

# 台湾北西部の衝突帯にある枕頭山断層—短いが活動性が高い活断層の例—

## The Chentoushan Fault in the collision domain of the northwestern Taiwan — An example of “short and fat” fault

太田陽子

Yoko Ota

横浜国立大学名誉教授・活断層研究センター客員研究員 (Prof. of Emeritus, Yokohama National Univ.;  
Guest researcher of Active Fault Research Center, ota@iceice.com)

**Abstract:** The Chentoushan Fault is located in “the mature collision domain” of the northwestern Taiwan. This fault cuts the late Quaternary fluvial terrace with lateritic soil on the north of Taan River, striking NE-SW, and upthrowing the eastern side. The relative height of the fault scarp is ca. 60-70 m, while the confirmed length is only 1 km. Judging from the strike and location, the Chentoushan Fault seems to be the northeastern extension of the Tuntzuchiaio Fault, which is a surface rupture associated with the 1935 earthquake. The author interprets this fault as an active reverse fault on the basis of its morphological features such as back tilting of the upthrown side. This fault has repeated activities during the late Quaternary Period. However, recurrence interval is unknown because the terrace deposits lack datable material. This fault was not activated in association with the 1935 and 1999 earthquakes. Then, the Chentoushan Fault is probably independent from any of known active fault, although the interpretation and faulting history of this fault requires further examination.

**キーワード:** 台湾北西部, 枕頭山断層, 1935年地震断層, 銅羅断層系, 逆断層, 上下変位量  
**Keywords:** Northwestern Taiwan, Chentoushan Fault, 1935 earthquake faults, Tunglo Fault System, reverse fault, vertical offset

### 1. はじめに

ここで扱うのは台湾北西部, 大安溪右岸に位置する活断層, 枕頭山断層 (Chentoushan Fault, CTSF) (第1図)である。本断層は, 最近の活断層図 (林ほか, 2000)には示されていないが, 5万分の1地質図幅「東勢」(李, 2000)では活断層とされている。本断層が位置する大安溪付近の地域は, 第四紀の活構造の点から Miaoli Mature Collision Domain に属するとされている (Shyu *et al.*, 2005)。第1図に示すように, 大安溪の南北の地域には, 1999年に活動した車籠埔断層, 共に1935年に活動した北部の紙湖断層 (Chihhu Fault), 南部の屯子脚断層 (Tuntzuchiaio Fault)がある。しかし, 上記3地震断層の間に位置する大安溪北方では, 地震断層も, 活断層も知られていなかった。既存の図で見る限り, 第四紀地殻変動にとっての空白地域に当たる。しかし, 最近, 筆者らは, ほぼ南北方向に走る活断層群である銅羅断層系 (Tunglo Fault System; 第1図, 第2図)を見出し, その特色と意義を考察した (Ota *et al.*, 2006)。このように, 従来活断層が知られていなかった地域に, かなり活動度の高い活断層があることがわかり, 大安溪北岸地域全体としての第四紀活動については, まだ検討すべき点があることが明らかになった。上記論文で

