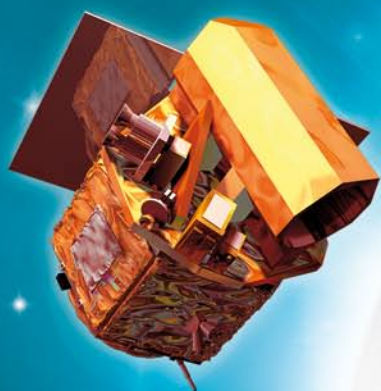




專題企劃

福衛二號五年任務圓滿達成 台灣太空貢獻全球矚目



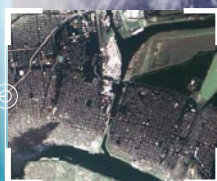
2004

南亞海嘯
Banda Aceh



2005

卡翠娜颶風
New Orleans



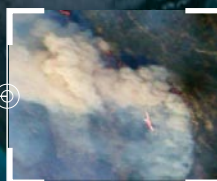
2006

吉尼號漏油
宜蘭蘇澳



2007

南加州大火
Southern California



2008

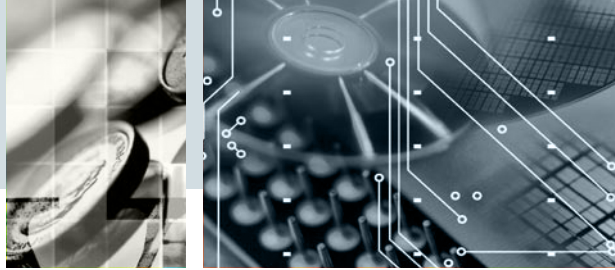
四川強震
北川縣



2008 南極威爾金斯冰架崩解

- 福衛二號五年任務成果
- 福衛二號科學酬載「高空大氣閃電影像儀」的科學成果
- 3S (GIS, RS, GPS) 技術結合空間資料探勘監測環境變化，以廢棄物棄置場區為例
- 應用福衛二號衛星影像於淡水河紅樹林生態變遷監測
- 遙測衛星影像於環境監測之應用
- 福衛二號在防救災應用上之回顧
- 福衛二號在全球災害緊急應變與地球環境監測應用之回顧

編輯室報告



- 福爾摩沙衛星二號（FORMOSAT-2，簡稱福衛二號）為我國自主擁有的第一枚遙測衛星，其任務以滿足國內需求為主，應用於災害調查、環境監測及作物普查等方面。自2004年5月21日發射以來，已屆滿五年，期間不但為台灣留下珍貴的影像紀錄，亦在全球發生重大災害時，第一時間提供受災地區緊急影像拍攝服務及資料，為台灣在國際人道救援上盡一份心力。本期「專題企劃」單元由國家太空中心規劃，介紹福衛二號計畫概要、福衛二號五年任務成果，並邀請ISUAL科學團隊、福衛二號國內四個影像分送中心、及成功大學地球科學系研究團隊等，共同與本刊讀者分享福衛二號在各專門領域之經驗與應用成果，並展示其應用於災害調查、環境監測等方面之卓越貢獻。
- 本期「人物專訪」單元介紹經由伯樂計畫返國的金平中博士。目前任職於台灣積體電路先進技術行銷處資深處長的金博士，擁有跨國管理經歷、以及14項半導體製程專利，並獲入選2006年國際婦女科技名人榜。她於專訪中分享「平凡就是幸福」的哲理，及其以家庭為重、同時兼顧事業的辛勞卻甜蜜的人生經驗。
- 本期「美藝鑑賞」單元展出為油畫作品-萬里海邊，創作者為國家地震工程研究中心洪祥瑗小姐。其作品以簡約線條描繪在萬里海邊，浪花在近處拍打礁岩的衝擊聲，以及遠處海天一色的景緻，予人放鬆自在的心情。
- 感謝同仁踴躍投稿，本刊才得以呈現多元、豐富的內容。再次謝謝您的支持與鼓勵，如有任何建議，尚請不吝來函指正。

院長的話

National Applied
Research Laboratories



能成為國研院的一員與大家並肩奮鬥，是個人備感榮耀的事！衷心感佩同仁在過去六年間，為支援台灣學術研究及科技發展所付出的心力，使本院已逐步整合形成一股不容忽視的科技力量，為提昇我國的國家競爭力加分打氣。

為具體實現本院未來發展願景，自接任以來便到各單位與同仁面對面分享「落實定位、邁向卓越」的理念、聆聽同仁們的想法，期盼能更凝聚共識，積極推動本院「建構研發平台、支援學術研究、推動前瞻科技、培育科技人才」的四大任務，使本院各中心得以朝向國際級的研究機構邁進。

確立追求卓越的願景後，本院當前要務便是整合國內學術單位優秀研究人才，建立核心技術。這些核心技術須具備以下特質：（一）目標明確、（二）成果必須對社會民生有重大貢獻、（三）與國際接軌、及（四）長期發展。相信在同仁上下一心、持之以恆的耕耘下，我們一定能累積出可觀的成果。

此外，院務之運作效率必須大幅提昇，跨中心合作之落實更為目前須加快腳步推展之工作。對於前者，除了建立激勵及競爭機制外，我們亦需加強多管道的溝通，如透過網站、院長New創意信箱、通訊、以及各類議題的討論會議等，藉持續對話增進彼此瞭解及默契，並強化與社會各界之互動，加強與媒體交流對談，以充分掌握社會之脈動與共鳴。對於後者，則需很快建立如合聘研究員制度及獎勵機制等，避免因本位主義而使合作流於形式。

我期許自己能同時扮演好帶頭衝鋒與溝通協調的角色，讓全院同仁像一粒粒種子般，都能充分發揮潛能，萌芽匯聚出林海莽原的浩瀚能量，共同再造國研院的時代新猷。

院長

陳文華

邁向卓越的七堂必修課 責任中凝生的力量



「我們有做不好的地方，歡迎隨時指正，我們心悅誠服地改進；做得好的，也請給我們掌聲。」對各界的關心，陳院長誠懇且自信地為國研院發聲。

「我誠摯地邀請所有同仁齊心合力、擁抱挑戰。如果要挨罵，就讓我跟各位一起挨罵！相信在大家共同努力之下，我們可以拼出好成績。」對所有為國研院付出的同仁，陳院長以熱忱、以榮辱與共的信念，要帶全院朝卓越邁進。

陳文華，國研院第三任院長，在學術與教育上所留下的榮耀無數；然而，這次卻是他30多年來首度離開校園。出任國研院院長，對長年沉浸於寧靜學術生活的陳文華院長而言，可以說是生涯上的大轉彎。

抉擇關頭，期許與責難間的煎熬

「這是我30幾年來第一次答應離開學校。」自1977年於美國喬治亞理工學院完成博士學位

後，陳院長懷抱理想，一腳踏入校園，全心投入教學與研究工作，轉眼就是30餘年。對陳院長而言，學術生涯雖辛苦，卻樂在其中，腦中除了思索精進學術、充實教學的各項規畫，幾乎不曾閃過一絲離開的念頭。這次決定出任國研院院長，進退間的拿捏、兩難的心情，陳院長經歷了一番掙扎和心境轉折。

「從來沒有看過像你這麼不知長進的人！」一位非常愛護陳院長的前輩，在多次推薦他出任其他職務未成後，無奈地說出這番話。

另一位長期觀察國研院發展的友人也忍不住問：「明知是要上火線，為什麼還決定一肩扛起？」甚至，在猶豫接任與否的當口，夫人也投了反對票。

「每個人對人生價值的詮釋不同。在這個抉擇的路口，有一件事在我心中產生很大的影響。」陳院長說到那個令他下最後決定的轉折。



兼善天下，責任中凝生的力量

在一次喜宴的場合中，陳院長與一位初中同學並肩而坐。這位同學是新竹地區的名醫，平日寡言，但卻是一路走來默默支持陳院長的好友。那一天，陳院長與同學於席間正好聊到國家大事，沒想到這位好友突然很嚴肅地說：「陳文華，你一定要出來為大家服務，不能獨善其身，自己躲在學校裡面。」

「這席話對我來說是一個很大的震撼。」一位平常如此寡言的人，卻突然迸出這番話，回想起來，真是當頭棒喝。而這也成了陳院長接掌國研院的臨門一腳。

另一個讓陳院長下決心的關鍵，不為別的，就是國研院。

「如果能讓國研院發揮他成立的功能，那麼對國家的幫助會比你在任何一個職務上的貢獻還大。」在下決心的前一刻，陳院長向多

位長輩和朋友請益，大家對他的期許與鼓勵，凝聚成向前的動力。當然，更重要的是夫人無私的包容與體諒。佈達當天，陳院長更在致詞時誠懇地感謝夫人，感謝她對接任的決定全然尊重，讓他在這個抉擇關頭，能堅定地選擇做「對的事」。

邁向卓越，陳文華和同仁必修的七堂課

事實上，陳院長對國研院並不陌生。過去仍在清大任教時，便曾多次參與國研院部分研究中心的評鑑工作，對各界的負面批評，陳院長早了然於心，因為他也可能曾是當中的一位委員。但他也觀察到，持平而論，國研院大體上的成果很不錯，接下來就是怎麼跨越中心間的藩籬，上下齊心、誠心合作。

要帶領國研院「落實定位、邁向卓越」，陳文華院長和同仁們還有七堂重要的必修課，等待全員逐一修業完成。



第一堂：落實國研院定位 整合國內好人才

也就是實踐「建構研發平台、支援學術研究、推動前瞻科技、培育科技人才」的任務，將國研院打造成國際級的研究中心／實驗室。在這樣的定位之下，建立國內頂尖的核心技術便顯得格外重要；為達成目標，國研院未來發展的核心技術必須具備以下特質：（一）目標要明確、（二）長期發展、（三）成果必須對社會民生有重大貢獻、及（四）必須與國際接軌。而建立核心技術的當前要務，就是要整合國內優秀研究人才，包括教授和優質研究生等，持之以恆的耕耘，勢必可闖出一番成績。

第二堂：強化跨中心合作 讓參與者獲得加乘肯定

六年前國科會特地結合各研究中心組成國研院，主要就是為了加強跨中心合作。因此，未來國研院須加快腳步擬訂相關制度，其中包含「跨中心合聘研究員制度」，讓所有參與跨中心合作的研究人員或研究中心，都能獲得加乘的肯定，避免因本位主義而使合作流於形式。

第三堂：落實績效管理 競爭與激勵制度兼備

過去六年來，國研院已發展出相當不錯的成果。但如何進一步落實這些成果？現在必須要做的是，在院內建立起「競爭機制」與「激勵制度」；在行政管理上，則須做到更細膩、更周延，這都是全院上下要共同努力的目標。

第四堂：加強與外界互動 優質成果看得見

為了讓更多人了解國研院，除了積極與國內相關學術研究機構交流互動，更須強化與媒體間的良好溝通。藉由具體落實研究交流、業務運作透明化、緊扣社會脈動並與之共鳴，將偏差報導的發生率降至最低，正向呈現優質的成果與貢獻。

第五堂：國際化 活用國研院的軟實力

要成就一個國際級的國家研究中心／實驗室，國際化是其中不可或缺的一環。活用國研院的軟實力，持續朝以下兩方面努力，對國際



化將大有助益：（一）宣傳：透過參與國際會議、發表論文等方式，提升國研院能見度。此外，更將強調論文「質」的提升，發表具重要性的研發成果，爭取登上國際重要學術期刊。

（二）國際交流：積極與國際間相關實驗室進行人才交流，一方面促成資源共享，同時培養具國際視野的高階人才。

第六堂：推動科技政策研究 扮演國家科技智庫

國研院所屬之「科技政策研究與資訊中心」，將更積極扮演協助國科會於科技政策擬定之智庫功能。長期投入台灣未來發展相關重大議題之研究，如能源、生醫技術、地球暖化、老人化、少子化...等，同時與國內外相關研究團體相互激盪，產出的成果將可作為政府重大決策時的重要參考。

第七堂：發揮國研院「財團法人」功能 活絡執行力與行動力

與董事會以及國科會等相關單位密切配合，透

過良善溝通與務實行動，思考怎樣建立一個有彈性而且可執行的制度，活絡國研院的行動力。同時亦須讓院務推動更具效率。

找回活力動起來

自接任以來，陳院長便馬不停蹄地到各研究中心和同仁們對談，不僅是為分享彼此對國研院的想法，更重要的是，要找回國研院的活力。陳院長期許全院，在共通制度的原則下，藉由提升服務、研發、育才、以及相關行政工作的運作效率，讓整個國研院動起來，發揮最初成立時以合作創造大力量的精神。

儘管在猶豫接任的過程中承受了莫大的壓力，但憑藉著兼善天下的使命感，陳院長在這生涯的下半場，已決定挑起責任、親自上陣；帶著過去所累積的學術與行政經歷，做足準備，以誠懇和責任和所有國研人一起「PASS」這邁向卓越的七堂必修課。



封面故事 NO.23

福爾摩沙衛星二號為我國自主擁有的第一枚遙測衛星，其任務以滿足國內用戶之需求為主，在災害調查、環境監測及作物普查方面特別有用。福爾摩沙衛星二號每日再訪的獨特設計，更為世界上國際商業遙測衛星所僅見。自2004年5月21日發射以來，不但為台灣留下彌足珍貴的影像紀錄，亦在全球發生重大災害時，第一時間提供受災地區緊急影像拍攝服務及資料，為台灣在國際人道救援上盡一份心力。

院長的話

邁向卓越的七堂必修課 責任中凝生的力量 2

財團法人國家實驗研究院第三屆董監事

專利上架

非金屬材料切割方法 10
— 鄭源傑

專題企劃

福衛二號五年任務圓滿達成 台灣太空貢獻全球矚目

福衛二號五年任務成果 14
— 苗君易、吳岸明、林新發、陳乃宇、林喆

福爾摩沙衛星二號科學酬載
「高空大氣閃電影像儀」的科學成果 21
— 許瑞榮、蘇漢宗、陳炳志、陳志隆

3S (GIS, RS, GPS) 技術結合空間資料
探勘監測環境變化-以廢棄物棄置場區為例 28
— 樊先達、朱子豪

應用福衛二號衛星影像於淡水河紅樹林生態變遷監測 38
— 張國楨、曾露儀

遙測衛星影像於環境監測之應用 45
— 陳繼藩

福爾摩沙衛星二號在防救災應用上之回顧 53
— 蔡在宗

福爾摩沙衛星二號在全球災害緊急應變與
地球環境監測應用之回顧 61
— 劉正千

尖端科技

應用於百萬電晶體等級設計 (Just-suggestion)
的Ultrasim快速模擬 72
— 嚴祥銘

利用超高真空化學沉積技術磊晶成長銻
與其材料分析檢測 81
— 鄧建龍、羅廣禮、姚潔宜、張茂男

科技交流

程式GPU化策略 86
— 郭芳安、王順泰、郭勝修、謝志偉、周朝宜

港灣地區地震潛勢及港灣構造物耐震能力評估之研究	91
— 陳正興、邱俊翔、柯永彥、許尚逸、楊鶴雄、張毓文、謝明志、林雅雯	
深入淺出誘捕系統	100
— 蔡劍霞	
汶川地震重大坡地災害現地勘查1/2	105
— 陳繼光、陳樹群、周憲德、王文能、林銘郎	
淺談高屏河-海輸運系統中陸源物質宿命	113
— 田蓉禮	

人物專訪

平凡中的幸福	
專訪台灣積體電路先進技術行銷處資深處長金平中博士	124
— 林宜怡	

科技小百科

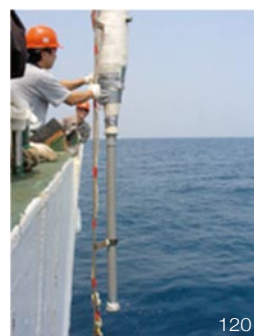
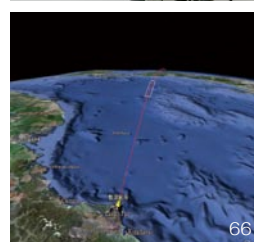
平行計算是什麼？	126
— 周朝宜	

活動報導

「2009奈米元件技術研討會」活動報導	128
— 黃心寧	
「生物啟發之感測與控制技術」台美雙邊研討會	131
— 許丁友	
2009台灣地球觀測資源整合論壇特別報導	133
— 黃意茹	

各實驗室動態

國家實驗研究院	138
國家奈米元件實驗室	138
國家實驗動物中心	139
國家地震工程研究中心	139
國家太空中心	140
國家高速網路與計算中心	140
國家晶片系統設計中心	141
儀器科技研究中心	141
科技政策研究與資訊中心	142
國家災害防救科技中心	142
台灣海洋科技研究中心	143
颱風洪水研究中心籌備處	143



財團法人國家實驗研究院第三屆董監事



董事長

李羅權

行政院國家科學委員會
主任委員

常務董事

王惠鈞

中央研究院
副院長

常務董事

翁政義

佛光大學
校長

常務董事

陳正宏

行政院國家科學委員會
副主任委員

常務董事

張進福

行政院
政務委員

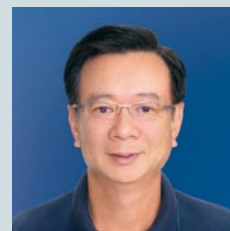
董事

余幸司

高雄醫學大學
校長

董事

吳思華

國立政治大學
校長

董事

宣明智

聯華電子
榮譽副董事長



董事

陳文村
國立清華大學
校長



董事

陳泰然
國立台灣大學
副校長



董事

彭旭明
國立台灣大學
化學系教授



董事

黃榮村
中國醫藥大學
校長



董事

黃鏐
國立中央大學數據分析
方法研究中心主任



董事

鄭崇華
台達電子
董事長



董事

戴謙
南台科技大學
校長



常務監事

張文昌
行政院國家科學委員會
副主任委員



監事

李德財
中央研究院資訊科學
研究所特聘研究員



監事

黃文姬
行政院國家科學委員會
會計室主任



監事

顏清連
國立台灣大學
水工試驗所教授



專利上架 Patent Showcase

非金屬材料切割方法

文/圖 鄭源傑 儀器科技研究中心

國研院改制財團法人後，研發成果之推廣亦益形重要，本專欄將定期報導本院最新研發成果資訊與內容，以期建構本院與國內各界技術媒合平台，落實本院研發成果之應用及商品化。

對本專欄之專刊技術有興趣者，請連絡國研院業務推廣室-蔡智華小姐 chtsai@narl.org.tw。



發明簡介

本專利為一種應用於非金屬材料的熱破裂雷射切割技術，經控制熱分布的外形輪廓用以加快材料切割速度。此技術首先於非金屬材料上沿切割路徑方向施加加熱效果，並經由二個不同的入射方向施加冷源沿切割路徑方向產生冷卻效果；藉由非金屬材料上沿切割路徑方向所施加的加熱效果與冷卻效果，可使非金屬材料沿該切割路徑產生初始裂縫進而切割材料。

發明背景

近年來手機及液晶電視產業的蓬勃發展，為因應液晶玻璃基板的需求激增及LCD液晶玻璃基板所需要的低殘留應力，熱破裂雷射切割法已逐漸取代傳統鑽石刀切割研磨與雷射熔切法，成為新世代光電產業玻璃基板加工的主流。熱破裂雷射切割法與雷射熔切法不同之處是應用熱破裂的原

理進行切割，熱破裂雷射切割法有雷射加熱均勻及熱影響區小等特性，且除了加工速度快以外，平整的切割面及較低的熱殘留應力等優勢是雷射熔切法與傳統鑽石刀切割研磨方法遠所不及。

目前市場上用於熱破裂切割的雷射光源有 $10.6\ \mu\text{m}$ 波長的 CO_2 氣態雷射與 $1.064\ \mu\text{m}$ 波長的YAG固態雷射兩種；經由穩定的雷射光源通過光學鏡頭將光束聚焦於玻璃基板上而產生熱場（雷射加工機如圖1所示），加上適當的冷卻效應使得基板邊端初始裂紋（initial crack）產生，該裂紋經由熱冷場產生足夠大的應力強度因子場（stress intensity factor field）以造成裂縫成長，最後產生切割效果。然而在現有的熱破裂切割研究中，幾乎都是以熱源與冷源位置試誤法以取得最佳雷射切割參數，故在

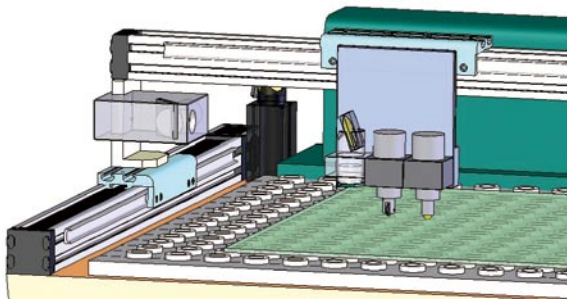


圖1 雷射加工機示意圖。

切割速度與外形變化上缺乏理論依據。

由於目前熱破裂雷射切割法有上述缺失，鑑於習知技術問題改善之所需，乃經悉心試驗與研究，提出「非金屬材料切割方法」，改善上述缺點並有效提升切割速度。

發明內容

本發明為一種應用於非金屬材料的熱破裂雷射切割方法，此法首先於非金屬材料上沿切割路徑方向施加熱效果，加熱區域於遠離破裂處範圍分布越大，加熱同時並由第一、二入射方向沿切割路徑方向施加冷卻效果，第一、二冷源入射方向與切割路徑方向夾一角度，且第一、第二冷源入射方向分量與切割路徑方向共平面之角度為60度，如圖2所示。

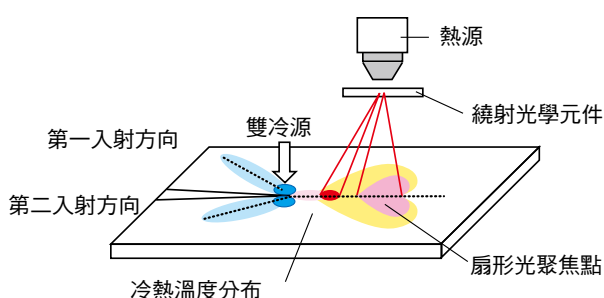


圖2 切割方法配置。

由於該非金屬材料沿切割路徑方向所施加的加熱效果與冷卻效果，可使非金屬材料沿切割路徑產生裂縫進而被切割。加熱效果是由第一雷射束產生，而第一雷射束係經由繞射光學元件整束而成。

根據上述構想，切割方法更包含於切割路徑方向上導引第二雷射束尾隨於第一雷射束，以提供不同加熱範圍分布。

另第一與第二冷卻效果分別沿第一與第二入射方向而逐漸增加：

- 第一角度小於90度且大於0度。
- 第二角度小於90度且大於0度。

其切割路徑方向位於第一冷源入射方向與第二冷源入射方向之間：

- 第一冷源入射方向分量與該切割路徑方向夾角為60度。
- 第二冷源入射方向分量與該切割路徑方向夾角為60度。

切割方法包含：

一、切割路徑方向上導引第二雷射束尾隨於第一雷射束。

二、第一冷源與第二冷源冷卻效果分別沿第一冷源與第二冷源入射方向逐漸增加。

三、第一冷源與第二冷源冷卻效果是由水、空氣與氮氣其中之一產生。

四、第一冷源與第二冷源冷卻效果由單一噴嘴冷源與多噴嘴冷源之一提供。

本發明提供一種應用於脆性材料的切割方法，

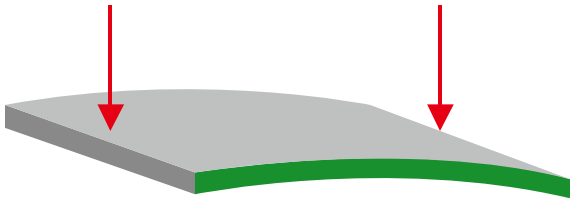


圖3 施加彎曲應力。

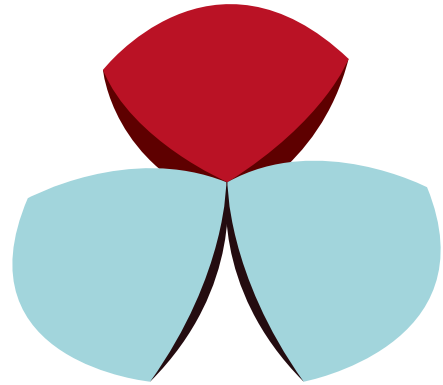


圖4 3D扇形冷熱源分布。

該切割方法首先施加彎曲應力於該脆性材料，如圖3所示，使脆性材料的切割面具有張應力，藉由張應力與切割路徑方向所施加的加熱效果及冷卻效果，可使非金屬材料沿切割路徑方向產生裂縫，進而達到提高切割效率之目的。

本發明提供另一種切割方法使用光學設計繞射光學元件，雷射光束經該繞射光學元件後產生立體3D扇形的光束整形（beam shaper）效果，

如圖4所示之冷熱源分布可產生最大熱權值，此冷熱源外形分布可得到最佳的切割效果。

專利實施方式

如圖5所示為發明較佳實施例中應用於非金屬材料的切割系統示意圖。

切割系統（32）包含：施力裝置（28）、第一雷射熱源（30）、第一冷源（19）與第二冷

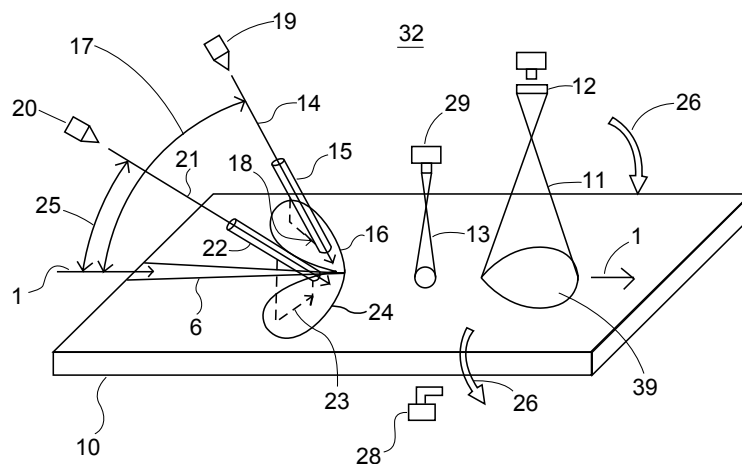


圖5 切割系統示意圖。

源(20)。其中第一雷射熱源(30)更包含了光學元件(12)。切割進行時，該切割系統中的施力裝置首先施加彎曲應力(26)於非金屬材料(10)的待切割面(27)，使待切割面具有張應力，接著第一雷射熱源於非金屬材料上透過光學元件產生第一雷射束(11)，而沿著預定的切割路徑方向(1)施加加熱效果(39)，其中加熱分布範圍於切割前方逐漸增大，而光學元件可以是光學繞射元件，使第一雷射束整型而成扇形，因此該第一雷射束可以有極高的有效熱權值，並相應使該第一雷射束的使用功率降低以節省成本。

切割系統同時包含：第二雷射熱源(29)，以沿該切割路徑方向而導引第二雷射束(13)尾隨於該第一雷射束，藉以有效地提升切割路徑上的熱權與雷射所需功率之比，進而增加切割速度。

結論

早期雷射切割皆使用熔切的方式，加工後基板上常存在相當大的殘留應力與粗糙的切痕等缺點，影響玻璃基板的光學品質，所以現今液晶玻璃基板切割時一般都採用熱破裂雷射切割方法。

本專利係使用一大一小熱源與兩斜噴冷源方式，大熱源當作預熱源，其可為點熱源或由繞射光學元件轉換成立體扇形熱源，以增加遠場的正熱權值；小熱源為破裂源，主要是產生於近場之熱權值。另外，兩斜噴冷源乃是提升切割時之負熱權區效率，以增加切割速度。

本專利提出下列權力範圍有效提升切割效率：

一、應用繞射光學元件可自由改變焦點或焦面的位置，甚至於厚材料切割時，可使雷射光束焦點整束成三維分布，以提高熱場之均勻性，除可將預熱源與破裂源合成一個熱源外，切割路徑的可控制性也隨之增高。

二、應用預熱源的存在，因為遠場熱源除可增加熱權值外，還可穩定切割路徑。

三、從3D扇形冷熱源分布可知，冷源熱權值是熱的兩倍，故冷卻源的分布遠較於熱源重要。所以使用兩斜噴冷源方式是最佳選擇。

一般在基板切割時，最常發生已切割面無法產生初始裂紋，以及無法執行彎角與異形切割等相關問題。本專利應用彎曲應力與繞射光學元件即可解決此種類型加工上的困難，使得雷射破裂切割的應用價值大大提升。



福衛二號五年任務成果

文/圖 苗君易、吳岸明、林新發、陳乃宇、林喆 國家太空中心

引言

福衛二號（FORMOSAT-2）自2004年5月21日發射以來，業已屆滿五年，為彙整任務成果及規劃延伸任務，國家太空中心特於2009年5月21日舉辦「福衛二號五週年成果發表會」。本次研討會由國家太空中心報告五年任務成果，包括衛星、任務操作、影像處理、國內外產學研合作之發展經驗與心得，以及衛星影像之應用與貢獻，並邀請國內外包括台灣、美國、法國、聯合國等專家學者發表17篇代表性論文。

本文綜整介紹福衛二號五年任務成果，另外六篇文章分別由ISUAL科學團隊、台灣大學、台灣師範大學、中央大學、成功大學四個影像分送中心、成功大學地球科學系研究團隊介紹各專門領域之應用。

福衛二號計畫概要

福衛二號總重760公斤，外形呈六邊形，直徑1.6公尺，高2.4公尺。衛星攜帶遙測照相儀（Remote Sensing Instrument，RSI）和高空大氣向上閃電儀（Imager of Sprite and Upper Atmospheric Lightning，ISUAL）。福衛二號影像解析度黑白2公尺、彩色8公尺，每天上午10點左右通過台灣，在災害調查、環境監測、及作物普查方面特別有用。

任務定義與系統規劃始於1997年，衛星系統於1999年發包，與法國馬特拉公司簽約（Contract Award）。2004年5月21日衛星於美國加州范登堡發射場成功發射（Launch），2004年6月2日完成衛星早期軌道操作進入任務軌道（Mission Orbit）。2004年6月4日遙測照相儀拍攝到第一張遙測影像

(First Image)，2004年7月4日高空大氣向上閃電儀首次觀測到高空大氣發光現象 (First Sprite)。

福衛二號得到很多重要的設計技術資料和經驗，例如完整的飛行軟體和軟體說明等等，這些都在今日發展自主衛星上，有珍貴參考價值。衛星系統設計分析能力方面，工程團隊全程參與衛星廠商發展工作。國內廠商參與衛星電腦、天線、飛行軟體之設計發展製造工作。

福衛二號因其軌道高及視角大，所以能充分發揮每日再訪 (Daily Revisit) 特性，展現舉世無雙的廣域、緊急、動態、極限四種獨特取像能力。極限取像使得福衛二號拍攝到位於南緯90度南極科學觀測站的第一張高解度衛星影像，同時也證明福衛二號是當今世上唯一可以每日對全球任何地區取像的遙測衛星^[1]。

透過軟體自動化、程序標準化、人員訓練制度化，同一操作團隊由1999年操控單一衛星，到2004年同時操控兩顆，2006年起更擴充到同時操控七顆衛星。軌道轉換在11天內完成由728公里高之暫駐軌道轉換至888公里高之任務軌道。軌道維護在5年內僅三次軌道調整，誤差由9.5%降至0.5%。福衛二號軌道控制能力之提升，奠定了福衛三號星系部署之基礎。

影像處理系統 (Image Processing System, IPS) 自主發展是基於認知此為連接衛星至使用者之關鍵技術。IPS是團隊自己設計的，隨時可針對特別情況修改，加上對衛星能力及使用者需求都非常清楚，以致衛星操作團

隊可以精確無誤快速反應。營運目標原訂以國內應用為主要導向，後來國際營運反而大放異彩。另外，太空中心與International Charter、UNOSAT、SPOT Image合作，提供緊急與災區影像，協助國際人道救援。

高空大氣閃電影像儀 (ISUAL) 為世界首次以衛星觀測高空大氣閃電 (紅色精靈) 的實驗計畫，可觀測到全球的向上閃電現象，所觀測的資料經分析與研究，應用於大氣與電離層/磁層耦合等物理機制探討。

福衛二號代表性成果

2004年福衛二號發射後，五年來福衛二號對於平均每月發生一次之國際大型災害事件，幾乎每次都以第一時間拍攝到影像。以下列出代表性成果，也反映福衛二號五年來所拍攝的影像在國內外造成衝擊的幾個事件。

福衛二號的科學酬載ISUAL觀測高空短暫發光現象 (Transient Luminous Events, TLEs) 至今已達一萬多次。成功大學及中央大學組成的科學團隊，歷年來已在期刊及研討會發表一百多篇論文，觀測資料並提供超過40位國內外研究人員使用。

福衛二號攜帶「遙測照相儀」(RSI)，至今照相面積已經超過14,000個台灣，約全球陸地總面積3.4倍，如圖1所示。

國際極區年 (International Polar Year, IPY) 於2007~2008年展開，福衛二號亦從2006年春天到2009年春天為時三年對極區取

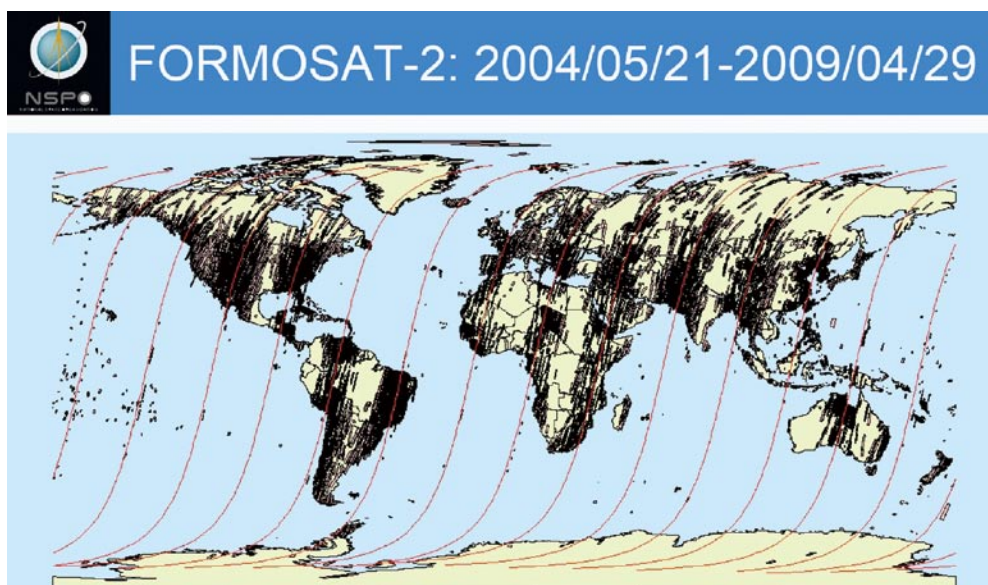


圖1 福衛二號全球取像圖。

像。北極地區有141個取像點位，包括美國阿拉斯加、加拿大北部、丹麥格陵蘭、俄國北部等。南極地區有42個取像點位，包括南極科學站、冰架、冰川、冰川出海口等。影像主要支援國際合作計畫，南北極地區取像圖如圖2所示^[2]。

ISUAL觀測成果

自從2004年7月開始觀測至2008年12月，將近五年的時間內，ISUAL紀錄了9,517個紅色精靈、926個洶氣精靈、927個精靈暈盤與33個巨

大噴流等各類TLEs，見圖3。ISUAL的研究成果，是全世界第一次獲得各種TLEs之全球分布圖（圖3）^[3]。利用此一分布圖，可以估算出各種TLEs的全球發生率。目前的研究結果顯示，全球每分鐘約有70個TLEs發生，也就是全球每天大約有10萬個TLEs，約為全球每天閃電數量的1/80。

2004敏督利颱風

敏督利颱風於2004年7月2日登陸台灣，是福

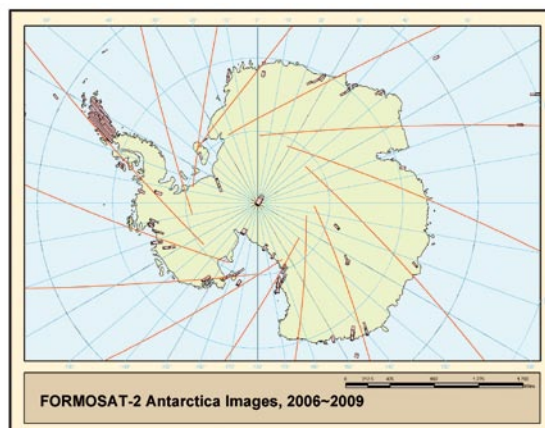
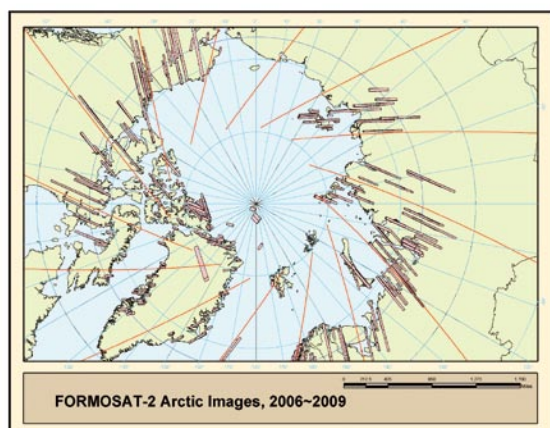


圖2 福衛二號極區取像圖。左：北極地區取像圖。右：南極地區取像圖。

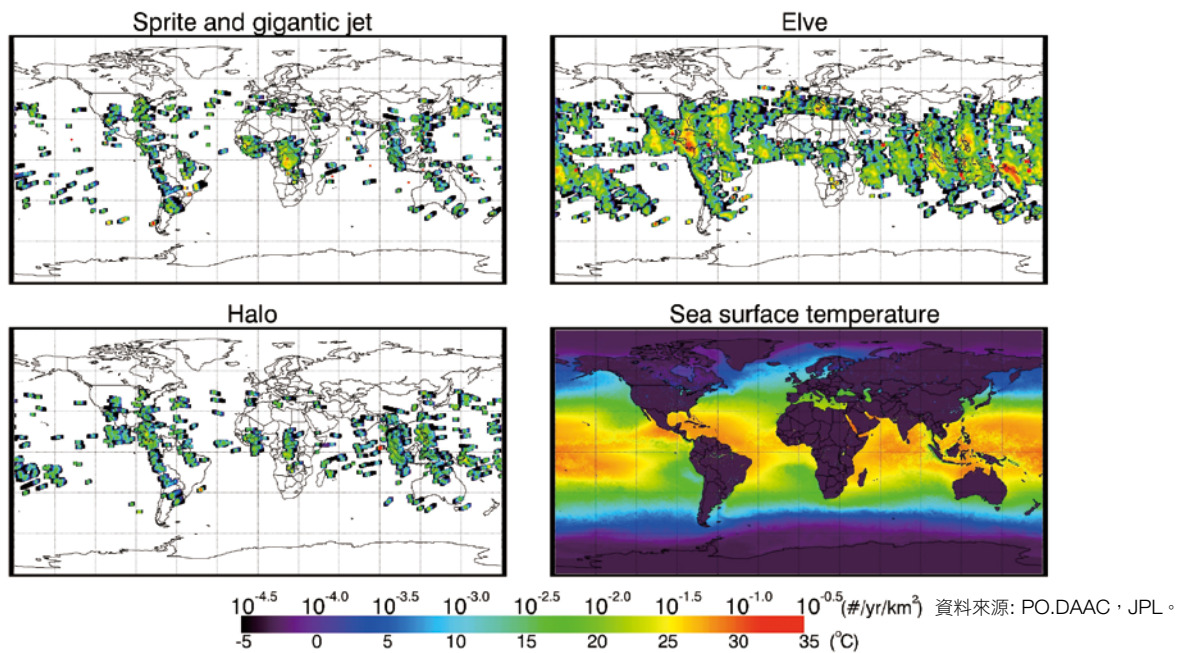
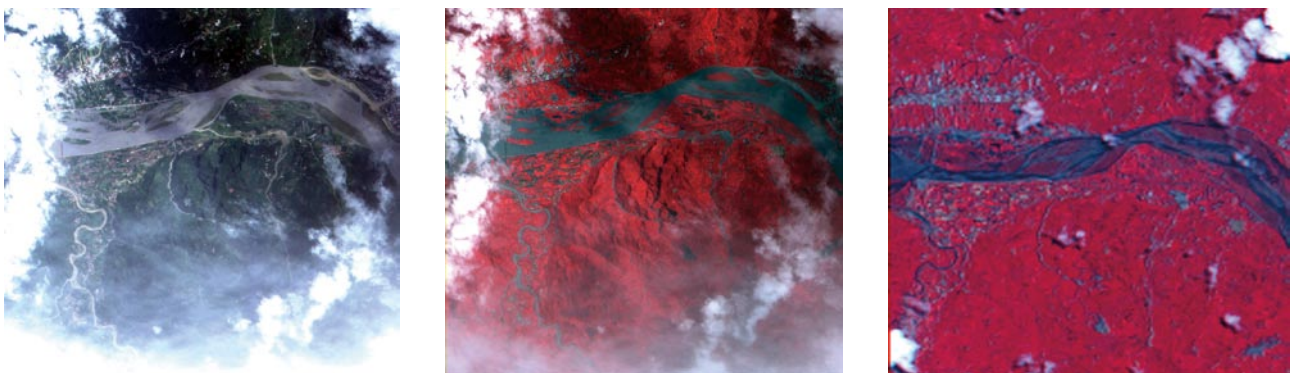


圖3 各種TLE的全球發生率。右下圖為2004年7月至2005年12月的平均海面溫度。

衛二號發射後第一次國內災害事件。颱風連續幾天帶來豪雨，造成台灣中南部地區重大災害。太空中心隨即更改原定取像排程，從7月3日起每天針對台灣中南部地區取像。由於雲層尚未消退，一直無法清楚地攝取地面影像。7月5日雖有雲層，但衛星仍可透過雲隙對部分地區取像，圖4所示為水里2004.7.5的影像。

2004南亞海嘯

南亞海嘯發生於2004年12月26日，導因於9級強震，造成重大傷亡，但衛星於12月25日發生第四次異常（Automatic Reconfiguration Order, ARO）。操作團隊快速採取行動，衛星於12月27日恢復正常，並於12月28日開始對印尼、泰國等災區取像。圖5為印尼班達亞齊



華衛二號影像，地點：水里。左：災後影像（自然色）；中：災後影像（近紅外）日期-7月5日；右：災前影像（近紅外）日期-6月26日（SPOT影像）。七二水災前後影像比較。

圖4 敏督利颱風（2004.7.2）影像（2004.7.5）。

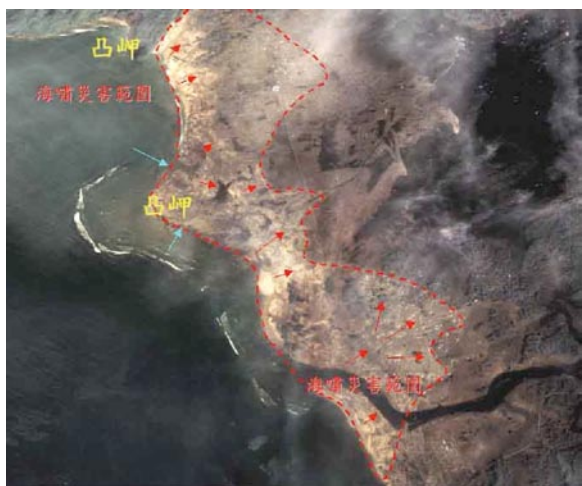


圖5 南亞海嘯（2004.12.26）福衛二號影像（2004.12.28）。

（Banda Aceh）2004年12月28日的影像，此為海嘯最嚴重災區全世界第一張衛星影像。

福衛二號於災後一個月內之取像範圍包括泰國西岸、印尼蘇門答臘、印度東岸、斯里蘭卡、安達曼尼科巴群島等地，透過外交管道及研究單位免費下載影像，及時提供災後搜救參考。

2005卡翠娜颶風

卡翠娜颶風（Hurricane Katrina）發生於2005年8月29日，圖6所示的福衛二號影像已不是災後第一時間影像，但卻是2005年9月2日、3日、4日三天連續影像。影像中可看出暗色部

分為紐奧良淹水區域，煙霧顯示火災。第一天發生一個火災，第二天有兩個火災，第三天火燄熄滅，淹水也稍退。

2006吉尼號漏油

馬爾他籍吉尼號貨輪2006年12月24日清晨在蘇澳港南端，船艙破裂漏油上百噸。太空中心當日在新聞報導後，隨即展開緊急取像排程，於事件發生後第一時間12月25日上午，福衛二號順利照得台灣東岸影像，見圖7。

吉尼號漏油事件發生後，包括環保單位、地方政府、軍方、學界、民間團體等各界分別由陸地、海面、海底、空中全面監測，福衛二號也從太空加入調查行列，創下台灣第一次海域污染求償成功的範例。

2007美國南加州大火

美國南加州大火發生於2007年10月21日，太空中心與台灣師範大學、美國聖地牙哥州立大學合作立即排程取像。福衛二號2007.10.24影像由於拍到火苗，廣為媒體引用，如圖8所示。這張影像不只對救災幫助很大，也一直是解說火勢蔓延的經典教材。



圖6 卡翠娜颶風（2005.8.29）福衛二號影像（2005.9.2/3/4）。



圖7 吉尼號漏油（2006.12.24）福衛二號影像（2006.12.25）。



圖8 美國南加州大火（2007.10.21）福衛二號影像（2007.10.24）。



圖9 威爾金斯冰架崩解（2008.2.28）福衛二號影像（2008.3.8）。

2008威爾金斯冰架崩解

太空中心與成功大學、美國國家冰雪中心合作，利用福衛二號在2008年3月8日拍攝威爾金斯冰架（Wilkins Ice Shelf）崩解，那時剛好是崩解發生之後。南極威爾金斯冰架崩解有來自各

種衛星的影像，但只有福二影像可清晰地看到冰架崩場的碎片，如圖9所示。南極威爾金斯冰架崩解為地球暖化的直接證據，因為崩解機制是溫度升高使裂縫溶解而加速斷裂^[4]。

2008四川強震

四川於2008年5月12日發生規模7.8級之強震，造成重大傷亡。福衛二號具有獨特的每日再訪取像能力，且此次主要災區正好在福衛二號第二軌道涵蓋範圍內，太空中心於5月12日當晚發動福衛二號緊急排程。5月13日雲層遮蔽無法獲得影像，5月14日透過雲隙而成功攝取傷亡慘重的北川縣衛星影像，如圖10所示。

福衛二號5月14日之北川縣衛星影像為此次地震後之第一張衛星影像。由於福衛二號曾拍過同地點兩年前之歷史影像，經比對後即可評估災情，因此廣為研究機構與媒體引用。災後一個月之取像範圍主要在監測汶川、北川、都江堰、彭州、青川、徽縣等地之堰塞湖、土石流、水庫等潛在災害^[5]。由於四川強震災區影像多為福衛二號影像，中國科學院遙感所特地寄來感謝狀。



圖10 四川強震（2008.5.12）福衛二號影像（2008.5.14）。

專題報導

專題報導有一篇是福衛二號科學酬載「高空向上閃電儀」(ISUAL)之科學成果。ISUAL是福爾摩沙衛星二號上唯一的科學酬載，也是世界上第一個長期從太空觀測高空短暫發光現象的衛星任務。經過十年的努力，ISUAL在科學上已獲得很多重要的研究成果。ISUAL原為觀測紅色精靈(Sprite)，然而觀測結果卻是淘氣精靈(Elve)發生頻率最高。

專題報導另有五篇有關福衛二號影像之國計民生應用。台大團隊之3S (GIS/RS/GPS)建立為空間資訊整合之大工程，藉此可以掌握地表環境的種種變化以作為決策與管理之依據。台灣海岸線長達1300多公里，具備豐富自然景觀及物資，但是鮮少有人真正了解台灣海洋環境；師大團隊之紅樹林生態監測跨越三四十年之遙測分析，並利用近幾年之密集影像做綜合研判。中大團隊之國土監測，特別對偏遠地區、海岸線，運用高科技數位方式改善傳統土地利用違規查報取締方法，以遏阻不法之國土破壞行為。成大團隊五年來利用福衛二號所提供的影像資料，對於各類自然災害的分布狀況、變化趨勢、發生基準的研究，在防救災方面不論是直接或衍生的應用都有十分優異的表現。成大劉正千教授團隊針對福衛二號特性自力研發「福衛二號影像自動處理系統」(F-2 AIPS)，每次國際重大災害事件發生的第一時間裡，就能夠提供關鍵之福衛二號影像；研究成果不僅屢獲國內外媒體報導，也在許多重要的國際期刊上發表，更獲聯合國「地球觀測組織(GEO)之全球系統觀察系統(GEOSS)災害管理工作小組邀請合作。

未來展望

國家太空中心在此要誠摯感謝多年來所有參與福衛二號計畫人員的付出與努力，以及產官學研及社會各界的大力支持。目前衛星健康狀態良好，預期在未來之延伸任務期間將再創佳績。福衛五號計畫在建立衛星本體與遙測酬載之自主技術能力，接續福衛二號任務。提供更高解析度之彩色影像，以及隨轉隨照之設計提供更機動之取像能力。

參考資料

1. An-Ming Wu, Yung Liu, Lance Wu, Frank Wu, Ching-Jyh Shieh, "FORMOSAT-2 Images for Daily Monitoring", IAC-05-B.1.4.02, 56th International Astronautical Congress, 17-21 Oct 2005, Fukuoka, Japan, 2005.
2. Cheng-Chien Liu, Yueh-Cheng Chang, Stefani Huang, Sheng-Yun Yen, Frank Wu, An-Ming Wu, Soushi Kato and Yasushi Yamaguchi, "Monitoring the dynamics of ice shelf margins in Polar Regions with high-spatial- and high-temporal-resolution spaceborne optical imagery", Cold Regions Science and Technology 55 (1), 14-22, 2009.
3. Chen A.B., et. al. (2008), "Global distributions and occurrence rates of transient luminous events", J. Geophys. Res., 113, A08306, doi:10.1029/2008JA013101.
4. Scambos, T., Fricker, H. A., Liu, C.-C., Bohlander, J., Fastook, J., Sargent, A., Massom, R., and Wu, A.-M., "Ice Shelf Disintegration by Plate Bending and Hydro-fracture: Satellite Observations and Model Results of the 2008 Wilkins Ice Shelf Break-ups", Earth and Planetary Science Letters, Vol. 280, pp. 51-60, 2009.
5. Liou, Y.-A., S.K. Kar, and L.-Y. Chang, 2009: Use of high-resolution Formosat-2 satellite images for post-earthquake disaster assessment: A study following 12 May 2008 Wenchuan earthquake. Int. J. Remote Sensing, accepted on 14 May 2009.

