

能高山地區地質環境之遙測研究

劉進金*、張寶堂*、黃金鴻**、彭森祥*、李元炎**

摘 要

本文是農委會遙測小組資助之「遙測技術應用於高山地質環境研究計畫」之部份工作成果。研究區在花蓮新城至壽豐與南投梨山至卡社山之間海拔1,500公尺以上之山區，面積約1,700平方公里，以3262公尺的能高山居研究區之中央，為中央山脈稜線上之山峰。該區為本省地震與地體構造單元上較活躍地區之一，地質上屬於中央山脈地質區，露出地層有古生代晚期至中生代之大南澳片岩，以及古第三紀變質至亞變質岩之畢祿山層與廬山層。本研究發現研究區有大小規模山崩高達4000餘處。根據衛星影像及航照之地形特徵、色調、水系變化及線型等特性之綜合研判，研究區可分為八個岩性單位，分別為Y層、S層、K層、T層、TM層、Eh層、M層及Qa層。其中K層出露大致以三棧溪為界。Y層則在沙婆碇溪以南露出。研究區中發現數條線型構造，其代表意義值得進一步調查。野外查核也嘗試利用GPS定點查核作業，初步發現效果良好。

關鍵詞：遙測、地質環境、高山

1. 概 論

遙測技術引進國內已超過二十年，地質應用上已有明顯成效（劉進金等，1995），地質環境之應用是其中一項延伸。所謂地質環境乃是指偏重地質災害探討的區域地質。中央山脈地形陡峻，地質探勘不易，因而地質資料非常匱乏。在農委會遙測小組的經費支助下，分年對中央山脈地質區，以遙測技術予以研究，此可作為未來進一步研究調查的參考。第一年雪霸地區之成果請參遙感探測第十七期（劉進金等，1992）；第二年南湖大山地區之成果請參遙感探測第二十期（劉進金等，1994）。本年（第三年）研究區在能高山地區，本文將針對此區之遙測地質研究成果提出討論。研究區位於台灣中部即南投縣與花蓮縣之交界（參圖一研究區位置索引圖、圖二研究區SPOT衛星影像圖）。範圍大致分佈在花蓮新城至壽豐與南投梨山至卡社山一帶，地形上屬於中央山脈主稜線東西兩側山區，涵蓋面積約1,700平方公里。研究區之東北方一部份尚屬於太魯閣國

* 工研院能資所研究員

** 工研院能資所技術員

家公園區管轄。本區山高谷深地形險峻與阻隔，故交通困難，主要交通動脈皆分佈在研究區之外圍，其中主要聯外道路有：(1) 西北端之台14道路，從仁愛（霧社）經屯原、奇萊至銅門，(2) 台14甲仁愛至合歡山接中橫公路可通行汽車；(3) 台9道路，從花蓮經鳳林至台東。其它比較重要林道在研究區之西側有萬大林道、武界林道、丹大林道及研究區東側之四林林道，均為過去伐木或造林路線。研究區位於本省中央山脈之中段偏北山區，海拔高程在1,500公尺以上，區內山峰林立，重要的山峰共有七十二處（圖三LANDSAT衛星影像圖）。中央山脈主稜線大致呈東北—西南走向縱貫全島，嶺線上落在研究區的著名山峰由北而南有合歡山（3,417公尺）、奇萊主山（3,560公尺）、能高山（3,262公尺）、北丹大山（2,847公尺）。主稜線之東斜面自主稜線（3,000餘公尺）向東水平距離約25,000公尺降至海平面，起伏甚大，而主稜線之西斜面自主稜線向西水平距離約16,000公尺，以梨山斷層帶與雪山山脈地形區相鄰。研究區主要嶺線分佈，大致以中央山脈稜線為界，其西側嶺線發育比東側嶺線發育較複雜，如屯原、廬山一帶為樹枝狀，奧萬大至草社大山、北丹大山間呈東西或西北走向相互呈平行狀；中央山脈稜線以東立霧主山、太魯閣大山、大安山，主要山嶺呈東西或近似東西向互相平行狀，而研究區之東北方（即太魯閣山以東至銅門間），嶺線呈格子狀分佈，山嶺與山嶺間大都呈銳角相交。

中央山脈主稜線縱貫全區，形成天然主要分水嶺，主要水系共有47條（圖四）。在東斜面主要水系由北而南有三棧溪、沙婆礮溪、木瓜溪、荖溪、壽豐溪及萬里橋溪，其中後四者分別注入花東縱谷後再會流，形成花蓮溪，向東北流經花蓮市附近注入太平洋，另外三棧溪與沙婆礮溪亦分別流入太平洋。西斜面之主要水系，塔羅灣溪、馬海僕溪兩溪在廬山溫泉附近注入萬大水庫之後與後萬大溪會流，形成萬大溪（下游稱濁水溪），呈南北走向，在本研究區之西南端南萬大山附近轉呈東北流向經台中市南方橫貫大肚與八卦台地向西流注入台灣海峽。本區水系發育也可以大致分成東西兩部份來說明，西斜面上游水系主要呈東西走向，然後轉呈東北走向，主溪流多曲折彎曲，其主支流大都切穿地層之走向，呈橫谷發育，而主流則大致呈順層河發育，研判與露出的板岩地質有關。東斜面河谷發育大都為順向河發育，河谷切穿岩層走向，呈中密度樹枝狀發育，一部份為順層河發育，研判與區域地質露出的矽質片岩、大理岩、黑色片岩等有關。

2. 能高山地區之地層

本研究區屬於台灣地質分區之中央山脈地質區，由於出露在中央山脈山脊東西兩側之岩層不同，又可分為東斜面先第三紀大南澳片岩與西斜面古第二紀板岩層。大南澳片岩依岩性不同又可區分太魯閣層與玉里層；板岩層又可分為畢祿山層與廬山層，地層層序如表一。區域岩層走向大致呈東北—西南向，主要地質構造為東北走向，少部份呈西北或東西走向，區域岩層走向與片理、板劈理之走向約略一致。現將各岩層特性分述於后。

表一、能高山地區地層層序表

現代	沖積層	
古第三紀	廬山層	
	畢祿山層	
先第三紀	大南澳	玉里層
	片岩	太魯閣層

2.1 大南澳片岩。大南澳片岩屬於古生代末期至中生代早期之變質岩，依岩性不同可詳加分為大理岩、綠色片岩、層狀燧石、矽質片岩、黑色片岩、片麻岩及角閃岩等。大南澳片岩分佈在本研究區之中央山脈稜線及其以東的地帶，佔全區約 70%。本片岩帶以壽豐斷層為界，以東露出以黑色片岩為主稱為玉里層；壽豐斷層以西露出以大理岩、黑色片岩、綠色片岩、矽質片岩等組成稱為太魯閣層。大南澳片岩之太魯閣層比較具經濟價值的為大理岩，主要分佈在大南澳片岩層之中央地帶，即木瓜溪龍澗附近及天長斷崖一帶，除天長斷崖露出呈凸鏡體外，在龍澗以東至清水溪一帶露出較完整，岩層呈南北走向。在衛星影像上呈現暗紅色調，塊狀組織，並有許多明顯大規模山崩現象如壽豐溪中游河谷兩側，另外在大理岩地區分佈常出現綠色片岩及層狀燧石層厚約數公分至 1~2 公尺不等。矽質片岩亦為本岩層常見的岩石之一，主要由粗至細粒石英砂岩變質而成，常與黑色片岩共存，分佈在本研究區大南澳片岩區之兩側，層厚約幾公分至數公尺不等，常形成峭壁或山脊凸起。大南澳片岩之玉里層主要分佈在本研究區東側，以壽豐斷層為界，其東西兩側分別與花東縱谷及太魯閣層為界，衛星影像呈現暗紅色，塊狀組織，河谷寬敞，主要岩性為黑色片岩構成。

