

行政院暨所屬各機關出國報告  
(出國類別：研習)

遙(航)測技術在農業生產與災害調查之研究報告

服務機關：行政院農業委員會  
姓名、職稱：廖春梅 專員  
                  黃培訓 技正  
出國地點：日本  
出國期間：民國 91 年 10 月 20 日  
                  至 10 月 26 日  
報告日期：民國 92 年 2 月

F0/009105086

公務出國報告提要

頁數: 50 含附件: 否

報告名稱:

遙(航)測技術在農業生產與災害調查之研究

主辦機關:

行政院農業委員會

聯絡人/電話:

蔡慶雄/23126988

出國人員:

廖春梅 行政院農業委員會 統計室 專員  
黃培訓 行政院農業委員會 中部辦公室 技正

出國類別: 研究 其他

出國地區: 日本

出國期間: 民國 91 年 10 月 20 日 -民國 91 年 10 月 26 日

報告日期: 民國 92 年 03 月 20 日

分類號/目: F0/綜合(農業類) F0/綜合(農業類)

關鍵詞: 遙航測技術、農作物面積調查、農業災害調查

內容摘要: 一、日本遙測衛星之發展: 日本的遙感探測活動係以宇宙事業開發團(NASDA)為主體, 其於1979年設立地球觀測研究中心(EORC), 制定地球觀測計劃, 並自1987年起陸續發射觀測衛星, 截至2002年底為止計發射海洋觀測衛星(MOS-1)、地球資源衛星(JERS-1)、改進型地球觀測衛星(ADEOS)、氣象觀測衛星(TRMM)及環境觀測技術衛星(ADEOS-II)等。二、遙(航)測技術之研究應用: 遙感探測技術中心(RESTEC)負責日本遙感探測技術研究與開發、遙測資料之解析與應用、遙測技術之訓練與教育推廣; 目前日本之遙感探測主要應用於土地利用與土壤調查、災害調查與監測、森林資源管理、漁場調查與船舶速度測定, 以及海況環境與全球生物圈監測等。三、遙(航)測在農作物生產與災害調查之研究應用: 在農作物生產調查研究上, 日本除應用衛星資訊外, 亦利用航空照相資料判讀瞭解農作物品種及種植面積; 在農業災害調查上, 日本政府並未應用遙測技術, 但民間團體有相關的研究。四、結論與建議: 日本已克服遙(航)測技術問題, 並將此技術應用在水稻面積調查研究上, 且有一定成果, 因受限於解析度及經費預算等問題, 目前尚無法全面應用; 台灣水稻插秧期南北差異大, 應用遙(航)測技術測定水稻面積, 技術上雖然可行, 惟應進一步評估實用性; 在政府預算短絀及人員精簡下, 如能克服衛星影像取得速度及成本高昂問題, 則遙(航)測調查將是未來重要途徑; 遙(航)測技術除應用在水稻面積調查外, 亦可用於病蟲害監測、施肥建議、品質評鑑及稻米價格訂定等方面, 其應用無遠弗屆, 未來應善用其可行的技術, 以促進地區農業發展。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

## 遙（航）測技術在農業生產與災害調查之研究

### 一、人員：2名

廖春梅

行政院農業委員會統計室專員

黃培訓

行政院農業委員會中部辦公室技正

### 二、行程：

日 期	訪 問 機 關
10月20日（日）	台北 → 東京
21日（一）	農林水產省經營局
22日（二）	農林水產省統計情報部 宇宙開發事業團
23日（三）	農業環境技術研究所
24日（四）	農業工學研究所 農林水產研究計算中心 遙航測技術中心
25日（五）	東京大田市場
26日（六）	東京 → 台北

## 目 錄

壹、前 言 .....	1
貳、日本遙測衛星之發展 .....	2
一、發射地球觀測衛星 .....	2
二、國際合作取得他國衛星資料 .....	4
三、其他相關研發 .....	4
四、衛星資訊接收與提供 .....	4
參、遙(航)測技術之研究應用 .....	6
一、遙感探測 .....	6
二、遙感探測的理論基礎 .....	7
三、遙感探測的內涵 .....	8
四、衛星提供之訊息 .....	10
五、日本遙(航)測重要研發成果與應用 .....	11
肆、遙(航)測在農作物生產與災害調查之研究應用 .....	31
一、農作物生產之調查推估 .....	31
二、遙(航)測技術在農業災害調查之研究 .....	46
伍、結論與建議 .....	48

## 壹、前 言

加入世界貿易組織（WTO）後，更需要迅速而正確的農業產銷資訊，提供政府研擬農業發展策略、辦理重要農產品產銷預警及農民研訂經營方針、調整產銷計畫等參考，以減緩農業受開放進口之衝擊，並降低生產風險。過去農業生產及災害資訊之蒐集，均以派員實地調查方式辦理，然而宥於調查作業時程及人員更換頻繁，調查資料之時效及品質仍有不足，為改善此一情形，亟需引進科學、客觀及具時效性之調查方法與技術。

遙感探測（Remote sensing）係一不接觸物體，根據地球物質對光源發出各種波長電磁波（雷達波）之反射或吸收特性，以飛機或衛星為載台，利用底片或感應器(Sensor)收集地球各項資源資料之技術，故航空測量及衛星多光譜遙測皆為遙感探測技術之範疇。為了對地球資源作全面性的觀測，並加強對環境的了解，美國太空總署（NASA）於1972年7月24日發射地球資源技術衛星（Earth Resources Technology Satellite 簡稱 ERTS），開啟遙感探測的新紀元。我國航空測量技術發展較早，1982年前農林廳航空測量所已完成第一版臺灣地區像片基本圖測製，其後更廣泛應用於森林資源調查、崩塌地調查、交通工程航攝等，惟在農業應用上，僅限於稻作面積調查及重大天然災害調查(如921震災、桃芝風災等)，且因航空調查不具有定期拍攝之能力，而照片之人工判釋分析耗時，所能提供資訊不及衛星遙測之多譜數位影像，因此藉由定時重複收集之衛星多譜數位影像分析，即時提供空間性及時間性變化之地形地物資訊，對環境及生物資源之經營管理，地球表面各項資源之掌握，將扮演重要的角色，遙測技術亦為各國積極發展之現代化科技。

日本與我國同為小農體制，地理環境同屬東亞海島型國家，1987年發射第一顆海洋觀測衛星（MOS-1,1b）後，又連續發射 JERS-1 及 ADEOS 地球資源觀測衛星，以及 TRMM 氣象觀測衛星，衛星遙測技術相當先進，且在農業生產與災害調查之實驗研究多年，該項技術及研究成果值得深入學習，藉資改進我國農業生產及災害調查作業方法，以提昇相關資料之正確性與時效性。

## 貳、日本遙測衛星之發展

日本的遙感探測活動係以宇宙事業開發團 (NASDA) 為主體，其於 1979 年設立地球觀測研究中心 (EORC)，制定地球觀測計劃，並自 1987 年起陸續發射觀測衛星，遙感探測地球表面資源及環境、氣象等；其次，遙感探測技術中心 (RESTEC) 負責遙感探測技術研究與開發、遙測資料之解析與應用、遙測技術之訓練與教育推廣、提供衛星用戶數據，以及加強國際間遙測技術共同合作等；農林水產研究計算中心則從事衛星資料之接收、處理與儲存，以及農林水產試驗研究情報之交流。日本除自行研發外，並藉與歐美合作發展遙感探測技術系統，以獲得糧食、資源和環境三大重要資訊。

### 一、發射地球觀測衛星：(詳表一)

1. MOS-1：海洋觀測衛星，是日本最早的地球觀測衛星，以地球資源的有效利用及環境保全為目的，於 1987 年 2 月 19 日發射成功，軌道高度 909 公里，環繞地球回歸天數為 17 天，衛星乘載三種感應器，地面解析度為 50 公尺至 32 公里，已於 1996 年 4 月 25 日除役。
2. JERS-1：地球資源衛星，觀測地球陸地現況，並執行日本國土調查、農林漁業資源管理、環境保全及防災、海岸監視等資源探查工作為主，於 1992 年 2 月 11 日發射，為太陽同步準回歸軌道，軌道高度 568 公里，環繞地球回歸天數為 44 天；衛星乘載三種感應器，一是高解析度 4 波段可見光近紅外輻射計 (VNIR)，二為高解析度 4 波段中紅外輻射計 (SWIR)，三為 L 波段合成孔徑側視雷達 (SAR)；地面解析度均為 18 公尺，掃描範圍均為 75 公里見方，已於 1998 年 10 月 12 日停止運轉完成階段性任務。
3. ADEOS：改進型地球觀測衛星，以地球的溫暖化、臭氧層的破壞、熱帶雨林的減少、異常氣象的發生等各種自然環境破壞、轉變為主要觀測對象。於 1996 年 10 月 17 日發射，為太陽同步準回歸軌道，軌道高度 797 公里，環繞地球回歸天數為 41 天；衛星乘載三種感應器，一是高解析度 4 波段可見光近紅外輻射計 (AVNIR-Mu)，二為高性能 PANCRO 輻射計 (AVNIR-Pa)，三為 13 波段的海洋水色、海面溫度掃描輻射計 (OCTS)；地面解析度分別為 16 公尺、8 公尺及 700 公尺，掃描範圍為 80 公里見方

或掃描寬度為 1400 公里，於 1997 年 6 月 30 日完成階段性任務，運用期間雖只有短短的 11 個月，但仍為各國廣泛利用。

4. TRMM：氣象觀測衛星，於 1997 年 11 月 28 日發射，以觀測氣候變動及環境保全為主要目的。軌道高度 402.5 公里；衛星乘載三種感應器，一是微波段合成孔徑側視雷達 (TMI)，二為微波段合成孔徑側視雷達 (PR)，三為 5 波段輻射計 (VIRS)；環繞地球回歸天數分別為 3 天、11 天及 3 天；地面解析度分別為 6-50 公里、4.3 公里及 2 公里，掃描寬度在 215 公里至 760 公里之間，本衛星目前仍定期測量熱帶降雨情形，以取得熱帶地區降雨強度及其分布資料。
5. AQUA：為拉丁語“水”的意思，2002 年 5 月 4 日發射，為透過國際合作，由美國 NASA 發射之地球觀測衛星，惟其乘載之感應器包含日本宇宙開發事業團提供之微波段合成孔徑側視雷達 (AMSR-E)；軌道高度 705 公里，每日可環繞地球 2 次，地面解析度為 3.5 至 43 公里，掃描寬度為 1450 公里，作為地球之大氣、海洋及地表等環境觀測，瞭解地球上所發生的各種自然現象及其原因，並蒐集與大氣及水相關的各種資訊。
6. ADEOS-II：環境觀測技術衛星，又叫綠色 II 號衛星，由日本與美、法所共同開發的，於 2002 年 12 月 14 日在日本鹿兒島縣種子島宇宙中心發射，它是接續綠色一號(ADEOS)探究世界各地異常氣候、臭氧層擴大及掌握地球環境變化實態等任務之衛星。ADEOS-II 是以全天候地觀測與水有關的各種物理能量之高性能微波放射計(AMSR)，及以高精度觀測海域、陸域及雲之全球顯像器(GLI)二者為中心，搭載改良型大氣周緣紅外分光計、海風觀測裝置、地表反射觀測裝置及資料蒐集系統等各種感應器，取得水、能量及炭素等循環之必要資料，掌握地球溫暖化及全球環境變動之機制，期望能對世界性氣候變動及氣象、漁業等實際應用研究有所貢獻。本衛星之地面解析度分別為 250 公尺、1 公里及 5-50 公里，掃描範圍為 12 X 1,600 公里或掃描寬度為 1,600 公里。
7. 未來擬發射之新衛星：世界最大陸域觀測技術衛星 ALOS，預計於 2004 年年中發射，距離地面 700 公里，預計搭載 PRISM、AVNIR-2、PALSAR 等三種地球觀測感應器。其中 AVNIR-2 可做立體觀測，PRISM 地面解析度 2.5 公尺，地面上觀測能力更高，為製作高品質地形圖之衛星，期望發

射後能對地區觀測、掌握災害狀況及資源探查等有所貢獻，更希望應用於農業資源蒐集與分析上，發揮高解析能力的陸域觀測衛星。

二、國際合作取得他國衛星資料：透過民間團體與美、法等國訂定契約，由日本收訊台接收半徑 3,000 公里收訊範圍內之他國衛星資訊，如美國高解析度之 IKONOS 及 QUICK BIRD-2 衛星，或向法國數據中心購買其衛星資訊。

