

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

雅魯藏布江流域及其鄰近地區構造地形分布、成因與年代之 探討(II)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC93-2116-M-002-010-

執行期間：93年08月01日至94年09月30日

執行單位：國立臺灣大學地質科學系暨研究所

計畫主持人：陳于高

共同主持人：侯進雄

計畫參與人員：賴光胤

報告類型：精簡報告

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 94 年 12 月 30 日

中文摘要

青藏高原是印度板塊與歐亞大陸板塊碰撞下的產物，此板塊碰撞發生於 55 個百萬年前，至今仍持續不斷的進行中。青藏高原的應變集中在喜馬拉雅山一線，與幾個東西向分布的斷裂帶上，除了南北向有明顯的壓縮之外，部分地殼向東南脫逃，在喜馬拉雅山東側及東南側形成另外一序列南北向與東南向的斷層，本研究為了解 Namche Barwa Syntaxis (NBS) 西側與東側的新期構造活動，故選擇河階發育良好的兩個區域，作為初步工作的目標，一為拉薩以東雅魯藏布江流域以及其北側支流尼洋曲河，另一為雅魯藏布江向南大轉彎以後之另一支流--察隅河。因河階之發育有(1)構造造成地殼抬升(2)海水面造成侵蝕基準下降(3)地震或極端氣候造成大規模土石流，沈積物堆積後下切形成。本研究之目標即欲探討這些階地形成的主因，若其與新構造活動相關，進一步的定年工作將可協助瞭解新構造研究區的活動性。

本計畫配合 CREATE 整合型研究計畫第二年工作項目，進行藏東一帶構造地形的研究，再使用 ASTER 衛星影像，並配合地理資訊系統工具軟體 PCI，進一步判釋地形特徵及生產數值高程模型 (DEM)，雖然目前執行之計畫已有部分成果，但部份衛星影像品質不佳，仍需增購衛星影像及影像處理軟體。將判釋結果彙整後鎖定野外調查區域，進而再利用碳十四、熱螢光、光螢光等定年法測定地形年代，以了解研究區域之地殼變動速率，對藏東之新構造運動有更深入的認識。

英文摘要

Tibet is created by continent-continent collision between India and Eurasia, which occurred in 55 Ma. This event is still actively going on. The strain among Tibet concentrates in a few zones, including Himalaya and its northern major sutures. Except for the shortening, the escaping crusts toward east and south in the southeastern Himalaya give significant strike-slip movements. This project aims to the neotectonics in northern and eastern neighboring areas of the Namche Barwa Syntaxis (NBS). Therefore two areas with abundant river terraces are selected as the targets. One is located at middle reach of the Yalu-Zanbo river and its tributary, Ni-Yang-Chu in the eastern area of city Lhasa. The other area is located further downstream to over the big-turn, where another tributary, Cha-Yu river, flows into the Yalu-Zanbo river. There are three general origins to develop river terraces: 1) tectonically uplifting; 2) base-line drop caused by sea-level falling; 3) huge amount of sediments provided by earthquake or extremely high precipitation. This project is going to analyze the origins of the terraces developed in study area and to understand how neotectonics acts over there.

This project will collaborate with the other principal investigators in CREATE to work on the tectono-geomorphic features of eastern Tibet. We use GIS software PCI to recognize the features and to produce the DEM by the Satellite ASTER imageries. Although recent work has made some achievements, we still need new and more Satellite imageries and relevant software because the quality of some imagery we have is poor. Field investigation will be conducted when the potential features are identified by the laboratory work. To further derive the rate of crustal movement, dating methods of radiocarbon, optical stimulated luminescence (OSL), and thermo-luminescence (TL) are applied.