福爾摩沙衛星二號科學酬載 「高空大氣閃電影像儀」的科學成果

文/圖 許瑞榮¹、蘇漢宗¹、陳炳志¹、陳志隆² ¹國立成功大學、²國立交通大學

摘要

「高空大氣閃電影像儀 (ISUAL)」是福爾摩沙衛星二號上唯一的科學酬載，也是世界上第一個長期從太空觀測高空短暫發光現象 (TLEs; Transient Luminous Events) 的衛星任務。經過十年的努力，ISUAL計畫在科學上已獲得 (1) 建置了多樣性的地面觀測系統，(2) 發現向上發展直達電離層的巨大噴流，(3) 獲得世界上第一張TLEs的全球分布圖，(4) 意外的發現洩氣精靈 (elve) 是TLEs的大宗，(5) 提出巨大噴流的可能物理機制，等重要的研究成果。ISUAL的儀器預估尚有四年的壽命，ISUAL團隊仍會秉持團結合作的精神，努力不懈，繼續培育太空科技人才，增加科學產出。

關鍵字：福爾摩沙衛星二號 (FORMOSAT-2)，高空大氣閃電影像儀 (ISUAL)，高空短暫發光現象 (TLEs)。

簡介

高空短暫發光現象 (TLEs; Transient Luminous Events) 是在1989年紅色精靈被發現之後，成為地球物理科學一個重要的新研究領域。台灣在1998年以福衛二號科學酬載「高空大氣閃電影像儀 (ISUAL)」投入此一

領域。ISUAL計畫是由當時任職國家太空計畫室 (現為國家太空中心) 首席科學家、成功大學理學院院長、現今擔任國科會主委的李羅權教授，鼓勵以陳志隆教授為首的成功大學物理系團隊參與福衛二號科學酬載的甄選。經過嚴謹的評審之後，「高空大氣閃電影像儀」計畫最終獲選成為福衛二號的科學酬載，並在1999年進入任務執行期。

「高空大氣閃電影像儀」是世界上第一個可以長期從太空中，觀測各種高空短暫發光現象的衛星科學酬載^[1]。如圖1所示，ISUAL有三個主要儀器：(1)「影像儀」，(2)六通道「光譜光度儀」，(3)雙波段「陣列光度儀」。這些儀器的主要科學目的是用來探測如紅色精靈 (sprite)、洩氣精靈 (elve)、精靈暈盤 (halo)、藍色噴流 (blue jet) 與巨大噴流 (gigantic jet) 等高空短暫發光現象的全球分布情形；並提供高時間解析度的光譜光度以及具有空間解析度的雙波段光度資料，用以探討各種高空短暫發光現象的物理與化學特性。另外，具有六個不同波段濾鏡轉輪的影像儀，還可以用來從事大氣暉光與極光的研究。

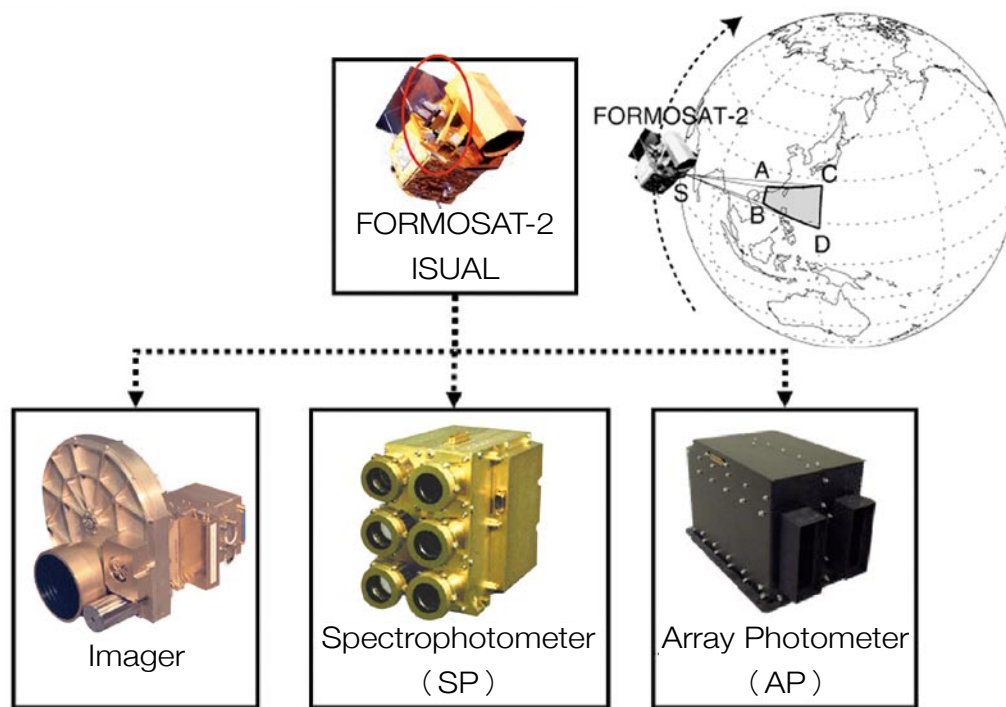


圖1 福衛二號科學酬載「高空大氣閃電影像儀（ISUAL）」的三個主要儀器與觀測區域示意圖。

福衛二號科學酬載ISUAL是一個國際合作計畫。主要的合作夥伴有：（1）美國團隊：由加州大學柏克萊分校的太空科學實驗室S. Mende與H. Frey所領導，主要是協助建造「影像儀」（Imager）與「光度儀」（Spectrophotometer）以及「附屬之控制電子儀器」（Associated Electronic Package）。（2）日本團隊：由東北大學地球物理研究所H. Fukunishi與 Y. Takahashi所領導，提供「陣列光度儀」（Array Photometer）共襄盛舉。（3）成大團隊，主要是參與「資料壓縮模組」（Data Compression Module）的設計及製作，承接「工程測試模組」，負責儀器的操作與維護，建立科學資料分送中心，制定觀測策略，

並從事科學研究。2002年7月，陳志隆教授因個人的因素，在完成主要的酬載儀器發展與整測後，轉任交大光電所教職；之後，成大團隊改由許瑞榮與蘇漢宗兩位教授負責。而陳志隆教授在交大所領導的團隊，仍繼續提供酬載儀器發展與整測的協助與諮詢。（4）中大團隊：分別由物理系倪簡白教授與太空所劉正彥教授率領團隊，從事大氣暉光的研究。

除了固定的TLEs與大氣暉光觀測之外，ISUAL也接受國內、外各研究團隊提出觀測計畫，例如，成功大學電漿與太空科學中心陳秋榮教授的團隊，中央大學太空所許志宏教授的團隊，日本京都大學Yamamoto教授，美國賓州

州立大學Lehigh Valley分校的黃泰瑩教授。截至目前為止，國內外團隊共提出24件觀測計畫，核定並執行的觀測計畫有22件。

自1999年開始執行的福衛二號科學酬載ISUAL，至今已進入第十年。而福衛二號自從2004年5月20日升空，ISUAL經過二個月的測試與調整後正式開始觀測。目前也已收集了將近五年的觀測資料，並且獲得相當出色的研究成果。而在福衛二號尚未升空之前，團隊除了參與酬載儀器發展與整測之外，也從事紅色精靈的地面觀測以累積相關的研究經驗，並獲得優良的成果。

從執行計畫開始，至今已發表期刊論文28篇，其中由國內主導的有14篇，國際合作發表

的論文有14篇。論文中有1篇發表在Nature，另有13篇是發表在high impact的期刊，例如J. Geophys. Res. 以及Geophys. Res. Lett.。團隊成員也積極參與國際會議，發表了87篇會議論文，其中有19篇為會議邀請論文。以下將扼要地說明在ISUAL計畫下由國內團隊所完成的主要科學成果。

TLE地面觀測儀器的建置

在地面觀測方面，ISUAL團隊發展出一套輕巧又便宜的地面觀測系統（圖2-a），目前已廣為國際相關的研究團體所採用。為了探討颱風上空的TLEs，成大團隊也開發出適合飛機上使用的觀測模組（圖2-b）。另外，也建立了極低頻（ELF）閃電電波偵測系統（圖2-c），以及TLEs自動觀測系統。



圖2 (a) ISUAL團隊所建立的TLEs多波段觀測系統，與高速攝影系統。(b) 架在飛機窗口的觀測模組。(c) ELF天線。

發現巨大噴流

除了儀器的整備之外，在TLEs的觀測上，也有不錯的成果。至2009年4月為止，已從台灣觀測到各種TLEs共914次，並證實台灣的地理位置特殊，可觀測中尺度對流系統、鋒面、西南氣流、颱風等激烈天氣，有利於TLEs的研究。

尤其是在2002年7月22日的地面觀測中，成大團隊在一個熱帶低壓附近的對流系統上空，發現了從雲頂向上放電直達電離層的TLEs，並命名為「巨大噴流」（gigantic jet）（如圖三），該結果發表於著名期刊「Nature」^[2]，並在2003年6月25日被美國洛杉磯時報評論為：「It's sort of like biologists announcing we've discovered a new human body part, ...」。另外，在2007年也首次從地面觀測到同一個雷雨系統上空，發生藍色噴流與巨大噴流。

首次獲得各種TLEs之全球分布

自從2004年7月開始觀測至2008年12月，四年半的時間內，ISUAL紀錄了9,517個紅色精靈，926個洶氣精靈、927個精靈暈盤與33個巨大噴流等各類TLEs，見圖4。ISUAL的研究成果，是全世界第一次獲得各種TLEs之全球分布圖（圖5）^[3]。利用此一分布圖，可以估算出各種TLEs的全球發生率。目前的研究結果顯示，全球每分鐘約有70個TLEs發生，也就是全球每天大約有10萬個TLEs，約為全球每天閃電數量的1/80。

利用ISUAL的光譜光度資料，也可以估算出每一個紅色精靈、精靈暈盤和洶氣精靈發生時，釋

放出的平均能量為22, 14 和 19 MJ。如再考慮全球發生率，則可推估出紅色精靈、精靈暈盤和洶氣精靈每分鐘分別傳送22, 14及1300 MJ的能量到上大氣層^[4]。這些能量的注入，對高空大氣的化學組成（如NO_x）將會有相當的影響。

意外發現洶氣精靈是TLE的大宗

ISUAL的觀測結果，顯示各種TLEs中，以洶氣精靈數量最多，約佔80%；推翻了以前從地面觀測所累積的成見-認為紅色精靈是最常發生的TLEs。每一個洶氣精靈會使該區域的電離層自由電子濃度增加約100%。結合全球發生率的結果，估計將使得全球電離層的平均電子濃度增加約2%；而對於洶氣精靈發生率較密集的加勒比海區域上空的電離層，則可達約10%的增加率，足以影響該地區的部份電磁波通訊。英國線上雜誌「New Scientist」曾於2008年8月21日報導此一研究成果。

另外，ISUAL的資料也顯示，洶氣精靈發生率也與海水表面溫度具有高度的關連性；尤其當海水溫度高於26°C時，其關連性呈指數增加。此一結果，激發ISUAL團隊進入另一個全新的領域-「海洋、大氣以及電離層耦合效應之研究」。

提出巨大噴流的可能物理機制

ISUAL提供了世界上第一組巨大噴流的高時間解析度的光譜光度資料。分析ISAUL資料中的五個巨大噴流事件，可以估計出在fully developed jet的階段高空中的折合電場分布為400–655 Td，平均電子能量為8.5–12.3 eV，

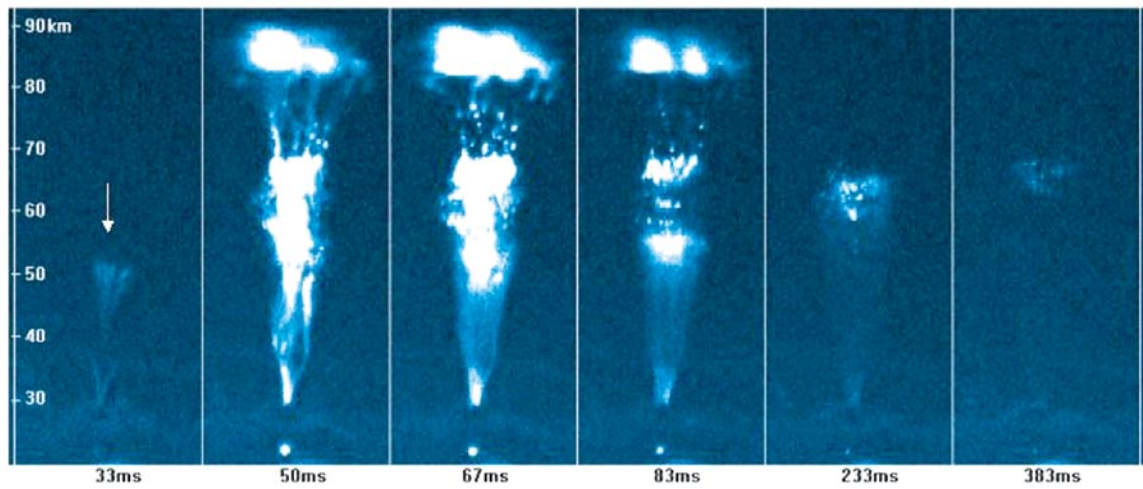


圖3 巨大噴流是雲頂向上放電直達電離層的一種高空短暫發光現象。依照發光的特徵，可分為leading jet、fully developed jet、trailing jet等三個階段。

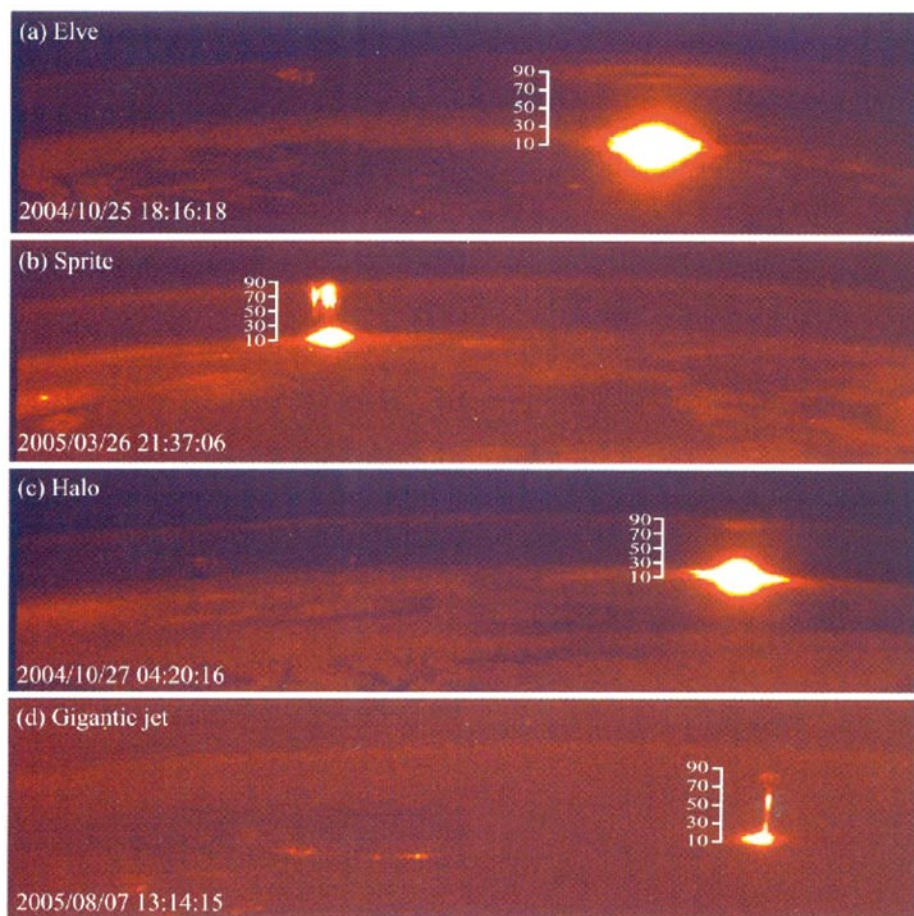


圖4 ISUAL從太空中，所拍攝的各種TLE影像範例。(a)發生在90km高空的淘氣精靈，(b)發生在30-90km之間的紅色精靈，(c)發生在80km高空的精靈暈盤，(d)從雲頂噴出後直達電離層的巨大噴流。

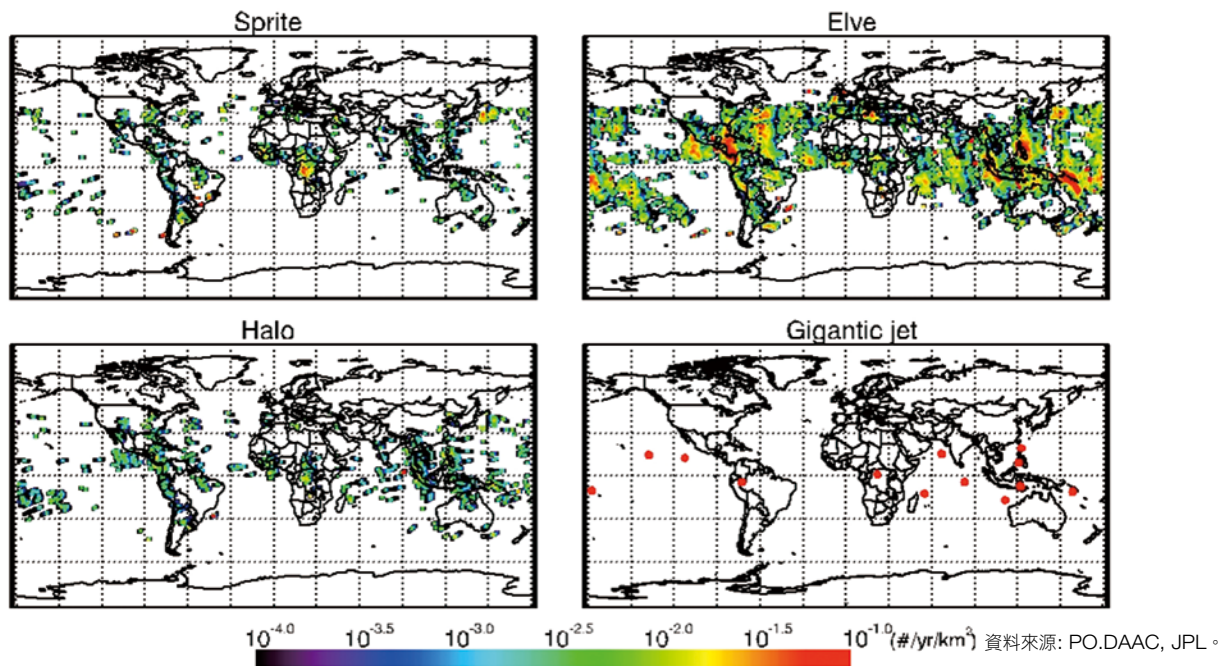


圖5 各種TLE的全球發生率。右下圖為2004年7月至2005年12月的平均海面溫度。[Chen, JGR, 2008]。

雖然比紅色精靈略高，但仍與 streamer model 相符。從影像、光譜光度訊號、陣列光度訊號與美國Duke大學的ELF/VLF的訊號，團隊完整地建構出巨大噴流可能的物理過程^[5]，參考圖6。

回顧與展望

回顧ISUAL計畫，從1999年開始至今，已經進入第十年。ISUAL團隊在太空科學酬載發展與高空短暫發光現象研究的經驗，從無到有，一步一腳印的走下來。雖然備感艱辛，然而在團隊同仁的同心協力之下，漸漸地建立了TLEs地面觀測系統，科學分析團隊，ISUAL操作標準程序與科學數據處理與分送中心。研究成果也在團隊成員的努力與國內、外研究團體的合作之下，日益豐碩^[6]。

根據影像儀CCD與光譜光度儀的感光度衰減的情形，如果衛星健康狀態一切正常的話，ISUAL將可繼續運轉到2013年，也就是說，未來可能還有4年的觀測期。以下是一些目前正在做的，或未來將要做的研究主題：

- (1) 建立更完整的閃電偵測系統，以獲得有關閃電或TLEs的物理特性。
- (2) 繼續探討巨大噴流與藍色噴流的物理機制。
- (3) 繼續與台大追風計畫合作，探索颱風上空的TLEs。
- (4) 探討TLEs與聖嬰現象、赤道電離層密度異常區、大氣環流、太陽黑子數量周期等自然現象之間的相關性。
- (5) 繼續積極推動大氣輝光與極光的觀測。

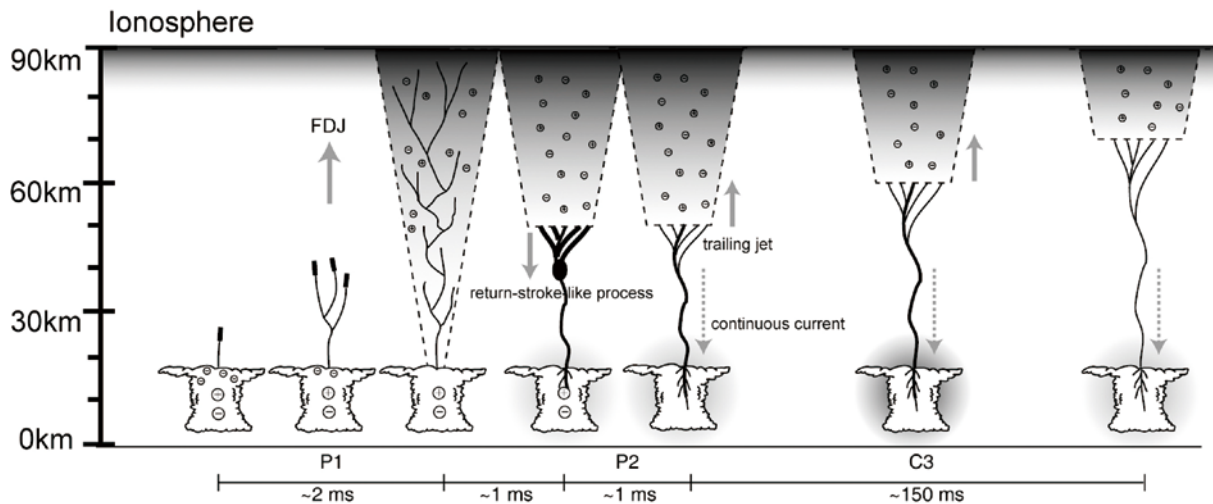


圖6 巨大噴流基本上是一個從雲頂向上放電的現象。FDJ有如閃電的前導放電過程，而在FDJ之後，高空大氣的解離使得電離層下降至約50km的高空，因此類似閃電的回擊過程是從50km的高空開始。後續噴流與雲內閃展現出類似閃電後期的連續電流的特徵。[Kuo, JGR, 2009]。

由於台灣的地理位置特殊，有利於TLEs的觀測；而且團隊擁有目前世界唯一的長時間從太空觀測TLEs的利器-「高空大氣閃電影像儀」。未來，團隊仍將兢兢業業地執行計畫，繼續增加ISUAL的科學產出與培養太空科技人才，以期無愧於國家太空中心與國人所託。

誌謝

感謝國科會與國家太空中心在研究經費與衛星操作上的幫助；感謝成大物理系提供環境與空間讓團隊得以發展，中央大學天文所與大氣物理系在TLEs地面觀測的協助，感謝李羅權院士多年來的督導，以及歷年來所有團隊成員的努力。

參考資料

1. Chern J. L., et. al. (2003), "Global Survey of Upper Atmospheric Transient Luminous Events on the ROCSAT-2 satellite," J. Atmos. Solar-Terr. Phys. 65, 647-659.
2. Su, H.T., et. al. (2003) "Gigantic jets between a thundercloud and the ionosphere," Nature 423, 974-976.
3. Chen A.B., et. al. (2008), "Global distributions and occurrence rates of transient luminous events", J. Geophys. Res., 113, A08306, doi:10.1029/2008JA013101.
4. Kuo C. L., et. al. (2008), "Radiative emission and energy precipitation in transient luminous events," J. Phys. D: Appl. Phys., 41, 234014.
5. Kuo, C.-L., et. al. (2009), Discharge processes, electric field, and electron energy in ISUAL-recorded gigantic jets, J. Geophys. Res., 114, A04314, doi:10.1029/2008JA013791.
6. 許瑞榮，蘇漢宗，陳炳志，郭政靈，陳志隆，(2009) "高空短暫發光現象的全球分佈與對地球環境的影響"，自然科學簡訊，第二十一卷，第一期。



3S (GIS, RS, GPS) 技術結合空間資料 探勘監測環境變化-以廢棄物棄置場區為例

文/圖 樊先達、朱子豪 國立台灣大學

摘要

3S技術涵蓋GIS, RS與GPS為處理空間資訊的重要工具，藉由3S可以掌握地表環境的種種變化，作為決策與管理的依據。由於空間資料的獲取多需要較長久的作業時間，如地形圖或土地利用調查需要一兩年，而運用GPS的現地調查方式也需要人員到現場執行紀錄動作，遙測影像可在一兩天內提供大範圍整區域的資訊，因此最適合做大區域監控的工具。

導入遙測技術監測體系，係全新的廢棄物棄置場區管理思維，藉由分析過去非法傾倒廢棄物之案例，搭配衛星影像判釋成果，期能掌握非法棄置之地點。本研究依據歷年之廢棄物傾倒案例，歸納與廢棄物傾倒相關之因子，以分類與回歸樹演算法產生廢棄物傾倒之空間規則，劃定潛在事件發生的區域，作為稽查管理的重點區域。針對傾倒於不同地表上的廢棄物，運用影像上光譜的變化，進行影像分類以及植生指數變化進行多時期影像的變遷分析。最後整合空間分析及遙測判釋之結果，產生更為聚焦的目標區域，以減少地面稽查人員偵查的範圍與負擔。

前言

臺灣地區因地狹人稠，過去數十年來，隨著人口的成長，社會型態的改變，民眾生活垃圾大量增加；興盛的工業發展，造成事業廢棄物遽增，隨之衍生出來的污染問題，已造成環境負荷並影響到環境品質。臺灣大學空間資訊研究中心（2007）進一步導入各種遙測技術，衛星影像資料所涵蓋面積廣泛之特性，遙測載具包括衛星、固定翼飛機、直昇機、飛船及無人飛行載具。臺灣地區已有超過30年的使用遙測資料的經驗，而於2004年5月成功發射的福爾摩沙衛星二號即為一高解析度的地面資源衛星，每日提供全國衛星影像，成為環境監測之新利器。

2007年以台灣北部縣市為研究區域，包含基隆、台北縣市、桃園縣、新竹縣市等六縣市，歸納歷史廢棄傾倒的空間分佈特徵及規則，推估出棄置的地理關係因素，劃定潛在發生傾倒事件的區域；同時依廢棄物的傾倒特性，以單時期及多時期的衛星影像進行分析，將空間分析及遙測判釋成果結合，產生較小範圍的聚焦區域，提供地面稽查人員現場查報。所運用的技術架構如圖1。以下針對各項技術做簡單說明，最後討論其中的部份成果及未來工作項目。

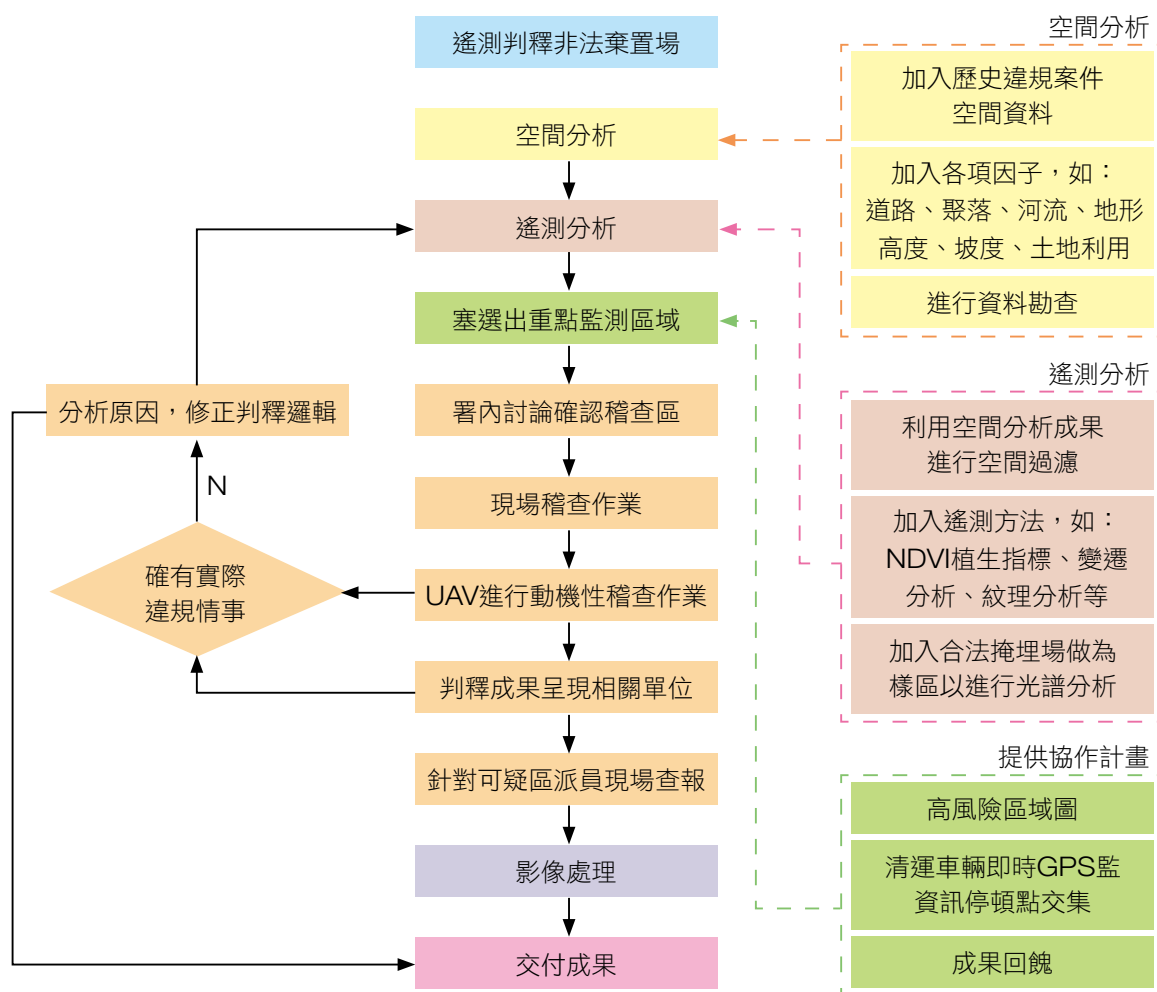


圖1 遙測潛在非法棄置點技術作業流程圖。

空間資料探勘 (spatial data mining)

資料探勘領域相關之技術很多，包括資料庫、統計、人工智慧 (artificial intelligence)、及視覺化。常用的統計技術及資料探勘工具是合於空間分析需求的；人工智慧的資料探勘方法主要為類神經網路 (neural network) 及決策樹 (decision tree)。

由於環境因子與廢棄物棄置之間的對應關係通常是非線性的，如欲將空間資料探勘出來的資訊建立關連性，確認每一個環境變因所引發之影響，建立因果之規則，利用決策樹的方法應該是比較適

宜的。本研究進行資料探勘時採用之決策樹分類演算法是CART (Classification And Regression Trees)，CART是一種機械學習的方法，可以用來決定目標變數與預測變數之間的線性或非線性關係。利用CART 4.0的軟體，將上述的訓練資料輸入可產生「棄置」及「非棄置」的規則。

資料蒐集

計畫收集的空間資料，包括：(1) 國土利用調查資料、(2) 非法廢棄物棄置場址及非棄置場址資料、(3) 河川圖及道路圖、(4) 建物聚落資料、(5) 數值高度模型 (digital

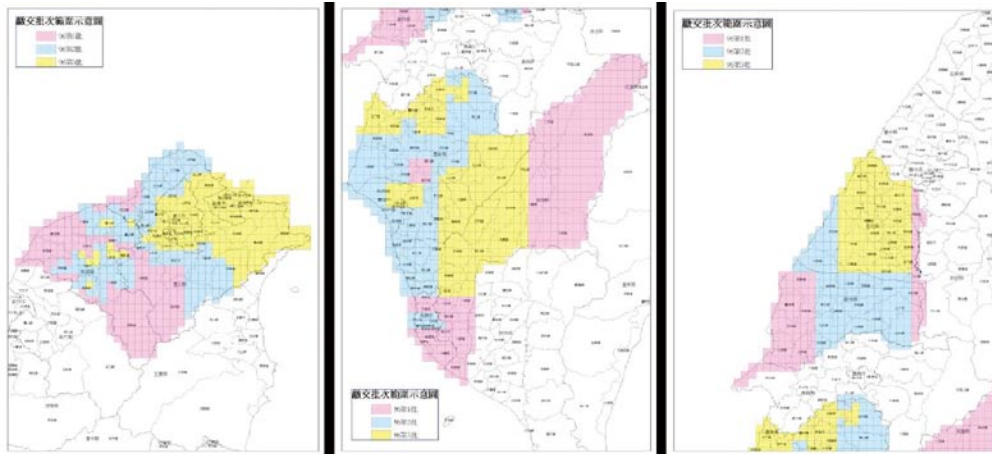


圖2 國土利用調查範圍圖。

elevation model，DEM）等。以下對各項資料及其處理方式進行說明。

國土利用調查資料

由內政部國土測繪中心所生產的國土利用調查資料做為空間關係資料及空間過濾資料如圖2，森林、交通、水、建築、公共、遊憩、礦鹽以及其他使用土地，藉由此資料可獲取耕作用地，文教住宅區、合法土石場地點等輔助資訊。

非法廢棄物棄置場址及非棄置場址資料

由環保署歷年以來全國查報資料共183處列管非法棄置場址，做為資料探勘的分析因子。另外加入非棄置區訓練樣本共212筆（人工選擇不可能發生棄置的地形），以期分析架構更臻完善（如圖3所示）；再針對目標區內各轄區環保單位新蒐集到近期新增的棄置點位及棄置物特性，一併進入空間分析。

(a)



(b)



圖3 棄置及非棄置場址分佈圖。(a) 現有非法棄置場址分佈圖。(b) 人工點選之非棄置場址分佈圖。

河川圖及道路圖

以交通部運輸研究所於2002年生長的河川及道路路網圖做為資料探勘所需的空間關係資料。原始的河川資料為向量式多邊形資料，記錄各縣市內各河川之流域；道路資料則為向量式線狀資料，記錄各縣市內重要道路之中心線。

聚落資料

以1/25000地形圖之聚落資料（房區）也做為資料探勘所需的空間關係資料元素，原始的聚落資料為向量式多邊形資料，記錄各區域內重要的聚落分佈。

數值高度模型

使用40公尺原始解析度的DEM，提供資料探勘時所需的高程及坡度等資訊。

規則歸納

運用環保署廢棄物管理處全國非法棄置事業廢棄物場址資料、全國合法垃圾掩埋場、2002年

運研所全國交通路網資料、全國1/25000聚落資料等空間資料，進行統計分析及空間資料前處理，以找出有意義的關連性，便利進一步在空間資訊系統與影像分類判釋分析。

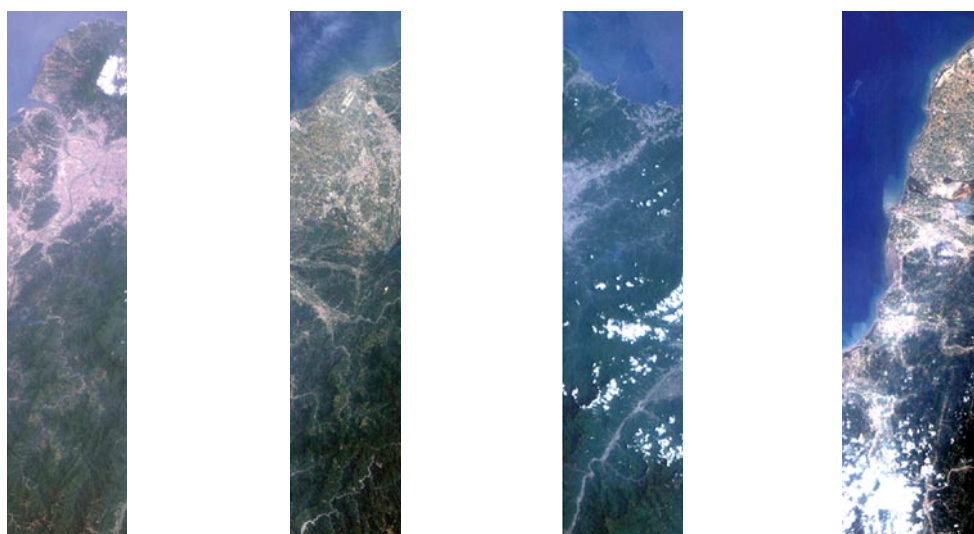
遙測影像處理

衛星影像資料

本研究以2007年5月上旬及6月下旬的影像為分析材料（圖4及圖5），由於6月份氣候不佳，福衛二號無可使用之影像（雲遮率過高），因此用SPOT -5影像進行分析。衛星影像主要針對兩種不同的棄置型別進行監測：（1）棄置於植生上；（2）棄置於非植生上。棄置於植生上之類型可以兩時期影像進行植生的變遷分析，棄置於非植生上之類型由於棄置前後光譜差異不大，因此本研究以影像分類之方式偵測棄置點。

影像分類

本研究以監督性分類中的最大相似法（maximum likelihood）對影像進行分類。



(a) 2007年5月7日 (b) 2007年5月8日 (c) 2007年5月9日 (d) 2007年5月11日

圖4 北臺灣地區2007年5月份福衛二號衛星影像。

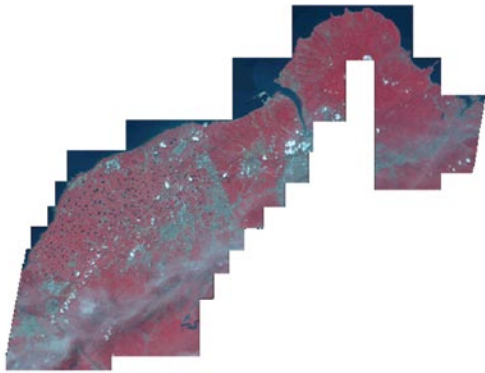


圖5 北臺灣地區2007年6月份（6月22日）SPOT-5衛星影像。

但由於棄置物的種類多樣，若僅以監督性之方式進行分類，則在選擇訓練樣區時會面臨難以依不同棄置物類型分別挑選樣區的難題。故而運用非監督性分類方法中的反覆自我組織資料分析法（iterative self-organizing data analysis techniques algorithm，ISODATA），對選取

之訓練樣區進行非監督性的分類，大致將不同光譜特性的棄置物樣區分門別類，使所選取的訓練樣區更均質化，其流程如圖6所示。

本研究將地物分為棄置場、裸露地、建物（聚落）、植生及水體等五種類別，棄置場的訓練樣區是參考每張影像中合法掩埋場之光譜特徵作為訓練比對的樣區資料；其它地物訓練樣區則是以人工選取的方式進行選取，透過該地區的地物分佈了解，選取不同地物呈現的光譜值，進而運用在判斷其他地區的影像光譜應屬於何種地物。

變遷分析

本研究以正規化差異植生指數（Normalized Difference Vegetation Index，NDVI）分析兩

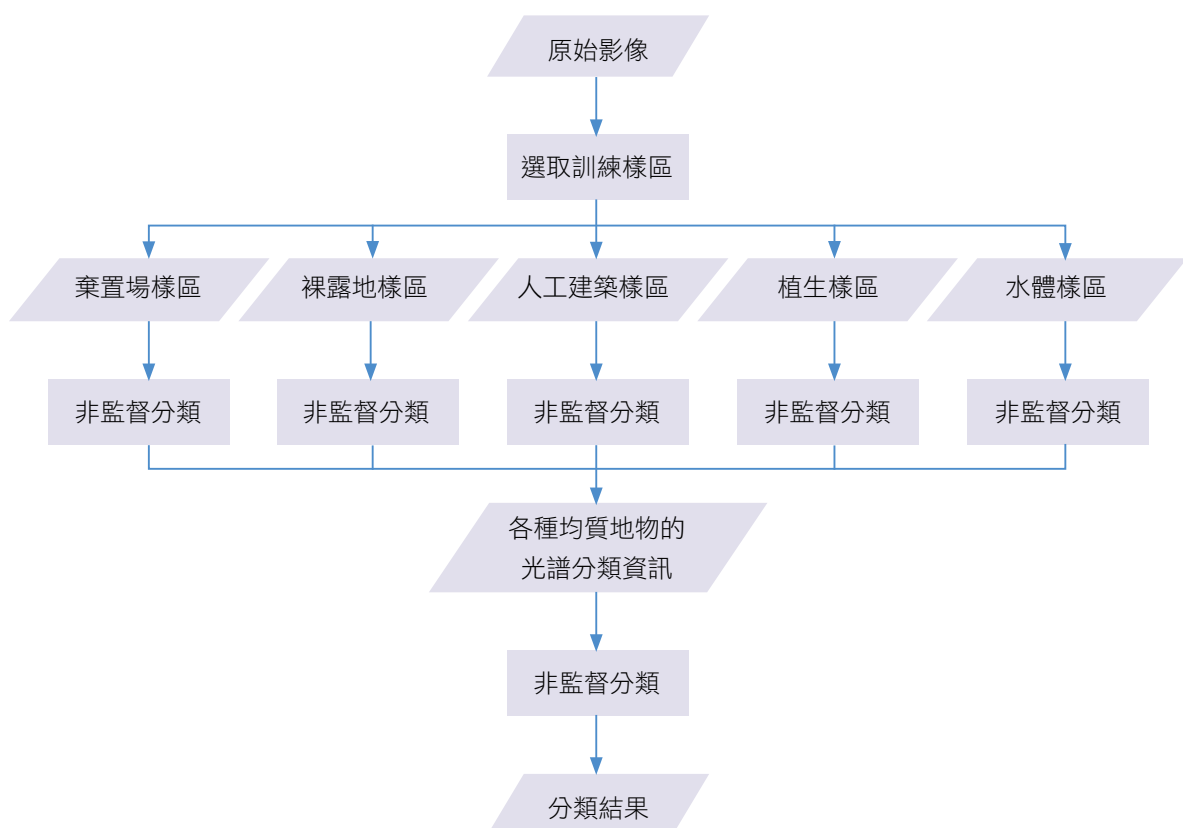


圖6 影像分類流程圖。

時期影像的變遷偵測，發生廢棄物棄置之地點，若其植生狀況有明顯的變化，則會反映於光譜值變化上。

結果與討論

空間資料探勘結果

本研究以CART 4.0軟體，將訓練資料輸入後產生「棄置」及「非棄置」規則，共計13條規則最足以符合相對成本及訓練樣本的正確性。本研究採用系統計算出的最佳建議方案，以13條規則決定所有的棄置及非棄置範圍，其結果如圖7紅色節點顯示棄置的空間規則。由於13條規則中與後續分析須用的資料僅使用棄置區的規則，條列棄置的規則有6條如表1所示。

依據表1的規則，本研究再以原始的空間資料產生潛在棄置區域的空間分佈圖。依據各項規則中的門檻值，再以ArcGIS進行環域分析，最後將所有環域分析的結果進行交集後，即可得到潛在發生棄置場所的分佈圖，如圖8所示。

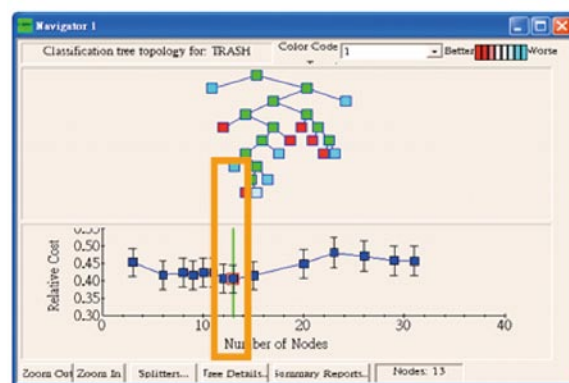


圖7 CART4.0產生之規則樹狀圖。
(方框部份代表建議之最佳規則數目為13條)

表1 空間資料探勘歸納之規則表-棄置區

規格項次	規則說明	規格項次	規則說明
棄置規格一	若高度 ≤ 187 且與聚落距離 > 0.13 且與聚落距離 ≤ 70.72 且與河川距離 ≤ 77.97 則為棄置區	棄置規格二	若與聚落距離 > 0.13 且與聚落距離 ≤ 70.72 且坡度 ≤ 3.42 且與道路距離 > 1.94 且與道路距離 ≤ 50.43 且與河川距離 > 77.97 且與河川距離 ≤ 611.98 且高度 ≤ 33 則為棄置區
棄置規格三	若高度 ≤ 187 若與聚落距離 > 0.13 且與聚落距離 ≤ 70.72 且與河川距離 ≤ 77.97 且坡度 > 3.42 則為棄置區	棄置規格四	若高度 ≤ 187 且與聚落距離 > 70.72 且與河川距離 ≤ 222.78 則為棄置區
棄置規格五	若與聚落距離 > 70.72 且與河川距離 > 222.78 且高度 ≤ 69.5 則為棄置區	棄置規格六	若高度 ≤ 187 且與聚落距離 > 0.13 且與聚落距離 ≤ 70.72 且與河川距離 ≤ 77.97 則為棄置區

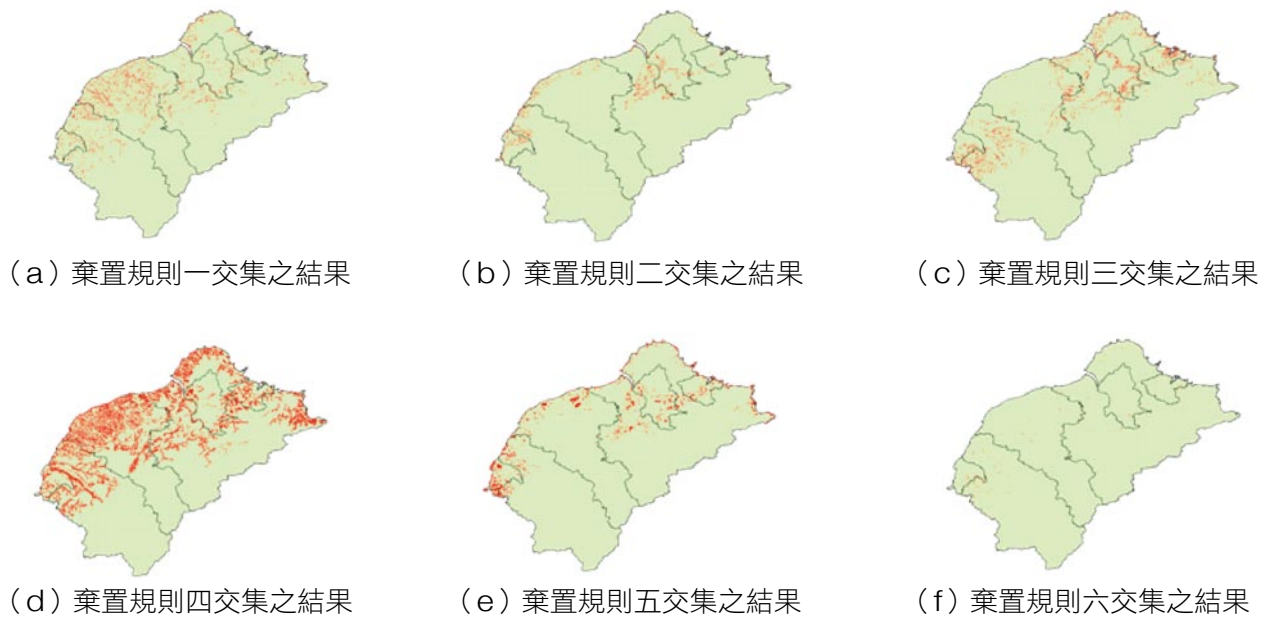


圖8 依CART4.0產生之規則進行空間分析之結果。

去除雲霧

所使用之影像中有許多破碎之厚雲，因此進行雲霧去除。本研究設定各個波段的閾值為235，若某一像元各個波段的值皆在235以上時，則判定此一像元為厚雲分佈之區域結果如圖9所示。

影像分類之結果

假定各縣市合法掩埋場掩埋區之光譜反應與非法棄置區之光譜反應相似，故選擇公民營之合法掩埋場區做為監督性分類之訓練樣區，圖10以5

月7日之福衛影像為例，顯示影像中所包含的三座掩埋場做為訓練樣區之所呈現的示意圖。

再將分類成果進行檢核，以新竹縣橫山鄉之掩埋場做為5月8日福衛影像分類結果之驗證區。影像中圓圈範圍為實際掩埋區，與同日之福衛影像分類結果比較，棄置物分佈區域已確實被標定。案例可知，以合法掩埋區之光譜特性做為影像分類之訓練樣區為可行之方法，後續將針對如何去除誤判區持續研究。

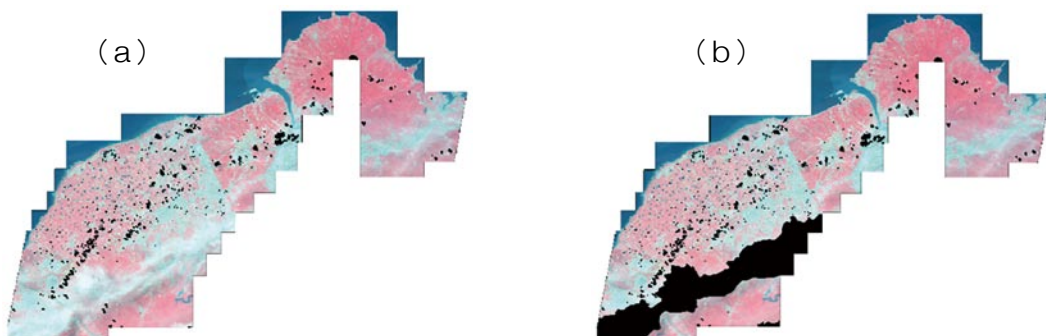


圖9 2007年6月22日影像去除雲霧後之結果。(a) 自動去除雲霧之結果。(b) 自動去除雲霧加人工去除雲霧之結果。其中黑色區域為原本雲霧覆蓋區。

變遷分析之結果

為針對棄置場區及土地變遷比對，將5月及6月份影像轉換為NDVI影像後，對兩時期影像進行變遷分析，如圖12的紅色區域所示。此結果標定出許多植生變為非植生之區域，疑似新增的棄置或裸露區；兩時期影像拍攝之間曾發生幾起豪大

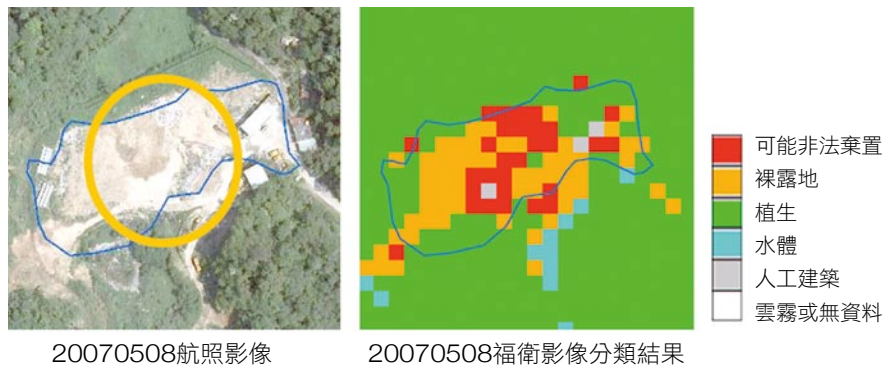
雨事件，故有許多變遷之處實為坡地崩塌造成，本研究將變遷分析結果與空間資料探勘結果互相交集，以達到更為聚焦之目的。

空間分析與影像分析之結果

將圖8所有的結果，與前一節dNDVI變遷分析



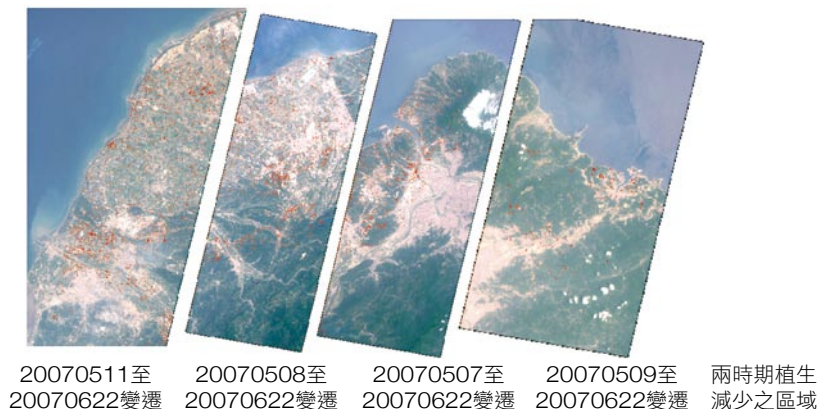
圖10 5月份福衛影像之分類結果。



20070508航照影像

20070508福衛影像分類結果

圖11 以5月8日福衛影像之分類結果為例，以橫山掩埋場做為初步驗證區。



20070511至
20070622變遷

20070508至
20070622變遷

20070507至
20070622變遷

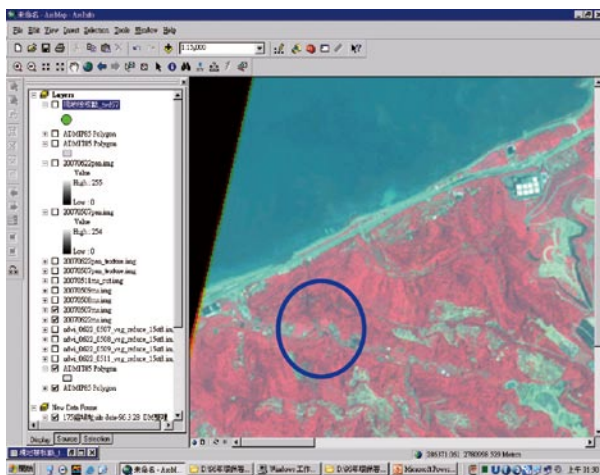
20070509至
20070622變遷

兩時期植生
減少之區域

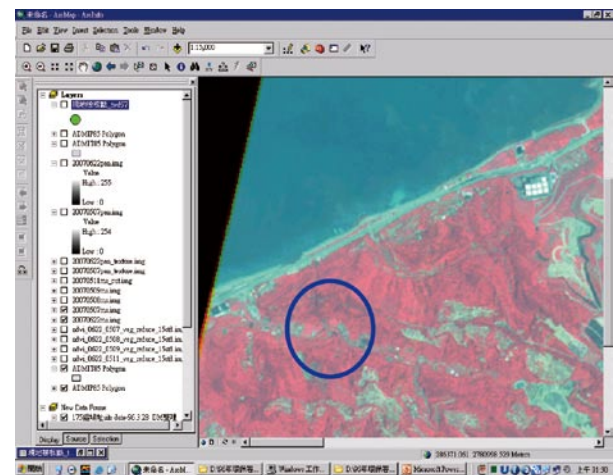
圖12 兩時期植生減少之變遷區域（已去除雲霧影響區域）。



圖13 第4處檢核點空間資料探勘及變遷分析交集之結果（如深紅色部分所示）。



(a) 20070508福衛影像



(b) 20070622SPOT-5影像



(c) 8月8日現地勘察照片#1



(d) 8月8日現地勘察照片#2

圖14 第4處檢核點前後期衛星影像及現地檢核結果圖。

表2 空間資料探勘與NDVI變遷分析交集結果之現地檢核地點列表

項次	縣市	場址	WGS84經度	WGS84緯度
1	台北縣八里鄉	縣108與北53交會口附近之工廠前	121.4001	25.1177
2	台北縣八里鄉	北54附近之果園旁	121.4358	25.1409
3	台北縣林口鄉	台15附近之農地前	121.3593	25.1290
4	台北縣林口鄉	北79旁之山谷	121.3595	25.1272
5	台北縣林口鄉	台15與北77交會口附近之河谷與山壁	121.3349	25.1203

的結果進行交集，再依此區域選擇八里及林口兩鄉共五個地點進行現地檢核，五處檢核點之詳細資料如表2所示。檢核的結果五處檢核點僅有表2第4處地點有發現棄置物，其它則皆為新崩塌地，第4處檢核點之資料探勘及變遷分析交集結果如圖13所示，而現地檢核結果相關照片如圖14所示。

結論

空間資料探勘的結果顯示出最有可能發生棄置的區域，可協助相關人員將分析的範圍縮小，將較不可能發生棄置的區域排除，能節省資料分析的時間，提高分析的效率。如再加入更多可能影響棄置物傾倒的因子，或國土利用調查的各種土地運用現況資料如農地類型、崩塌地排除條件，使資料探勘的結果能更聚焦。

在利用遙測衛星影像進行分析時，影像的購買範圍除需具足夠的代表性之外，亦可參考探勘後的結果，選取潛在分佈密度較高的區域，來做為影像的選取範圍，如此可排除潛在性低的區域；另一方面，每種規則或許可以代表某種地形特徵，只要找某種地形特徵下的傾倒案例，則僅採用此規則即可找到相似之棄置區域。

本研究運用遙測及空間資料探勘的結果雖有成功找出棄置物之案例，但仍有改進之空間，主要為分析之結果範圍仍過大，未來將考慮於分析系統加入土地利用、分類等空間分析因子，再進行多元化分析加值資料標示過濾誤判區，以增加應用遙測及空間資料探勘於廢棄物非法棄置監測之可能性，提升現今仍以人力現地查緝為主之作業方式精進，定能更有效查察及遏止不肖之徒非法的行為。

參考資料

1. 國立臺灣大學理學院空間資訊研究中心 (2007) 運用遙測技術應用於事業廢棄物監測及管理研究，行政院環境保護署委託研究。
2. Berry, M. J. and Linoff, G. (1997) Data Mining Techniques for Marketing, Sales and Customer Support, Wiley: New York.
3. Buttenfield, B. and Gahegan, M. (2000) Geospatial data mining and knowledge discovery, A UCGIS White Paper on Emergent Research Themes.
4. Koperski, K., Han, J. and Adhikary, J. (1996) Mining knowledge in geographical data.
5. Openshaw, S. (2000) Geographical data mining: key design issues, United Kingdom: Center for Computational Geography, School of Geography, University of Leeds.
6. Steinberg, D. and Cardell, N. S. (1998) The hybrid cart-logit model in classification and data mining, Eighth Annual Advanced Research Techniques Forum.



