

應用物理模式提升衛星反演日射量準確度

葉子嫻 鄭光浩 翁敏娟

中央氣象署 科技發展組



前言

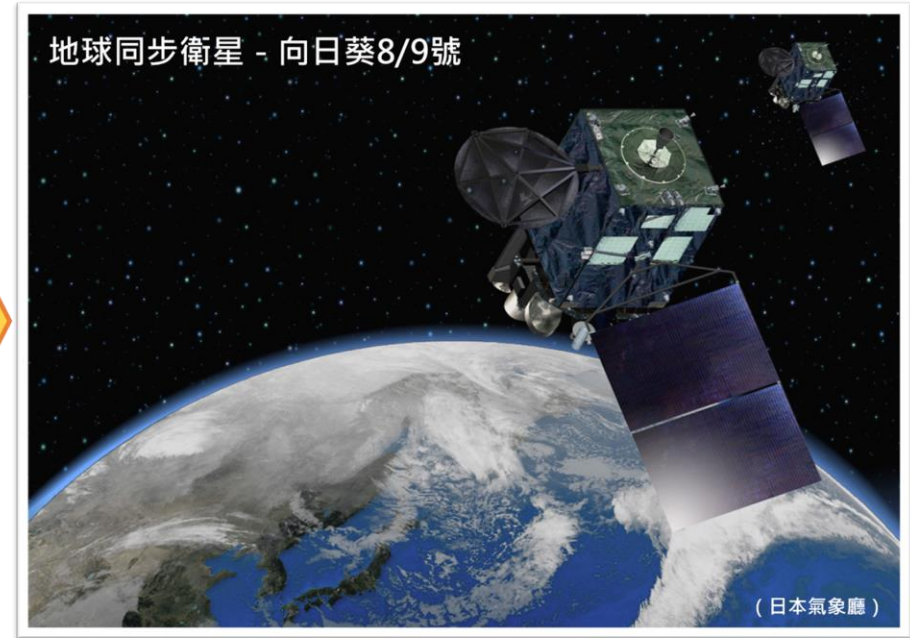
日射量是影響地球能量收支與氣候系統的關鍵，也是太陽能發電評估、農業生產、建築能源規劃以及環境研究的重要資料。掌握日射量的時空分布，有助再生能源的發展，提升氣象與氣候預報的精準度。

過去臺灣的日射量監測主要依賴地面觀測站，由於測站分布不均且數量有限，無法完整反映全區域分布。

為解決這個問題，利用地球同步衛星向日葵 8 / 9 號，實現從「點」到「面」全面監測。透過穩定觀測，衛星資料能精確捕捉臺灣各地的日射量分布及變化，突破傳統地面觀測的限制。