### 三、其他相關研發

為發射實用衛星，日本分別研製了 N-I、N-II、H-I、H-II 及 J-I 型火箭，其中具有世界水準之高性能 N-II 型火箭，用於發射大型靜止衛星及 ADEOS 衛星，自 1993 年後已成為日本發射衛星之主要火箭；而新型 J-I 較為輕短，具有機動性高之特色，另研發最新型 H-IIA 火箭為底預定發射的 ADEOS-II 衛星所使用。

日本為能解決遙測期間受雲層干擾之問題，從事感應器之研發，致力於發展對雲層具有較強穿透能力的雷達感測系統；此外，更積極研製優良 CCD 器件，作為與歐美合作發展遙感探測之基礎。

### 四、衛星資訊接收與提供

衛星地面接收站設於離東京不遠之鳩山，屬 NASDA 管轄，全套設備均由日本自行建置，耗資 5,000 萬美元；首先建置氣象衛星地面站，再擴建陸地衛星地面站，最後建立海洋衛星接收站。1982 年美國發射 LANDSAT 5 衛星，日本也配合更新接收站內設備，並於 1984 年 10 月開始接收發售 TM 影像；一般民間用戶則於 1985 年 4 月開始使用 TMU 影像，並從 1988 年 10 月起接收 SPOT 數據。



表一、日本衛星資料簡表

衛星名稱	感應器	波段		操作期間	軌道高度	環繞地球 回歸天數	解析度	掃描範圍 或寬度	
MOS-1,1b	MESSR	MULTI	4	1987.2-1996.4	909Km	17 日	50m	100x 90 Km	
	VTIR	MULTI	4				900&2700m	1500 Km x 1Path	
	MSR	RADAR	微波				32Km	100x 90 Km	
JERS-1	VNIR	MULTI	4	1992.9-1998.10	568Km	44 日	18m	75x 75 Km	
	SWIR	MULTI	4	1992.9-1993.12			18m	75x 75 Km	
	SAR	RADAR	L 波段	1992.9-1998.10			18m	75x 75 Km	
ADEOS	AVNIR-Mu	MULTI	4	1996.10-1997.6	797Km	41 日	16m	80x 80Km	
	AVNIR-Pa	PANCRO					8m	80x 80Km	
	OCTS	MULTI	13				700m	1400 Km	
TRMM	TMI	RADAR	微波	1997.11-	402.5Km	3 日	6-50Km	~760 Km	
	PR	RADAR	微波				11 日	4.3Km	~215 Km
	VIRS	MULTI	5				3 日	2Km	720 Km
AQUA	AMSR-E	RADAR	微波	2002.5-	705Km	2/日	3.5-43 Km	1450 Km	
ADEOS-II	GLI			2002.12-	803Km	4 日	250m · 1Km	12x 1600Km	
	VNIR	MULTI	23						
	SWIR	MULTI	6						
	MTIR	MULTI	7						
	AMSR	RADAR	微波				5-50 Km	1600Km	
ALOS	PRISM	PANCOR		2004 年中	700Km	45 日	2.5m	35x 35 Km	
	AVNIR-2	MULTI	4				10m	70x 70 Km	
	PALSAR	RADAR	L 波段				10m	70x 70 Km	
							20m	70x 70 Km	
							100m	250-360 Km	

註：AQUA 衛星係由美國發射，其感應器為日本製造。

## 參、遙感探測技術之研究應用

### 一、遙感探測

從宇宙中相當高之處觀測地球的衛星，即是所謂地球觀測衛星，它是以瞭解環境問題、災害監測或資源調查等為目的，經常地對地球作觀測；此種觀測結果係以衛星影像方式呈現，使人類能獲得地球上各種有關資訊，俾對地球環境進一步瞭解。如地球觀測衛星一般，從遠距離不接觸的方式，對觀測對象的大小、形狀及性質進行觀測的技術，就是遙感探測 (Remote sensing)。1983 年 Colwell 在所著「遙感探測手冊」一書中，將遙感探測定義為：凡藉由航空器、衛星等機動性載台，以不接觸物體方式，利用感應器進行地表資訊蒐集之科學，而其範圍包括資料蒐集之所有活動、影像前期處理、影像展示及遙測資訊之應用等。因此，遙感探測亦可定義為：利用載台（如衛星、飛機）上的感測器（如多譜掃描機、航照相機）來蒐集地表反射或輻射電磁波資料，記錄為類比或數位影像，並據以判釋、推論、分析地表物體及其相關資訊的技術。構成遙測技術之四要件為（1）資料獲取，（2）資料判釋、處理、分析，（3）資料應用，（4）地真調查(ground truth)。

不接觸觀測對象而能作觀測，就是利用觀測對象反射、放射光波的特性，由地球觀測衛星搭載之感應器接收觀測對象反射、放射的電磁波。從物質反射、放射的電磁波因物質的種類、所處狀態之不同而有所差異，因此，結合此一特性及感應器的觀測結果，瞭解觀測對象的大小、形狀及性質。

地球觀測衛星的遙感探測具有觀測範圍廣大、對同一區域做作長期重複觀測、不必到達現場也能了解現況，以及可獲得人類肉眼看不到的資訊(如溫度等)等優點。

#### (一) 觀測範圍廣大

衛星觀測範圍是依其搭載的感應器而定，地球觀測衛星所搭載的感應器，觀測廣大範圍，對於各區域土地利用狀況、不同綠色資源的分布、構造物的大小或形狀等瞭解助益甚大。

(二) 對同一區域作長期重複觀測

地球觀測衛星在地球上空來回運行，對相同的區域可做定期重複觀測，隨著時間經過，透過衛星影像之蒐集，可瞭解該區域環境所產生的變化。此外，衛星沿一定軌道傾斜掃描運行，可重複拍攝同一地區某一週期內之多光譜資料，有利於動態監測及長期監測。

(三) 不必到達現場也能了解現況

地球觀測衛星可觀測地球的每一角落，有助於瞭解我們無法到達或自然災害發生區域之環境變化或被害狀況。

(四) 可獲得人類肉眼看不到的資訊

地球觀測衛星可觀測到人類肉眼無法確認的溫度等資訊，對地球環境的瞭解將有新的發現。

## 二、遙感探測的理論基礎

任何物體皆能反射、放射、吸收、散射及穿透電磁波，這類電磁波是以波的能量形式傳播。各種物質基於獨特的原子構造，皆具有不同的物理和化學性質，並以不同的特性光譜放射電磁波；同一種元素，在不同光譜段下，也具有不同的反射強度。根據這些特性，加上特製的儀器及分析的技巧，可以分辨出標的物的特性，做出必要的鑑別與判斷。

因此，若能確定不同物體在特定光譜段（如加瑪光，X光，紫外光，可見光，紅外光，微波）下的反射或放射強度，便可推測各該物體在該光譜段的表現。當已知被測物體的光譜特性，便可選擇最適當的遙測感應器，以獲得對該物體的最適分辨能力。

比較多段光譜之影像，更能增加分辨能力，例如，地球資源衛星所攜帶的多光譜掃描儀，同時以四個不同的光譜段攝取影像，這四個光譜段如下：

1. 綠光段：波長 5000—6000Å

2.紅光段：波長 6000—7000Å

3.近紅外光段：波長 7000—8000Å

4.遠紅外光段：波長 8000—11000Å

綠光段對水體具有極強的穿透能力，因此比較容易發現水面下景物，如浮懸物、沉積物及淺海海底地形等。紅光段具較強的大氣穿透力，且植物體吸收大量紅光，建築物卻反射大量紅光，故紅光段可清楚觀察土壤、農作物及人為建築。熱紅外光段下的攝影，可看到肉眼所不能見的部分，舉凡地質構造、岩種分辨、地表溫度測量、環境污染及火山活動等現象都可透過紅光譜觀測。

### 三、遙感探測的內涵

#### (一)利用感應器的觀測方法

地球上物質所接受的電磁波(人類肉眼可看到的可見光或看不到的波長帶如紅外線、紫外線、電波等)，隨物質特性所對應波長顯示固有的反射強度，且物質所攜帶的熱能，也會放射出固有的強度。因此，依據物質種類(植物、土、水等)或植物的生育狀態(枯萎、衰弱等)的不同，各波長反射、放射的強度有所差異，例如，植物健康狀態不同，其反射率也不相同，健康的植物枝葉茂盛，枯萎衰弱的植物葉片幾乎沒有水分，完全枯萎的植物則葉片會掉落。

地球觀測衛星所搭載的感應器對於各種波長反射或放射強度具有取得的能力。從地表上反射、放射的電磁波透過感應器的蒐取，可瞭解森林的生育狀態、海洋的污染情形、土壤的沙漠化等狀況。

#### (二)感應器的種類

地球觀測衛星所能搭載的感應器，可獲得地表上傳來的重要情報，其可分為光學及微波等二種感應器。

##### 1.光學感應器

(1)可視近紅外線遙感探測：係利用太陽光照射地面、物體反射時，所測到的可見光或遠紅外線，作為遙感探測之解析基礎。依光的反射強度，便能瞭解植物、森林、田野的分布狀況，以及河川湖沼、市街土地等地表狀態；在無太陽光的夜裏、光被雲遮住及位於雲層下方等則無法作觀測。

(2)熱紅外線遙感探測：為太陽光照射後，可觀測到溫暖的地表釋放出熱紅外線的方法；同時，也可觀測火山活動及火災等高溫區域。依熱紅外線的放射強度，能解析地面及海洋表面溫度、火山活動或山林火災等狀況；熱紅外遙感探測不受雲或夜晚無光的影響。

## 2.微波感應器

微波感應器是觀測波長較「可見光」或「紅外線」長的微波(電波)，觀測時不受晝夜天候影響，其觀測方法分為主動型及被動型二種：

(1)主動型：為地球觀測衛星搭載之感應器主動發射微波，並接收從地表表面反射之微波，此方法適合觀測高山或山谷，如 SAR (合成口徑雷達) 能主動發射雷達波，並接收反射能量。

(2)被動型：觀測從地表表面自然放射的微波，依微波的強度解析現象，此方法適合觀測海面溫度、積雪量、冰的厚度等，如 Landsat TM 或 Spot SX，其可接收太陽光反射能量或地表輻射能。

## (三)解析度

解析度為分辨物體的能力，亦即地球觀測衛星搭載之感應器，可分辨地上物體大小的能力。解析度高低因感應器種類不同而有所差異，解析度高時，可以觀測到地上細微的事物，其解析計算單位是「公尺」，解析度低時則為「公里」，例如解析度 30 公尺的感應器，可分辨 30 公尺以上大小的物體。

#### (四)觀測幅

觀測幅是感應器觀測之範圍，此範圍之大小由感應器種類決定，如以觀測關東地區之衛星影像作比較，海洋觀測衛星 1 號(MESSR)觀測幅為 90 公里 x100 公里，大地衛星 5 號(TM) 觀測幅則為 170 公里 x180 公里。地球觀測衛星之觀測幅較大，每一幅衛星影像所涵蓋地面範圍較廣，是以觀測所得之衛星資訊，可以較便宜價格提供大眾應用。

#### (五) 遙感探測影像分類

遙測影像依探測器之載台，可分為空載影像及衛星影像：

- 1.空載影像：空載影像之載台為飛機，其影像分為空照相片、空載多譜掃描儀影像及雷達影像等三種。空載照相機是以中心投影之方式，將目標物之反射能量記錄於影像平面上，其光譜資訊依所使用之底片而異，目前台灣地區以全色態(黑白)底片為主；空載多譜掃描儀則以一定之瞬間視場角 (IFOV) 進行地面目標物之掃描，其影像與空照相片比較，雖有較佳之光譜解析力，但因掃描時全景畸變，造成幾何變形大，修正較為困難。雷達影像具有全天候特性，利用飛機為載台則機動性更高，影像資訊應用價值大幅提昇。
- 2.衛星影像：衛星影像之載台為人造衛星，截至目前發射的衛星中，資源衛星軌道均屬太陽同步，定時通過赤道的上空，但氣象衛星除與太陽同步(如 AVHRR)外，部分與地球同步(如 GMS)。