關鍵詞: 新地體構造運動、地理資訊系統、數值高程模型、碳十四定年、光螢光定年、熱螢光定年。

前言

新生代印度—歐亞板塊間的碰撞作用，不但造就了地表最高、最長的山脈(喜馬拉雅山)與最廣、最高的高原(青藏高原)，也使得地球表面的氣候與海水成分產生巨大的變化；並成就了「板塊學說」之「碰撞-脫逸地體構造運動」理論(Collision-Extrusion Tectonics)的出現(Tapponnier et al., 1982)。

喜馬拉雅山基本上因印度板塊向北俯衝至歐亞大陸板塊之下，上部地殼以薄皮造山模式隆起，以覆瓦狀向北傾之系列逆衝斷層交疊增厚而形成(Coward et al., 1986; Zhao and Nelson, 1993)。而局部斷裂剪切岩石圈使地殼疊加而增厚青藏高原的抬升模式(Tapponnier et al., 1982, 2001)，說明了這兩個板塊的聚合，除了喜馬拉雅山南北麓一序列的斷層外(即 MFT、MDT、MBT 及 MCT)，青藏高原上的幾個大斷裂帶也是應變集中的焦點。多年來，此一理論已然初步合理地解釋東亞地區新生代地體構造架構的形成及地體運動的發生機制與演化等。但近年來，由於更多的野外工作與新的觀測資料的出現，使得該理論面臨修正的必要。

構造地形顧名思義即探討與構造活動相關之地形，如水系分佈、構造崖、壓力脊之外，其它與河階有關的研究，如：河階之分佈、變形均可以提供新構造運動的訊息，如再配合定年的工作，應可進一步計算地殼變動速率。構造地形所提供的線索，較大地測量的結果有更長的時間基準，對於新期構造的運動行為能更有效的掌握。青藏高原既然新構造運動活躍，必然形成許多之構造地形。

研究目的

以往受限於地廣人稀，到達不易的青藏地區，現在已有可取得的衛星影像，以及成熟的 GIS 分析軟體工具。本計畫即希望利用高解析度 SPOT 或 ASTER 影像作為第一步分析材料，再利用 PCI 軟體正射生產數值高程模型(DEM)的技術，來突破以往野外工作所受的限制，希望能藉此快速明確的掌握目標，有效率的在野外工作展開之前即已有通盤的了解。

本計畫為了解 Namche Barwa Syntaxis (NBS) 西側與東側的新期構造活動，選擇兩處作為計畫的目標，一為拉薩以東雅魯藏布江流域及其支流尼洋曲河，兩條仍為東西向流之水系，另一為 NBS 東北，切穿西北—東南與南北向構造的察隅河。前者平行於東西向構造，大地構造而言應仍為南北向的壓縮，後者則流經帶有強烈走向平移運動的構造系統。兩者因構造特性的差異，河系組織、河階及其他相關地形，也應有不同的反映。若能確實的掌握關鍵地點，取得合適的光螢光定年樣本，再獲得可靠的年代控制，甚至可以進一步計算地殼變動的速率。

年代的取得以往也是構造地形研究者不易突破的障礙。過去使用的碳十四法雖然可靠，但採樣不易及定年上限僅及五萬年的限制使研究工作常常大打折扣，若新採用的光螢光法，取樣較容易，在青藏高原上除了河階，尚有被切割的沖積扇、黃土沉積物、冰川衍生的湖相沉積與冰磧物等可提供定年樣本，且年代上限延伸了近十倍，可及四、五十萬年，若能廣泛應用於計畫研究區域，可獲得的新構造資訊，絕對遠遠多於以往的工作。

研究方法

本計畫所採用的方法可分為遙測地形判釋、地形面定年等兩方法，因此就所必須進行的方法與步驟如下：

A. 遙測地形判釋：

a. 衛星影像判釋：

利用遙測軟體如 PCI 等，可將兩張相鄰未正射的衛星影像對產生 3-D 的立體影像，其所表現的地形起伏可助於地形特徵的判釋。例如：河階的分佈、土石流或崩坍地的範圍與活動構造等等。在本研究的範圍中主要是應用於活動構造的地形判釋與河階分佈與對比的研究之上。

b. 生產與應用數值地形模型：

運用衛星或航空照片的立體像對電子檔，在 GIS 專用軟體中生產數值化地形模型。以臺灣 40 公尺 DEM 為例，其所能讀出的資訊遠較以往為多，故於青藏地區若使用 10m 級解析度的衛星影像，如：SPOT, ASTER 等影像，應可建立局部地區精密的數值地形模型，相信應與台灣 40m DEM 的品質相當。使用數值高程模型最大的好處是可直接在電腦上進行製圖的工作，而且不會有眼睛疲勞、航造品質不佳或有雲遮蔽等現象。此外電腦軟體方面(如 ArcView、Imagine、PCI 等)也提供許多輔助性的功能，如等高線、坡向變化、坡度變化、絕對座標、高程剖面圖的製作。另外相較於傳統立體像對觀測，其最大的優勢在於可隨時變換顯示的比例，同時具有綜觀與精細的特徵性。透過數值高程模型與數位立體衛星影像對的相輔相成，不但能得到高度、距離等資訊，也能取得影像中所擁有的其它資訊。