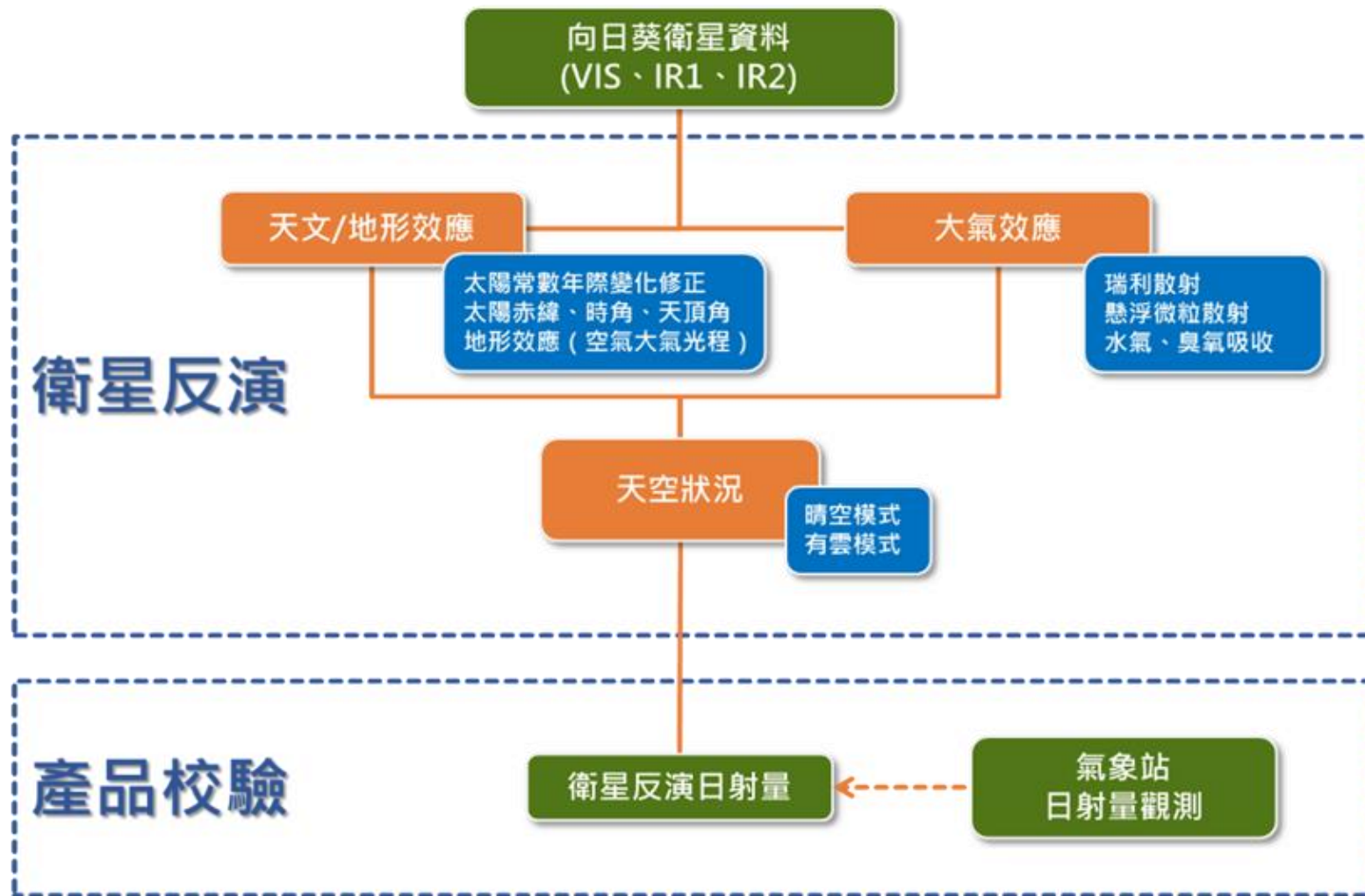
測站「點」的日射量



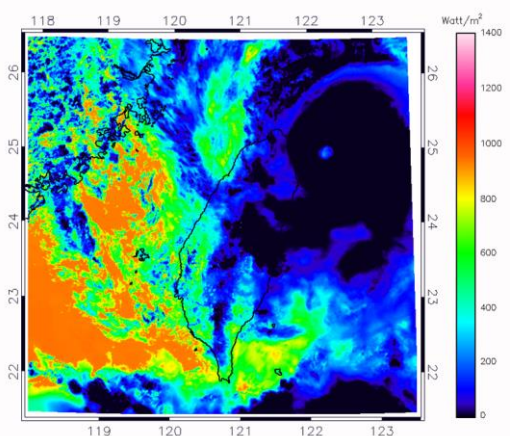
衛星反演「面」的日射量

左圖：臺灣的日射量測站分布，透過「點」量測太陽能輻射資料。
右圖（面）：利用同步衛星（向日葵8/9號）觀測大範圍資訊。

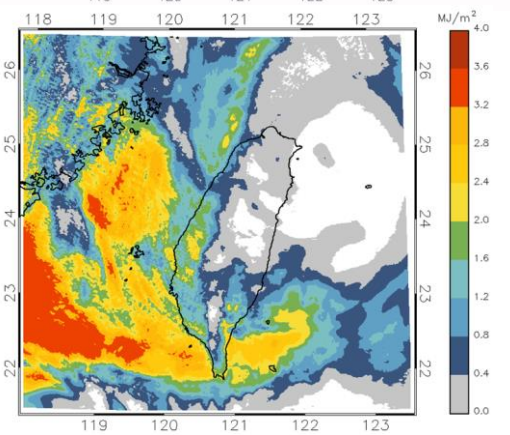
日射量反演系統架構



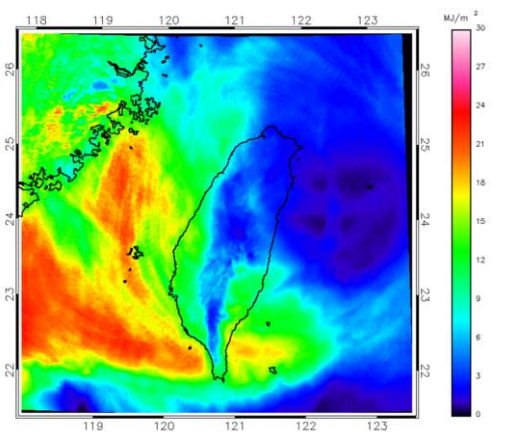
瞬時輻照度



時累積日射量