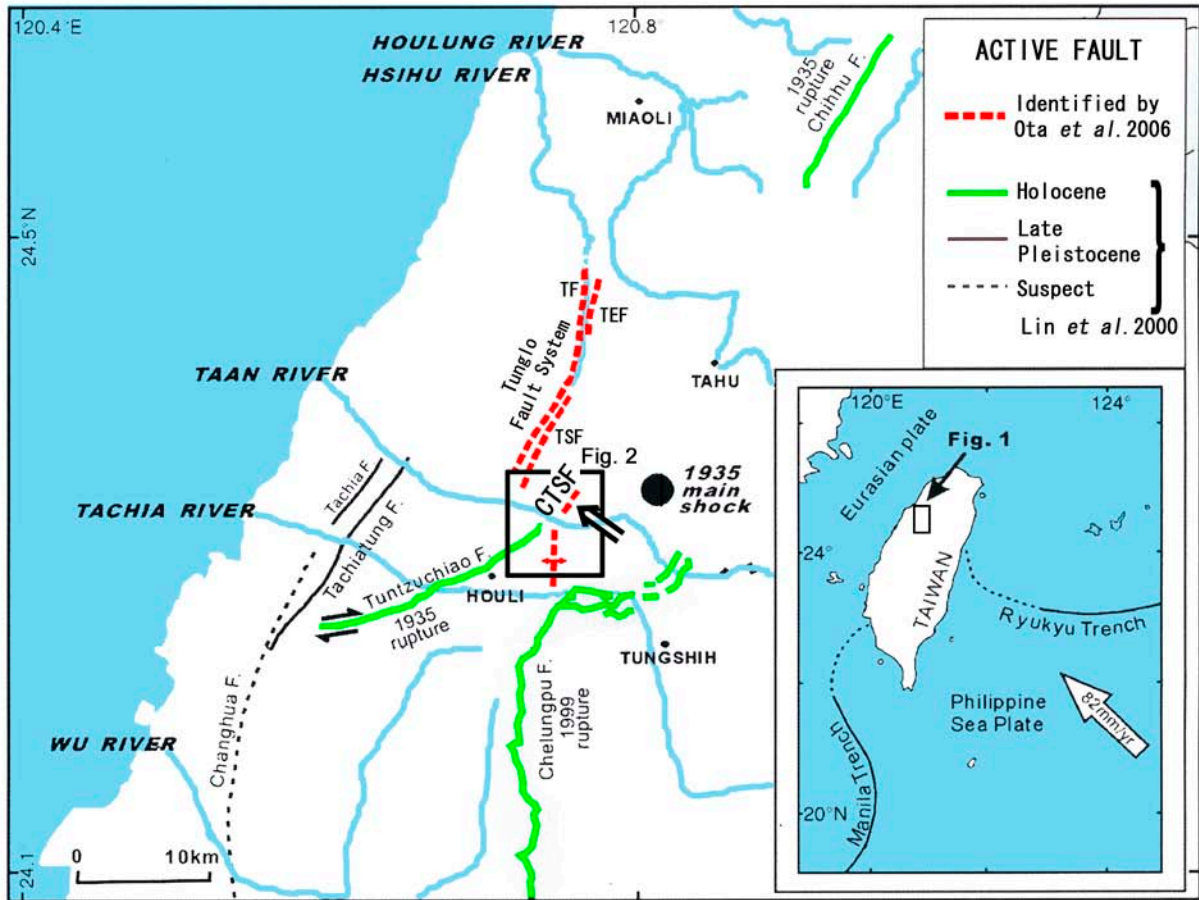
は枕頭山断層は東上がりの活断層として図示しているが, より大規模な断層の議論に焦点があてられ, 枕頭山断層の説明・解釈はされていない。

枕頭山断層は, 銅羅断層系の南東方に位置する短い断層で, 後述のように変位の累積も認められるが, 1935年, 1999年の両地震に伴う活動は知られていない。本稿では, まず本断層の地形的特色を述べ, 続いて断層の傾斜方向, 上下変位量, 長さなどに関する問題点を検討する。

### 2. 枕頭山断層の地形

枕頭山断層は, 大安溪北岸に位置し, 北東~南西方向に走るほぼ直線的な南東上がりの断層崖として表現される (第3図, 第4図)。李 (2000)は, この崖の方向が大安溪とほぼ直交していて, 河川の侵食によるとは考えられないことから, これを活断層と認定した。本断層の延長では, 基盤の中新世の砂岩中に破碎帯があるが, 断層面そのものは確認されていない (李, 2000)。

本断層は, 赤色土をもつ河成段丘 (Ota *et al.*, 2006による段丘a)を切っている。断層両側の段丘は, その規模, 保存状態などから同一面とみなされている。この段丘aの年代を直接求める資料はない。し



第 1 図. 調査地域の位置. 赤破線で示した活断層は Ota et al. (2006) により同定されたもの. そのほかの 3 種類の活断層は林ほか (2000) による. 矢印は調査対象の枕頭山 (Chentoushan) 断層 (CTSf). 右下の挿入図は台湾のテクトニックセッティング (Yu et al., 1997) と調査地域位置を示す.

Fig. 1. Map showing the location of the study area. Red broken lines indicate the newly identified active faults by Ota et al. (2006). Other active faults of three categories are from Lin et al. (2000). The arrow indicates the location of the Chentoushan Fault (CTSf). Inset is a tectonic setting of Taiwan after (Yu et al., 1997).

かし、本地域よりも南方の竹山付近での一連の段丘のうち、赤色土をもたない段丘の最古のものが約 3 万年前という年代資料があり、したがって赤色土をもつ段丘の年代は若くてもほぼ 5 万年程度と見積もられている (Ota et al., 2002) ので、本地域の段丘 a もそれと同様の年代と推定する. 段丘 a の分布高度は、断層の東側 (隆起側) では 385~405 m, 西側 (低下側) では 330~338 m で、崖の比高は 60~70 m である (第 4 図). なお、第 4 図に示した高度は 5 千分の 1 写真地図によるもので、2 万 5 千分の 1 地形図 (第 5 図上) とはやや異なるが、比高が 60~70 m であることに変わりはない. 李 (2000) は、比高を約 30 m としているが、これは誤りである. 2 万 5 千分の 1 地形図、およびそれに基づく断面図をみると (第 5 図下)、段丘 a の隆起側における最高高度は 418 m で、段丘面は東に傾き下がっている. この傾きは、西に流下する大安溪の傾きとは逆方向である. 断層の西

