



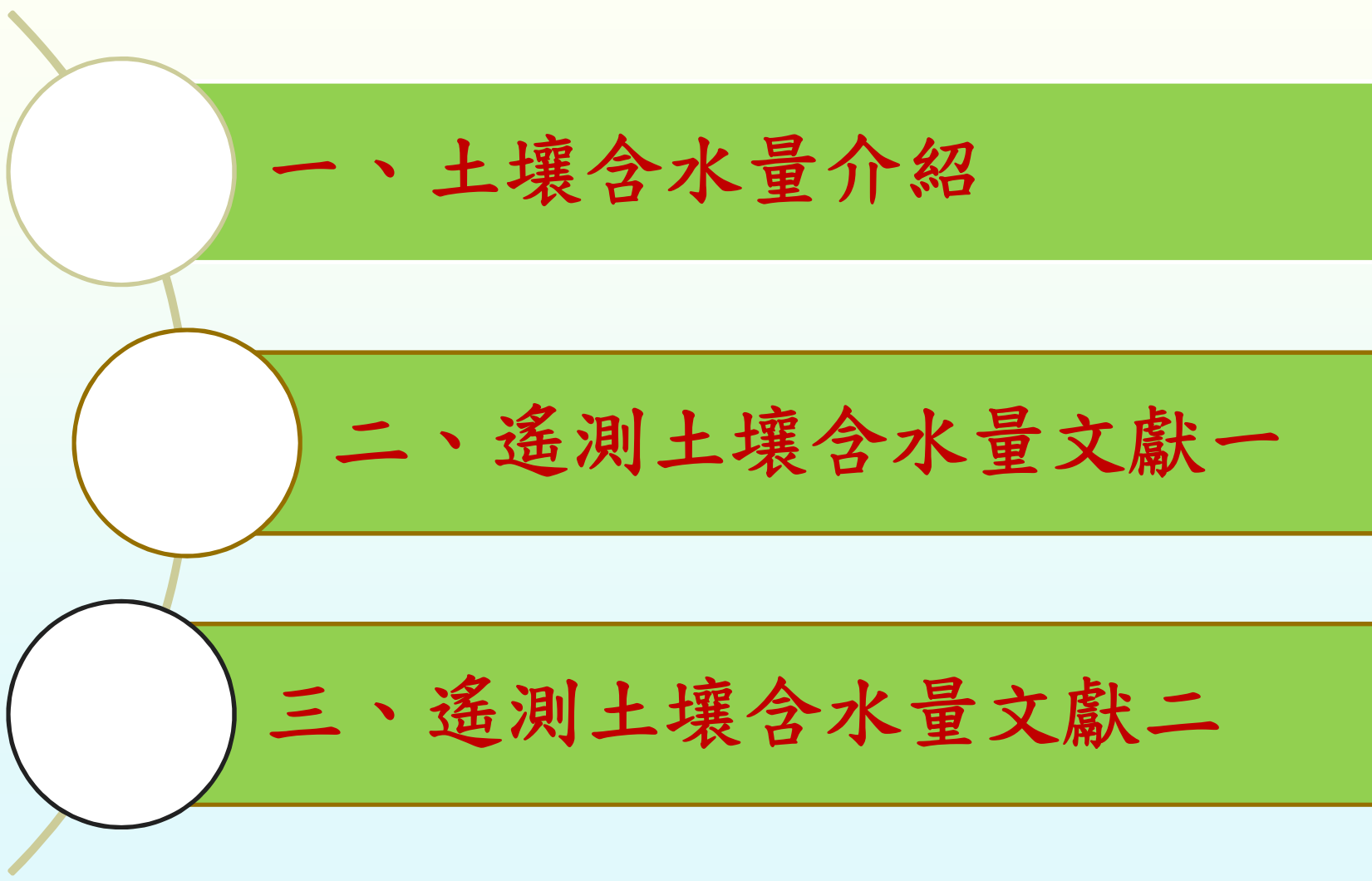
衛星遙測應用於土壤含水率與降雨量 相關文獻導讀



報告人：劉維則



簡報大綱



一、土壤含水量介紹

二、遙測土壤含水量文獻一

三、遙測土壤含水量文獻二



一、土壤含水量介紹



● 雷達

雷達，是radio detecting and ranging的縮寫，原本的意思是「無線電波偵測及測距」。最初發展雷達偵測技術時，地表的反射回波往往是不受歡迎的雜訊，必須想辦法消除，才能看清楚受測目標。



陳列在法國土魯士 (Toulouse) 太空科學城的ERS2人造衛星實體模型，



● 雷達

雷達被安裝在飛機及人造衛星上，雷達的成像技術有了重大的突破，地表的反射回波才變成有用的資訊，人們可藉以了解地表的形貌。



歐洲太空總署在2002年3月發射的ENVISAT人造衛星，該衛星酬載有可換角度及接收模式的合成孔徑雷達，是一顆十分先進的地球資源衛星。



● 合成孔徑雷達

合成孔徑雷達(synthetic aperture radar, SAR)，又譯成合成口徑雷達。

類型：微波成像雷達

特性：是一種可以產生高解析度圖像的機載雷達或星載雷達。

它一般安裝在移動的載體上對相對靜止的目標成像。自合成孔徑雷達發明以來，它被廣泛的應用於遙感和地圖測繪。



● 土壤含水量測定方法

土壤含水量 (water content of soil)是土壤中所含水分的數量。一般是指土壤絕對含水量，即100g烘乾土中含有若干克水分，也稱土壤含水率。

- 稱重法
- 張力計法(Tensiometer)
- 電阻法
- 中子法(Neutron scattering)
- r-射線法
- 駐波比法(Standing wave ratio)
- 時域反射法(Time domain reflectometry, TDR)
- 光學法等



● 土壤含水量(秤重法)

➤ 方法概要

將適量樣品於 $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 下乾燥至恆重，以乾燥前後重量之差值計算水分含量。

➤ 適用範圍

本方法適用於所有型態的土壤及底泥樣品中水分含量測定。

➤ 干擾

樣品中含揮發性物質時，本方法無法獲致可信的結果。如有機質含量 $> 10\%$ 時，乾燥方法應修正為在 50°C 下乾燥至恆重，使用真空乾燥可加速此操作。



● 各種方法比較 (1/2)

➤ 稱重法

具有各種操作不便等缺點，但作為直接測量土壤水分含量的唯一方法，在測量精度上具有其它方法不可比擬的優勢，因此它作為一種實驗室測量方法並用於其它方法的標定將長期存在。

➤ 電阻法

由於標定複雜，並且隨著時間的推移，其標定結果將很快失效，而且由於測量範圍有限，精度不高等一系列原因，已經基本上被淘汰。



● 各種方法比較 (2/2)

➤ 光學測量法

雖然具有非接觸的優點，但由於受土壤變異性影響，誤差大，適應性不強，其研究與開發的前景並不樂觀。

➤ TDR

其優點是測量速度快，操作簡便，精確度高，能達到0.5%，可連續測量，既可測量土壤表層水分，也可用於測量剖面水分既可用於手持式的時實測量，也可用於遠距離多點自動監測，測量數據易於處理。



交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告

衛星遙測台灣地區土壤含水量
與降雨量之研究

計畫類別：☒國內 ☐國外

計畫編號：MOTC-CWB-98-2M-05

執行期間：98 年 2 月 9 日至 98 年 12 月 31 日

計畫主持人：陳錕山教授

執行單位：國立中央大學通訊系統研究中心

中央氣象局「衛星遙測台灣地區土壤含水量與降雨量之作業化研究」

期末報告書

交通部中央氣象局

委託研究計畫期末成果報告

衛星遙測台灣地區土壤含水量與降雨量之作業化研究

計畫類別：☒氣象 ☐海象

計畫編號：MOTC-CWB-99-2M-05

執行期間：99 年 03 月 04 日至 99 年 12 月 31 日

計畫主持人：曾裕強

執行機構：國立聯合大學

本成果報告包括以下應繳交之附件(或附錄)：

☐赴國外出差或研習心得報告 1 份

☐赴大陸地區出差或研習心得報告 1 份

☐出席國際學術會議心得報告及發表之論文各 1 份



交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告

衛星遙測台灣地區土壤含水量
與降雨量之研究

計畫類別：☒國內 ☐國外

計畫編號：MOTC-CWB-98-2M-05

執行期間：98 年 2 月 9 日至 98 年 12 月 31 日

計畫主持人：陳錕山教授

執行單位：國立中央大學通訊系統研究中心



● 衛星遙測台灣地區土壤含水量與降雨量之研究

➤ 主要成果

- (1) 完成利用MODIS 衛星演算土壤含水量及蒸發散量。
- (2) 透過類神經網路模型完成降雨量與土壤含水量的反演神經網，以利藉雨量推求土壤含水量，提供防災單位必要資訊。
- (3) 透過(2)可由降雨量及NDVI 估算土壤含水量，並完成2008年共30 天土壤含水量資料。
- (4)初步分析台灣地區土壤含水量的時間變化。



MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)

- 中尺度影像光譜儀
- 頻率：一天過境達四次
- 特色：
 - 擁有36 光譜波段，對於地表光譜變化相當敏感。
- 設計用途：
 - 監測地表生物、物理現象，並利用以建立長期觀測資料庫，供後續各領域分析研究之用。



• MODIS相較於NOAA衛星、大地衛星(LANDSAT)之優勢

(1) 空間解析度提高：

以大氣觀測觀點而言，空間解析度提高了一個數量級，由NOAA的公里級提高至MODIS的百公尺級。

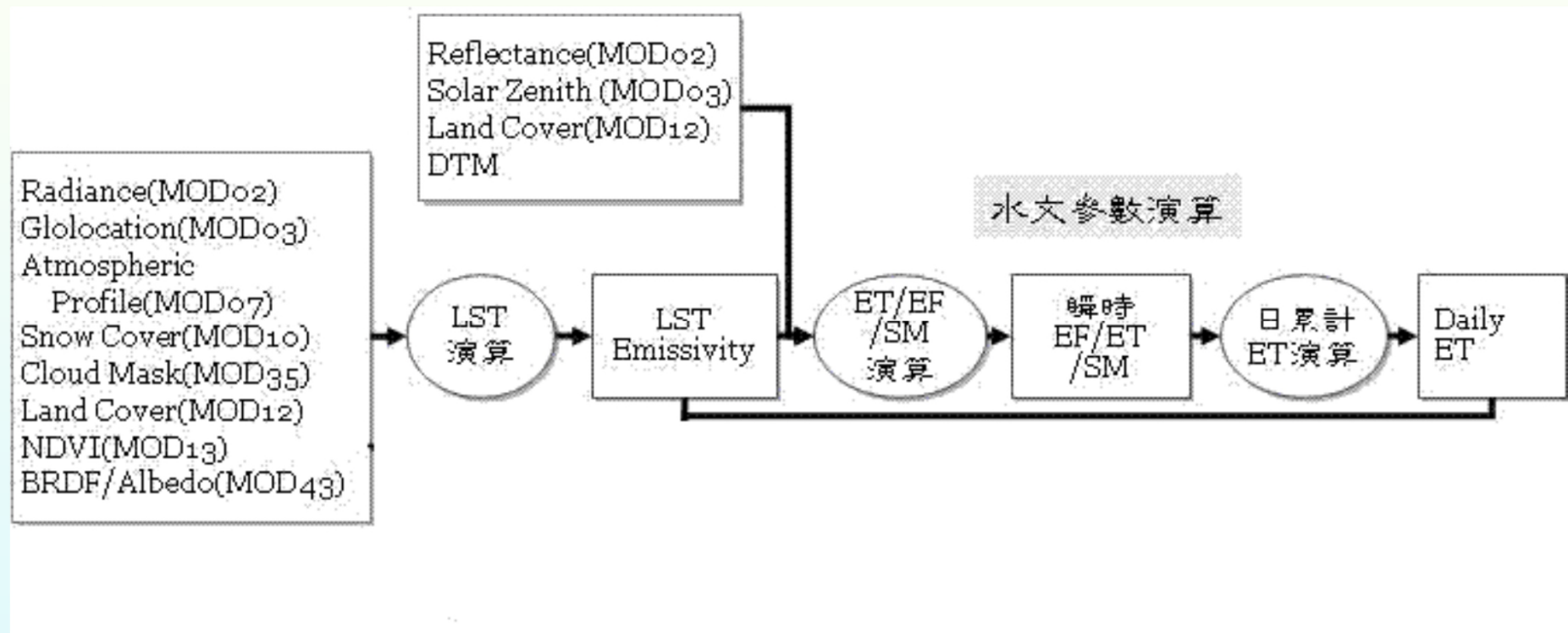
(2) 時間解析度提高：

以地面遙測觀點，一天可過境約四次，對突發性、快速變化的自然災害有更強的監測能力。

(3) 光譜解析度提高：

有36個頻道，多光譜通道的觀測大大地增加對地球複雜系統的觀測能力和對地表的地形辨識能力。

● 蒸發散量計算



MODIS 演算蒸發散量流程



- Geolocation (MOD03)-- Geolocation Dataset 包含每一公里網格的拍攝高程、太陽與衛星天頂角及方位角、以及大地座標等資訊。
- Atmospheric Profile (MOD07) --大氣剖面產品包含臭氧含量、大氣穩定性、溫度及溼度剖面、以及水氣含量等參數，藉由衛星所處軌道位置與地表間的大氣柱觀測，取得此大氣剖面資訊。
- Snow Cover (MOD10) 雪覆蓋--雪覆蓋產品包含雪覆蓋比例、雪地反照率等資訊，可作為氣象研究及水文模式輸入參數。
- Cloud Mask (MOD35) --雲層遮蔽產品提供衛星與觀測地表間的雲覆蓋情形，包含MODIS 19 個光譜波段對於每一公里網格資料的測試結果，可作為衛星遙測資料反演地表參數所需的篩選依據。
- Land Cover (MOD12) --地表覆蓋產品包含全球地表覆蓋型態分類以及季節性變化 (global land cover dynamics)，作為地表溫度、蒸發散量、植生量等地表參數演算所需的地表屬性資料。
- Evapotranspiration, ET-蒸發散量包含地表上所有液態或固態水轉變成大氣中水汽之歷程，亦即蒸發及蒸散機制。

- *MODIS* 衛星觀測資料屬於一種地表瞬時信息，由此反演的參數以及估算的輻射和熱通量，也只是代表瞬間的狀態。

$$\frac{\lambda E_d}{F_d} = \frac{\lambda E}{F} = ER$$

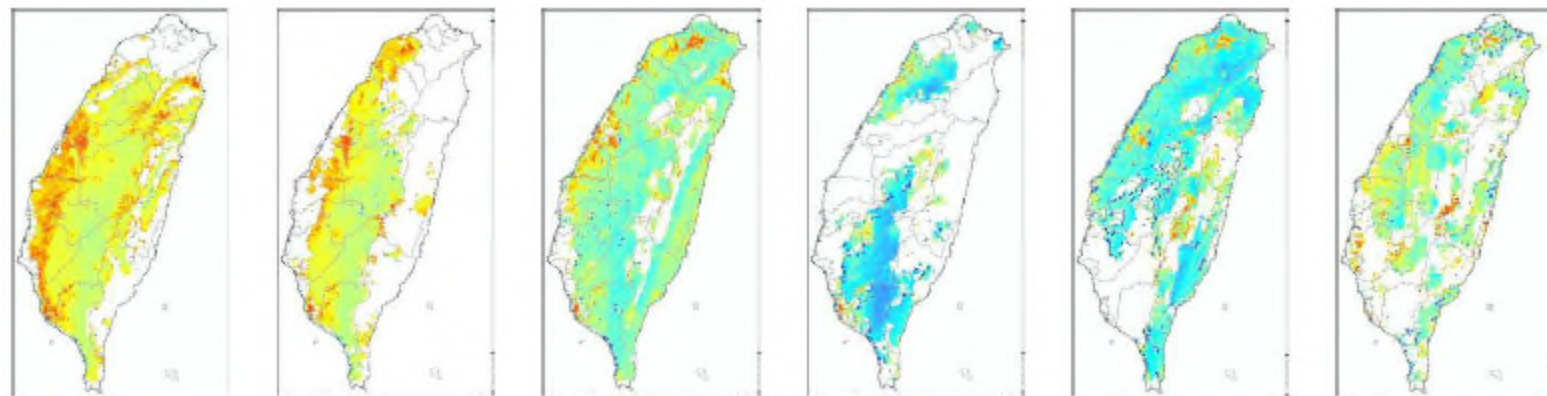
λE_d 為白天累積蒸發散量； F_d 為白天累積蒸發散量之分量；
 λE 為瞬時蒸發速率； F 為瞬時能量通量； ER 為蒸發通量比率