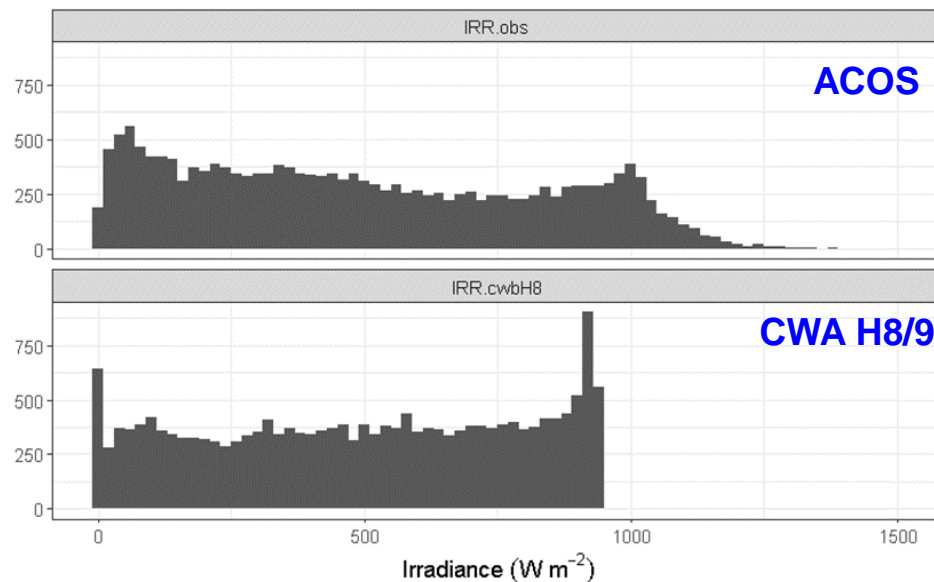
日累積日射量



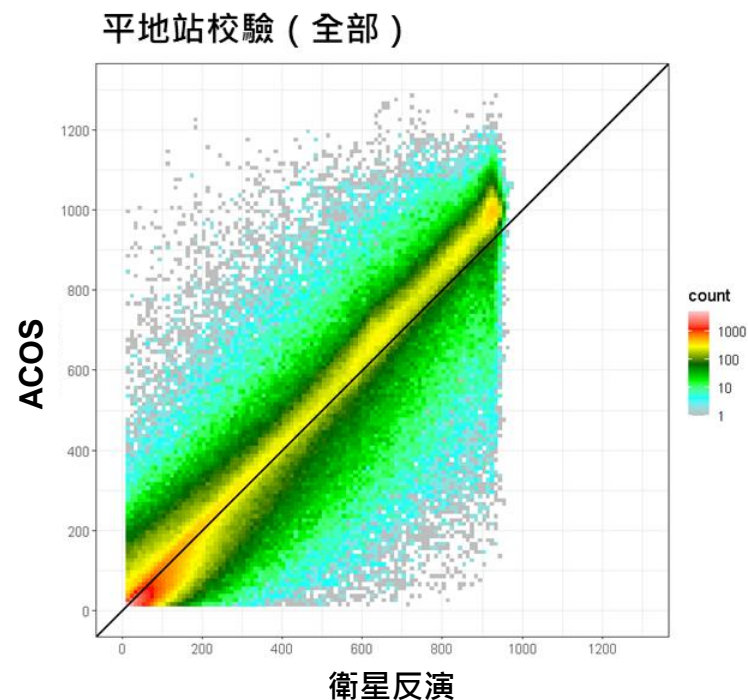
結果比較

此為先前之結果校驗分析，將衛星反演結果與觀測資料比較，左邊以直方圖的方式呈現，右邊則為散布圖。

衛星反演日射量的上限約略偏低，當日射量接近最大值時，衛星推估的分布範圍並沒有完整覆蓋地面觀測的高值區間。雖然相關性在0.85以上，但高值區的偏差影響了誤差統計，導致平均絕對誤差仍高達122.6 W/m²。中低輻射量區間表現相當穩定，散布圖顯示資料點高度集中於對角線附近。