應用福衛二號衛星影像於 淡水河紅樹林生態變遷監測

文/圖 張國楨、曾露儀 國立台灣師範大學

前言

台灣四周環海，海岸線沿岸綿延達一千三百多公里，提供豐富自然景觀及物資，但是鮮少有人真正了解台灣海洋環境，採取適宜的技術和方法，積極的修補過去因開發而失去或破壞的海岸環境。海岸開發必須符合環境保護與國土綜合利用之原則。政府應要有完整的規劃，善用海岸地帶以及海域資源。海岸的生態功能，以及自然屏障，都不僅要納入評估考量，且要列為優先。海岸地帶邊際土地，需要全盤重新規劃。休閒、遊憩與親水，新興的生態旅遊，將可能讓海岸地帶注入新的生命。

行政院國家永續發展委員會（國土交通組）及挑戰2008國家發展點計畫（水與綠建設計畫）業將「維持自然海岸線比例不再降低」列為評估指標，未來海岸地區之利用管理，應以減量、復育為基本原則，並以符合「資源保護」與「災害防治」者為優先考量。涉及海岸地區之相關施政計畫，應優先考量海岸防災、海岸生態資源保育與保護、環境復育、景觀改善、生態旅遊等價值，重新思考檢視，並作必要之調整。

由於台灣沿海地區雲層覆蓋之頻率頗高，不

易獲得晴空之影像資料，需藉由多張衛星影像合成較為晴空之影像資料（劉振榮、林唐煌、郭宗華，2002）。目前台灣可以取得的衛星影像，包括AVHRR、SPOT、IKONOS、Quick Bird、MODIS、TM以及台灣第一顆自主性資源衛星福爾摩沙衛星二號等。這些衛星提供不同的空間、時間與光譜解析度，各有其應用上的利弊與限制。觀測頻率如FORMOSAT-2每天經過台灣上空二次、SPOT 衛星每三到五天經過臺北地區一次，Landsat十六天一次，MODIS每天經過台灣上空。加上無人飛行載具UAV具機動性、時效性的提供調查，能提供快速、即時收集所需資料，對瞬息變化環境監測具有相當大助益。可惜，至今國內仍未建立長期環境監測機制。尤其福衛二號升空四年以來，未見相關單位大量應用於環境災害的監測，以達到防救災與預警的效益。唯有整合多平台和多解析遙測影像資源（張國楨，2007，2008），才能真正紀錄與分析分析台灣東北部海岸環境變遷以及其影響。本文即整合FS2、SPOT、LANDSET、MSS等諸多衛星遙測影像、結合地理資訊系統的空間分析能力，針對淡水河中下游之竹圍地區來分析紅樹林近年來分布的變遷。

紅樹林文獻探討

(一) 紅樹林是指生長於熱帶及亞熱帶間海水、河水交會的沿岸濕地，為常綠喬木或灌木。廣義的紅樹林為「生長在熱帶海岸潮間帶泥濘且鬆軟土地上所有植物之總稱」(Davis, 1940)；而狹義的紅樹林則指「生長在熱帶海岸最高潮線與平均高潮線之間的喬木或灌木」(Macnae, 1968)…。藉由研究紅樹林空間分佈的變遷再配合其它生物資源調查，可進一步瞭解紅樹林面積變遷影響沿岸濕地及附近海域生態系乃至於漁業生產範圍與程度。

(二) 根據方力行和李展榮(1995)《濕地的界定及其功能》中提到濕地除了有豐沛的生產力外，濕地在整個地球環境中，積極扮演著不同角色及提供了許多重大功能，分述如下：1.調節洪流、2.提供水源、3.補充地下水、4.防止地表及地下水被海水入侵、5.保護海岸、6.儲存養分、7.保存沖積土、8.清除污染毒物、9.產生能源、10.蘊育天然資源、11.水上運輸、12.保存基因庫、13.保育野生動物及棲所、14.自然景觀、15.大眾教育、16.休閒旅遊、17.區域生態系調節等的重要功能。

在台灣，有法律明確保護的濕地分別為：墾丁龍鑾潭、宜蘭無尾港濕地、大肚溪口濕地、台南市四草濕地、淡水河口濕地(竹圍、挖子尾、關渡自然保護區)。

(三) 台灣在1945年以前，自基隆及屏東沿海的西部沿海均有紅樹林分佈(佐佐木，1912)，但是基隆港築港後水筆仔已經消

失(Hsueh and Lee, 2000)。Yushun(1932)描述台灣紅樹林主要分佈於北部和西海岸…。1945年以後，台灣紅樹林逐漸減少(劉堂瑞，1982；陳明義，1991)…。

竹圍自然保留區劃設經過，詳見周昌弘(1980)及黃增泉與徐素貞(1982)之記載。簡述如下：據報載(1979年8月31日)，當時的台灣省政府當局擬議闢近60公頃的竹圍紅樹林區為住宅區，鑑於該地之紅樹林為本省唯一之稀有水筆仔純林，引發學者專家與環境保護人士之關注，為保護此自然資源作為學術研究、經濟、保安、觀光、環境衛生之用，學界以國際環境科學委員會及國際生物科學聯合會之名義分別致函行政院等政府機關，請求審慎考慮或停止該項計畫。…1981年行政院再次召集相關政府單位及學術單位表示意見，經多次各部會研商後，行政院指定林務局為主管機關，研議紅樹林保護區編列為國有森林用地，列屬保安林，依據森林法來管理保護，至1986年，再設為自然保留區。



圖1 研究區域：竹圍紅樹林。

研究範圍

淡水河與基隆河交匯後，接近竹圍的河段，長有許多的水筆仔，水筆仔是一種少見的胎生植物，也是所謂的紅樹林植物，生長於河口區域、淡鹹水交匯處，伴隨這種植物生存的尚有為數頗多之螃蟹、魚類、蝦和水鳥，構成沼澤生態系。由於此地在過去未有任何保護措施時，常遭非法佔用，甚至傾倒垃圾、廢土，使水質惡化，生態環境遭受破壞，有鑑於此，1985年時，政府將其編入保安林管理辦法保護之；於1986年6月，農委會並依文化資產保存法公告設置「淡水河紅樹林自然保留區」，以確保水筆仔之永續生存。

本區在台北市西北方，關渡平原的西南側，為一典型的河口濕地。這裡的景觀在過去的300年來，經歷了非常大的變化。根據文獻的記載，本區在清朝初年（約1700年）為一大片水域，光緒年間（1875年），經開墾而為農耕地，至1965年時仍為農田。因此區水患頻仍，1968年政府修建關渡堤坊，以防水患，至此堤坊外的農地逐漸廢耕，加上淡水河出海口附近的河道整治、台北盆地地層下陷、淡水河抽砂、海水入侵等諸多因素，導致本區形成一片沼澤地。

研究材料

本研究所採用的資料分別為1972年（MSS）、1993年（SPOT）、1996年（SPOT）、2001年（Landset）、2002年（Landset）、2006年（FS2）、2007年（FS2）等衛星影像。

研究方法

多時段影像分析法（Multi-temporal）

環境改變為長時間慢慢累積。衛星遙測因具有全面性、即時性及週期性蒐集資訊之優點，將此技術應用於觀測大面積變遷上，可提供管理決策所須知空間資訊，以有效掌握環境資源變化之情形。而變遷分析判釋乃取兩個空間幾何位置完全對位的影像，加以比對或重疊，利用影像處理技術將變遷地區判釋分析。變遷偵測是經由觀測不同時期的影像，辨識兩者不同處的一種過程，基本上包含利用多時資料量化時間對地物影響的能力。利用衛星影像進行變遷偵測的優點，在於衛星影像具有短時間便可針對相同地區重複拍攝，以及影像品質具一致性，尤其衛星影像本身便是數值化資料，電腦應相當方便。

NDVI（Normalized Difference Vegetation Index）

其原理為健康的綠色植物會強烈吸收紅光（Red，波長約0.67 μm ），強烈反射近紅外光（NIR，波長約0.8~1.2 μm ），藉由計測兩種波段吸收與反射的差異性，即可用來以監測植生變化。其計算公式如下：

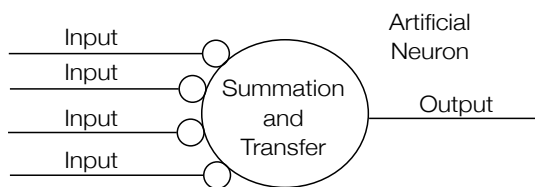
$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

其中，NIR表示近紅外光之輻射值；R表紅光之輻射值。NDVI值介於-1~1之間，非植生類之NDVI值多為負值而健康的植物NDVI值多為正值，植物量愈大則NDVI值愈大；因此，NDVI影像可用以作為推估植生覆蓋面積之用。在植被生長處NDVI通常會表現較大的數值，因為植被在近紅外光波段的光譜反射強度，會相對高於可見

光波段的光譜反射強度。相較之下，雲、水體及冰雪在可見光波段的反射值高於近紅外光波段的反射值，NDVI則會有負值傾向；而岩石和裸露地，由於在這兩波段的反射值接近，導致NDVI會接近0。

遞迴性分析（Recursive）

人類在做抉擇的時後，都會根據前一次的經驗來選擇下一次的行動（Chang，1993，1994）。其思考過程如下圖：



遞迴性分析的概念同此：即利用前一次分析分類的結果、作為下一次分析分類的判斷經驗。此方法不僅能大幅提高影像判釋之能力，也降低由其它衛星影像解析度不同所造成的判釋地物之困難度（Chang，1993，1994）。由於本研究所採用之1972年、1993年、1996年衛星影像的解析度較低，造成紅樹林分佈判釋上的困難。我們利用遞迴性分析的方式，減少其它衛星影像解析度低對於判釋上的干擾，提高了判釋竹圍地區紅樹林分佈的精確度。

影像相減法

將分類完竹圍地區紅樹林之前後期分別相減，以產生年度之間差異影像，瞭解相鄰兩期分類後之影像之植生差異分佈情形。原理為：當兩期影像相減時，會以相同像元（pixel）位置之值相

減。若所得之差值（後期-前期）負值，則代表紅樹林減少；反之則為紅樹林增加；又若其相減值差異不大，及代表植生沒有明顯增減的情形。

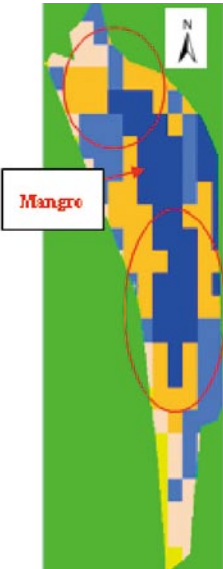
研究成果

- 重複執行遞迴性分析直到分析結果穩定不再變化時，其分類結果之紅樹林的分佈情形（圖2.3）、最符合紅樹林現實分佈（圖2.1）情況（表1）。
- 紅樹林歷年（1972-2007）來分佈範圍之變化（表2）。
- 增減情形（表3）。

結論與建議

利用衛星影像、讓我們能夠迅速而且有效的推估紅樹林的分佈範圍：從影像分析結果中得知，自竹圍地區被設立為紅樹林自然保護區後，此區的紅樹林分佈範圍有大幅度的擴張，並在2006-2007年間生長趨於穩定。根據研究過程發現，由於受制「不同影像不同特性」、以及現今衛星影像解析度提高（ex:FS2的影像解析度為兩米）的影響，導致無法使不同年度間不同解析度地影像之分類結果、符合現實紅樹林之分佈情形。根據上述情形，「發展新的技術用以提高影像判釋精確度」已勢在必行。此研究中，物件導向的分類技術（Object-Oriented Classification Technique）成為解決「影像分析與判釋困難」的好方法：利用物件導向的分類技術能大幅度地提高判釋紅樹林的精確度、更能有效地解決不同影像不同特性所造成的判釋上困難（張國楨，2003，2004）。

表1 紅樹林的分佈情形

年度	圖2.1 1972年紅樹林分佈真實情況	圖2.2 1972年紅樹林分類結果影像	圖2.3 1972年紅樹林分類結果影像
		第一次遞迴性分析	第二次遞迴性分析
影像			
結論	根據圖中圈起來的部分，可看出第二次遞迴性分析的結果較符合紅樹林真實情況分佈。 (圖中深藍色部分為紅樹林mangrove之分佈)		

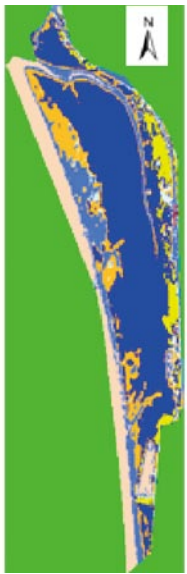
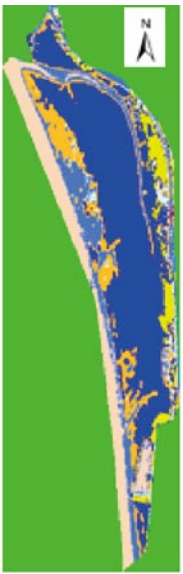
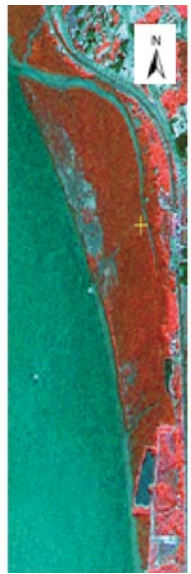
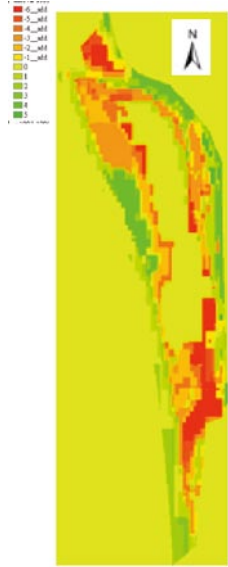
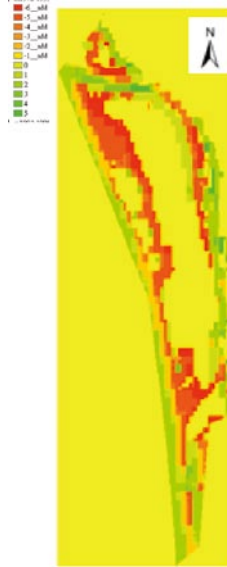
年度	圖3.1 2007年紅樹林分類結果影像	圖3.2 2007年紅樹林分類結果影像	圖3.3 2007年紅樹林分佈真實情況像
	第一次遞迴性分析	第二次遞迴性分析	(經過假色處理)
影像			
結論	根據圖中深藍色部分(紅樹林)，可看出二次遞迴性分析的結果已經沒有太大差異，分析結果已經趨於穩定。		

表2 紅樹林歷年（1972-2007）來分佈範圍之變化

年度	圖4.1 1972年 紅樹林分佈 （MSS）	圖4.2 1993年 紅樹林分佈 （SPOT）	圖4.3 1996年 紅樹林分佈 （SPOT）	圖4.4 2001年 紅樹林分佈 （Landset）	圖4.5 2002年 紅樹林分佈 （Landset）	圖4.6 2006年 紅樹林分佈 （FS2）	圖4.7 2007年 紅樹林分佈 （FS2）
影像分類結果	 	 	 	 	 	 	 
紅樹林分佈範圍	1972年紅樹林分佈範圍大大少於今日的分佈範圍（對照圖4.7）。	1993年（自然保留區設立後），紅樹林向東南及西北方向有明顯幅度的增加。	比較1993年紅樹林範圍分佈，1996年的紅樹林有些為的減少。	2001年與2002年，紅樹林分佈繼續往東南方以及西北方明顯幅度的增加。	2006年的紅樹林分佈情形已有現今分佈情況的雛形（對照圖4.7）。	2007年的紅樹林分佈與2006年的分佈並無太大差異，由此可知紅樹林分佈已經趨於穩定。	

表3 增減情形

年度	圖5.1 1972-1993年紅樹林分佈增減情形	圖5.2 1996-2001年紅樹林分佈增減情形
影像		
結論	根據此兩張圖可得知，紅樹林分佈範圍增加幅度最大（圖中深紅色部分為紅樹林增加區）的年度為1972-1993年以及1996-2001年。（綠色部分為紅樹林減少地區）	

參考資料

1. Chang, Kuo-Chen, D. A. Brown, April, 1993, "Neural Network Approach To Geographical Analysis of Population Pattern Change", AAG 1993
2. Chang, Kuo-Chen, Feb., 1994, "Neural Network Approach To Geographical Analysis of Population Pattern Change", Ph.D. dissertation, University of Minnesota, MN, USA
3. Chang, K.C., "Bio-Hotspots Monitoring in Taiwan by Integrating Multi-platforms and Multi-resolutions Remote Sensing Imageries", Association of American Geographers 2007 Annual Meeting, April 17-21 2007, San Francisco, CA
4. Chang, K.C. and Chen, C.K. 2007. Environmental Hazard Monitoring in Shih-men Watershed by Integrating Multi-platforms and Multi-resolutions Remote Sensing Imageries. The Inaugural Meeting of the IGU Commission on Indigenous Peoples Knowledge and Rights - "Indigenous Geographies" International Conference
5. Chang, Kuo-chen, Lu-yi Tseng, 2008, "Spatiotemporal researches application to multi-platform and multi-analysis of remote-sensing image of mangrove distribution in downriver of Dan Shui River", The Fourth Asian Space Conference 2008, Taipei, Taiwan, October 1-3, 2008
6. Chang, Kuo-chen, "2008 Satellite Image Analysis class note".
7. artificial neural network reference -- chang, kuo-chen, phd disserttion.
8. 1996 台灣海岸地區土地利用對於濕地資源影響之研究—以台南市為例。
9. 淡水河系紅樹林濕地疏伐可行性評估研究（1/2）經濟部水利規劃試驗所95/12。
10. 吳啟南、吳哲榮、元炎，1998，新竹海岸遙測變遷分析研究，工研院能資所，行政院農業委員會遙感探測技術發展策劃小組。
11. 吳榮瑜、黃宏斌（2005），石門水庫土石流災害治理對策之研究，2005農業工程研討會論文集，pp.197。
12. 巫桂菁，2002，台灣本島以生物多樣性熱點為基礎之自然保護區規劃。
13. 李炎任（1990），地理資訊系統推估石門水庫集水區土壤流失，中原大學土木工程研究所碩士論文。
14. 李訓煌，2007，九十六年度行政院農業委員會特有生物研究保育中心科技計畫期末摘要報告-特殊劣化棲地變遷與復育之研究。
15. 李瑞陽、郭秀玲、朱子豪、張國楨，2003，遙測技術於水稻坵塊之自動判釋，2003年全國土地管理與開發學術研討會論文集。
16. 林孟龍，2003，以景觀層級界定生物多樣性保育範圍—中尺度資源衛星MODIS影像的應用。
17. 張世駿，2002，衛星遙測影像應用於變遷偵測之研究，國立臺灣大學生物環境系統工程學系暨研究所碩士論文。
18. 張立群，2002，應用多時段SPOT影像監測山坡地違法開發現象--以南投縣為例。
19. 張智傑，SPOT衛星植生影像應用於紅樹林覆蓋面積變遷分析之研究--海洋大學-漁業科學學系。
20. 1996 應用SPOT衛星影像與地理資訊於林地土地利用型綠度分析。台灣林業科學-謝漢欽。
21. 張雅華、張國楨，"福爾摩沙衛星二號影像應用於國土利用現況調查"，2005台灣地理資訊學會年會暨學術研討會。
22. 張國楨，張右峻，2001，"利用類神經網路探討土地利用型態與環境變遷相關之研究"，2001中華地理資訊學會研討會。
23. 張國楨，陳俊愷，"解析度於福衛二號影像分類影像"，2005第三屆數位地球研討會。
24. 張國楨，張雅華，"利用物件導向高解析數值影像分類技術於基隆河土地利用變遷之應用"，2004第二屆數位地球研討會。
25. 張國楨，陳俊愷，"應用物件導向技術於台灣地區綠資源調查"，2003 第七屆台灣地理學術研討會。
26. 張國楨，陳俊愷，"利用高解析數值影像與物件導向影像分類於林地環境監測之應用"，2003 中華農資中心「生態系經營—永久樣區理論與實務探討」研討會。
27. 張國楨，朱子豪，李瑞陽，"誤差分析與人機互動運用在水稻田判釋"，2002 兩岸交流研討會。
28. 張國楨，朱子豪，李瑞陽，"遙測技術於水稻坵塊之自動判釋遙測技術於水稻坵塊之自動判釋"，2003年 全國土地管理與開發學術研討會。
29. 陳朝圳、鍾玉龍，2003，應用IKONOS衛星影像於墾丁國家公園植群圖繪製之研究，國家公園學報13（2）：85-102, 2003。
30. 黃凱易等，1997，SPOT 衛星影像分析應用於林地被覆變遷偵測，中華林學季刊，30 期，55-77 頁。
31. 歐陽元淳，2002，水庫集水區土壤沖蝕之研究-以石門、翡翠水庫為例，國立臺灣大學地理環境資源學研究所碩士論文。
32. 蔡宗佑，1999，鳳山溪上游集水區土地利用變遷之研究，國立中興大學水土保持學系碩士論文。
33. 蔡哪文，2002，利用高解析度衛星影像於都市土地覆蓋之研究，文化大學地理所碩論。
34. 蕭國鑫等，1994，遙測與GIS 結合應用於德基水庫集水區土地利用/覆蓋監測，遙感探測，21 期，21-54 頁。

遙測衛星影像於環境監測之應用

文/圖 陳繼藩 國立中央大學

摘要

台灣隨著經濟發展及社會變遷，土地利用型態日趨複雜，對自然環境的破壞及土地資源的不當使用情形也日趨嚴重，各種土地的濫墾、濫伐、濫建等非法開發行為，處處可見，每當豪雨、颱風來臨時，往往造成國土、生態與人命的災難。加上台灣地區四面環海，海岸線總長1500多公里，同時地處東亞地區海運樞紐位置，為東亞重要的貿易轉運站，往來船務非常頻繁，為發生海洋污染事件之高危險地區，本文目的是介紹如何運用遙測影像於土地變遷偵測及海洋污染監測，國土變遷偵測主要是運用高科技數位方式改善傳統土地利用違規查報取締方法，以遏阻不法之國土破壞行為。海洋污染監測主要是運用和整合各種遙測科技掌握重大海洋污染在空間上的變化情況，以提供緊急應變中心快速研判重大海洋污染時空之變化。

關鍵字：遙測影像、土地變遷偵測、海洋污染監測。

前言

政府及民間各界對於如何利用高科技來改善國內土地的管理在經過歷年來颱風及豪雨的肆虐下都有相當強烈的覺醒與共識。基本上高科技應

用於土地管理的適用範圍可包括監測技術的改善，各類空間資訊的整合，及資訊處理傳輸的網路化。目前土地的監測及巡查係採人工方式，在基層查報人力不足、土地違規使用無法杜絕的情況下，負責土地管理的主管機關很明顯的實在無法確實的掌握土地的全盤實際變遷情況。在各種土地利用監測的工具及技術中，衛星遙測影像以其具有資料獲取週期短、可迅速掌握地表改變狀況、影像資料涵蓋範圍廣、以及成本低等特性，最適合做為全面、及時性國土利用監測的工具，尤其台灣地區因衛星拍照軌道從北至南的運轉方式，對於全島之涵蓋特別具優勢。如何有效運用衛星遙測技術來管理土地資源，以達到永續使用的目的，實為當前國土規劃最迫切解決之問題。

地球的四分之三面積被海洋覆蓋，其中動植物的數量及種類都遠比陸地要多，海洋污染不僅影響生物之生態平衡，亦會使漁場環境惡化，影響魚類的生長與繁殖，造成經濟資源的嚴重損失。造成海洋污染的原因包括工業廢水排入、鹵水與排溫水傾入、廢棄物堆置、船舶污水排放，油料外洩等各種污染來源，其中以油料外洩導致的污染問題最為棘手，影響層面也最為廣泛。而台灣地區四面環海，海岸線總長1500多公里，同時

地處東亞地區海運樞紐位置，為東亞重要的貿易轉運站，往來船務非常頻繁，本已是發生海洋污染事件之高危險地區，再加上台灣海域暗礁潛伏、海象變化劇烈且複雜，極容易因地理及天候因素發生船隻擱淺或海難事故，更甚導致重大海洋油污染事件，均對台灣海域生態造成相當大的損害。

長期而言，環境監測應是設立許多的監測站並動用大量人力及先進科技資源進行全時性監控，並建立良好的通報系統，長時間且大範圍地對陸地及海洋環境加以監測，但整體系統之建置往往耗時、耗力，且需投入大量資金，以國內目前對整體環境的監測而言，尚未達整體性及全面性之規模，當務之急應是以運用現有遙測資料，進行台灣陸地及海洋環境監測。因此，本文主要分為

土地資源監測和海洋環境監測二部份，介紹國內應用衛星於整體環境監控的情況，目的是如何整合各種遙測科技掌握土地資源及海洋污染在空間上的變化情況，以提供相關主管機關即時監測資訊，以遏阻不法之國土破壞行為，達成國土永續發展的目標。

土地利用變遷監測

土地利用變遷監測作業流程

國土利用監測主要為利用衛星影像進行土地變遷偵測，運用高科技數位方式改善傳統土地違規使用的查報取締方式，並由3個互相關聯的系統：土地利用變遷偵測系統、變異點網路通報查報系統及數位化地面調查系統為主幹，再配合地方政府查察違法土地利用之作業，整個系統架構圖如圖1。

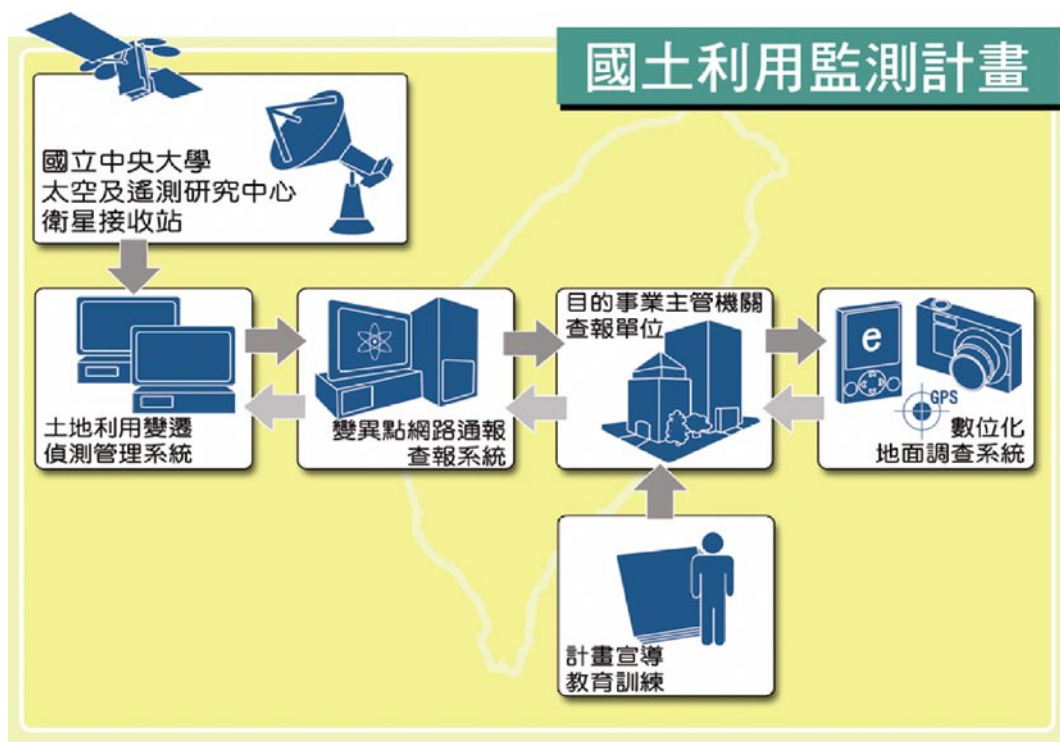


圖1 國土利用監測作業架構圖。

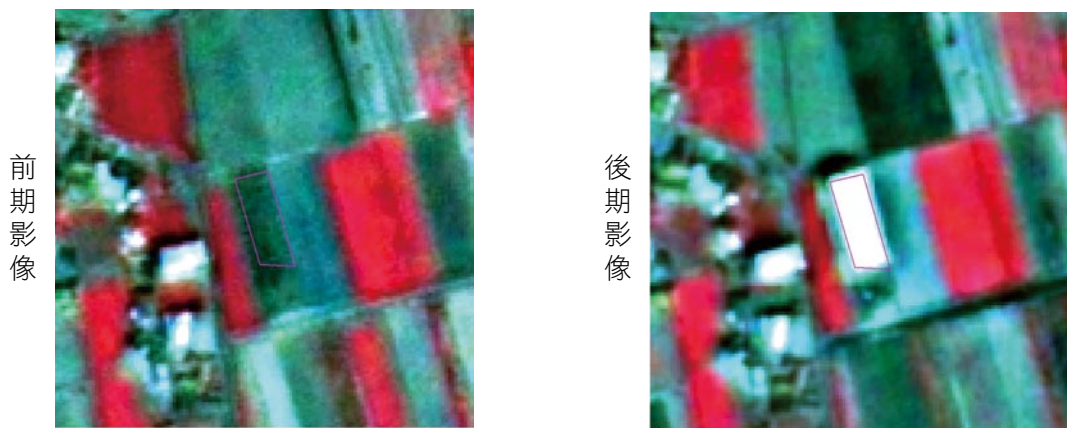


圖2 前後期衛星影像光譜反應差異點。



圖3 變異點相關資料（前期衛星影像、後期衛星影像、航空照片、電子地圖）。

土地利用變遷偵測系統主要以福衛二號（2公尺高解析多光譜融合衛星影像）為主、SPOT5為輔（2.5公尺高解析多光譜融合衛星影像）經由影像自動化處理找出衛星影像光譜反應之差異點（圖2），然後再經輔助圖資判釋，若發現變異點疑似為土地違規使用，則將土地變遷之變異點相關資料（圖3）彙整至變異點網路通報查報系統（圖4）；變異點網路通報查報系統著重於整合土地變異分析作業與查證回報作業的資料管理，將資料庫、網路傳輸、地理資訊及應用系統

之間，做最完整的規劃，整合在一個體系之下，藉由網路快速及便利的特性，系統將會把變異點依所管轄的權責單位，以自動化的方式將通報變異點的資料以E-mail方式傳送。變異點網路通報查報系統亦具有稽催的功能，以自動化的方式偵測尚未回報的變異點，同樣以E-mail的方式提醒查報單位儘速查核。各權責單位於接獲變遷通報之E-mail之後，可以依所屬之帳號登入變異點網路通報查報系統，之後即可依變遷期別，下載該期別的變異點空間圖資，如圖5所示；解開

傳現場查報數位照片（圖7），以滿足查報人員
現地查證的需求並能夠大幅節省現地調查的人力
與時間，提高回報成果的準確性，主管單位也可
隨時隨地掌握轄區內的土地變異狀況。

土地利用變遷監測成果範例

目前「國土利用監測計畫」由內政部營建署

及國立中央大學太空及遙測研究中心共同執行，變遷偵測範圍為臺灣本島、台灣離島、澎湖縣與金門縣，監測頻率最密集的週期為每個月監測一次，配合變異點地面稽查的政府單位包含各縣市政府及鄉鎮市公所、林務局、水利署、國家公園、國有財產局等，同時也機動配合義務志工檢舉的疑似變異點進行分析及通報，如此為臺灣打造鋪天蓋地的土地利用監測網絡，讓試圖想違規開發土地的情事無所遁形。透過衛星影像監測及現地稽查回報所發現的土地違規利用相關範例如圖8及圖9。

海洋油污染監控

海洋油污染監控作業流程

環保署與國立中央大學太空及遙測研究中心於2001年，透過研究合作，規劃及建置海洋污染遙測資料蒐集系統啟動的時機及整體運作流程如圖10所示。當海洋污染事件發生時，當地縣市環保局或海巡、港務單位會將事件通報至環保署「海洋重大污染緊急應變網路通報系統」中，再由環保署判斷是否屬重大污染事件，若是則依海洋污染防治法需成立緊急應變中心，當國立中央大學太空及遙測研究中心之24小時緊急連絡系統

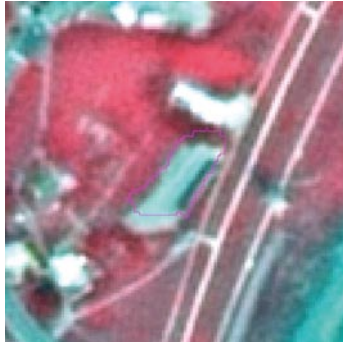
前期影像日期	06/22/2008	後期影像日期	09/20/2008
			
土地使用類型	農牧用地	土地使用分區	特定農業區
變異點現場描述	堆置砂石		
變異點現場照片			
			

圖8 衛星影像監測及現地稽查回報所發現的土地違規利用。

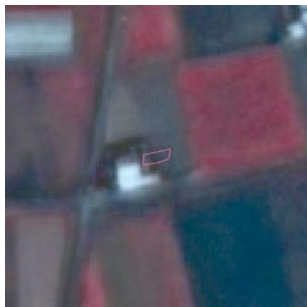
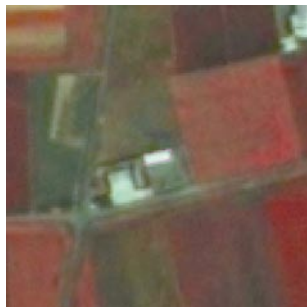
前期影像日期	02/02/2008	後期影像日期	04/26/2008
			
土地使用類型	農物用地	土地使用分區	特定農業區
變異點現場描述	經查該宗土地未經申請，非法變更為瓦斯填裝場使用		
變異點現場照片			
			

圖9 衛星影像監測及現地稽查回報所發現的土地違規利用。

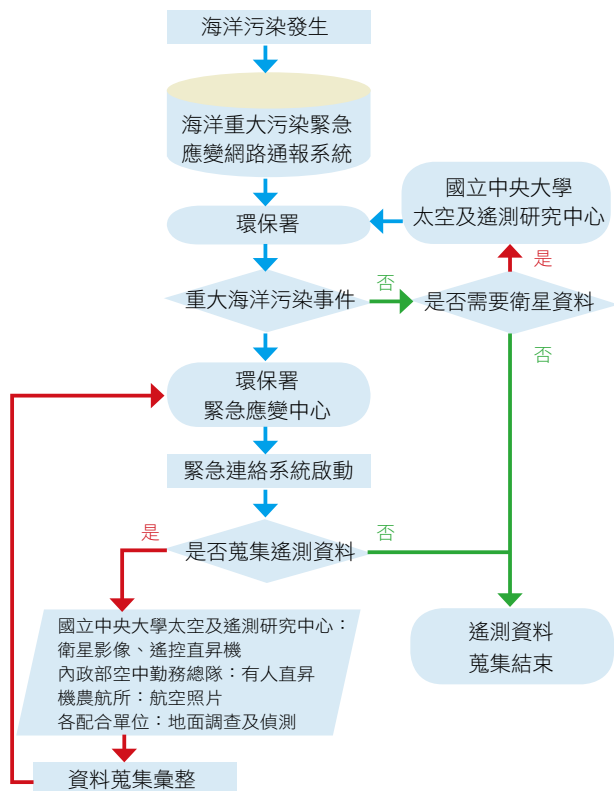


圖10 海洋重大污染事件遙測資料蒐集系統程序圖。

接獲通知時，即開始排定衛星緊急接收，並蒐集相關調查資料，最後將資料提供給緊急應變中心作支援決策之用。

海洋重大污染緊急應變作業流程主要可分為3個層次：1.維護及更新數位空間資料庫；2.污染位置定位；3.蒐集事件相關遙測資料，分別說明如後。

1.維護及更新數位空間資料庫

空間資料的蒐集不僅是在緊急事件發生時才開始，平時就應持續維護及更新空間資料庫，資料內容至少應包含各種不同比例尺的相片基本圖、數化航照圖、及全台的衛星影像，此3種資料代表不同性質的空間資料，加以整合後即

可提供靜態的基礎資料，以作事件發生前後參考及對照之用。

2. 污染位置定位

當發生重大海洋污染緊急事件時，依緊急應變處理架構需啟動動態資料的蒐集程序。最首要的步驟即是污染位置坐標的標定，坐標獲得的目的是要能於蒐得的靜態空間資料上標定污染事件的位置。位置定位的資料來源可能是：（1）位置的直接坐標；（2）從海岸陸地以測量方式獲得的間接坐標；（3）以描述性方式獲得的估算坐標。

3. 蒐集事件相關遙測資料

接著的工作是收集動態遙測資料。首先透過中央大學太空及遙測研究中心衛星接收站的接收

程序，以優先及緊急方式接收事件區域的福衛二號影像及SPOT衛星影像、或ERS、ENVISAT雷達衛星影像。除了由衛星遙測資料提供大範圍空間資訊外，較細節之資訊可由其他航測資料輔助，此部份中飛機空照相片需動員空中勤務總隊的直昇機進行低空攝影，另外視情況要求農航所的飛機進行空照，而遙控直昇機則待命以拍攝海岸地區資料為主。前述所有航、遙測動態資料都會在不同時間內傳送至緊急應變中心的靜態資料庫，以進行空間之連結及提供空間之判釋。

海洋油污染監控成果範例

該事件是由環保署於2006年12月24日通知國立中央大學太空及遙測研究中心啟動緊急應變作業，在接獲通報後隨即安排接收站處理緊急接收

表1 宜蘭縣蘇澳鎮外海吉尼號擱淺漏油事件資料表。

時間	影像類型
12/25/2006	福衛二號
12/26/2006	福衛二號
12/27/2006	SPOT5

表2 宜蘭縣蘇澳鎮吉尼號漏油事件污染範圍衛星影像判釋情況。

	12/25/2006	12/26/2006	12/27/2006
影像類型	福衛二號 (全色態)	福衛二號 (全色態)	SPOT 5 (全色態)
油污長度	1公里	0.5公里	1公里
油污寬度	30公尺	12公尺	12公尺

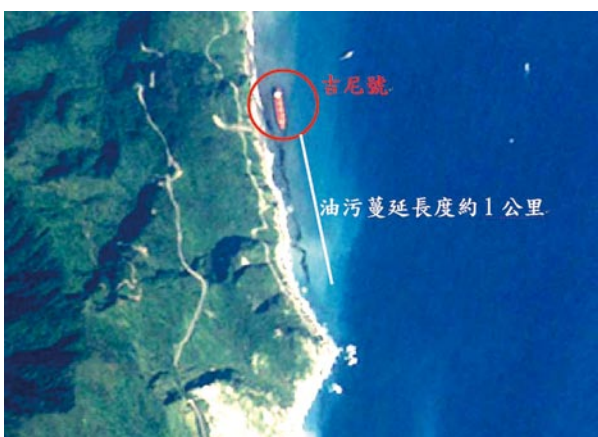
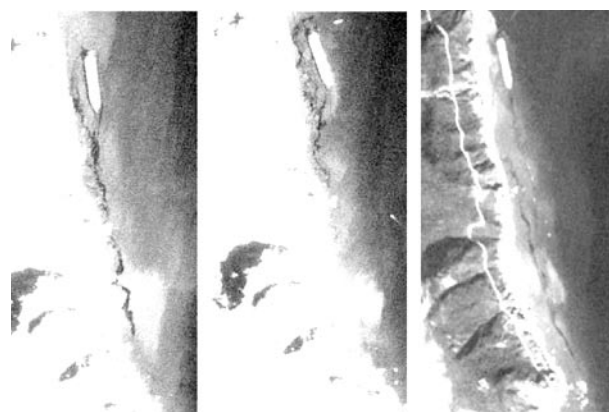


圖11 12/25/2006 福衛二號多光譜衛星影像（解析度8m）。



福衛二號 12/25/2006 福衛二號 12/26/2006 SPOT 5 12/27/2006

圖12 宜蘭縣蘇澳鎮吉尼號漏油事件多時期衛星影像。

衛星影像，並在接收及進行影像處理後傳送至環保署，表1為事件中所接收福衛二號及SPOT衛星影像，圖11為12月25日所接收之福衛二號影像，圖中可明顯辨識出事件船隻位置及油污蔓延情況，表2為12月25日、12月26日、12月27日連續三天於多時期衛星影像上油污蔓延的判釋情況，而其相對的衛星影像見圖12。

結論

台灣地區地狹人稠，四面環海，多年來為環境破壞及變化所付出的代價相當重大及沉重。很明顯的，傳統的環境偵測及資訊處理方式已無法有效的掌握及管理土地及海洋的整體變化資訊。本文主要目的是提出利用高科技遙測技術來提升及改善現行的環境偵測管理系統，在方法上主要是使用衛星遙測來偵測土地利用變遷及判釋海洋污染時空變化，以提供相關主管機關即時的監測資訊，有效掌握土地資源現況及海洋污染變化，以遏阻不法之國土破壞行為，達成國土永續發展的目標。

參考資料

1. Brekke, C. and Solberg, A. H. S. 2005. Oil Spill Detection by Satellite Remote Sensing. *Remote Sensing of Environment*, Vol.95, pp 1-13.
2. Bruzzone, L. and Serpico, S.B. 1997. An Iterative Technique for the Detection of Land-Cover Transitions in Multitemporal Remote-Sensing Images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 35, No. 4, pp 858-867.
3. Fingas, M. F. and Brown, C. E. 1997. Review of Oil Spill Remote Sensing. *Spill Science & Technology Bulletin*, Vol. 4, pp 199-208.
4. Gade, M. and Alpers, W. 1999. Using ERS-2 SAR Images for Routine Observation of Marine Pollution in European Coastal Waters. *The Science of the Total Environment*, 237/238, pp 441- 448.
5. Johnson, R.D. and Kasischke, E. S. 1998. Change Vector Analysis: A Technique for the Multispectral Monitoring of Land Cover and Condition. *International Journal of Remote Sensing*, 19 (3) , pp 411-426.
6. Lillesand, T. M., Kiefer, R. W. and Chipman, J. W. 2004. *Remote Sensing and Image Interpretation*. 5th edition, John Wiley & Sons, Inc, New York, N. Y.
7. Radke, R.J., Andra, S., Al-Kofahi, O. and Roysam, B. 2005. Image Change Detection Algorithms: A Systematic Survey. *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 14, No. 3, pp 294-307.

福爾摩沙衛星二號在防救災應用上之回顧

文/圖 蔡在宗 國立成功大學

摘要

2004年5月21日福爾摩沙衛星二號發射升空以來，國家太空中心、經濟部中央地質調查所與國立成功大學防災研究中心便密切合作，不僅將福衛二號影像用做災情分析的重要參考資料，更積極研發福衛二號影像的各種應用。過去五年來不論是好茶部落、廬山溫泉區在颱風豪雨後發生災害時，亦或是南亞地區受海嘯襲擊、四川發生大地震時，福衛二號所提供的影像總是在第一時間協助各政府部門與防救災機構充分掌握災情的狀況；此外對於各類自然災害的分布狀況、變化趨勢與發生基準的研究，福衛二號所累積了大量的影像亦可提供充足的資料。綜觀五年來福爾摩沙衛星二號所提供的影像資料，在防救災方面不論是直接或衍生的應用，都有十分優異的表現。

關鍵詞：福爾摩沙衛星二號、防救災。

前言

土地高度發展利用的區域，如果其地形陡峭，地質環境複雜且破碎，不巧又遇上了豐富而且集中的降雨狀況，很明顯這個區域的自然災害一定相當頻繁，而這正是台灣地區的最佳寫照。也正因為如此防救災的概念與行動對我們而言特別的重要。

進行防救災工作首要的就是要掌握目標區域狀況，一般而言以人力進行現場調查或是設置儀器收集資料是最常見的方式，但是這樣收集到的資料有限，如果需要廣域的資訊則用航遙測的方式進行，但是相對的資料取得成本會高出許多，而且資料密度也相對來的低；自從福爾摩沙衛星二號升空以來由於其每日再訪、可改變姿態與價格相對便宜等特性，使得利用衛星影像進行環境監測的可行性大幅度的提高。

2004年4月8日，由國立成功大學防災研究中心與國家太空計畫室共同簽署「中華衛星二號影像應用推廣合作協議」，便積極投入人力物力進行衛星影像相關應用的技術研發，環境監測正是其中的主要目標之一。衛星發射升空以後，國家太空中心、經濟部中央地質調查所與國立成功大學防災研究中心更是積極密切合作。當有重大事件發生時防災研究中心便與太空中心聯繫安排取像，待取像成功後防災研究中心與地質調查所共同進行影像分析及安排現場調查，以獲取地質災害的第一手資料；此外，防災研究中心與地質調查所亦針對台灣地區長期進行災害影響與變遷趨勢進行研究，幾年下來已有不少實做案例與研究成果。

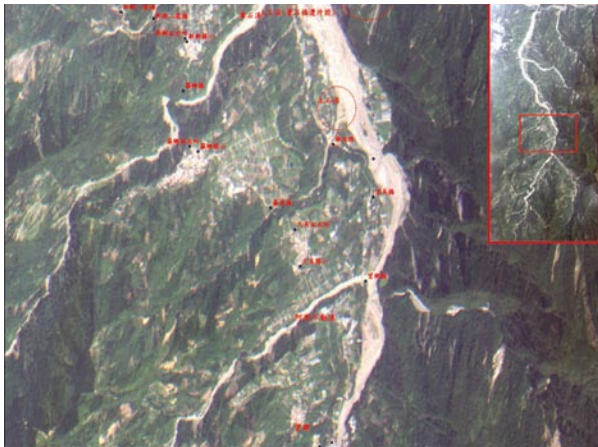


圖1 以福衛二號影像進行大範圍災害點搜尋。

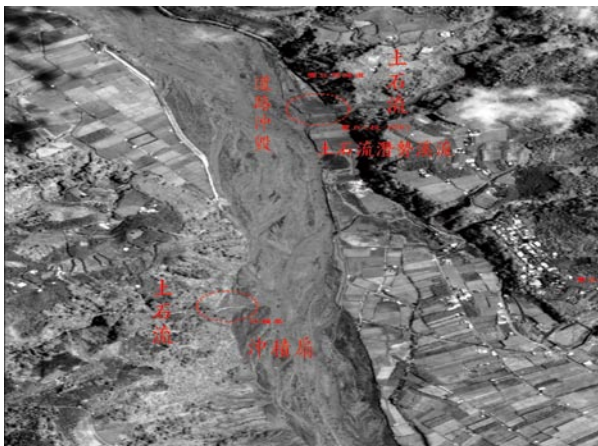


圖2 對於局部災害狀況進行判釋。

由前述的內容，不難看出將福衛二號影像應用到防救災的用途上，是可行的。以下，就近年來福衛二號在防救災上的應用簡單的做個回顧。

案例

2004年7月敏督利颱風所導引的西南氣流於2004年7月2日到7月4日間，為台灣中南部帶來豪雨並造成淹水、山崩、土石流…等災情，國內首度利用福衛二號影像進行災情研判。圖1、圖2是當時針對陳有蘭溪區域進行災情研判的實例，先針對大範圍搜尋災害點（如圖1），再針對發生災害地點進行災情研判（如圖2）。

由於七二水患時應用福衛二號影像進行災情判釋的成效不錯，於是其後的重大事件之後都援用相同的方式進行，以下是近幾年來防災研究中心與地質調查所運用福衛二號影像進行災情評估比較完整的案例。

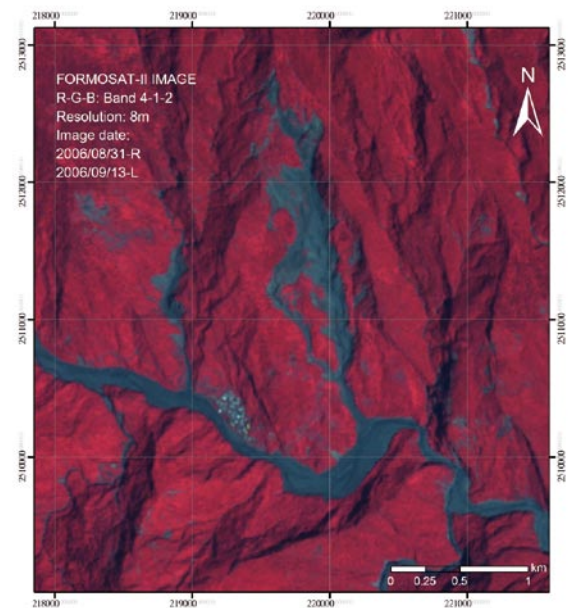


圖3 好茶部落災前影像。

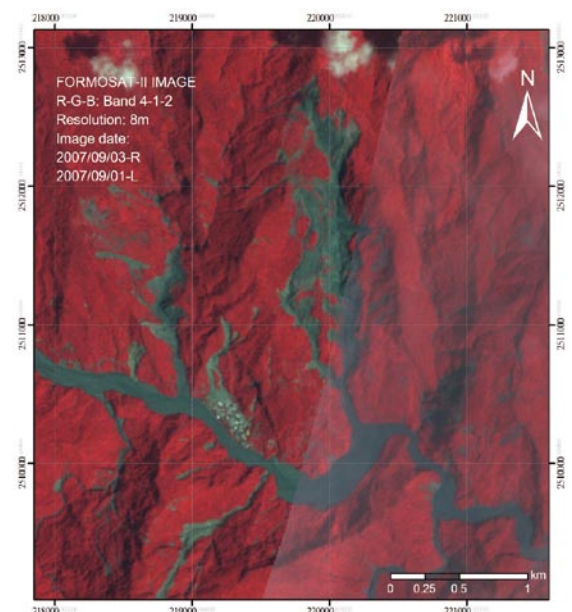


圖4 好茶部落災後影像。

國內案例

1. 好茶部落豪雨事件

位於屏東縣霧台鄉的好茶村，在2007年8月7日起便接連地受到帕布、悟堤、0809水災及0813豪雨、聖帕颱風等颱風豪雨災害的影響，不僅好茶村聯外道路被坍方土石阻斷，2006年因好茶橋被沖斷而鋪設的臨時便道也被大水沖走，使好茶對外交通全面中斷，而部落北側山坡崩坍，原好茶國小及部分民宅、教會被土石淹沒，受影響範圍約佔好茶村的三分之一，圖3、圖4為連續事件前後的影像。

比對圖3與圖4發現在好茶部落及鄰近區域有明顯的變化發生，圖5至圖7為三個比較明顯的變化區域。

圖5框選處面積約4.45公頃，長度約650公尺是主要影響好茶部落的變異區；由影像概估受影響範圍約佔好茶村的三分之一。圖6框選處面積約1.97公頃，長度約250公尺，造成對外道路中斷約80公尺。圖7框選處面積約2.05公頃，長度約420公尺，發生於舊有崩場地旁，可能進一步擴大，未來應加以注意。

2. 廬山溫泉區及上游林班地

2008年9月11日至9月16日期間辛樂克颱風襲台，廬山溫泉區及上游林班地傳出嚴重災情，在太空中心的協助下取得該區域影像，為了解辛樂克颱風造成的影響，選擇颱風前8月26日的影像與9月18日的影像製作融合影像做為比對並進行判釋判釋成果如圖8與圖9所示。

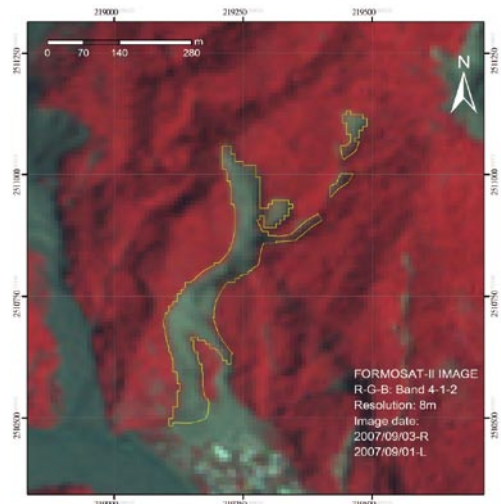


圖5 第一變異區影像。

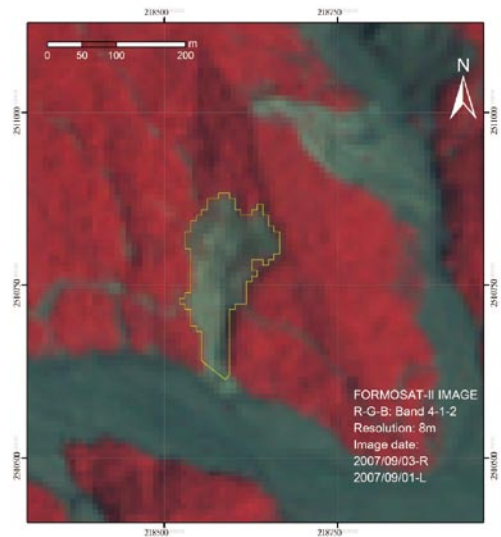


圖6 第二變異區影像。

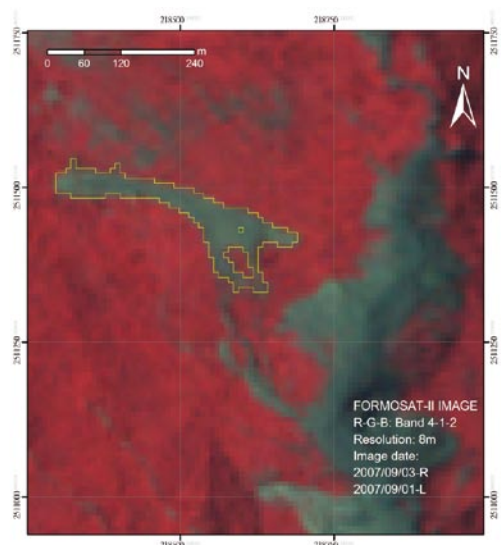


圖7 第三變異區影像。

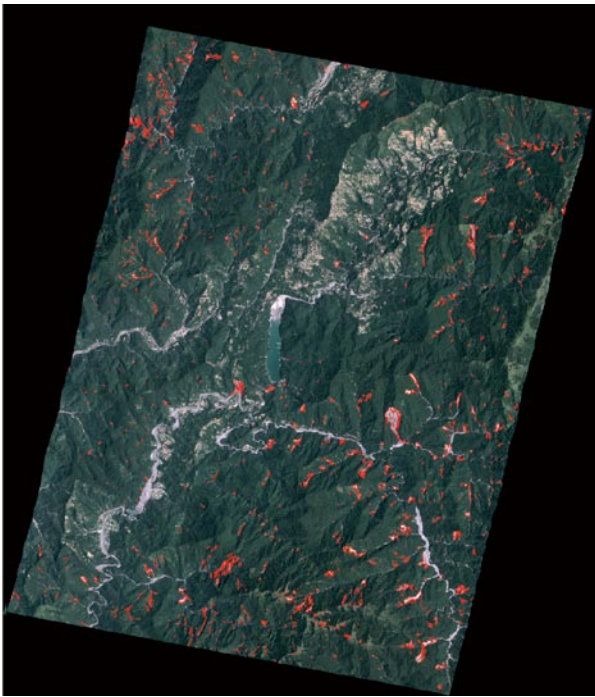


圖8 廬山地區8月26日影像判釋狀況。

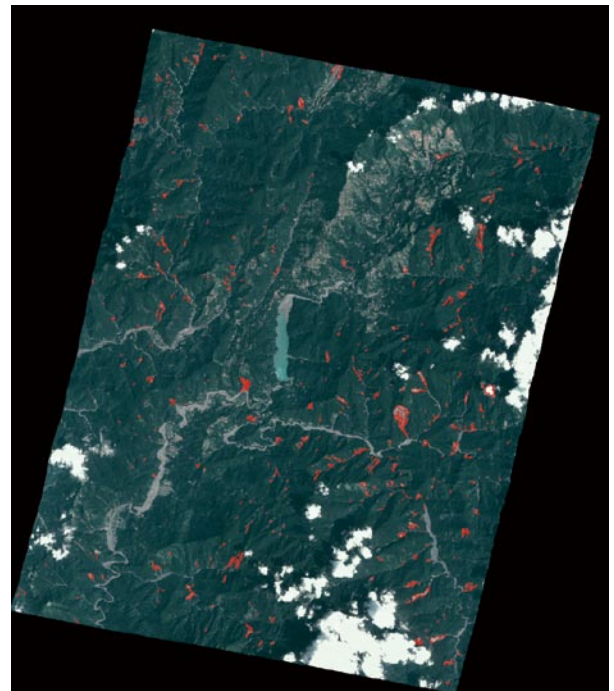


圖9 廬山地區9月18日影像判釋狀況。

圖10和圖11是影像中廬山林班所在的位置，藍色外框北側為塔羅灣溪集水區，南側為馬海僕溪集水區，紅色圈即為主要變化產生的地方，在44處發生變異地區域中主要以舊有裸露區擴大為主，廬山溫泉區上游塔羅灣溪集水區與馬海僕溪集水區之面積總合約6700公頃，經比對後發現新增之裸露地面積增加46公頃，占廬山溫泉區上游集水區屬林班地之總面積之百分比約0.68%。