夜間蒸發很小，或為負值（有凝結發生），能量通量的各分量在夜間很不穩定，所以 ER 在夜間的變化也很不穩定，所以此計算方法只適用白天的蒸發散量。

在實際計算中，夜間的蒸發往往被忽略，對於長期的計算而言，每天的誤差不會對其他天產生影響，這種誤差不是累積性的。



● 蒸發散量成果(2008年各月)



(a)2008/1/5

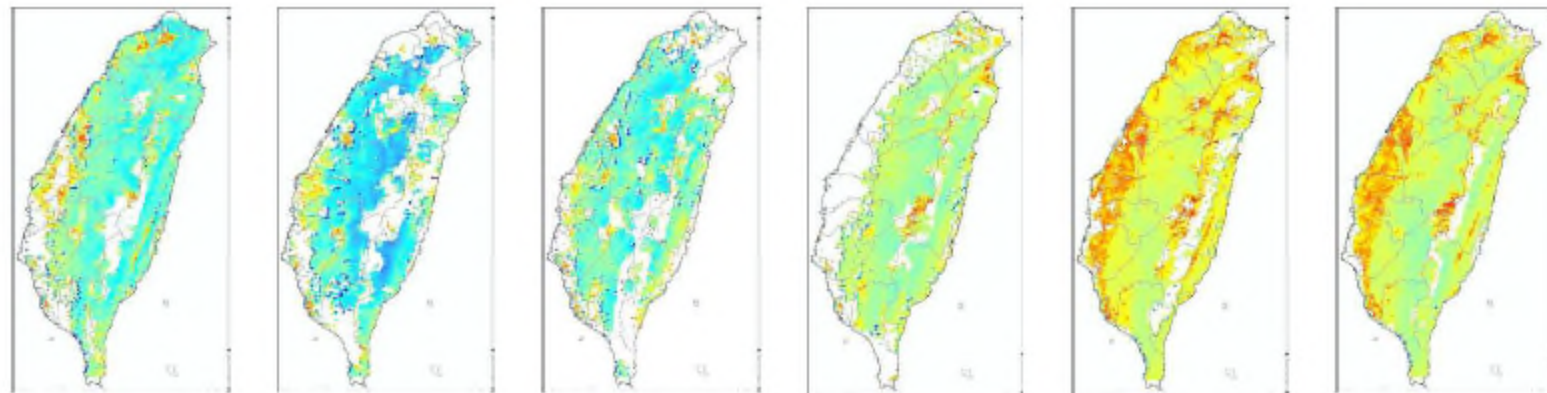
(b)2008/2/17

(c)2008/3/27

(d)2008/4/6

(e)2008/5/12

(f)2008/6/10



(g)2008/7/24

(h)2008/8/26

(i)2008/9/24

(j)2008/10/23

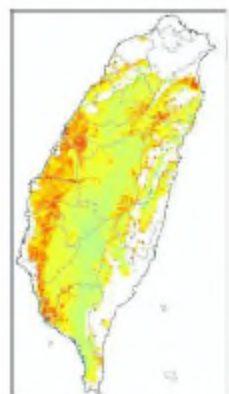
(k)2008/11/29

(l)2008/12/11

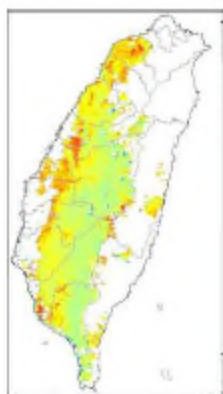




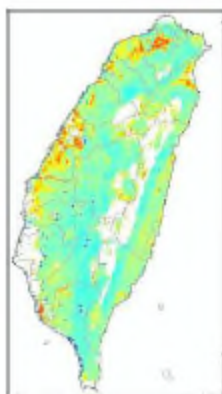
● 蒸發散量成果(月對照)