B. 光螢光定年:

a. 標本的採集與前處理

由於標本受到光的照射會造成光螢光訊號的衰減，導致定年結果的低估，因此在標本的採集是用不透光塑膠管鑽入地層中，另外對於岩心標本，則是以鋁箔紙包裹以隔絕光線照射，再至實驗室暗房中將表面刮除約 0.5cm 左右，刮下部份及見光標本仍保存用於測量標本含水量與年劑量值。

b. 年劑量之求取

根據定年原理的假設，標本保存於穩定的輻射場中，此輻射場每年所提供之年劑量可利用直接或間接法測定。但由於埋藏地點的變異性及長時間的等待，使得直接測定法的實用性降低，因此一般定年實驗中以間接法來估算年劑量值。間接測定法又可分為：化學分析法(Chemical Analysis)、 α 計數器(Alpha Counting)、 γ 光譜分析儀(High-resolution Gamma Spectrometry)等三種。

c. 等效劑量的求取

光螢光所應用的即為對光敏感的陷阱電子，因此一般沉積物在形成過程中，都已歷經太陽光的照射，而長石、石英等礦物中的貯能電子遭遇陽光曝曬後，早已消失大部分甚至全部，故達到零起始點，其等效劑量(D_e)即等於全劑量(D_t)。全劑量的求取方法可分為增加劑量法(Additive method; Aitken, 1998)及再生法(Regeneration method; Aitken, 1998)。