由圖12與圖13可以看出，廬山溫泉區約600公尺的河段人工構造物遭受到極嚴重的衝擊，原先跨河道的橋樑消失以及岸邊的建物傾倒到河道的行水區裡，而原先明顯的河槽區也消失，整個水流可以明顯看出溢流出原本的河堤線進入市集當中，在影像左側有一明顯的崩塌產生面積約0.47公頃，該處原有的結構物消失，且明顯有水流對攻擊坡產生侵蝕的影響發生。

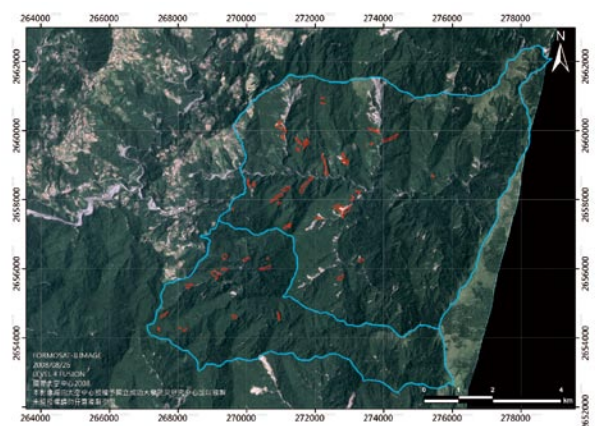


圖10 廬山林班地8月26日影像判釋狀況。

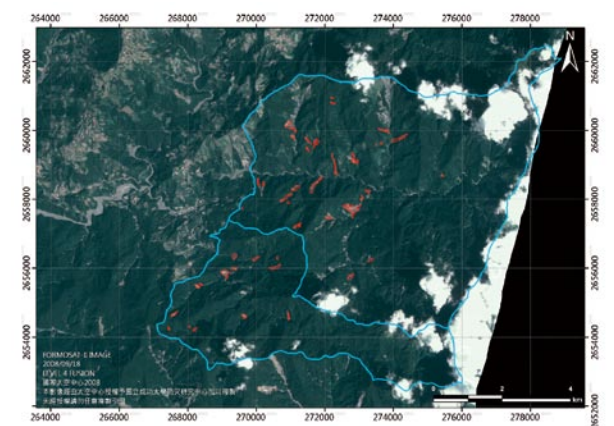


圖11 廬山林班地9月18日影像判釋狀況。



圖12 廬山溫泉區8月26日影像。



圖13 廬山溫泉區9月18日影像。

國外案例

南亞海嘯

2004年12月26日上午7:58（當地時間），印尼北蘇門答臘西岸外海發生規模達9.0之地震並引發海嘯，地震與海嘯造成鄰近震央之蘇門答臘及鄰近印度洋沿岸之國家嚴重之災害及傷亡。國家實驗研究院太空計畫室與國立成功大學防災研究中心，就南亞地區所拍攝之福衛二號影像，

經過彩色融合與影像增強等處理後，進行當地災情之評估協助掌握當地災情，圖14、圖15為當時的研判結果。

本次是福衛二號首次支援國際重大災害救災，也讓國際社會驚艷於福衛二號對於重大災害的快速反應能力。

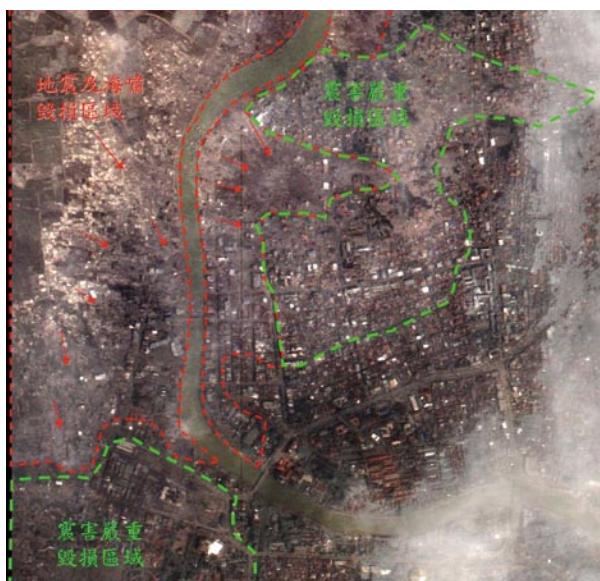


圖14 班達亞齊市區災害判釋狀況。

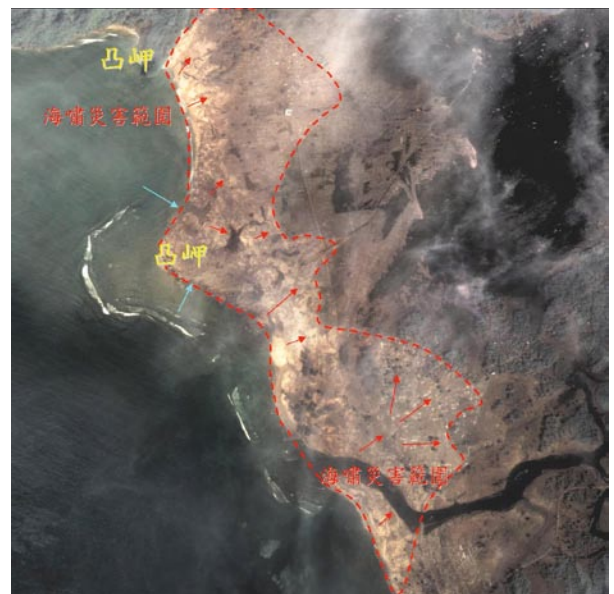


圖15 班達亞齊海岸災害判釋狀況。



圖16 通口河系列堰塞湖變化狀況。



圖17 堰塞湖迴水變化狀況。

四川地震

2008年5月12日四川汶川發生芮氏規模8的地震，防災研究中心於當日與國家太空中心連繫對該區域進行取像，14日成功取得該區域影像，防災研究中心對影像進行分析判釋並撰寫初步判釋報告，並將影像與判釋成果提供中央地質調查所

參考。15日中國水利水電科學研究院與防災研究中心聯繫希望給予支援，經與太空中心確認基於救災需要可提供水科院福衛二號影像後，開始提供水科院福衛二號融合影像以及初步判釋報告。整個初步的監測判釋工作共進行了兩週，前後使用的影像共計有28幅。

由影像判釋發現北川地區在通口河的一系列堰塞湖中，最上游的唐家山堰塞湖因上游河水持續注入，使堰塞湖湖面持續上升，對北川縣城與治城而言，是相當大的威脅。由震前（2006/05/14）與震後影像（2008/05/14、05/16、05/18）的比對顯示，5月12日因地震導致堰塞湖形成後，堰塞湖之湖水在5月14日已淹沒部份漩坪鄉。5月16日湖面水位繼續上升，其上游迴水位置往上游推進至3.5公里處。至5月18日，迴水位置再往上游推進2.7公里，總計湖面長度為5.2公里，其距離治城僅約2公里處，而下游之漩坪鄉已完全被湖水淹沒，如圖16所示。

5月19日的影像顯示湖面迴水已達治城旁橋樑處，水位持續上升治城面臨被淹沒的威脅。崩塌土體由於有雲覆蓋，無法清楚判定堰塞湖是否發生溢流或滲流之情況，5月22日的影像顯示湖面迴水已達治城上游處，同時堰塞湖似有局部溢流現象，惟溢流量不大（圖17）；經由一連串的影像比對，除了掌握災情的變化，同時防災研究中心亦持續與中國水利水電科學研究院聯繫，並分

享台灣龍泉堰塞湖的處置方案。

衍生應用

在防救災的應用上影像除了可以進行緊急災情判釋外，亦可以用來掌握長期變異的狀況。圖18為現階段防災研究中心針對緊急災情判釋與長期變異分析的標準作業流程。

經由這樣的流程，不僅可以得到各事件造成之災害分布狀況，將多期資料進行比對後更可以獲知變化的趨勢；將災害的分布、趨勢與其他自然因素如降雨、地質條件、地形條件、水文因子進行關連更可進一步獲得觸發災害的基準甚至掌握精確的定量關係，如圖19所示將衛星影像判釋所得的崩塌資料，透過地質條件進行分類，並將結果與降雨資料進行分析可以得到觸發崩塌的降雨基準關係；如果以前述的觸發關係為基礎，進一步將集水區的崩塌率與集水區的降雨資料搭配分析，則可更進一步獲得降雨與崩塌的定量關係。其他可由影像判讀出來的資料亦可透過相同的步驟，去探究出各類的定性與定量關係。

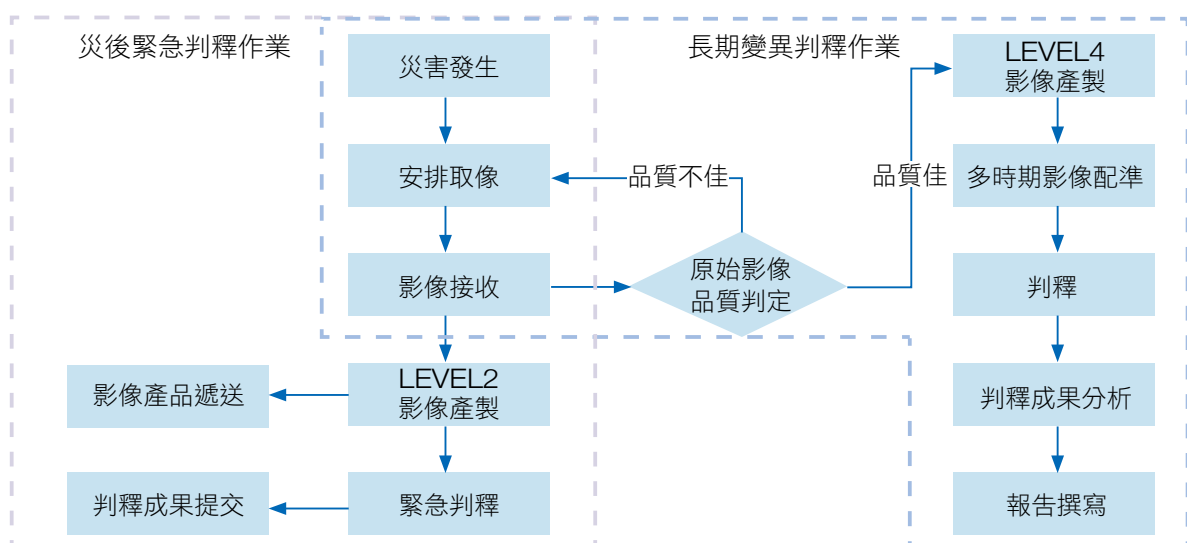


圖18 影像作業流程。

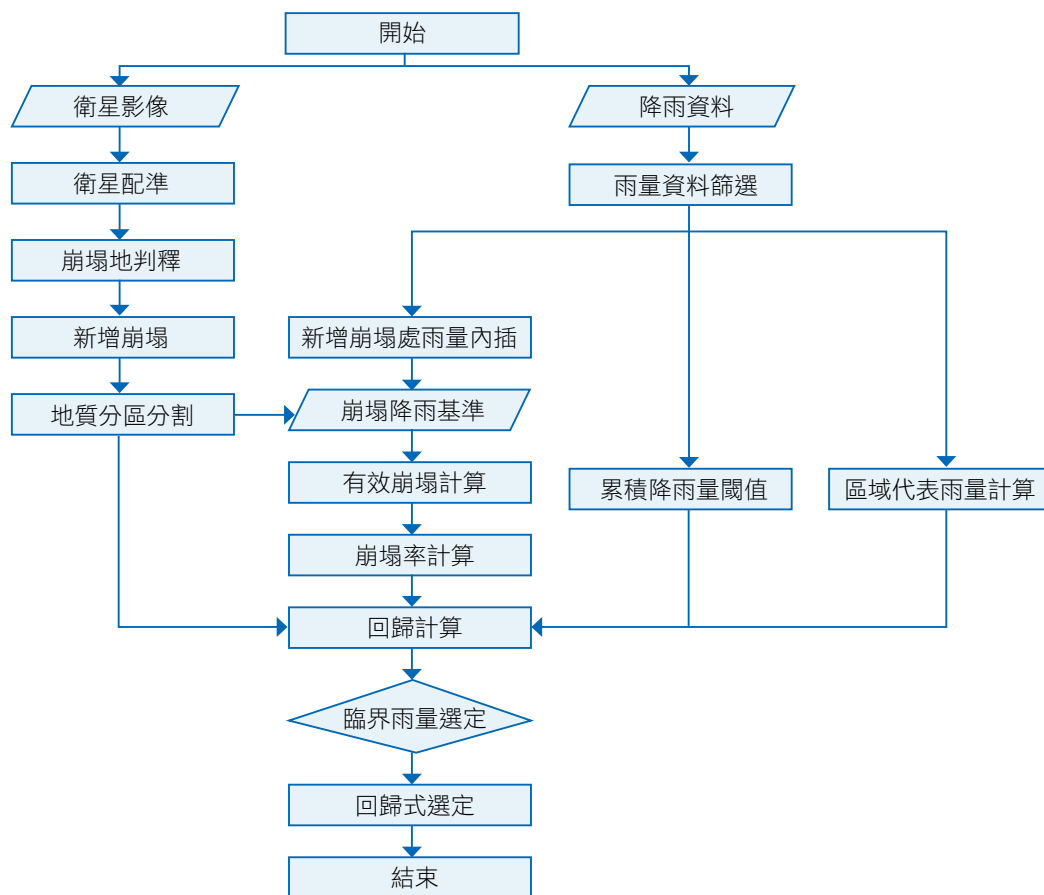


圖19 降雨與崩塌關係分析流程圖。

結論

福爾摩沙衛星二號提供高解析度、高再訪頻率與價位合宜的影像，使得防救災作業有機會以更全面性的方式掌握到環境的訊息，國立成功大學防災研究中心與國家太空中心及中央地質調查所長期以來密切合作，應用福爾摩沙衛星二號做為災情評估以及地質災害的相關研發工作，幾年來已有不少成功的案例與研究成果，證明福爾摩沙衛星二號影像對於防救災工作的推動有著良好的幫助。

致謝

感謝中央地質調查所長期以來給與「福爾摩沙衛星二號影像對地質環境與災害之動態監測及其資料庫建置」計畫的支持，以及對於相關研究工

作的共同努力。

感謝國家太空中心長期以來提供高品質的影像資料、緊急應變的取像服務以及各項影像業務的協助。

參考資料

1. 中央地質調查所（2005）「福爾摩沙衛星二號影像對地質環境與災害之動態監測及其資料庫建置（1/4）」。
2. 中央地質調查所（2006）「福爾摩沙衛星二號影像對地質環境與災害之動態監測及其資料庫建置（2/4）」。
3. 中央地質調查所（2007）「福爾摩沙衛星二號影像對地質環境與災害之動態監測及其資料庫建置（3/4）」。
4. 中央地質調查所（2008）「福爾摩沙衛星二號影像對地質環境與災害之動態監測及其資料庫建置（4/4）」。

福爾摩沙衛星二號在全球災害緊急應變與地球環境監測應用之回顧

文/圖 劉正千 國立成功大學

簡介

耗資46億台幣，歷時五年，由台灣自主控制的第一枚高空間解析度遙測衛星—福爾摩沙衛星二號（福衛二號），終於在2004年5月21日成功發射升空運轉。總計五年來，福衛二號已拍攝地表超過了五億平方公里的面積，換算為全球陸地總面積的三倍有餘，其中台灣地區的取像面積就高達一千三百萬平方公里。除了提供台灣地區前所未有且數量龐大的高品質衛星遙測影像之外，福衛二號的成功運轉，更大幅提昇了國內衛星遙測應用的層面，直接帶動了國內遙測影像處理與應用技術之研發。這五年來，本團隊在每次國際重大災害事件發生的第一時間裡，就能夠提供關鍵之福衛二號影像，研究成果不僅屢獲國內外媒體報導，也在許多重要的國際期刊上發表，更獲

聯合國「地球觀測組織（GEO）之全球系統觀察系統（GEOSS）災害管理工作組邀請合作。這背後成功的關鍵因素，就在於針對福衛二號的特性所研發的一套「福衛二號影像自動處理系統」（F-2 AIPS）[Liu 2006]。

全球災害緊急應變

南亞地震與海嘯

2004年12月26日上午印尼蘇門答臘外海發生芮氏地震儀九級以上的強烈地震，觸發了嚴重的海嘯，數小時內便侵襲了環印度洋許多國家，其中包括了數處世界著名的觀光勝地，總計造成了55個國家，超過30萬人不幸喪生的慘劇。國家太空中心於地震發生後第二天便開始連續取像，

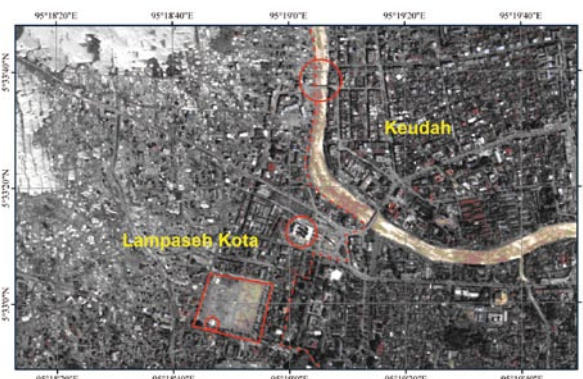
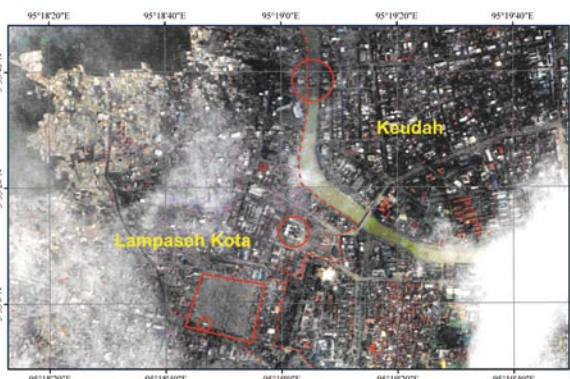


圖1 2004南亞地震海嘯事件印尼蘇門答臘北班達亞齊地區災害評估[Liu et al. 2007]。

成功大學團隊對福衛二號於災區所拍攝的遙測影像立刻加以分析，進行災害評估，並提供國際人道救援之用。此項研究成果可參見文獻[Liu et al. 2007]。

加州大火

2007年10月20日至11月9日之間，美國南加州發生大規模的山林大火事件，受到北方沙漠吹來乾燥而強烈的聖答安娜焚風影響，火勢一發不可收拾。總計共有1,500 間房屋被焚燬，延燒面積超過2,000平方公里，14人因大火直接喪命，70人受輕重傷。國家太空中心從10月23日起連續對災區進行取像。本研究應用所發展之F-2 AIPS協助處理福衛二號所拍攝的加州大火影像，於第一時間判定出Poomacha地區

野火延燒的狀況，即使是範圍僅有數公尺大小的火焰及火點位置，在兩公尺解析度、標準假彩色的福衛二號SSIM彩色融合影像上也能準確地標定出來。此項研究成果可參見文獻[Liu et al. 2009d]。

四川大地震

舉世震驚的四川大地震在2008年5月12日發生後，重大災情陸續傳出，傷亡人數更是不斷攀升，唯許多重災區因道路毀損而與外界隔絕。除了各救援團隊不斷與時間競賽，緊急趕赴災區，世界各國亦紛紛調動衛星，盼能盡快獲取災區最新影像，提供抗震救災決策之寶貴資訊。經與兩年前影像互相比較後發現，此次大地震所造成的大規模崩塌、堰塞湖、橋樑斷裂、道路扭曲斷

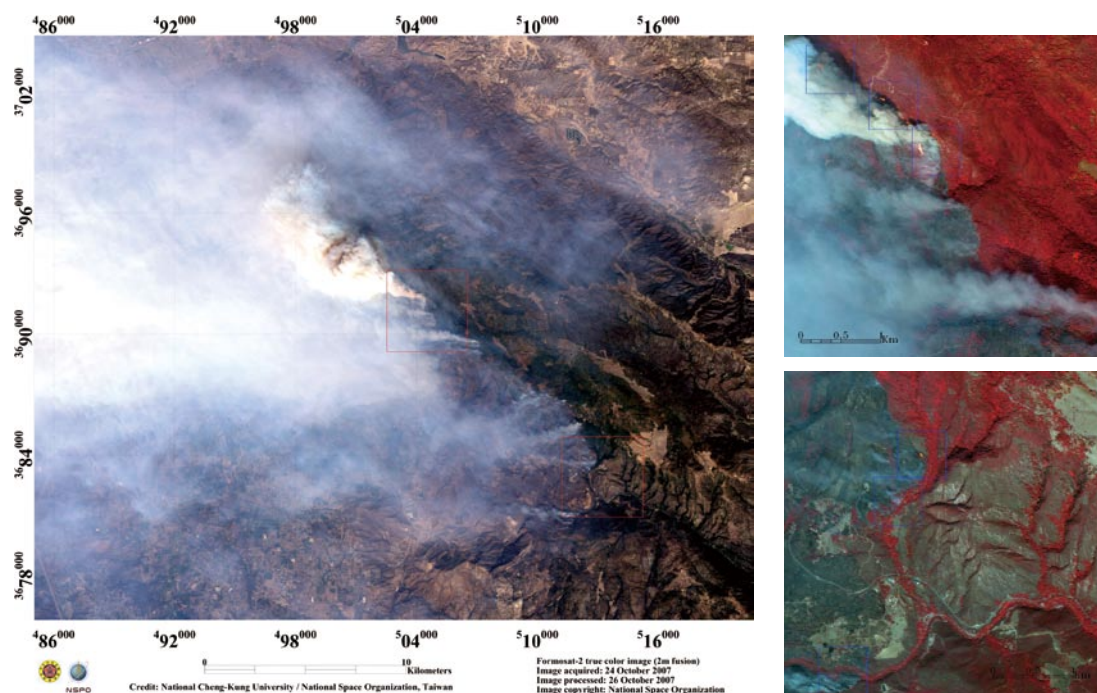


圖2 2007加州Poomacha地區大火事件災害評估[Liu et al. 2009d]。

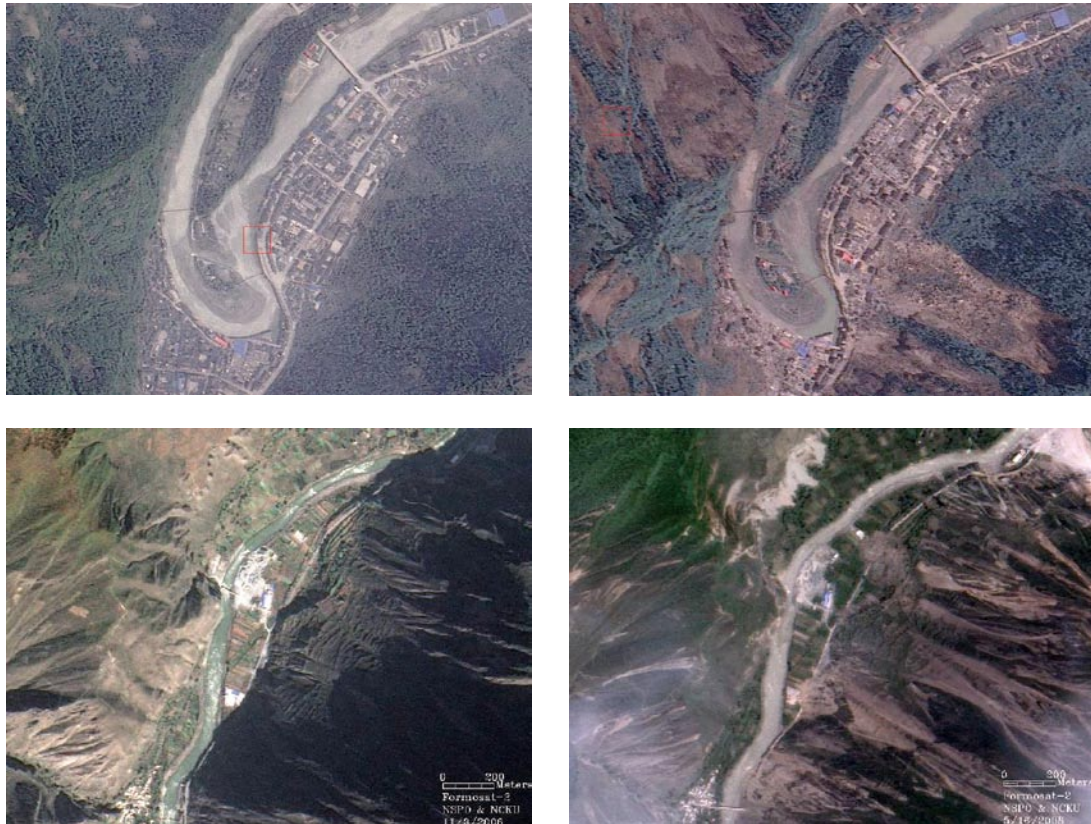


圖3 2008四川大地震事件北川縣與汶川縣災害評估。

裂、房屋倒塌、甚至可能是操場上所支搭的帳棚等特徵都可以清楚地判釋出來。再與當地民眾或記者透過網路所傳送出來的照片互相比較，證實福衛二號遙測影像的確揭露了此次地震所造成嚴重災害的實況。

卡玫基風災

卡玫基颱風於2008年7月17日來襲，台南縣、高雄縣山區災情嚴重，成大團隊解析福衛二號遙測影像，經與去年2月同一地點所拍攝之影像比對，清楚看到地表不堪大雨沖刷崩塌、土石



圖4 2008卡玫基颱風事件高雄縣甲仙鄉與杉林鄉集來村災害評估。



圖5 2008辛樂克颱風事件廬山溫泉區災害評估。

流流竄、橋樑沖毀等大自然蹂躪情況，值得有關單位重視。其中，甲仙鄉旗山溪一帶，去年2月時拍到山巒青翠，適逢枯水期河床露出，畫面乾淨、清楚，今年7月21日同一地點，旗山溪河床變寬、河水混濁，兩處地表崩塌，一處崩塌8公頃多，另一處崩塌約4公頃。

辛樂克風災

辛樂克颱風於2008年9月14日來襲，讓廬山溫泉區柔腸寸斷，成大團隊解析福衛二號遙測影像，從空中鳥瞰，發現地貌出現重大改變，除

了倒塌的綺麗飯店災後橫亙在河床上，不少橋樑更是遭到土石淹沒或是沖毀，就連上游的萬大水庫，都可以看到泥沙淤積得非常嚴重。沿著塔羅灣溪的河道一路往上，原本翠綠的山壁被土石淹沒，連橋都不見了。受到土石沖刷倒塌的綺麗飯店，從空拍圖上也可以看到，今年5月的時候還完整的矗立在溪床邊，颱風過後整座倒塌，橫亙在河道上；再往上游看，原本清澈的萬大水庫，災後大半個水庫都被泥沙淤積，可以想見現場土石流的威力有多驚人。塔羅灣溪帶來非常多的泥沙，現在都已經淤積在萬大水庫的上游。從廬山

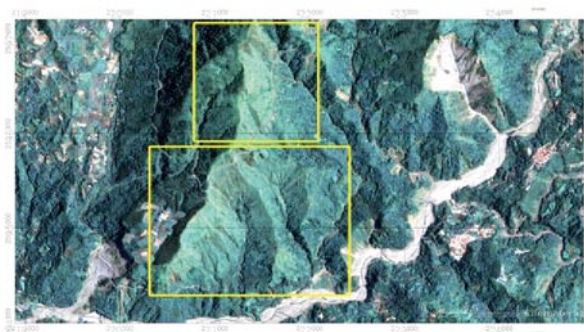


圖6 2009阿里山林班地大火事件災害評估。

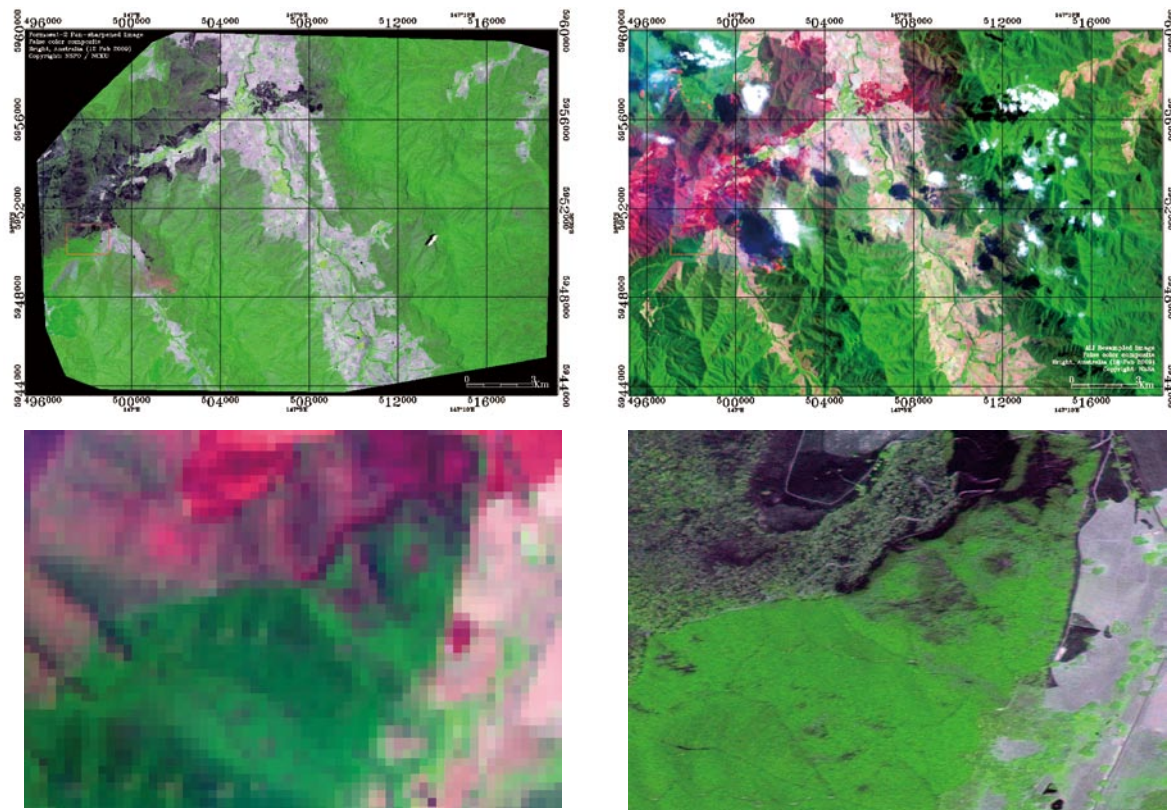


圖7 2009年2月澳洲維多利亞省叢林野火事件災害評估。

地區的立體剖面圖，更可以清楚發現土石流的範圍非常廣，山區國小的操場也成了一片泥地，一次颱風，真的讓廬山風景區的地貌產生重大變化。

阿里山大火

疑似人為縱火的阿里山林班地大火，自2009年1月12日起延燒，在林管處派出百名人力與空勤隊出動數十架次的積極撲救下，火勢終於在14日獲得控制。成大團隊除了於13日公布首幅火場全覽圖，更將14日所拍攝災後的清晰影像與災前的影像進行變異分析，精確計算出此次山林大火所焚燬的面積。以阿里山公路為界，共有南北兩大區域的草生地焚燒殆盡。若從影像上直接圈

繪並計算面積，北邊區域為32公頃，南邊區域為141公頃。若再考慮邊坡坡度以修正實際面積，北邊區域為41公頃，南邊區域為234公頃。這些資訊已於第一時間提供給林務局作為災損評估與災害調查之用。

澳洲維多利亞省大火

澳洲東南Tasman 海域於夏季時所產生的高氣壓帶來強勁西北風，經常造成澳洲東南部高溫且乾燥。成大團隊針對2009年2月於澳洲東南部維多利亞省發生之叢林野火事件，應用福衛二號所搭載之遙測成像儀（RSI）以及美國國家太空總署（NASA）EO-1衛星所搭載之先進陸地成像儀（ALI）進行協同取像，並對所拍攝之高

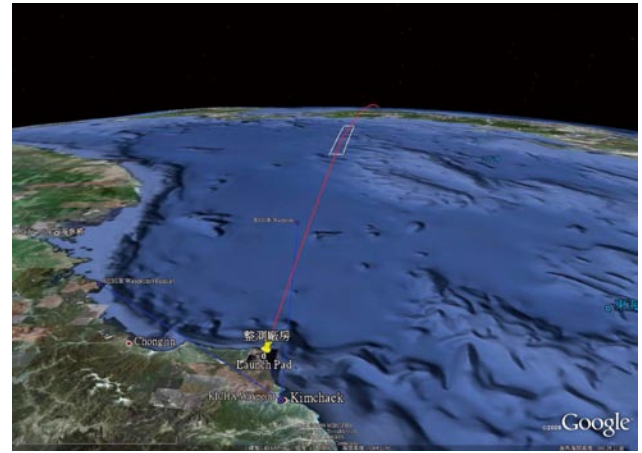


圖8 2009北韓運載火箭發射基地取像與火箭彈道分析。

時空分辨率影像與多光譜影像進行判識與分析，以評估此次林火災害。結果顯示，結合福衛二號高時空影像及先進陸地成像儀（ALI）多頻譜影像，對起火點的判識，以及燃燒區和焚毀區詳細範圍之率定，均有相當優勢。本研究之成果亦為NASA所推動在太空中建立一個衛星網（SensorWeb）以實施全球災害監控的目標，提供了一個成功應用的實例。

北韓火箭試射

北韓於2009年4月5日發射運載火箭，引起國

際注目，國家太空中心自3月28日就密集拍攝朝鮮半島，直到4月5日止，總共拍到4張清晰影像。其中又以4月5日上午火箭發射前一小時所拍攝的影像最具代表性。成大團隊應用所發展的F-2 AIPS產製了兩公尺解析度的彩色融合影像，並與美國商用衛星Quick Bird於2003年4月3日所拍攝的衛星影像相互比較，解析北韓舞水端里基地這6年來所增加的設施。再結合美國麻省理工學院彈道模擬之結果，呈現了一系列北韓舞水端里基地設施，以及火箭彈道模擬之立體影像，深入剖析北韓舞水端里基地火箭發射事件對日本及美國所造成的威脅。



圖9 應用F-2 AIPS處理福衛二號分別於（左）95/7/31與（右）95/8/25兩日所拍攝旗山溪流域之木梓國小至超峰寺間河段之影像，並進行變異分析之結果。

地球環境監測

盜濫採砂石監測

河川土地使用與河砂開採管理多以人為主觀之認定進行相關違規行為之告發，但因河川土地與土砂資源常隨水位變易產生極大之變化，或因缺乏客觀事實之比對，導致相關執行人員與違法行為者發生極多之衝突，亦對相關單位公務之執行產生諸多困擾。成大團隊應用所發展之F-2 AIPS處理福衛二號於濁水溪、高屏溪所拍攝多期影像以進行長期監測。並評估以福衛二號影像進行河川區域大面積變異監測與通報的可行性與時效性，期望可由少數人力進行大面積之監測，並針對長期遙測監測資料進行比對，將發現有異之區

域分析結果提供有關單位進行實際現地的查核。此項研究成果可參見文獻[Liu et al. 2009c]。

水庫集水區崩場地監測

台灣河川上游集水區因為近年來天然災害以及人為的過度開發而造成了顯著的破壞。每逢大雨，山區的泥砂土石便會受到雨水沖刷而流入水庫，造成水庫原水濁度大增，甚而導致民生用水無水可供之嚴重問題。本研究應用所發展之F-2 AIPS處理福衛二號於曾文水庫集水區所拍攝的多期影像，以探討集水區崩場地之時空變化受到地震事件與大規模降雨事件之影響[Liu et al. 2009b]。

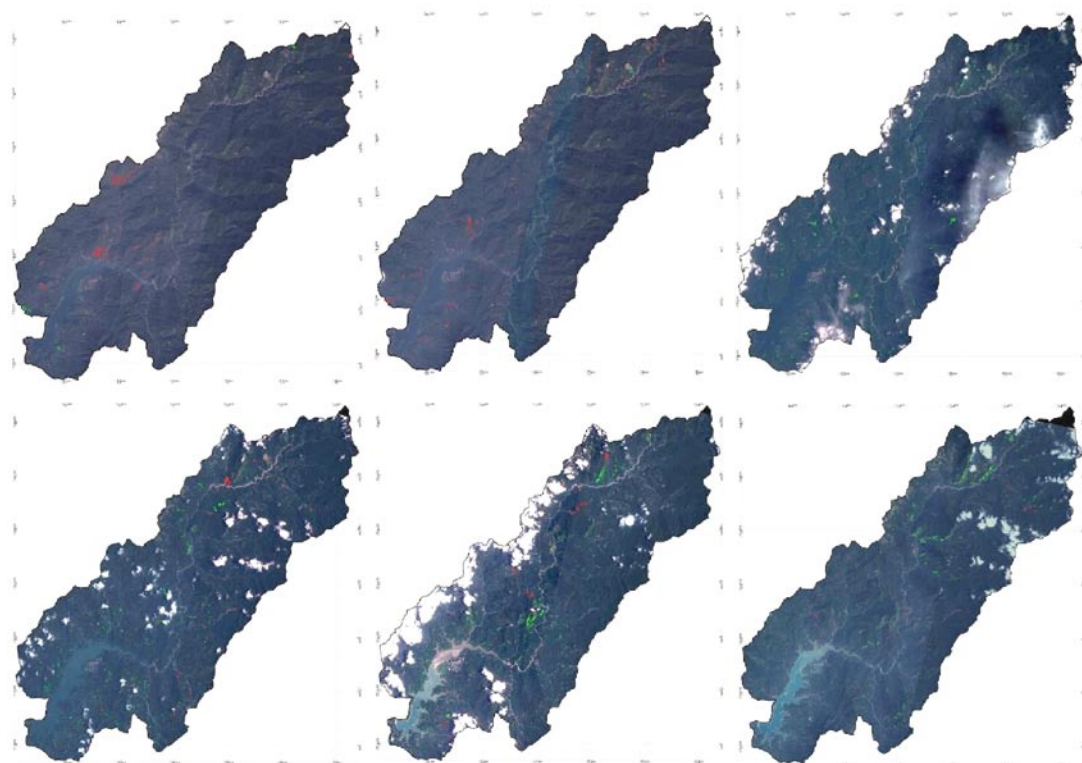


圖10 應用F-2 AIPS處理福衛二號所拍攝曾文水庫集水區多期影像以探討集水區崩場地之時空變化。

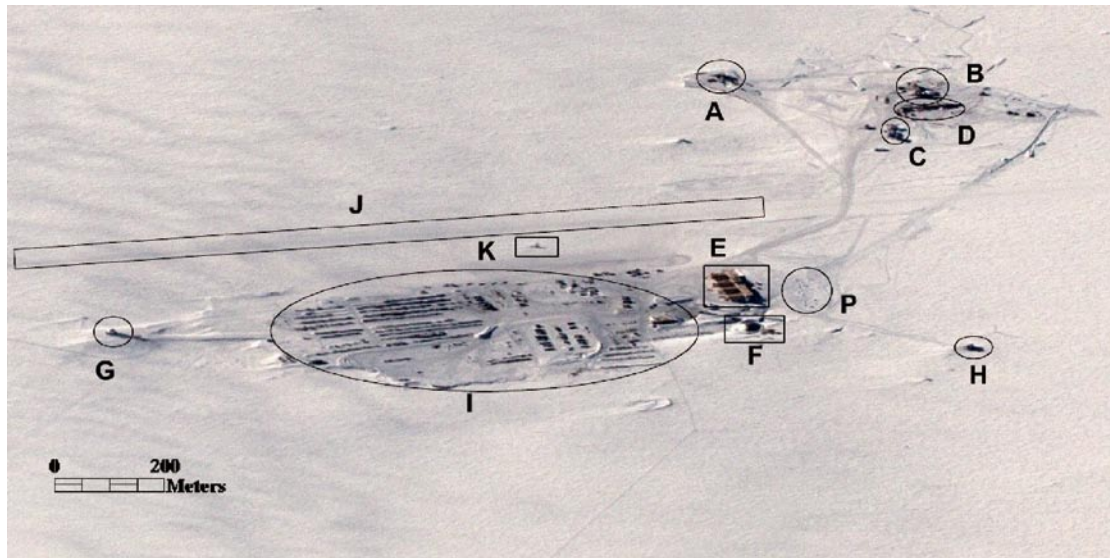


圖 11 福衛二號南極科學站高空間解析度光學衛星影像[Liu et al. 2008a]。

水庫水質評估

水庫水質之監測為攸關人類基本生活需求之重要課題。傳統的水庫水質監測工作多仰賴架設監測站或以人力於現場進行採樣分析，其在時間與空間上受到人力物力的限制，無論從監測頻率、監測範圍、或是資料代表性等角度來考量，成效皆不盡理想。本研究應用所發展之F-2 AIPS處理福衛二號

於曾文水庫所拍攝的多期影像，並以手持式高頻譜輻射儀在現場量測水面反射頻譜，並採取水樣。隨後於實驗室中依標準作業程序分析所有水樣之固有光學性質與各項水質參數，並藉此監測水庫內葉綠素a與懸浮固體物濃度之時空分佈，此項研究成果可參見文獻[Chang et al. 2009]。

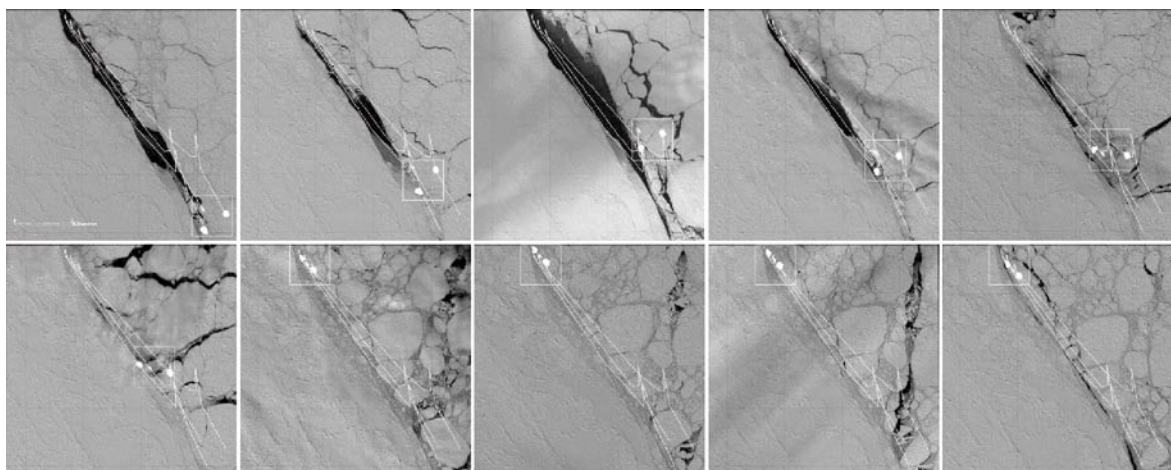


圖 12 加拿大阿勒海冰裂解連續監測[Liu et al. 2009a]。

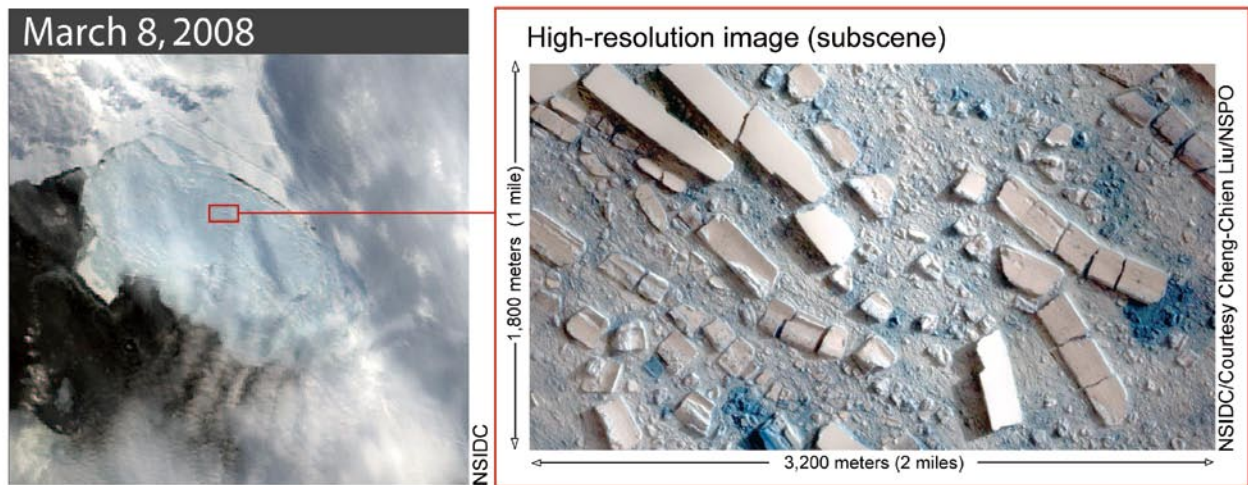


圖13 南極威爾金冰架崩解 (http://www.nsidc.org/news/press/20080325_Wilkins.html)。

南極科學站取像

國際極區年 (International Polar Year, IPY) (2007-2008) 的重點工作之一是蒐集並整合世界各國在極區所拍攝的衛星遙測影像 [Rapley et al. 2004]。10年前加拿大曾以特殊的軌道模式操控 Radarsat-1 為期一個月之久，成功地拍攝了全南極大陸地區30公尺解析度的雷達影像 [Jezek et al. 1998]。但光學衛星受到軌道高度 (AL)、刈幅 (SW)、以及指向能力 (PC) 的限制，拍攝極區的範圍始終無法超過一定的緯度 [Kargel et al. 2005]。但直到福衛二號 (AL: 891km/SW: 24km/PC: ± 450 跨軌與延軌方向) 才終於打破這個極限，可以拍攝到整個極區的範圍 (包含南北緯90度) [Liu et al. 2008a]。

加拿大阿勒海冰裂解連續監測

阿勒 (Alert) 為位於世界最北端而有人類居住的城市。每年春分前後，海冰即開始融化並裂

解。太空中心曾於2007年3月24日至4月2日連續十天，對此地進行密集取像。透過 F-2 AIPS 分析這十幅時間序列影像，我們可以清楚追蹤這些冰塊的動態變化，進而計算出速度場。這也向世界研究極區的科學家展現了，福衛二號在極區研究是非常寶貴的資料來源。此項研究成果可參見文獻 [Liu et al. 2009a]。

南極威爾金冰架崩解

位於南極半島西南邊，距南美洲大陸南端僅1600公里之遙的威爾金冰架 (Wilkins Ice Shelf)，自2008年2月28日起突然發生一連串大規模的崩解事件，凸顯了全球氣候劇變，在南極地區所造成空前嚴重的暖化現象。從3月8日良好天候下所拍攝的2公尺解析度彩色影像中，首次揭露了冰架崩解的詳細過程。英國南極調查所 (British Antarctic Survey; BAS) 的團隊成員亦安排了一次飛越崩解冰架區域的任務，拍攝影片並蒐集各種現場觀測資料加以佐證。彙整此

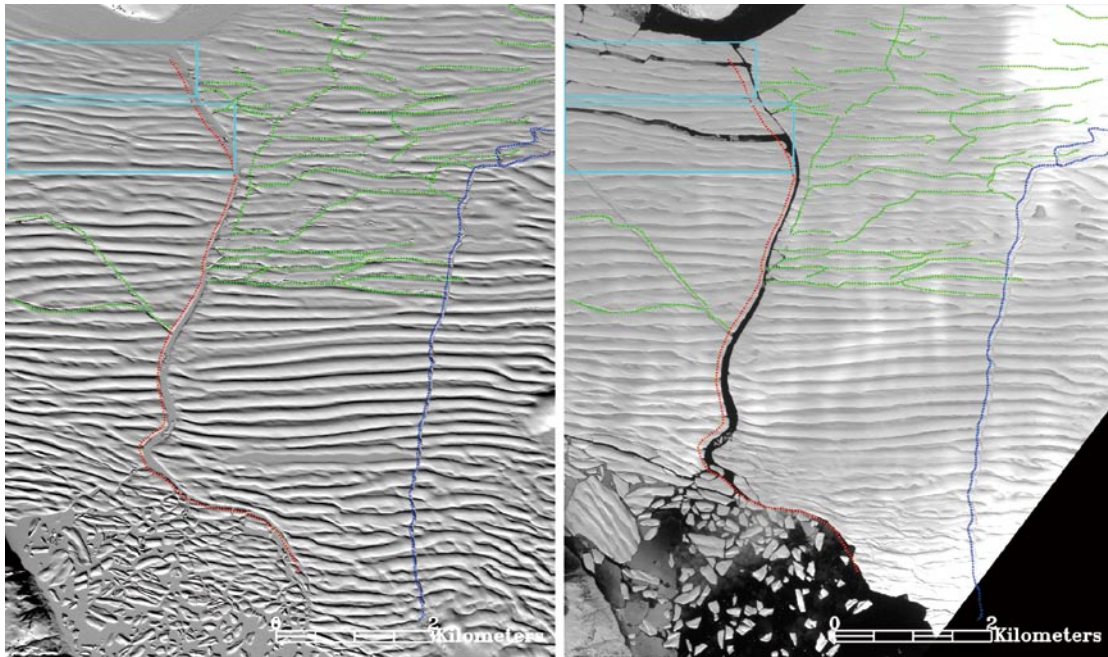


圖14 加拿大沃杭特（Ward Hunt）冰架崩解[Liu et al. 2008b; Scambos and Liu 2009]。

次合作調查的各項資料，成大與美國NSIDC、英國BAS等國際頂尖團隊於2008年3月25日聯名發佈新聞稿，正式向全球公布此次南極威爾金冰架崩解事件之調查結果，此項研究成果可參見文獻[Scambos et al. 2009]。

加拿大沃杭特（Ward Hunt）冰架崩解

加拿大沃杭特冰架是目前北半球所存少數冰架中最大的一座。自2008年5月份媒體報導發現了新裂縫的消息後，太空中心便對該區進行密集取像。總計從6月5日到8月30日之間，共獲取了17幅影像，經成大團隊處理分析後發現，隨著夏季氣溫上升，大量的熔體湖（melt pond）在幾週中快速形成、面積遽增，隨之突然乾涸並產生一連串的裂隙，使冰架異常脆弱；而在冰架附近因地形與急遽加速的海流，產生了渦漩場，提供了將沃杭特冰架逐步剝離的主要外力之一。因

此，在8月底的影像中清楚顯示，科學家擔心已久的棚外湖（epishelf lake）已因為一條由裂隙擴展而形成的新渠道而不復存在。此項研究成果可參見文獻[Liu et al. 2008b; Scambos and Liu 2009]。

結語

本團隊在過去五年來深耕發展的F-2 AIPS，不僅得到許多豐碩的成果，更因為完全自主開發，掌握所有關鍵技術與經驗。無須昂貴的工作站系統，僅以一般個人電腦即可以操作。若有任何特殊需要，可在任何時間移動至任何地方進行影像處理與分析工作，在經濟與效能各方面的考量上，都非常值得推廣到未來的衛星任務，或是其他遙測平台的影像處理應用上。盼望藉由本文介紹現階段針對福衛二號影像特性所開發的F-2 AIPS，以及實際應用於全球災害緊急應變與地

球環境監測相關工作的主要成果，拋磚引玉，未來能結合國內外更多的研究人力與資源，以福衛二號的經驗與成果，讓台灣太空科技與遙測應用的發展更上一層樓。

參考資料

1. Chang, C.-H., Liu, C.-C., Wen, C.-G., Cheng, I.-F., Tam, C.-K., and Huang, C.-S., 2009, Mapping reservoir water qualities on FORMOSAT-2 high-spatial-resolution imagery, The FORMOSAT-2 5th Anniversary Conference, Hsinchu, Taiwan.
2. Jezek, K. C., Cars, F., Crawford, J., Curlande, J., Holt, B., Kaupp, V., Lord, K., Labelle-Hammer, N., Mahmood, A., Ondrus, P., and Wales, C., 1998, Snapshots of Antarctica from Radarsat-1: IGARRS'98, p. 1428-1430.
3. Kargel, J. S., Abrams, M. J., Bishop, M. P., Bush, A., Hamilton, G., Jiskoot, H., Kaab, A., Kieffer, H. H., Lee, E. M., Paul, F., Rau, F., Raup, B., Shroder, J. F., Soltesz, D., Stainforth, D., Stearns, L., and Wessels, R., 2005, Multispectral imaging contributions to global land ice measurements from space: Remote Sensing of Environment, v. 99, p. 187-219.
4. Liu, C.-C., 2006, Processing of FORMOSAT-2 daily revisit imagery for site surveillance: IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, v. 44, p. 3206-3214.
5. Liu, C.-C., Chang, Y.-C., Huang, S., Wu, F., Wu, A.-M., Kato, S., and Yamaguchi, Y., 2008a, First space-borne high-spatial-resolution optical imagery of the Antarctic from Formosat-2: Antarctic Science, v. 20, p. 605-606.
6. Liu, C.-C., Chang, Y.-C., Huang, S., Yen, S.-Y., Wu, F., Wu, A.-M., Kato, S., and Yamaguchi, Y., 2009a, Monitoring the dynamics of ice shelf margins in Polar Regions with high-spatial- and high-temporal-resolution space-borne optical imagery: Cold Regions Science and Technology, v. 55, p. 14-22.
7. Liu, C.-C., Chang, Y.-C., Yan, S.-Y., and Wu, A.-M., 2008b, important features in the Ward Hunt Ice Shelf revealed from the high-temporal- and high-spatial-resolution images taken by Formosat-2 in Summer 2008, 2008 AGU Fall Meeting, San Francisco, California, USA.
8. Liu, C.-C., Liu, J.-G., Lin, C.-W., Wu, A.-M., Liu, S.-H., and Shieh, C.-L., 2007, Image processing of FORMOSAT-2 data for monitoring South Asia tsunami: International Journal of Remote Sensing, v. 28, p. 3093-3111.
9. Liu, C.-C., Shieh, C.-L., Lin, J.-C., and Wu, A.-M., 2009b, Monitoring landslides from Formosat-2 high spatiotemporal imagery: the case of Tseng-Wen Reservoir catchment area, p. submitted.
10. Liu, C.-C., Shieh, C.-L., Wu, C.-A., and Shieh, M.-L., 2009c, Change detection of gravel mining on riverbeds from the multi-temporal and high-spatial-resolution Formosat-2 imagery: River Research and Applications, p. (in press) .
11. Liu, C.-C., Wu, A.-M., Yen, S.-Y., and Huang, S., 2009d, Rapid locating of fire points from Formosat-2 high-spatial-resolution imagery: example of the 2007 California wildfire: International Journal of Wildland Fire, v. in press.
12. Rapley, C., Bell, R., Allison, I., Bindshadler, R., Casassa, G., Chown, S., Duhaime, G., Kotlyakov, V., Kuhn, M., Orheim, O., Pandey, P. C., Petersen, H. K., Schalke, H., Janoschek, W., Sarukhanian, E., and Zhang, Z., 2004, A Framework for the International Polar Year 2007-2008, the ICSU IPY 2007-2008 Planning Group, p. 39.
13. Scambos, T., Fricker, H. A., Liu, C.-C., Bohlander, J., Fastook, J., Sargent, A., Massom, R., and Wu, A.-M., 2009, Ice Shelf Disintegration by Plate Bending and Hydro-fracture: Satellite Observations and Model Results of the 2008 Wilkins Ice Shelf Break-ups: Earth and Planetary Science Letters, v. 280, p. 51-60.
14. Scambos, T., and Liu, C.-C., 2009, A Closer Look at Polar Ice: Formosat-2 and Glacier Changes in the Arctic and Antarctic, The FORMOSAT-2 5th Anniversary Conference, Hsinchu, Taiwan.

