

地球觀測系統衛星資料接收處理現況與 未來展望

張拱祿、丘台光、王光華、王文隆、胥立南
中央氣象局氣象衛星中心

摘要

近幾年來，科學界為了解全球變化、深入探討對地球表層陸地、海洋、大氣和他們之間的相互關係，美國國家航空暨太空總署（NASA）自 1991 年起展開對地觀測系統計畫。其中 NASA 新一代的對地觀測衛星系列（EOS）有三顆衛星特別引起遙測應用界的矚目。中央氣象局於 2003 年完成建置 EOS 衛星資料接收系統以處理中解析成像光譜儀資料產品（MODIS）及大氣紅外探測器（AIRS）等資料，由於 MODIS 資料量大、波段多，計有 44 種標準產品可用於大氣、海洋及陸地監測；AIRS 的多光譜頻道則可提供高垂直解析度及較佳水平解析度產品，對於反演大氣垂直溫濕剖面或追蹤稀有氣體分布有所助益。本文將就 EOS 衛星提供多元感測儀器觀測資料，從接收、處理、管理、應用與服務等層面加以說明並提出未來之展望，期待能提供給地球科學界更廣泛的使用。

關鍵字：EOS 地球觀測系統，MODIS 中解析成像光譜儀資料產品，AIRS 大氣紅外探測器

一、地球觀測系統簡介

70 年代初美國開始發射陸地資源衛星，衛星設計與發射技術隨著科技發展而日趨成熟。到了 90 年代初期研究地球圈生態系統、探討人類與自然的互動過程、全球氣候變遷等如雨後春筍般地蓬勃發展、加上其財政可支撐的情況，地球觀測系統專案開始萌芽啟動。按衛星發射的時間順序，可為三個階段：地球觀測系統專案實施以前階段（1991—1998）、地球觀測系統第一系列階段（1999—2003）和地球觀測系統後續系列階段（2003 年以後）。各階段衛星的任務和酬載感應器雖有不同，但綜觀聯成一體，正顯示出地球觀測系統的整體架構。地球觀測系統計畫包含：將發射一系列繞極或低傾角的觀測衛星、感應器蒐集先進觀測資料、組成科學家團隊，針對感應器獲取的資料進行基礎和應用研究，並通過資料和資訊網路系統管理、加工和發佈資料產品。

1991 年起地球觀測系統專案啟動前，發射之衛星，如 SeaWiFS/OrbView-2 觀測海洋顏色及海洋生物量、TRMM 的熱帶降雨觀測測量、

ADEOS 的海洋陽面風測量臭氧監測等特定科學任務。地球觀測系統第一系列（1999—2003）總計發射 21 顆衛星，其中包括美國 17 顆（包括與日本、歐洲太空局合作發射的衛星），俄羅斯 1 顆，日本 2 顆和歐洲太空局 1 顆。它們分別肩負起對大氣、水、海洋、生物、陸地等地球綜合圈層的測量和資訊獲取的任務。自 2004 年起，地球觀測系統計畫邁入後續星系列，Aqua (EOS-PM)、Aura (EOS-CHEM)、Landsat 7 等系列衛星依續發射，其任務仍將集中在實現，包括：大氣化學、大氣物理和大氣迴圈、全球水迴圈及水文、海洋地理及極地研究、土地覆蓋、土地利用、陸地生態系統、動態地球過程、地質及自然災害等。

地球觀測系統衛星透過設計、製作感應器、發射衛星和建設資料接收和管理系統，每天可以獲取 1600GB 以上的資料量，其儲存和傳輸能力有了跳躍性的進展。大氣觀測的主要產品，有關雲、大氣溫度、輻射、臭氧層、大氣化學和氣溶膠等資料在 EOS 總數據量中占居大量的比例。這些資料不但可以即時獲得；水平解析度也提高許多，更可獲得不同高度垂