2.2 畢祿山層。本岩層露出分佈在本研究區之主稜線一帶，由板岩、千枚岩及變質砂岩組成，衛星影像上呈現淺紅色狀，由於位在山頂間，脊線兩側多向源侵蝕與崩塌現象，水系呈蝕谷構造。

2.3 廬山層。位於本研究區之最西側，岩性主要由板岩及變質砂岩組成。主水系發育大都呈順層河。衛星影像上呈淺紅色至灰白色，河谷多曲流，線型發達，密度高，雜亂無章，顯示水系發育與區域岩層分佈有關。

2.4 沖積層。位於本研究區最東側，沿花東縱谷分佈包括花蓮平原，主要由砂、礫組成，植生缺少，所以影像上呈淺藍至灰藍色調。

3. 遙測地質判釋成果

本研究採用之黑白航空照片係民國62年~64年間林務局航空測量所拍攝之照片。計航線45條，航照684張。遙測判釋研究包括研究區潛在地質災害種類如山崩、斷層、裸露地等。並針對探討崩塌之地質原因，研判其活動性與發生位置等。圖五為能高山地區之山崩分佈圖。經地質綜合研判獲得研究區遙測地質判釋圖如圖六。茲分成遙測山崩判釋、遙測地質判釋、航照地質判釋實例、與野外查核四節加以討論。

3.1 遙測山崩判釋（請參圖五能高山地區之山崩分佈圖）

台灣島處於地質運動非常活躍的地區，地形又非常陡峭，所以山崩在地形發育上佔有極重要的地位，分佈亦極為普遍。山崩亦因自然環境及地質條件差異，其分佈密度、形狀，規模大小亦不盡相同。本研究區有大小規模山崩高達4000餘處，裸露地佔全區像元總數約2.3%左右，散佈各地區。對崩塌發生之誘因及條件有正確的判斷，才能了解其可能的危害程度與影響範圍，並進而在工程上採取適當的補救措施。一般而言，崩塌的型態相當複雜（吳景祥，1975、航空測量及遙感學會，1988、劉進金等，1991、1989），其主要的影響因子可分成潛在因子（potential factors）與誘導因子（triggering factors）。誘導因子主要包括自然降雨或人為擾動，潛在因子一般而言比較複雜，主要可歸納成五項：構造、岩性、坡度、侵蝕、與人為開挖等。（1）構造：可再分成兩項，一為大地構造，即受斷層之影響；一為不連續面如岩層層理與節理等。（2）岩性：研究區之岩層以變質砂岩與板岩、各類片岩及大理岩為主。砂岩與頁岩互層之層面為顯著之不連續面，通常成為地下流水之通道，故易沿層面產生滑動而崩塌。同時，有些板岩層特別軟弱，平常就容易鬆動，降雨過後，常會引發更大型滑落。研究區內在山脊嶺線兩側，壽豐溪上游萬大溪一帶均有數處大型山崩，值得特別注意。（3）坡度：地形陡峭為台灣一般山區產生邊坡不隱的基本問題。除此之外，岩層坡度大，亦容易形成岩石下坡滑動。如木瓜溪上游地段，岩層坡度大，河谷深切，造成山崩屬之。（4）侵蝕：研究區屬幼年期水系發達區，河谷深切，溯源侵蝕現象極為顯著。（5）人為開挖：產業道路或其他公路之興修，往往大量開挖，使路邊坡角度加大，形成潛在危險區。

依據活動性，可將崩塌概略分為二類，即（1）新崩塌地與（2）舊崩塌地兩種。新崩塌地為新近發生之崩塌地。此等崩塌地之外觀甚易辨認，因其外表岩層裸露，崩崖形態尚很新鮮，大部份幾無植物覆蓋，且有各種滑移現象。舊崩塌地指過去曾發生崩塌，但現在處於穩定平衡狀態，已有植生在上面，在野外現地不容易發覺者。因其雖處於暫時平衡狀態，但崩塌因素並未消失，如再開挖或其他因素誘導，很容易再度導致崩塌復活。本研究區之新山崩達二千餘處（圖五），尤以在河流之兩側山腰及山稜嶺線兩側為主要分佈區，其中崩塌規模較大者，以壽豐溪上游怡堪溪支流及萬大溪上游包括萬大北溪與萬大南溪等地區，其它大都在數十平方公尺至數百平方公尺不等。舊山崩區亦達二千餘處，零星散布在山脊稜線附近如奇萊主山、卓社大山一帶，或河流兩岸山腰如壽豐溪、萬大溪、濁水溪、沙婆礮溪及萬里溪上游，大部份山崩規模甚大，崩塌面積達數平方公里。從新山崩分佈及規模來看，強烈風化作用、暴雨、及地震作用為引發淺層新山崩之主因。許多地區新舊山崩重覆出現，顯示該地區地質情況較不穩定，有可能引發大規模

山崩機會。如奧萬大以東萬大南溪與萬大北溪支流山谷，南北側山腰，萬里溪上游山谷，壽豐溪上游及木瓜溪上游一帶。顯示上述地區地質破碎，岩層不穩定。研究區土石流發育甚普遍，尤其區域岩層為板岩或片岩構成，板劈理、片理發達，且高山凸起、風化顯著、或地質構造、地震頻繁等等，易引起大量土石崩落。暴雨形成土石流淹沒河床或堆置河谷區。從衛星影像可以清楚看到壽豐溪河谷下游，水道向北偏移的現象。其它諸如峽谷地形、及刀刃般的中央脊線，均為本區特殊地形景觀。

3.2 遙測地質判釋

研究區之綜合研判分析所繪製之航照地質判釋圖如圖六。遙測地質判釋主要根據為影像所呈現之色調、組織、線型、地表特徵、與航照所呈現色調、組織、裸露與崩塌分佈等，以及綜合前人調查研究之成果（何春蓀，1986；王執明，1982；羅偉，1992；汪玉清，1984；林朝榮，1957；張寶堂，1984、1993；葉春爐、張寶堂，1984陳維民、楊昭男，1985；Tsan，1977；Wang Lee，1988；Yen，1953、1954B；MRSO Report # 45A and # 45B，1965）。

本研究區位於台灣地體與地震構造單元歐亞板塊與菲律賓海板塊碰撞隱沒帶上，地質構造複雜，岩層破碎，劈理、板劈理、片理發達。研究區主稜線一帶寬約1~2公里之地勢較高山脊，影像色調呈現淺紅至淺藍色，顯示多裸露、崩塌、邊坡不穩、山嶺尖頂凸出，主要係因變質砂岩堅硬耐侵蝕形成。研究區最西側衛星影像顯示色調呈淺紅至淺藍色，線型構造細緻，主要係因大部份由板岩、千枚岩等軟岩性地層易侵蝕風化造成。研究區中央山脈最東側，一般為河流之下游地帶，河谷寬闊存有大量沖積物堆置，衛星影像色調分明、山區暗紅、河谷淺藍色、山脈呈塊狀組織，線型密度不大，主要係因大部份由暗色泥質片岩組成。在本研究區大南澳片岩與畢祿山層中發現數條線型構造，其代表意義尚待進一步調查。根據判釋分析結果，研究區暫可分為下列岩性單位，說明如下：