#### 四、衛星提供之訊息

地球觀測衛星之觀測結果，可應用於與地球環境相關的各種研究、與人類生活深度相關的各種領域。

- (一) 臭氧層破壞：臭氧層可防止對人體有害的紫外線照射到地面上，近年來大家相當擔心臭氧層的破壞，因此，利用衛星觀測臭氧層的變化。
- (二) 土地利用狀況：透過衛星資訊可瞭解都市街道、森林及農地等土地利

用情況。

- (三) 颱風、降雨情形：可提供降雨強度、颱風形態、雷的發生等氣象資訊，以及瞭解地球氣候變化情形。
- (四) 植生分布：利用於瞭解植物分布狀況及森林資源蘊藏情形。
- (五) 海面溫度及植物性濃度：觀測海面水溫及海中植物性濃度，有利於海域環境的了解及漁場的預測。
- (六) 火山活動：可應用於瞭解火山爆發情形及其周遭被害狀況。
- (七) 流冰的狀況：可瞭解流冰的現況。
- (八) 地形：可利用於複雜的地形、山的排列特徵及遺跡的確認。
- (九) 海洋污染的狀況：可應用於瞭解海洋污染（油漬）的被害狀況。

## 五、日本遙(航)測技術研發成果與應用

日本之遙感探測主要應用於土地利用與土壤調查、災害調查與監測、森林資源管理、漁場調查與船舶速度測定，以及海況環境與全球生物圈監測等，茲將其重要研究成果分述如后：

### (一) 土地利用調查

土地利用分類及變遷分析是遙測典型應用之一，可快速提供地表資訊及其累積的變化，並可監測高爾夫球場的開發。為促進國土高度利用，日本應用空中照相及相片判讀解析技術，正確掌握各種地形之土地利用現況，並以縣、區域為單位製作土地利用區分圖及地形情報圖等。

### (二) 土壤調查

#### 1. 土壤水分分布

地表土壤水分含量係水文及氣象相互作用結果，為研究地球環境問題之重要課題，特別是寒冷地區積雪之融解及水文氣象之季節變化對全球大氣循環影響等。應用 JERS-1 觀測衛星攜帶之感應器

(SAR)，於 1993 年 1 月、5 月及 8 月分三次拍攝 Tanggula 山脈之土壤水分分布情形，並將三次拍攝結果重疊構成三度空間影像圖（詳圖一.Fig1）。圖中顯示，黃色及紅色地區為永久凍土帶之特有地形，地表粗糙且夏季相當潮濕；藍色則為山岳冰河涵養區。

圖一.Fig2 係應用圖一.Fig1 作成之 50 公尺篩孔土壤水分分布圖。冬季，因高原土壤表面完全凍結且乾燥，土壤水分含量低，在 1993 年 1 月 SAR 影像中，土壤表面粗度分布圖之散亂模型，其構成有兩部分，包括表面及體積的分散，且表面粗度含有表面高度的標準偏差及表面相關長度等兩個構成因子；夏季，降雨機率提高及冰雪融化，使土壤水分含量增加，8 月之土壤水分分布圖影像係由散亂模型及表面粗度分布圖所製成，從黃色到藍色部分，表示土壤含水率逐漸提高；黑色部分為海拔較高的山地，其水分含量無法推定，故此區域以馬賽克模糊處理，此種結果不僅顯示定量性的地表土壤水分，更可瞭解其分布型態。



圖一、土壤水分分布



Fig. 1 The image was processed by overlaying the images of JERS-1 SAR obtained in January (blue), May (red), and August (red), 1993

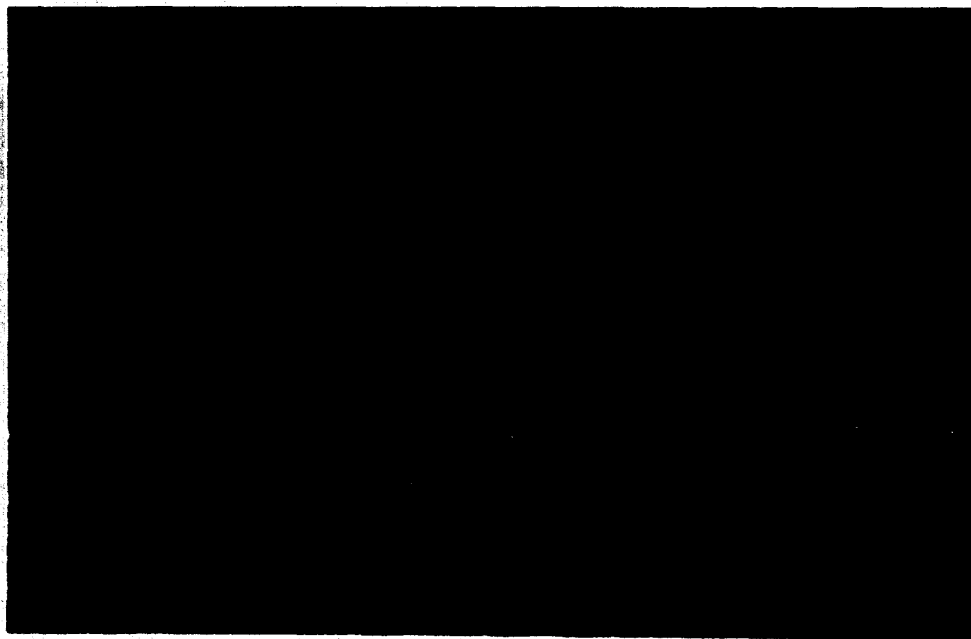


Fig. 2 50-meter mesh soil moisture map on August 17, 1993

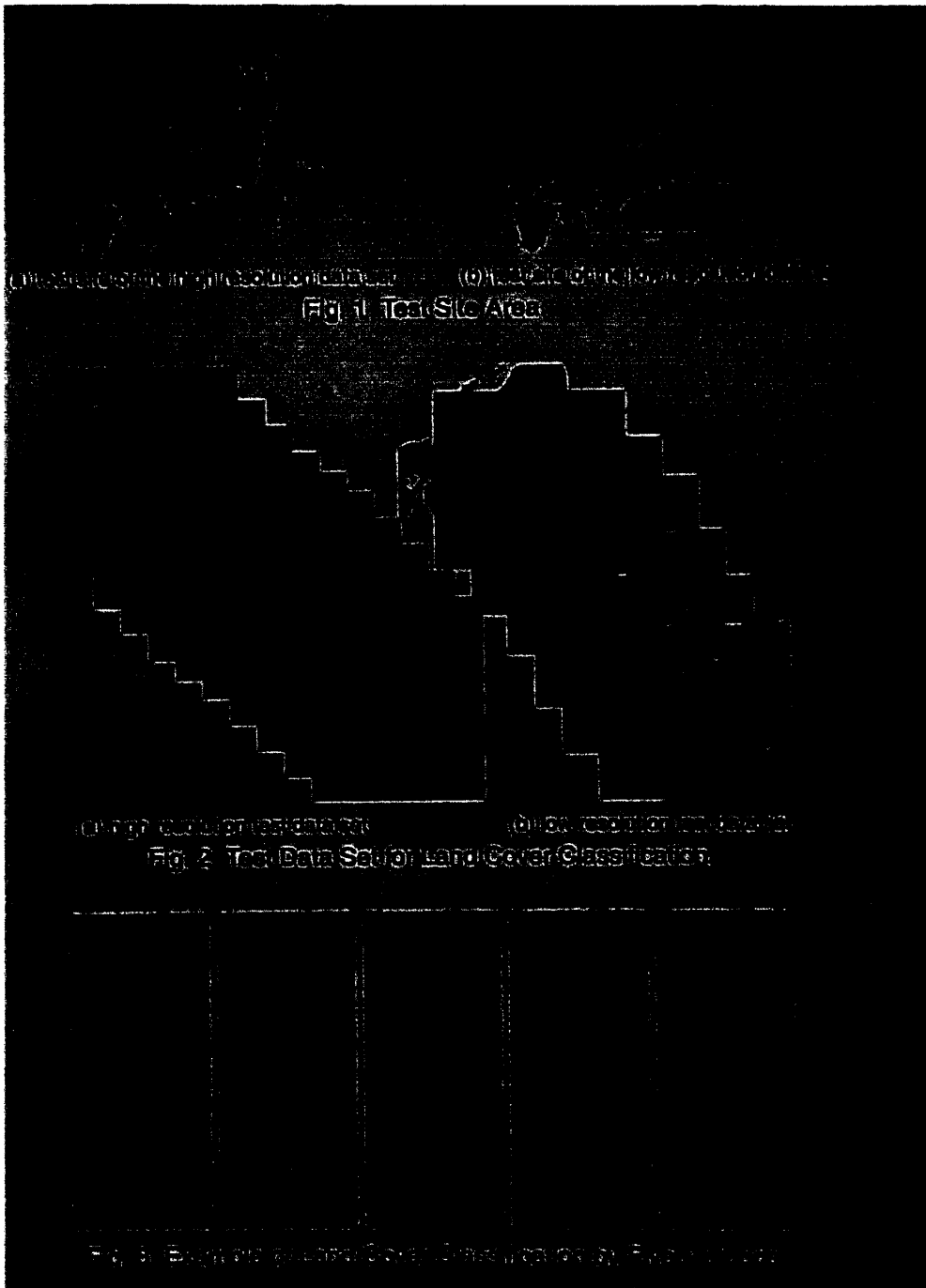
Volumetric water content : 10 20 30 40 %

## 2. 土地被覆分類

土地被覆分類圖係辦理環境、災害、都市問題及地區計畫等調查規劃之重要基礎資料，故日本自 1970 年以後，即致力於衛星影像之土地被覆分類研究，亦已發展出許多的分類手法；但是，尚未發展出與性能有關的系統性相互比較方法。為此緣故，一般使用者面對分類問題時，幾乎沒有適當的客觀方法可供判斷使用，而分類專家對新舊分類方法所產生的特性或性能差異有多大？也不容易評估，為解決此一問題，ADEOS 科技計畫發展出一套資料測試組合及分類計畫。該計畫因改進型地球觀測衛星（ADEOS）搭載之感應器不同，測試組合可分成高解析度輻射計 AVNIR (11 公里 x15 公里)及低解析度掃描輻射計 OCTS (640 公里 x640 公里)二組，圖二.Fig1 即以 AVNIR 及 OCTS 拍攝之區域；圖二.Fig2 係收錄不同時期之二種衛星影像所製成之土地被覆圖。

土地被覆分類可分成特徵選擇、訓練學習、判別、後處理等四處理階段，第一階段「特徵選擇」著重於特徵量的抽出及主成分分析；第二階段「訓練學習」在於學習用/評估用資料的抽出及神經脈絡網路的訓練；第三階段「判別」係以最大概似法及階層神經脈絡網路分類法作地覆判別；第四階段「後處理」則做分類精度評價及分類類別等，並將相關資料貯存於發展分類計畫資料庫中。圖二.Fig3 係應用特徵量判別之五種分類方法處理後的高解析度測試資料。