側では、段丘 a の下位に段丘 b および段丘 c が認められるが、これらの段丘は断層の東側 (隆起側) には存在しないため、これらの段丘について変位の累積を論ずることはできない. 断層崖の長さは、確認された限りで約 1 km である. 本断層が位置する段丘の南西側には沖積低地が広がり、北東側は新第三系からなる丘陵地であるため、断層を追跡することができない.

### 3. 枕頭山断層に関する問題点

#### 3.1 正断層か逆断層か?

本断層は、古くは微少地震および重力の資料から、西に傾く正断層と考えられた (藩ほか, 1983, 葉ほか, 1985). そうであるとすると、本断層は、東に傾く中新統 (第 6 図下) の構造を切っていることになる. これに対して、Lin (2005 MS) は、中新統の傾きと調和する東傾斜の断層面をもつ、層面滑り断層と考

えた。東に傾斜する断層の根拠として、枕頭山断層の地下に、中新世の砂岩の傾斜とほぼ調和する東下がり低角の断層が存在するという地震探査結果に基づく推定(楊ほか, 2003)をあげている。この場合には、南東側が隆起していることから、本断層は逆断層ということになる。上述のように、段丘 a は上盤側にあたる断層の東側では東に傾き下がり、西に流れ下る河川の方向とは逆である。この事実は、本断層が逆断層であることを示唆しており、Lin (2005NS) の考えを支持する。なお、逆断層という考えは、銅羅断層系からみた応力場 (Ota *et al.*, 2006) とも調和する。

### 3.2 断層の上下変位量と活動の累積性

上記のように、枕頭山断層崖自体の比高は 60~70 m である。これを段丘 a の真の上下変位量と見なしてよいかが問題である。第 5 図下の断面図における補助線①は、下盤側の段丘面を同じ勾配でそのまま上盤側に延長したものである。補助線②は上盤側の東端から①と平行に引いたものである。そうすると断層崖での変位量は約 30 m となる。補助線③は断層崖直上の最高の点を通り、①と平行するもので、この場合には変位量は崖の比高と同じ値、約 70 m となる。逆断層の直上での撓み上がりを考慮すると、70 m は真の変位量より大きく、一方、30 m は、真の変位量の最低推測値となる。上盤側の局地的隆起を伴う逆断層の場合、真の上下変位量をどう求めるかはつねに問題になるところであるが、本断層でも二つの見積もりには大きな差がある。しかし、現在、断層面自体の露頭がなく、断層面の角度は不明である。このように、現時点では上盤側の局所的隆起を見積もる資料を欠いており、真の上下変位量は求められない。

仮に、最低推測値を採用しても、30 m という値は 1 回の活動とするには大きすぎる値である。1935 年の地震断層の際の最大垂直変位量は約 3 m (大塚, 1936), 1999 年集集地震のそれは約 9 m (太田ほか, 2003 など) である。1 回の変位量 9 m の場合には、累積変位量 30 m に達するのに少なくとも 3 回の活動が必要であり、1 回の変位量が 3 m の場合には、10 回分の活動を記録していることになる。1999 年集集地震の際の 9 m という大きな変位量はかなり局地的であるから、1 回の変位量を 3 m と見る方がより妥当と思われるが、この推定についての確実な根拠はない。確実なことは、少なくとも 30 m の上下変位量は、本断層の変位の累積を示すことである。しかし、1. で述べたように、1935 年、1999 年の両地震では、本断層が活動した記録はない。本断層が、これらの地震とどう関わっているかが問題になる所以である。

### 3.3 断層の長さ

確認された枕頭山断層の長さは 1 km である。これ

は、上記の変位量と比べ、いかにも短い。一般に、活動度の高い、いいかえれば変位量大きい断層ほどその長さは長く、大きな規模の地震を発生させると見なされている(たとえば Wells and Coppersmith, 1994)。しかし、まれには断層変位量大きいにもかかわらず、その延長がきわめて短い断層がある。McCalpin (2006) は、正断層地域で見出されたこのような断層を short and fat fault と呼び、その特異性を指摘したが、その成因はまだ解明されていない。また、このような現象が逆断層あるいは横ずれ断層にあてはまるかも、さらに検討が必要である。ここで述べる枕頭山断層は、地形的に確認される長さの点では short and fat fault にあたる。これは何を意味するのであろうか? 実際にこの断層の長さは 1 km なのであろうか? このことを以下に検討してみる。