直變化的資料；由於感應器類型眾多，波段數目多，反演大氣物理、大氣化學等方面的產品非常豐富。而海洋資料產品主要包括海洋溫度、海洋生物、海洋顏色、海洋波浪、海洋風、海洋冰雪等一系列產品。這些產品包括即時資料產品，也包括日、旬和月度週期的資料產品。至於陸地資料產品的水平解析度是以 15m—1000m 的中、高解析度為主，資料週期包括了日、周、雙周、月、季、半年等多種頻率，資料內容覆蓋了地表溫度、多角度地表特徵、三維數位地面高程、地表生物、地表水、地表冰雪特徵等。這些資料將可應用到土地開發、農、林、牧業生產、災害監測、林—草火監測、植被覆蓋、植物生長量、生態保護等。

二、TERRA、AQUA、AURA 衛星資料資源

TERRA 衛星每日地方時上午 10:30 過境，衛星上五個酬載感應器分別是：雲與地球輻射能量系統測量儀 CERES、中解析度成像光譜儀 MODIS、多角度成像光譜儀 MISR、先進衛星酬載熱輻射與反射測量儀 ASTER、對流層污染測量儀 MOPITT，但僅有 MODIS 資料直接廣播。AQUA 衛星每日地方時下午 1:30 過境，保留 TERRA 衛星上已有的 CERES 和 MODIS 感應器，上有其他四種感應器分別是：大氣紅外探測器 AIRS、先進微波探測器 AMSU-A、巴西濕度探測器 HSB、地球觀測系統先進微波掃描輻射計 AMSR-E，6 種觀測儀器的資料均可直接廣播，觀測時間恰與 TERRA 形成互補。AURA 衛星每日地方時下午 1:30 過境，衛星上四個酬載感應器分別是：高分辨動力發聲器 HIRDLS、微波分叉發聲器 MLS、臭氧層觀測儀 OMI、對流層放射光譜儀 TES，AURA 資料並未直接對外廣播，因此各國注意的焦點是安裝在 TERRA 和 AQUA 兩顆衛星上的中解析度成像光譜儀 MODIS 的觀測資料。

目前，各國對衛星資料應用最廣的是 NOAA/AVHRR 資料。MODIS 保留了 AVHRR 的功能，同時在資料頻道數目、應用範圍、解析度、接收和資料格式等都作了相當大的改進。從表 1 可看出其差異性。NOAA18/AVHRR 有 5 個頻道，MODIS 則有 36 個頻道。AVHRR 空間解析度是 1.1km。MODIS 的 36 個頻道中有 2 個頻道解析度是 0.25km，5 個頻道是 0.5km，其餘 29 個頻道是 1km。其中 250m 解析度的二個頻道主要用於陸地觀測。由於頻道和解析度的提升，使得 MODIS 資料量大幅度地增加，約為同期 AVHRR 資料量的 18 倍左右。

NASA 對 MODIS 資料在接收、處理和使用延續了 NOAA 對 AVHRR 的政策：各國可免費接收和鼓勵推廣使用的政策。所不同的是 NASA 在資料處理儲存和傳輸方面作了技術改進，增加的資料在衛星上儲存並能將儲存的資料一次全面性向地面（NASA Goddard 空間飛行中心）傳輸。這先進的技術確保美國獲得全球資料將不用再依賴於類似 NOAA 的地面交換方法，可以每天直接一次性接收到全球資料。同時世界各地可以透過地面接收站接收通過該地區的衛星資料。由於 MODIS 資料量大，NASA 在資料處理和管理方面採取了分別處理的辦法。即陸地資料由美國地質調查局資料中心（EROS）處理，大氣和海洋資料由 NASA Goddard 空間飛行中心（GSFC）負責處理，冰雪資料由位於科羅拉多大學的世界冰雪資料中心處理。這些產品再透過 NASA 國家數位中心群 DAAC 歸檔管理並提供資料和資訊服務。因此建立一系列網站伺服器 and 資料網路直接下載伺服器，提供免費網路共用的資料涵蓋了全球每天的資料。線上資料保持 10 天，10 天以前的資料通過訂購，NASA 經過一定時間調取資料，然後傳給資料申請者。主要網址（<http://modis.gsfc.nasa.gov/>）採用鏈結方式連接了與 MODIS 演算法、格式標準、技術、軟體、工具以及相關進展報導的網站。

