

$H = 10$ km $T = 10$ s $var. = 0.4558$

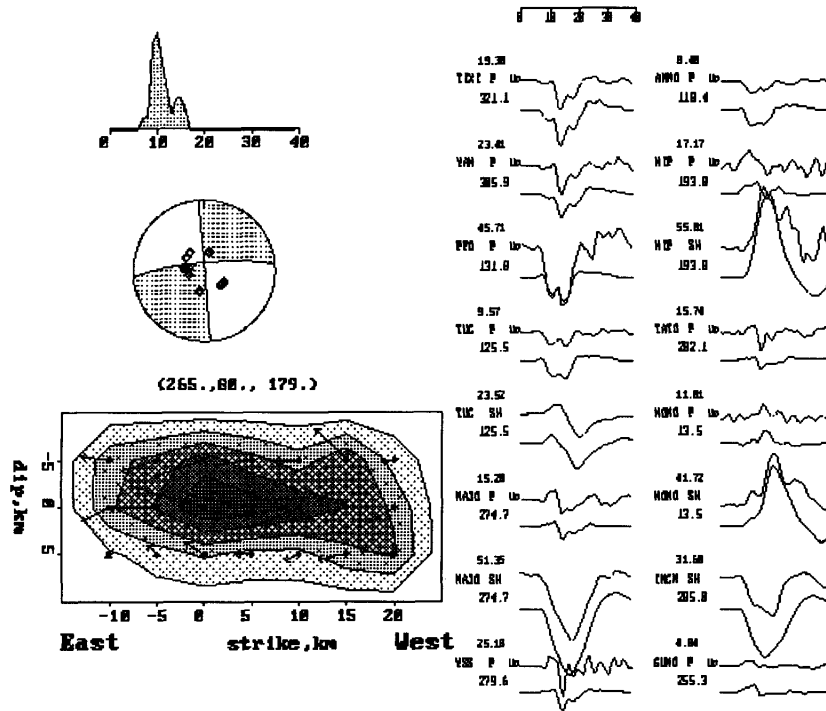


Figure 4