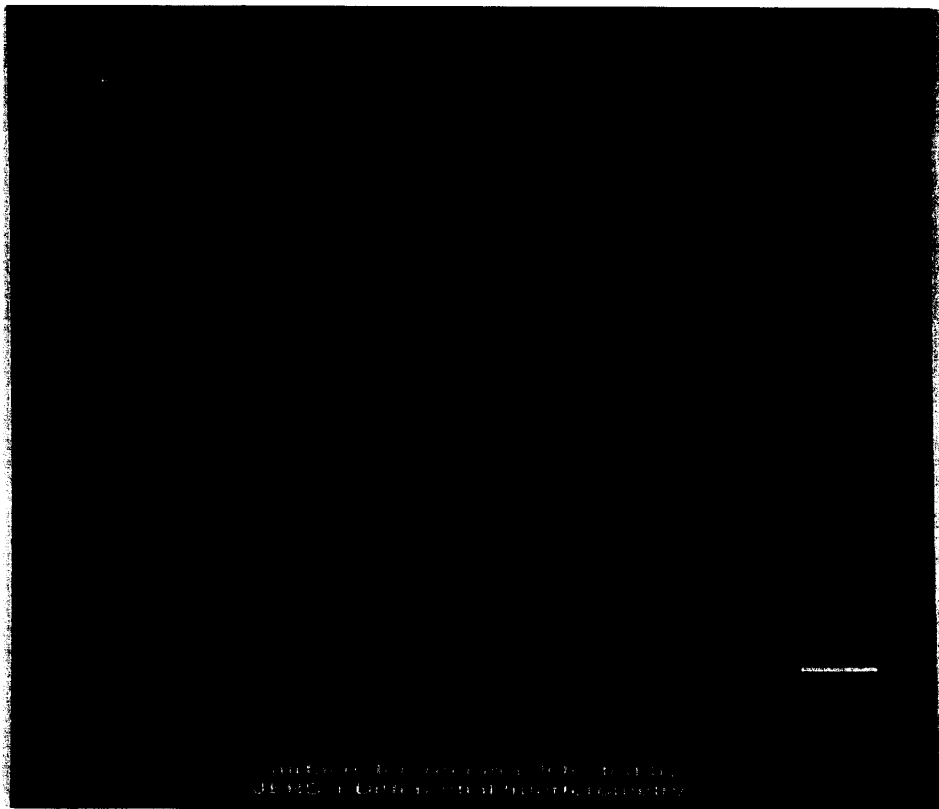
圖二、土地被覆分類



### (三)災害調查與監測

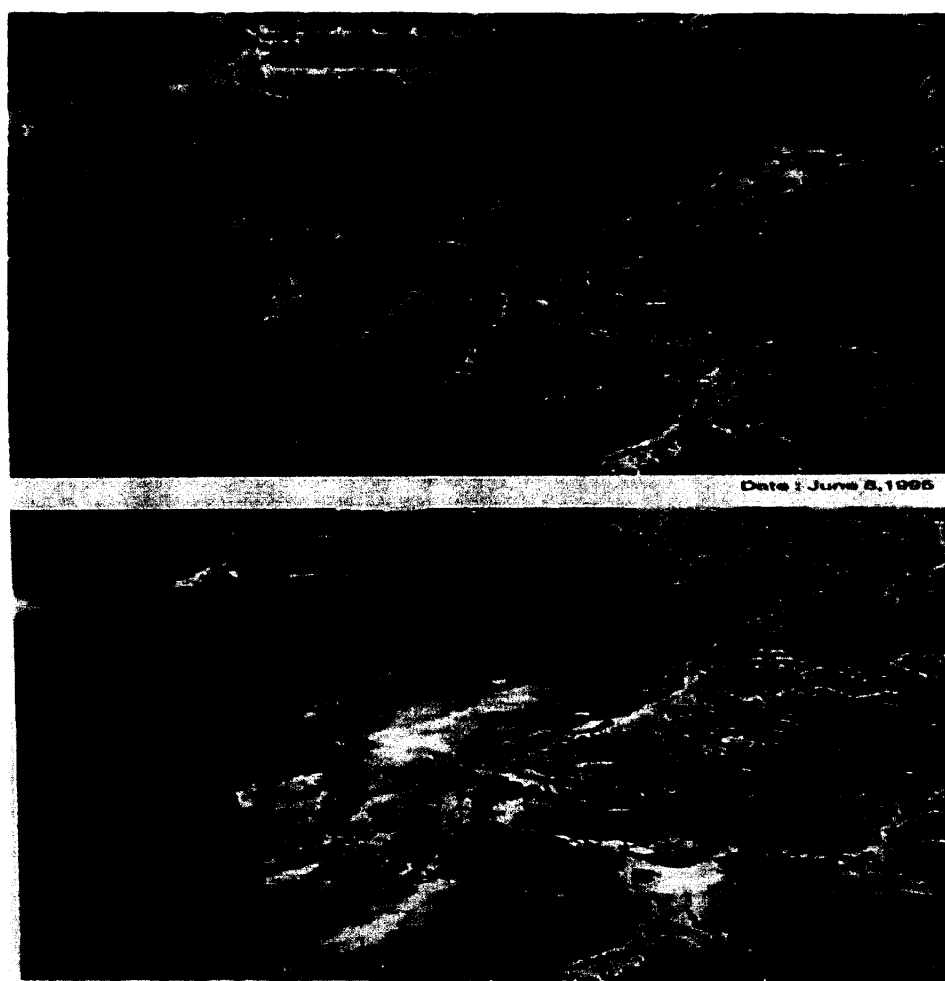
1995年1月17日日本兵庫縣南部發生芮氏規模7.2強烈地震，為瞭解地震後地殼變動情形，於1995年2月6日應用JERS-1觀測衛星攜帶之感應器(SAR)，拍攝野島斷層橫跨淡路島北部之卵狀地帶，地震後地殼變動影像，並與1992年9月9日觀測之影像資料以「干涉SAR技術」處理結果如圖三。由圖三影像顏色顯示，一周內地表高度改變約12公分，此與災害現場實地調查結果一致。

圖三、兵庫縣南部地震



1996年2月蒙古發生大規模之森林火災事件，根據NASDA地球觀測利用研究中心應用JERS-1觀測衛星攜帶之感應器(OPS)，於1996年6月8日及1996年5月25日拍攝同一地區之影像如圖四。在1996年拍攝之影像畫面上伴隨著煙霧者，研判確認為森林火災，而反應出黑色的區域，則約略可判別為火燒範圍。應用衛星影像作災害調查之其他事例，如利用紅外線攝影調查松線蟲危害情形及汙染空氣降低樹木活力等。

圖四、蒙古森林大火



Date : May 25,1996

日本除利用觀測衛星作大規模災情調查外，亦應用於監測重要河川及其支流之雨季與乾旱時期河川流域變化。河川兩旁洪水地帶為水生動植物之重要生育地，因此正確測量洪水分布區域有助於動植物繁殖，進而改善空氣中微量氣體之含量，此乃非常重要課題。茲以監測巴西亞馬遜河流域之洪水季節性變化為例，說明乾濕季節亞馬遜河流域之河道變化（詳圖五）。

亞馬遜河及其支流的水位，雨季與乾季變化高達8-10公尺，因水位變化產生之洪水地帶，是水生動植物之重要的生育地；因此，正確掌握洪水的分布，有利於改善水生動植物的生育繁殖及計算出大氣中釋放微量氣體的地區分布。過去對於洪水發生之時間序列及空間變化認知不足，無法正確的推估洪水量，惟目前應用能穿透雲層及辨識森林區域（以樹冠浸水與否判識）之雷達感應器，可正確測出亞馬遜河流域洪水期 Jau 河水位之空間分布。Jau 河水位在雨季及乾季有高達8公尺的差異變化，若以顏色區分洪水期間之區域，則可獲得熱帶雨林洪水區域之時間序列與空間分布資料。此一方法，若能應用於全亞馬遜河流域洪水帶資料之取得，則可推測大規模的安定洪水型態，此為空氣中甲烷自然發散量推估及氣象變化模型製作之重要資訊。

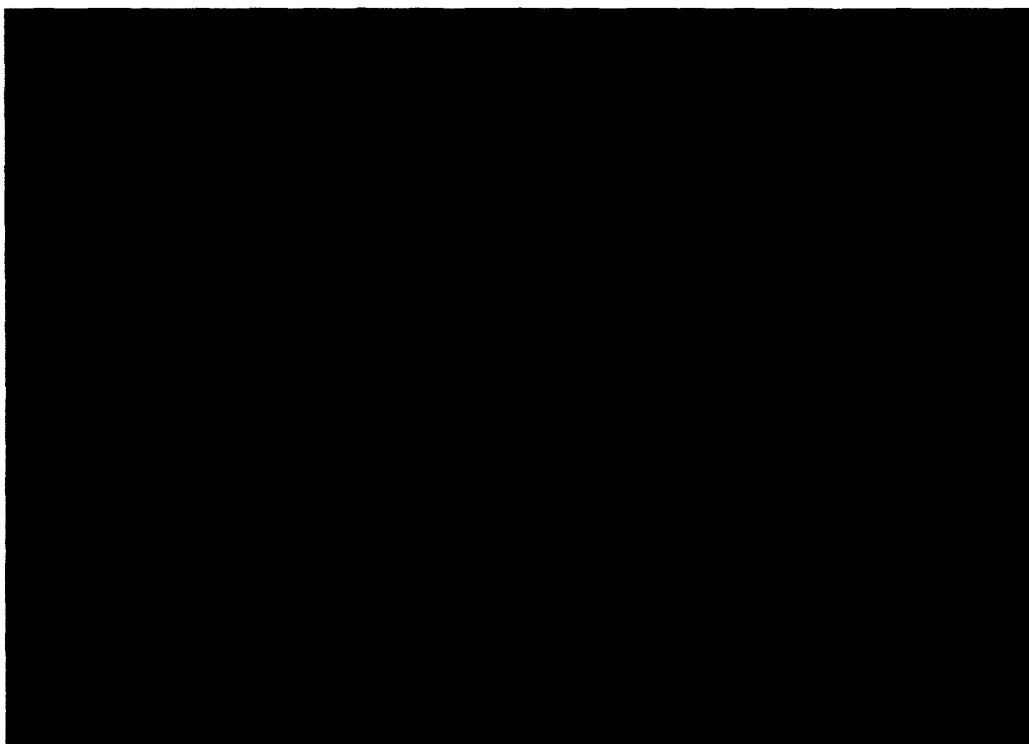
圖五、亞馬遜河流域之洪水季節性變化



#### (四)森林資源管理

昭和初期日本即透過空中照相進行森林調查，測定森林面積、林相、區位標高、傾斜度等，並製作森林情報圖，此對林相區分管理、小林班地規劃、林道路線選定開闢、集材架線設計，以及森林開發、造林與資源掌握管理等貢獻良多；除此之外，1996年更遠赴非洲中部進行自然林與人造林之分類研究。1996年2月及11月應用 JERS-1 衛星攜帶之 SAR 拍攝剛果河上游之森林影像，當多次拍攝之影像以馬賽克重疊處理後，可得不同林相之分類影像圖（詳如圖六）。圖中黃色、綠色部分為林木茂盛之熱帶雨林區，沿著剛果河之長形地帶為人類居住及活動區域，深綠色為人造林，淺綠色為自然林。圖中自然林及人造林在特徵上的差別非常明顯，係因植生種類及樹齡不同所致。

圖六、剛果河流域之自然林與人造林之分類影像





## (五)漁場調查與船舶速度測定

### 1.漁場調查

藉由海水中葉綠素濃度的高低，可偵測漁場之位置，應用 ADEOS 搭載海色海溫掃描輻射計 (OCTS) 觀測日本列島中部太平洋海岸、房總半島犬吠埼沖合海域之地形性渦流漁場之形成。圖六.Fig1 為 1997 年 4 月 25 日 OCTS 拍攝海中葉綠素-a 濃度之影像，圖六.Fig2 則為隔日 (26 日) 葉綠素-a 濃度之影像。葉綠素濃度由高至低，可以紅、橙、黃、綠、藍等顏色表示，Fig1 及 Fig2 右下角之藍色海域，浮游生物少且葉綠素濃度低，為這個海域的黑潮；當與北方來的低溫營養鹽豐富之親潮相會時，兩股冷暖海流混合後則形成富饒之漁場。在犬吠埼的沿岸可以見到地形性渦流，此渦流將沿岸富涵植物浮游生物的海水運出，並將海底數十公尺下含有植物浮游生物的營養鹽類湧到海面上來，隔日(26 日)在渦流周圍可見到豐盛的浮游生物，形成相當大的富饒區域。通常從營養鹽類湧昇到海面上起至植物浮游生物大量供給為止，計需花費二至三日的時間。

圖六.Fig3 為 1997 年 4 月 25 日拍攝與 Fig1 同一場所(犬吠埼沿岸)之鯖魚漁場形成位置圖。在最北側的 2 黑點指漁船在此海域作業 2 小時僅有 70 噸漁獲量，中間的 3 紅點指漁船作業 1 小時漁獲量提升為 485 噸，南側的 1 紅點指漁船作業 40 分鐘漁獲量更增為 345 噸漁獲。由於捕魚在夜間進行，漁夫們無法觀察海洋之顏色，因此，藉由海洋顏色圖推估漁場之所在。