三、EOS 衛星資料接收處理現況

本局於 2003 年建置 EOS 衛星地面接收站，接收處理系統見圖 1 採用 2.4 公尺天線碟、3 公尺天線罩及必要的硬體設備：X 波段接收機、天線追蹤控制機、GPS 衛星校時器、及直播資料接收主機與資料處理主機及相關軟體接收處理系統，以便能接收自仰角 3 度起的 TERRA/MODIS 資料及 AQUA 衛星直播的衛星星曆表輔助檔和六種觀測資料。EOS 衛星的特點採用 NASA CCSDS 的通訊協定，可提昇大量觀測資料在太空中通訊的可信度，目前 CCSDS 協定已經成為各國太空機構發展太空通訊協定的主要標準。CCSDS 是透過虛擬通道辨識(Virtual Channel ID)將 EOS 不同觀測儀器資料作 CCSDS 封包，並以 Reed-Solomon Coding 進行封包偵錯。由 NASA DAAC 處理軟體或廠商提供程序，針對下傳的原始觀測資料在 PN 解碼階段對封包作 RS 偵錯，產生 0 級的 PDS 數據產品(Production Data Set)。0 級的 PDS 產品計有 Amsr-E.pds、Airs.pds、Amsua.pds、Ceres.pds、gbad.pds、hsb.pds、Modis.pds 等，其檔案命名方式各有不同，且 NASA DAAC 以 5 分鐘為一個 granule，一個完整的接收資料需有 2 到 3 個 granule 組成；廠商則沒有作此區分。在後處理程序產生的數位或影像產品，兩者在儲存及運算能力各有其利弊，NASA DAAC 軟體處理程序如表 1，目前能處理成 2 級產品的有 Modis、Airs、Amsr-E 資料。

NASA 對於原始資料處理依其處理程序可分成 5 階段，分別是 0、1、2、3、4 級：0 級數據是地面站接收未經處理的全部資訊的原始資料；1 級數據是對 0 級數據進行重建，配準時間，使用輔助資料計算或增補其資訊；2 級數據是在 1 級數據上處理成具有相同空間解析度及相同地圖投影的地理區域的資料；3 級數據是對 2 級數據以統一的時間和空間柵

格統計運算而表達出的變數；4 級數據是綜合分析 3 級以下的數據透過模式分析得到的結論資料。因此 NASA DAAC 軟體處理 MODIS 資料依上述分級程序，得出標準產品涵蓋大氣、海洋、陸地等類型計有 44 種。圖 5、6、7 可看出 MODIS 上下游三大類產品間相互依存關係，由於數據資料量龐大而計算費時，目前例行作業重點在於產生各個 granule 的 1B 級和 2 級的結構化檔案 HDF，分別有大氣的氣溶膠、可降水量、雲資訊、大氣溫濕垂直剖面、雲遮蔽、海洋水色、海表面水溫及陸地晴空熱異常、植被指數和增強型植被指數等產品，其中海洋水色、海表面水溫可處理到 3 級產品。本局亦參酌使用威斯康辛大學的太空科學暨電機中心開發的 IMAPP 軟體處理 MODIS 和 AIRS 資料，圖 2 真實色彩顯示 MODIS 影像，不分 granule 處理完整的接收資料，例行作業產生 AIRS、HSB、AMSUA、MODIS、AMSRE 的 1B 級 HDF 檔案 AIRS 2 級反演得出大氣溫濕垂直剖面產品如圖 3 的 500Kpa 層溫度並可以觀看 HDF 數位資料軟體來分析 AIRS 1B 級產品如圖 4 及 AMSRE 2 級反演得出的降雨率及降雨型態。對於 EOS 儲存管理方式，每日將直播的 CCSDS 原始資料，MODIS 1B 級資料及 2 級的雲遮蔽、海表面水溫和海洋顏色等變數產品存放至 LTO 磁帶館，線上作業保留 2 天於磁碟陣列。目前服務提供真實影像到 WINS 系統和第十河川管理局做分析診斷；提供 0 級 CCSDS 封包給行政院環境保護空污處做氣溶膠、沙塵暴、空氣品質等研究；並提供 MODIS 1B 級和 2 級的部分產品或個案給國內大學及學術機構做研究。