尖端科技 State-of-the-art Science and Technology

應用於百萬電晶體等級設計 (Just-suggestion) Ultrsim快速模擬

The Fast Simulation with Ultrsim for Million Scale Design

文/圖 嚴祥銘 國家晶片系統設計中心

摘要

由於電路設計的日趨複雜，過去常用的電晶體階層模擬軟體Spectre與Hspice，隨著設計電路電晶體倍數性的成長，在模擬時間與運算能力的考量上已不敷使用，為了因應市場對於高容量電晶體電路的模擬，Cadence與Synopsys公司分別開發了Ultrsim與Nanosim等第二代的模擬軟體，運用新開發的演算法，加速高容量電晶體電路的模擬時間，並進一步擴大了電晶體階層模擬軟體所能模擬的元件容量。

簡介

過去的電晶體階層模擬軟體Spectre與Hspice，在做電路運算時，是將電路中所有的參數建構成一完整的 n 維矩陣，然後再試圖解出這矩陣的解，此即為電路在某一個時間點的時域表現，或者是某一頻率點的響應，而在運算

區間的決定方面，Spectre與Hspice會根據電壓變化值做動態調整，在變化較劇烈的部份，用較高的解析度（亦即較窄的運算區間）去做運算，而在變化較趨緩的部份，則用較低的解析度（亦即較寬的運算區間）來做運作，再搭配精準度高的BSIM3V3電晶體模型，自可在不論時域或頻域上，得到精準度較高的電路表現，但此種演算法遇到龐大的電晶體模擬時，卻會耗費大量的記憶體與運算時間，但隨著電路規模的成長，運算矩陣的維數也會隨之水漲船高，而一個高維數的矩陣要算出收斂解的可能，遠比低維數的矩陣來的困難，而當電路內有數位電路出現時，其01切換的劇烈的電壓變化，卻造成模擬解析度的提高，進而增加了模擬時間，但在電路的實際應用上，對於數位電路的要求，往往只是01邏輯是否正確，而非如

類比電路對於電壓、電流變化來的如此嚴苛。

新一代的模擬軟體的發展方向，即是將電路拆解成多個低維數的矩陣的組合，以期提高模擬時間，這個方法即是第二代模擬引擎所說的分割演算法（Partitioning Algorithm）但這個方向其實產生了另一個問題，在Spectre與Hspice原先的演算法中，是將整個電路中所有的變數整合成一個矩陣，雖然維數高，但是各個元件間彼此的效應均被包含在內，但當一個電路被切分成多個獨立的低維度矩陣時，在各個矩陣間相互影響的效應被忽略，而此情形將造成模擬結果與實際輸出的差異，當電路的區分的越大塊，自然結果也將越準確，但卻也犧牲了模擬時間，但切分電路太過細微時，卻有可能漏失了關鍵的電路效應，所以如何決定切分的大小，這就是第二代模擬軟體重要的課題之一。

除了電路切分大小會影響電路模擬結果的精確度與模擬時間的長短外，從電路設計的觀點來看，一個大的電路其實是由多個小的電路區塊所組成，而每一個電路區塊對於電壓電流變化量的敏感度不盡相同，有些類比區塊對於變化量的改變極為敏感，但對於數位電路來說，卻只求邏輯的正確，而這也提供了節省模擬時間，提高模擬元件容量的思維方向，在過去Hspice與Spectre一視同仁地對所有的電晶體套用精準的BSIM3V3模擬，對於每一顆電晶體的寄生電阻、電容與非線性特性均給與精密的模擬，然在數位電路上，對上述效應並不敏感。故第二代模擬軟體針對電路內不同電路的精確度，付與不同精準度的模型，在模擬時間與模擬精確度之間取得平衡。

除前所述外，第二代的模擬軟體事件亦採用觸發（Event Driven）的模擬演算法，當每一次運算時，就會預測下一次的運算結果，如果這次與下次之間的差距大於演算法內預設的變化量，則會執行下一次的運算，但若下一次的運算值小於預定變化量，則維持這次的運算結果，此演算法搭配前二段所述的分割演算法，可以進一步的降低模擬時間，然事件觸發演算法的重點即在預測目前與下次運算間的變化值，來決定是否要執行下次的運算，但這變化值的大小卻也攸關了電路模擬的精確度，因此如何調整與設定變化值，以期誤差不與第一代模擬軟體相差太多，亦是也是第二代模擬軟體的課題之一。

針對上述三段所描述的第二代模擬軟體所面臨的課題，將會在第二節的Ultrsim介紹中，提出Cadence公司開發的Ultrsim軟體所提出的解法，而在第三節的部份，將會以一個4KB的SRAM電路為例，來說明Ultrsim軟體的圖型化介面操作。

Ultrsim模擬演算法介紹

圖1為第一代與第二代電晶體模擬軟體速度與模擬容量比較圖，橫軸為電路的規模大小，單位為電晶體數目，縱軸為模擬時間，從此圖中可以看到同屬第一代模擬軟體的Spice與Spectre，在面臨100k數目以上的電晶體階層時，其將電路整合為單一矩陣的精密計算方法，就已超過該軟體的運算能力，而在大電路運算時，其模擬時間太過曠日廢時。對於時時需要微調的類比或混訊電路，當其整合在系統內時，耗時的模擬時間，對於縮短設計的時程來說，是不利的。

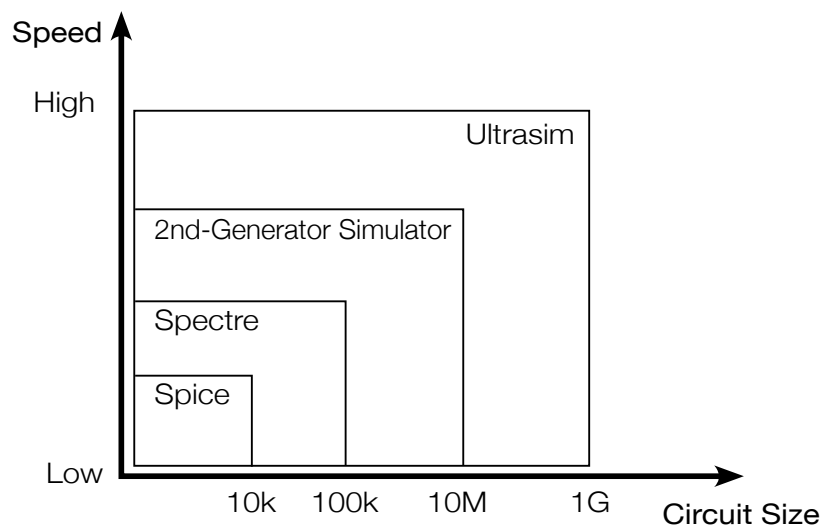


圖1 第一代與第二代電晶體模擬軟體速度與模擬容量比較圖。

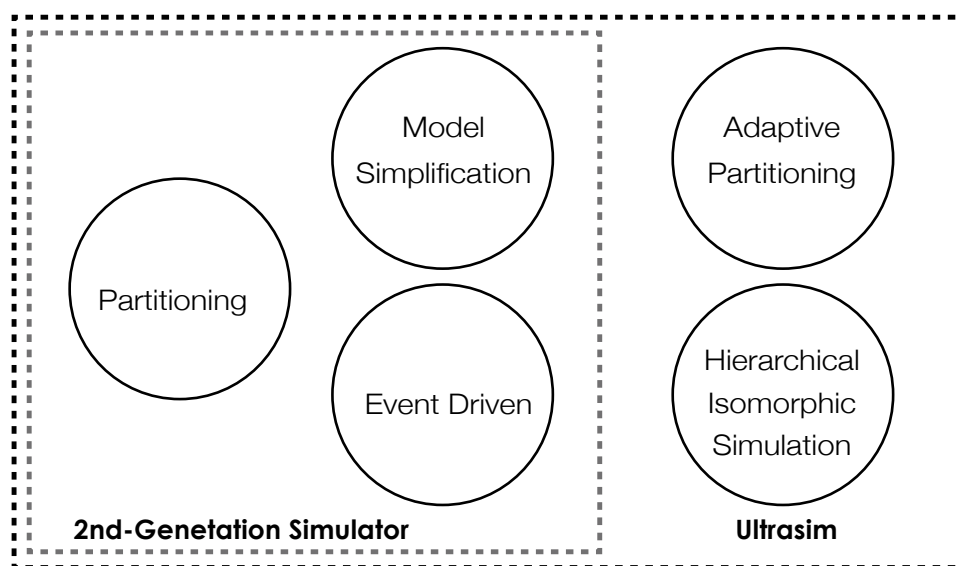


圖2 Ultrasim軟體模擬演算法。

如前所述，第二代模擬軟體包含三種演算法，其一為將整個電路系統切割成多個子區塊，以降低運算矩陣維數的分割演算法（Partitioning Algorithm），第二為針對各個子區塊不同的解析度需求，給於適當的模擬模型簡化（Model Simplification）演算法，最後為判別前後兩次變化值差異，決定是否運算的事件觸發（Event Driven）演算法。但一

般的第二代電晶體模擬軟體如Nanosim，其所切分的電路分割區塊，從模擬開始決定後，就不會再改變，但實際上此方法有其風險，在電路的模擬中，在某一時間區間，原本相關性不高的子電路區塊間，彼此之間的暫態影響可能會影響結果。也因此，Cadence的Ultrasim提出了分割演算法的進階作法，就是在模擬的過程中，根據電路的模擬，動態調整分割的

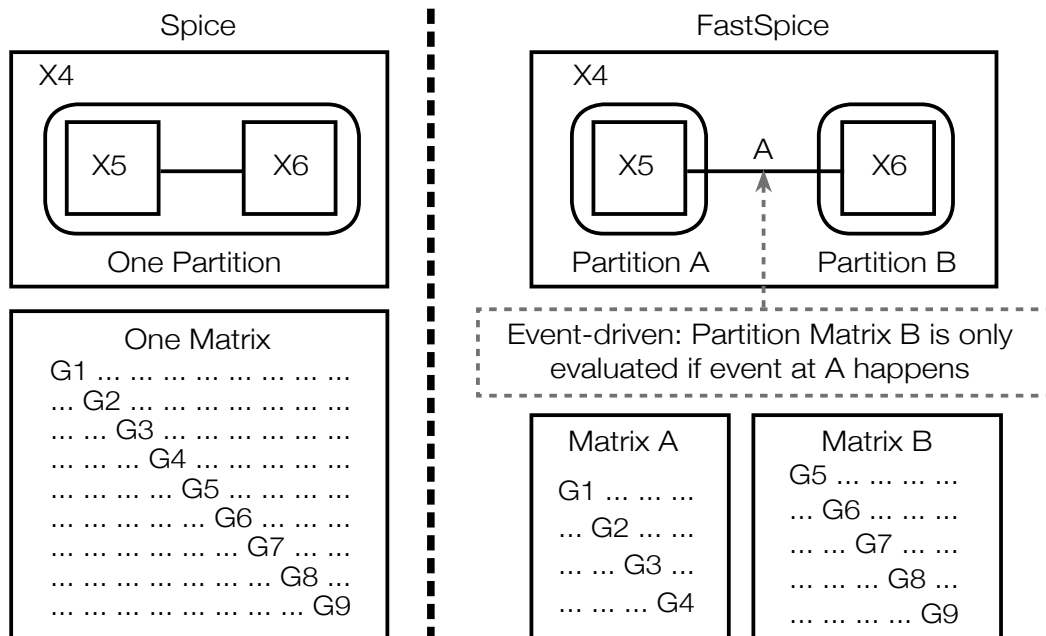


圖3 分割演算法與事件觸發演算法的運用。

子區塊，此演算法即為圖2 Ultrsim軟體模擬演算法圖中所標出的合適分割（Adaptive Partitioning）演算法，而為了更進一步提升模擬的速度，Ultrsim更提出了同型階層模擬（Hierarchical Isomorphic Simulation）演算法，內容將在後面的段落敘述。

圖3分割演算法與事件觸發演算法的運用圖說明了過去的Hspice與Spectre等Spice模擬演算法與第二代模擬軟體Fast Spice的Ultrsim與Nanosim的差別，圖2.3左圖說明了過去演算法並未對整個電路作分割的動作，故在運算時，成立的是一個高維度的矩陣，而在新一代的Fast Spice軟體中，透過切割後，成為多個低維度矩陣組合，而各個矩陣間的是否運算，就需視不同區塊間的輸入輸出間的變化，是否達到事件觸

發的條件。圖2.3右圖正說明了這種演算法的運作方式，當整個電路被切分成兩個較低維度的矩陣，當A矩陣的輸出超越事件觸發的設定值時，則B矩陣才會進入運算，否則就維持上次的運算值，透過這樣的方式，可使運算資源集中運算被觸發的矩陣，以提高模擬速度。然誠如前所說，當高維度的矩陣被拆分成多個低維度的矩陣時，許多元件間的效應將會省略，也因此會讓人對其精確度感到質疑，故在使用上，使用者可以自行設定分割的區塊，以避免軟體在內部運算時，將高敏感的電路拆分成多個區塊運算，而使運算失去了精確性。

前段說到在新的演算法中，電路被切分成多個矩陣運算，而每個矩陣是否要運算取決於矩陣的輸入輸出是否達事件觸發值，但此機制卻可能造

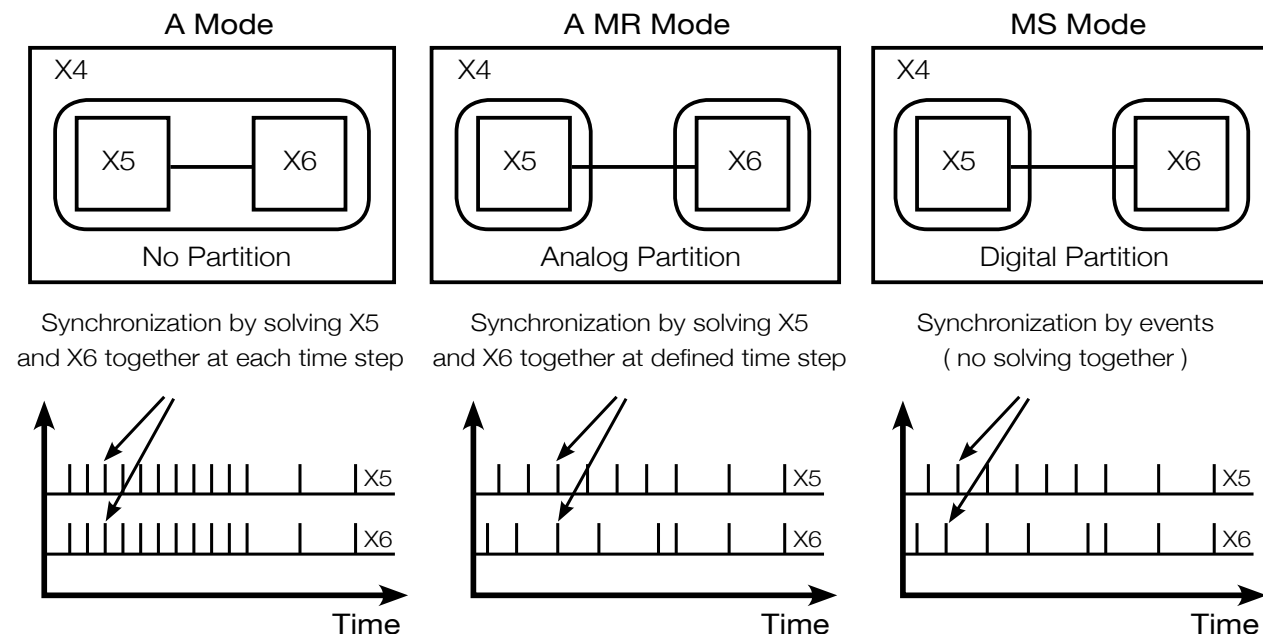


圖4 針對不同精準度需求的分割與事件觸發演算法。

成謬誤，原因即為由於是對過事件觸發的方式模擬，意即代表每個矩陣並非同步在運算，而非同步的運算，可能會造成重要資訊的遺失，而產生可能的謬誤，為了解決這個問題，Ultrasim提出了多種演算法來解決這問題，如圖4中所示。

當使用者未作任何的設定時，Ultrasim內部的預設分割與觸發方式即為混訊模式（Mixed Signal Mode，MS Mode），在這種模式下，各個矩陣唯一同步的時刻即在事件觸發時，當然此方法將會得到較高的模擬速度但也較讓人質疑的精準度。而如果設計者的電路對精準度極為要求，則可以使用類比模式（Analog Mode，A Mode），則在此模式下，電路的演算將如Hspice與Spectre相同，不作子矩陣的切分，自然所有的電路也將同步模擬，而達到精準的模擬結果，當然此模式在加速模擬速度的需求方

面，與Hspice或Spectre相比，並不會有任何的優勢。

若欲在模擬速度與精準度取得一個平衡，在可接受的精準度下，期能得到較高的模擬速度，則可選擇多重類比速度模式（Analog Multi Rate Mode，AMR mode），在這種模式下，整體電路將在一定的時間點，做整體電路的高維度矩陣運算，來達到整體電路的同步，後再重新進行各個矩陣的事件觸發動作，此方法使得在混訊模式下所產生的可能錯誤，每過一陣子就重新獲得校正，進而提升了電路模擬精準度，而又因為在校準後使用了事件觸發演算法，而提升了模擬速度，而在模擬速度與精準度間取得平衡。

在本節開始有提到Ultrasim除具備第二代模擬軟體的三種演算法外，還具備同型階層模擬與

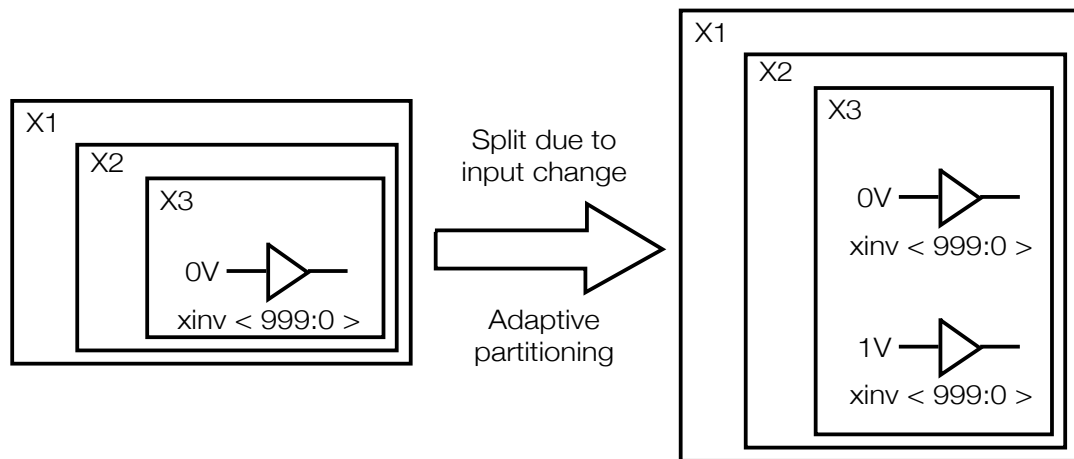


圖5 同型階層模擬與合適分割演算法。

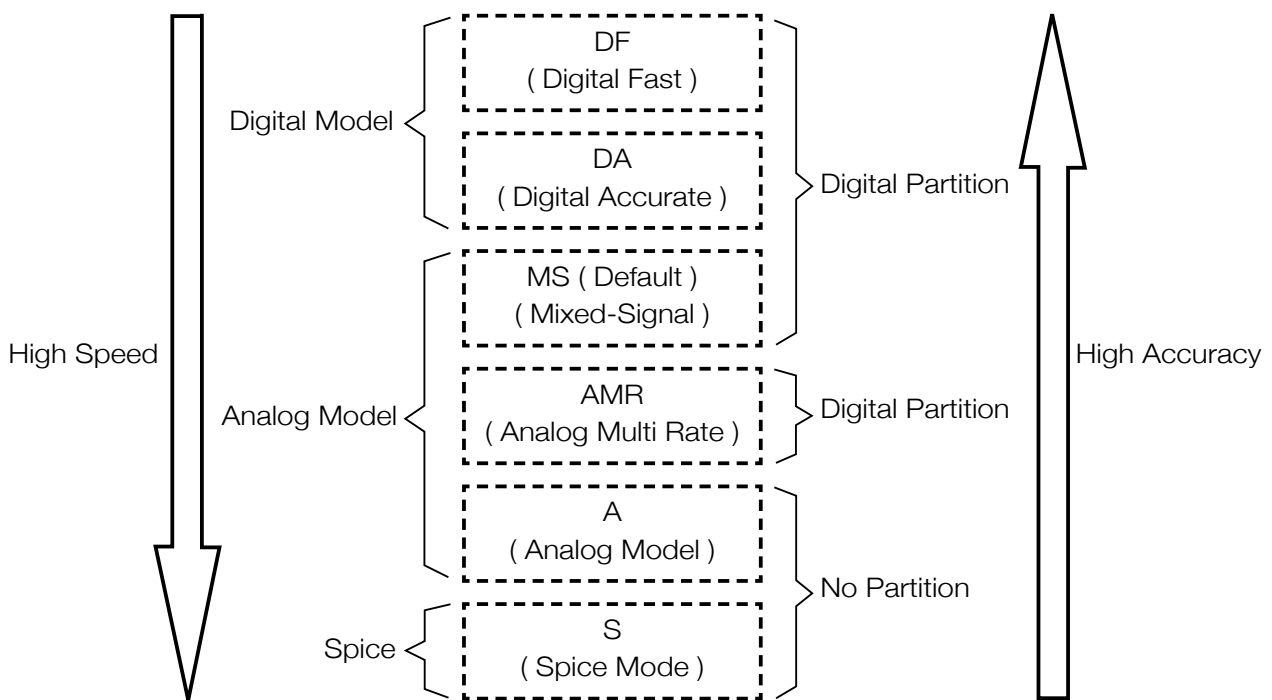


圖6 Ultrasim模擬模型比較圖。

合適分割演算法這兩種特殊演算法，以期提高模擬速度。圖5的同型階層模擬與合適分割演算法，即是說明這種演算法的運作，所謂的同型階層模擬即是當電路內有相同的電路架構，且其輸入訊號均同，則Ultrasim將會視其為同一種電路

區塊，以圖5左為例，X3區塊內有1000個反相器，其輸入均為0V，則Ultrasim會將這1000個反相器視作同一種矩陣運算，並只運算一次，然後將此次運算的結果視作所有1000個反相器的結果，透過這方法，使得軟體原需處理的1000

個運算矩陣，現今只需處理一次，大大降低了運算量，並提高電路模擬速度，這種演算法即為同型階層模擬演算法。

但此種演算法需配合動態切割的合適分割演算法才不會出錯，以圖5為例，當X3內的1000個反相器，其中的699個反相器（xinv<999:301>）輸入從0V轉換成1V，而其餘的301個反相器（xinv<300:0>）輸入仍維持0V時，此時Ultrasim將會啟動合適分割演算法，重新分配區塊大小，其中將xinv<999:301>重新切成一個區塊，xinv<300:0>切成另一個區塊，而分別運算一次，將原本的1000次運算降為2次，然後將該結果分別複製到同一種區塊的其他電路。這就是所謂的同型階層模擬與合適分割演算法。

接下來將說明關於針對不同模擬精準度模擬所使用的不同模擬模型（Simulation Model）演算法，圖6 Ultrasim模擬模型比較圖即為各種模型的精準度與模擬速度間的比較，各種的模型亦加以搭配分割演算法使用，以方便在精準度與模擬速度取得平衡，其中在數位部份分別有快速數位（Digital Fast）模型、快速準確（Digital Accurate）模型，而當使用者未作任何的分割設定前，Ultrasim的預設分割為混訊（Mixed Signal）模型，其雖然適用於數位分割但卻套用精準度較高的模型來進行模擬，至於多重速度類比（Analog Multi Rate）模型，與混訊模型不同的地方，即在除套用更精準的模型外，在作分割演算時，所切分的運算矩陣也會較多維，以

考慮更多的寄生效應。圖7類比與數位分割比較圖正說明了兩種不同分割間的差別。在數位切割分面，為考慮較高速的模擬，所以會將電路切割成許多低維度的矩陣，而這種分割自然精準度也較差，因此適用於數位或記憶體等量大卻對精準度要求較不高的電路，然針對一個大系統中有如類比數位轉換器或振盪器、鎖相迴路所組成的系統時，數位切割所造成的低精準度，將會造成模擬的錯誤，也因此在此切分時，需切割較大的矩陣以期足夠的精準度，當然這樣也會犧牲模擬的速度。

以下將概述各種模型的特性與其所適用的情況。

1.數位快速模擬模型（Digital Fast Simulation Model，DF）

- 主要應用於數位電路或記憶體等大面積數位電路的邏輯驗證。
- 對於電晶體的電流模型運用一階方程式表示，針對電晶體的各項寄生電容效應，均用定值估計。
- 運用於數位分割。
- 與Hspice或Spectre的模擬相比，大約有10%的誤差。

2.數位準確模擬模型（Digital Accurate Simulation Model，DA）

- 用於數位電路的Setting Time，Holding Time等的時脈檢驗，或一些鎖相迴路與混訊電路的行為驗證。
- 對於電晶體的電流模型運用一階方程式表

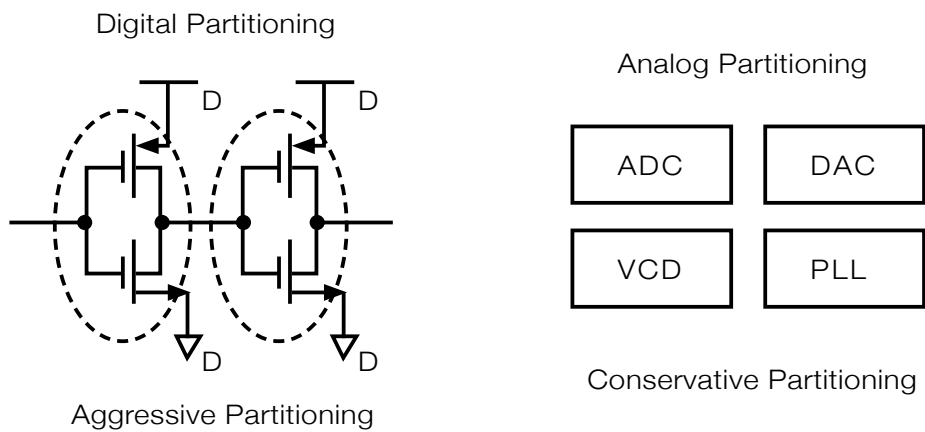


圖7 類比與數位分割比較圖。

Model or Feature	Simulation Mode						Option Name
	DF	DA	MS	AMR	A	S	
MOSFET	Digital Model		Analog Model			Spice	
Current/Charge Model	DF	DA	A			S	mos_method
Diffusion Junction	DF	DA	A			S	mosd_ method
Diode	DF	DA	A			S	diode_method
BJT	S						
Accuracy/Speed (Default=5)	8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1						speed
Partitioning	Analog (0, 1, 2, 3)				None		
Target Error	< 10%	< 5%	< 3%	< 2%	< 1%	< 1%	

圖8 Ultrasim元件模擬模型與精準度設定列表。

示，並已考慮電晶體的電容暫態效應。

- 運用於數位分割。
- 與Hspice或Spectre的模擬相比，大約有5%的誤差。

3. 混合訊號模擬模型 (Mixed Signal Simulation Model, MS)

- 用於混合訊號或快速類比模擬。
- 對於電晶體的電流模型運用較精準二階方程式表示，並已考慮電晶體的電容暫態效應，與寄生電容的非線性效應。
- 運用於數位分割。
- 與Hspice或Spectre的模擬相比，大約有5%的誤差。

4. 多重速度類比模擬模型 (Analog Multi Rate Simulation Model, AMR)

- 用於超過30000顆電晶體等級的類比電路精準模擬。
- 對於電晶體的電流模型運用較精準二階方程式表示，並已考慮電晶體的電容暫態效應，與寄生電容的非線性效應。
- 運用於類比分割且運用不同的模擬速度用以模擬各個電路區塊，以期取得精準度高的較高速電路模擬速度。
- 與Hspice或Spectre的模擬相比，擁有相近的精準度。

5. 類比模擬模型 (Analog Simulation Model, A)

- 用於要求高精準度的電路模擬，如類比/數位轉換器，或數位/類比轉換器。
- 對於電晶體的電流模型運用較精準二階方程式表示，並已考慮電晶體的電容暫態效

應，與寄生電容的非線性效應。

- 無任何的電路分割。
- 與Hspice或Spectre的模擬相比，擁有相同的精準度。

6. Spice模擬模型 (Spice Simulation Model, S)

- 用於要求最高精準度的電路模擬。
- 對於電晶體的電流模型運用較精準二階方程式表示，並已考慮電晶體的電容暫態效應，與寄生電容的非線性效應。
- 無任何的電路分割。

針對不同的原件，Ultrsim有不同的模擬模型與精準度設定可供選擇，圖8即為針對不同元件模型與精準度整理列表。

結論

隨著晶片系統的日益龐大，大容量高速的模擬軟體有其必要性，特別是當SOC系統時代的來臨，類比數位區塊的整合，為加速設計速度與糾正謬誤的需要，第二代電晶體模擬軟體的重要性將日益增加。

本文轉載自第92期CICeNEWS。

利用超高真空化學沉積技術磊晶成長銻與其材料分析檢測

文/圖 鄧建龍、羅廣禮、姚潔宜、張茂男 國家奈米元件實驗室

摘要

本研究主要是利用超高真空化學沉積技術成長高純度、低差排密度的銻薄膜於矽基板上。由於二種材料間的晶格常數不同，當銻直接成長在矽基板上時差排會在矽、銻介面產生並且延伸至表面。若是引用濃度漸進式緩衝層（compositionally graded-buffer layer）的方法，逐漸增加在矽中之銻含量，則可以得到高品質的銻薄膜。目前我們利用這種技術已可以得到差排密度為 $9.7 \times 10^6 \text{cm}^{-2}$ 的銻薄膜。此外，我們也利用不同的材料分析方法如顯微拉曼光譜（micro-Raman spectroscopy）、低溫光激發螢光譜（low-temperature photoluminescence spectroscopy）量測檢測所成長的薄膜。

關鍵詞

銻、化學沉積技術、差排密度、磊晶成長。

簡介

由於元件操作速度需求的提昇，以矽銻化合物（SiGe）或是銻（Ge）為主的元件已引起很大的興趣，因為它有比較高的載子遷移率（carrier mobility）^[1-3]。但是由於銻與矽

（Si）的晶格常數差異（ $\sim 4\%$ ），當成長薄膜厚度大於臨界厚度（critical thickness）時，銻薄膜會因鬆弛（relaxation）而產生差排^[4]，像是這種材料上的缺陷對於元件的製作影響非常地大。目前磊晶成長銻在矽基板上大致上有幾種方法：（1）利用compositionally graded-buffer（CGB）^[5]；（2）界面活化引入方式（surfactant-mediated）的成長^[6]；（3）低溫及高溫二階段成長；（4）選區（selective area）成長^[7]。上述幾個方法都是減少錯配差排（misfit dislocation）的產生。一般而言，經由這些方法所沉積的Ge薄膜，差排密度可大幅降至 10^6cm^{-2} 。

實驗描述

本實驗是以超高真空化學沉積（Ultra-High Vacuum Chemical Vapor Deposition, UHVCVD）技術磊晶成長 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ （ $x \geq 0.7$ ）和Ge薄膜在矽（100）基板上，結構示意圖如圖1所示。UHVCVD腔體的背景壓力（base pressure）維持在 2×10^{-8} torr以下矽、銻的成長氣體分別為 Si_2H_6 和 GeH_4 。矽基板在薄膜成長前先經由RCA的清洗過程，並且在10% HF

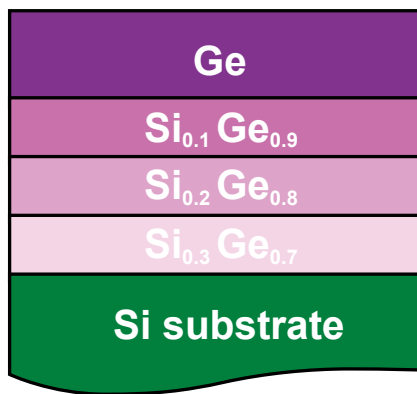


圖1 鍺磊晶成長SiGe/Si之示意圖。

下浸泡10秒，然後在腔體內加熱至800°C，時間為5分鐘。Si_{1-x}Ge_x和Ge依序成長在矽基板上，成長溫度為400°C。無任何的矽銲緩層被使用在這個成長過程。在Ge/SiGe/Si結構沉積完成後，直接在腔體內作750°C的退火處理。各種不同的材料分析技術被應用在分析材料的結構，如差排分佈（dislocation profile）、晶體品質（crystal quality）及光學性質（optical properties）。我們使用三軸（triple-axis）的高解析X光繞射量測分析各沉積薄膜的組成及計算差排密度；穿透式電子顯微鏡（transmission electron microscope, TEM）觀察差排的分佈和薄膜厚度；顯微拉曼光譜和光激發螢光譜瞭解Ge薄膜的光學性質。

結果與討論

圖2a為Ge/SiGe/Si（100）試片的橫切面TEM照片。在SiGe和Ge薄膜接面處可以觀察到明顯的差排，其產生的原因是因為SiGe和Si基板之間的晶格常數不同所導致的應力所造成。由於錯配差排在高溫退火後被限制在接面的地方，所以在最上層的鍺有較少的線差排（threading dislocation）。圖2b顯示在差排

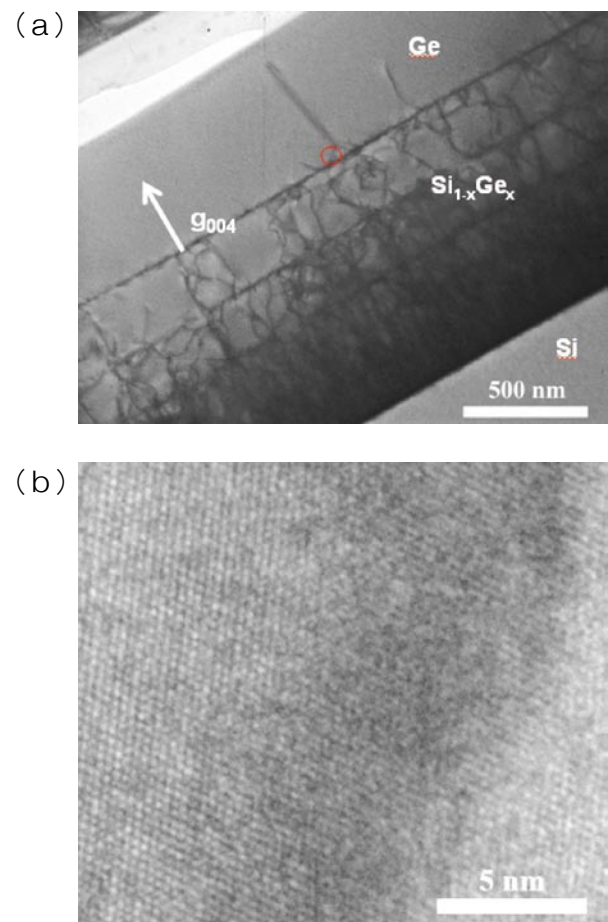


圖2 (a) 橫切面TEM照片；(b) 在差排區域之局部放大圖（圖1a紅圈處）。

中混亂的晶格排列。

為了要瞭解SiGe緩衝層的成份組成，我們利用高解析X光繞射技術所得到的rocking curve去分析由UHV CVD所沉積得到的試片，如圖3所示；經由理論的計算與模擬，我們可以得到SiGe和Ge的組成。表1為預期和實際沉積之薄膜組成。另外，差排密度（dislocation density）也可以經由計算Ge繞射峰半寬高（full width at half maximum, FWHM）的大小及柏格斯向量（Burgers vector）決定，其關係式如下^[8]：

$$\rho = \frac{\beta^2}{9b^2}$$

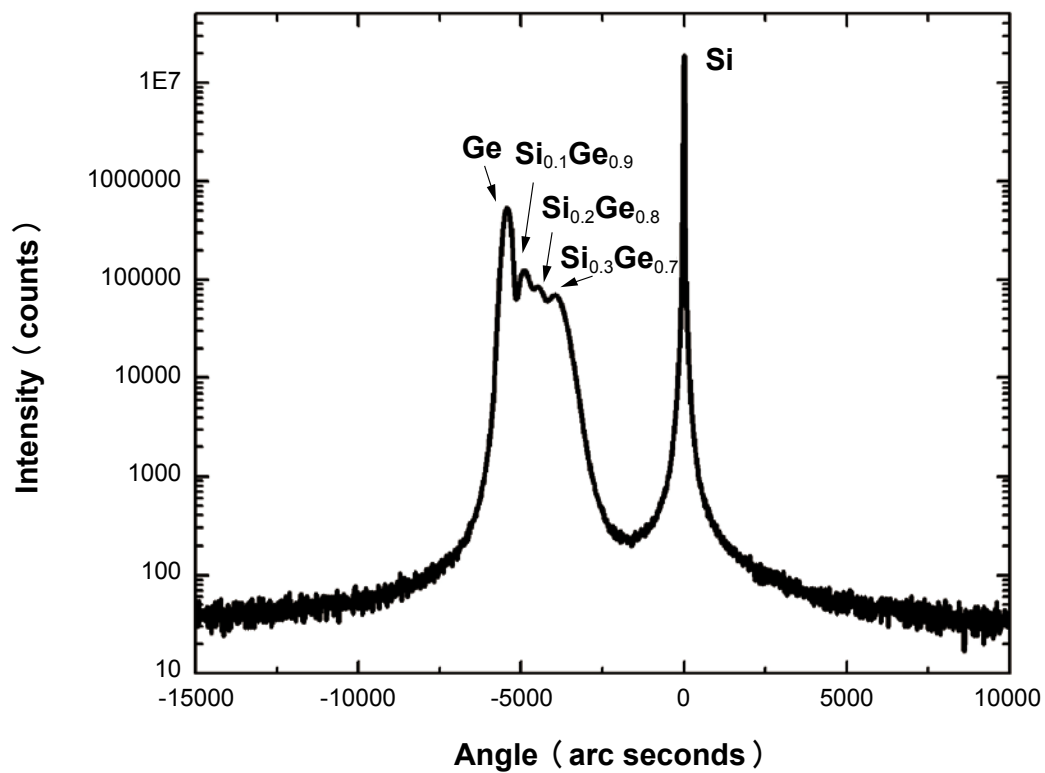


圖3 利用高解析X光繞射技術所得到之Rocking curve。

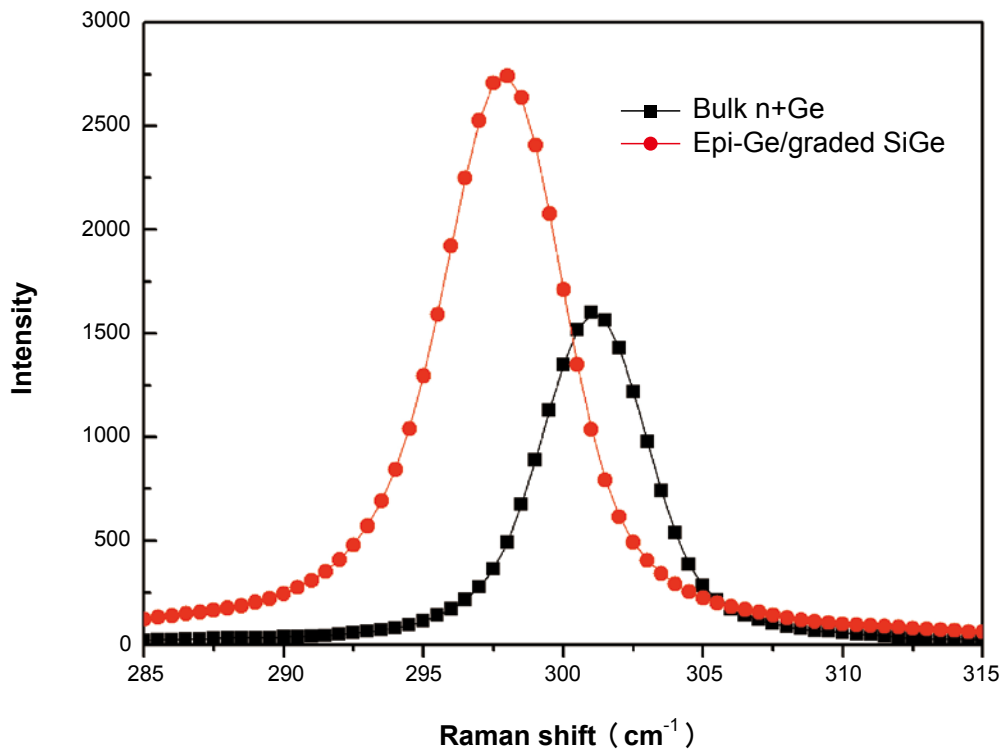


圖4 顯微拉曼光譜推算出銻薄膜的應變力為0.735%。

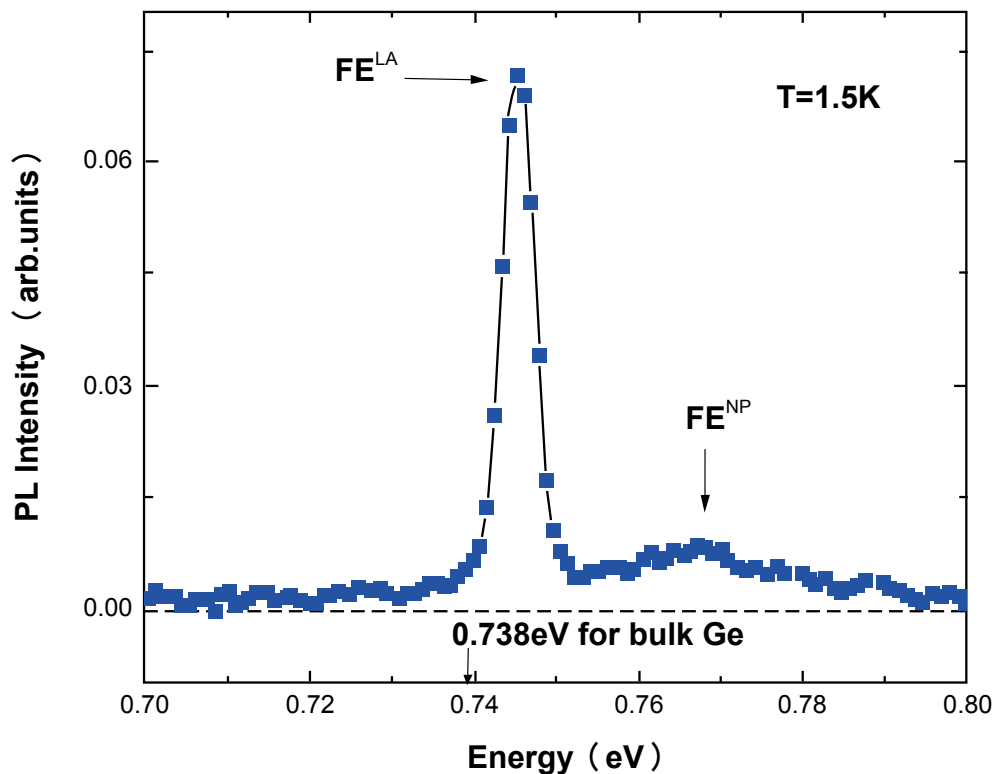


圖5 鍺薄膜成長於Si_{1-x}Ge_x/Si (100) 上；雷射 (Ti-Sapphire) 激發波長為704.5nm，量測溫度為1.5K。

表1 由rocking curve所推算出之SiGe和Ge的薄膜厚度及組成

Layer no.	Predicted Composition	Calculated Composition
1	Si _{0.3} Ge _{0.7}	Si _{0.29} Ge _{0.71}
2	Si _{0.2} Ge _{0.8}	Si _{0.18} Ge _{0.82}
3	Si _{0.1} Ge _{0.9}	Si _{0.11} Ge _{0.89}
4	Ge	-

其中差排密度的單位為 cm^{-2} ，而 β 和 b 分別為繞射峰的半寬高和柏格斯向量。由圖2可以得到半寬高為154 arc seconds；對於柏格斯向量的計算，因為在鍺薄膜中所形成的為 60° 差排，柏格斯向量的大小為 $a/\sqrt{2}$ （ a 為鍺的晶格常數）。計算得到其差排密度為 $9.7 \times 10^6 \text{cm}^{-2}$ ；和文獻值[5]相比較所得到的結果有較高的差排密度，可能

是因為在沉積SiGe和Ge薄膜時利用 Si^+ 離子植入矽基板，加強了應變力的鬆弛，所以有較低的差排密度。再者，在圖3中鍺和矽的繞射峰間距為5348 arc seconds，若鍺為完全鬆弛的薄膜則其間距為5639.4 arc seconds，所以在本實驗成長條件下所得到的鍺薄膜為部份鬆弛。

圖4為常溫下所量測到的顯微拉曼光譜結果，使用的雷射激發光源波長為532 nm。純銻的拉曼位移（Raman Shift）在301 cm^{-1} ，而由UHVCVD成長所得到的銻薄膜拉曼位移在298 cm^{-1} 。結果顯示在銻薄膜中有張力的應變存在（tensile strain），造成此種應變的原因是因為矽和銻材料間熱膨脹係數（thermal expansion coefficient）的不同（~50%）；利用下列的經驗公式去計算在in-plane的張力

$$\Delta = C\epsilon_{xx}$$

其中 Δ 為拉曼位移（ cm^{-1} ）； C 為一常數； ϵ_{xx} 為in-plane的應變。計算得到張力應變0.735%。

低溫光激發螢光譜量測被用來檢測銻薄膜的光學性質。本實驗在1.5K超低溫的腔體內進行，雷射（Ti-Sapphire）激發波長為704.5nm。在圖5中二個螢光激發峰在0.7451 eV和0.7688 eV分別來自longitudinal acoustic（LA）phonon和nonphonon（NP）transition，而二個峰的間距為24 meV，結果和純銻的間距26 meV的結果一致。此外，我們發現利用UHVCVD成長所得到的銻薄膜螢光激發峰位位移到能量較高的位置。

結論

結合超高真空化學沉積（UHVCVD）技術和濃度漸進式緩衝層（CGB）的方法可以得到差排密度為 $9.7 \times 10^6 \text{ cm}^{-2}$ 的銻薄膜。利用高解析三軸X光繞射量測所求得的rocking curve的量測，我們可以得到緩衝層的組成。顯微拉曼光譜

顯示銻薄膜在in-plane方向的應變為0.735%；低溫光激發螢光譜結果顯示和銻塊材（bulk material）比較PL峰位移到較高能量（blue shift）。

參考資料

1. L. Colace, G. Masini, F. Galluzzi, G. Assanto, G. Capellni, L. Di Gaspare, E. Palange and F. Evangelisti, Appl. Phys. Lett. 72, 3175 (1998).
2. M. Mäenpää, T. F. Kuech, M. Nicolet, S. S. Lau and D. K. Sadana, J. Appl. Phys. 53, 1076 (1982).
3. R. Hull and J. C. Bean, Appl. Phys. Lett., 54, 925 (1989).
4. M. L. Lee, E. A. Fitzgerald, M. T. Bulsara, M. T. Currie and A. Lochtefeld, J. Appl. Phys. 97, 011101 (2005).
5. Y. C. Hsieh, E. Y. Chang, G. L. Luo, M. H. Pilkuhn, S. S. Tang, C. Y. Chang, J. Y. Yang and H. W. Chung, Appl. Phys. Lett. 90, 083507 (2007).
6. T. F. Wietler, E. Bugiel, K. R. Hofmann, App. Phys. Lett. 87, 182102 (2005).
7. H. C. Luan, D. R. Lim, K. K. Lee, K. M. Chen, J. G. Sandland, K. Wada and L. C. Kimerling, Appl. Phys. Lett. 75, 2909 (1999).
8. P. B. Hirsch, "Mosaic Structure", Pergamon (1956).