まず枕頭山断層の南西側には、第 4 図に示すように沖積低地が広がっていることから、断層が低地下に伏在している可能性がある。空中写真判読によると、沖積低地面には変位地形は認められない。したがって、仮に本断層が南西に続いたとしても、その最新活動期は沖積低地面の形成以前である。第 2, 3, 4 図をみると、本断層はまさに 1935 年に活動した屯子脚断層の延長のようにみえる。実際、李 (2000) は枕頭山を屯子脚断層の延長とみなした。それに対して、Lin (2005MS) は、枕頭山断層と屯子脚断層は別個の断層であるとし、その理由として、両者の横ずれ変位のセンスが異なることをあげている。すなわち、屯子脚断層は右横ずれを示す(大塚, 1936)のに対して、枕頭山断層は左横ずれを示すとしている。しかし、枕頭山断層には、横ずれを示す確実な地形的証拠は認められない。したがって、横ずれセンスの違いから両者を別の断層と見なすのは無理である。しかし、もし両断層が一つの断層であるならば、なぜ枕頭山断層では 1935 年の活動が見られなかったのか、問題は残る。また、屯子脚断層では、変位の累積を示す証拠はない。このような点を考慮すると、両断層は同一線上にあるものの、異なる活動史をもつ別個の活断層である可能性が高い。

枕頭山断層の北東延長については、李 (2000) は丘陵中に少なくとも 5 km 程度伸びていると推定している。しかし、空中写真判読では、丘陵内には活断層を示唆するリニアメントは見出されず、断層を延長する積極的根拠はない。しかし、段丘域では明瞭な変位地形を示す活断層が、侵食されやすい新第三紀層などからなる丘陵地域では全く追跡できない場合も多い。たとえば、本断層の南方、苗栗地域に分布する東西方向に走る斗喚坪断層 (Touhangping Fault) は、段丘域では約 1.2 km にわたって追跡され、3 段の段丘面に累積的な変位を与える明瞭な活断層である (Lin, 2005MS, Ota *et al.*, in prep.) が、その西側の沖積低地、東側の丘陵地には全く追跡できない点で、枕頭山断層と似ている。銅羅断層系地域でも、



本来段丘より高かったはずの丘陵地域が、段丘面より低くなるという地形の逆転を示しており(第2図)、丘陵を構成する第三紀層は、おもに礫層からなる段丘堆積物地域よりも侵食されやすいことを示している(Ota *et al.*, 2006).

以上の検討から、枕頭山断層の長さが段丘域で確認される1 kmより長い可能性は否定できない。それでも、上下変位量が最低でも30 mに達し、活動の繰り返しを示す断層としては、きわめて短いと思われる。

#### 4. まとめと今後の問題

本稿は、筆者の台湾北西部における活断層調査の過程で見出した枕頭山断層についての知見と問題点を記したものである。同断層については今後解決すべき問題が多く残されており、広く諸賢のご意見を賜りたく、ここに研究の途上ではあるが短い報告を行った。以下に得られた知見と問題点をまとめる。

1) 枕頭山断層は、大安溪右岸に位置する赤土をもつ第四紀後期の河成段丘を切る北東～南西走向、南東上がりの逆断層で、上下変位量は少なくとも30 mに達し、段丘形成以後繰り返し活動した活断層である。

2) 本断層は、1935年に活動した屯子脚断層の見かけ上の北東延長にあたるが、累積変位量が大きく異なること、1935年の地震時に活動していないこと、などから独立した活断層の可能性が高い。

3) 確認される長さは1 kmで、30 mに達する上下変位量とくらべて異常に短い。南西延長の沖積低地における地震探査やボーリング調査、北東延長の丘陵地内での詳しい地形分析などにより、本断層の長さを確定する必要がある。あわせて、1935、1999年両断層で活動しなかった本断層のテクトニックな位置付けを検討する必要がある。