四、未來展望

如前言提到 EOS 衛星系列將依計畫持續發射，未來替代繞極軌道氣象衛星作業的 NPOESS 也將如期推展，X 波段直接廣播蔚為主流，波段的數目、感應儀器的類型眾多，使

得遙感衛星從、海洋衛星、氣象陸地衛星存設備能提供 7 天的線上查詢。缺少的 2、3 星、環境衛星、實驗衛星等構成對地圈生物圈大氣圈及相互作用的物理化學過程和時空的遞變、垂直的探測系統，形成全面觀測能力，應用的領域普及而廣泛。本局衛星中心受限於人力、物力的不足，期盼定位在接收處理各類衛星的提供者及氣象與環境監測任務，能及時有效率的提供 1B 和 2 級的產品給使用者做進一步研究與應用。因此存在的問題需先克服，包括：單一接收的 EOS 資料處理產生 2 級產品需花費 2~3 小時，擬縮短至半小時。線上

參考文獻

- <http://eosps0.gsfc.nasa.gov/>
 - <http://www.gsfc.nasa.gov/gsf/service/gallery/>
 - <http://daac.gsfc.nasa.gov/>
 - <http://hdf.ncsa.uiuc.edu/>
 - <http://www.seaspace.com/>
- <<GIS 專題>>美國太空總署新一代 MODIS 衛星感測器於環境研究之應用 廖汝

Terascan NASA DAAC version 1.5		處理 modis 及 airs 資料流程	
Get pass subpoint		Pgsinfo item=sublat(sublon) pass_number=\$LASTPASS	
Get day/night info		Passinfo item=sunzen pass_number=\$LASTPASS target_lat=centerlon	
Make work directory			
Get input raw file and trimpass using archive		Archive operation=trimpass pass_number=\$LASTPASS	
Create Aqua gbad file		NASA JAVA script	
Create sensor data Level 0 pds files and construction record		Pds create by NASA JAVA script	
Gbad processing(*attitudefile,*ephemerisfile)		Pgs_eos_gbad \$LASTPASS \$TELEMETRY \$GBADFILE	
Decide granule length time		Decision startoints	
Run NASA DAAC Modis level 1A/B geolocation hdf file create		Pgs_daac_modis_level1.sh \$TELEMETRY \$GRANLENGTH \$WORKDIR	
Convert modis level1b hdf to *cal.tdf and tighten earth location		Pgs_inspn_modis_tdf.sh \$LASTPASS \$TELEMETRY \$OUTFILE \$EOSFILE	
Cloudmask hdf file(MOD_PR35)		Pgs_daac_mod35.sh \$LASTPASS \$TELEMETRY \$OUTFILE	
Atmosphere profile hdf file(MOD_PR07)		Pgs_daac_mod07.sh \$LASTPASS \$TELEMETRY \$OUTFILE	
Aerosol hdf file(MOD_PR0405)		Pgs_daac_0405.sh \$LASTPASS \$TELEMETRY \$OUTFILE \$WORKDIR	
Surface reflectance hdf file(MOD_PR09)		Pgs_daac_mod09.sh \$LASTPASS \$TELEMETRY \$OUTFILE	
Snow hdf file(MOD_PR10)		Pgs_daac_mod10.sh \$LASTPASS \$TELEMETRY \$OUTFILE \$WORKDIR	
Sea surface temperature hdf file(MOD_PR28)		Pgs_daac_mod28.sh \$LASTPASS \$TELEMETRY \$OUTFILE \$WORKDIR	
Ocean color hdf file(MOD_PR18)		Pgs_daac_mod18.sh \$LASTPASS \$TELEMETRY \$OUTFILE \$WORKDIR	
Cloudtop properties hdf file(MOD_PR06)		Pgs_daac_mod06CR.sh \$LASTPASS \$TELEMETRY \$OUTFILE \$WORKDIR	
For cloudtop products create HDFtemplate		Pgs_daac_mod06CT.sh \$LASTPASS \$TELEMETRY \$OUTFILE \$WORKDIR	
For cloudtop products		Pgs_daac_mod06CD.sh \$LASTPASS \$TELEMETRY \$OUTFILE \$WORKDIR	
For cirrus detection		Pgs_daac_mod06OD.sh \$LASTPASS \$TELEMETRY \$OUTFILE \$WORKDIR	
For optical depth products			
Fire image and fire point product hdf file (MOD PR14s)		Pgs_daac_mod14.sh \$LASTPASS \$TELEMETRY \$OUTFILE \$WORKDIR	
NDVI		Pgs_daac_ndvi.sh \$LASTPASS \$TELEMETRY \$OUTFILE \$WORKDIR	
AIRS level1b hdf file		Pgs_daac_airs.sh \$LASTPASS \$WORKDIR	
Terascan pgs post process(specified product)		Pgs_pproc \$TELEMETRY /tmp/test \$FILES	