圖七、地形性渦流漁場之形成

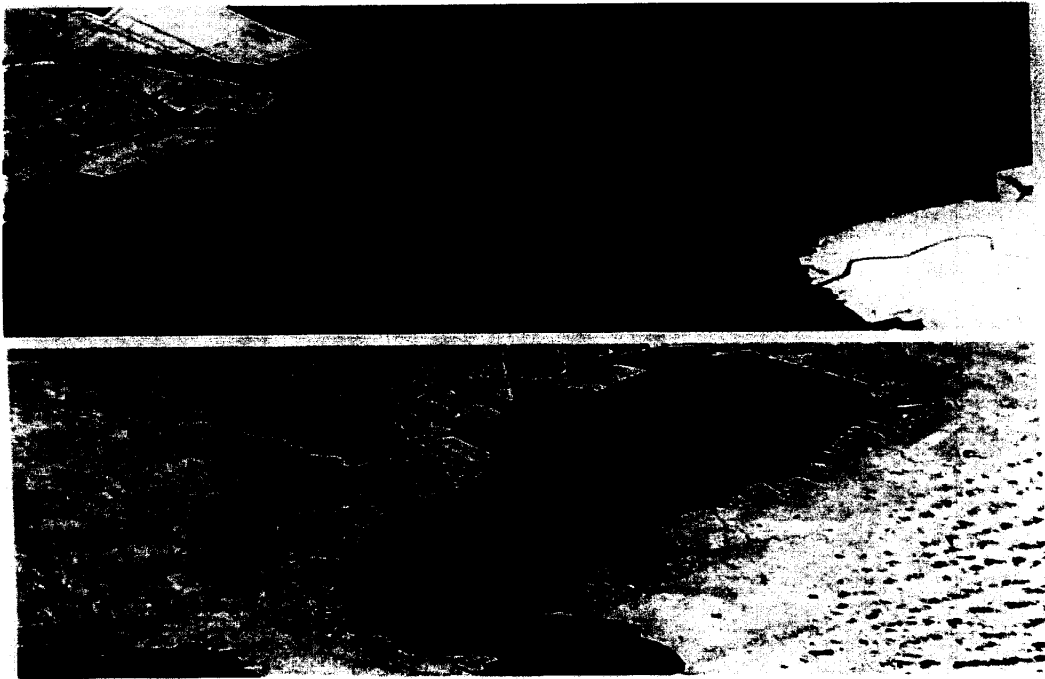


## 2.船舶速度測定

應用 JERS-1 搭載光學感應器(OPS)作垂直下視波段及前方視波段(前方 15.3 度)觀測。此一方法係以前方視波段觀測目標區影像，21 秒後再以垂直下視波段觀測相同位置，依據垂直下視波段與前方視波段所觀測到之影像作比較，可計算出船舶 21 秒間移動距離，進而測出船速。

圖八為 1992 年 9 月 9 日以 OPS 觀測東京灣的情形，黃色圓圈者為停泊之船舶，綠色箭頭者為移動之船舶，紅色箭頭者為正著陸東京國際機場之飛機。由此觀測影像可確實掌握東京灣、川崎港及橫濱港鄰近之船舶航行、停泊情形，故應用衛星觀測可容易的掌握大範圍之船舶停泊及航行狀況。

圖八、船舶速度測定

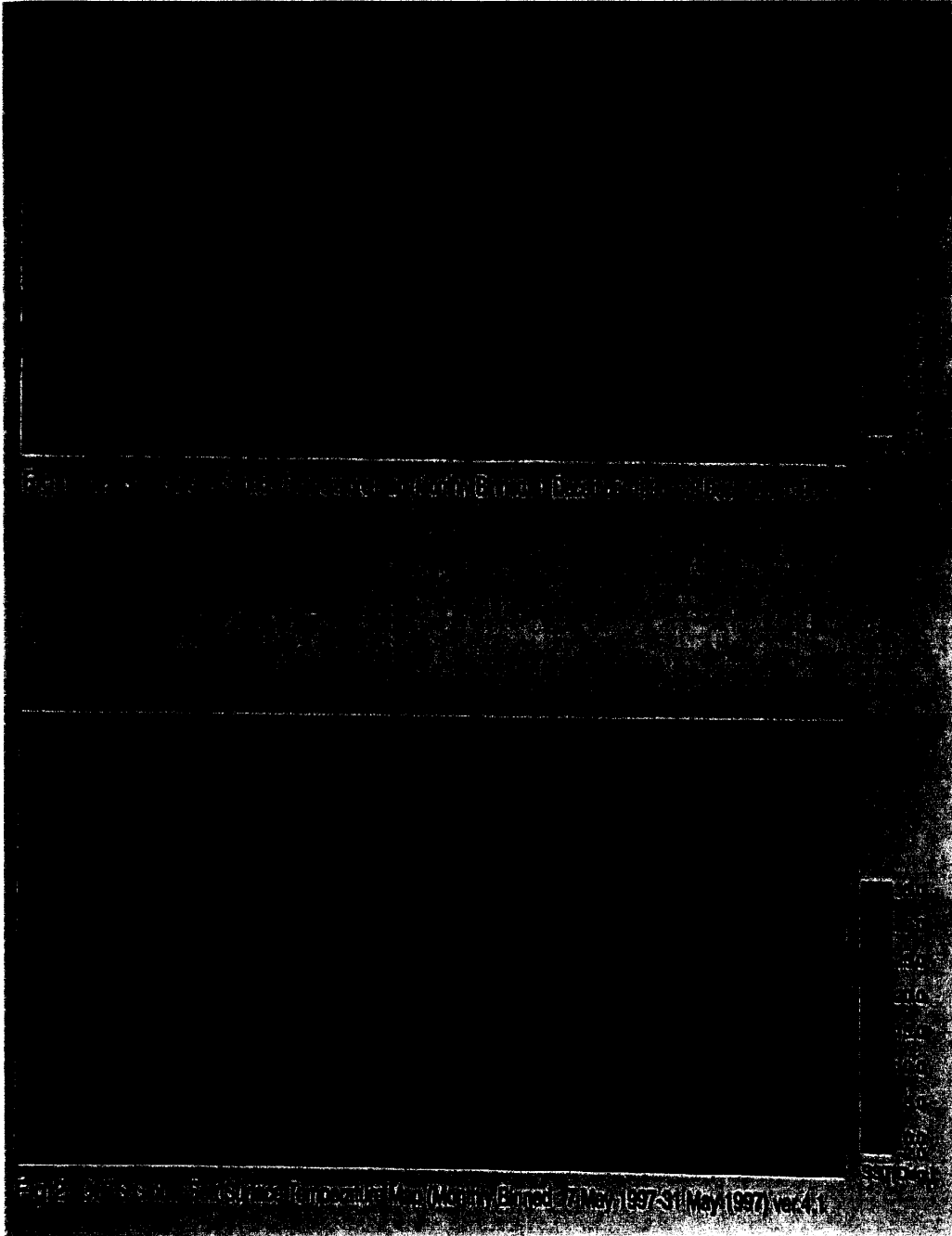


## (六)海況環境與全球生物圈監測

### 1.全球海面水溫分布與變化

海面水溫對全球氣象與氣候變化影響甚大，同時大氣亦受本身變化之影響。正確觀測全球海面水溫分布，對海洋氣象研究、氣象預報及漁業上實際利用等均是重要課題。OTS 是日本第一個觀測海面水溫之感應器，觀測範圍 700 公尺，為世界有史以來之最大容量；過去日本發射之衛星所搭載之感應器，有觀測範圍及資料記錄的限制，無法作全球觀測，ADEOS 所搭載之大容量資料記錄器，以 700 公尺之空間解析力觀測全球海面水溫分布，是全世界第一次創舉。圖九.Fig1 為 1996 年 12 月全球海面水溫月平均值之分布圖，圖中東西向海面水溫較一致，南北方向溫度差異大，紅色為接近赤道，水溫較高，越向北部溫度越低。南、北兩半球緯度 30 度至 40 度之間水溫變化急遽，此乃南邊溫暖海域海流（亞熱帶循環）與北邊寒冷海域海流（亞寒帶循環）之交接處；此種海流移動產生許多渦流，從南到北大型的熱輸送都在海中進行。觀察赤道南美洲之祕魯沿岸周圍，此區域所吹的海上風，是從深層的寒冷海水湧昇上來的，因此，海面水溫依東西方向逐漸降低作延伸分布。當赤道區域風系發生改變，深海寒冷水流減少湧昇，使得該區域海面水溫上升，稱之雷尼爾(EL Nino)現象。1997 年發生本世紀最大規模的雷尼爾現象，圖九.Fig2 為 OCTS 所觀測的 1997 年 5 月全球海面水溫月平均值之分布圖，由 Fig1 及 Fig2 兩圖對照可見，Fig1 中祕魯沿岸赤道區域的冷水域已經消失，此區域海面水溫變得與周圍海域相同了。

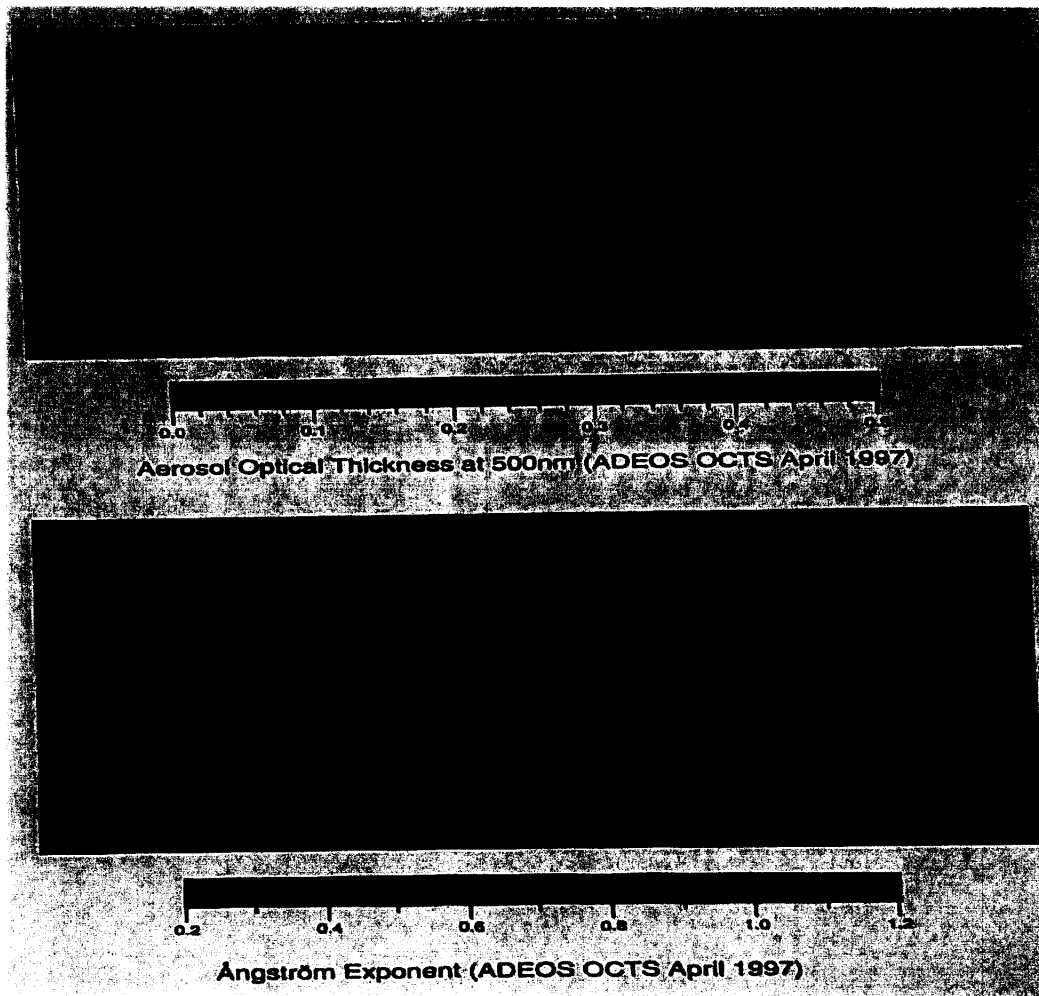
圖九、全球海面水溫分布



## 2. 大氣浮遊粒子的全球分布

日本應用 ADEOS 搭載海色海溫掃描輻射計 (OCTS) 觀測全球大氣浮遊粒子分布情形，圖十為 1997 年 4 月全月全球大氣浮遊粒子之平均值。由圖中觀之，北半球中緯度人類活動較為頻繁之處，如中國大陸及北美東岸，小顆粒之大氣浮遊粒子層發達，此乃該區域多為工業或都市地帶，大氣污染嚴重所致。