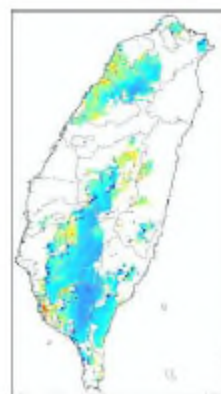
(a)2008/1/5



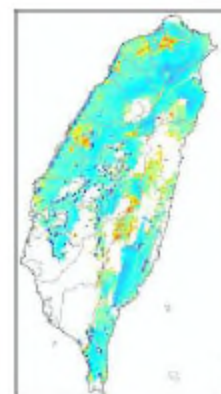
(b)2008/2/17



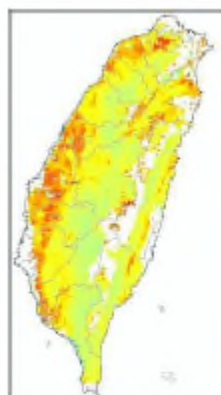
(c)2008/3/27



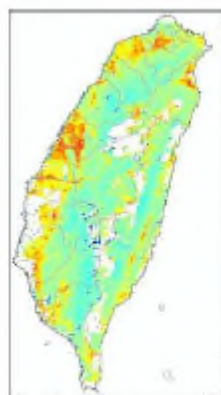
(d)2008/4/6



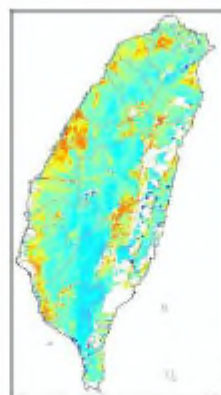
(e)2008/5/12



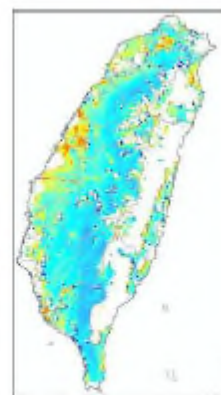
(m)2009/1/16



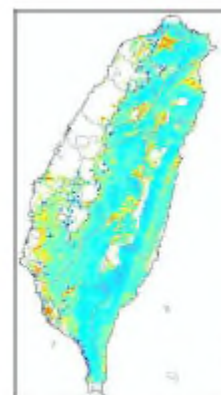
(n)2009/2/13



(o)2009/3/17



(p)2009/4/11

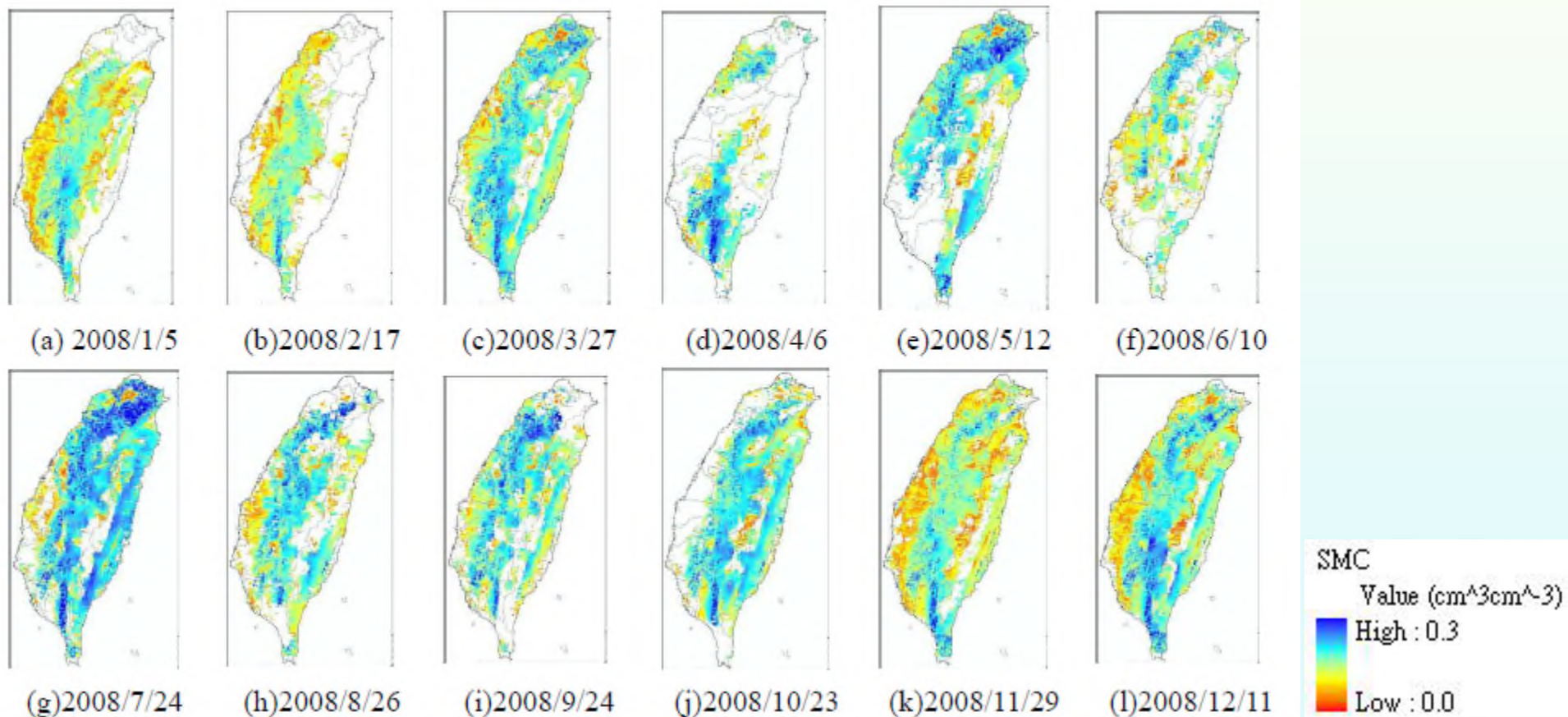


(q) 2009/5/10



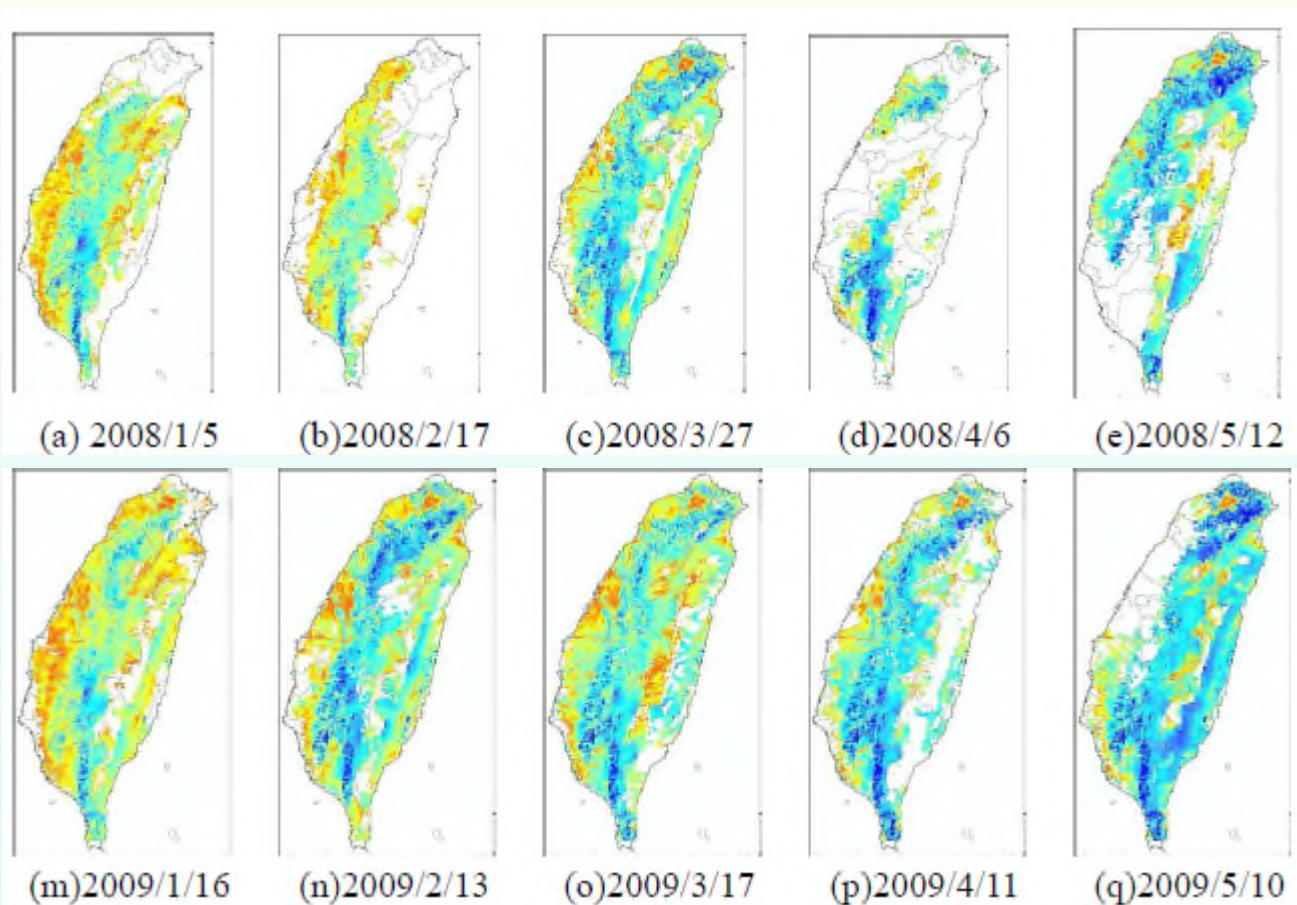
● 土壤含水量計算

➤ 透過MODIS 演算蒸發散參數，並藉由土壤圖資的土壤質地資訊，推演飽和土壤水含量，並配合經驗式演算土壤含水量參數。



● 土壤含水量(月對照)

- 此方法是採用水文平衡方法，但仍建構在水平衡中潛熱分離的基礎上為一半經驗式，其中飽和土壤水含量必須通過土壤成份圖經過計算所率定。



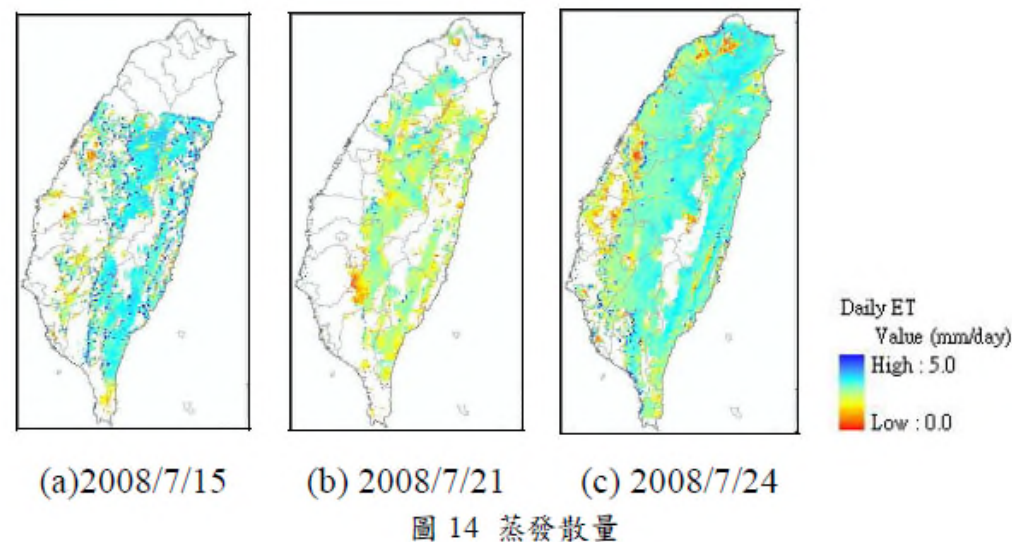
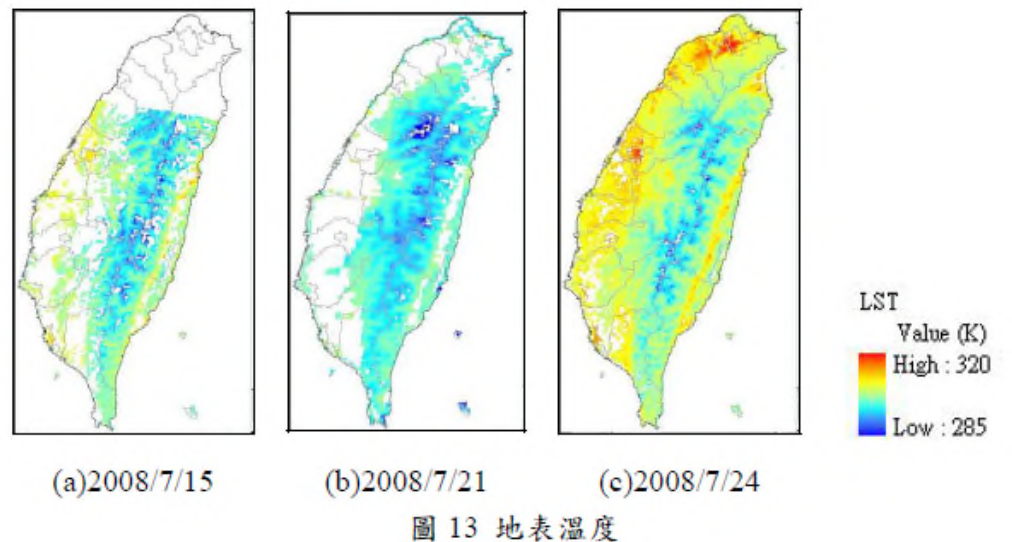
● 案例分析(颱風)