- (1) Y層：主要為暗黑色片岩，偶夾綠色片岩構成。航照呈暗灰色調，衛星影像呈暗紅色調，塊狀組織，水系呈粗樹枝狀。河谷寬敞大都為崩積土石堆置。
- (2) S層：主要岩性為砂質片岩、黑色片岩、綠色片岩互層構成。色調呈淺灰色至暗灰色。水系分佈為疏樹枝狀，一般呈銳角交角。線型呈中密度。
- (3) K層：主要岩性為片麻岩、砂質片岩、綠色片岩構成。色調呈淺灰色。水系為疏樹枝狀，常呈銳角交角。線型呈中密度。大致分佈在三棧溪以北地區。
- (4) T層：主要岩性為大理岩夾黑色片岩、綠色片岩構成。色調呈淺灰，水系呈中密度樹枝狀，多曲流發育，大都為銳角交角。線型呈中密度。
- (5) TM層：主要為裸露大理岩地區，分佈範圍不廣，衛星影像呈淺白色調，植生稀少，特徵明顯。
- (6) Eh層：主要岩性為變質砂岩與黑色板岩之互層構成。色調呈灰色至暗灰色。水系分佈為細密樹枝狀，水系交角主要為銳角交角。線型呈中密度，分佈在中央稜線一帶，地表多裸露、山崩、植被稀少。

- (7)M層：主要岩性為黑色板岩構成，色調呈暗灰色，水系分佈為細密樹枝狀，水系交角主要為銳角交角。線型呈中密度，地形複雜多圓弧型山崩。分佈在本調查區之最西側。
- (8)Qa層：主要岩性為沖積層砂泥，色調呈淺灰色，水系呈辮狀或交織狀。







3.3 航照地質判釋實例

本研究調查使用之航照計 684 張，茲選擇三個實例說明如后（地質判釋符號參表二，地區位置請參考圖六之標示）：

(1)奧萬大航照地質分析（圖七）

- 1.航線與航照編號：64019 - 229
- 2.涵蓋範圍：本圖幅位在奧萬大、萬大溪上游一帶，涵蓋面積約 23 平方公里。
- 3.地形：本圖幅一般地形在海拔高程 1,500 公尺至 2,000 公尺間，地勢東高西低，植生茂密，地形上多山崩，裸露地顯示零亂破碎狀。本處為萬大溪之南北兩溪交會點，河床廣敞，常為崩積土覆蓋，顯示上游有大型山崩。
- 4.區域地質：本區地層屬於中新世廬山層，主要岩性為暗黑色板岩，偶夾中至薄層變質砂岩構成，該變質砂岩在奧萬大攔河堰處露出。變質砂岩堅硬，節理發達，變質砂岩破裂大都為白色石英細脈充填，顯示過去區域地質構造複雜。岩性主要由板岩構成，板劈理發達，許多山崩或裸落地即主要沿板岩之劈理面滑動。靠近奧萬大附近沿萬大溪河之兩岸山腰有多處新山崩，在萬大北溪河床上尚可見大量土石堆積，另外在萬大溪河床兩側可以明顯看到河階地發育，顯示上游地質不穩定及區域地殼快速上升與侵蝕作用的特殊地質景觀。

表二、航照地質判釋使用符號

符號	說明
	老山崩
	新山崩
	土石流
	崖錐堆積
	沖積扇
	線型
	山脊線
	水系（點符號表乾涸）
	河階地

(2) 奇萊保線所航照地質分析 (圖八)

1. 航線與航照編號：63017 - 203
2. 涵蓋範圍：位於東自天長隧道，西至五甲崩山一帶，涵蓋面積約 20 平方公里。
3. 地形：本區在海拔高程 1,200 公尺至 2,000 公尺間，河谷狹窄，兩側山腰陡峻。位於木瓜溪上游和天長溪、奇萊溪、丸田溪交會口，山高谷深，為木瓜溪水主要發源地。
4. 區域地質：本區位在木瓜溪上游，中央山脈嶺線東側山區，地層屬於中生代至古生代大南澳片岩，主要岩性由黑色片岩、綠色片岩、矽質片岩及大理岩等構成。區域地質構造複雜，褶曲、斷裂及節理發達。奇萊溪、天長溪與丸田溪分佈在西側，各支溪流呈輻射狀會流後稱木瓜溪。在各溪會流附近，形成陡峻、薄削的山嶺，長期位於風口受風化作用，植生欠佳，而易造成地質不穩定。如圖中之中央地帶大規模山崩。在本區東側天長溪呈南北流向，在航照上形成一條明顯南北縱貫線型構造，從衛星影像中亦明顯顯示它存在，值得進一步追蹤其在地質構造上之意義。

(3) 清昌山附近航照地質分析 (圖九)

1. 航線與航照編號：64013 - 080
2. 涵蓋範圍：位於清昌山東南方至陽上岳西北方一帶，涵蓋面積約 16 平方公里。
3. 地形：本區在海拔高程 1,200 公尺至 1,800 公尺間，受地質構造影響，地形零亂陡峻。位於怡堪構造上游，區內大部份屬於第一、二級水系發育，平時乾涸，暴雨冲刷形成山崩，造成大量土石流沿河床堆置，形成頗為壯觀之河床冲積景觀。
4. 區域地質：本區地層屬於中生代至古生代大南澳片岩，主要岩性由黑色片岩、綠色片岩、矽質片岩及大理岩構成，區域地層走向為東北—西南向，區域地質構造複雜，片理及褶曲發達。從航照上明顯看到怡堪溪主支流兩側山腰地層多裸露、崩塌，大量土石流下滑堆置在河床上，形成明顯冲積河谷，在河谷之兩側亦很容易辨識出河階台地。此種地質景觀在衛星影像中亦很明顯。

3.4 野外查核

在地形高峻交通困難的山區，利用遙測地質判釋，可迅速獲得地質情報，確實可以節省很多人力與物力，但是其結果仍須至現場實地查核，以確定或修正室內所作之推論。此種查核工作與一般地質圖調查工作不同，一般地質圖調查工作需要很全面性的查訪露頭，但是遙測地質的野外查核主要只以各產業道路能到達的地方為限，且只作很少量的核對，本研究中只包括台 14 號公路西段（廬山至屯原）、丹大林道、萬大林道支線、及四林林道等（請參照片一至照片五）。因為在山中林道上不易定出地質露頭 (outcrop) 的位置，所以本研究嘗試利用 GPS 技術來定點（彭森祥，1994）。本研究採用的 GPS 接收儀型號為 Ashtech DI-

MENSION。應用GPS於調查工作，是將「野外調查」與「定位製圖」兩種原本分開的技術整合成一體，使調查探勘的技術更進一步。本研究中，先在辦公室應用遙測技術先期作業，從衛星影像及航空照片判釋出山崩災害發生的位置，建立成電腦地圖資料庫。筆記型電腦與GPS連線作業，在調查過程提供行徑導引。除於野外觀察災害現象，並配合GPS雙機相對定位，每一地點觀測十五分鐘，記錄該地的位置座標及其特性(照片六)。內業處理包括GPS計算，用載波數據以靜態基線逐點計算座標，成果達一公尺內精度。最後成果用地理資訊GIS技術將GPS檢核點自動化套繪在山崩分佈圖中(圖五)。調查技術從路徑導引、調查記錄、自動化製圖等一系列過程，緊密的結合了GPS與GIS科技，提高了環境調查資訊的時效性與精確性。