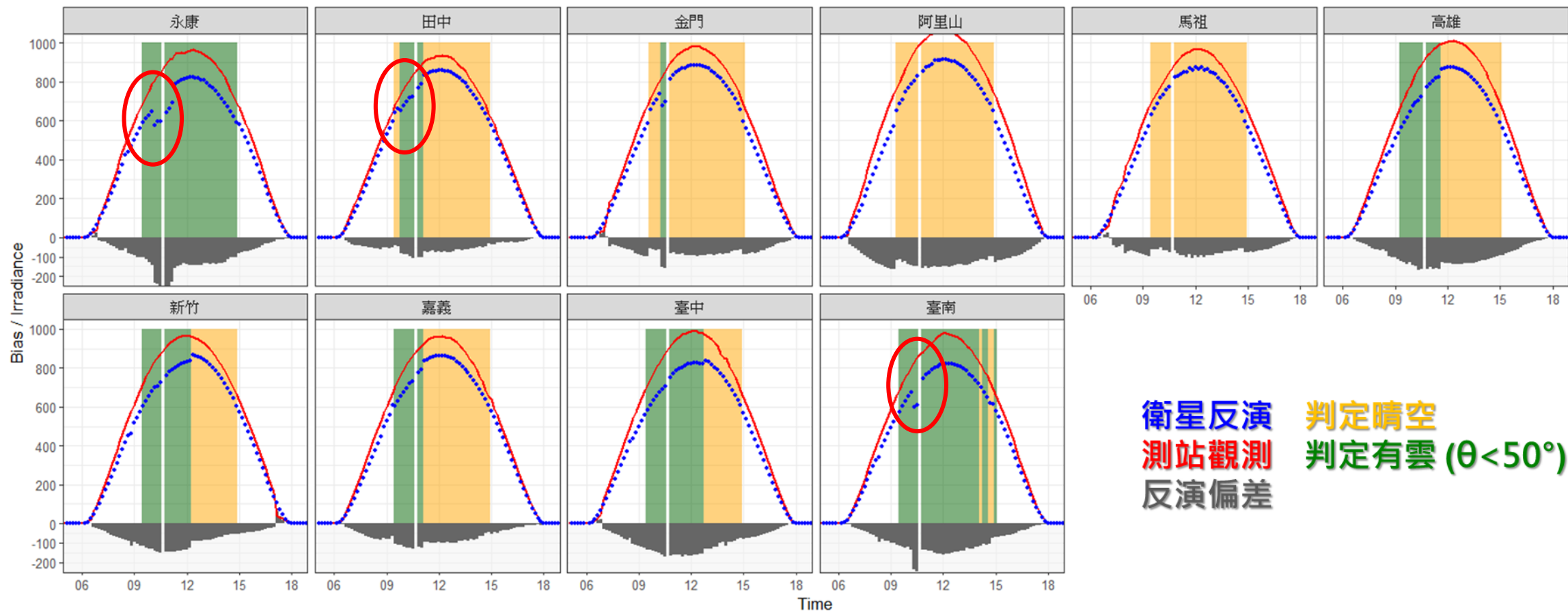


(07:00~17:59)	CWB H8/9
平均誤差 (W m ⁻²)	-9.3
平均絕對誤差 (W m ⁻²)	122.6
相關係數	0.85
線性迴歸斜率	0.96