圖十、大氣浮遊粒子的全球分布



### (七) 全球生物圈監測

全球生物圈監測是瞭解地球圈變動之重要關鍵，根據觀測地球反射光的偏光及方向性，POLDER 不只能觀測海洋，也可以觀測陸上生物圈。由於 POLDER 觀測視野廣大，且可從多方向觀測，攝影系統不會產生看不到的地區及能避免陽光閃爍的問題，對海洋生態體系的監測及多雲海域的研究相當有利，適合於觀測研究海洋。在廣大海洋中，海洋顏色深淺是依賴葉綠素色素濃度而定，而海洋的葉綠素色素濃度分布圖，不只能監測中規模的海洋生態體系，也能計算出海洋基礎生產(植物浮游生物對 CO<sub>2</sub> 的吸收)。

地表反射率是地面/大氣能量交換，為大氣循環的關鍵；方向性放射光譜資訊的完備，對土地被覆分類有其功用，且對葉面積指數或植生被覆參數(植物吸收光，合成有效放射的比例)也有其作用，而植生被覆參數是大規模植生機能模型及生物地球化學的二氧化碳循環模型的投入因子。因此，正確的測定植生季節變化及地表反射率是必要而不可欠缺的。根據測定對象反射率的方向特性(二方向反射率分布函數 BRDF)，POLDER 能高精密度導出植生參數，且從衛星觀測的時間序列資料上補正必要的方向性效果。

在不久的將來，依據被導出植生指數及植生被覆參數，可獲得全球二氧化碳收支的重要的因子，亦即植生的純初級生產，而它們也是深入評估、瞭解區域及全球土地被覆改變的基本因子。

圖十一 全球生物圈監測





以上為日本在遙感探測技術之重要研究成果，除此之外，為能將遙測成果有效應用，日本在主題製圖、影像地圖化及地理資訊系列方面均有相當成就，茲將重要成果簡述如后：

#### (一) 主題製圖之專業化與規範化

- 1.都市土地利用圖：日本應用遙感探測影像，研究城市和郊區的土地利用情形，採用光學計算機影像處理法，在分類前按地形圖進行幾何校正，分類後直接套印在地形圖上，進而製作整幅土地利用圖。
- 2.森林分類圖：森林遙感探測製圖在許多國家都很發達，如加拿大、瑞典、印度等。日本在這方面的特點是不僅用了光譜資訊，而且使用了紋理分析方法進行分類，亦即利用了樹冠的粗糙度、樹的排列等紋理資訊。他們在北海道用 Nss 數據，經過空間濾波，能劃分針葉林、闊葉林和混合林，再加上紋理分析，可將每種林地又細分出疏、中、密三種密度，並分別計算出它們的面積。
- 3.土壤分類圖：日本係以植被生物的數量，作為劃分土壤的主要因素，亦即用植被覆蓋類型作為土壤類型的一個參考。應用多光譜掃描儀 Ds-1250 取得的多光譜數據，在 LARSYS 系統軟體上進行監督分類，劃分土壤類型。

#### (二) 影像地圖化

為了擴大影像的應用價值，能與常規地圖搭配使用，日本 IBM 公司研發一套使影像地圖化的方法，此法為先做多波段的合成影像，再與地圖上的控制點搭配。日本國土地理院已有專用電腦設備生產這類地圖，圖之比例尺分別為五萬分之、二十萬分之一及五十萬分之一等三種，均以大地衛星影像為底，再搭配各種地圖要素，如在影像處理中進行幾何校正、輻射校正，在拼接不同像幅時，調整色調與陰影方向，此一問題日本都已克服，並進入量產階段。此外，在影像圖方面，需按地形圖分

幅，並加上數位地形模型〔DTN〕；日本已將全國二萬五千之一的地圖數位化，在使用大地衛星影像時，可以對每個象元賦予高程值，如此便可利用三維大地衛星影像。綜觀，日本的衛星影像可按地形圖分幅，可與地形圖搭配，並有高程概念，形成一套使影像地圖化的生產系統。

### （三）地理資訊系統

日本地理資訊系統發展雖然較遲，但進步快速，目前國土資訊系統已廣泛應用於區域規劃、環境評估等方面。此外，建立災害與地震監測系統、汽車定位系統（已完成全國二萬五千之一的道路圖數位化），並發展直升機、衛星及地面等三者一體之數據傳輸系統。

## 肆、遙（航）測在農作物生產與災害調查之研究應用

前已提及日本農業生產環境與我國類似，同屬小面積耕作，主要之農作物為稻米、蔬菜與果樹，由於地狹人稠，糧食生產即顯得相當重要。近半世紀來，因科技發展造成化學肥料大量使用、人口成長使得糧食需求急遽增加，以及生活圈的不斷擴大，導致農業生產環境的日益惡化。依賴化學製品、大型機具所實現的農業現代化，雖然可提高生產力，但對於農業生態環境則造成重大的負面影響，更嚴重的是，它將造成全球農地的沙漠化、二氧化碳濃度上升、臭氧層的破壞、酸性物沉降等一系列影響農業生態系的問題。因此，日本農業經營在經濟與生態雙重考量下，對於農業生產環境之特性、作物資源調查與栽培管理，以及農業發展對生態環境之影響等相關問題極為重視，故於昭和 58 年 12 月 1 日設立農業環境技術研究所，致力於農業環境之綜合管理與環境保育技術之研發，並推動一種與自然生態相協調、高生產力的農業生產環境；同時，為推動 1999 年 7 月制定之「糧食、農業、農村基本法」及同年 11 月制定之「農林水產研究基本目標」所提出之農業研究發展工作，該所調整研究領域及其組織架構。目前農業環境技術研究所下設立總務部、計劃調整部、地球環境部、生物環境安全部、化學環境部、農業環境資源中心及農業化學分析中心，另有遙感實驗設施，從事遙測調查與研究，兼顧農業生態環境的維護與農業生產力之提高，以確保糧食與環境安全。除了農業環境技術研究所外，農業工業研究所亦利用遙測技術從事農業生產管理與水資源分配之調查研究。

在農作物生產調查研究上，日本除應用衛星資訊外，亦利用航空照相資料判讀瞭解農作物生育狀況，茲將其重要研究成果分述如后：

### 一、農作物生產之調查推估

自從 1972 年美國發射第一顆人造衛星 LANDSAT 以來，日本即進行遙測技術在農業調查之研究應用，當時衛星所攜帶的為光學感應器，如大地衛星之 TM、MSS 等；然而日本農作物生長期為 5 月至 9 月屬高溫多雨季節，

天空雲量較多，難以攝取光學遙測影像，故日本於 1992 年發射之 JERS-1 衛星則攜帶不受氣候影響之 SAR（合成孔徑雷達）感應器，可直接穿透雲層全天候觀測，解決多雲氣候資料蒐集困難之問題。

應用 SAR 可全天候觀測特性，蒐集農作物生育資料確實相當方便，但是衛星 SAR 為單波長、單偏波，受地形及土壤表面狀況影響較大，故通信綜合研究所（CRL）與宇宙開發事業團共同開發，以航空機 SAR（Pi-SAR 多波長、多偏波）進行大瀧村農地分類使用之調查研究。經證實，研究成果之好壞，與研究對象是否為「水田」關係密切；若為「旱作」之大豆及大麥，其分類就相當困難。因此，1993 年以後，利用水稻種植時期及生長初期須有充足水份覆蓋之特性，以遙測資料尋找水體所覆蓋之稻田面積，其方法與原理為：光波照到平滑水面即反射到別處，光波無法回收，其影像為黑色；若照射到建築物或表面粗糙物體，光波會反射回來，則可測出有物體存在。

以尋找水體方法調查水稻面積有其瑕疵之處，因位於水田旁之河流或池塘，可能誤判為稻作面積。為解決此一問題，在 1997 年稻米生產過剩時，預計無新的水田開發下，於稻作收穫（乾旱）期重新拍攝取得河流或池塘之衛星資料，並將 1995 年與 1997 年所拍新舊影像資料重疊，找出真正水田面積。茲將農林水產省、農業工學技術研究所及農業技術環境研究所對於水稻栽培面積調查之應用實例詳細說明如后：

#### （一）農林水產省：使用衛星 SAR 資料推估水稻種植面積

日本農林水產省每年為了辦理農作物種植面積調查工作，投入相當多的人力在田間實地調查上；以現行的方法而言，為了維持高精確度的推估，在母體整理及實地調查上耗費相當多的人力。假如能取得高精確度的衛星資料，就能提昇工作效率，而且該資料不僅應用於市村町，任何地區均可成為統計對象，所獲得的資訊也能作為多種用途。

假設能取得 Landsat/TM 高解析度光學影像資料，則可精確地推

定水稻栽培面積，但位於亞洲多山地帶的日本，在插秧後應用光學感應器獲取之資料，推估水稻栽培面積之準確率極低；另一方面，雖有不受天候影響，日夜均可觀測之合成開口雷達(SAR)資料，但因 SAR 有其特有特性之干擾，以及隨著海拔高度上升而產生歪斜現象，故單獨使用 SAR 資料推估之精確度也相當低。因此，應研發光學感應器與雷達併用之方法，冀能準確的推估水稻栽培面積。

### 1. 資料期間與解析地區

應用 RADARSAT (SAR 資料)，以北海道石狩川 16 市町與樺木縣中南部 21 市町村為對象，推估水稻栽培面積。由於石狩川流域在 5 月下旬進行秧苗移植，故使用移植終了 6 月 5 日 RADARSAT 的觀測資料；樺木縣單期作水田在 5 月上旬移植，若於小麥收割後種植水稻者，則在 6 月上-中旬移植，故使用二次的水稻移植高峰期之 RADARSAT 資料作解析。

### 2. 解析原理與方法

RADARSAT 是以能穿透雲層微波的 C 波段(波長 5.6 公分)對地面作發射，再觀測其反射(後方散亂)結果。河川及湖沼水面經過微波斜照後，因水面產生鏡面反射作用而變成黑色，且照射的電波不會折回(不會後方散亂)；生育初期的水稻，四周都是水體，易產生鏡面反射，其後方散亂很小；生育中的水稻、旱田及生育後期的小麥因有後方散亂，因此能與水面及生育初期的水稻加以區別。應用以往光學感應器測出的水稻區(旱田)舊有資料，與 RADARSAT 資料後方散亂較小的部份作重疊，即可推估水稻種植面積。若將水稻種植面積與市町村界線檔案重疊，亦可統計推估市町村之水稻種植面積。

### 3. 水稻種植面積推估結果

應用上述解析方法，並用標高資料補正 SAR 影像減少幾何歪斜，提高推定之精確度後，以北海道石狩川流域水稻種植面積之推定值，與實地田間調查統計值作比對，16 市町村推估值平均達 98.5%。

以單一市町村水稻栽培面積之推定值，與實地田間調查統計值作比對，樞木地區比對值為 101.1%，石狩川流域之比對值之誤差略為擴大，分析其原因：(1) 石狩川流域土地利用型態較為複雜，(2) 樞木地區使用二次的水稻移植高峰期的 RADARSAT 資料，準確度提昇。

雲所覆蓋地區的水田，LANDSAT/TM 資料無法抽出，RADARSAT 卻可補其所短，故插秧後即以 RADARSAT 之 C 波段 SAR 資料作水田分類，並補正標高所產生歪斜現象，再與光學感應影像合併應用，毋需投入大量人力及經費，則可作實用性及高準確度之推估。

## (二) 農業工學技術研究所：遙測技術調查水稻面積之確立

### 1. 解析目的

活用遙感探測技術為作物面積調查之一環，以樞木縣為對象，使用 SAR 資料研發水稻種植面積推估方法，進行實證試驗。試驗區域由樞木縣中、北部單期作水田開始到南部二期作水田，由平坦的水田地帶到高低起伏的丘陵地，使用全天候型衛星資料抽出、統計水稻種植面積，並與實地調查統計值作比對檢討。

### 2. 解析區域與資料期間

以樞木縣為對象，推估水稻栽培區域與面積。樞木縣水稻插秧時期：北部地區以 5 月初為中心之前後二星期間；中部地區以 5 月上旬為插秧高峰期之前後 25 日左右；南部地區以 6 月上旬為主

要插秧高峰期，另一秧期高峰為 5 月上旬，二秧期計約 45 日，全區秧期計需 50 天以上。解析資料使用梹木縣中南部 2001 年 6 月 1 日及 6 月 18 日之 RADARSAT 資料。