表 1 NASA DAAC 處理 MODIS 和 AIRS 流程

儲存資料及產品僅提供到最近 2 天，擬擴充儲級陸地標準產品能在下半年開始作業。建置寬

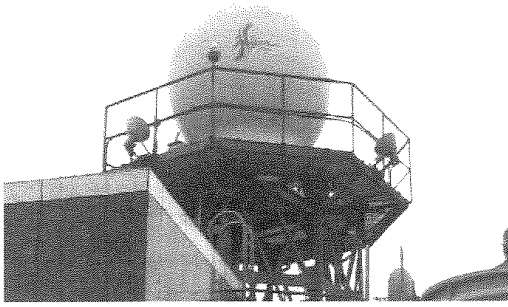


圖 1 本局 EOS 衛星接收天線罩

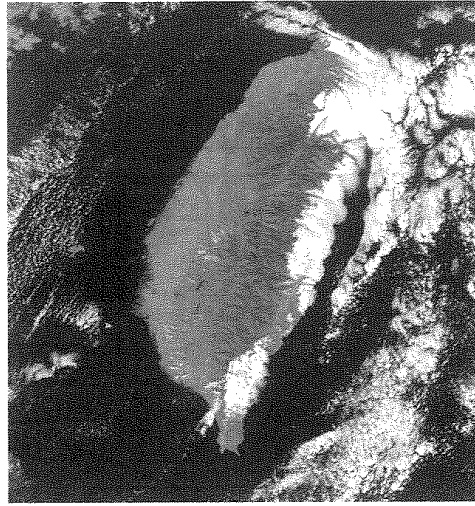


圖 2 MODIS 真實色彩 RGB: 721