日射量反演系統對晴空之判斷

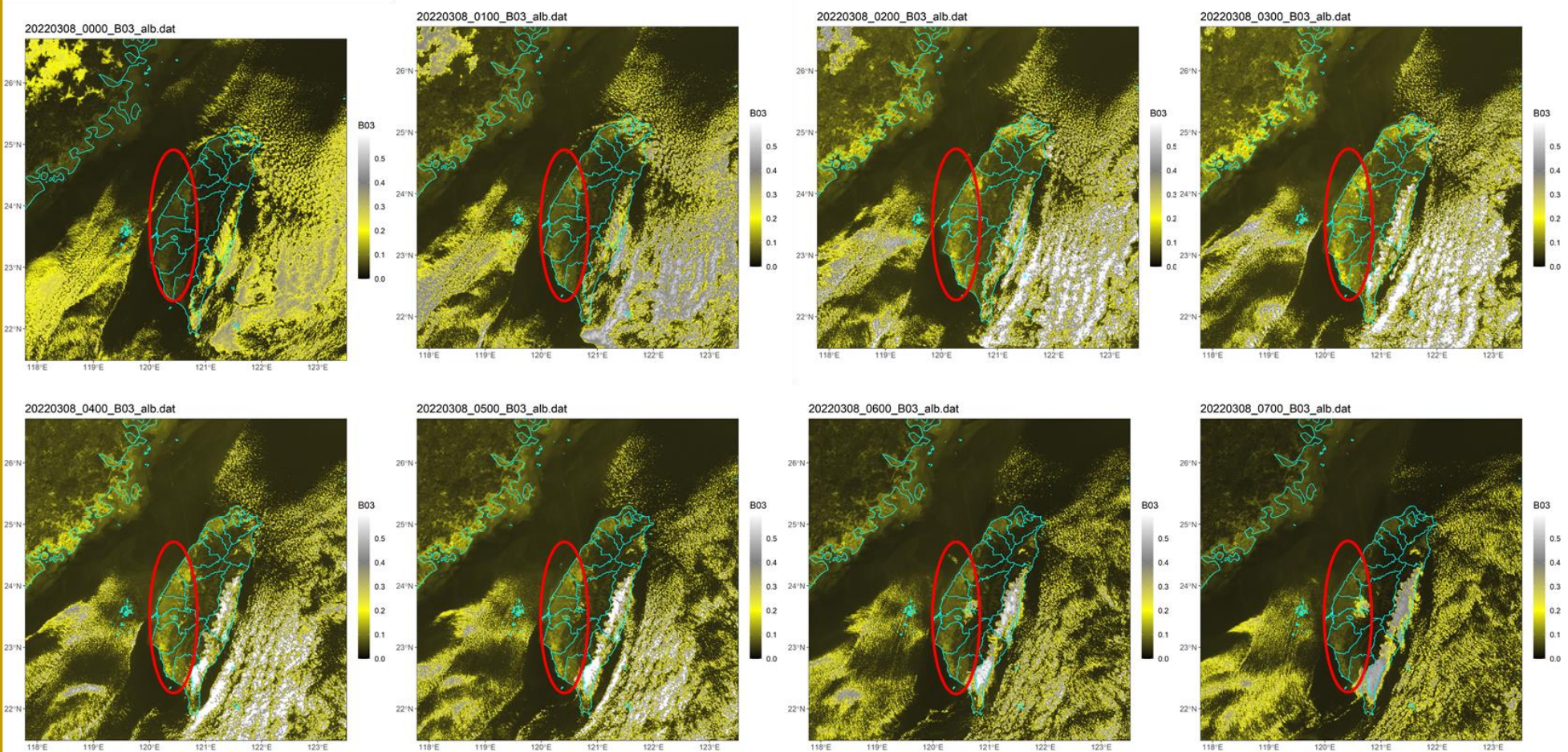
2022-03-08



討論

右圖為 2022/03/08 00-07 UTC 向日葵八號衛星觀測臺灣地區可見光 (B03) 反照率分布，紅框為臺灣西部區域。

都市區反照率多落在 0.2 以上，其中以高屏地區最為明顯。此區反照率僅隨時間有數值變化，並未出現明顯移動，推測應為晴空條件下的地表反照率。

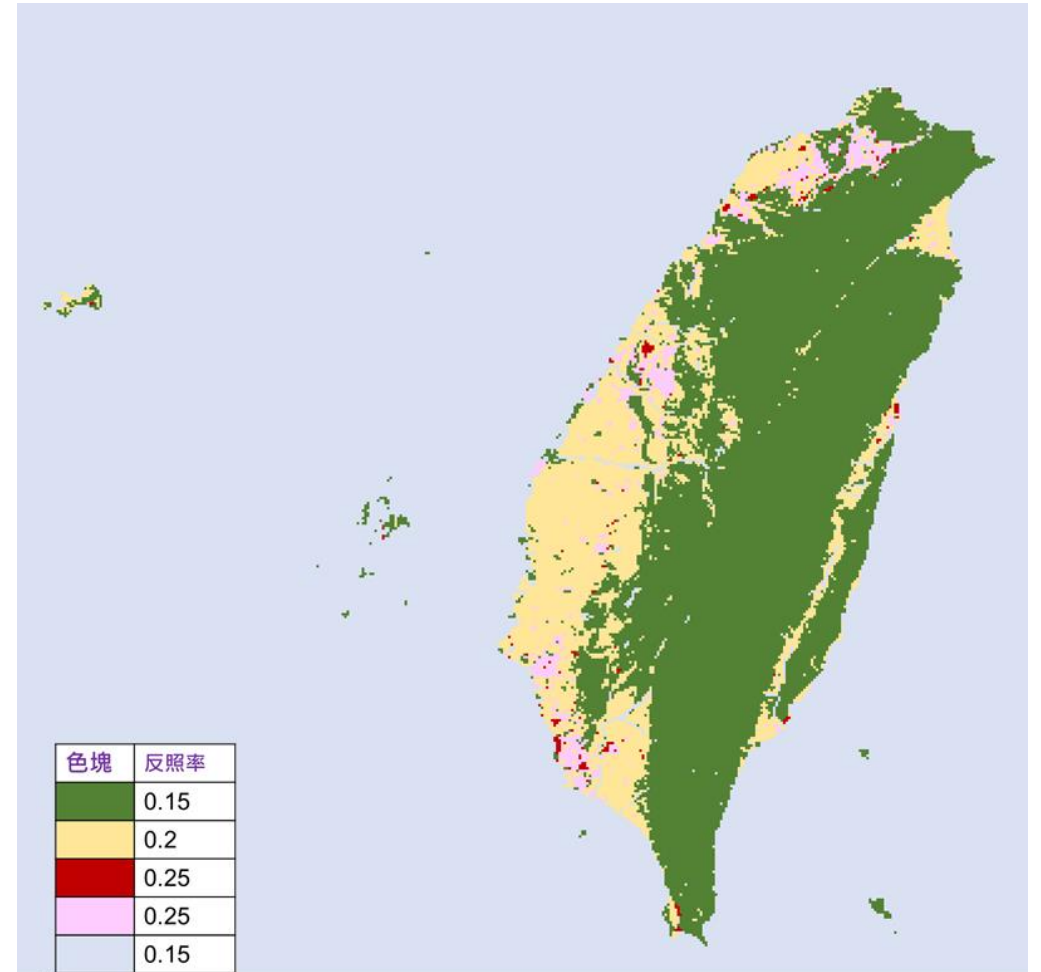
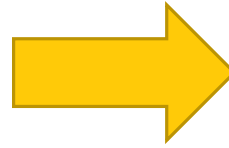
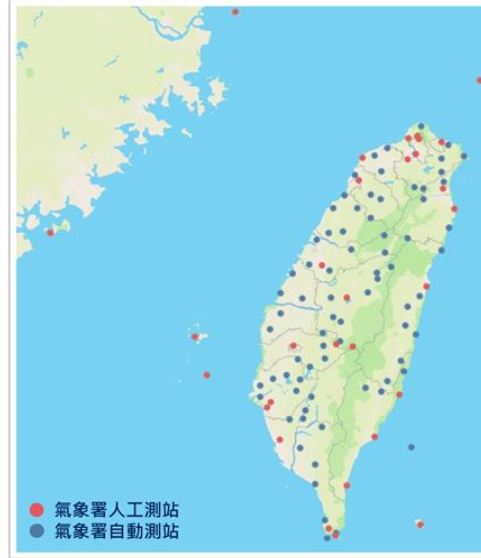