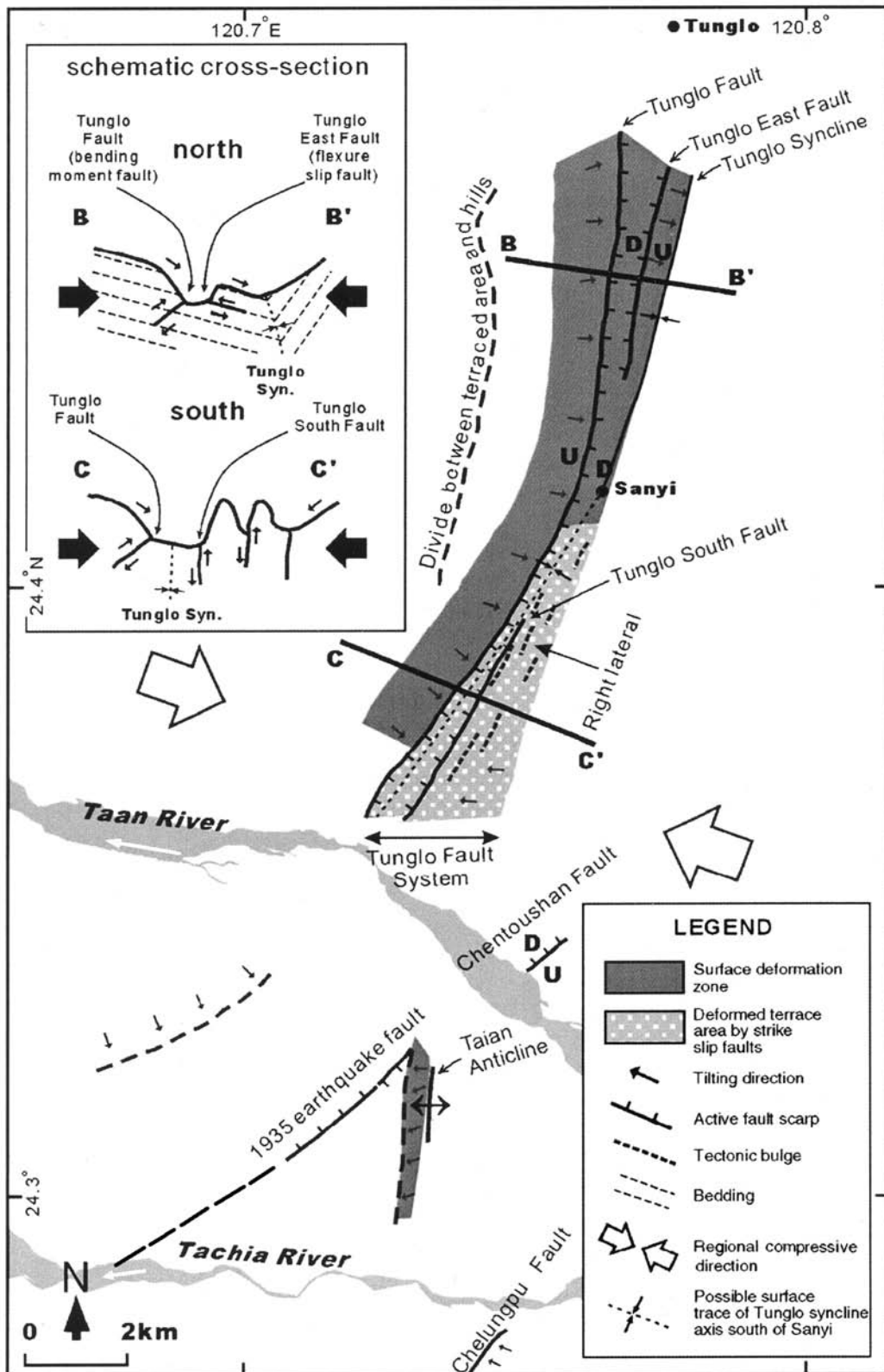
**謝辞** 野外調査に関する経費の一部は活断層研究センター、および台湾科学研究基金によるものである。研究にあたっては、国立台湾大学陳干高教授、同大学院生の林玉濃さんに格別のお世話になった。とくに林さんには未公表の修士論文を引用させて頂いた。活断層研究センターの杉山雄一、佐竹健治両氏からは細部にわたってコメントを頂いた。また図の作成には、林美幸さん、天笠咲子さんのご協力を得た。以上の諸機関、諸氏に感謝する。

#### 文 献

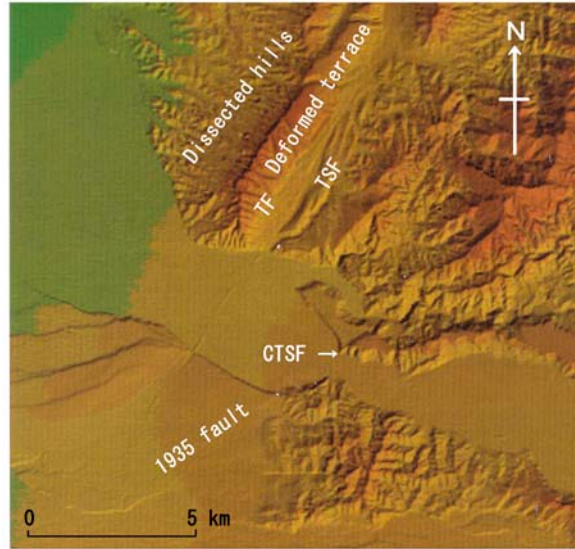
李錦發 (2000) 5万分の1地質図幅「東勢」および同説明書, 經濟部中央地質調査所, 138p.  
Lin, Y. N. (2005MS) Surface deformation and seismotectonic structure model of the 1935 Hsinchu-Taichung earthquake (M-7.1) in Miaoli, northwestern