### 3. 解析方法

#### (1) 應用之資料與地圖

- A. 衛星資料：本實證試驗除使用梹木縣中南部二個時期之 RADARSAT (2001 年 6 月 1 日及 6 月 18 日) 資料外，並應用 Landsat/EM+ (2001 年 6 月 4 日) 資料作為推估參考及驗證使用。
- B. 土地利用圖：為國土交通省發行的土地利用圖，並經幾何補正。
- C. 地圖：為確認特定位置及分類結果，使用二萬五千分之一數值地圖。
- D. 行政界：為國土交通省發行之數值地圖行政界、變換海岸線、市村界線。

#### (2) 應用土地利用圖推估稻栽培面積

應用土地利用圖資料進行面積推定結果妥適性檢討，解析水稻栽培面積的推定結果，使用 2000 年 5 月 16 日及 6 月 23 日二個時期觀測的 RADARSAT 資料：

##### A. 製作水田候補地圖檔

以土地利用圖資料為基礎，製作水田候補地圖檔，在圖檔上之水田週邊增加 1 小方格 (即 90 公尺寬)，將水田以外的旱田納增為水田候補地，惟此可能包含鐵、道幹線用地。依此方式擴大之水田候補地，當與 RADARSAT 資料之水稻栽培地重合時，則可確定為水稻栽培面積。

## B. 平滑化處理

為減輕 SAR 特有的干擾，將影像全部作濾鏡（平滑化）處理，其方式有 Frost filter、Lee filter 及 Gamma Map filter 等三種。

## C. 面積統計

將水田候補地檔案與 RADARSAT 資料之水稻栽培地作重疊處理後，再應用市町村檔案，俾統計各市町村之水稻栽培面積。

### (3) 實地調查

在 RADARSAT 影像上，可見到後方散亂很強的地區，為確認此一現象，進行實地調查。

## 4. 推估結果檢討

### (1) 水稻栽培面積推估結果

針對 6 月 1 日及 6 月 18 日觀測的 RADARSAT 資料，使用 Gamma Map filter 減輕干擾現象的濾鏡處理後，參考地圖影像、現地調查的水稻栽培狀況及 Landsat/EM+ 資料，決定水稻栽培地。將 RADARSAT 之水稻栽培地與水田候補地（由土地利用圖產生）重疊後，獲得水稻栽培面積，並以市町村為單位進行統計。統計結果與 41 市町村全體統計值作比較，對照市町村之統計值，推估值為 112%；若去除誤差最大之茂木町，則推估值減為 107%，此乃山間町村因山影地區之反射低，以及 6 月 1 日拍攝時，插秧已超過一個月，水稻影像後方散亂高，造成稻作面積過大推估。

### (2) 實地調查

RADARSAT 影像見到很強的後方散亂部分，在實地調查時



發現，此乃標的物朝北向西 9 至 12 度的方向有道路及水路（其中包含用水路寬約 6 公尺，排水路寬約 3 公尺），造成影像後方散亂，惟就影像整體而言，此一問題不大，但仍要注意。

### (三) 農業技術環境研究所：水田地帶 Pi-SAR 資料之特性解析

#### 1. 背景及目的

衛星 SAR 受地形及土壤表面狀態的影響大，很難取得農作物本身的資訊；航空機 SAR 感應器能獲得較多的農作物觀測資料。以農地分類為例，P. Ferrazzoli et al. 使用 AIRSAR 及 SIR-C 的 P, L, C (波長 P: 68 公分, L: 24 公分, C: 6 公分) 波段的資料，觀測大瀉村之森林、農地及橄欖園，進行農地分類。P 波段最適合觀測森林及橄欖園，L 波段對小而粗的農作物最適合，故使用 P 波段及 L 波段組合觀測，可分辨農地及農地以外土地；使用 L 波段及 C 波段組合觀測，可從生物量的觀點再區分這些農地，能有效取得細密農作物的資訊。觀測結果，Pi-SAR 資料對水田觀測結果良好，但對大豆與小麥的分類仍有困難。

通信綜合研究所及宇宙事業開發團共同開發、運用航空機 SAR (Pi-SAR) 觀測的最大特點是 L, X (波長 L: 24 公分, X: 3.14 公分) 波段資料可同時取得，X 波段是以飛行方式取得，X, L 兩波段為全偏波觀測。期待 Pi-SAR 能朝向農業領域的利用觀點，能多波段同時觀測，以全偏波觀測但獲取偏波資訊。

#### 2. 觀測區域及資料時間

觀測區域是岡山縣兒島灣的干拓地(排水開墾的土地)，該地區自 12 月起至隔年 5 月止種植小麥，小麥收穫後，於 6 月上旬開始灌水整地，中旬至下旬進行插秧，9 月中旬為出穗期，10 月中、下旬為收穫期；稻作以外地區為蓮花田及種植蔬菜的乙烯樹脂溫室。

解析資料是 1999 年 7 月 13 日及 2000 年 10 月 4 日拍攝取得。

### 3. 解析及結果

#### (1) 不同波長的解析效果

微波在靜止水面上會產生鏡面反射，這是後方散亂強度小的緣故，插秧前後之湛水水田，在 SAR 影像上會變暗；相對的，水田以外的農地，因有種植農作物，不像水面那樣平滑，微波產生散亂，在影像上會變得光亮。1999 年的 Pi-SAR/X,L 波段之水平偏波送受信(HH)的影像，從插秧開始約經過一個月，植株生長 20-40 公分，L 波段的「長波長」微波透過水稻的葉及莖，從水面觀測，影像上可以明白的區別湛水地及非湛水地，可正確地判斷水田有無湛水；而 X 波段的「短波長」微波對植生反應小，則可正確地判斷田中有無栽培作物。

#### (2) 偏波散亂特性的掌握

Pi-SAR 可以水平偏波(H)及垂直偏波(V)送信及受信，故能以水平偏波送受信(HH)、垂直偏波送受信(VV)及水平垂直偏波交叉送受信(VH與HV)作觀測。以 R:G:B 為 VV:VH:HH 偏波影像，作成各種的彩色偏波合成影像(圖十二.Fig6,7、圖十三.Fig 8,9)，從影像左下方起向中央延伸的為河川，從影像左上方起向東延伸聯繫河川的為用水路，中央形成三角形的部分為 $\beta$ 區，上面部分為 $\alpha$ 區，下面部分為 $\gamma$ 區。

##### A. L 波段影像

1999 年 7 月 13 日的 L 波段 Pi-SAR 資料的彩色偏波合成影像如圖十二·Fig6 所示，2000 年 10 月 4 日的影像如圖十二·Fig7 所示。Fig6 因當時水稻植株還小，L 波段的微波透過植株下方水面產生鏡面反射，在 SAR 影像上成為黑色，

此乃水田鏡面散亂的緣故，顯示全部的偏波後方散亂小；但  
圖十二 Pi-SAR 觀測之 L 波段彩色偏波合成影像

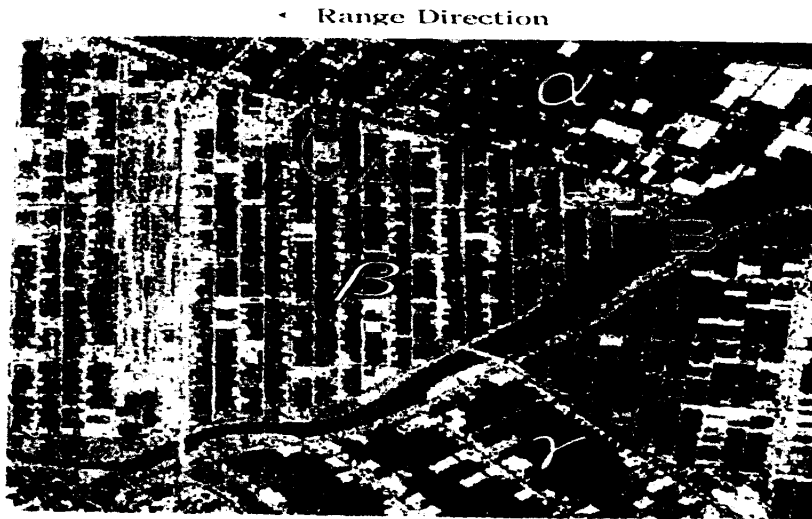


Fig. 6 Polarimetric Color Composite Image of Pi-SAR/  
L-band on 13 July 1999 (R : G : B=VV : VH : HH)

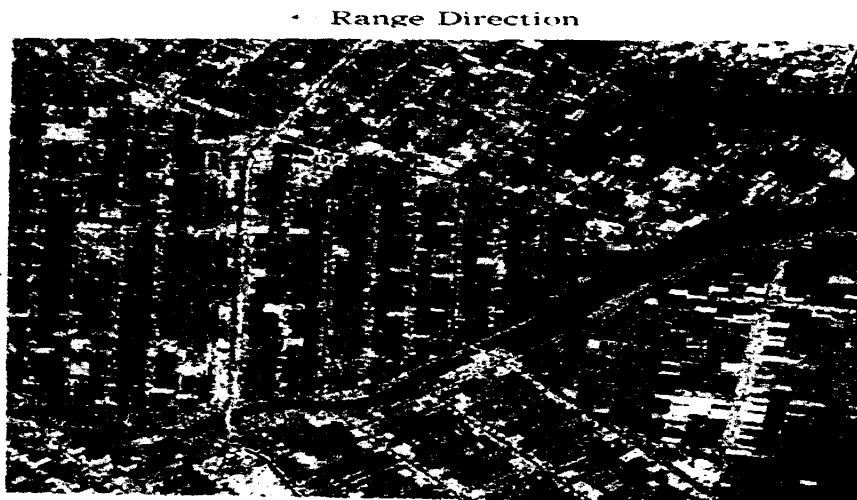


Fig. 7 Polarimetric Color Composite Image of Pi-SAR/  
L-band on 04 October 2000 (R : G : B=VV : VH :  
HH)

是，紅色的 VV 則較其他偏波大，這是水稻的莖是直立的緣故。微波的波長能穿透較小的物體，而較該波長大的物體將會產生散亂，因此，L 波段的 H 偏波會穿透稻株，但是，在 V 偏波上莖及葉則會產生散亂現象。此種現象與  $\beta$  區的微波照射方向一致的部分則很明顯，是受到稻株的規則性及照射方向之影響。

在  $\beta$  區上標記 A 的部分是水田，會折回來很強的後方散亂，根據實地調查，此田區與其他田區水稻種植的方向不同，二者成 90 度，Pi-SAR 照射方向與水稻種植方向成垂直交叉。水稻植株間以 L 波段觀測時，當照射角度  $2L \cdot \sin \theta$  ( $\theta$ ：入射角)是波長的整數倍時，會產生共鳴並造成後方很大的散亂現象，此現象稱作黑色散亂；故對於 Fig6 的彩色偏波合成影像，黑色散亂折回來強大的後方散亂，是水田顏色呈現鮮紅色的原因，亦即 V 成分強折回來，造成大部分是黑色的水田被認為是紅色的，這是反應稻株的縱向結構；另一方面， $\beta$  區右端標示 B 的部分是蓮花田，其偏波合成影像是亮白色的。黑色散亂在單波長、單偏波的衛星 JERS-1 資料也能確認；惟在極化 (polarimetric) 資料上，僅能判定黑色散亂的有無，但無法區分黑色散亂或其原因造成後方散亂的增大。

兒島灣的干拓地整齊且經過區域重劃，沿著道路旁有房屋，因此，條狀的家屋、道路等人工構造物顯現的是白色，此乃全部偏波折射回來的強大散亂。在 Fig6 的右上方，大面積的白色部分是蓮花田，湛水時蓮花變大，且蓮花的莖從水面伸長時，附著大葉子的多層構造的緣故，V 成分及 H 成分皆造成很大的後方散亂。全部的偏波都是強的，但與人工構造物作比較，則以紅色(VV) 的最強。

Fig7 是 2000 年 7 月 4 日收穫前所觀測的彩色偏波合成影像。夏天期間，為了雜草管理在田中灌水，L 波段 Pi-SAR 資料會有鏡面反射結果；當水稻成熟收穫前，則進行田間排水，有水及沒水水田混雜在一起，但以彩色偏波合成影像觀之，稻作田區及對應田區之後方散亂現象是有所差異的。