建立臺灣地區地表反照率

臺灣地區土地利用類型與反照率對照表

代碼	土地利用類型	種類	文獻參考	設定
01	農業利用土地	農業	0.18~0.25	0.2
02	森林利用土地	落葉林	0.15~0.2	0.15
		針葉林	0.05~0.15	
03	交通利用土地	柏油路	0.05~0.2	0.2
04	水利利用土地	天頂角小	0.03~0.1	0.15
		天頂角大	0.1~1.0	
05	建築利用土地	多種類		0.25
06	公共利用土地	多種類		0.25
07	遊憩利用土地	多種類		0.2
08	鹽礦利用土地	(無參考文獻)		0.15
09	其他利用土地	多種類		0.15

Oke, 1987



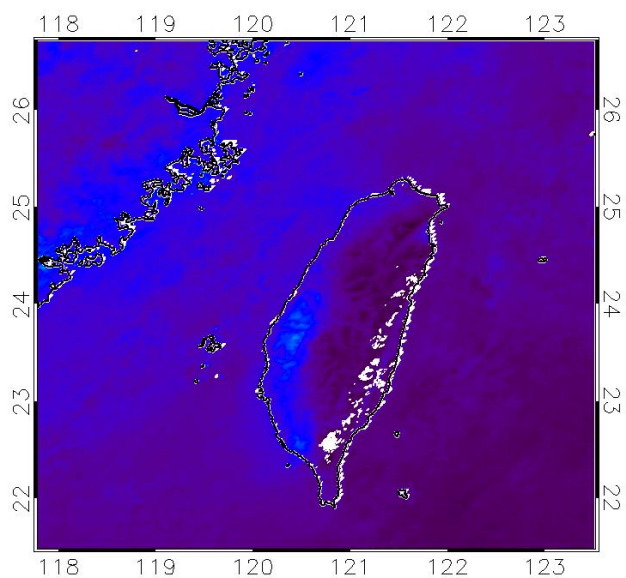
衛星反演系統在天空狀況判斷上，可能受限於地表反照率的不準確。

為改善此問題，本研究利用國土測繪中心的土地利用資料，並參考相關文獻，建立臺灣地區的地表反照率資料。

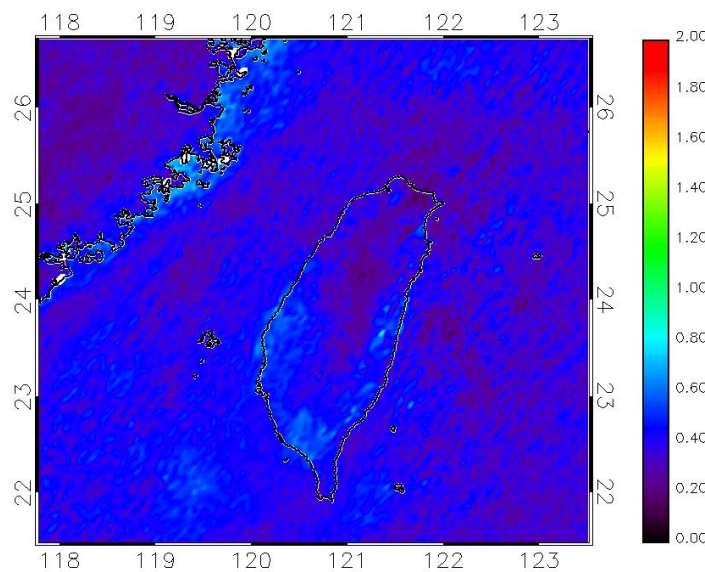
然而，由於比較的測站多位於都會區，實際改善效果仍待驗證。