4. 調查發現與結語

研究區涵蓋面積約1,700平方公里，分佈於高山峻嶺難於到達的地方，且這樣廣大的地區，要以短期間完成地質探討非傳統地質調查可以達成，實有賴於遙測地質技術進行先驅性探討，找出「蛛絲馬跡」，提供傳統地質調查作業的基礎。本文乃農委會遙測小組經費支助之「遙測技術應用於高山地質環境研究」的第三個年度研究區的成果。

2. 從航照判釋分析結果發現本研究區有新舊山崩達4,000餘處，尤其在多處舊山崩區中又發現有新山崩發生，顯示地質脆弱的地方會一再發生，所以崩塌是一個潛在地質災害區。從圖五之新山崩分佈情況來看，山崩發育與地質構造、風化程度及岩層之板劈理、片理發達有關。研究區中較重要的土石流發育區以萬大溪上游萬大北溪、萬大南溪及壽豐溪支流怡堪溪最為嚴重，後者大量土石流堆置在花蓮溪河谷，從衛星影像中可見新河道有向北偏移的趨勢。本研究區山崩類型以圓弧型淺層山崩為主，佔大多數，其次為平面滑動型山崩即沿板劈理或片理面等不連續面滑動者。
3. 在本研究區大南澳片岩與畢祿山層中發現數條線型構造，其代表意義尚待進一步調查。
4. 根據遙測影像上的水系分佈、色調變化、線型密度等，再參酌前人研究報告，綜合研判，將本研究區分成八個岩性單位，分別為：Y層、S層、K層、T層、TM層、Eh層、M層及Qa層。
5. 本研究區山崩分佈野外查核工作，嘗試配合G.P.S.量測，初步發現效果甚佳，值得推廣應用。

5 參考文獻

王執明(1982)新釋「大南澳片岩」，中國地質學會會刊，25號，5~12頁。

- 2.何春燕 (1986) 台灣地質概論：台灣地質說明書，經濟部中央地質調查所，162頁。
- 3.汪玉清 (1984) 台灣東部花蓮太魯閣至三棧地區之地質研究。國立台灣大學地質研究所碩士論文，57頁。
- 4.林朝榮 (1957) 台灣地形台灣文獻委員會出版，台灣通志稿卷一，土地志，地理篇，第一冊，第138頁。
- 5.吳景祥 (1975) 台灣之高山與地質。台灣省地質調查所，地質第一卷第二期，第7~20頁。
- 6.航空測量及遙感學會 (1988) 台灣地區山坡崩塌地圖 (花蓮上、下)，中華民國航空測量及遙感探測會會刊。
- 7.劉進金、張寶堂 (1991) 大型山崩之遙測辨認，遙感探測第14期，第19~41頁。
- 8.劉進金 (1989) 遙測地質訓練課程參考資料彙編，工研院能資所。
- 9.張寶堂等 (1993) 遙測技術應用高山地質環境之研究 (二) 南湖大山地區，工研院能資所，第06-83-0023號報告。
- 10.張寶堂等 (1994) 遙測技術應用高山地質環境之研究 (三) 能高山地區，工研院能資所，第06-3-84-0021號報告。
- 11.劉進金、周順安、張寶堂 (1995) 中美洲瓜國地質遙測訓練課程之實施。第十四屆測量學術研討會論文集。1995.8/31-9/1，中興大學。pp.415-426。
- 12.張寶堂 (1984) 廬山地熱區之地質，台灣區地熱資源探勘評估調查報告之一，工研院能資所，第207號，第4~16頁。
- 13.羅偉 (1992) 台灣合歡山地區板岩層之層序及構造，經濟部中央地質調查所彙刊，第八號，第1~29頁。
- 14.陳維民、楊昭男 (1985) 花蓮銅門地區大南澳片岩之地質構造，地質，第6卷，第二期，第1~20頁。
- 15.經濟部礦產測勘團 (1965) 台灣東部大理石礦產調查報告第二期，MRSO REPORT 45A，41頁。
- 16.經濟部礦產測勘團 (1965) 台灣東部大理石礦產調查報告第二期，MRSO REPORT 45B。
- 17.葉春爐、張寶堂 (1988) 木瓜溪北岸地區大理石礦源調查報告，工研院能資所 (未刊稿)。
- 18.彭森祥 (1994) 整合全球定位系統於資源調查之應用，工研院能資所，自發研究報告。
- 19.Goetz, A.F.H., F.C. Billingsley, A.R. Gillespie, M.J. Abrams, R.L. Squires, E.M. Shoemaker, I. Luchitta and D.P. Elston, "Application of ETS Images and Image Processing to Regional Geologic Problems and Geologic Mapping in Northern Arizona", Jet Propulsion Laboratory Technical Report 32-1597 prepared for NASA Contract 7-100, California Inst. of Technology, May 1975.
- 20.Maxwell, Eugene L., "Multicaritate Systems Analysis of Multispectral Imagery", Pho-

- togrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 42, No. 9, September 1976, pp.1173-1186.
21. Rouse, J.W. Jr., R.H. Hass, J.A. Schell, and D.W. Deering, "Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS," Proc. Third ERTS Symposium, NASA SP-351, December 1973, Vol. 1, pp. 309-317.
 22. Tucker, C.J., "Use of Near Infrared/Red Radiance Ratios for Estimating Vegetation Biomass and Physiological Status", Proc. Eleventh International Symposium on Remote Sensing of Environment, 1977.
 23. Tucker, Comton J., "Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation," Remote Sensing of Environment, Vol. 8, 1979, pp.127-150.
 24. Wecksung, G.W. and J.R. Breedlove Jr., "Some Techniques for Digital Processing, Display, and Interpretation of Ratio Images in Multispectral Remote Sensing", Proc. Soc. of Photo-optical Instrumentation Engineering, Vol. 119. Applications of Digital Image Processing, 1977, pp. 47-54.
 25. Schowengerdt, R.A., 1984, Techniques for Image Processing and Classification in Remote Sensing. (New York: Academic, Inc.)
 26. Tsan, S.F. (1977) Remarks on the Suao section of the Central Range of Taiwan: Mem. Geol. Soc. China, 2, 141 ~ 146.
 27. Wang Lee, C. (1988) An outline of the Tananao Group: Proc. Geol. Soc. China, 31(1), 4 ~ 10.
 28. Yen, T.P. (1953) On the occurrence of the late Paleozoic fossils in the metamorphic complex of Taiwan: Bull. Geol. Survey Taiwan, 4, 23 ~ 26.
 29. Yen, T.P. (1954) Some geological problems on the Tananao Schist: Bull Geol. Survey Taiwan, 7, 47 ~ 50.