➤ 事件：

2008 年7 月15 日卡玫基
(7/16-19 侵襲台灣)

➤ 颱風過後由於地表植被及土壤含水增加，受到水分熱容及較高比熱的影響，造成地表減溫及發射熱輻射降低

➤ 颱風過後的地表及土層含水並未迅速消散，透過持續的輻射增溫，在數日後蒸發散量才呈現明顯上升。



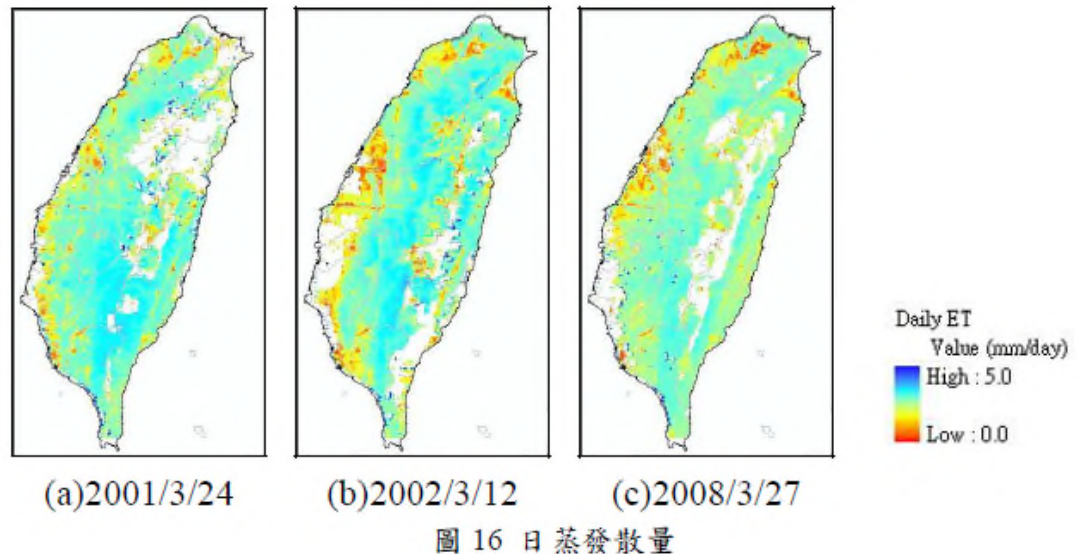
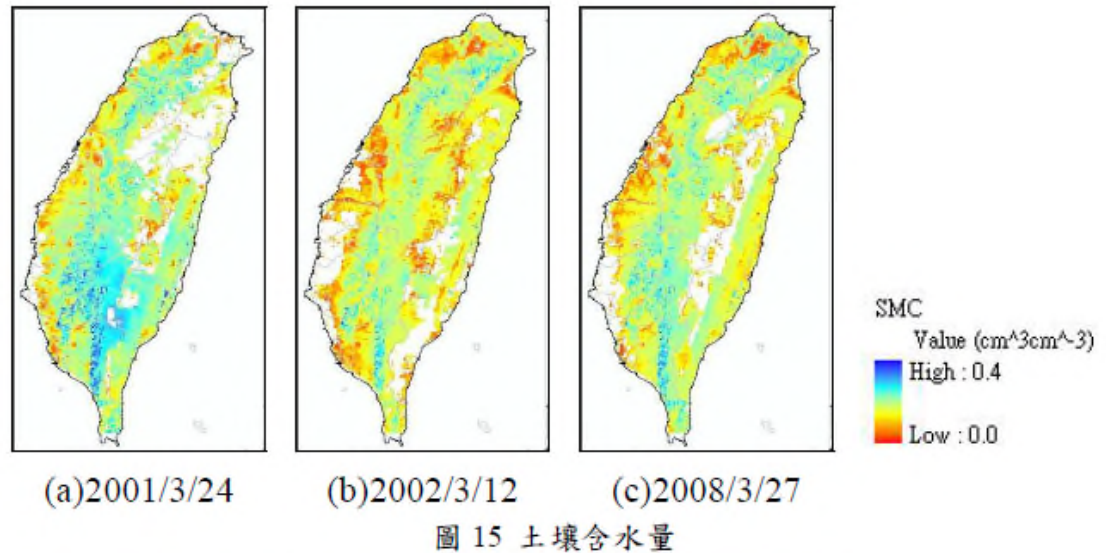
● 案例分析(乾旱)