#### B. X 波段影像

1999 年 7 月 13 日的 X 波段 Pi-SAR 資料的彩色偏波合成影像如圖十三.Fig8 所示，2000 年 10 月 4 日的影像如圖十三.Fig9 所示。Fig8 為水稻移植後約一個月之影像，中央部分  $\beta$  區各田區顏色多為紫色，顯示 V 及 H 的偏波很強，兩者交叉成分很微弱，如前所述，此乃稻株行列的規則性與照射方向的關係。 $\alpha$  區與  $\gamma$  區之照射方向  $\beta$  區不一樣，後方散亂折回的交叉成分很強，產生明亮的綠色。Fig9 為 2000 年 10 月的影像， $\beta$  區之左邊可見到紅紫色，為收穫前影像，當時稻穗低垂，產生表面散亂現象所致；其餘  $\beta$  區、 $\alpha$  區及  $\gamma$  區無明顯差異，因交叉偏波折回強，全體成為明亮綠色。

在 Fig8 的 X 波段與 Fig6 的 L 波段的 7 月影像中，存在相當大的差異；而 Fig9 的 X 波段與 Fig7 的 L 波段的 10 月影像差異則較小。

圖十三 Pi-SAR 觀測之 X 波段彩色偏波合成影像

← Range Direction



Fig. 8 Polarimetric Color Composite Image of Pi-SAR/  
X-band on 13 July 1999 (R : G : B=VV : VH : HH)

← Range Direction

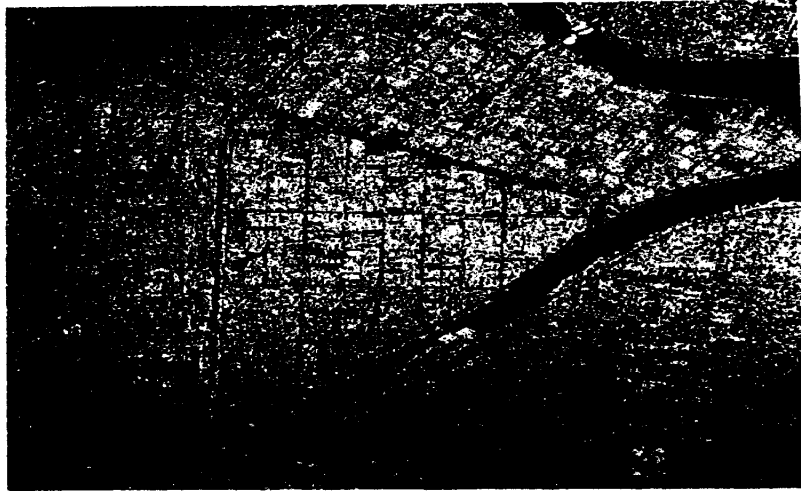


Fig. 9 Polarimetric Color Composite Image of Pi-SAR/  
X-band on 04 October 2000 (R : G : B=VV : VH :  
HH)

#### 4. 結論

以多波長、多偏波 Pi-SAR 觀測水田結果檢討如后：

- (1) X 波段波長短，當水稻移植後的幼苗期，也會產生表面散亂，此一特性，可作為早期非栽培地的判別。
- (2) L 波段波長長，對植物體的穿透能力大，可長期檢測湛水地，惟水田則有區塊散亂的問題。
- (3) 較 X 波段穿透能力高的 L 波段極化資料，容易反應水稻構造，預期可利用偏波資訊作高精密度的分類。
- (4) 在極化資料下，強度影像可以復原為彩色合成；在單偏波影像上，則能掌握無法了解的散亂特性。
- (5) 單偏波 SAR 不可能取得極化資料，但可以作散亂特性的判別。

#### (四) 農業技術環境研究所：航測高光學影像對農作物的品種認定及生育階段的掌握

##### 1. 前言

遙感探測在農業生產預測及栽培管理上具有廣域性、即時性及客觀性，應用上相當方便；惟在使用上，生產量預測方面，必須有正確掌握農作物栽培面積及其生育狀況的技術；在栽培管理方面，則須有病蟲害、天然災害損失、米蛋白之含量與品質、土壤成分、水分含量等認定技術。

##### 2. 高頻譜(Hyperspectral)及多頻譜(Multiplespectral)之差異

在多頻譜影像認定農作物的栽培品種上，係利用作物栽培曆(從播種開始到收穫截止的各生育階段紀錄)與時間序列的多時期影像資料；各時期影像的綠色生物量多寡，能有效的決定作物品種；但是，對於同一時間定植也大約同時期收穫之作物間，則無法辨識其品種。在溫帶的農業(如日本)，大部分農作物在春天

播種、秋天收穫，大約有相同的作物栽培曆，若僅依作物栽培曆及生物量資訊，應用多頻譜分類作物品種是相當困難，因此，依據頻譜特性辨識作物品種，則必須回歸基本的方法。

任何農作物都有綠葉，在多頻譜影像上，僅有數個波段的情報量，就頻譜特徵的觀點來看，栽培品種的辨識是有困難的；另一方面，擁有數十至數百波段的高頻譜影像，其頻譜特徵的情報量增加，辨識能力也大幅提昇。多頻譜影像僅能辨識水田的部分，高頻譜影像不僅能辨識多頻譜影像無法識別的部分，也可作果樹品種的分類。

### 3. 高頻譜影像下蔬菜的解析

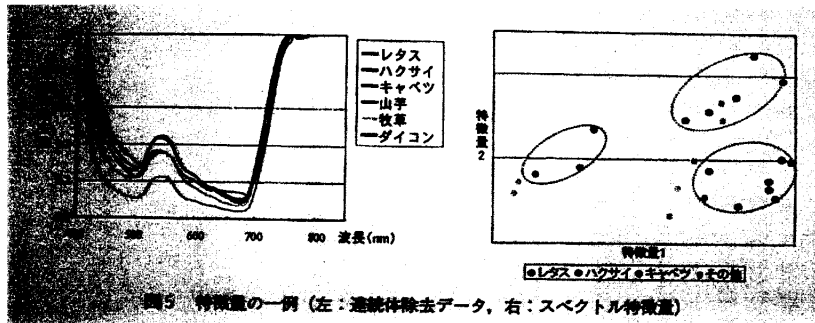
萵苣、白菜及甘藍等蔬菜生育期間短，可栽植期間較長，定植日選擇自由度大。考量採收勞力及產品出售價格，農家通常選擇分散栽植；如此一來，在可能栽植期間錯開定植，即使是同一期作也會有數個生育階段，同一栽培品種也會有各種頻譜特徵。

在 2000 年夏季，以航空機搭載中科院所製高頻譜感應器拍攝「甲信越」地區的影像資料，解析萵苣、白菜及甘藍等蔬菜品種。由於各種作物吸收葉綠素特性不同，在綠色波長（550nm）前後，所顯示頻譜特徵不同，故依據作物不同頻譜的特性，在波長 400nm-850nm 之間，使用連續體除去法(Continuum Removal)，進行作物分類。個別作物的頻譜資料，在 400nm 及 850nm 兩端，實際的反射率是相同的，但在 400nm-850nm 之間，連續體的頻譜值通常大於實際頻譜值；故以實際頻譜值與連續體頻譜值之比，作為連續體除去值，此結果顯示於圖十四的左邊；就各種作物而言，以 550nm 為中心之極大峰值及曲線的傾斜度並不相同，若以極大峰值作為特徵量 1，以曲線斜率為特徵量 2，並以 2 次



元的圖形表示如圖十四的右邊；依據此特徵量可分離各種農作物，其分類結果如圖十五所示，萵苣、白菜及甘藍的分類準確度可達 98%、99% 及 90%。

圖十四 連續體除去值及頻譜特徵量



圖十五 特徵量の一例 (左：連続体除去データ，右：スペクトル特徴量)

圖十五 蔬菜分類結果

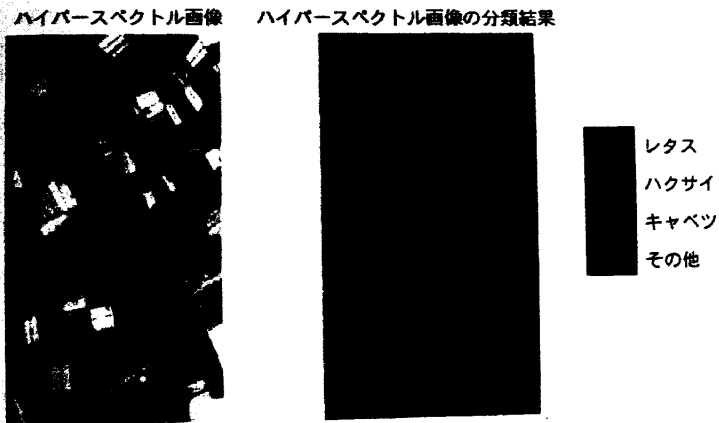
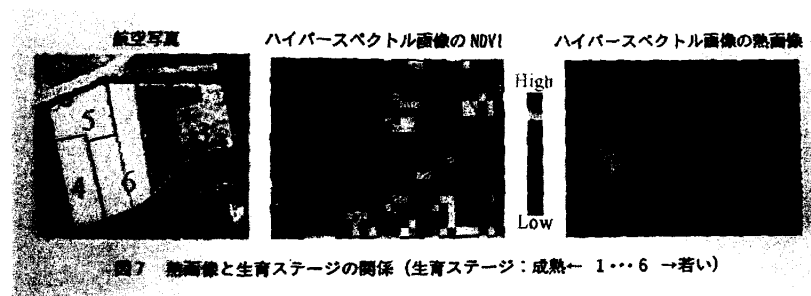


図6 野菜の分類結果

2001 年夏季在同一區域使用其他感應器，以熱紅外線取得高頻譜影像，其熱影像資料與被覆率 (NDVI) 同一生育階段之相關性高(參考圖十六)，此可確認被覆率之推定是有效的。

圖十六 熱影像與作物生育階段之關係



#### 4. 結論

利用多頻譜影像作蔬菜分類是有困難的，必須應用高頻譜影像的高度辨識能力方能為之；當作物的被覆率小時，土壤及覆蓋塑膠之顏色會影響頻譜特徵，故可利用熱影像推定確認被覆率，今後，辦理生產量預測時，為了能於生育初期推定確認品種，有必要在不影響背景顏色下抽出頻譜特徵。

#### 二、遙(航)測技術在農業災害調查之研究

目前日本農林水產省並未應用遙測技術於農業災害調查上，但民間團體有相關的研究，如旱災、災害防止等大面積災害調查，對於颱風、豪雨、焚風等個別農家之小面積農業災害調查與補償，則相關技術尚待繼續研發。

綜合言之，經拜訪農林水產省、農業環境技術研究所等單位後，瞭解目前日本已將遙測技術應用於水稻面積調查之研究，農林水產省統計情報部對此項技術提昇為實際應用階段，則抱持高度的期待；在水稻產量方面，

並未進行此方面之相關研究，亦無利用遙測技術測定產量之計畫。由於現有衛星影像解析度低，雖能應用於測定水稻面積，但要進一步應用在稻米保價收購上，則必須克服解決衛星影像解析度及其他技術問題。至於在水稻以外作物，由於遙測技術之基礎研究尚在研發階段，雖有初步成果，但目前還未成熟到全面實際應用於農作物調查上，尚待進一步研發。

另一方面衛星影像價格與解析度高低成正比，若應用衛星光學探測器遙測雖價格稍低(每張價格約 20 美元-2,000 美元)，惟受到氣候因素(如雲層)影響，難以得到理想的衛星影像；如應用不受氣候影響之雷達探測器遙測，則衛星影像價格相當高(RADARSAT/FINE 每張達 3,500 美元)，因此，若實際應用於作物調查，且獲得理想的影像資料，則調查成本相當高；目前日本政府受限於經費短絀，無法全面應用遙測技術在農業統計調查上，仍停留於研究階段。

## 伍、結論與建議

- 一、日本已克服遙(航)測技術問題，並將此技術應用在水稻面積調查研究上，且有一定成果，因受限於解析度及經費預算等問題，目前尚無法全面應用，但已為農業調查工作開啟一扇未來之門，將來在技術成熟及衛星影像價格低廉下，仍有其發展空間。
- 二、台灣水稻插秧期南北差異大，同一地區也參差不齊，應用遙(航)測技術測定水稻面積，技術上雖然可行，惟應進一步評估實用性。
- 三、目前農業調查耗費大量人力及經費，在政府預算短絀及人員精簡下，如能克服衛星影像取得速度及成本高昂問題，則遙(航)測調查將是未來重要途徑。
- 四、遙(航)測技術除應用在水稻面積調查外，亦可用於病蟲害監測、施肥建議、品質評鑑及稻米價格訂定等方面，其應用無遠弗屆，未來應善用其可行的技術，以促進地區農業發展。