A Remote Sensing Study on the Geological Environment in NengKaoShan Areas

JK Liu^{*}, PT Chang^{*}, CH Huang^{**}, MS Perng^{*}, and YY Lee^{**}

Abstract

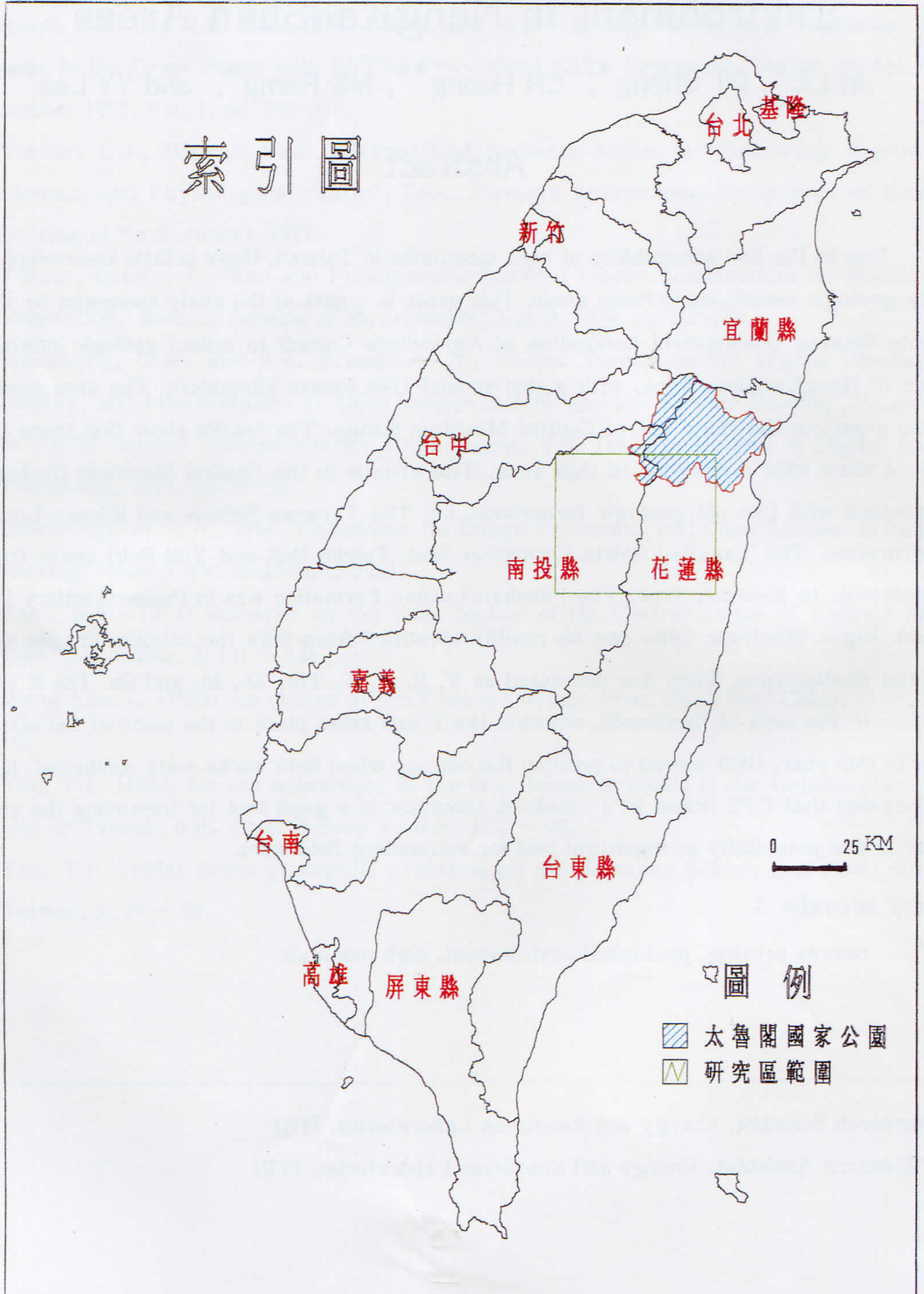
Due to the low accessibility of high mountains in Taiwan, there is little knowledge of the geologic conditions in these areas. This paper is a part of the study sponsored by Remote Sensing Development Committee of Agriculture Council to collect geologic information in NengKaoShan Area, with a size around 1700 square kilometers. The area covers also a part of the ridge line of Central Mountain Range. The results show that there are more than 4000 landslides in this area. The area is in the Central Mountain Geologic Province with two old geologic formations, i.e. The Tananao Schists and Bilusan/Lusan Formation. The Tananao Shists Formation (incl. Taluko Belt and Yuli Belt) spans from Paeleozoic to Mesozoic time. The Pilushan/Lushan Formation was in Paeleo-Tertiary Period. Eight lithologic units can be readily identified from both the satellite images and aerial photographs. They are denotated as Y, S, K, T, TM, Eh, M, and Qa. The K unit exists to the noth of SanChanSi, whereas the Y unit takes place to the south of SaPoDan-Si. In this year, GPS is used to position the outcrop when field works were conducted. It is concluded that GPS linked to a notebook computer is a good tool for improving the efficiency and potentially an important tool for automating field work.

key words :

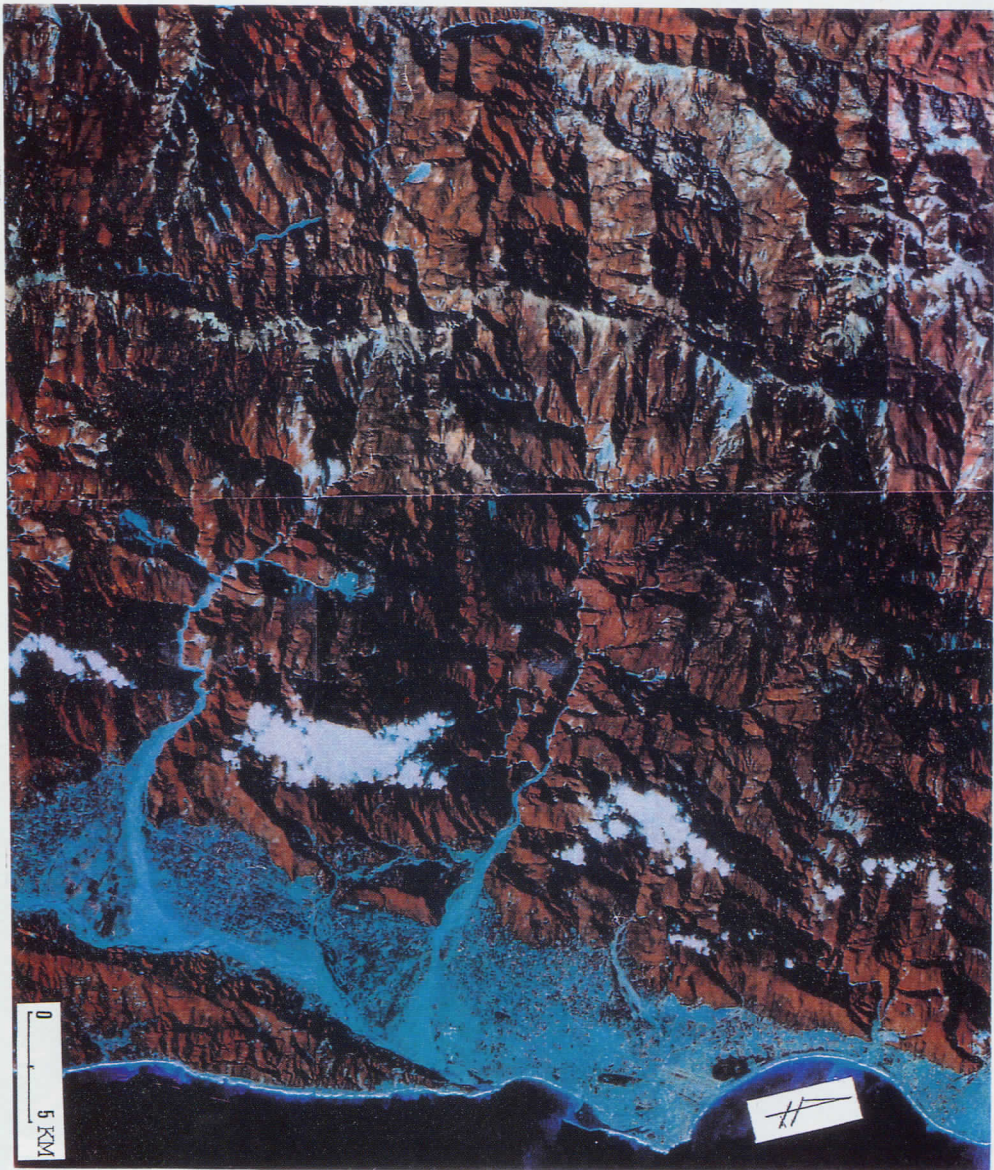
remote sensing, geological environment, high mountain