AIRS Granule 054, 2005-09-04, Retrieved Temperature at 500 mb, 30 PC Retrieval

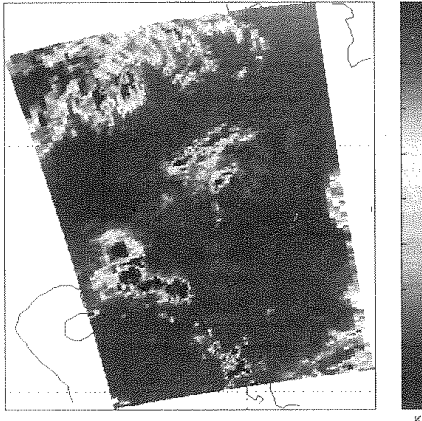


圖 3 AIRS 反演 500Kpa 層溫度

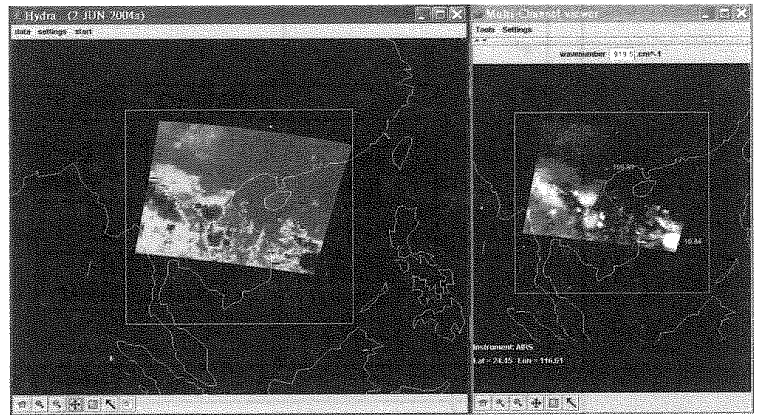