➤ 事件：

2002 年由於春雨短少，造成台北及桃竹苗地區發生嚴重的乾旱缺水現象

➤ 顯示2002 乾旱年的水文參數較非乾旱年為低，但其差異情形卻不甚顯著

➤ 由於衛星推演資料主要仰賴單日瞬時觀測資料，而乾旱為長期水文趨勢的反應





中央氣象局「衛星遙測台灣地區土壤含水量與降雨量之作業化研究」

期末報告書

交通部中央氣象局

委託研究計畫期末成果報告

衛星遙測台灣地區土壤含水量與降雨量之作業化研究

計畫類別：☒氣象 ☐海象

計畫編號：MOTC-CWB-99-2M-05

執行期間：99 年 03 月 04 日至 99 年 12 月 31 日

計畫主持人：曾裕強

執行機構：國立聯合大學

本成果報告包括以下應繳交之附件(或附錄)：

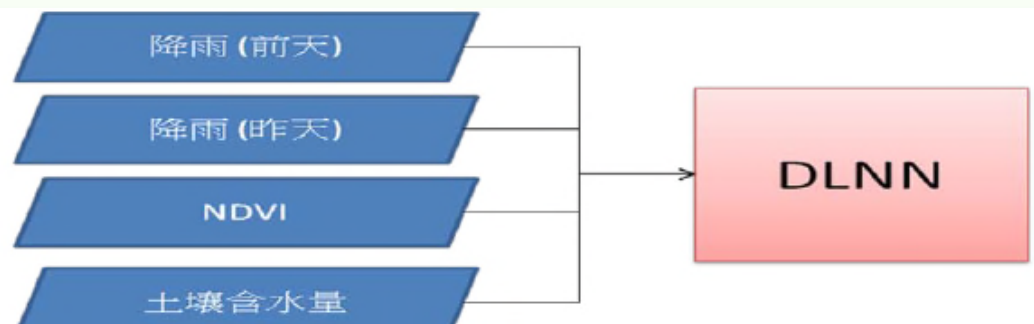
☐赴國外出差或研習心得報告 1 份

☐赴大陸地區出差或研習心得報告 1 份

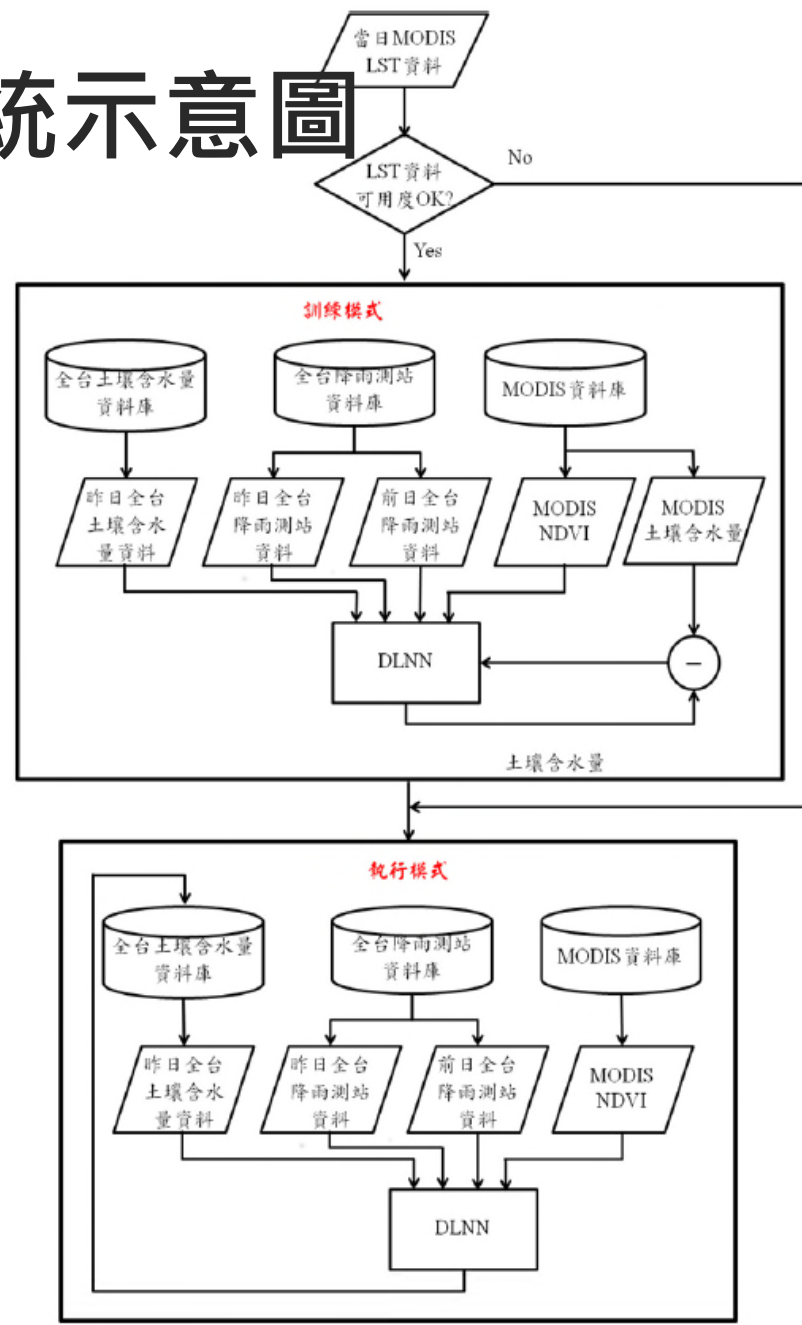
☐出席國際學術會議心得報告及發表之論文各 1 份



土壤含水量作業化系統示意圖



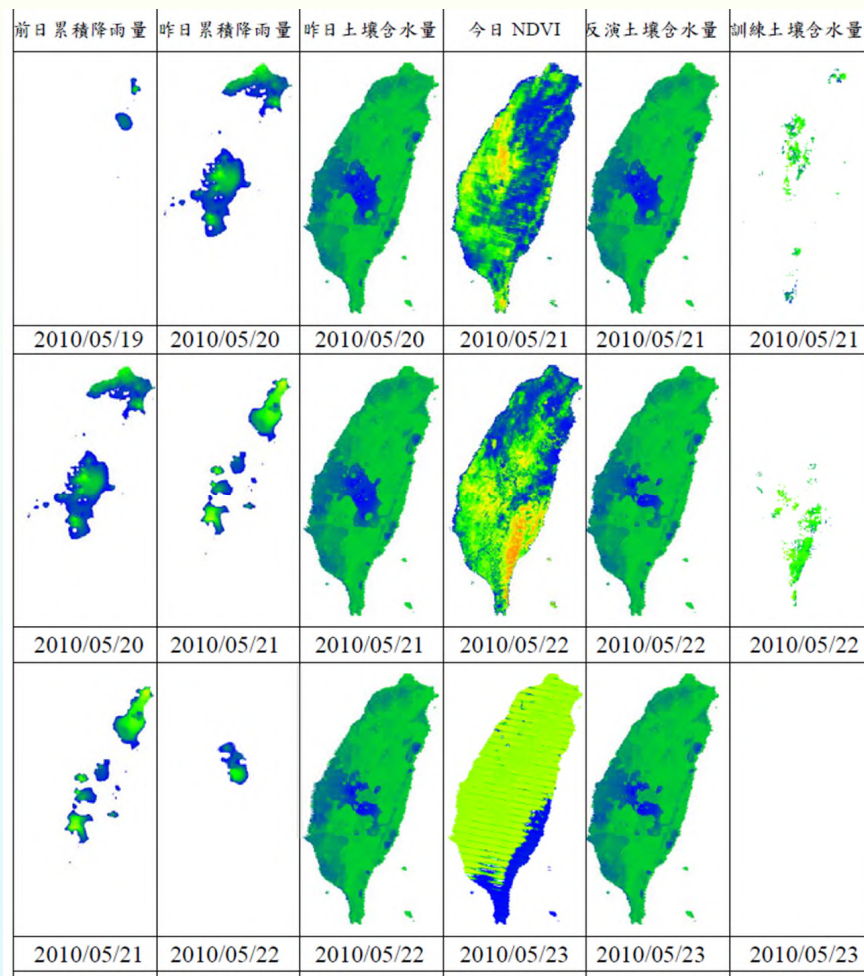
- 訓練資料是利用2008年MODIS及中央氣象局日累積降雨資料約30餘萬筆做為訓練使用。