*Research Scientist, Energy and Resources Laboratories, ITRI

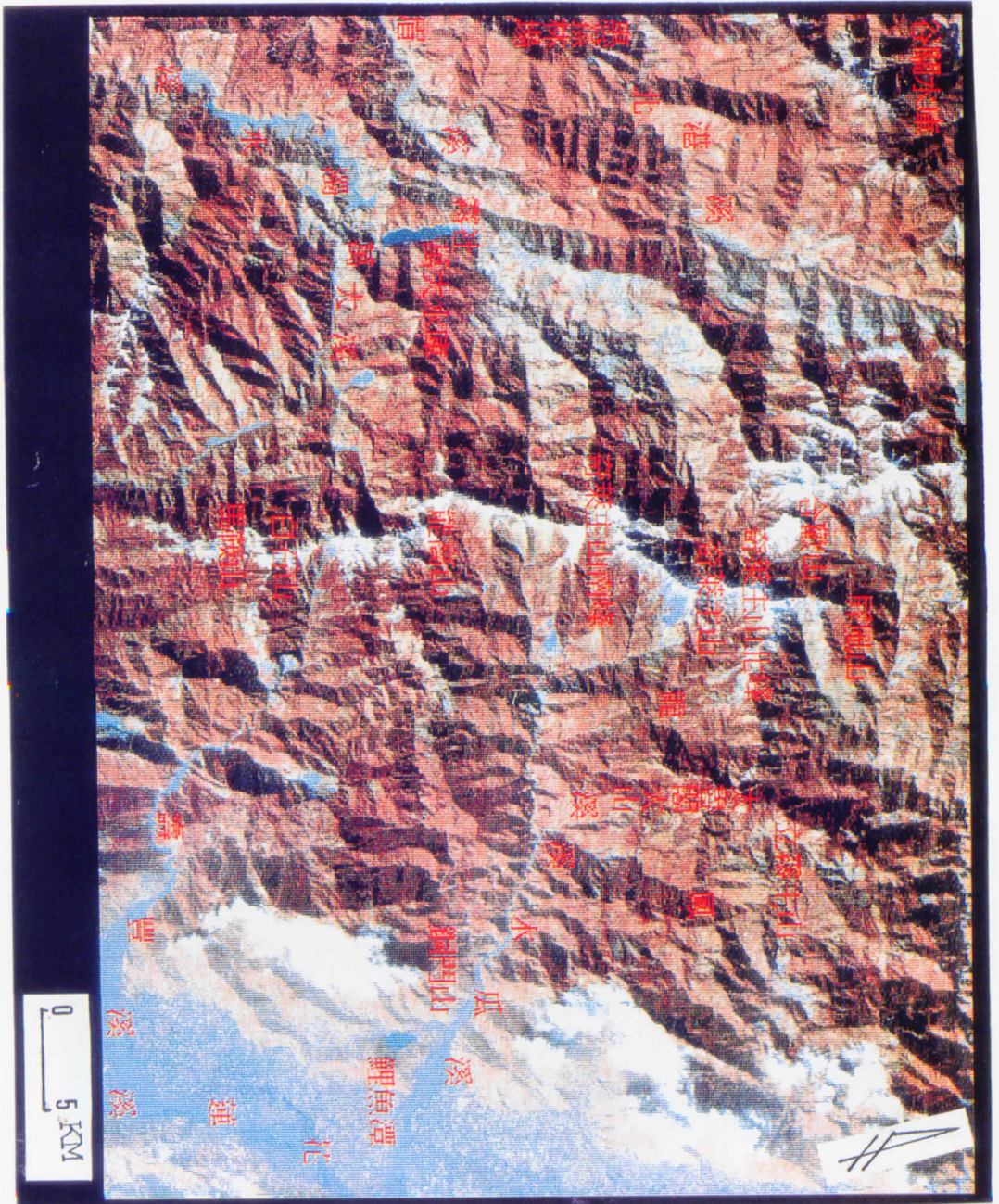
**Research Assistant, Energy and Resources Laboratories, ITRI