Taiwan. 国立台湾大学地質科学研究所修士論文, 75p.  
林 文・張徽正・盧詩丁・石同生・黃文正 (2000) 50万分の1台湾活動断層分布図(第2版)および同説明書, 經濟部中央地質調査所, 122p.  
McCalpin, J. (2006) Paleoseismology and maximum magnitude estimates in extensional terranes. Lecture at International workshop on the conduct of seismic hazard analysis for critical facilities at International Centre for Theoretical Physics at Trieste, May, 2006/06/25  
Ota, Y., Shyu, J. B., Chen, Y. G. and Hsieh, M. L. (2002) Deformation and age of fluvial terraces, south of Choushui River, Central Taiwan, and their tectonic implications. *Western Pacific Earth Sciences*, 2, 251-260.  
太田陽子・渡辺満久・鈴木康弘・澤祥 (2003) 1999年集集地震による地震断層の位置と既存の活断層との関係. *地学雑誌*, 112, 18-34.  
Ota, Y., Lin, Y. N., Chen, Y. G., Chang, H. C. and Hung, J. H. (2006) Newly found Tunglo Active Fault System in the fold and thrust belt in northwestern Taiwan deduced from deformed terraces and its tectonic significance. *Tectonophysics*, 417, 305-323.  
Ota, Y., Chen, Y. G. and Lin, Y. N. (in preparation) Active structures in the Miaoli area, especially on the activity of Touhangpin Fault.  
大塚弥之助 (1936) 昭和10年4月21日台湾中部地方に起こった地震に伴る地震断層. 附地震断層の諸特徴. *地震研究所彙報別冊第3号*, 22-74.  
潘國樑・王文能・胡國興・顏滄波 (1983) 台湾中部1935年地震断層之航照地質研究. *工業技術研究院能源與礦業研究所*, 48p.  
Shyu, J. B. H., Sieh, K., Chen, Y. G. and Liu, C. S. (2005) Neotectonic architecture of Taiwan and its implication for future large earthquake. *Journal of Geophysical Research*, 110, B08402.  
Wells, D. L. and Coppersmith, K. J. (1994) New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture area, and surface displacement. *Seismological Society of America Bulletin*, 84, 974-1002.  
楊耿明等ほか9名 (2003) 断層活動性観測與地震潜勢評估調查研究. 台湾陸断層帶地質構造與地殼變形調查研究 (4/5) - 臺灣中部麓山帶. 經濟部中央地質調査所, 92-5, 52p.  
葉義雄・顏宏元・蔡義本 (1985) 利用地震與重力資料分析一九三五年地震断層. 一九三五年新竹一中中大地震五十周年紀念研討會論文集, 68-82.  
Yu, S. B., Chen, H. Y. and Koe, L. C. (1997) Velocity field of GPS stations in the Taiwan area. *Tectonophysics*, 247, 41-59.

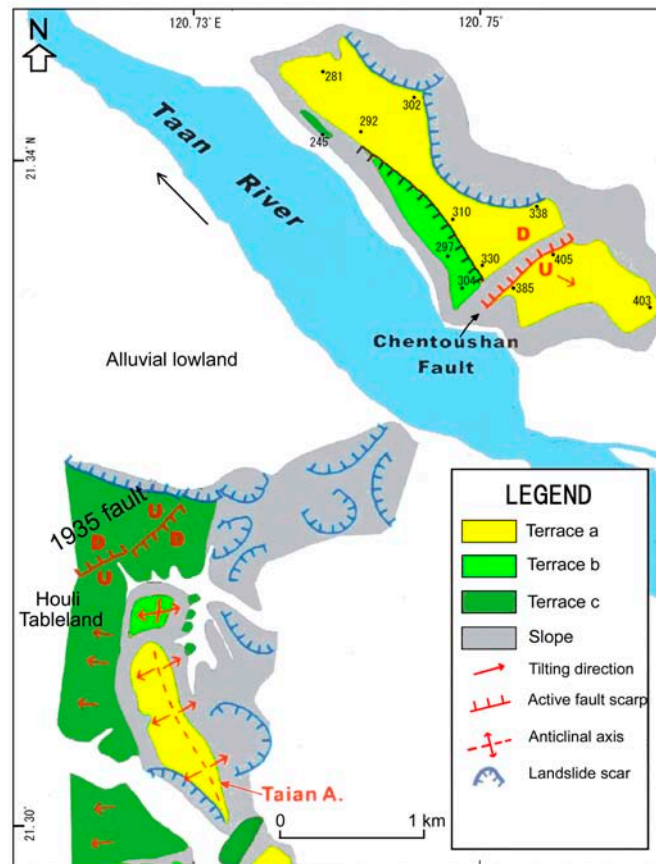
(受付: 2006年7月3日, 受理: 2006年8月31日)