● 衛星遙測台灣地區土壤含水量與降雨量之作業化研究

台灣全區的土壤含水量目前雖無法立即由地面觀測取得，但可透過氣象衛星之先進遙測技術及其觀測資料具備廣大覆蓋面之特性取得最新之土壤含水量資訊。

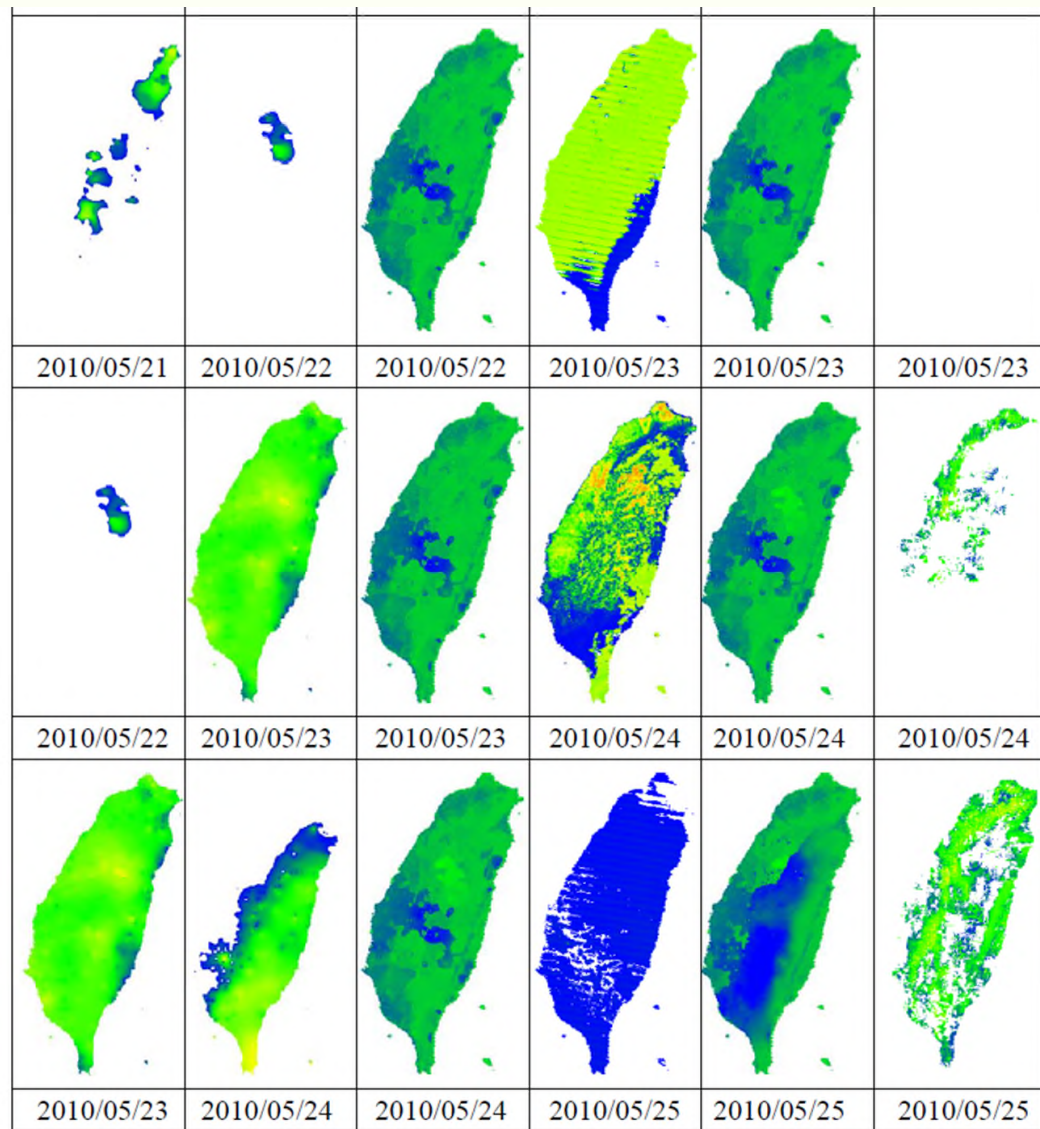


- 反演土壤含水量係指本作業化程式反演所得之土壤含水量，訓練土壤含水量則指水利署洪水預警系統 (FEWS) 之土壤含水量



● 衛星遙測台灣地區土壤含水量與降雨量之作業化研究

1. 本作業化程式反演所得之土壤含水量受昨日土壤含水量之影響最大，其結果與FEWS產生之土壤含水量間之差異並不大。
2. FEWS之土壤含水量產品有所缺漏時，本作業化程式仍能反演全台土壤含水量。





● 反演土壤含水量與實測值之測站

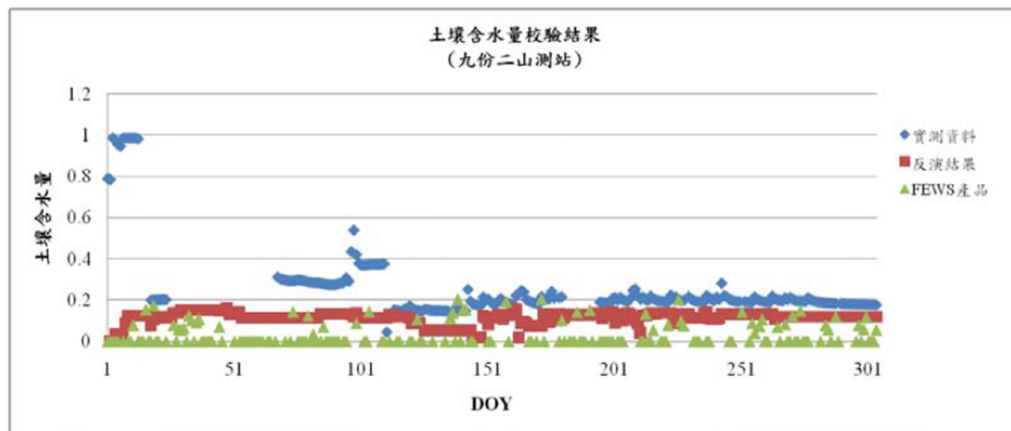
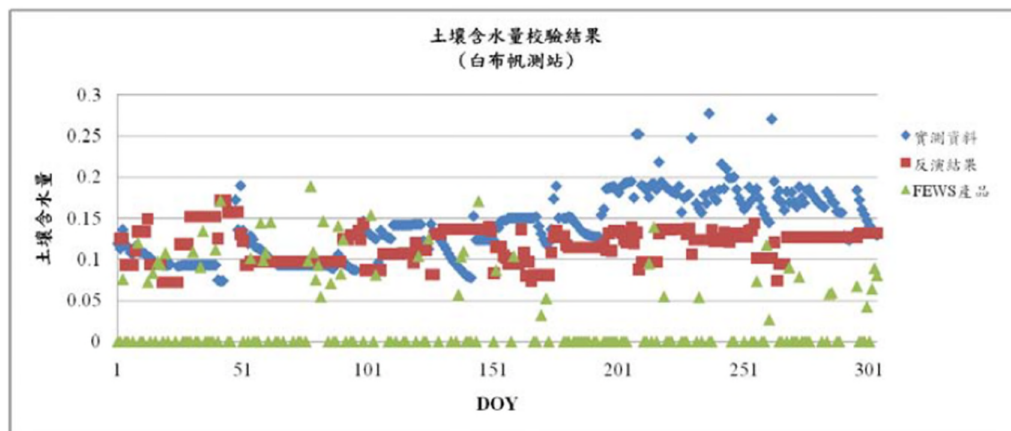
可用於與本作業化程式所反演之土壤含水量進行比對測試，以驗證本作業化程式之成效。

站名	位置(97 座標)		站名	位置(97 座標)	
	x	y		x	y
白布帆	240414	2687973	鳳義坑	293435	2626392
九份二山	235181	2649480	射馬干	253980	2513890
神木	235782	2602570	華山	209988	2610075
上安	237332	2624604	大興	288585	2615400
郡坑	236749	2626213	豐山	223951	2609683
豐丘	237440	2618246	坪頂	212930	2627731
大粗坑	334615	2776140			



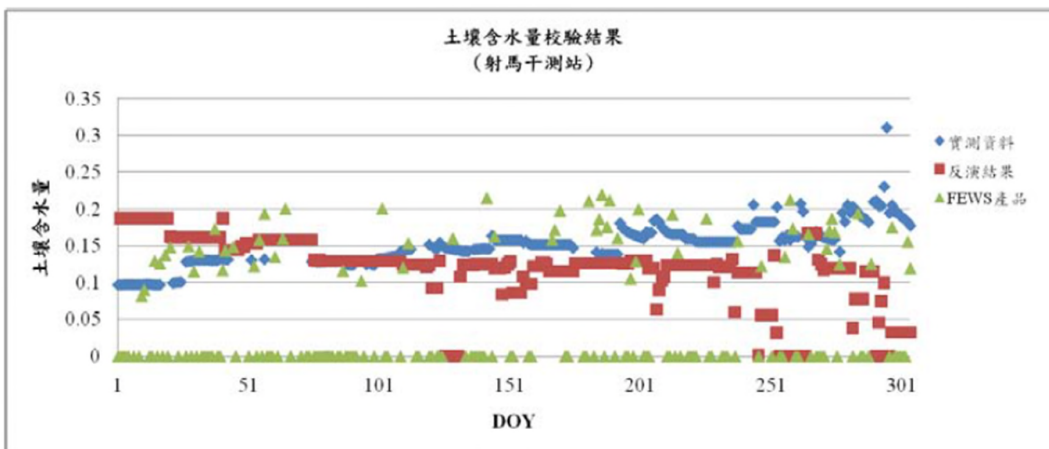
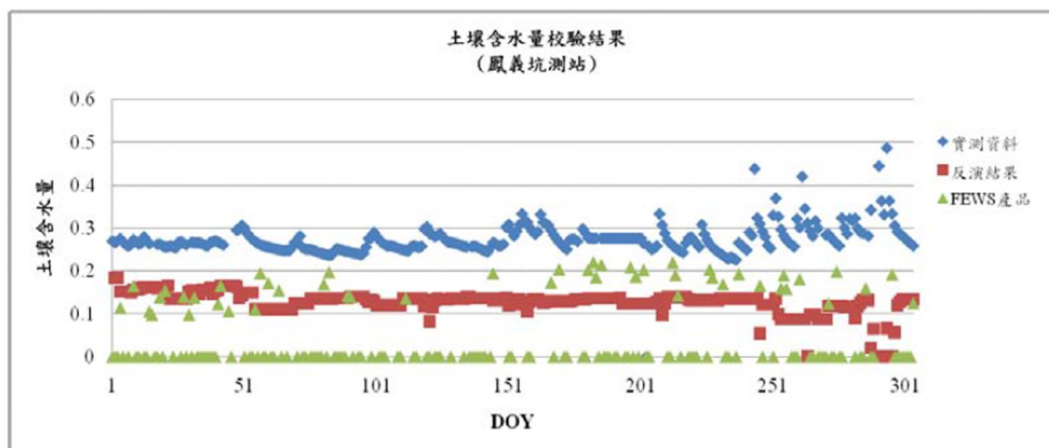
● 反演土壤含水量與實測值之校驗結果