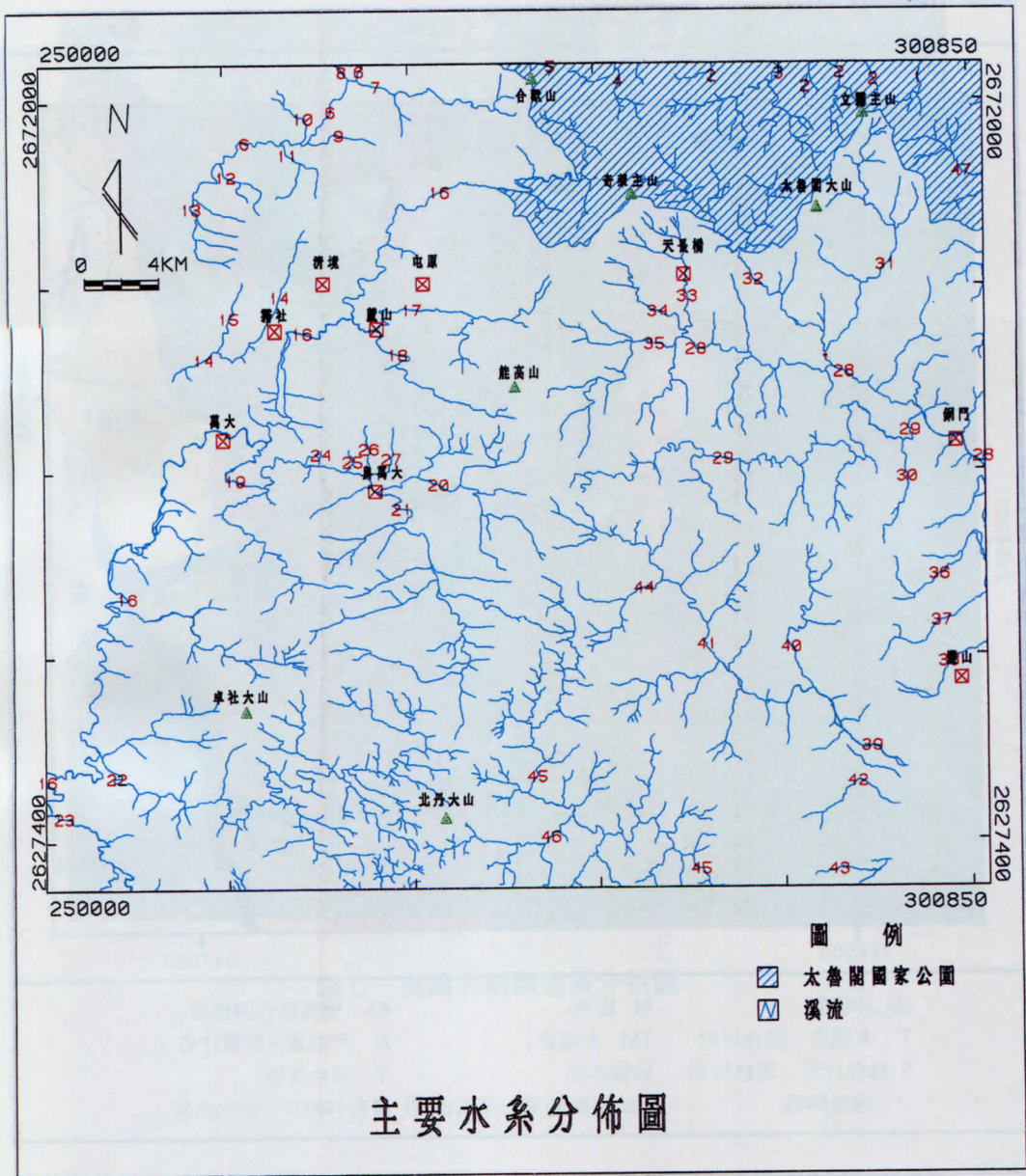
圖一、研究區位置圖



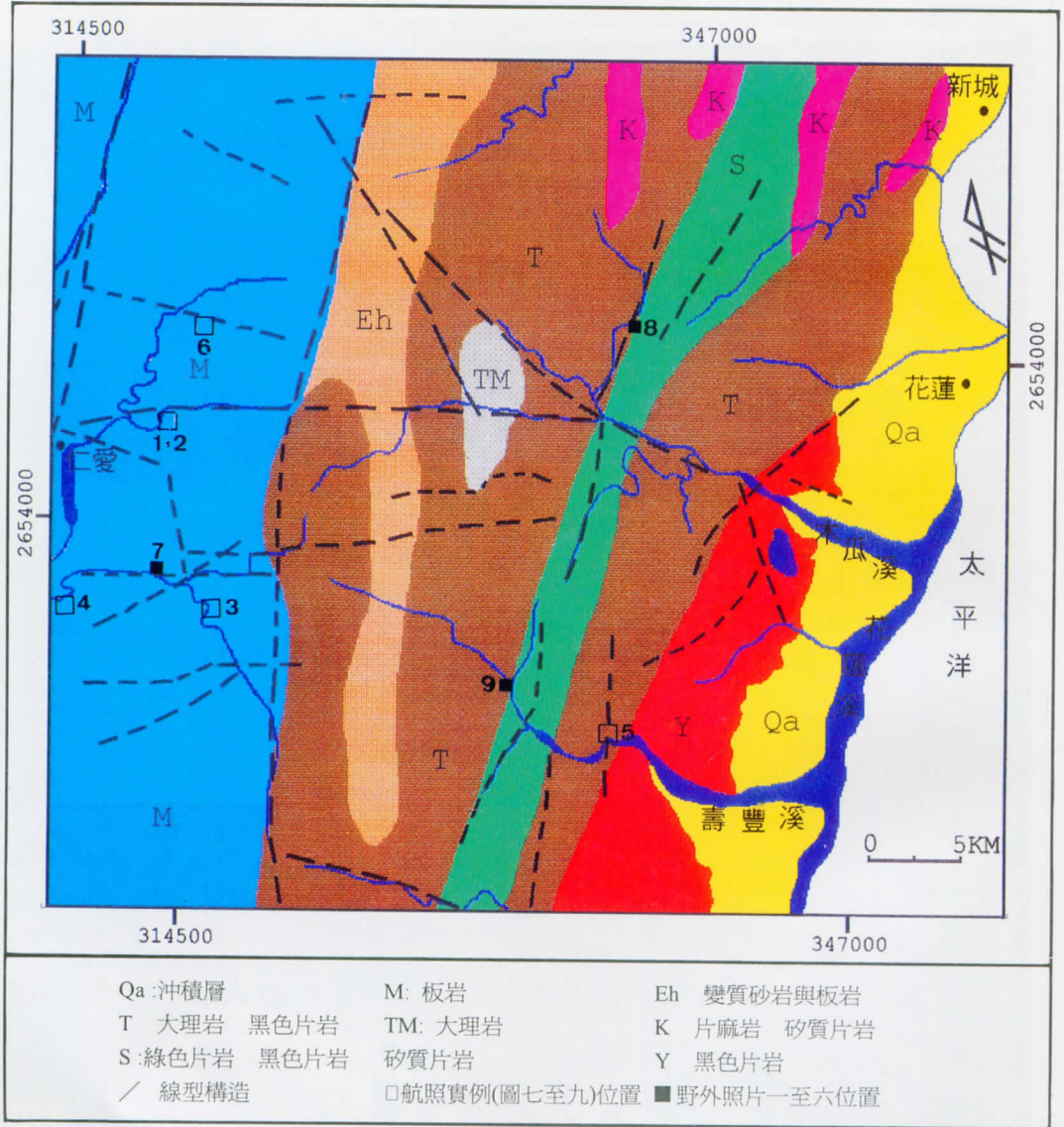
圖二、研究區法國 Spot HRV-X(1988.2.5) 衛星影像



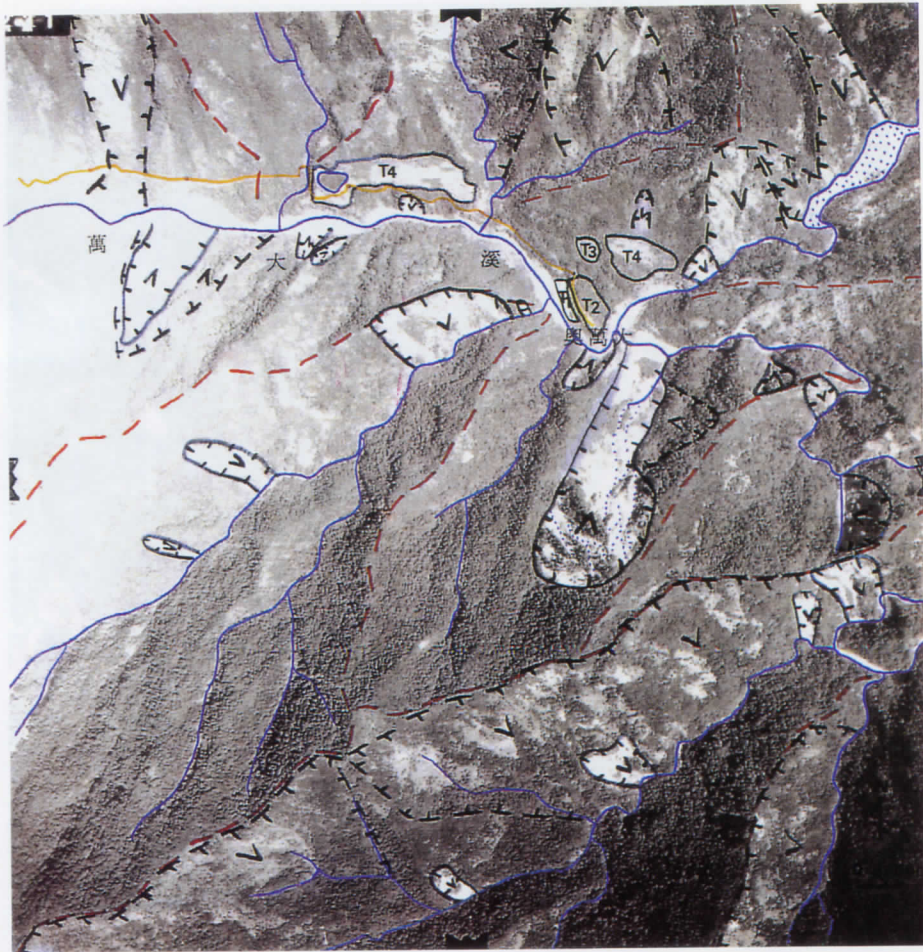
圖二、研究區美國 Landsat TM(1986.1.20) 衛星影像



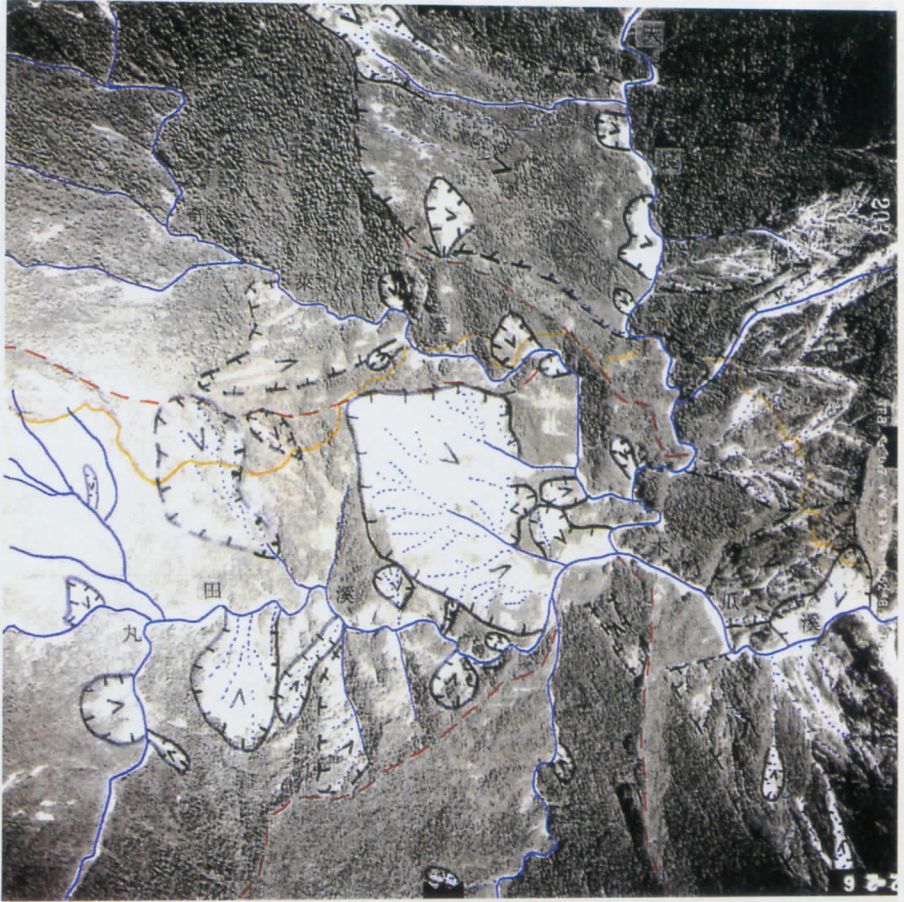