第2図. 大安溪地域の諸活断層の分布と、銅羅断層系の形成過程に関する解釈 (Ota *et al.*, 2006).  
 Fig. 2. Newly identified active faults in the Taan River area and interpretation for the formation process of the Tunglo Fault System (Ota *et al.*, 2006).

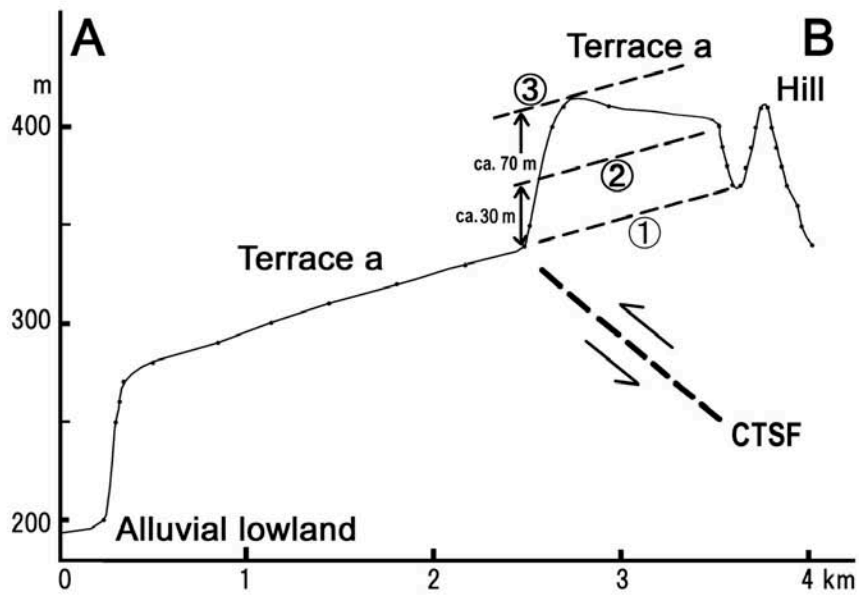
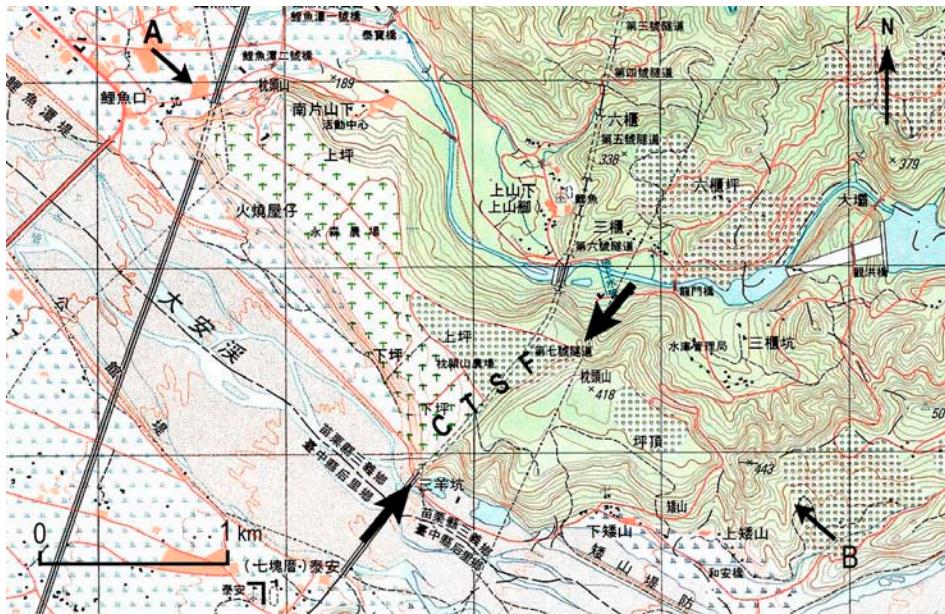


第3図. 枕頭山断層 (CTSFS) とその周辺の地形を示す DEM (40 m grid) に基づく図. 同断層は, 北東の丘陵にも, 南西の低地にも連続しない. TF: 銅羅断層, TSF: 銅羅南断層.  
 Fig. 3. Shaded relief map constructed from DEM (40 m in grid). The Chentoushan Fault (CTSFS) is traced neither northeastward nor southwestward. TF: Tunglo Fault, TSF: Tunglo South Fault.