d. 沈積物標本之光螢光年代

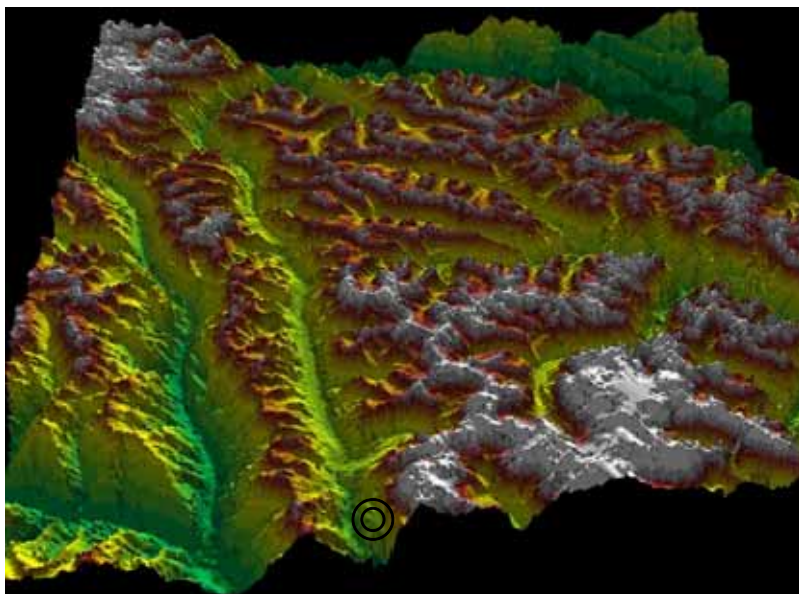
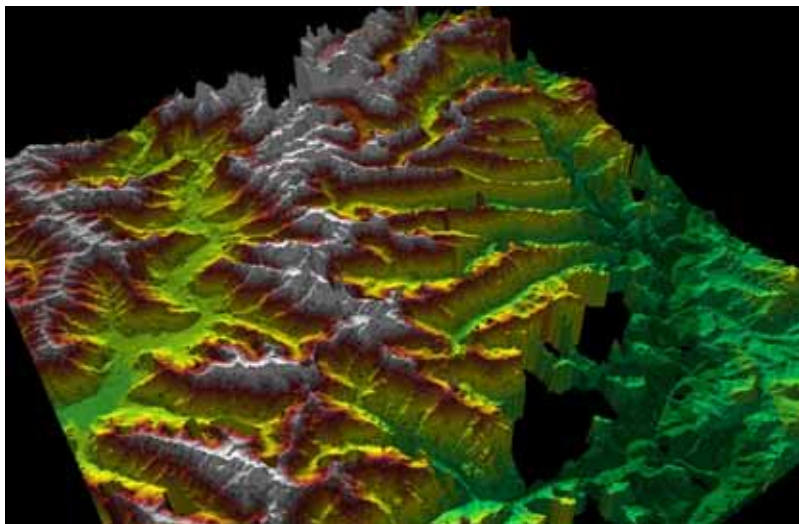
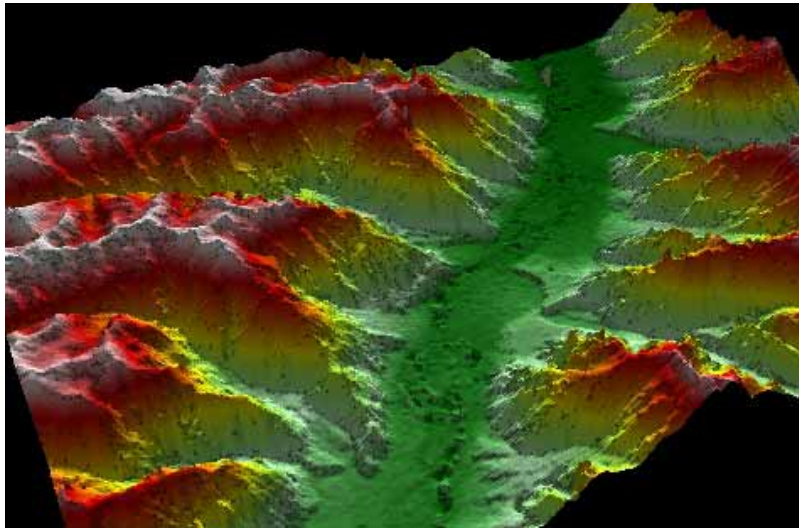
光螢光標本之年代計算與熱螢光標本相似，若使用粗顆粒法，年劑量測定時必須將 α 粒子所造成的影響去除，其計算公式如下：

$$OSL\ age = \frac{D_e}{D} = \frac{D_t}{0.90D_\beta + D_\gamma + D_c}$$

式中 D_e 為等效劑量， D_t 為全劑量， D_β 、 D_γ 分別表示經過含水量及氬氣逸散所修正過之 β 、 γ 射線之年劑量， D_c 為宇宙射線所貢獻之年劑量。