圖四、研究區主要水系分佈圖



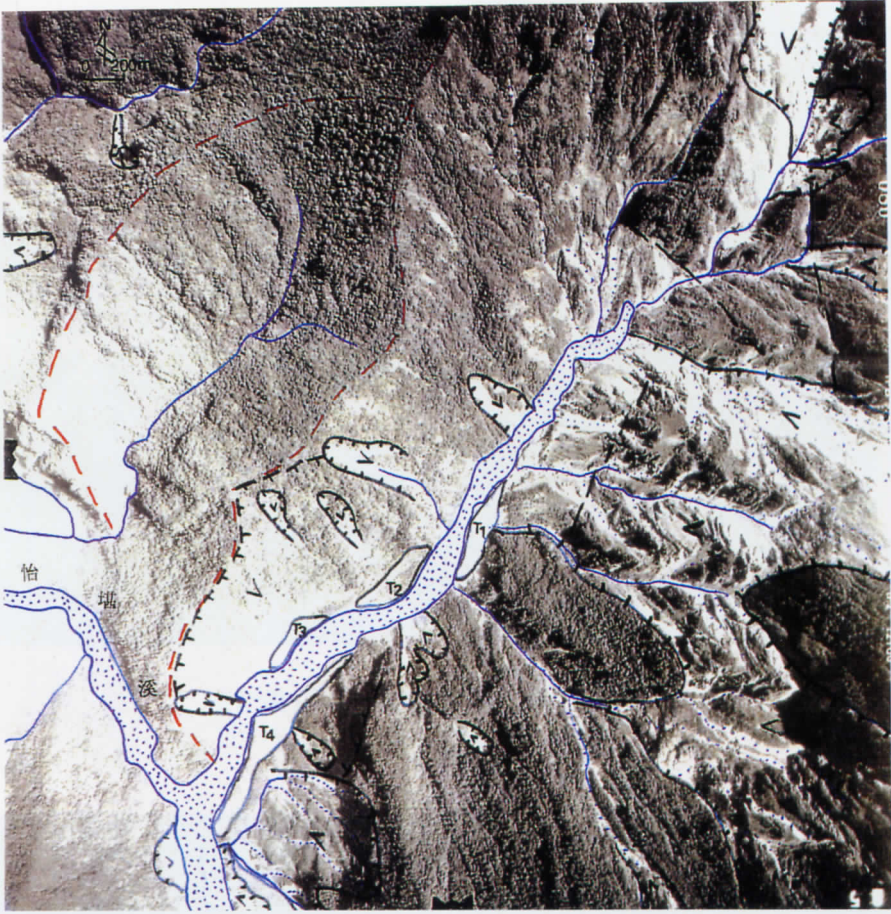
圖六、研究區遙測地質判釋圖



圖七、奧萬大航照地質分析圖



圖八、奇萊保線所附近航照地質分析圖



圖九、清昌山附近航照地質分析圖



照片一、盧山部落及其附近屯墾情形



照片二、盧山溫泉(馬海僕溪上游)舊山崩情形



照片三、千卓山 (3282M) 遠景



照片四、萬大水庫下游河岸侵蝕及向源侵蝕情形



照片五、壽豐溪上游土石流



照片六、屯原附近山崩現場 GPS 量測情形