科技交流 Technology Promotion

程式GPU化策略

文/圖 郭芳安、王順泰、郭勝修、謝志偉、周朝宜 國家高速網路與計算中心

前言

本論文說明程式GPU化兩種策略：將GPU視成計算平台和加速器混合平台，前者策略可以獲得30~50倍加速；另一種策略對單一函數可以呈現出2~5倍加速。

簡介

近幾年，處理器的發展已經從增加處理器核心速度轉向發展雙核心處理器，或四核心處理器，然而在更早之前，圖形處理器（以下簡稱GPU）就發展出多核心處理架構（Multi-core Processor），更在前年推出高達128顆核心架構的圖形處理器G80，其架構適合處理高度平行的圖形計算，在CUDA還未推出之前已經可以利用圖形處理技術（如：OpenGL）做平行計算，而且其計算速度較當時中央處理器（以下簡稱CPU）高出數倍之多，這是因為圖

形處理器有較中央處理器更多的核心與更快的記憶體架構使得圖形處理器在高度平行演算法中有極高的計算速度。

CUDA於2007年推出1.0版本，先前使用GPU計算需要有圖形處理的基礎才得以利用通用處理圖形計算器（GPGPU），現在透過CUDA可以降低使用GPU計算難度，CUDA是類似C的高階程式語言，使程式設計師不具備圖形處理技術也可以撰寫GPU程式。第一個支援CUDA技術的硬體是代號G80的圖形處理器，G80在單一晶片中有128個流處理器（Streaming Processor）、DDR3架構的圖形記憶體與內部間有極高速資料交換特性而有高速浮點運算能力，相較於市售中央處理器的核心數、最多僅有4個、DDR2的系統記憶體架構與內部資料交換

速度受限於北橋晶片（NorthBridge Chip）的處理效率，故高度平行演算法在GPGPU計算平台上的計算速度有高出CPU平台數倍以上的處理能力。

目前GPU與系統的資料交換係透過PCI-express 16×（4 GB/s）或PCI-express Gen2.0 16×（8 GB/s）介面交換資料，使用GPU計算時需將原始資料傳輸至圖形記憶體（Host to Device，H2D），在計算結束後再傳輸回系統記憶體（Device to Host，D2H），其計算過程中H2D與D2H的資料交換時間是必須多付出的，有鑑於此，在GPGPU計算時應減少GPU與系統的資料交換，最佳情形下是所有計算皆在GPU端完成，如此可完全利用GPGPU架構上的優勢達到較CPU計算高出數倍至數十倍的速率。

GPU不只是作為計算系統中的加速裝置，它應該被界定為計算平台，在撰寫計算程式時不要只是將程式函數GPU化，而是類似於MPI方法將計算domain分割，將一部分domain全部交由GPU計算，如此多次計算迭代過程中僅需交換分割邊界的元素資料，而不需要大量交換資料，在本篇中會有兩個例子，分別是李文修博士的QDS（Quiet Direct Simulation），與交大土木系郭教授委託案，李博士的演算法屬高度平行演算法，我們將QDS完全交由GPU計算得到30倍以上加速，但是採用個別函數GPU化的外界委託案僅有5倍左右加速。

GPU平行計算方法

我們在運行GPU計算程式時皆需將原始資

料傳送至圖形記憶體，在透過系統端控制GPU函數進行計算，在此GPU平行化方法有兩個選擇，第一個是將全部的資料全部傳送給圖形記憶體，在計算時透過少量的特徵量傳遞回系統記憶體以判斷是否繼續GPU函數計算，計算結束後傳回計算結果。另一個是將需要大量計算的函數GPU平行化，當運行這些函數時再與圖形記憶體交換資料，完成計算後傳回資料。在多次迭代中，第一個方法僅需要與系統交換極少量資料幾乎不需要等待時間的，而第二個方法在每次迭代中需與圖形記憶體交換全部資料，且在計算完成後傳回全部資料的結果，如此將花費大量的資料交換時間。以下我們利用李文修博士的二維QDS程式與交大土木系郭教授的智能材料模擬程式試著比較以上兩個GPU平行方法的效能差異。

二維QDS演算法GPU化策略

QDS演算法是用於模擬稀薄氣體分子於空間中擴散情形，也可以模擬炸彈爆炸時所傳遞震波擴散情形，而且QDS方法是高度平行演算法僅有少量的資料相依性，演算過程中有兩個函數：flux、state，flux負責計算每個格點傳遞至周圍網格點（8個）的成份，state需要計算周圍網格點所傳遞本格點之分子量加總與中心格點傳遞至周圍網格點的分子量，flux不需要周圍網格點的資料即可計算屬高度平行函數，state需接收周圍網格點的資料屬高度資料相關，我們利用GPU中texture memory方式加速讀取圖形記憶體。texture memory是有快速功能的記憶體相較直接讀取圖形記憶體有4至5倍的加速。在每次迭代中state函數除了計算分子傳遞量之外還負責計算對時間積分的部

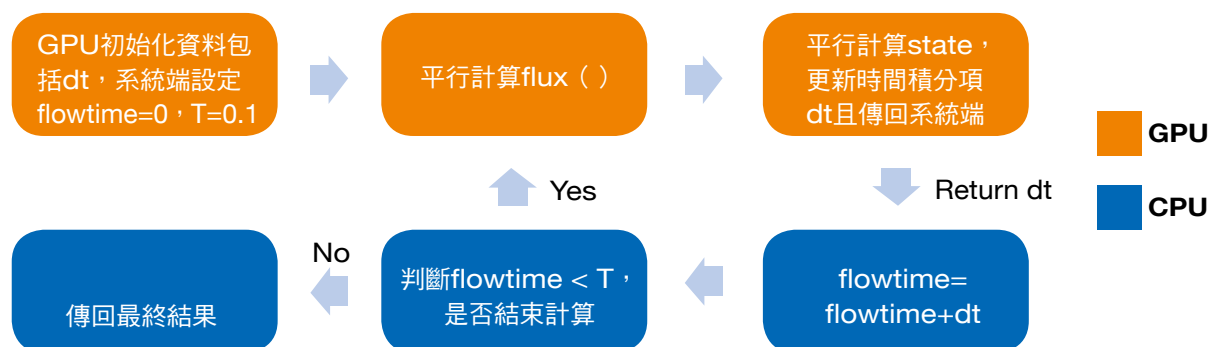


圖1 QDS演算法GPU化流程圖。

份，透過CFL理論計算時間積分項，每次迭代中GPU程式需要回傳每次的時間積分項（dt）以利系統判斷是否結束計算，回傳結果。

二維QDS演算法GPU化流程圖，如圖1所描述，在初始化階段已經在Device端（亦即GPU）完成，這可以省去Host端（亦即CPU）的資料生成與傳輸至Device的時間，再透過flux與state函數計算模擬震波擴散與新的時間步，資料傳輸部份每次迭代僅需要更新時間積分項以便系統判斷是否繼續迭代，或終止迭代傳回最後結果。

因為GPU採用單一指令多重資料處理（Single Instruction Multiple Data，SIMD）運算模式，每次資料由記憶體取出後，同時有越多執行緒（Thread）處理就能獲得越高效能，這同時運算次數稱為計算密度（Compute Density）。

我採取以下策略來增加其計算密度，首先將二維資料分割成多個一維區塊（Block），如圖2，每個區塊擺放在記憶體位址都是連續，所以每次取回資料就可以讓所有執行緒同時運算。

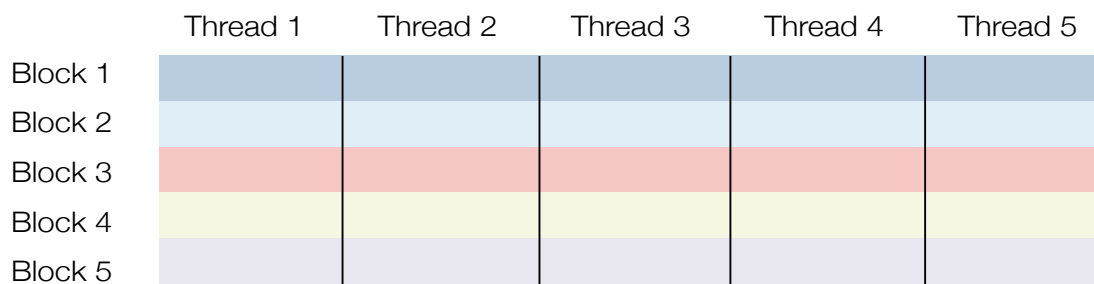


圖2 CUDA平行處理的Block與Thread的配置圖。

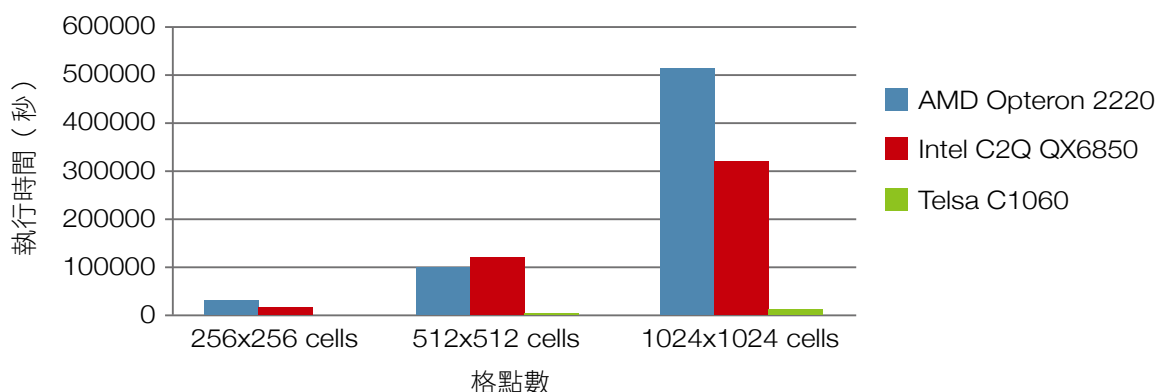


圖3 多平台QDS演算法效能比較圖。

圖3是一階二維QDS演算法在CPU和GPU所呈現出效能，以秒為單位，CPU我使用兩個平台：AMD Opteron 2220是AMD Opteron 2220 CPU，時脈2.8 GHz；Intel C2E QX6850時脈3.0 GHz，在1024x1024格點中Tesla C1060有較Intel Q6850快30倍，也比AMD Opteron 2220快48倍，在此GPU被當作計算平台的策略有極好效能表現。

智能材料模擬程式GPU化策略

智能材料模擬演算法，郭教授並未將模擬演算法推導說明，故我們僅對計算較耗時的函數平行化，其中三維快速傅立葉轉換最為耗時，這裡將利用CUDA所提供的快速傅立葉轉換函數庫替換系統端計算的FFTW函數庫。演算過程中，若使用傅立葉轉換部份必須將原始資料傳遞至圖形記憶體（H2D），在轉換完成後傳回結果（D2H），此策略在計算過程中需要大量資料傳遞時間。

圖4是三維快速傅立葉轉換分別在CPU（FFTW）或GPU（CUFFT）所呈現出效

能，當元素個數大於 48^3 個時，CUFFT有比較好的效能表現，反之，則FFTW表現較好。在這個例子中採取的GPU策略是單一函數GPU化，故轉換個數為 64^3 時只有約2倍速度提昇，轉換個數為 128^3 時約12倍提昇。整體計算時間為GPU計算時間與資料交換時間的總和，在此資料交換時間是很費時的，所以其模擬程式的GPU加速約僅有2至5倍，其後我們在蒙地卡羅演算法上進行調整後整體有30倍的效能提昇。

結論

多核心架構勢必成為未來處理器主流型態，目前處理器運算向量化資料的能力也越來越強悍，我們也必須改變以往編寫程序時序列式思考概念，轉向思考向量型態或矩陣型態的資料處理概念。CUDA架構的圖形處理器是適合處理向量資料型態的處理器。

越瞭解演算法就越能提供程式效能，對於智能材料模擬程式GPU化不能掌握整體演算法而採取加速器混合平台策略，僅對計算較耗時

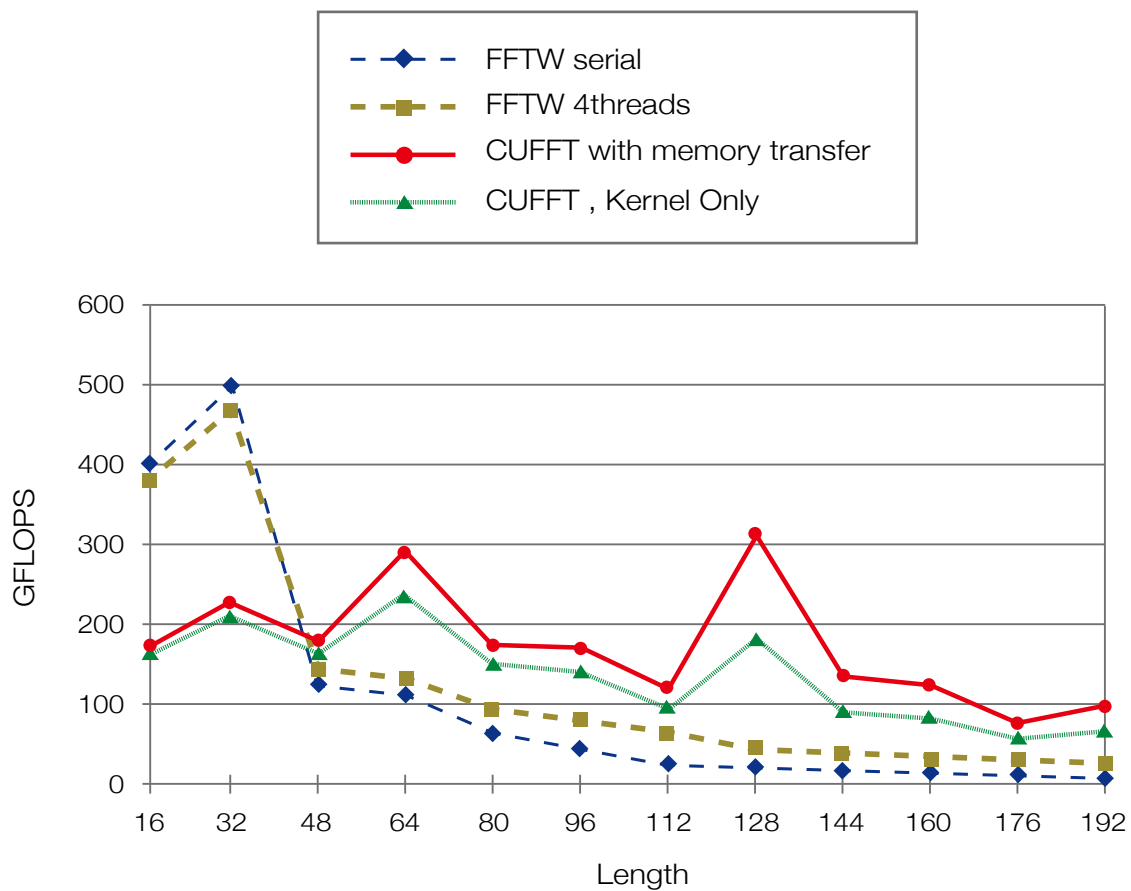


圖4 CPU，GPU傅立葉轉換效能比較圖。

的單一函數傅立葉轉換GPU化，獲得2至5倍加速；反觀QDS GPU化，我可以對演算法進行理論推導、細部建議、協助錯誤矯正等，採取GPU為計算平台的策略，獲得明顯的程式加速。

希望這些CUDA程式撰寫策略與經驗能給未來從事程式GPU化提供有用的建議，我們也期望透過國內學界，例如：交大、清華、台大等，進行學術交流與整合資源，在未來的3至5年內成為亞太地區CFD-GPU計算的平行計算中心。

港灣地區地震潛勢及港灣構造物耐震能力評估之研究

文/圖 陳正興、邱俊翔、柯永彥、許尚逸、楊鶴雄、張毓文 國家地震工程研究中心
謝明志、林雅雯 交通部運輸研究所港灣技術研究中心

前言

台灣位在歐亞大陸板塊與菲律賓海洋板塊交界處，板塊活動導致地震頻繁，而國際貿易向來是台灣重要經濟活動之一，若國際港埠在地震中受損，將使國家經濟受到嚴重衝擊。因此，若能於地震發生前事先了解可能發生災害的地區、災害的範圍大小、損失的狀況與程度，則有助於防救災對策之擬定，進而提升震災防救能力。

交通部運輸研究所自2007年起規劃「港灣地區地震潛勢及港灣構造物耐震能力評估之研究」計畫，並委託國家地震工程研究中心執行，於台灣地震損失評估系統（Taiwan Earthquake Loss Estimation System, TELES）（葉錦勳，2003）中建置港灣設施震損評估模組。研究內容包括：（一）港灣地區地震潛勢之評估：了解各港區各等級地震可能發生的機率，並決定影響港區之控制地震，作為震損模擬的地震需求參數；（二）港灣構造物耐震能力之評估：作為建立結構物易損性曲線與判定損害程度之參考；（三）港灣構造物之災害境況模擬：將港灣設施之震損評估模組建置於TELES系統內，對港灣地區進行震災境況模擬，分析港區可能的震損情形。研究成果將可作為港區震災防救執行與應變

對策研擬之參考。

港灣地區地震潛勢之評估

本研究使用台灣地區1900年至2007年7月之地震目錄，針對鄰近港區之第一類活動斷層，以特徵地震模式及未來50年發生機率考慮至地震潛勢分析模型，識別出各震源對港區可能之地震危害，瞭解港灣最具潛勢之地震來源。以下將分別簡述台中港區與花蓮港區之地震潛勢評估結果。

台中港區地震潛勢之評估

台中港位於台中縣梧棲鎮，考量影響本工址之第一類活動斷層，包括車籠埔斷層及屯子腳斷層（1935年台中地震時發生錯動），求取台中港區平均地震危害度曲線，如圖1所示，地震危害度主要係由屯子腳斷層所控制。

花蓮港區地震潛勢之評估

花蓮港位於花蓮市區東北方，而花東縱谷一系列斷層均屬第一類活動斷層，故在此考量花東縱谷北段之米崙斷層，及南段之奇美、玉里、池上等斷層，以求取花蓮港區平均地震危害度曲線，如圖2所示。其中，米崙斷層之威脅大於縱谷南段各斷層。

碼頭構造物耐震能力評估與易損性分析

本節針對各類型碼頭，參考現行港灣構造物設計基準（交通部，2000）與相關研究報告（如 International Navigation Association（2001））所建議的分析方法與性能準則，建立其耐震能力評估方法與易損性分析流程，以了解既有碼頭之耐震能力，並求取本土化之碼頭易損曲線。

重力式碼頭耐震能力評估方法

重力式碼頭係以擋土設施之自重抵抗側向力，本研究採用三種方法進行其耐震能力評估，包括：

（1）簡易分析法－擬靜力分析

擬靜力分析法係將擋土設施自重乘上地震係數以考量地震慣性力，再將慣性力與擋土設施所能提供之抵抗力相比，計算出代表結構穩定性之安全係數。

（2）簡易動力分析法－滑動塊體分析

滑動塊體分析的觀念是由 Newmark（1965）所提出，假設剛性塊體置於水平地表，滑動面的力學機制符合剛塑性模式。當地震發生時，塊體所受之水平向慣性力由滑動面之抗剪力來平衡；當慣性力超過滑動面的極限抗剪力時，塊體開始滑動；當塊體與地盤之相對速度減為零時，則滑動停止；將塊體與地表間之相對加速度積分兩次即可求得塊體滑移量，如圖3所示。

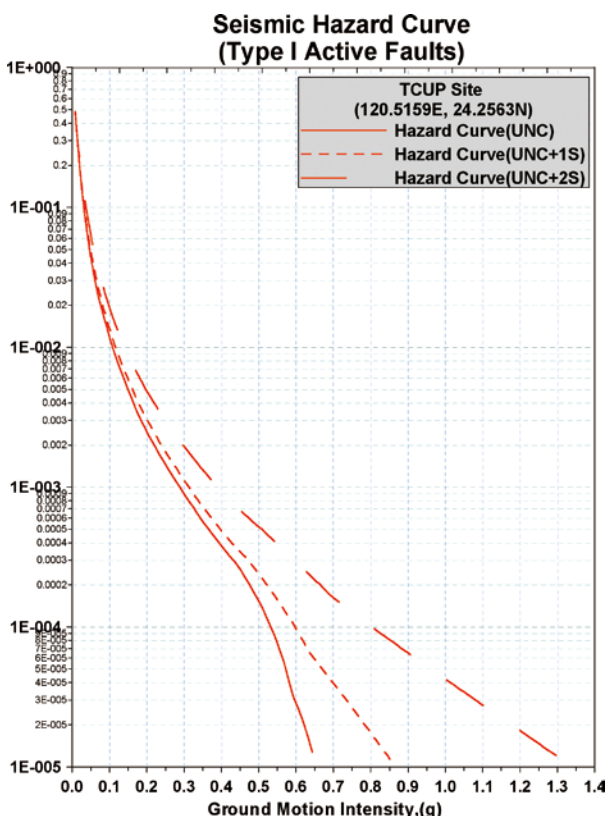


圖1 台中港區平均地震危害度曲線（考慮第一類活動斷層）。

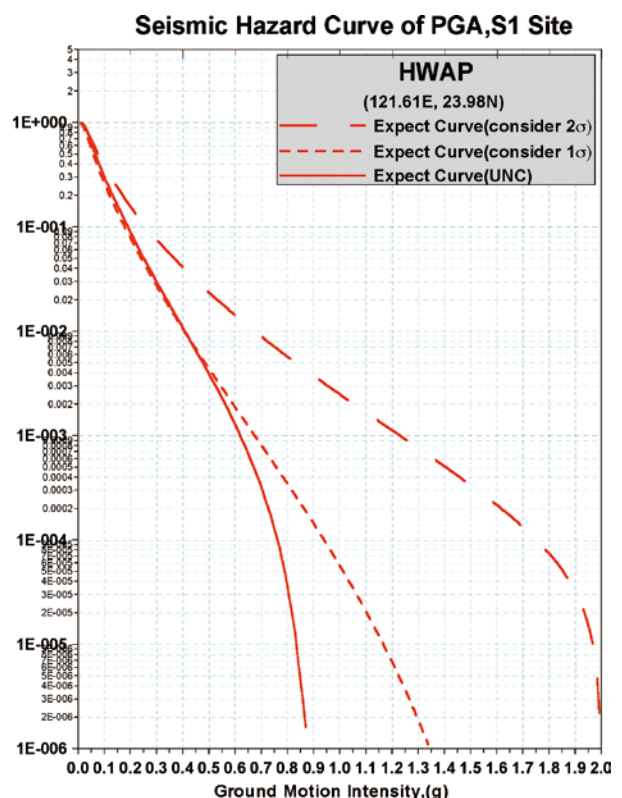


圖2 花蓮港區平均地震危害度曲線。

(3) 動力分析法－有限差分法

本研究採用有限差分法程式FLAC，對重力式碼頭進行動力歷時分析，並考量擋土結構背填土受震所引致之土壤液化效應。

棧橋式碼頭耐震能力評估方法

棧橋式碼頭是由面版及支撐面版之基樁與海堤

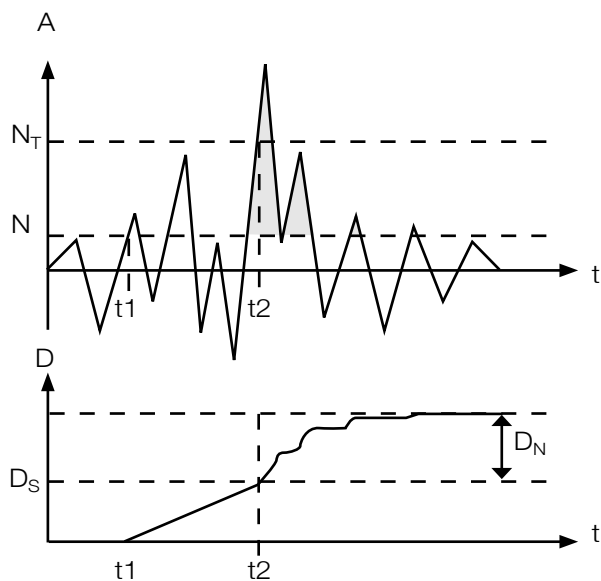


圖3 滑動塊體分析法示意圖。

系統組成，其受震反應受土壤~結構互制效應之影響甚鉅，本研究採用三種方法來進行其耐震能力評估，包括：

(1) 簡易分析法－擬靜力分析

棧橋式碼頭之簡易分析法中，首先將基樁之埋入土中的部分以梁在溫克基礎模式（beam on Winkler foundation）模擬，再進一步將整個樁~土系統簡化成等效懸臂梁。

(2) 簡易動力分析法－容量震譜法

ATC-40（1996）建議之容量震譜法，已廣泛運用於建築物之耐震性能評估，其分析重點主要分為「結構物地震需求」與「結構物容量」兩部分，地震需求表示結構物之受震反應，而容量則表示結構物抵抗地震需求的能力。本研究利用梁在溫克基礎模式，以彈簧元素來模擬樁周土壤，以梁元素來模擬基樁，採用有限元素分析軟體SAP 2000，建立棧橋式碼頭分析模型（如圖4）；在樁頭設置塑鉸來模擬基樁之非彈性行

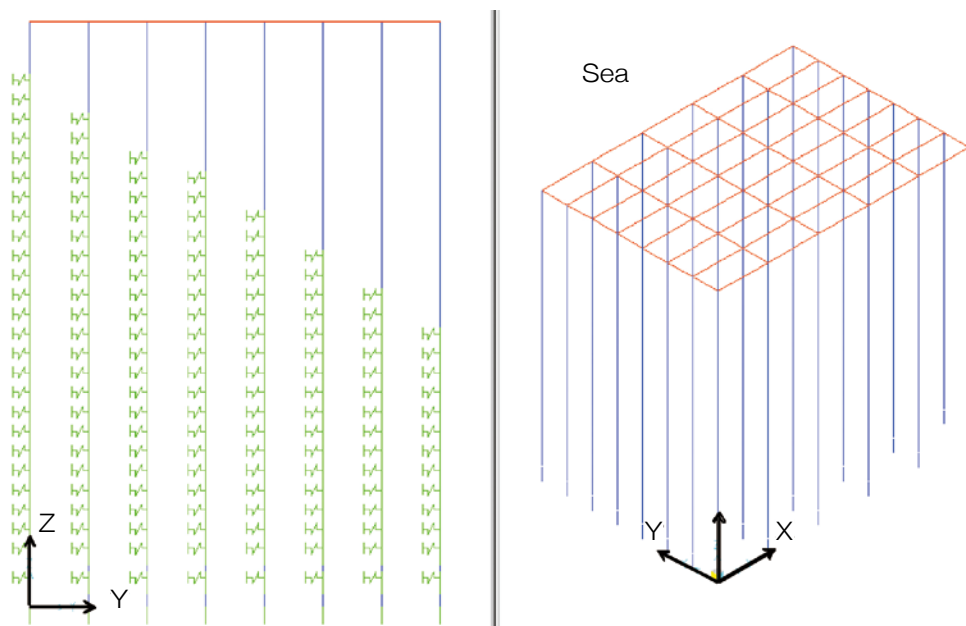


圖4 棧橋式碼頭分析模型示意圖。

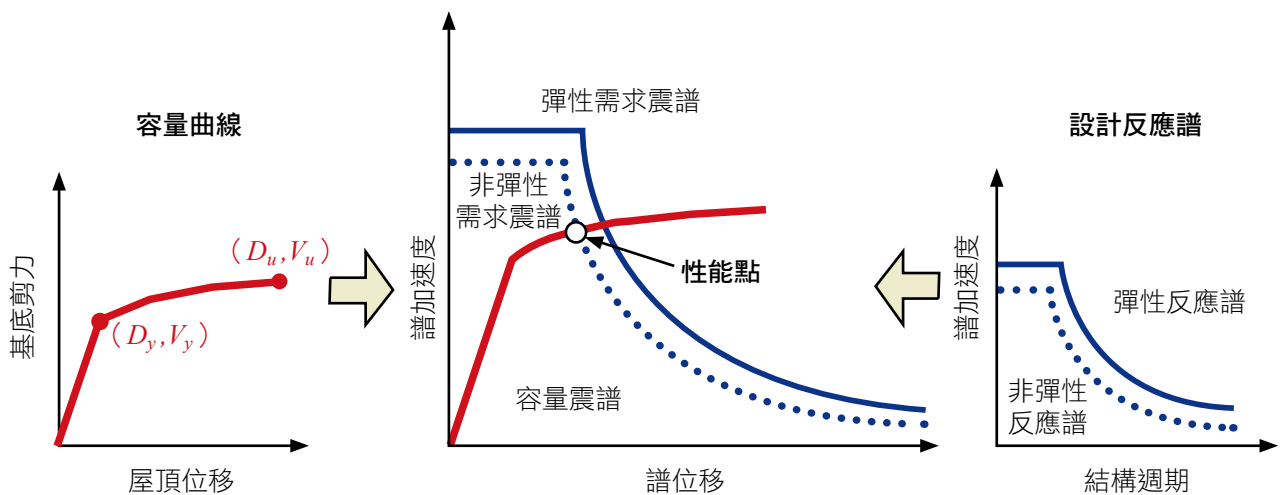


圖5 ATC-40容量震譜法示意圖。

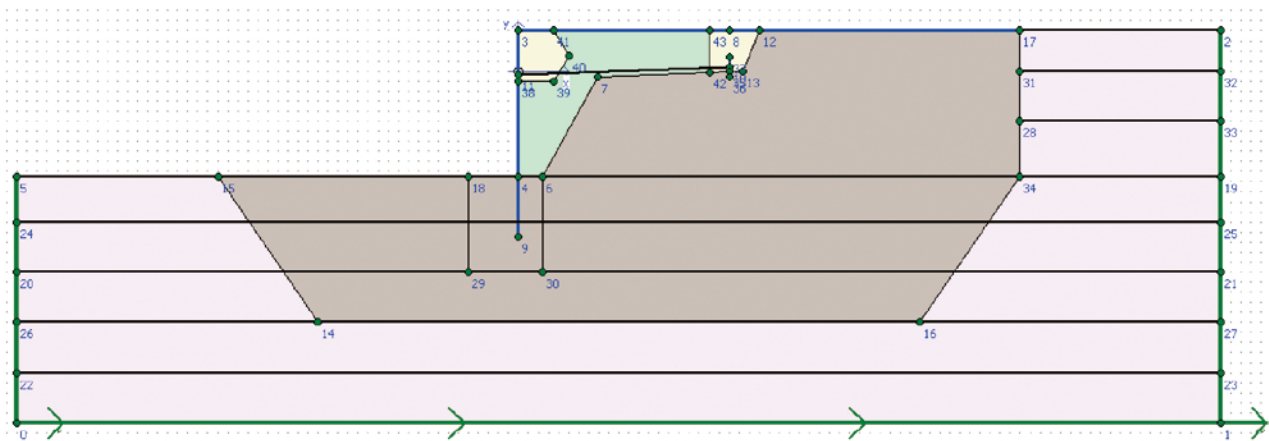


圖6 版樁式碼頭分析模型示意圖。

為，並以非線性彈簧來模擬土壤非線性行為。透過非線性靜力側推分析，可建立結構物之容量曲線，再將之轉換為譜加速度~譜位移格式，即可得容量震譜；接著引入設計反應譜，或選取強震紀錄建立反應譜，作為地震需求，並轉換為需求震譜；考慮結構非彈性效應後，容量震譜與需求震譜之交點即為性能點，如圖5所示，代表結構物在該地震需求下之最大反應。

(3) 動力分析法—有限元素法

本研究採用有限元素法來進行非線性動力分析，分析模型與簡易動力分析法所用者類似。

版樁式碼頭耐震能力評估方法

版樁式碼頭結構是由相互連鎖的版樁、拉桿、及錨碇設施等所組成，其受震反應受版樁結構與土體互制作用之影響，本研究採用二種方法來進

行其耐震能力評估，包括：

（1）簡易分析法－擬靜力分析

將地震力簡化為施加於構造物之側向靜態慣性力，並將版樁結構與支承土體視為剛體，檢討其穩定性。

（2）動力分析法－有限元素法

本研究以有限元素分析軟體PLAXIS建立版樁式碼頭分析模型，如圖6所示，並考慮結構構件及土層之非彈性行為，進行非線性動力歷時分析。

碼頭構造物易損分析流程

易損性分析即是建立結構物之易損性曲線，用來表示在不同強地動需求評估參數下（如PGA），構造物發生超越某一損害程度的條件機率。建立易損性曲線時需要大量的地震樣本來進行分析，以歸納出對應不同損壞等級之機率分佈。

由於易損性曲線需針對不同PGA進行多組分析，考慮分析方法之經濟性與代表性，重力式碼頭易損分析選用Newmark塊體滑動法，該法能有效模擬重力式擋土結構於土體上之受震滑移行為；棧橋式碼頭易損分析則採取容量震譜法，其所得之結構最大受震反應與動態分析結果相近；至於版樁式碼頭，由於據以判定其損壞等級之相關參數需要進行動力分析方能有效求得，雖然較為耗費運算時間成本，但仍採用動力分析法進行易損分析。

本研究所採用之碼頭結構易損分析流程如下：

- 根據過去之地震案例，掌握實際碼頭受震破

壞之機制與重要影響因素。

- 建立碼頭代表性標準斷面之分析模型，並決定材料與斷面性質等相關分析參數。

- 選取多個具代表性之地震歷時記錄，縮放到不同震度等級，作為輸入運動。

- 進行碼頭結構受震反應分析，求取所建立分析模型在各震度等級下的受震反應，據以建立在不同震度等級下，碼頭結構受震反應之機率分佈。

- 訂定各類碼頭結構在各損壞等級所對應結構反應之門檻值。

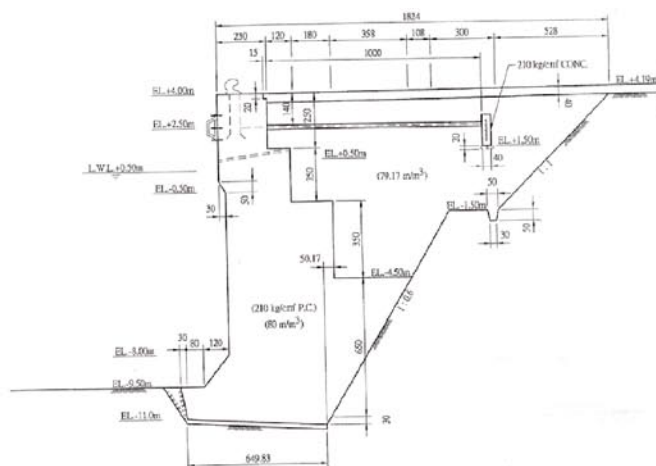
- 根據所建立之碼頭結構受震反應機率分佈，配合各損害等級對應之反應門檻值，建立各損壞狀態下，對應不同強地動需求值，結構反應超過門檻值之累積機率分佈，如此即可建立各損害等級下之碼頭結構易損曲線。

碼頭構造物易損曲線

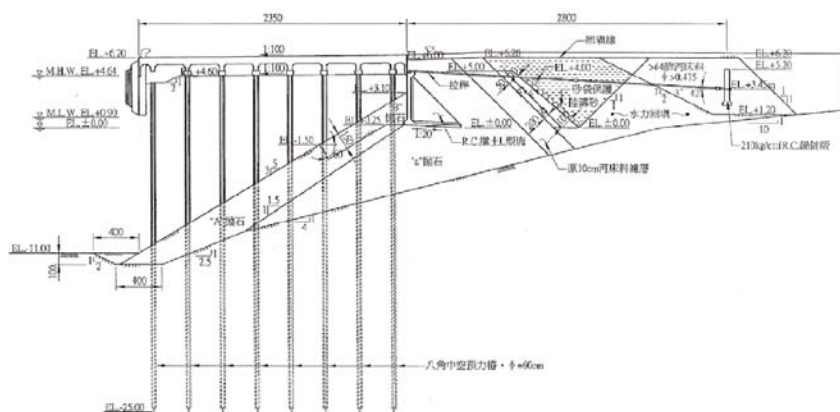
本研究所用來進行碼頭易損分析之地震樣本，係採用所分析港區附近測站記錄之實際地震歷時，選取震度3級以上者，其中包含1999年921集集地震、2002年331花蓮外海地震等強震事件，以及震央距離港區較近之區域性地震。

在此以花蓮港10~11號混凝土重力式碼頭、台中港5~8A號棧橋式碼頭、及花蓮港8號版樁式碼頭為例（如圖7），以前述流程建立易損曲線，分別如圖8、圖9、及圖10數據點所示。為了應用之便，需再將所得之易損曲線數據點標準化為對數常態分佈函數累積機率函數：

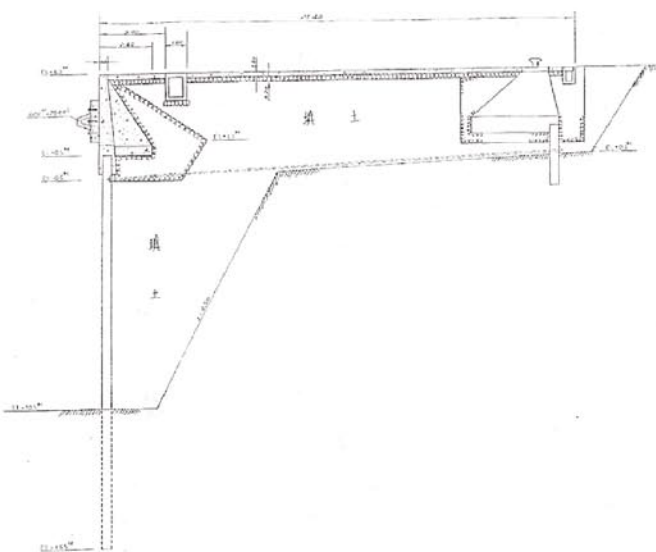
$$F(x) = P(X \leq x) = \int_0^x \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln x \mu}{\sigma} \right)^2 \right] dx$$



(a) 花蓮港10~11號混凝土重力式碼頭設計斷面。



(b) 台中港5~8A號棧橋式碼頭設計斷面。



(c) 花蓮港8號版樁式碼頭設計斷面。

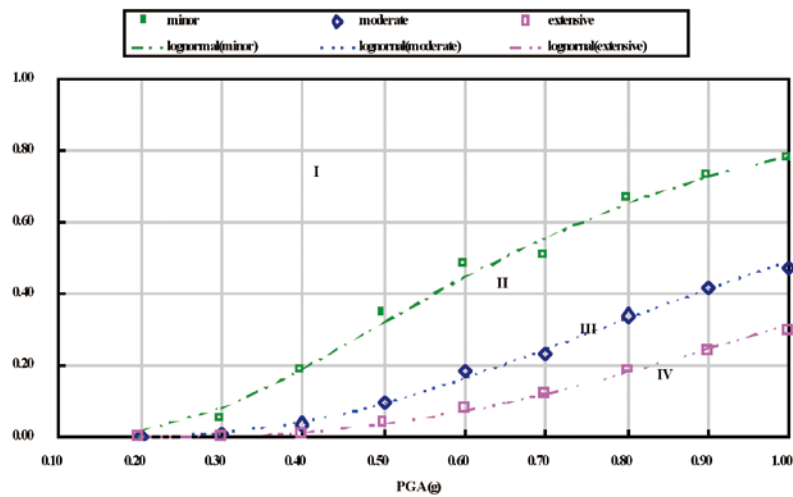


圖8 花蓮港10~11號混凝土重力式碼頭之易損性曲線圖。

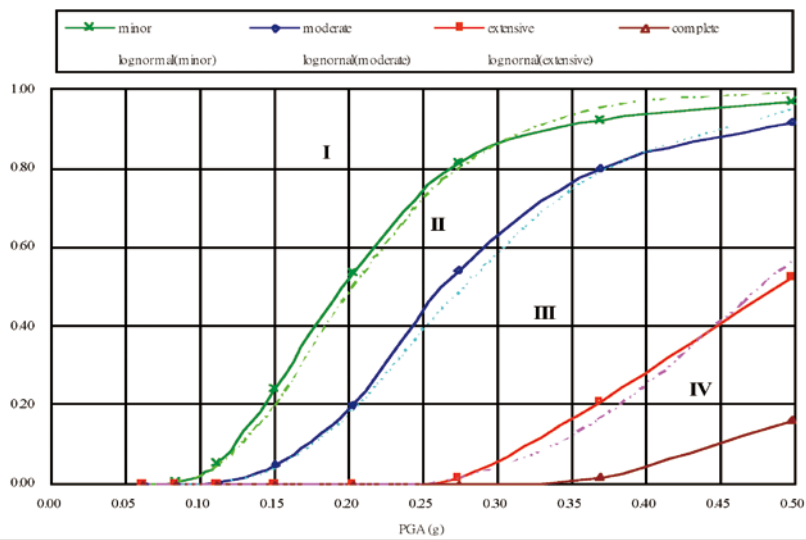


圖9 台中港5~8A號棧橋式碼頭易損曲線。

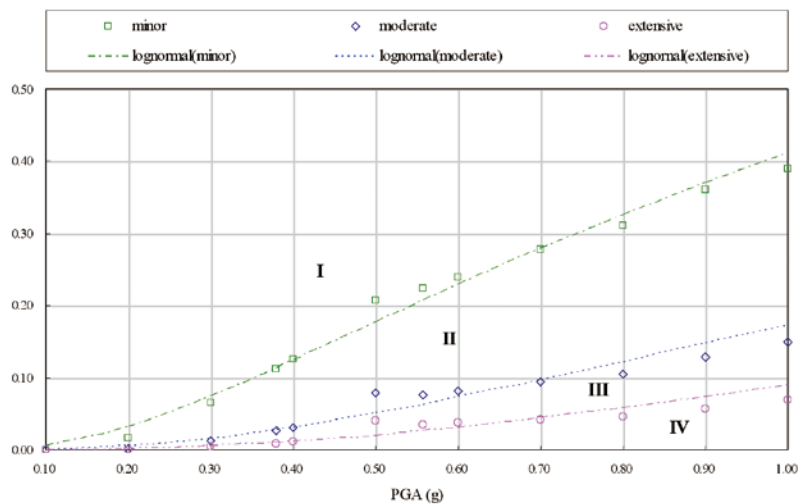


圖10 花蓮港8號版樁式碼頭易損曲線。

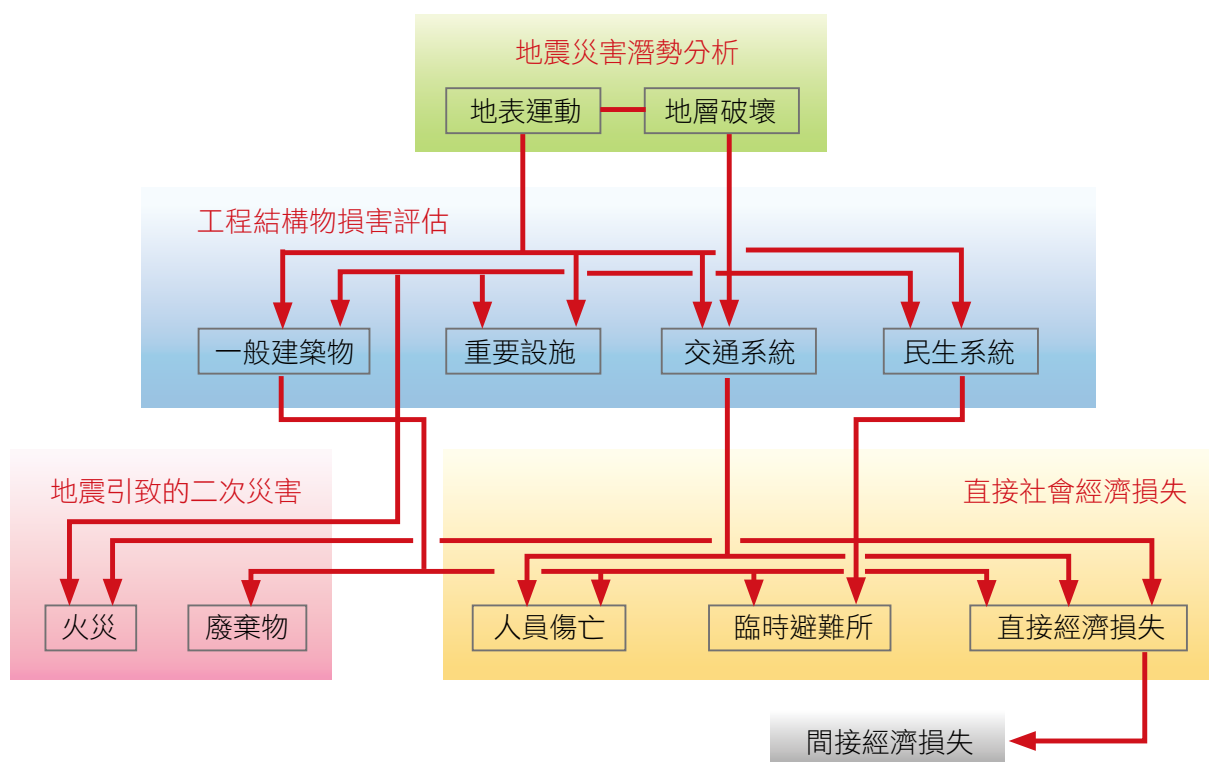


圖11 台灣地震損失評估系統分析分析架構（葉錦勳，2003）。

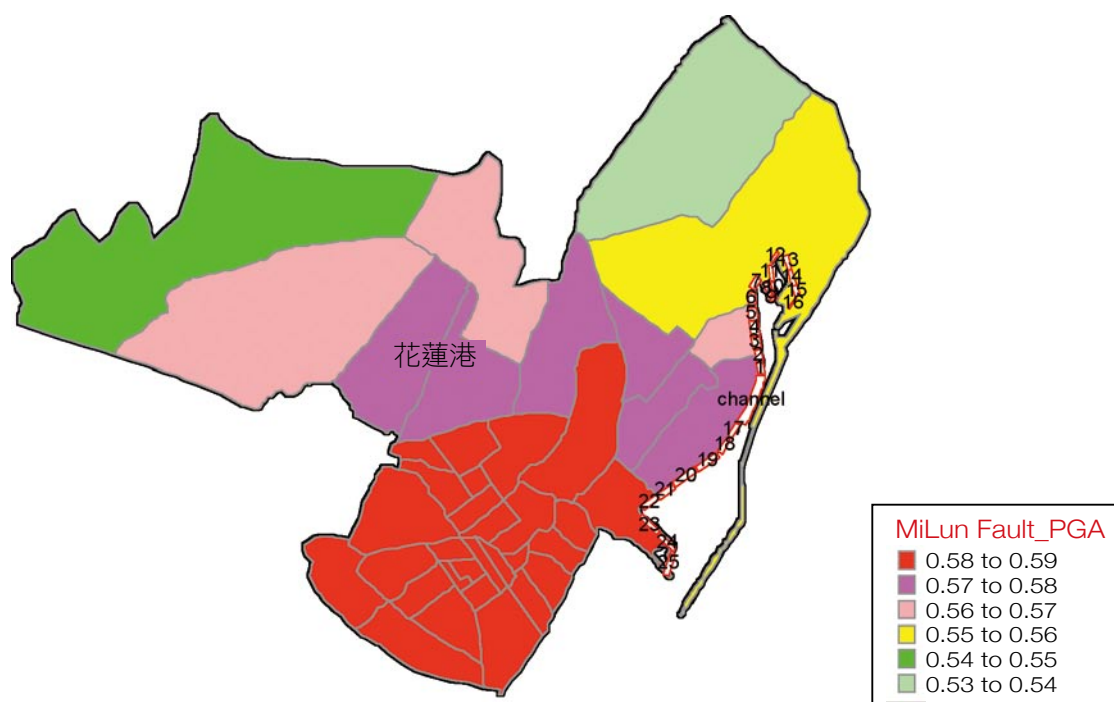


圖12 花蓮市村里PGA分佈（米崙斷層模擬地震）。

該函數僅需中位數 μ 與標準差 σ 兩個參數即可完整描述，能滿足TELES系統快速運算之需求。根據上述函數型式，將易損曲線數據點利用最佳化方法迴歸出標準化之易損曲線參數。將所得之易損性參數代入式（1），則可繪製出對數常態分佈函數型式之易損曲線，如圖8~10中之虛線所示。

港灣構造物之災害境況模擬與分析案例

台灣地震損失評估系統（TELES）係利用震災境況模擬技術，於震後可迅速提供災害的可能分佈範圍和規模，協助規劃緊急應變措施；在平時則可評估在最大可能地震發生時的災損情形，有助於擬定災害防救計畫。TELES系統分析架構如圖11所示，根據震災潛勢分析所推估的地表振動強度，配合易損性曲線，推算各類設施的損害機率和數量，並據以評估二次災害與經濟損失的程度。

本研究於TELES系統中建置港灣設施震損評估模組，並利用前述港灣設施易損分析成果進行參數設定，便可實際進行港區震損境況模擬。此處以花蓮港為例，採用對其威脅較大之米崙斷層來設定模擬地震。圖12為花蓮港區震災潛勢分析所得花蓮市各村里之加速度分佈，PGA值介於0.56-0.59g之間。進一步求算每座碼頭位置之PGA值，亦約介於0.54-0.59g之間，則經由結構物損害評估模組，估算得花蓮港區各碼頭結構損害狀態處於輕微損害狀態之機率約24.5~29%，處於中等損害狀態之機率約6.5~8%，達嚴重損害狀態之機率為4~5.5%。接著，利用重建成本與損失比參數，計算各碼頭

結構之直接經濟損失約為484.6百萬元（總重建成本4,534百萬元）。

結論

本研究於TELES系統建置港灣設施震損分析模組，並已能有效進行港區之震損評估分析，但由於目前台灣港區之實際震損案例有限，未來仍須根據實際應用情形逐步校正系統內的各項參數值與評估模式。

類似台中港區與花蓮港區，後續將再針對基隆港與高雄港等港區進行相關之研究工作。研究成果可供作災前預防、災時應變及災後重建計畫之參考，以有效提昇我國於重要港區之防救災能力。

參考資料

1. 葉錦勳，台灣地震損失評估系統-TELES，國家地震工程研究中心報告，NCREE-03-002，（2003）。
2. 交通部頒佈，港灣構造物設計基準—碼頭設計基準及說明，（2000）。
3. Applied Technology Council（ATC），Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Vol. 1, ATC-40, Applied Technology Council, Redwood City,（1996）。
4. International Navigation Association（INA），Seismic Design Guidelines for Port Structures, A.A Balkema Publishers,（2001）。
5. Newmark, N. M., "Effect of Earthquake on Dam and Embankment," Geotechnique, Vol. 15, No. 2, pp.139-159,（1965）。

深入淺出誘捕系統

文/圖 蔡劍霞 國家高速網路與計算中心

前言

隨著網路應用的日新月異，及資訊科技融入日常生活的勢不可擋，我們在享受科技帶來的便利之際，常忽略潛在的安全問題。誠如國家標準 CNS 17799所述，「資訊對組織而言是一種資產，和其他重要的運資產一樣具有價值，因此需要持續給予妥善保護。」而資訊安全的目標是透過技術、管理等方式，保障資訊系統和服務免於被威脅，以確保組織持續營運、降低營運損失，並得豐厚報酬與商機。將資訊安全對應到個人，其重要性亦然，攸關生活、隱私的個人資料保全，在與資訊科技密不可分的生活中心，越來越受到重視。

惡意程式的分類有病毒、木馬、蠕蟲、側錄、釣魚、間諜程式等，兼具數種特性的惡意程式也很常見。以個人電腦安全防護來說，使用防火牆、防毒軟體、禁用P2P軟體、定期更新程式版本等，是保障系統安全、資料不被竊取的基本操作。以往認為禁止下載不明軟體或檔案、只瀏覽正當網站即可遠離威脅，在駭客手法日新月異之際，擁有良好操作習慣的使用者，也可成為入侵的受害者。利用網站或瀏覽器的漏洞，在使用者感覺無異之下，趁機植入木馬、下載惡

意程式。此種稱為「網頁掛馬」（Cross-site Scripting）的攻擊型態，儼然成為個人隱私與系統安全的心腹大患。

從數據看資訊安全趨勢，至2009年5月初，StopBadware.org^[1]統計有19多萬個經通報的惡意網站存在網路世界，反網路釣魚工作小組（APWG）^[2]的2008年工作報告統計^[3]，2008年12月全球藏有木馬、釣魚程式等網站的國家，前十名分別是美國（32.43%）、中國（24.77%）、巴西（16.22%）、俄羅斯（6.31%）、拉脫維亞（4.95%）、韓國（4.05%）、葡萄牙（3.6%）、德國（2.72%）、烏克蘭（2.7%）、荷蘭（2.25%）。惡意網站成長迅速，對使用者的安全威脅逐日增加，資訊安全攻防戰不再是科幻電影的情節，而是日常生活中面對的事，從消極面對到積極防禦已成為發展趨勢。

簡介誘捕系統

早期駭客的攻擊目標是伺服器端的服務，自豪於展現技術能力，近年來轉向入侵客戶端的電腦，目標也大有不同，兼有金錢或商業誘因，以

獲取客戶端敏感資料為主，客戶端誘捕系統便應運而生。

以個人電腦防護來說，防火牆、防毒軟體與入侵偵測系統屬於被動式的防禦，攻擊產生時以拒絕連線、拒絕存取因應，無法控管透過瀏覽器的弱點侵入之惡意程式，諸如瀏覽網頁下載Active X控制項、點選網頁橫幅廣告而感染的惡意程式，在本機端執行時才被防毒軟體檢出。

誘捕系統（Honeypot）的定義是有缺陷、不具營運價值的系統，誘使駭客進行攻擊，透過紀錄攻擊手法和系統行為的改變，進行分析以改進防護的方法，各項工具的發展，目的在模擬真實系統的行為、真實服務的回應，藉以捕捉資料。多台誘捕系統部署在網際網路上，構成誘捕網路（Honeynet），屬於高互動式的誘捕系統群，透過閘道口監控，讓駭客的攻擊進入，但攻陷的誘捕系統產生的流量不可流出。所有進出的網路流量都是可疑的，誘捕系統分為兩種類型：^[4]

低互動式誘捕系統：模擬特定功能或服務的系統，安全風險低，且資源使用量少可以大量部署。但模擬真實系統行為的方式，容易因功能侷限而被駭客發現回應有異，被識破為誘捕系統而停止攻擊，故缺乏偵測未知攻擊手法的能力。廣為使用的有Honeyd、Honeytrap等。

高互動式誘捕系統：使用真實系統進行誘捕，通常用剛安裝、未更新程式的作業系統，具有真實系統的漏洞和服務，可與駭客進行進階互動。好處是可以獲取詳盡的入侵資料，不易被發現是陷阱，缺點是需要大量資源部署及容易被入侵，

需注意整體網路的安全機制，避免被入侵後成為跳板。常用的有Capture-HPC、Honeywall-ROO等。

此兩種誘捕系統各有擅揚，低互動式誘捕系統適合研究統計，紀錄入侵攻擊數量與來源，以了解發展趨勢。高互動式誘捕系統屬於取得駭客所用技術，記錄每項操作步驟，用於進行攻擊手法的研究。因應網路應用程式攻擊的趨勢興起，web-based的誘捕系統相較之下數量不多，主因是網頁開發套件眾多、開發語言相異，針對網站應用程式攻擊的誘捕系統相對不足，相關的研究有GHH、HIHAT等。

網站安全控管

從另一層面來看，避免網站成為入侵的幫兇，正本清源的做法是撰寫安全的網站應用程式。Google在2008年10月提供一份達60頁的文件「Browser Security Handbook」^[5]，比較各大版本瀏覽器的行為和異同，說明開發網站程式時該注意的事項，避免瀏覽器誤判應用程式，增加瀏覽時的安全性。惡意程式單靠人力難以檢出，典型的方式之一是嵌入在圖片中，在HTML的插入圖片標籤後，附帶可疑的JavaScript，連結到外部網頁，使瀏覽器下載惡意軟體，檢查惡意程式需要經驗與自動化程式協助方可事半功倍。

如果您擔心管理的網站被植入惡意程式，可利用Google提供的安全瀏覽API^[6]檢查搜尋紀錄，正常未受攻擊的網站檢測結果如圖1，反之如圖2，此網站包含13個惡意程式、12個木馬、10個惡意腳本攻擊，顯然為惡意網站，Google

一併列出惡意程式來自網域及網站架設地點。若搜尋自己的網站，發現已被Google標示為「這個網站可能損害你的電腦」（This site may harm your computer），可以透過上述介紹的stopbadware.org或登入Google Webmaster Tools^[7]檢視惡意程式所在位置，並提供移除方式。

國際組織與未來發展

HoneyNet Project^[8]肇始於1999年，此國際組織發展大多數廣為使用的誘捕系統，重視實做與理論的結合，以系統與應用為目標，解決資

訊安全實際的問題，現有36個支會遍布全球。

Honeynet Project 的任務有三大項：^[9]

1.促進組織與個人對網路威脅的認識與了解，喚醒社會各階層對資訊安全的認識，進而提升防護方式、減低威脅。

2.提供防禦資訊，並提供文件說明駭客的行為、入侵動機與方式、互通信息的方法等。

3.發展多項Open Source工具，提供各界佈建誘捕系統，藉此了解網路世界的現況。

Safe Browsing
Diagnostic page for www.nchc.org.tw

Advisory provided by 

What is the current listing status for www.nchc.org.tw?
This site is not currently listed as suspicious.