圖 4 AIRS 1B 產品以 hydra 軟體可分析單頻道雲圖

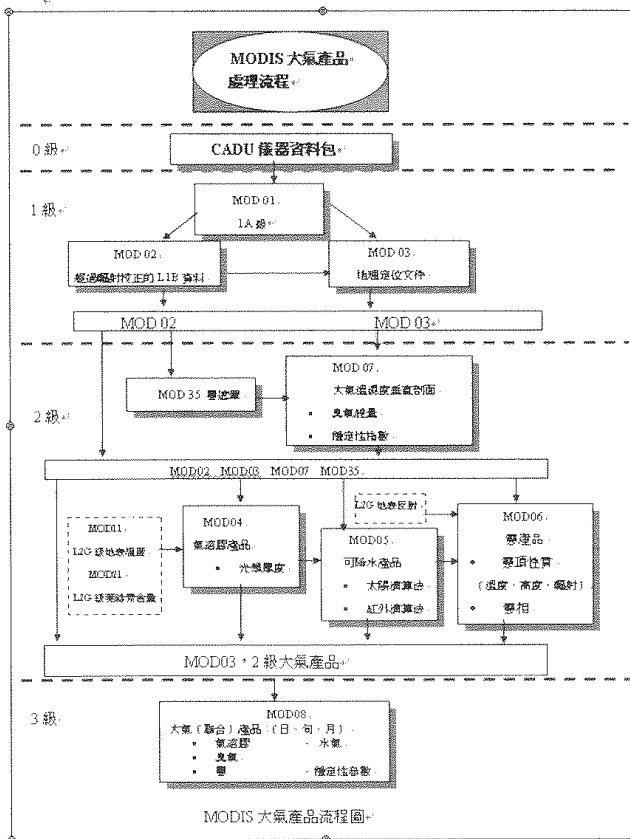


圖 5 MODIS 大氣產品流程

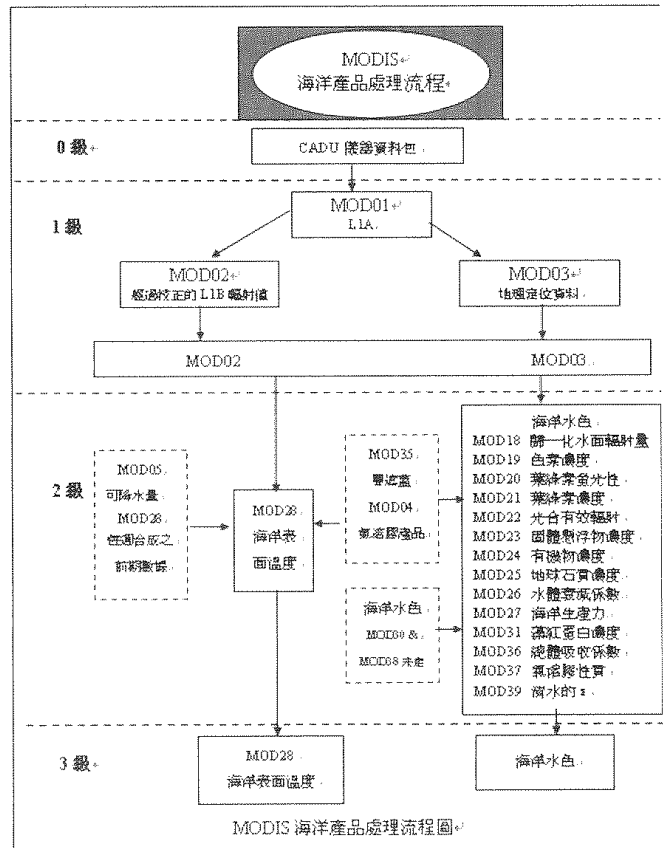


圖 6 MODIS 海洋產品處理流程

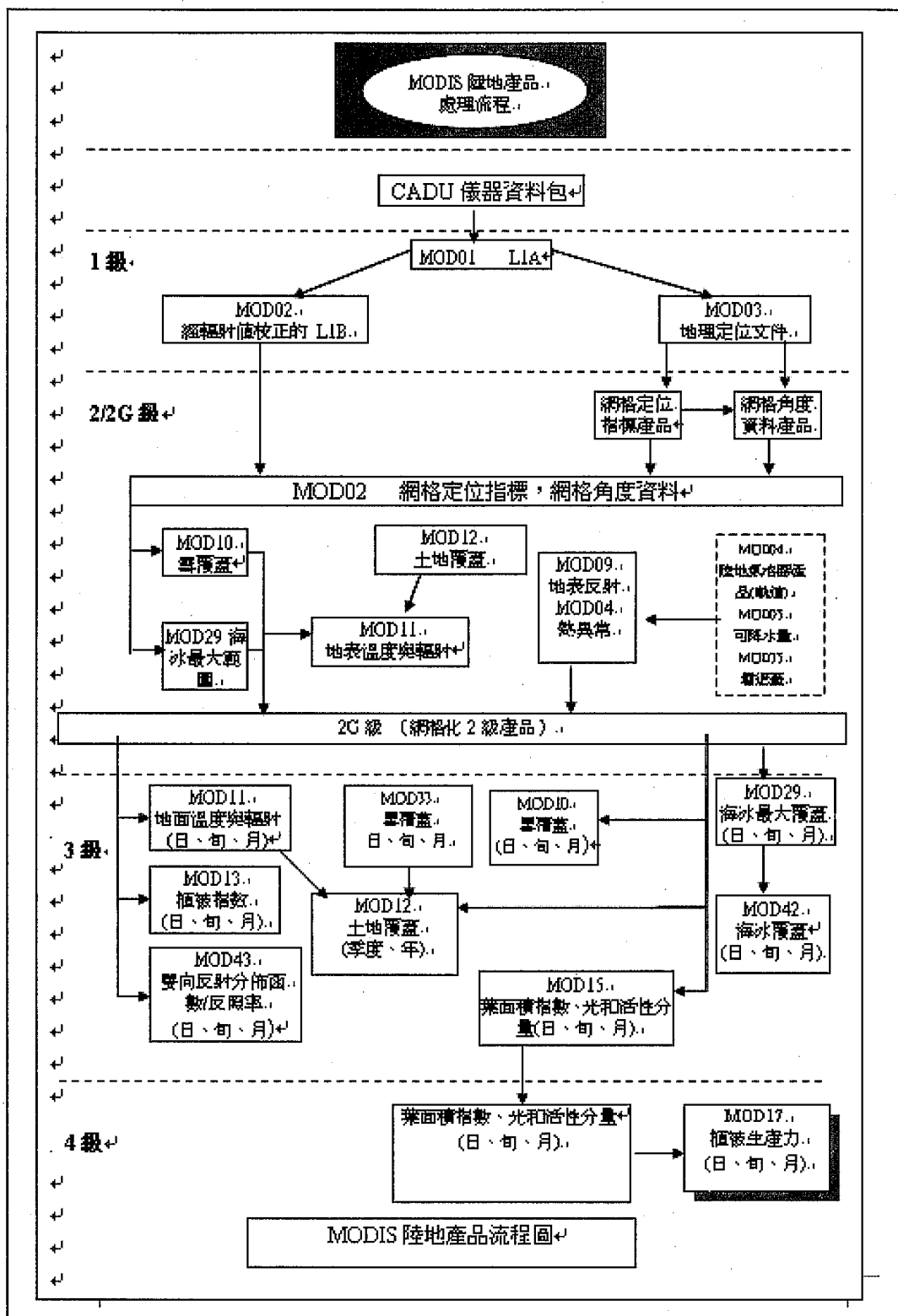


圖 4 MODIS 陸地產品處理流程圖