向日葵衛星氣膠光學厚度產品之面化處理

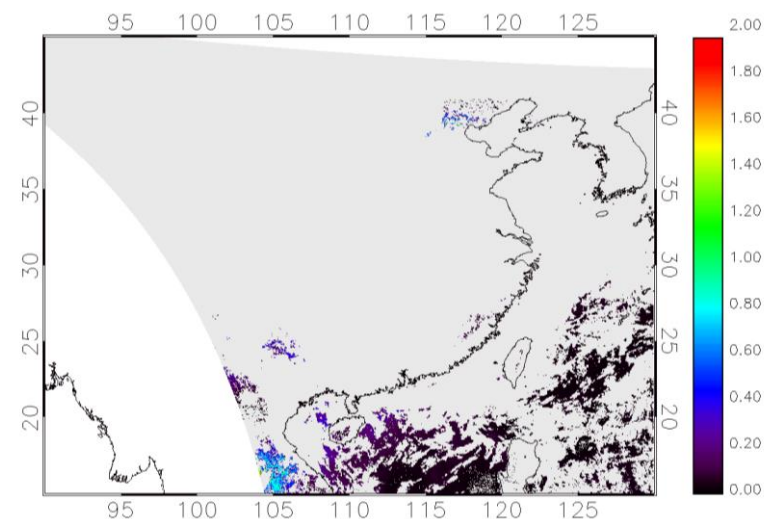
日射量反演系統初期以經驗式處理氣膠光學厚度(AOD)，後續改以 VIIRS 與 MODIS 衍生產品製作網格並導入流程，成為現行版本。近年氣象署發展向日葵衛星資料反演 AOD，但受雲層影響僅能在晴空下進行，與實際雲況仍有落差。本研究嘗試結合 AOD 面化處理，進一步提升日射量反演的準確性與應用價值。



MODIS Feb.



VIIRS Feb.

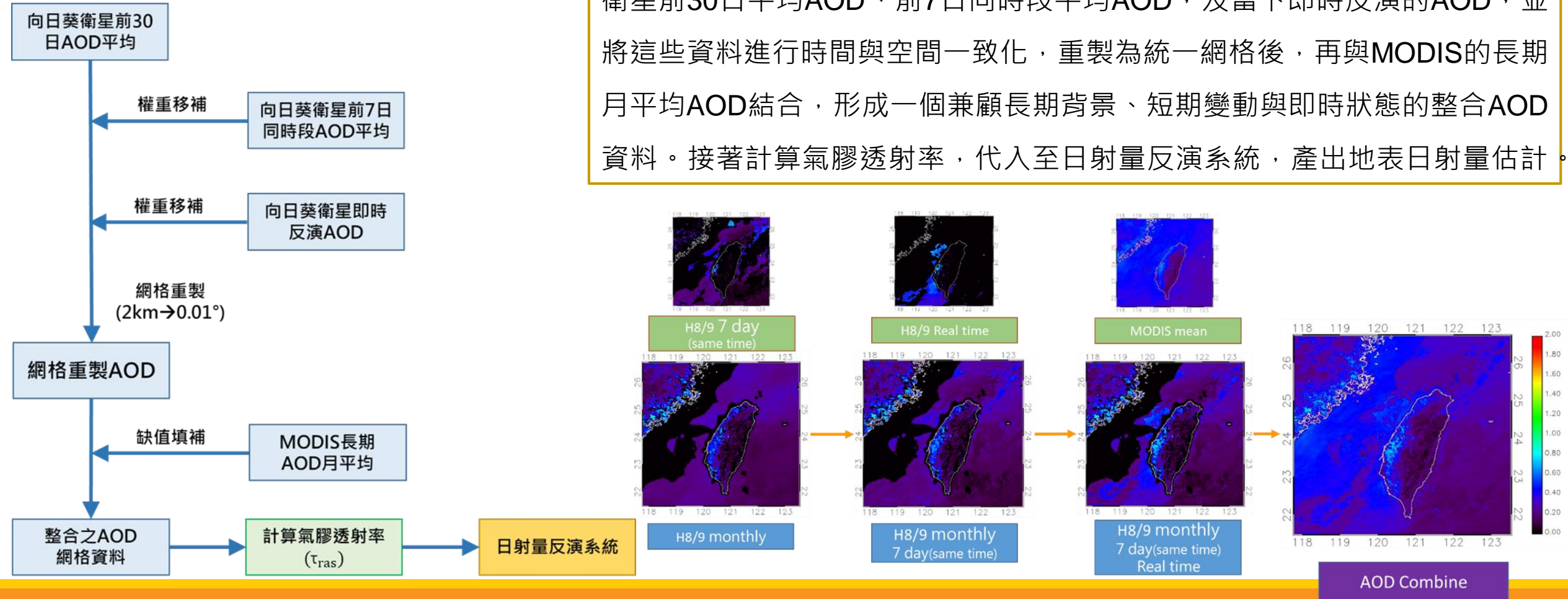


CWA H8/9
2024/02/03/12 : 00

向日葵衛星氣膠光學厚度產品之面化處理(續)

多源AOD網格化流程

左圖為多來源AOD整合進入日射量反演系統的流程。首先，蒐集向日葵衛星前30日平均AOD、前7日同時段平均AOD，及當下即時反演的AOD，並將這些資料進行時間與空間一致化，重製為統一網格後，再與MODIS的長期月平均AOD結合，形成一個兼顧長期背景、短期變動與即時狀態的整合AOD資料。接著計算氣膠透射率，代入至日射量反演系統，產出地表日射量估計。