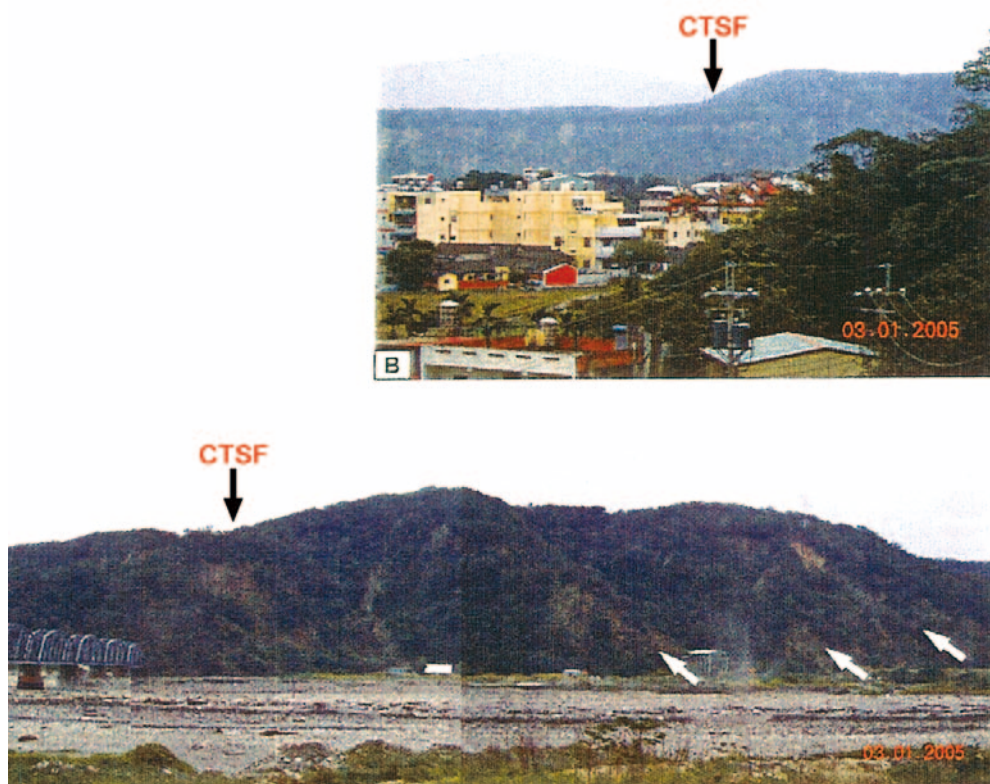
第4図. 枕頭山断層付近および大安溪左岸の段丘と活構造分布図 (Ota *et al.*, 2006). 枕頭山断層は赤色土をもつ段丘 a を切っている. 段丘上の高度は 5 千分の 1 写真図から読み取ったもの.  
 Fig. 4. Terrace and fault map along Taan River (Ota *et al.*, 2006). The Chentoushan Fault cuts terrace a with lateritic soil. Spot heights on the terraces are from photo map of 1/5000 (Ota *et al.*, 2006).





第5図. 枕頭山断層付近の地形図(2万5千分の1地形図, 「后里」および「東勢」)  
(上, 第4図参照)と段丘aを横切る断面図(下). 隆起側に分布する段丘a  
の東への傾斜が明瞭. 破線①②③は上下変位量を推定する場合の補助線.

Fig. 5. Topographic map of the Chentoushan Fault and its vicinity (Topographic map of  
1/25000). Dashed lines 1, 2 and 3 are auxiliary lines for estimating the vertical  
separation of terrace a by the Chentoushan Fault.



第6図. 南からみた枕頭山断層の断層崖(上)と同近景(下). 白い矢印は中新統の傾斜を示す. いずれも Lin (2005MS) による.

Fig. 6. Fault scarp of the Chentoushan Fault viewed from the south (top) and its close up (bottom). White arrows indicate eastward dip of the Miocene Kuantoushan Formation. After Lin (2005 MS).