- 反演之土壤含水量較FEWS之土壤含水量產品更接近實測之土壤含水量。



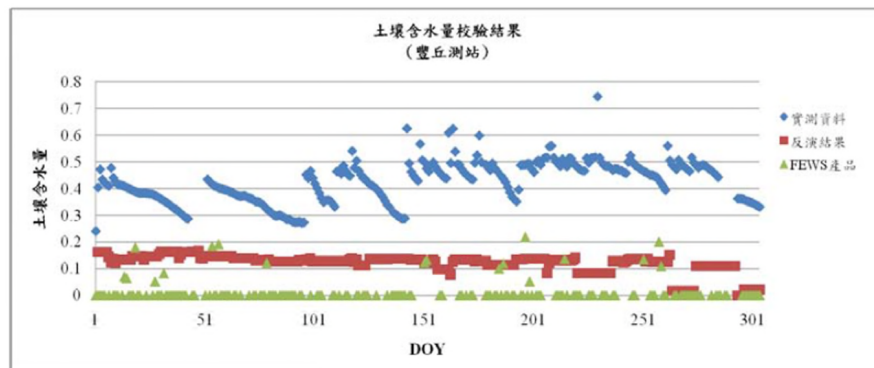
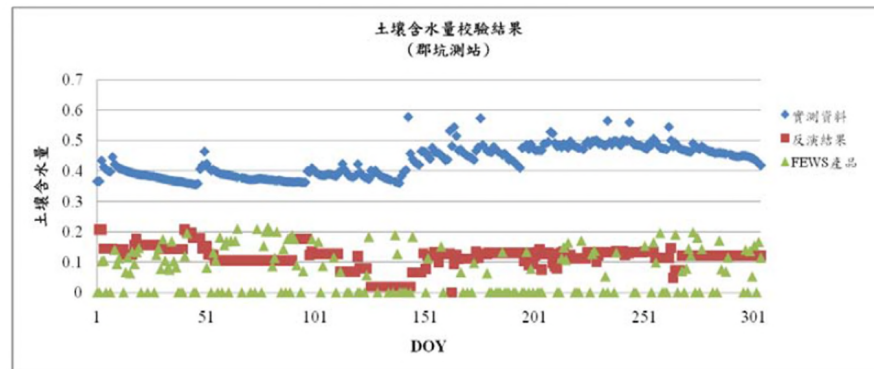
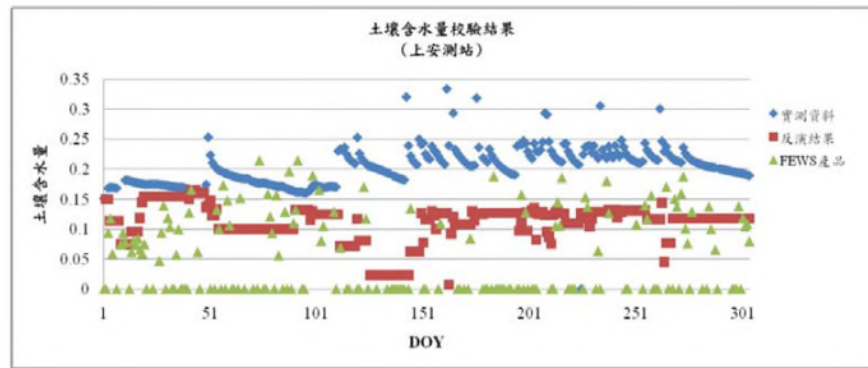
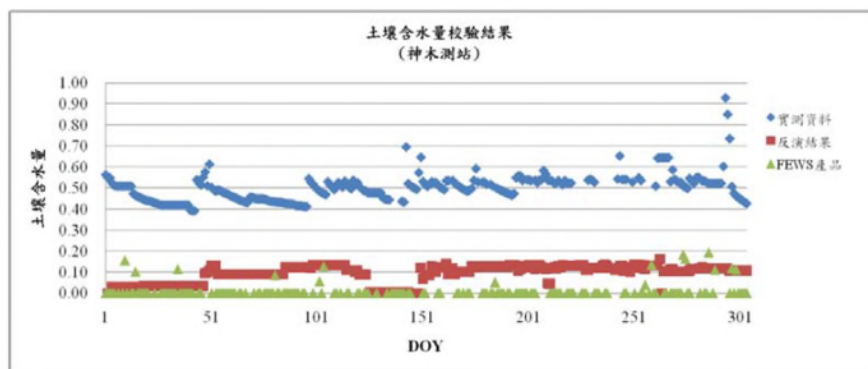


● 反演土壤含水量與實測值之校驗結果





● 反演土壤含水量與實測值之校驗結果



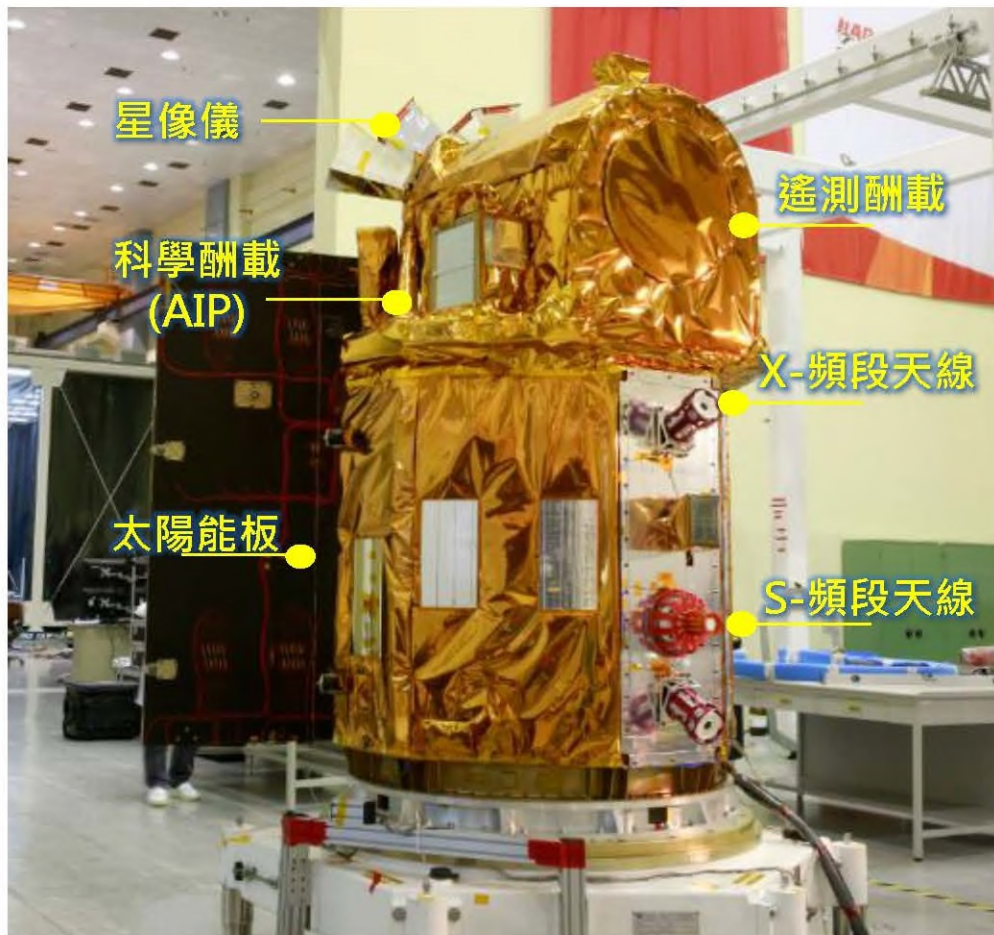


- The End -
敬請指教





福衛五號系統參數



規 格	參 數
重量	450公斤 (含酬載及燃料)
形狀尺寸	八角柱形，高2.8米，外徑約1.6米
軌道	720公里高，太陽同步軌道，每二日通過臺灣上空一次
酬載儀器	CMOS光學遙測酬載 先進電離層探測儀
解析度	黑白2米，彩色4米
刈幅 (掃描帶)	24 公里
衛星機動性	$\pm 45^\circ$
攝像能力	8分鐘/軌道
任務壽命	5年以上
發射載具	獵鷹9號 (SpaceX Falcon9)