What happened when Google visited this site?
Of the 2 pages we tested on the site over the past 90 days, 0 page(s) resulted in malicious software being downloaded and installed without user consent. The last time Google visited this site was on 2009-02-19, and suspicious content was never found on this site within the past 90 days.

This site was hosted on 1 network(s) including [AS7539 \(TANET2\)](#).

Has this site acted as an intermediary resulting in further distribution of malware?
Over the past 90 days, www.nchc.org.tw did not appear to function as an intermediary for the infection of any sites.

Has this site hosted malware?
No, this site has not hosted malicious software over the past 90 days.

Next steps:

- [Return to the previous page.](#)
- If you are the owner of this web site, you can request a review of your site using Google [Webmaster Tools](#). More information about the review process is available in Google's [Webmaster Help Center](#).

Updated 4 hours ago

©2008 Google - [Google Home](#)

圖1 正常網站的Google安全性檢測結果。



圖2 惡意網站的Google安全性檢測結果。

國家高速網路與計算中心為結合產官學界，透過國網中心固有之網路服務、網路安全技術，提升國內的資訊安全防禦能力，以及強化國際交流、以技術參與國際社群之目標，在2008年11月申請加入Honeynet Project國際組織，並在同年11月27日獲得總會同意成立台灣Honeynet Project支會（Taiwan Honeynet Project）。目前任務為參與多國資訊安全研究專案，在台灣學術網路佈建分散式誘捕系統，分析與研判資訊威脅發展，成為國際監控網之一環，進而與產學界合作，增強資訊安全發展能量。^[10]

台灣Honeynet Project支會在2009年2月25日到3月1日，於在吉隆坡舉辦的Honeynet工作年會中^[11]，洽談國際研究計畫的合作與各支會資料分享的方式。於國網中心南部事業群舉辦一系列的教育訓練課程，從誘捕技術的基礎至惡意伺服器探測、網站應用程式防禦等皆有完整詳實的說明和實作，對推廣誘捕系統及提升國內資安能量有極大助益。

國家高速網路與計算中心為達到促進資訊安全、厚植國家基礎能力之目標，已於今年（2009年）正式啟動資訊安全研究計畫，透過

佈建誘捕系統及多項應用，目標為產出整體性的解決方案，提供國內各界完整有效的防禦措施。

目前重點研發計畫有下列四項：

1. 惡意程式誘捕系統建置：建立高互動式的誘捕系統，收集惡意程式、對惡意程式與駭客技巧進行分析統計。

2. 製作誘捕系統安裝光碟：提供國內有志於部署誘捕系統的台灣Honeynet Project會員建置惡意程式誘捕系統，發揚社群能量。

3. 建立惡意網站列表：以客戶端誘捕系統技術，發展自動化惡意網站探測系統，建立自動更新之惡意網站清單，未來協助國研院及所屬單位進行網站維護，避免遭植入惡意連結，提昇對外資訊安全，並進行大規模外部惡意網站探測。

4. 研發誘捕系統導向之殭屍網路探測技術：運用誘捕系統之基礎，研發探測殭屍網路的技術，減低其危害。

台灣Honeynet Project支會目前已收集1200餘支惡意程式，據我們的研究發現，惡意程式約七天就產生變種程式，防毒軟體未能及時更新則檢測效果不彰，表示網路威脅的日新月異，單靠消極防禦是不足的。建立誘捕系統的目標在辨識我們的敵人，藉由分析惡意程式找到散佈的源頭，達到正本清源之效。

誘捕系統是學習駭客活動與行為、收集各項威脅的方式，不僅能應用於誘捕惡意程式，也頗具學理研究意涵。不同語系或區域的攻擊形態相異，此基於地域和語系的誘捕結果，能反映不

同文化或地區的網路犯罪型態，具有犯罪研究的潛在價值。歡迎各界有志於資訊安全的同好加入台灣Honeynet Project支會，筆者為工作小組成員之一，詳細資訊請查詢台灣Honeynet Project支會網站（<http://www.honeynet.org.tw>）。

參考資料

1. <http://www.stopbadware.org/>
2. <http://www.antiphishing.org/>
3. http://www.antiphishing.org/reports/apwg_report_H2_2008.pdf
4. 台灣Honeynet Project支會教育訓練課程教材，蔡一郎、鄭毓芹
5. Google: Browser Security Handbook, <http://code.google.com/p/browsersec/wiki/Main>
6. <http://code.google.com/apis/safebrowsing/>，或直接於瀏覽器網址列輸入<http://google.com/safebrowsing/diagnostic?site=您的網站>
7. Google Webmaster Tools, <https://www.google.com/webmasters/tools/dashboard?hl=zh-TW>
8. <http://www.honeynet.org/>
9. <http://www.honeynet.org/about>
10. http://www.honeynet.org.tw/index.php?option=com_content&view=frontpage&Itemid=1
11. <https://www.honeynet.org/node/371>

汶川地震重大坡地災害現地勘查1/2

文/圖 陳聯光、陳樹群、周憲德、王文能、林銘郎

汶川地震簡介

2008年5月12日中國大陸四川省汶川縣於當地時間下午2點28分，發生規模Ms8.0的地震（以下稱汶川大地震），震央位於北緯31.0°、東經103.4°，位於成都市西北西方約70公里，距離重慶市約360公里，震源深度約19公里。據中國國務院抗震救災指揮部統計汶川大地震已造成四川、甘肅、陝西、重慶、雲南、湖北、河南、貴州、山西、湖南等 10省（市） 417個縣（市、區）受災；因災69,225人遇難，374,640人受傷，失蹤17,939人。房屋倒塌超過778萬間，損壞房屋超過2459萬間。四川省境內因汶川大地震影響，據估計境內造成了超過130個堰塞湖，其中34處有災害危險的堰塞湖，倘若潰堤，將危及下游百萬人的性命，對於地震所引致山坡地之崩塌與堰塞湖更是二次災害發生的原因。

汶川地震現地調查說明

本次臺灣團隊之汶川地震現地調查行程根據首震與餘震沿線，並根據國家減災中心衛星遙感部於汶川地震發生後持續監測沿山麓地帶大型崩塌滑坡地區之衛星和航空遙感資料，並參酌京都大學防災研究所汪發武教授之現勘建議，從成都

四川大學出發在交通不受影響以及現地調查時間安排下，沿著龍門山斷層從汶川縣（漩口鎮、映秀鎮）、都江堰市（紫坪鋪鎮）、廣元市青川縣（紅光鄉）、北川縣（擂鼓鎮、曲山鎮）、安縣（茶坪鄉）以及彭州市（小魚洞鎮、龍門山鎮）等沿線幾處重大坡地災害點位進行現地勘查，行程規劃如圖1所示。

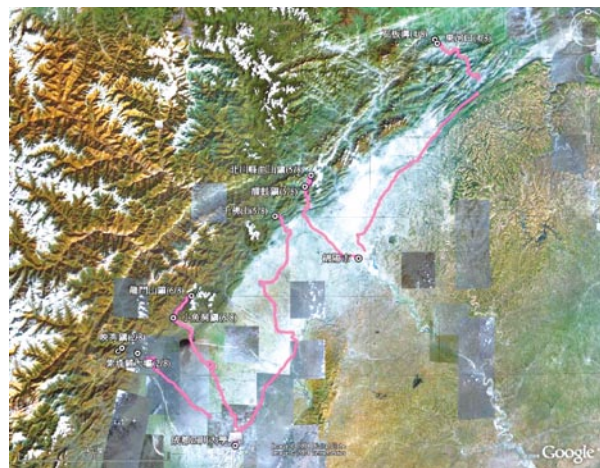


圖1 汶川地震現地調查行程路線（底圖資料取自GoogleEarth）。

都江堰—映秀鎮

紫坪鋪大壩調查

水庫壩址距離美國地質調查所（USGS）所公佈之震央約20公里。水庫壩區及其附近地區正處於龍門山斷層、松潘-都江堰-邛崃-雷波斷層、南

充-廣漢-都江堰斷層等三組斷層構造帶的交會部位，正是現今地殼最為活躍的地帶。5月12日汶川地震，根據水庫之地震計記錄，壩底之加速度約0.6g，壩頂之加速度則超過2.0g，此部份資料仍有待進一步確認。地震造成紫坪鋪水庫大壩出現三條裂縫，裂縫最寬處達20公分，廠房等其他建築物牆體發生倒塌，局部沉陷，避雷器倒塌，整個電站機組全部停機。萬幸的是，這座大壩在這次地震中倖存了下來，並沒有出現大崩潰的情形。因地震後庫區水位排空至呆水位（820公尺）進行安全檢測，地震當時引發庫後湧浪高達4-5公尺，並造成數十名釣客死亡。紫坪鋪水庫壩頂外側護欄因地震震落於下游背水坡面，水庫大壩壩頂另一側出現長約200米、最大達80公分的沉陷，向下游面外移約30公分，水庫右岸洩

洪排砂道建築整體已經嚴重變形。紫坪鋪大壩左岸山體為一老地滑區，施工單位於坡趾處以填土方式置一平臺達200萬立方公尺，除可具碼頭功能外，更以此鎮壓坡腳以避免坡趾遭受淘刷，並防止老地滑再度活動。紫坪鋪水庫壩頂房舍受地震影響出現結構受損，另外因地震過後庫區上游峽穀兩側山體崩塌危害，泥砂運移量將大增，未來淤砂現象將明顯增加，將可能影響水庫庫容減小以及民生供水之原水濁度升高問題。紫坪鋪大壩現地調查說明如圖2-5所示。



圖2 紫坪鋪水庫壩頂外側護欄因地震震落於下游背水坡面。



圖4 水庫壩頂外側護欄震落於下游背水坡面，大壩中央下陷約70公分，向下游面外移約30公分。



圖3 水庫壩頂受地震影響，照片左側相對右側陷落約15公分。



圖5 水庫壩頂房舍受地震剪力作用導致結構受損。

國道213紫坪鎮至漩口鎮

紫坪鋪水庫-漩口鎮-映秀鎮主要為沿國道213線，沿線以岷江兩岸山坡地為聚落發展區位，因此地震除了造成房舍倒塌受損影響外，其次生災害主要為地震所引起之崩塌、落石、滑坡、堰塞湖以及土石流等造成道路、電信、通訊中斷以及掩埋房舍等災害。於地震後國道213公路毀損嚴重，公路路基扭曲變形，公路橋樑倒塌，近百輛行駛的車輛受困於公路，且多輛車遭遇落石崩場所壓毀掩埋，根據成都山地所分析結果，從漩口鎮到映秀鎮的滑坡和崩塌密集地沿國道213線

分佈，有159處滑坡和崩塌，其崩塌處線密度達3.3處/公里。另岷江上游沿線除紫坪鋪水庫建壩時採石區亦因地震崩塌擴大外，其出露岩層為石炭紀石灰岩，以及沿岷江兩岸之山坡崩塌凹穀內及坡趾仍堆積不少崩積土石，將形成日後土石災害的料源，未來因降雨流入岷江將直接衝擊下游紫坪鋪水庫，將影響庫容與民生供水之原水濁度。紫坪鋪水庫至映秀鎮現地調查說明如圖6-9所示。



圖6 都汶高速公路跨紫坪鋪水庫廟子坪大橋因地震造成中間橋板斷落水庫。



圖8 岷江左岸之孤立山，於本次調查發現孤立山脊可能因地震波放大效應，造成環山均發生崩塌滑坡現象。



圖7 紫坪鋪水庫廟子坪附近岷江右岸受地震影響龜裂。



圖9 原採石殘坡因地震造成崩塌擴大，凹穀內及坡趾仍堆積不少崩積土石。

百花大橋-岷江支流牛圈溝堰塞湖

映秀附近的百花鄉牛圈溝被人們稱之為512汶川大地震的震中，地震爆發時，沖出約五百萬方的花崗岩泥砂碎石，把原來深達50公尺、寬達百公尺、長約八、九百公尺的牛圈溝的山溝填滿。溝內房屋幾乎全部倒塌或遭掩埋，牛圈溝深達50公尺泥石的下面約埋葬了20多人，包括部份外地施工人員。牛圈溝下游岷江入匯口高程約860公尺至堰塞湖約1,040公尺，溝穀距離約1,200公尺，溝穀坡度約為15%（8.53°）；支流土石流沖出口高程約1,000公尺與主河道匯流處河谷形成一瀑布高差超過30公尺，至上游大面積崩塌區至高點約2,440公尺，距離約為2,700公尺，土

石流支流坡度約為53.33%（28.07°）；據當地居民轉述，「地震當時，兩座山一會分開，一會合攏，大樹也是一會倒下，一會立起。」張家坪村一組就被全部掩埋在兩山之間。這數百萬方的泥砂碎石，是滑坡轉化為碎屑流形成。根據現地調查牛圈溝因支流土石碎層阻斷主流形成堰塞湖，是映秀目前水源地所在，水質混濁，將造成衛生條件的隱憂。另牛圈溝河道內仍有大量花崗岩碎屑堆積，兩岸為砂岩沉積岩崩塌，未來幾年內泥石流次生災害將擴大影響下游居民安全。百花大橋-牛圈溝堰塞湖現地調查說明如圖12-15所示。



圖10 國道213線上邊坡採鋼絲鐵網水泥噴漿處理，與遠處兩相對照，已發揮噴漿處理之功效。但因地震導致部分隆起，與地面脫離，未來容易因雨水侵蝕造成整片鐵網噴漿下滑的次生災害。



圖12 本照片為人工炸毀後之百花大橋。



圖11 紫坪鋪水庫放空後，上游庫底岷江河岸灘地泥砂部分發生液化側潰現象，重新長滿植被。



圖13 牛圈溝河道內為花崗岩碎屑堆積，兩岸為砂岩，照片左側可見原來房舍已遭掩埋。



圖14 牛圈溝向下游映秀鎮看，坡度約為13%。河道因洪水沖出一條最深約2公尺之主流槽。



圖15 牛圈溝因支流土石碎層阻斷主流形成堰塞湖，是映秀目前水源地所在，水質混濁，將造成衛生條件的隱憂。

百花大橋至映秀鎮

映秀鎮是震中重災區，全鎮大部分房屋倒塌，到處山體滑坡，到14日下午，僅有2300多人生還，並且有1000餘人傷勢嚴重。救援隊全力搶修公路，並空降大批人員進行救助。6月13日至15日汶川映漩片區連降大雨，映秀鎮全鎮7個村14條道路被毀，6月14日張家坪村再次發生崩塌，直接威脅到臨近安置點群眾安全，老街村垮塌影響道路通行。根據現地坡地調查結果，魚子溪進入映秀鎮兩岸山坡地因地震造成大面積崩

塌，且岷川河岸邊的棄碴，疑似都汶高速公路龍溪隧道開挖之棄碴（疑是煤礦渣），尚未有良好水土保持措施，如果崩滑入江，將來都可能將流入紫坪鋪水庫區，是一大隱憂。由岷江與魚子溝匯流處回望魚子溝右岸階地，從山地所提供資料，斷層從階地與後方陡坡邊緣通過，對於斷層經過處對於映秀鎮未來復建之影響需特別注意。百花大橋至映秀鎮現地調查說明如圖16-19所示。



圖16 映秀鎮漩口中學於地震時校舍倒塌，後方映秀小學則全毀，造成重大傷亡。



圖17 岷江左岸河岸邊的棄碴，疑似都汶高速公路龍溪隧道開挖之棄碴（疑是煤礦渣）。



圖18 斷層經過處因擠壓造成護岸推擠歪斜。人站於斷層跡上，其後方抬升約2-3公尺。



圖19 斷層經過處，人所站之處正好是逆衝所造成之爬坡位置，倒塌的建築物是映秀煙草公司，斷層上盤房屋倒塌，樹木傾斜。

青川縣-紅光鄉-東河口村-石板溝

東河口崩塌

東河口崩塌位於四川省廣元市青川縣紅光鄉嘉陵江支流清江河（又稱青竹江）上，根據媒體報導（新華社，中國環境報）5月12日汶川地震發生後，受地震波及影響在廣元市青川縣紅光鄉東河口村一帶周圍列屬龍門山脈的三座大山中的陽坪山和後院山面對峽穀的近半山體「轟」的一聲，發生大崩塌並堆積於青竹江及紅石河交匯處，崩塌體積超過2,000萬立方公尺以上，崩積土方分別阻攔青竹江及紅石河形成了兩個堰塞湖，壩高分別為30公尺和70公尺，庫容分別為350萬立方公尺和250萬立方公尺。山體崩塌並掩埋東河口村4個社1所東河小學及其鄰近關莊鎮沙壩社區康樂村的1個社，這兩個村莊約260戶的居民總數共1300多人，由於當地大部分青年人外出打工，孩子外出上學。由於崩塌潰化土體轉瞬即至，使兩個村莊的老弱婦孺甚至來不及呼救，轉瞬之間就陰陽永隔，據紅光鄉政府統計，此次被泥石流掩埋死亡的人數為370人失蹤21人，另一輛從青川縣城開至石壩鄉方向的客運中巴車也

被掩埋，車上載有20餘名乘客，可見死亡失蹤人數將超過400人。根據當地倖存的居民所述，在這次大崩塌中唯一逃生的是該村建在半山腰的小學學生們，在老師的帶領下，圍坐在操場中間的一百餘名師生幸運地避過土石掩埋，三位老師及一名學齡前小孩遇難。東河口堰塞湖更曾一度威脅下游數萬名居民生命財產安全。在四川省水利廳、國土資源廳與當地市、縣政府進行緊急會商，採取自然溢流、分級消能的開挖洩洪管道措施，同時迅速組織堰塞湖下遊清江河沿線所有群眾撤離到「2006年8月28日」洪災最高水位線以上。有關部門在清江河沿線設立8個觀察哨，實行24小時觀測，每2個小時報告一次堤壩、水位等情況，並在清江河沿線設立醒目標誌牌和警戒線。在堰塞湖有效處置與自然溢流後，情況發展優於預期，基本上已排除險情，發生潰壩的可能性極小。



圖20 由下游眺望東河口崩崖及堆積部，堆積厚據聞達60-70公尺，堆積材料為大部份屬嚴重風化之板岩、砂質板岩組成為主。



圖22 面向清竹江上游之東河口堰塞湖，照片中之水面為開挖洩洪管道後之水位。



圖21 照片左側水潭為東河口村崩塌堵塞紅石河形成之堰塞湖，照片中之水面為開挖洩洪管道後之水位。



圖23 東河口崩塌堆積至國小操場位置，照片中之房舍為原東河口國小校舍，因此學校師生得以倖免於難。

根據臺灣現地調查團初步分析結果顯示，東河口村崩塌區為板岩地質，風化程度高，最大塊體直徑約2公尺。王家山的源頭崩塌土體滑落至王洋坪及瓦窯背時堆積深約70-80公尺，由源頭至堆積區水準距離約2~3公里。東河口崩塌堰塞湖現地調查相關說明如圖20~23所述。

石板溝地滑

石板溝堰塞湖位於四川省廣元市青川縣紅光鄉嘉陵江支流青竹江上，位於東河口村上游約2公里，根據媒體報導（北方網及四川線上），石板溝堰塞湖是震後繼唐家山堰塞湖之後的第二大高

危險堰塞湖。石板溝堰塞湖為山體受地震發生地滑產生約1,000萬立方公尺阻塞青竹江形成的，壩高約75公尺，寬約450公尺，落差約60公尺，最大可能蓄水量超過1,000萬立方公尺，該堰塞湖集水面積約1,223平方公里，其與青川縣的紅石河堰塞湖和東河口堰塞湖屬於中高危險級堰塞湖之列，在四川省水利廳、國土資源廳與市、縣政府進行緊急會商，採取爆破結合自然溢流、分級消能的開挖洩洪管道措施，以解除其對下游超過15萬人的威脅。根據臺灣現地調查結果，石板溝地滑為一順向坡滑動，石板溝滑坡坡面上仍保留相當多原有植被，類似九份二山，有當地居

民在坡體崩滑過程中，與牧牛一起倖存，故部份地表仍未破碎。崩滑山體主要由板岩、千枚岩、及變質砂岩所構成，岩層走向/傾斜為 $N70^{\circ}W/NE25^{\circ}$ ，滑動方向（ $N10^{\circ}\sim30^{\circ}E$ ）略於河道斜交，堰塞土體之板岩塊（約5-6公尺），崩塌距離約600公尺，堆積坡度約為 23.5° 。趾部疑似位於原河道攻擊凹岸處，由於滑動距離僅百餘公尺，故滑動體較完整，腳部上的樹木向上邊坡方向傾斜，顯示岩體順平面滑動，岩塊未經翻轉，崩場地趾部之並出現趾部隆起（Hummocky）

地形，目前石板溝堰塞湖已開炸引流洩洪並不具危險性。石板溝堰塞湖現地調查相關說明如圖24-27所述。

註：限於篇幅，「汶川地震重大坡地災害現地勘查1/2」以說明汶川縣（漩口鎮、映秀鎮）、都江堰市（紫坪鋪鎮）、廣元市青川縣（紅光鄉）為主，其餘北川縣（擂鼓鎮、曲山鎮）、安縣（茶坪鄉）以及彭州市（小魚洞鎮、龍門山鎮）等現地調查說明將於「汶川地震重大坡地災害現地勘查2/2」中說明。



圖24 由青竹江下游往上游眺望石板溝堰塞壩體，此天然壩體已經開炸引流洩洪。



圖26 滑坡體並未完全潰散，部份植生仍豎立於坡體上。



圖25 石板溝地滑岩層屬板岩夾變質砂岩。



圖26 石板溝堰塞湖向青竹江上游遠眺，堰塞壩體已炸開洩流，較不具危險性。

淺談高屏河-海輸運系統中陸源物質宿命

文/圖 田蓉禮 台灣海洋科技研究中心

前言

全球暖化海平面上升加上石化資源的枯竭，目前各國都致力於海洋資源與河海交互作用的環境變遷研究，不僅僅是都市的發展主要多集中於世界主要河口地區，更因為工業化或因人類活動而增加的產物，將大量非自然物質藉由河川帶入海洋，進入了水循環圈，影響水資源的循環及食物鏈。因此有效而深入的了解單一水系的各方面特性，除了可探究新能源的可能性，另外亦可解析複雜的水循環圈系統。長遠而言，陸源物質變遷隨時空環境條件的不同而有所變化，產生不同的生物地球化學組成，其中的變化除了包含時空條件外，參與反應的尺度也有極大的差異，小至分子大至全球，將有具體而微的了解。台灣西南高屏峽谷位於活動的地體構造區域，具備一般水系少有的地形控因，成為研究沉積物由源到匯的絕佳場所。

台灣附近海域地形特徵

台灣這塊土地位於歐亞大陸板塊東緣，簡單的說與西菲律賓海洋板塊互相碰撞的結果產生了台灣島，在這個特殊的地體構造下，水平方向單位距離的地形高度的變化明顯，使得台灣在寬度143公里，即出現了玉山，海拔3997公尺，

這不但是臺灣最高的山峰，也是太平洋西邊島嶼中最高的。除此之外，附近海域的地形特徵也非常特殊，往東北延伸有日本的沖繩海槽，往西南延伸有南海，是世界上最大的邊緣海，一般認為南海海盆在30百萬年前開始裂開，約15個百萬年前停止，這個活動使得比較老的海洋地殼有可能分佈在南海的最北部（也就是台灣西南海域）。一般認為南海的岩石圈連同歐亞大陸岩石圈沿著馬尼拉海溝向東隱沒而且形成呂宋島弧，之後呂宋島弧隨著菲律賓海洋板塊持續向西北聚合推進，大約在7個百萬年前開始接觸琉球隱沒系統，而在約3百萬年前開始產生台灣的造山運動。今天的台灣南部海域沈積物積物及地層受到褶皺和逆衝斷層作用，推測是初始的板塊聚合及初期弧陸碰撞（initial arc-continent collision）的結果。

在這樣的地體構造下，台灣四周的海底地形非常複雜（圖1）。可以分成台灣海峽和東部外海兩個主要部分。台灣海峽向北延伸，是寬廣的東海陸棚。200公尺的等深線從台灣東北角經彭佳嶼南面，向東北延伸至日本九州。在這個深度範圍內是平坦的大陸棚，200公尺以下陡峭的海

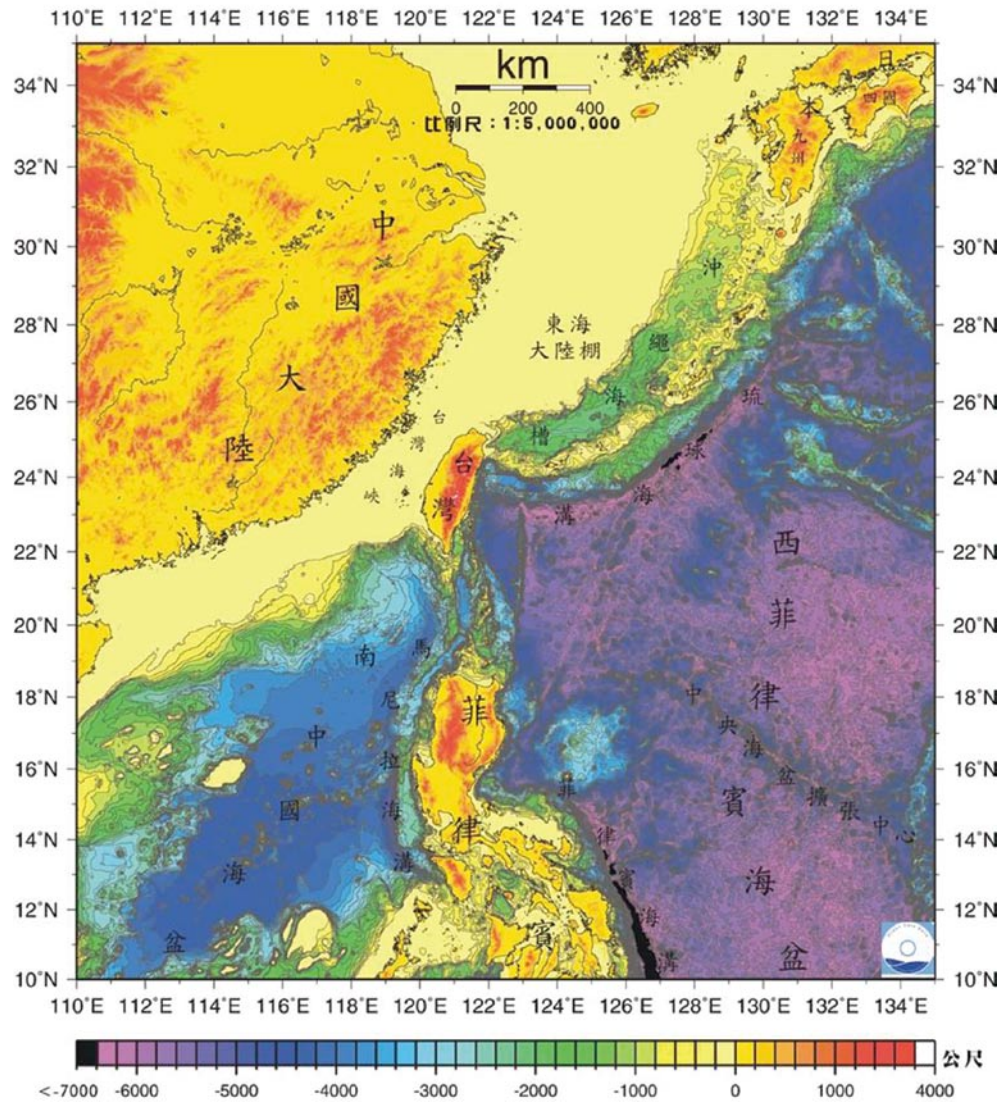


圖1 東亞陸地與海底地形圖（前國家海洋科學研究中心提供）。

床即為大陸斜坡。台灣東北角的大陸斜坡下降到2,000多公尺的沖繩海槽，最深的地方大約是2,270公尺。沖繩海槽本身就是一個島弧後的海洋盆地，目前在擴張之中，所以海槽兩側的斜坡多半有正斷層的構造，龜山島附近海域底部時有熱泉湧出，孕育著豐富特殊的海底生態。而到了

台灣東部外海離海岸才30公里左右就降到4,000公尺，地形戲劇性加劇，東臨太平洋，海底的地殼是海洋地殼，不同於西岸的大陸地殼邊緣，地形上的特殊性加上東北季風的吹拂，常使海上作業的海況險象環生。

相對的西部台灣海峽的深度大部分都淺於100公尺，尤其是台灣海峽北部，也就是澎湖群島以北，它的水深多半淺於80公尺。濁水溪外海為是分布廣範的沙質海床，深度不及40公尺。海峽中央內的澎湖群島四周的海床多礁石，深度變化大。澎湖群島與台灣之間為一北尖南寬的海槽，名為「澎湖水道」。澎湖水道為一細砂質海床，它的水深介於100~200公尺之間。台中至安平一帶外海，距岸15公里以內，水深都不到40公尺，沿岸的淺灘以及堰洲島散布很廣，適宜作海埔新生地。澎湖群島的西南方也是淺灘，名為「台灣灘」，深度淺於40公尺，最淺的地方只有10公尺，低潮的時候會露出水面。台灣海峽自古存在著一道淺灘，發端于東山島，向東延伸到海峽中部的台灣淺灘，再向東北經澎湖列島而后至台灣西部，一般深度都不超過40米，海平面只要下降40多米，這條淺灘便會露出海面，成為連接大陸和台灣的陸橋，因而被命名為“台灣海峽陸橋”。近15萬年間台灣與歐亞大陸之間至少相連了5~8次，最後一次大約是在一萬年前才與歐亞大陸分開。」距離現在最近的一次冰期稱為「末次冰期」，約在一萬八千年前。這次冰期使得全球海水面較今日的海面下降140公尺，原本在海底的大陸棚都露出海面、形成陸地。使得今天台灣海峽的深度大約為60~80公尺，所以在一萬八千年前的海水退卻時也全部露出海面變成陸地。這時候的台灣島與大陸之間已經沒有海洋的阻隔，而是連在一起，今日台灣出土的古象牙齒化石和新舊石器時代的史前人類，多半是這個時期由亞洲大陸沿著陸橋來到台灣。

澎湖群島以南水深從一百多公尺到高雄西方外海的200公尺水深的棚界，再往南則為坡度介於3°與16°之間的大陸斜坡，為「高屏斜坡」，到巴士海峽則為水深深於三千多公尺的大陸隆堆。在這大陸斜坡上最大的特色就是高屏峽谷，它切過大陸斜坡，高屏溪所挾帶的砂泥，使這個峽谷愈切愈深，在末次冰河時期，挾帶著大量的泥沙切蝕露出水面的陸棚，奠基了今日高屏峽谷峽頭與河口相連的地形特徵。海底峽谷本身由於其陡峭及狹窄之地形而構成了特有之水文、地質及生物性質。近岸之海底峽谷與鄰近海岸、河川及深海之海底平原間均有所關連。陸源及濱海的沈積物，尤其是粗顆粒砂質沈積物，經由海底峽谷傳送而遠達深海平原。

台灣南部高屏峽谷之特殊性

高屏峽谷系統源自於高屏溪，高屏溪發源於台灣第一高峰玉山，舊名下淡水溪，位於台灣南部，主流河長171.00公里，為全台第二長河；流域面積廣達3,256.85平方公里。高屏溪主流上游荖濃溪，發源於玉山主峰東北坡，與來自北方的旗山溪（發源於玉山主峰西南坡標高約2,700公尺）合流後，稱高屏溪，於東汕注入台灣海峽。高屏溪流域內平均雨量每年達3046公厘，平均年逕流量高達84億5500萬立方公尺。平均年輸砂量是3561萬噸，每平方公里流域面積輸送10934噸，居全世界第11位。

高屏峽谷系統的特色在於位於一個活動的大陸邊緣的地體架構下，雖然地面上的河流流域面

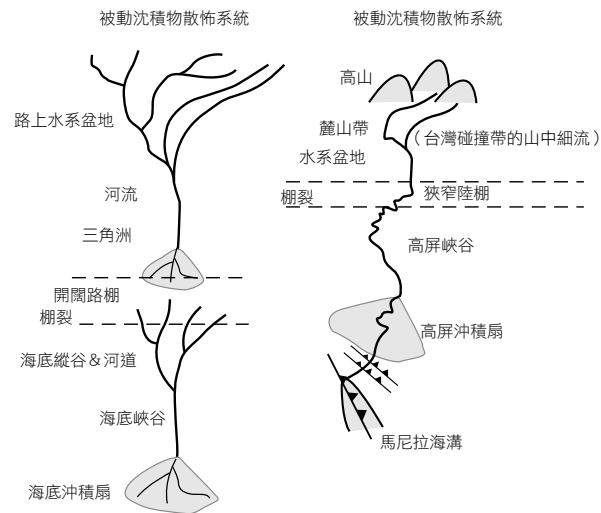


圖2 左圖為一般海底峽谷之發育與相關水系之關係，右圖為高屏峽谷。（修改自Yu et al.,2009）

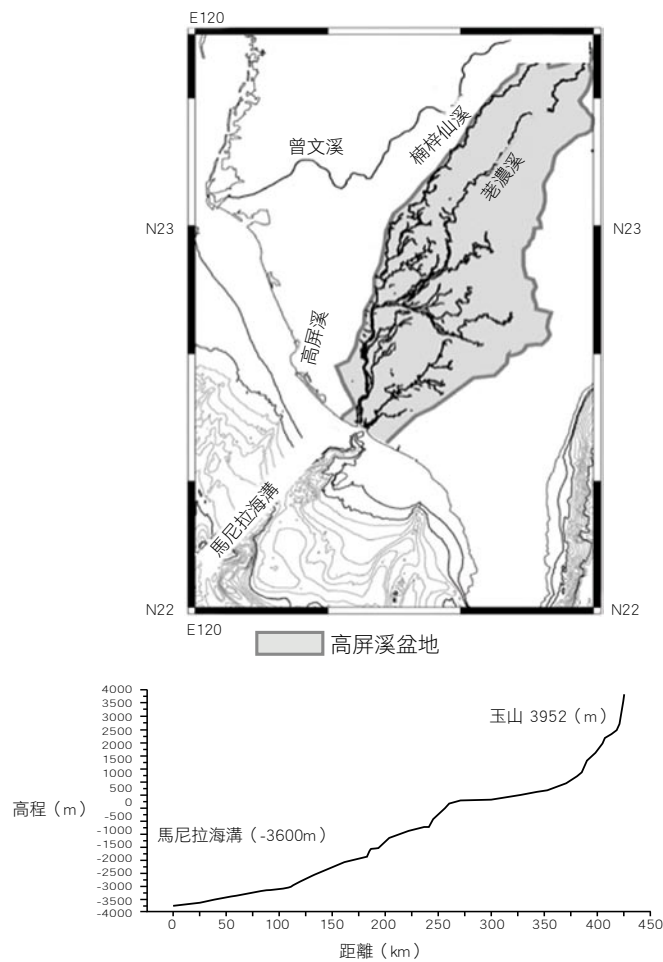


圖3 (a) 高屏溪源自於玉山最高高度3952m處，將中央山脈的沈積物向下搬運入海，全台第二大河，全長約170km。
(b) 高屏峽谷系統之縱剖面深度圖。（修改自Yu et al.,2009）

積不大，卻夾帶著豐富的輸砂量，入海後形成的海底峽谷，在型態上的特徵與一般的峽谷地形特徵不同。大部分大陸邊緣所產生的峽谷，在陸上有較寬大的流域面積，河流縱剖面的坡度低緩，有河口三角洲發育，寬的大陸棚、大陸斜坡、海底水道、峽谷、以及在海床上有一個大的海洋沖積扇（例如：亞馬遜海底峽谷），河口的峽谷源頭的關連性並不明顯。相對的，在台灣西南的弧陸碰撞邊緣，由於活躍的板塊活動發展出弧前盆地，使得源自於山區的河流其流經陸上的流域面積呈現出較小的幾何的特性，一個窄的大陸棚、寬的大陸斜坡、深海峽谷、以及一個深海海溝（圖2）由於沉積物可下達海溝，因此未必會發育出海底沖積扇，另外河口幾乎與峽谷源頭相連加上狹窄的陸棚，不具備一般河口發育三角洲的條件。這是兩者最主要的差異。

在一般靜態的大陸邊緣，海底峽谷以比較直的路徑切過較寬的陸棚及大陸斜坡的海床，峽谷的頭是沉積物向下送的源頭並在下方形成深海沖積扇。這種峽谷的沉積物並不是直接來自河口，海底峽谷的頭與河口是不連續的。反觀在高屏峽谷的情形，來自山區的河流，位能較高，可將沉積物直接帶入高屏溪海底峽谷系統，特別是在豐水期，混雜著大量泥沙的濁流進入海底峽谷，這些來自台灣陸源的沉積物最後進入馬尼拉海溝，直到海下3600公尺，由於這個區域不僅是大陸棚狹窄，過了陸棚下切到海底的峽谷深度亦深，也是西南海域大陸板塊與海板塊的交界，巨大的高差與狹窄的陸棚使得末次冰河期，古高屏溪所挾帶的泥沙可下切當時露出海面的陸棚，而今日

間冰期水面上升，仍可沿舊河道繼續將陸源沉積物運送到海底。因此形成一個由源到匯的特殊環境，成為研究陸源沉積物搬運堆積的天然的實驗室，又鄰近人類活動的大都市，人類活動的廢水產物直接排入河川，特別是化學藥劑、石化產物，這些物質容易與沉積物結合，尤其是細緻的泥質顆粒隨著河流運輸進入海洋，懸浮沉降在陸棚或帶入峽谷或被沿岸流帶往其他地方沉積。是為研究人類活動都市崛起後對大自然的影響探討的理想區域，這裡是南中國海最北的地方，也是他們最後的歸宿（圖3）。

高屏河-海輸運系統中陸源物質宿命

沈積物入海後的移動與搬運，間接代表人為污染物的動向。沈積物在海底經年累月不停的翻攪，有些經再懸浮作用，可以被水中之浮游植物利用，因此沈積物入海後的移動也可能是底層營養鹽分佈的代表指標。在工程上，河道清除，港池浚渫等作業也需要先了解沈積物入海的擴散及搬運過程。陸源沈積物入海之擴散研究在歐美已經有半個世紀以上的歷史，例如小愛因斯坦早在1950年代就開始研究舊金山灣（San Francisco Bay）細泥擴散及搬運過程，近二十年來美國工兵署持續長期追蹤港灣浚渫河道海拋沈積物擴散及移動（例如DAMOS, Disposal Area Monitoring Study）。許多學術團隊集中火力針對幾個典型河川作全面性的觀測調查研究，例如如亞馬遜河口研究（AMASED, Sternberg 1996），在這些大型研究計畫中，主題包含 生地化研究，及水文動力機制（潮汐、潮流、洋流、波浪及浪流文互

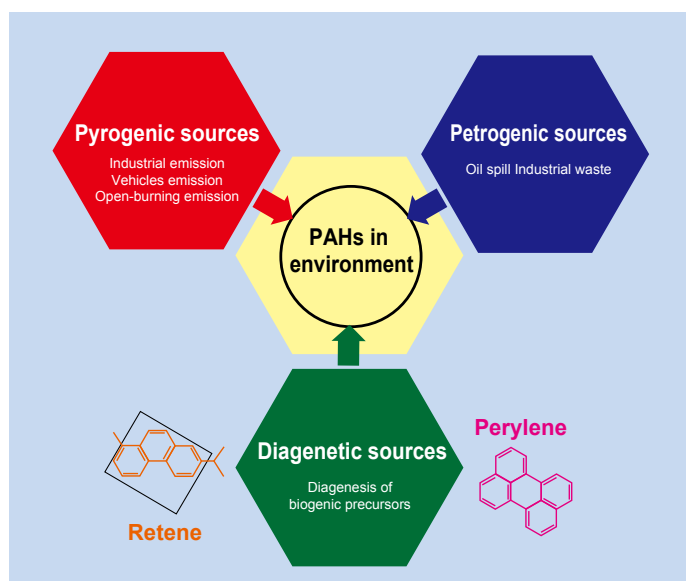


圖4 環境中之多環芳香烴（PAH）的主要來源（<http://www.mgac.nsysu.edu.tw/liu/FATES>）。

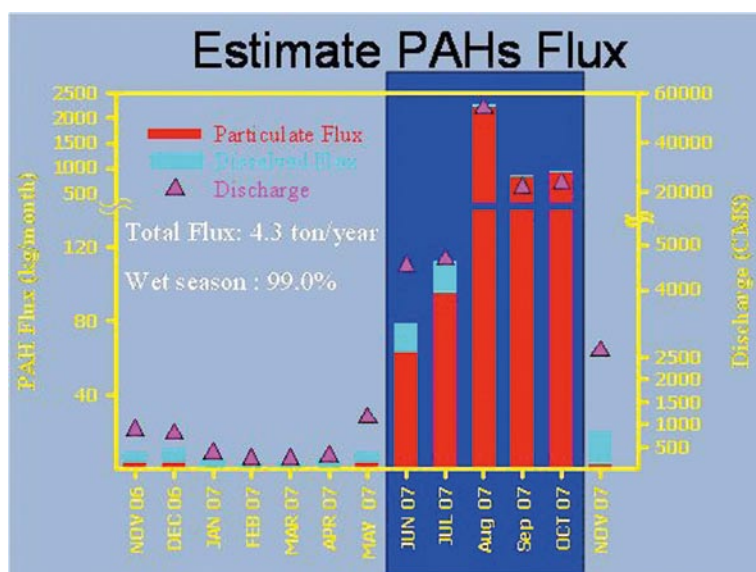


圖5 颱風季節對高屏溪注入之多環芳香烴（PAH）通量明顯增加。

作用等）。台灣因地小人稠，環境污染十分嚴重，而高雄位於高屏溪河口，大量的人為活動與工業污染，直接或間接排入高屏溪中，於是對於陸源物質的輸送過程機制有必要加以深入了解。目前台灣海域有兩個進行中中之研究：FATES

及STRIDE，其地理位置上為一南一北，前者在高屏溪進行，後者的觀測調查在淡水河，兩者皆為流經南北兩大城市的河流流域。

FATES (The Fate of Terrestrial

Substances in Kao-Ping Canyon，簡稱 FATES）計劃是一個相當全面性的整合型研究計劃，整個計劃的設計與實驗成果可深入了解陸地上的物質進入海中的過程與行為，提供相當多的實用性結果與科學性問題的探討，可做為提供高屏地區陸上與海上環境調查的資訊，進而了解人類高屏溪主要的污染源包括工業廢水、畜牧廢水與市鎮污水，早期高屏溪污染源以畜牧廢水為主，到了民國89年行政院環境保護署的統計資料仍顯示高屏溪畜牧廢水污染占59%，另外工業廢水為28%，而市鎮污水為12%。為減少高屏溪畜牧廢水污染，改善河川水質及河川環境，環保署於89年執行「高屏河流域養豬戶（場）拆除補償計畫」，至90年底止已拆遷削減豬隻頭數達47萬頭，削減率達98.58%，離牧政策對高屏溪水質的提昇有相當大的助益。

這些陸源沈積物質入海是人為污染物通過量的重要指標。因為沈積物很容易附著及膠結污染物（特別是較細顆粒的細泥及黏土），如重金屬、家庭廢水、工業污染、多環芳香烴（polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs）、多氯聯苯（polychlorinated biphenyls, PCBs）等。其中多環芳香烴，主要可分為三種來源，燃燒來源、石油來源、生物性來源（圖4），可以成為一種很棒的示蹤劑，可以從中得到許多訊息，例如污染物來源、化學指紋解密等透過檢測岩心中不同年代的多環芳香烴含量可以推測出各年代所發生的事情，如人們開始空害防治法之後、二次大戰之後、工業發展之後等等的影響。針對來自高屏溪所帶來的多環芳香烴的河邊傳輸研究指出在颱風季節的豐水期所測量到的多環芳香烴通量明顯增加，指出全年主要的傳輸量幾乎都發生在

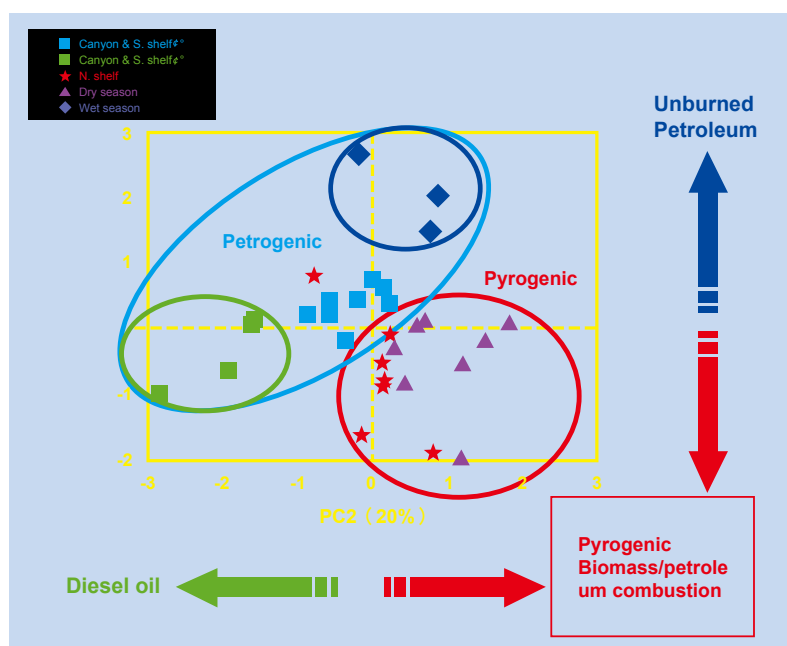


圖6 從PC3與PC2的對應圖可知PHS來源是否為燃燒來源。

洪水季節（圖5），並由PC2與PC3的比值得知是否為燃燒來源（圖6）。

研究利器—沉積物收集器的功能

FATES 計劃用沉積物收集器（Sediment Trap）（圖7）採集的標本是水體中的沉降顆粒。在時間上，它可連續收集標本幾天到幾個

月，甚至超過一年，並可做時序（time series）採樣，以觀察顆粒通量與顆粒組成的季節性變化。在空間上，若有足夠數量，它可同時放置在幾個指定深度，以收集深度上方之沉降顆粒；更可在不同站位，同時施放收集器串列，於同一時期對整個研究區域進行採樣與觀測（圖8）。沉積物收集器是目前唯一可直接量測沉降顆粒通量

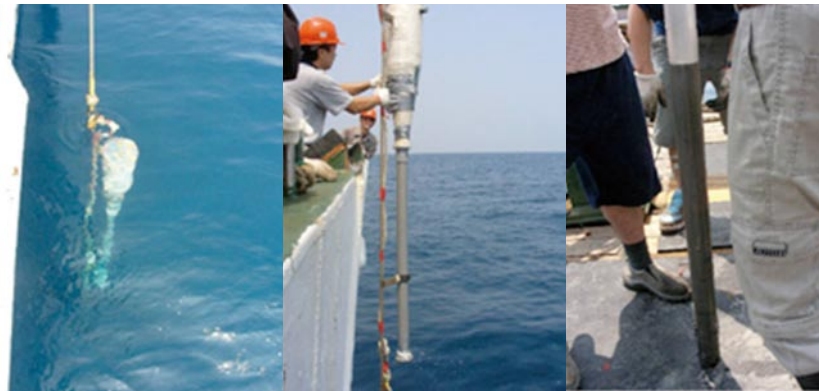


圖7 沉積物收集器及海上回收作業。

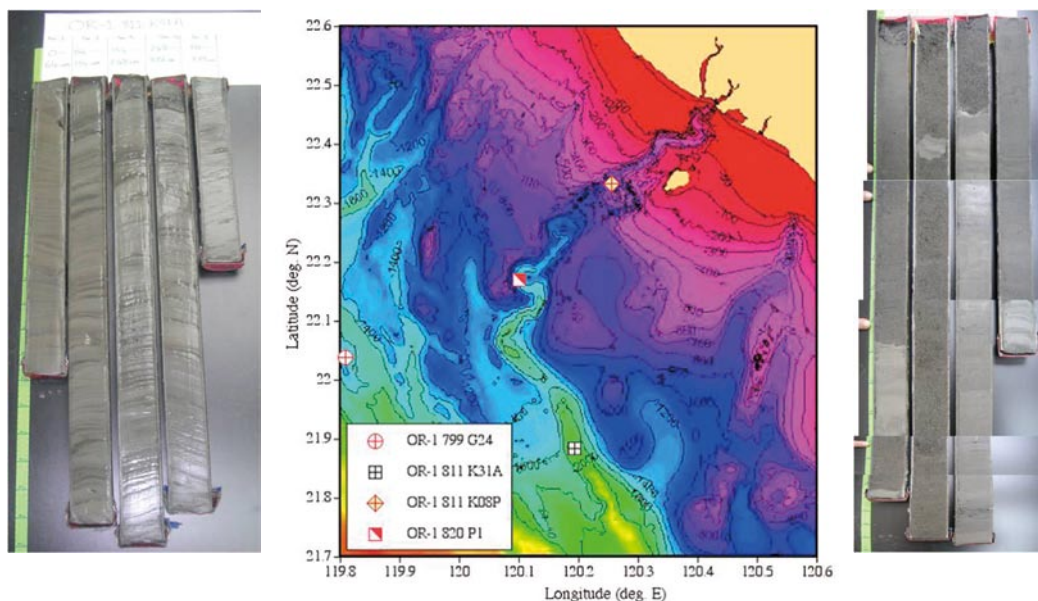


圖8 利用錨定串列於高屏峽谷所採集的岩心樣品。

及長期採樣的工具，可節省船舶採樣時間及人力及避免惡劣氣候對採樣工作的影響。目前標本分析項目包括沉降顆粒通量（圖9）、 ^{232}Th 、 ^{230}Th 、 ^{238}U 、 ^{234}U 和 ^{210}Pb 核種分析，有孔蟲殼體之 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{18}\text{O}$ 與微量金屬分析、TOC、POC、PIC、重金屬元素含量等之分析及浮游動植物種類觀察。

一般認為浮游性有孔蟲（圖10）在生成碳酸鈣殼體的時候，殼體的穩定碳（ $\delta^{13}\text{C}$ ）氧同位素（ $\delta^{18}\text{O}$ ）會和周圍海水達到同位素平衡（Isotopic equilibrium），紀錄當時海水同位素的組成，因此當有孔蟲死後其沉降到沉積物中之殼體可重建其存活時的海洋環境，如 $\delta^{13}\text{C}$ 可用來重建表水初級生產力和大氣或探討二氧化碳

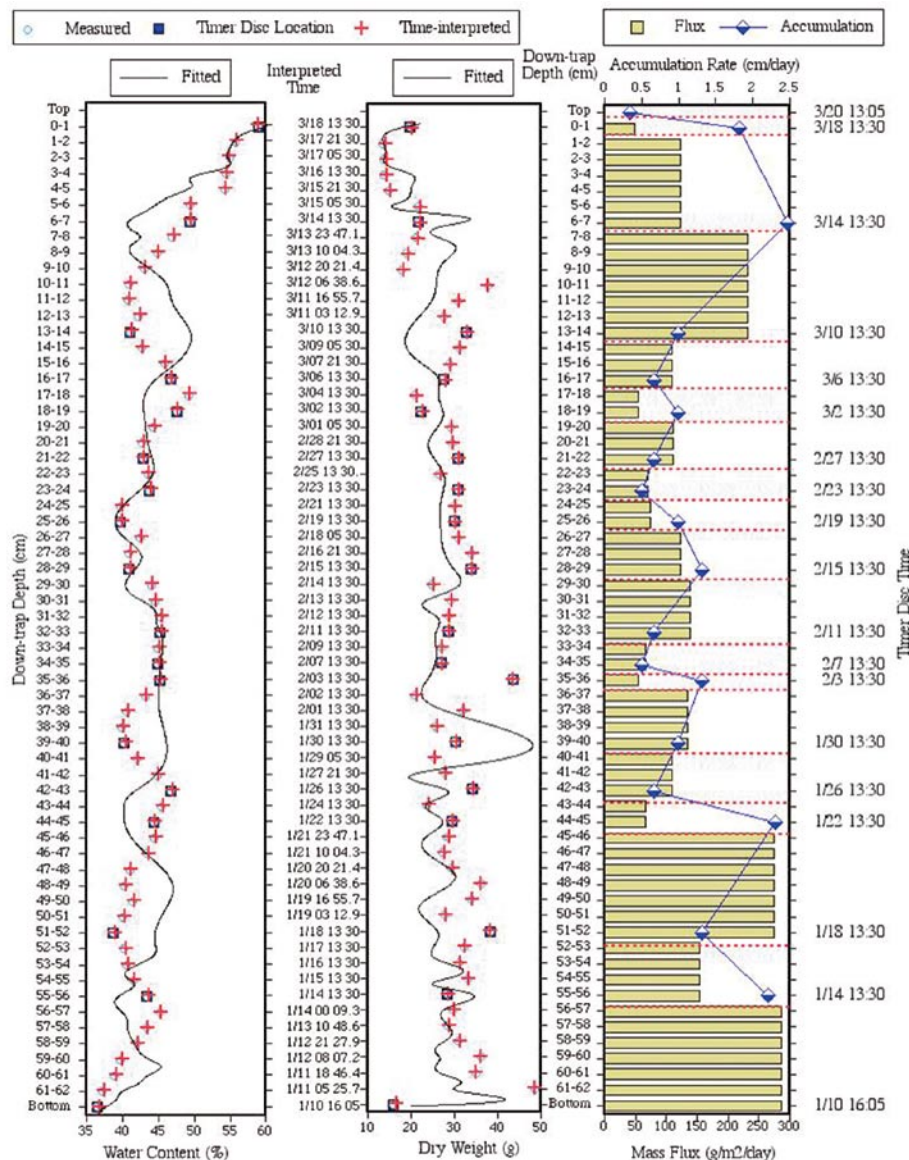


圖9 沉積物含水量、乾重及沉積物通量變化。

(a)



(b)

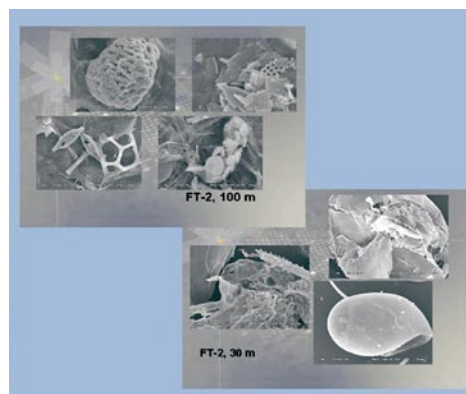


圖10 浮游性有孔蟲。(a) 沈積物收集器中的浮游生物及碎屑照片。(b) 沈積物收集器中樣本的SEM(掃描式電子顯微鏡)照片。

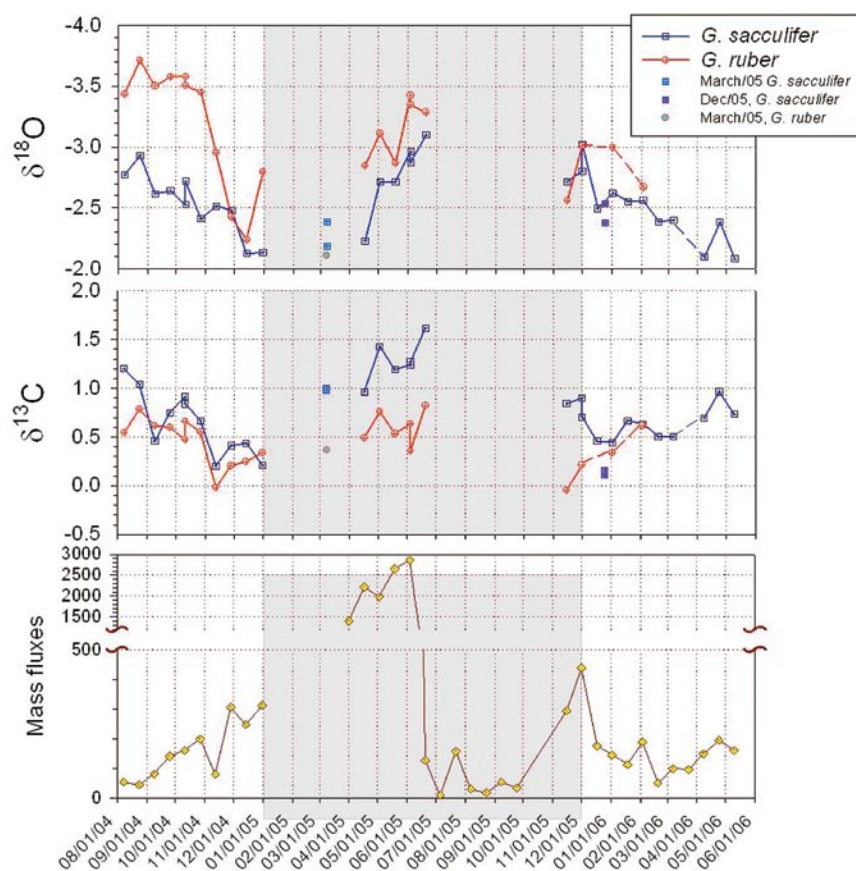


圖11 從浮游性有孔蟲的碳氧同位素分析可看出季節性之變化記錄。

交換情形，而 $\delta^{18}\text{O}$ 則被用來估算古海水溫度或冰體的改變，甚至可觀測季節性變化（圖11）。

結論

高屏峽谷位處活動的大陸邊緣，特殊的地緣環境提供了河口環境以及河海交界的各項研究。自2003年開始進行一系列的研究，第一階段的"高屏河-海輸運系統陸源物質之宿命整合研究"計劃包含物理、化學、生物及地質各方面的研究，主要探討由高屏溪所攜帶的陸源物質進入台灣西南海域的何去何從。自2007年之後進一步探討古氣候紀錄、陸源搬運機制、颱風效應之影響等，並於今年3月23-27日舉辦亞洲大陸邊緣國際沉積物研討會。各國學者的參與使得此區域的研究得以與相鄰區域比對，未來將更進一步探索並與世界其他區域河海交互系統之沉積物傳輸作用做比對，以了解人類活動對環境變遷之影響，最終的目的是為了提昇生活品質，進而創造更美更好的生活環境。

參考資料

1. <http://www.mgac.nsysu.edu.tw/liu/FATES>
2. <http://www.nsc.gov.tw/nat/fp.asp?xItem=8173&ctNo=1799>
3. <http://www.ncor.ntu.edu.tw/ODBS/MGG/depth/download/>
4. http://tw.myblog.yahoo.com/jw!A.DQU_eTQkXr7wOCT5r_/article?mid=293
5. <http://www.gcc.ntu.edu.tw/File/Publication/CenterPub/42-5.pdf>
6. Einstein, H. A., 1950. The bed-load function for sediment transportation in open channel flow. U.S. Dept. of Agriculture Technical Bulletin No. 1026. Washington, D.C. 79pp.
7. Einstein, H. A. and R. B. Krone, 1962. Experiments to determine modes of cohesive sediment transport in salt water. J.
8. Geophys. Res. 67 (4) : 1451-1461.
9. Yu, H.S., Chiang, C.S., Shen, S.M., 2009. Tectonically active sediment dispersal system in SW Taiwan margin with emphasis on the Gaoping (Kaoping) Submarine Canyon. Journal of Marine Systems, 76, 4, 369-382.
10. Yu, S.B., Chen, H.Y., Kuo, L.C., 1997. Velocity field of GPS stations in the Taiwan area. Tectonophysics 274, 41-59.
11. 劉祖乾、洪佳章、林慧玲、扈治安、李宗霖, 2007, 「宿命」計劃：台灣本土「從源到匯」（Source-to Sink）的研究簡介, 自然科學簡訊, 19, 1, 8-11.