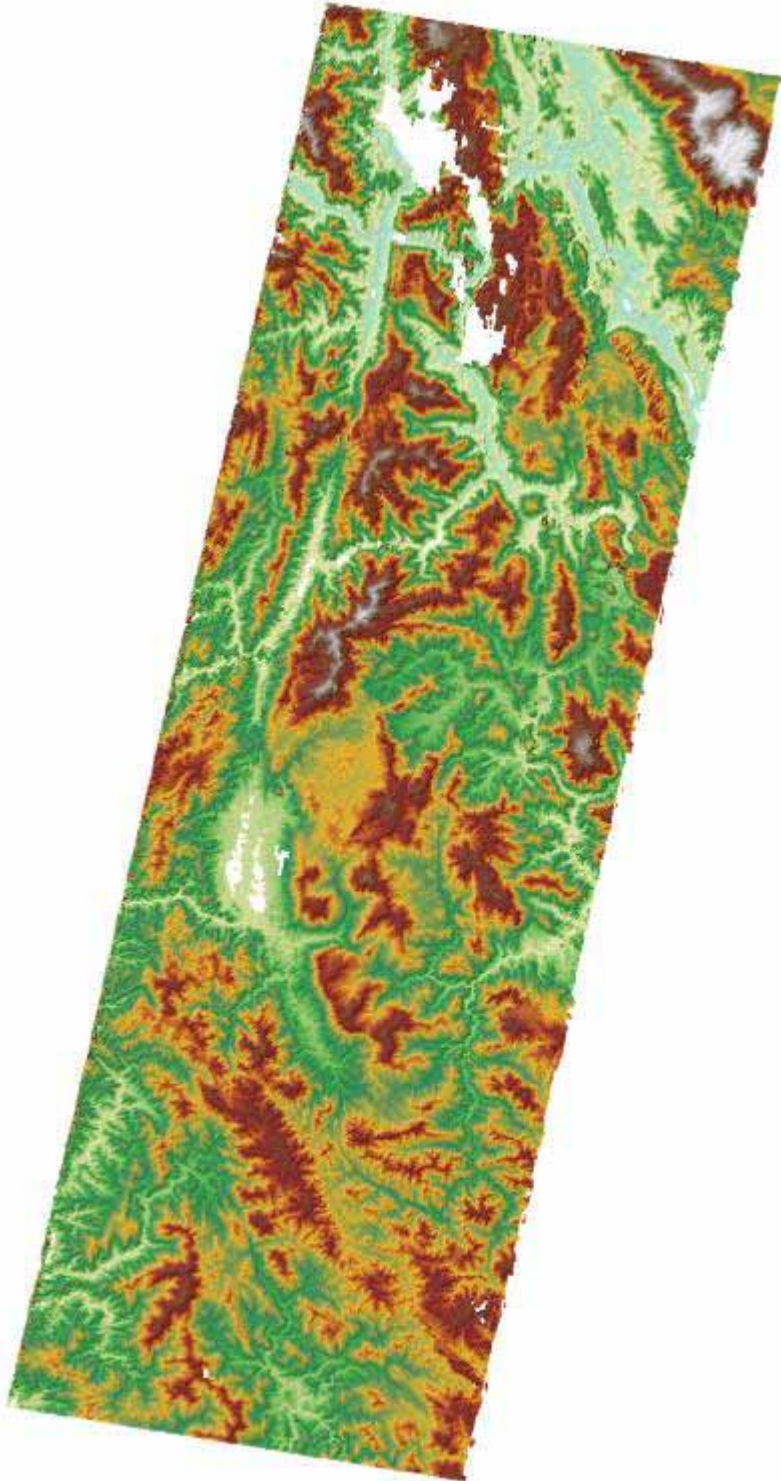
結果與討論

目前利用 21 對 ASTER 衛星影像完成生產藏東的數值地形模型(DEM)，以及河階等地形面與地形特徵的判釋(圖一)。



圖一、三維數值地形模型。(上圖)雅魯藏布江中游地區，可清楚辨識河階與沖積扇等地形特徵。(中圖)雅魯藏布江下游大轉彎地區，圖左側為大轉彎前可辨識河階與沖積扇等地形特徵，圖右側為大轉彎後河流下切快速，圖上側為大轉彎處與 Namche Barwa Syntaxis。(下圖)雅魯藏布江支流查隅河之兩條平行支流，可辨識右側支流可能因地震造成之大規模土石滑落鎖阻塞(圖上◎號所示)，圖右上側為怒江。

由於青藏地區進入不易，而較易進入之越南北部也是研究此大地構造相關的重點區域，故本計畫亦利用 8 對 ASTER 衛星影像完成生產北越部分區域的數值地形模型(DEM)，以及河階等地形面與地形特徵的判釋(圖二)。部分完成判釋的區域已進行野外實查，並獲得更多新期構造之資訊 (Lai et al., 2005)，另外亦在野外工作時採集了數個光螢光定年標本，待獲得定年結果後，可進一步推估研究區域地殼運動的速率。希能繼續生產更多的 DEM，補足研究區域內尚未生產與取得影像的部分，並在進行野外實查與採樣前完成所有研究區域內地形的判釋，以利後續工作的進行。



圖二、數值地形模型 (DEM)。左圖為鑲嵌 (mosaic) 由 ASTER 衛星影像生產之 DEM，圖之上方為北方，東西寬約 60 公里南北長約 180 公里，空白處為雲霧遮蓋或反射太強無法從 ASTER 影像取得資料。圖左側可見一明顯之東北西南走向的構造線型，且在其沿線形成若干構造盆地，初步由水系的錯移，即可判斷其為左移斷層。此斷層即奠邊府 (Dien Bien Phu) 斷層，為一可能與紅河斷裂呈共軛關係之構造，瞭解其構造活動歷史，可推論同時期紅河斷裂的活動與中南半島向東南脫出的機制。

計畫成果自評

計畫預期完成之工作項目	執行成果
完成遙測衛星影像之判釋、正射，並取得地形數值高程，完成地形解讀分析	共完成 29 對 ASTER 衛星影像相關之分析工作，達成預期之目標
了解地形與活動構造之間的關係，鎖定野外調查及採樣的目標	已確定不同區域之野外調查及標本採樣之目標
進行野外調查及定年樣本之採集	已進行部分研究區域之野外調查與部分定年樣本的採集，目前仍須更進一步之野外調查
定年樣本分析，新構造運動學模型的建立	所採集之定年樣本尚待分析，部分區域之新構造運動學模型已建立
文章撰寫與發表	已發表一篇研討會論文，文章仍在撰寫中

重要參考文獻

- Aitken, M. J. (1998) *An Introduction to Optical Dating*. Academic Press, London, 267p.
- Aitken, M. J. (1985) *Thermoluminescence Dating*. Academic Press, London, 359p.
- Chen, Y.G., Chen, Y.W., Chen, W.S., Zhang, J.F., Zhao, H., Zhou, L.P., and Li, S.H. (2003) Preliminary results of long-term slip rates of 1999 earthquake fault by luminescence and radiocarbon dating. *Quat. Sci. Rev.* 22(10-13), 1213-1221.
- Chen, Y.W., Chen, Y.G., Murray, A.S., Lai, D.J. (2003) Luminescence dating of neotectonic activity on the southwestern coastal plain, Taiwan. *Quat. Sci. Rev.* 22(10-13), 1223-1229.
- Chung, S.L., Lo, C.H., Lee, T.Y., Zhang, Y., Xie, Y., Li, X., Wang, K.L., Wang, P.L. (1998) Diachronous uplift of the Tibetan plateau starting 40Myr ago. *Nature* 394, 769-773.
- Clark, M.K., Schoenbohm, L.M., Royden, L.H., Whipple, K.X., Burchfiel, B.C., Zhang, X., Tang, W., Wang, E., Chen, L. (2004) Surface uplift, tectonics, and erosion of eastern Tibet from large-scale drainage patterns. *Tectonics* 23, TC1006, doi:10.1029/2002TC001402
- Coward, M.P., Windley, B.F., Broughton, R.D., Luff, I.W., Petterson, M.G., Pudsey, C.J., Rex, D.C., Kan, M.A. (1986) Collision tectonics in the NW Himalayas. In: Coward, M.P., Ries, A. (Eds.) *Collision Tectonics*. Geological Society, London, Special Publication, Vol. 19, pp. 205-221
- Lai, K.Y., Chen, Y.G., Lam, D.D., Trinh, P.T. (2005) Dien Bien Phu Basin development and its related neotectonics, NW Vietnam. *2005 Annual Meeting of Geological Society Located in Taipei, Program and Expanded Abstracts*, p.258.
- Tapponnier, P., Peltzer, G., Armijo, R., Le Dain, A.Y., Cobbold, P. (1982) Propagating extrusion tectonics in Asia-new insights from simple experiments with plasticine. *Geology* 10, 611-616.
- Tapponnier, P., Xu, Z., Roger, F., Meyer, B., Arnaud, N., Wittlinger, G., Yang, J. (2001) Oblique stepwise rise and growth of the Tibet plateau, *Science* 294, 1671-1677.
- Zhao, W., Nelson, K.D., Project INDEPTH Team (1993) Deep seismic reflection evidence for continental underthrusting beneath southern Tibet. *Nature* 366, 557-559.
- Zuchiewica, W., Cuong, N.Q., Bluszcz, A., Michalik, M. (2004) Quaternary sediments in the Dien Bien Phu fault zone, NW Vietnam: a record of young tectonic processes in the light of OSL-SAR dating results. *Geomorphology* 60, 269-302.