平凡中的幸福

專訪台灣積體電路先進技術行銷處資深處長
金平中博士

文 林宜怡 國家實驗研究院 / 圖 金平中



金平中博士出生於民風保守的台南，家庭不算富裕但有開明的雙親，父母竭盡所能讓五個小孩能受最妥善的照顧和最好的教育，期盼小孩的所長與潛能可以盡情發揮。金博士求學過程順遂，自進入大學以後所有學雜費，零用錢，甚至出國留學各項花費全靠家教和書卷獎的積蓄。台大畢業後，隨著當時風潮，赴美留學，四年後，取得南加州大學化學博士學位。

取得學位後，金博士受聘於全錄公司半導體中心，因緣際會而跨入半導體領域，最終，半導體也成了她職業生涯的全部。1983年金博士轉進參加Intel公司擔任製程研發工程師。爾後超過二十五年全心專注於先進半導體相關技術的研發。特別是在記憶體及微處理器邏輯製造技術上的創新。截至目前，她擁有14項有關半導體製程的專利，並在半導體技術研討會上發表多篇專業

論文。此外，其個人的技術和領導能力，亦使她在職場上屢被拔擢，她領導研發團隊的成果，也一再受到公司和工業界的肯定。

2002年，金博士曾暫時離開Intel，到上海宏力半導體公司擔任研發副總。在兩年之間，協助建廠，開發多種製程技術及並成功將技術轉移到量產線上。2004年，金博士再度回到Intel擔任技術研發處長，她表示Intel公司是一家很有制度的公司，對員工的培育儘量做到量才適任，Intel因著她績效表現，不斷給予擢升並付予挑戰性新任務，讓她有機會發揮所長。2006年，因為在專業傑出的表現和成就，Intel提名她競逐並獲入選為當年國際婦女科技名人榜（WITI）。

金博士在Intel服務超過24年後退休。由於小孩都已長大成人，於是興起將所見、所學、所

知，回饋台灣，特別希望能為台灣半導體產業盡一點心力，也能就近照應年長的雙親，在2009年初回台灣參加本院所承辦之伯樂計畫^[1]。接著在同年4月被台積電延攬，擔任先進技術行銷處資深處長。



金博士夫婦與女兒、女婿與孫子的全家福合照。

專訪中，金博士分享她「平凡就是幸福」的哲理。她的處世原則是淡薄名利，盡心盡力，持之以恆，然後以泰然的心情和態度去接受得失成敗。即使是後來成為高階主管，她還是一樣秉持努力不懈，不輕言放棄，嚴厲自我要求將份內的工作儘量達到無瑕的標準。金博士認為在職場上成功的秘訣除了努力外，就是做好時間管理。在職業生涯初期，因夫妻兩人都在高科技業上班，工作繁重，同時要照顧兩個稚齡女兒，過程中練就她時間管理的能力。另外，即使擁有高學歷，並身處在女權至上的西方社會裡，她還是保有台灣傳統婦女的觀念，亦即以家庭為重，以先生的事業為優先。當年先生放棄穩定優渥的工作自行創業，她一手扛起家計，家事，接送，督導小孩，…的責任，每天都在分秒必爭，精神或身體

緊繃的狀態。記得先生在創業初期，曾有數星期不回家，或數月無法回家吃晚餐的記錄。經過數年慘澹經營和不斷的創新，先生的公司終於在1990初在美國成功上市。家庭經濟驟然改善後，先生體恤她多年對家庭犧牲和付出，因而無法全神專注發揮所長和潛力，先生決定半退休，一方能花較多時間與小孩相處，另一方面也讓金博士能在職場全力衝刺，而沒有後顧之憂。金博士感性地指出：她個人職業生涯的任何成就，必須感謝先生和小孩在背後無條件的支持和鼓勵。金博士說：夫妻互相扶持，一路走來，從無到有，從小變大，這是辛勞卻甜蜜的經驗。

日常家庭生活上，金博士承襲母親勤儉整潔成癖的個性，不管工作多繁重或勞累，金博士一定不經他人之手，勢必親自躬身將家裡外打理一塵不染。金博士也特別注意小孩功課和品格的教養。假如時間允許，每年寒、暑假全家經常做教育知性觀光之旅，全家四人的足跡遍及歐、美，亞、澳洲，留下不少歡樂的回憶和珍貴的相片。另外，雖然她在職場上叱吒風雲，判斷和決策上可以做到快，精準。然而，在日常生活上卻是東西南北不分，可以在自家附近迷路或在衣著，顏色等小細節上遲疑不決的人。

如今，金博士已晉升為祖母級，基於對科技界的熱情和勤奮不懈的個性，金博士仍然無法忘懷昔日朝七晚七的日子，退休數日後已將含飴弄孫，雲遊四方的初衷拋置腦後。金博士擁有跨國管理經歷，具有實際經驗的人才，相信她返台服務，一定會為台灣半導體產業注入一股新的力量。

註1：伯樂計畫全名為「延攬海外資深科技人才計畫」，參考網址：www.elite.narl.org.tw

科技小百科

Mini-Encyclopedia of NARL

什麼是平行計算？

文/圖 周朝宜 國家高速網路與計算中心

從時間軸觀念出發，一個時間點內，可以從事多項工作，就是平行計算，大自然生態環境中就有實際例子：大至宇宙銀河運動、與日常生活息息相關的天氣預報或是塞車、小到身體內消化系統、血液系統、DNA折疊重生等，每個時間點內有太多事件同時發生。

「師法大自然」，這是師長給我的忠告，特別是當研究遇到瓶頸時，觀察生態行為模式，例如：螞蟻群體生活模式、蜜蜂分工行為、樹木枝幹成長模式等，就會有所啟發。以蜜蜂分工社會而言，會有15% 蜜蜂負責尋找花蜜源頭，這就好像是程式設計科學家指揮計算平台完成科學研究與發現。

在群體生活模式中，假設兩個社區群體可以完全獨立生活，那麼這可以視為兩個高度平行行為模式，這種計算模式稱為高度平行，可以使用分

散式各各擊破的策略；反之需要交流模式，這種訊息傳遞或是人文交流，有可能會破壞原本穩定的兩個社區生態模式，例如：最近的新型流感。

這種訊息傳遞溝通模式，由資訊科學背景的科學家，共同完成應用程式，讓科學模擬與發現背景的科學家，呼用這些套件完成科學研究與發現，這個標準稱為MPI，Message Passing Interface，從1994年5月5日制定第一版標準以來，迄今已經16年頭，這是全世界最通用的平行計算工具。

1998年7月18日制定第二版標準，其中內涵涉及太多資訊工程專業知識，所以科學模擬與發現背景的科學家接受程度相對很低，以美國大氣協會所發展的大氣研究與預報模式為例，MM5透過MPI-1應用程式完成，大氣學者可以依照他的專業領域知識修改這個軟體，所以這軟體在很

多平台上都有很好程式加速效果，甚至於個人叢集系統；反觀下一代WRF則使用MPI-2應用程式完成，大氣學者可以酌墨地方就有限。所以我常常跟交大資工學生說：「我們資工背景做出來的應用程式，一定要讓科學模擬與發現背景的科學家，感覺很好用才行。」

當女兒還在就讀幼稚園時，我試著利用貨車搬書例子，如圖1，說明平行計算的概念，她可以很清楚瞭解使用四輛車比一輛車節省4倍時間，如圖2，這就是平行計算的應用。這已經應用在現有披薩店運送模式，從一個大卡車依序運送到府的服務，被多輛摩托車所取代，可以更快地送貨到府。這也是NVIDIA總裁黃仁勳在今年Computex展場所闡述的圖形加速器平行概念。

近兩年NVIDIA公司非常積極推銷自創專屬的平行程式語言，CUDA，甚至於最近他們把這個變成他們的商標，轉為底層的架構，方便未來OpenCL標準語言的搭配；但是此語言對於科學模擬與發現背景的科學家而且，門檻過高而且程式改寫費時，並且程式設計者需要具備圖形加速器硬體架構知識，如記憶體系統、執行緒、資料

傳輸技巧等，所以，大多數科學模擬與發現背景的科學家卻步而心中不由自主產生一個困惑，科學發現或是學習資工知識？答案是透過不同領域合作，短時間內完成科學發現，就像最近歐盟國家共同建置超大型主機希望能透過不同國家不同領域科學家發現新的物理現象。

怎麼運用眾多的計算核心共同完成，不同平台特性應該使用那種程式架構，才能發揮最高效能且快速促成科學發現，是國網中心過去的前輩以及現在工作同仁一直默默耕耘的方向，不僅提供高效能的計算平台，並且因應不同應用領域，提供專業的研究員引導國內外產、官、學界研究人員選擇最合適計算平台，搭配最有效率的程式。

近年來，美國國科會成立一個專責的委員會負責推動該國學界與超級電腦中心、國家實驗室、太空總署等機構同仁合作計劃，希望透過不同領域背景的研究人員，促成更快、更新的科學發現。成功案例如落磯山地震模擬，演變到最後成立一個地震模擬中心負責後續研究工作。這樣的跨領域合作，也是國網中心努力的目標，希望未來可以能有具體成效。

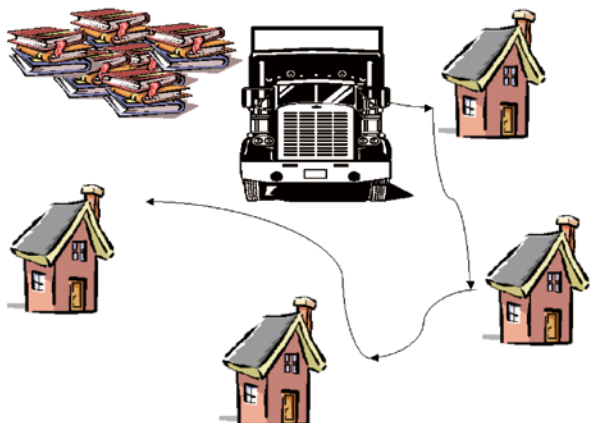


圖1 使用1台卡車搬運。

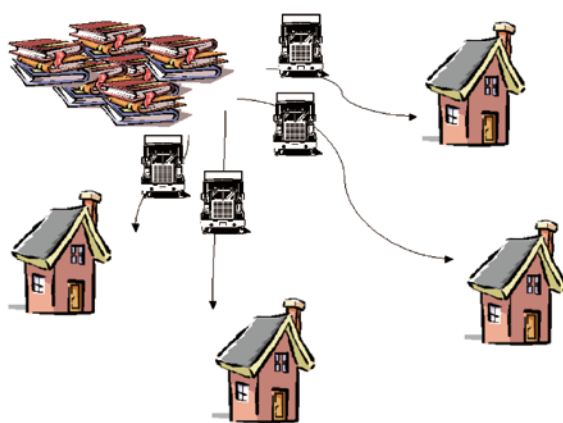


圖2 使用4台卡車搬運。



「2009 奈米元件技術研討會」活動報導

文/圖 黃心寧 國家奈米元件實驗室

年度盛事「2009奈米元件技術研討會」，由國家奈米元件實驗室主辦，已於2009年4月29至30日兩日假新竹科學工業園區奈米電子研究大樓國際會議廳舉行，這次研討會共有投稿論文167篇，25家廠商贊助，約340位教授、研究生與相關業界人士報名參加，除了國科會副主委陳力俊教授、交大吳重雨校長、國研院王永和副院長等貴賓與會（圖1），知名人士半導體之父施敏教授也受邀蒞臨本會場（圖1）。

研討會由三場大會專題演講揭開序幕，第一位大會專題演講講員為陳力俊教授（圖2），演講題目是「矽奈米線」，陳教授首先介紹有關矽奈米線未來可應用於半導體工業的相關前瞻研究，內容大致可分為兩大部分：第一部分是金屬矽化物奈米線的相關研究，第二部份是整合金屬矽化物技術的超短通道矽奈米線元件的相關研究。第

二位大會專題演講講員為耶魯大學Tso-Ping Ma教授（圖3），演講題目是「以高遷移率通道材料為基礎的未來互補式金屬氧化物半導體元件技術發展」，內容闡述以矽基板為主的元件微縮勢必會遭遇更多物理或材料本質極限的問題，因此許多具有較高電子遷移率的材料，如奈米碳管、



圖1 貴賓親臨會場左起施敏教授、王永和副院長（左3）、吳重雨校長（右2）、陳力俊副主委（右1）。



圖2 陳力俊副主委（左1）演講後與楊主任合影。



圖3 Tso-Ping Ma教授演講。

石墨薄膜、III-V族基材等，被熱烈地研究其取代矽通道的可能性，其中又以III-V族基材最為被看好。演講中回顧許多相關研究題材的研究近況，如在III-V族基材上的閘極介電層探討、III-V族薄膜在矽基材上的成長、以及電洞遷移率的改善研究等，馬教授表示相關課題目前仍然有許多問題需要克服。最後由澳洲新南威爾斯大學的Gavin Conibeer教授（圖4）主講「第三代太陽能電池」，第三代太陽能電池主要為具有著極高效能（>31%）的新型太陽能電池，包含堆疊型太陽能電池（Tandem Solar Cell）、

熱載子太陽能電池（Hot Carrier Solar Cell）、頻譜朝上或朝下轉換器（Up or Down Converters Solar Cell），會場凝聚了濃厚的學術氣氛。

本次研討會除邀集學術界、工業界及政府機構相關人士投稿發表研究成果外，另安排多場領域專家學者的專題演講，進行專業知識與實務經驗的分享。此次研討會分二個會場舉行，其議題涵蓋有奈米電子元件技術；奈米光電與能源元件技術；奈米生醫與微機電技術；奈米製造與奈米材料技術；高頻技術及應用；奈米檢測技術及應用等領域，希望藉由領域內有建樹的科學家和研究員們討論他們在奈米元件研究領域的遠見，進一步促進奈米元件技術相關學界、業界人士的交流。除專題演講之外，本次大會議安排了兩場短期課程，包含新加坡大學的Yee-Chia Yeo教授的「Sub-20nm CMOS Device Technology Empowered by Materials Innovation」及主題為當前極熱門的「綠色能源與照明」，內容吸引許多人熱烈參與。



圖4 Gavin Conibeer教授演講。



圖5 論文海報競賽現場。

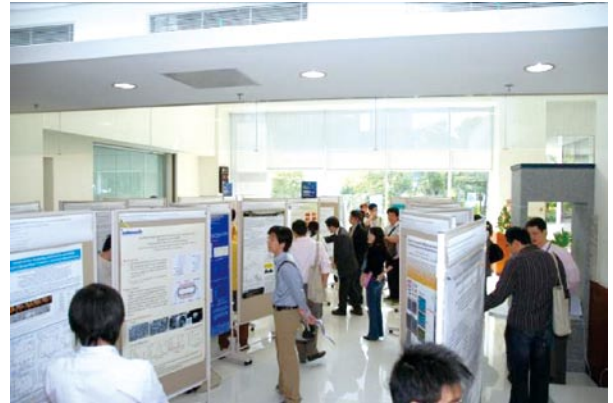


圖6 論文海報競賽現場參賽者與評審間互動及交流。

除場內專題演講進行外，場外亦同步進行論文海報成果展示與學生論文獎競賽（圖5），人潮聚集熱鬧非凡，本競賽由主辦單位邀請兩組評審委員分別進行線上論文與現場海報二階段的評審。凡參加競賽之論文在第一階段評審完後再統一以海報之方式作展示，研討會當天受評審委員親臨評分（圖6），參加競賽者於公佈評選時間站立海報張貼位置前，專注解說海報內容及回答評審委員的問題，並細心地與與會者解說研究成果以進行學術交流。此外，大會現場並設有攤位提供相關領域廠商進場展示（圖7）。



圖7 各家廠商展示攤位。

研討會最後高潮在閉幕式，二天下來的專題演講、論文競賽讓會場充斥人潮，而於第二天研討會閉幕式公佈論文競賽結果進行並頒獎，頒獎現場除緊張氣氛外亦情緒高漲，最後頒發獎狀及獎金予評選出的學生論文獎得主以茲鼓勵（圖8），此刻亦將會場氣氛帶至最高潮。本年度的奈米科技盛宴讓大家收穫滿滿。



圖8 九位得獎者與本實驗室戴寶通技術長合影。

「生物啟發之感測與控制技術」 台美雙邊研討會

文/圖 許丁友 國家地震工程研究中心

2008年9月國家科學委員會陳副主任委員率團赴美參加台美雙邊科技合作年會，美方曾提出「生物啟發之感測與控制技術應用於智慧型結構系統」之合作研究主題，受到雙方共同之高度重視。同年12月美國國家科學基金會計畫主持人劉師琦博士以及楊祖佑校長來台，與國家科學委員會李主任委員羅權洽談此一合作議題，主委亦同意此一議題為世界趨勢，台灣應順應此一趨勢並加強發展。為加速台灣對於此一世界性未來研發趨勢之瞭解與推動，藉由邀請國外相關領域之資深學者專家為一必要之手段，並藉由雙邊國際研討會之方式，邀請國內外相關領域學者專家進行交流研討，期能使台灣在此一領域上跟進世界腳步。

本次研討會於2009年4月15日至16日假國家地震工程研究中心舉辦，美方由加州Santa Barbra大學楊祖佑校長與美國國家科學基金會智慧感測與元件劉師琦計畫主持人邀集25位美方及6位來自土耳其、香港、韓國等地的學者來台，台灣計有28學者代表與會。本次會議希望規劃出台灣與美國未來可能合作的研究課題及方式，其討論之主題包括「新一代土木結構與機械系統」、「生醫儀器」與「公共建設災害防治」等。會議之進行方式除6場大師專題演講外，共

分為「奈米與微米尺度之生物啟發之感測與啟動技術」、「生物啟發材料」、「生物啟發之地震監測與預警系統」、「生物啟發與奈米感測醫療器材」等四組平行進行簡報與討論，並各自討論彙整得各組之未來重要挑戰議題，最後各組共同探討未來在生物啟發之感測與控制技術整體之重要挑戰議題，並於會議最後階段獲得共識，明確列出未來六項主要之共同研究主題，包括「生物媒介製造與生物分子感測與控制（Biologically mediated fabrication and biomolecular sensors and actuators）」、「生物網絡之組織、互動與處理（Organization, interaction and processing in bio-networks）」、「透過多尺度整合及工程生物研究之工程多功能材料系統（Engineering Multifunctional Material Systems through Multi-Scale Integration and Engineering-Motivated Biological



圖1 IWBSBAT研討會會議現場剪影-1。



圖2 IIWBSBAT研討會參與者留影。

Studies)」、「利用專門物種感覺能力的地震監測 (Sensory Capabilities of Specialized Species for Earthquake Monitoring and Detection)」、「自適應緊急應變之生物啟發智慧感測網絡 (Bio-Inspired Smart Sensor Networks for Adaptive Emergency Response)」、「生物啟發與奈米感測之醫療器械 (Bio-Inspired and Nano Sensing Medical Devices)」。

為了因應迫切的迫切社會需要，不論在公共衛生、社會安全、環境永續、公共財富、工作機會、重要基礎設施保護、和增加工業生產力等方面，此次會議提出了一些未來在生物啟發與感測技術的重大挑戰，這些重大挑戰並可作為台灣、美國以及多邊國際合作之研究議題之基礎。生物啟發與感測技術研究的成功，將可促進更安全且具恢復功能之結構、更安全的都市環境、改進社會經濟與公共衛生，對於提高社會整體生活水平有顯著貢獻。因此，相關單位應該積極推動新的

跨領域研究計畫，以培育新一代之科學家與工程師投入生物啟發與感測技術之研究領域。本次會議參與者一致認為，為了因應上述生物啟發與感測技術領域之關鍵研究需求與面臨之挑戰，建議台美雙方應優先培訓新一代對於工程與生物領域兼顧之研究人員，並積極建立產官學合作平台。相對於美國的國家科學基金會已經優先編列經費補助跨領域之生物啟發與感測技術研究，建議台灣的國家科學委員會應施行類似的政策，期能加速推動台美雙邊合作研究或與亞太區域之多國合作研究。



圖3 IIWBSBAT研討會會議現場剪影-2。

2009台灣地球觀測資源整合論壇 特別報導

文/圖 黃意茹 國家實驗研究院

由國科會指導，國研院主辦，環保署、氣象局、工研院、中央大學、文化大學共同協辦的2009台灣地球觀測資源整合論壇（Taiwan Integrated Earth Observation System Forum, TIEOS 2009），於6月9日假台灣大學凝態科學暨物理系館舉行。開幕式由國科會李主委羅權親臨主持（圖1），除歡迎國內外學者專家的共襄盛舉外，並簡介國科會所推動的對地觀測計畫及相關成效，包括福衛二號、福衛三號、追風計畫、台灣地震中心等重要計畫。會中邀集美國、澳洲、韓國等地的地球觀測專家，與國內相關領域之專家學者齊聚一堂，針對「整合地球觀測資源」主題，商討台灣自身的策略並分享其他國家的經驗（圖2）。

近年來，隨著人口增加、經濟發展，人類生活變得富裕，但遭受環境變遷之害的頻率亦日漸升高。為因應環境變遷帶來的問題，將地球觀測資料整合以提供決策者參考，已成為國際上備受重視的課題。為此，聯合國更將今（2009）年訂為氣候變遷年（The Year of Climate Change）。本論壇便是在這樣的社會氛圍下，邀請一百多位國內外地球觀測領域的專家，共同見證台灣整合地球觀測資源、接軌國際的第一步（圖3）。



圖1 國科會李羅權主委開幕致詞。

因應環境變遷沒有疆界藩籬

美國國家海洋及大氣管理局（National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA）高級官員Capt. Craig N. McLean，開宗明義點出地球環境的不可分割特性。Capt. McLean以美國經驗為例，說明面對環境變遷



圖2 TIEOS 2009論壇合影。



圖3 TIEOS 2009論壇一隅，致詞者為國科會李羅權主委。



圖4 Capt. Craig N. McLean演講。

困境時國際合作的重要。並對有「太空中最精確之地球溫度計」美譽的台灣福爾摩沙三號衛星系（Formosat-3/COSMIC），其卓越成果表達肯定（圖4）。

由地球觀測至數據整合

政策制定為解決環境變遷的手段，其基礎正是地球觀測資料。台灣在取得地球觀測資料方面，上有外太空的地球觀測衛星、中有飛航機及空載儀器、下至地面觀測站及水下監測裝置…等，皆已成果斐然。但環境變遷不僅跨越國界、也跨越領域，必須進一步彙整成為系統性的整合觀測資料方能因應所有需求。

在本次論壇會中，國際大地測量學會（International Association of Geodesy，IAG）副會長、也是澳洲新南威爾斯大學（The

University of New South Wales）教授的 Prof. Chris Rizos，以「全球化大地測量觀測系統」（Global Geodetic Observing System，GGOS）為例，和與會來賓分享了IAG在彙整資料上的經驗及策略。（圖5）其大方向與2008年國研院成立地球觀測資源整合工作小組的目標，不謀而合。

整合觀測資料結合地理資訊平台

欲從科學的地球觀測資料跨向可供決策者使用的資訊，需要一座資訊的巴別塔來溝通兩造。國研院初期以建立台灣於地球觀測方面的整合性系統為目標，彙整台灣現有地球觀測資源，最終期許能將科研上冷硬的資訊，發展成為易於政策制定者使用的決策支援系統。韓國遙測學會（Korean Society of Remote Sensing，KSRS）榮譽會長、也是韓國國民大學

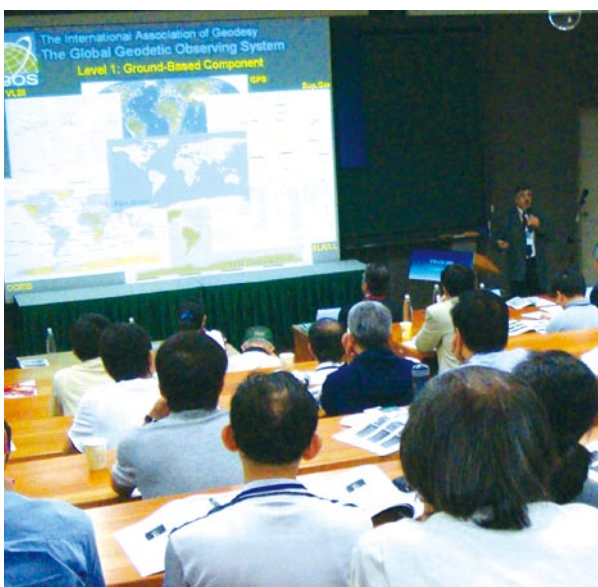


圖5 Prof. Chris Rizos演講。



圖6 Prof. Choen Kim演講。



圖7 台灣大學城鄉所林峰田教授演講。

(Kookmin University) 教授的Prof. Choen Kim，於會中分享其利用自由軟體（Open Source Software）從事研究的經驗，恰為國研院建置台灣地球觀測資源整合系統，提供了一個良好的切入點（圖6）。

台灣地球觀測資源整合策略研討

本次論壇，除了學習他國經驗外，亦肩負著將台灣現有地球觀測成果傳遞予國外來賓了解的任務。作為台灣「災害防救決策支援系統」主要建置者的台灣大學林峰田教授，於會中報



圖8 國家太空中心張桂祥副主任演講。

告來自政府各部會地球觀測相關的研究計畫（圖7）。

延續林教授的報告，太空中心張桂祥副主任，就國研院目前推動建置台灣地球觀測資源整合系統的目的與策略，做了一個簡短的解說。策略中包括三大目標：其一是最基本的彙整並管理地球觀測資源、其二是加強國際合作並參與國際活動、其三是在九大領域（包括災防、健康、能源、氣候、水資源、天氣、生態系統、農業、及生物多樣性）上取得社會效益（圖8）。



圖9 左起：Prof. Rizos、Capt. McLean、及國家太空中心張桂祥副主任。

由於林峰田教授及張桂祥副主任以台灣經驗拋磚引玉，在其後一個小時的座談會中，國內外來賓及與會者針對台灣地球觀測資源整合系統的策略藍圖，紛紛提出許多的想法及建言。發言的內容十分豐富，針對的議題包括推動整合工作小組的定位、初期目標制定與基礎建設、政府單位的支援、往下紮根的科學教育、往上發展的科學研究、資料取得可能遭遇的問題…等。這些建言與意見，除提供推動建置台灣地球觀測資源整合系統之思考方向外，也為本次論壇劃下完美句點（圖9、圖10）。



圖10 中央太遙劉說安主任、台大林峰田教授、及Prof. Kim。

各實驗室動態

國家實驗研究院



國研院團隊與應邀來訪之專家學者、逢甲大學GIS團隊合影。

本院是國內推動地球觀測策略規劃與資源整合的重點機構，為增進與國際相關機構之合作關係，並推廣資源整合成果，特於2009年6月11日邀請「台灣地球觀測資源整合論壇」與會之國內外專家學者：美國海洋暨大氣總署（NOAA）專家Capt. Craig N. McLean、孟樊村博士，國際大地測量學會（IAG）副主席Prof. Chris Rizos，東京大學教授柴崎亮介，參訪本院國網中心、鵬洪中心籌備處、以及國震中心在921紀念園區之研究成果。

日本東京大學柴崎亮介（Ryosuke SHIBASAKI）教授也以「Integration of Earth Observation Data for GEOSS」為題，分享推動地球觀測系統（The Global Earth Observation

推動地球觀測資源整合 促成國際交流與實務分享

System of Systems，GEOSS）資訊整合的經驗。

本院國網中心亦展示「數位台灣地理資訊展示平台（3D GIS Taiwan）」，呈現整合衛星影像、感測格網、高速運算格網、以及資料傳輸系統之技術與應用成果。未來亦規劃逐步匯集防災資訊，協助對全台環境變化進行系統性監測，提升預測準確性，以支援政府防災決策。

國研院也期盼借鏡各國實務經驗，持續協助整合國內觀測資源，增強觀測系統對於環境與氣候變化的模擬，協助預警及決策，以降低自然或人為災害的生命財產損失，落實永續經營地球之理念。



參訪本院國震中心於921紀念園區之研究成果。

國家奈米元件實驗室

資源分享以共創半導體產業與奈米科技領域的競爭優勢-98年使用者/合作研究座談會



98學年度使用者/合作研究座談會（新竹場）。

國家奈米元件實驗室為鼓勵全國各大學院校師生及學術研究機構研究人員有效利用本實驗室之軟硬體設備資源，每年定期舉辦使用者/合作研究座談會。為使學研界充份了解奈米實驗室目前的合作研究成果及服務使用現況，同時徵求98學年度學研合作計畫，特於5月15日及5月22日假新竹奈米電子研究大樓（如圖）及成功大學自強校區奇美樓分別舉辦一場座談會，希望藉由此活動，讓大家進一步了解如何有

效運用奈米實驗室現有設備與資源，並進行相關合作研究計畫，提升台灣學術水準及產業技術發展。

會中首先介紹奈米實驗室學研計畫申請辦法、審查要點及合作項目草案，接下來邀請中央大學資訊電機學院蔡振瀛院長、交通大學電子物理系趙天生教授及清華大學電子系葉鳳生教授就其研究做經驗的分享。另針對該實驗室奈米元件廠、奈米量測分析及高頻技術等專業實驗室及對外服務系統做詳細的報告。

為使奈米實驗室成為世界級20-10奈米電子元件的研究重鎮，及學術界先進元件製程的研發平台，並與未來十年兆元奈米元件產業先行接軌，奈米實驗室積極提升製程能力、整合研究課題，建置奈米元件製造與未來電子系統整合技術的研究平台，期能培育產業界亟需的尖端技術人才，近五年透過奈米實驗室進行的學研計畫計743件，透過各類型共同開發計畫及核心設施營運服務所培育的高級技術人才更高達27,747人次。

Laboratories

國家實驗動物中心

梁善居主任出訪中國各地動物中心



動物中心同仁與中國各地研究人員合影。

國家實驗動物中心梁善居主任與王繼廣博士、蔣思澈博士於2009年6月8日至13日期間前往中國突變鼠資源重點核心設施參訪。此次出訪的目的為與各機構相互觀摩及討論未來可能之研發合作；同時，也為2010年台灣主辦的亞洲突變鼠資源聯盟大會進行前置溝通及準備。

此次出訪地點包括為南京大學模式動物研究所、復旦大學發育生物研究所暨模式生物研究中心、上海南方模式生物研究中心以及國家啮齒類實驗動物種子中心、中國醫學科學院實驗動物研究所及各研發中心。參訪過程中，均與各單位研究人員進行演講及學術交流。最後，也到了北京維通利華實驗動物技術公司（為美國Charles River Laboratories支持）進行訪問。

此次出訪中國大陸成果豐碩，兩岸的研究人員均願意在科學研究上，基於平等互惠的原則，建立兩岸合作的機制。所有參訪的單位均有意願將其遺傳工程小鼠資源庫資訊與品系與動物中心國家實驗鼠種原庫資源充分連結分享，並願對培養專業人才及實驗動物照護方式的精進共同努力。

國家地震工程研究中心

多自由度構件試驗系統認證



MATS系統全視圖。

由於國內對隔震支承墊之應用日益增加，然對於隔震支承墊大型實尺寸之功能測試系統卻付之闕如。因此，國震中心於2008年完成多自由度構件試驗系統（Multi-Axial Testing System, MATS）裝置作業。而為了提升測試品質，使其測試結果能獲得世界各國認可，並符合國際趨勢，故於2008年底開始著手規劃MATS之ISO/IEC 17025:2005 認證。

MATS認證小組由實驗室主管召集品質主管與技術主管等人員組成，推行方式以會議召開及現場實務驗證為兩大主軸。於會議召開推行方面，分為品質管理與技術研討。品質管理主要是以管理手冊之修訂、認證範圍能量之訂定、引用法規之討論、品質管制之監控與保證；於技術研討方面，則側重於測試方法研討、系統不確定度評估、設備校正、追溯之方法。經由實務上之驗證執行，將各項測試結果反應於會議上，並通過MATS認證小組人員之集思廣義，考慮系統各項可能潛在之不確定度因子、測試規範之援引，以及因應實務之需求，繼而訂定出合理之品質管制範圍，最終達到測試結果品質保證之承諾。

在MATS推行認證活動中亦聘請顧問公司執行MATS認證之內部稽核，並依據稽核結果，於管理審查會議上提出並進行問題改善。地震中心在完成系統品質文件與技術資料後，於今（2009）年3月初向TAF提出認證申請，經過4月初文件審查，4月底完成現場評鑑活動，並已於6月份正式獲得TAF認可證明。

各實驗室動態

國家太空中心



福爾摩沙衛星二號5週年系列活動照片集錦。

慶祝福爾摩沙衛星二號（福衛二號）五年任務圓滿達成，國家太空中心於2009年舉辦了系列活動，首先登場的是4月6日至5月15日「福衛看我家」有獎

徵答活動，活動期間內，網站上每週公佈兩題福衛二號衛星影像，並配合地理小知識，讓參加者不但可以免費透過衛星影像從高空欣賞台灣各地地貌，更能從尋找答案過程中啟發興趣獲得知識，寓教於樂，截至活動結束共有45,000餘人

福爾摩沙衛星二號5週年系列活動

次參與，其中主要參與族群為20~30歲之大學生。

福衛二號於2004年5月21日發射升空，國家太空中心特於2009年5月21日假國家奈米元件實驗室國際會議廳舉辦「福衛二號五週年成果發表會」。本次研討會由國家太空中心報告五年任務成果，並邀請國內外包括台灣、美國、法國、聯合國等專家學者發表17篇代表性論文。會議論文涵蓋全球災害、國土監測、農林漁牧、地理資訊、極區研究及高空大氣向上閃電等，與會人員來自產官學研各界約200人。另外現場有展示福衛二號影像團隊及ISUAL科學團隊精采海報，由專家解說衛星影像應用於國計民生及大氣科學之成果。

為彙整福衛二號五年來任務成果並以科學教育方式對國人展現，國家太空中心特舉辦「福臨天下—福衛二號衛星影像展」，業於5月26日在國立科學工藝博物館揭幕，世運主場館「龍騰」、東沙環礁等經典影像盡收眼底。展期至8月26日，邀民眾從另一個角度俯瞰世界。

國家高速網路與計算中心

2009 K-12科學夏令營開跑囉！



2009 K-12科學夏令營學員與工作小組的合影。

由國網中心舉辦的2009 K-12 科學夏令營，於2009年7月1日熱熱鬧鬧開跑囉！7月1日新竹開始了機器人大車拼與自由自在軟體世界樂逍遙的課程，台中則是幾何博士大集合

Logo與數位氣體實驗室Netlogo。特別的是，今年為國網中心K-12夏令營首次於台中增設課程，讓台中的小朋友也能過個具教育意義、與體驗電腦科學的暑假。

暑假期間，小朋友不是只能在家玩線上遊戲、看電視，來國網中心的K-12 科學夏令營，能讓小朋友獲得更多的知識與才能，認識新環境、新朋友，體驗團體生活及學校學不到的事物，更能讓小朋友們發揮無限的想像力及創造力。

8月18日起，新竹還有機器人大車拼（進階班）與台南的水精靈幻想曲。一系列的課程主要由國網中心結合產學力量舉辦，包括結合明基友達基金會、交通大學、大華技術學院、朝陽科技大學、園區實驗中學、及成功大學的各相關系及基層文化服務團，歡迎您下一次的參與。

Laboratories

國家晶片系統設計中心

國科會50科學之旅-晶片設計大觀園 第一、二梯次活動報導



晶片設計大觀園學員合影留念。

為了配合「國科會50科學之旅」活動，同時向社會大眾宣傳科普常識，晶片中心分別於2009年2月、7月、8月舉辦「晶片設計大觀園」活動（每月各兩梯次）；其中第一、

二梯次的參訪活動已於2月13日及27日圓滿落幕。

活動當天來訪學員首先聽取簡報說明，同時收看多媒體影片、參加有獎徵答活動及參觀晶片中心各項設備；接著由工程師為學員簡介數位基本邏輯閘概念；學員亦親自動手在電路面板上插入電路元件及連線。隨即晶片中心工程師帶領學員藉由簡單設計的Lab、結合Hspice及Schematic等電腦輔助設計軟體，實際體驗上機操作的樂趣。最後學員至奈米實驗室參觀了無塵室與相關設備，以了解晶片製作過程；而學員們亦參與「尋寶大作戰」精彩遊戲，這一趟寓教於樂的知性之旅到此圓滿結束。

儀器科技研究中心

「奈米檢測技術」新書發表



中央研究院物理所所長吳茂昆院士以「台灣奈米科技的挑戰與機會」為題進行演講。

國家實驗研究院儀器科技研究中心策劃，針對奈米科技在各領域的應用，編撰出版《奈米檢測技術》專書。

奈米科技為二十一世紀最重要的技術領域之一，從民生消費產業到高科技前瞻研究，都可見奈米科技相關的應用，

而奈米檢測對奈米科技發展扮演著關鍵性角色。奈米特性應用廣泛且多樣，奈米檢測重要性也與日俱增，使得奈米檢測具無窮發展潛力。

本書邀集六十餘位專家學者共同執筆撰寫，歷經兩年編纂，已於日前隆重出版。全書共九章、六百餘頁，內容架構係以整體奈米科技為開端，接續介紹在奈米尺度下如何檢測各種元件和材料奈米結構所具備之力、光、電、磁等性質、儀器設備與關鍵技術，最後則以具前瞻性的奈米檢測技術作為未來的展望。

為服務廣大讀者、促進技術交流，儀科中心特於4月17日三十五週年慶之際舉行新書發表會，邀請本書諮詢委員中央研究院物理所所長吳茂昆院士以「台灣奈米科技的挑戰與機會」為題進行演講，並邀請本書作者中央研究院李超煌博士與成功大學陳顯禎教授分別就「差動光學切片顯微術在細胞膜動態研究的應用」與「表面電漿子共振顯微術」進行技術分享。

各實驗室動態

科技政策研究與資訊中心

科技政策中心林博文主任佈達



1國研院陳文華院長（左），科技政策中心王永和代理主任（右）與新任林博文主任（中）完成印信交接儀式後合影。

新任國研院科技政策研究與資訊中心主任林博文博士之佈達儀式於2009年6月15日假該中心舉行。林主任為美國壬色列理工學院（Rensselaer Polytechnic Institute，簡稱RPI）科技管理以及決策科學與工程系統

雙博士，曾任教於元智大學企業管理系、台灣大學商學研究所及清華大學科技管理研究所。林主任以科技管理領域見長，理論與實務並重，除持續不懈鑽研於高科技產業理論架構發展外，並曾多次接受國科會委託進行政府所需之科技政策研究，諸如中華民國科學技術白皮書先期研究、我國科學技術發展願景與策略前期研究、全國科技會議執行績效期中評估、科技政策形成機制與國家創新等，其傑出之學術研究表現，更於2008年獲得國際科技管理學會（The International Association for Management of Technology，IAMOT）頒發「全球TOP 50卓越研究學者」。未來在推動科技政策中心發展的理念上，將以「以資訊整合及實務參與為特色之國家科技發展智庫」為定位，透過國內外科技資訊蒐集、建置與整合服務，以及實務參與之科技政策研究，提供國家科技政策規劃、評估及科技研發管理的支援服務。

註：IAMOT為國際科技管理領域最重要的學術組織之一，目的在於促進技術管理的研究和教育。

國家災害防救科技中心

第二屆日韓台天然災害減災管理研習營



第二屆日韓台天然災害減災管理研習營我國與日、韓學者的合照。

災防中心2009年於5月15至16日舉行為期一天半之日韓台三邊減災管理研習營，此研討會乃因於2007年9月時與日本National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention（NIED）以及韓國 National Institute for Disaster Prevention（NIDP），簽署三方合作備忘錄，其中一項合作內容即為自去年2008起輪番於三方舉辦小型研習營，以供三方學者之間，共同交流及分享一年之各項研究成果及經驗。

此次研習營安排，以三方各主持一議程為主軸，於議程

當中，即可安排各項研究成果之展現，日方主題含括，地震斷層研究、火山監測系統以及災害風險資訊平台等。韓方重點議題則包含，發展自動災害調查系統、橋樑監測評量系統及u-Safe City模組開發等。除三方之議題展現

外，也特開一專門分享時間，提供三方實質於各項系統展示及海報之交流等。

次日之議程則著重於大規模減災議題，包含日方以及台灣皆非常重視之地震及時監測及預警系統等，韓方則針對每年皆造成重大損失之洪水議題，發表相關山區洪水預警系統之發展。最後更針對明年將於日本舉行之第三屆議題作了初步的規劃及協定。兩日之議程，皆對三方學者，有了更進一步的認識，並針對各中心的任務有了更深入的分析，期望未來能對三方合作有更多助益。

Laboratories

台灣海洋科技研究中心

98年度國科會海洋學門 海洋科學成果發表會



與會學者及年輕學子齊聚一堂聆聽成果發表會。

國立海洋大學與海洋中心於4月13日至15日共同辦理了98年度國科會海洋學門海洋科學成果發表會。年度成果發表的範疇涵蓋了海洋地質、海洋物理化學、海洋生物及海洋遙測等領域，海洋中心由邱逢琛主任向學界報告海洋中心的現況與未來的研究方向，同時在現場張貼海洋中心海洋觀測、探測、資訊、生物等現況相關海報13張。



海報發表會場人潮踴躍。

海洋科學成果發表會是國科會自然處每年定期推動舉辦之海洋學門成果發表會議，是為呈現執行國科會補助計畫之成果，也是海洋學界年度最重要的會議，不但邀集國內海洋研究領域的專家學者共同參與此盛會，以學術研討會的形式，發表個人或團隊的研究成果，更希望藉此機會培養及發掘優秀下一代海洋人才，透過此次盛會，凝聚海洋研究的能量，締造新氣象。

颱風洪水研究中心籌備處

颱風洪水研究中心籌備處現況



資料來源：中部科學工業園區官方網站<http://www.ctsp.gov.tw/>
中部科學工業園區之水堀頭公園的滯洪池。

颱風洪水研究中心籌備處配合行政院國家科學委員會成立50周年之慶祝活動，將辦理颱風與洪水探索之旅活動。活動分成三個組別：民眾組（親子或小四~國三學生，辦理時間：7/11、7/25、8/15、8/22）、高中組（辦理時間：7/8、7/22、8/5、8/19）、專業組（大專以上及自然科學教師，辦理時間：

9/16、9/23），共10梯次，每梯次開放100人免費參加。

本活動將邀請中央氣象局、經濟部水利署、各大學之大氣、水文的專家、教授，親臨為民眾解說颱風形成過程、天氣及洪淹水預報方法，並分享颱風侵台期間之即時路徑預報、降雨量預估等緊張預報過程，及類似電影「龍捲風」情結之駕駛飛機至颱風上空的實際觀測經驗。同時，將由氣象局專家教導民眾如何由觀測雲的變化來預測隨即可能發生的天氣變化，或由中央氣象局網站之天氣圖、衛星雲圖、雷達回波圖簡易判斷當天、隔天、或未來一周的天氣變化情形。

此外，將透過三維地理資訊展示系統（3D GIS），以立體影像呈現颱風、洪水之模擬結果，並透過實機操作，讓民眾自行點閱即時水情資訊及觀看各地即時外海珊瑚礁的生態，體驗自己監測環境的感覺。另外，將帶領民眾參觀位於中部科學園區內之滯洪池，讓民眾認識防洪設施的功用，這些設施平常也許化身為美麗的公園、景觀步道或運動場，但到了颱風季、梅雨季卻成為保障大眾生命安全之重要防災設施（活動相關資訊詳見國科會網站）。

國研科技 徵稿 啟事

主要目的：增進本院各實驗研究單位間之互相了解與交流、對外提昇本院知名度與形象

徵稿內容：與本院任務相關之通識性科技文章或活動報導

徵稿對象：國研院同仁及參與本院計畫人員，文章刊登後依本院「稿酬給付辦法」致贈稿酬

出 版：每年1月、4月、7月、10月出刊，每季截稿日期為出刊前二個月

聯 絡 人：稿件請以電子檔寄至院本部蔡智華小姐 chtsai@narl.org.tw

敬請支持、踴躍投稿

國研科技 July 2009 No. 23 NARL Quarterly

榮譽發行人：李羅權

發行人：陳文華

副發行人：王永和、吳光鐘

編審委員：邱逢琛、林博文、苗君易、陳亮全、梁善居、葉俊雄、

楊富量、蔡克銓、蔡定平、蔡惠峰、魏慶隆

李穎昀、余憲政、陸璟萍、楊龍杰、蔡深浩、蔡俊輝

總編輯：陳明智

執行編輯：蔡智華

編輯小組：杜佳穎、吳佳穎、李玠樺、何鳳珍、吳靜文、邵守麗、

施美合、黃心寧、張嘉修、謝家平、魏孟秋

設計印刷：肯迪思創意有限公司

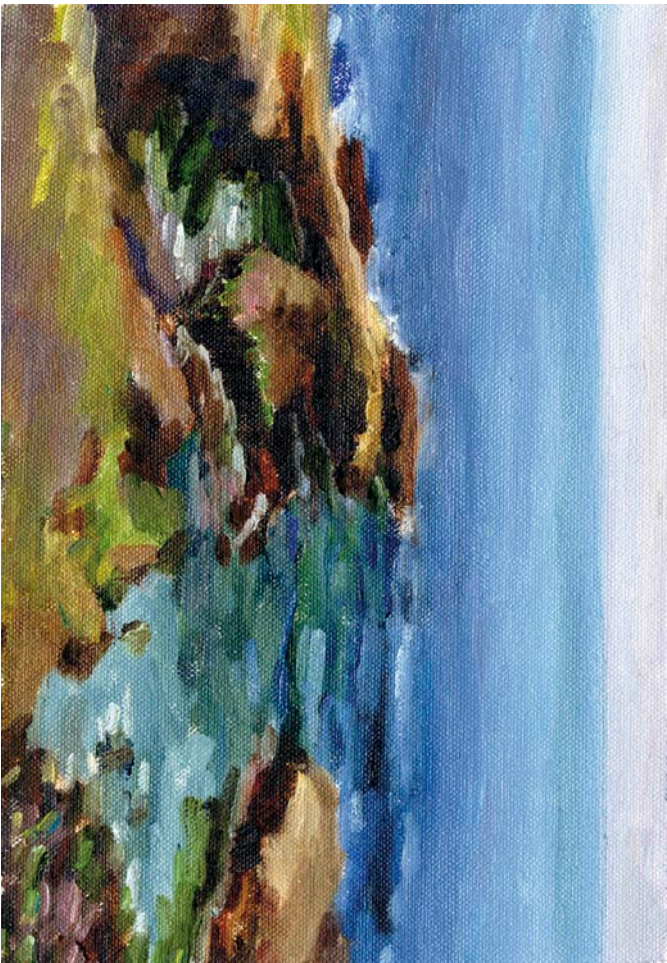
發行所：財團法人國家實驗研究院

地 址：台北市（106）和平東路二段106號3樓

電 話：02-2737-8000

傳 真：02-2737-8044

網 址：<http://www.narl.org.tw>



萬里海邊

(油畫，2008)

尺寸 / 20cmX15cm

作品簡介 /

台灣的海邊是很迷人的，尤其在涼爽的春天，微風徐徐，聽著浪花拍打的聲音，沿岸的礁石與海水交織衝擊，遠處海天一色，可以讓人暫時忘卻生活上的壓力。

創作者簡介 / 洪祥瑗

國家地震工程研究中心助理研究員，創作者認為在忙碌而規律的生活中，有條件的放空，可以給予自己更大的空間。



國家實驗研究院國家實驗動物中心

國家實驗鼠種原庫

Rodent Model Resource Center

AMMRA

亞洲突變小鼠資源聯盟

Asian Mouse Mutagenesis and Resource Association

- Biological Resource Center, Singapore
- National Laboratory Animal Center, Taipei
- National Resource Center for Mutant Mice, Nanjing Univ. Nanjing
- Shanghai Institute of Biological Sciences, Shanghai
- Nanfang Center for Model Organisms, Shanghai
- Peking Univ.-BLARC, Beijing Inst. Laboratory Animal Science, CAMS, PUC, Beijing
- Bio-Evaluation Center, KRIBB, Daejeon
- Riken BioResource Center, Tsukuba
- Center for Animal Resources and Development, Kumamoto

執行目標

- 實驗鼠種原冷凍保存
- 實驗鼠資源分享與交流
- 整合建立實驗鼠模式動物服務平台
- 加速學術合作，提升研發群聚效應

服務內容

分享	捐贈
■ 資料庫檢索	■ 種原遺傳與健康監測服務
■ 實驗鼠種原進出口服務	■ 實驗鼠胚冷凍保存與淨化服務
	■ 智財與專利諮詢服務

聯絡方式

- 國家實驗鼠種原庫聯絡人：秦咸靜博士
電話：(02)2789-5561 傳真：(02)2789-5588
- 種原捐贈業務：張小慧 電話：(02)2789-5848
- 種原智財業務：洪駿之 電話：(02)2789-5558
- 國際種原進出口業務：王秀智
電話：(02)2789-5850 傳真：(02)2789-5577

FIMRe

國際小鼠資源聯盟

Federation of International Mouse Resources

- Mouse Models of Human Cancer Consortium
- Canadian Mouse Consortium
- The Jackson Laboratory
- Mouse Mutant Resource Regional Centers
- Canadian Mouse Mutant Repository
- European Mouse Mutant Archive
- Australian Phenomics Facility

National Laboratory Animal Center

AMMRA 會員

- Taiwan ■ China ■ Japan
- Korea ■ Singapore

FIMRe 會員組織

- North America ■ Europe
- Australia ■ Japan

國家實驗動物中心 <http://www.nlac.org.tw>

國家實驗鼠種原庫 <http://www.nlac.org.tw/RMRC>

NARL Quarterly

www.narl.org.tw