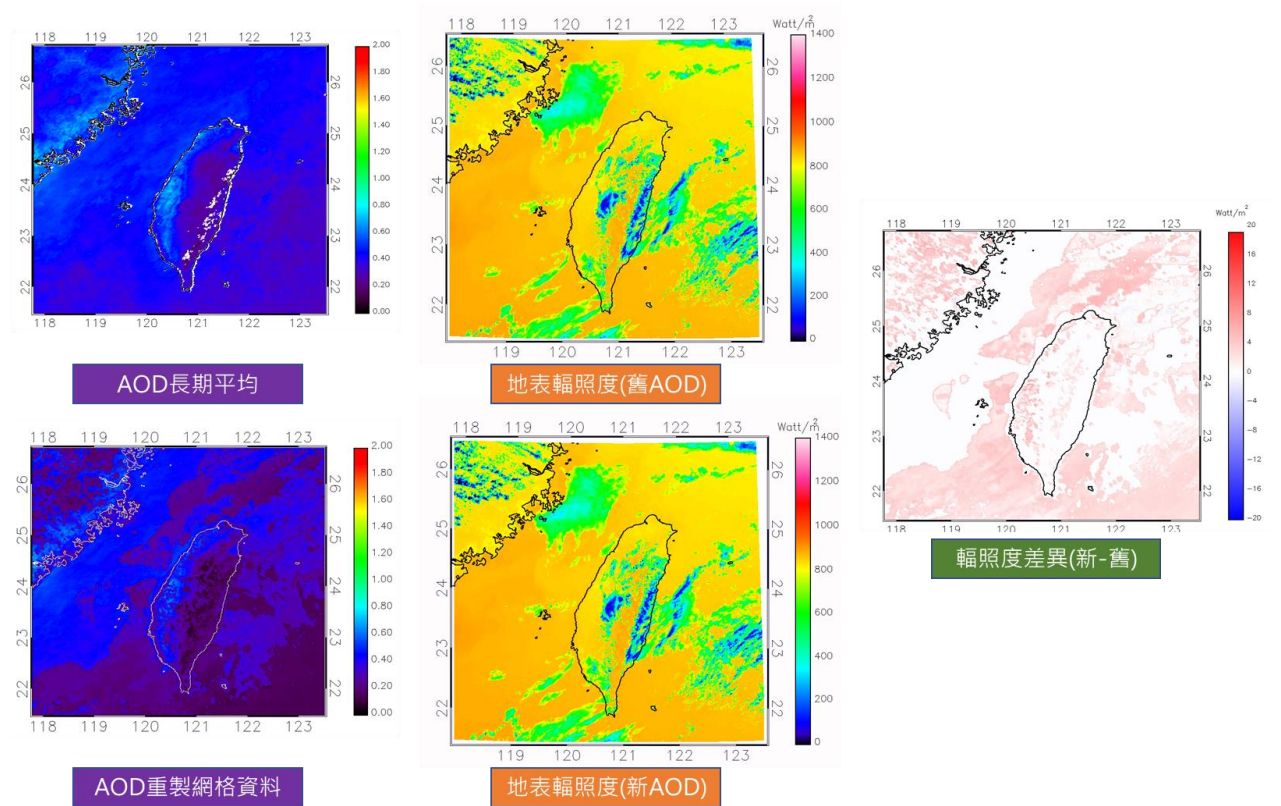


向日葵衛星氣膠光學厚度產品之面化處理(續)

左上圖為 AOD 長期平均，左下圖為重製網格後的 AOD；中上圖為舊版 AOD 輻照，中下圖則為新版；右圖顯示新版減去舊版的差異。

結果顯示，全臺大多呈現淡紅色，代表新版 AOD 的估值較低，氣膠遮蔽效應相對較弱，使得地表輻照普遍增加，約提升 0 至 20 W。雲帶大致相近，主要差異出現在晴空區。

整體而言，兩種方法的差異不大，但從 AOD 的分布可觀察到，長期平均值普遍高於 2022 年 3 月的情況。若僅依賴目前的反演流程，可能無法充分反映當下的真實情境。由於 AOD 反演技術仍在持續發展中，待產品成熟後，預期可取代現有的 AOD 資料。



2022年3月04日12:50
兩種方法所反演之太陽輻照度比較

目前工作與未來展望：氣膠型態分類對日射量影響

利用衛星遙測資料、太陽天頂角、AOD分布、經緯度以及高程資訊對臺灣地區氣膠種類進行分類。

沙塵：BTD11-12 < -0.5K。陸地且 $\rho < 0.06$ 。

海洋潔淨：海上且 $\rho < 0.06$ 。

海洋污染：海上且 AOD ≥ 0.2 。且 $0.06 \leq \rho \leq 0.10$ 。

熱帶海洋：海上且 |緯度| < 23。

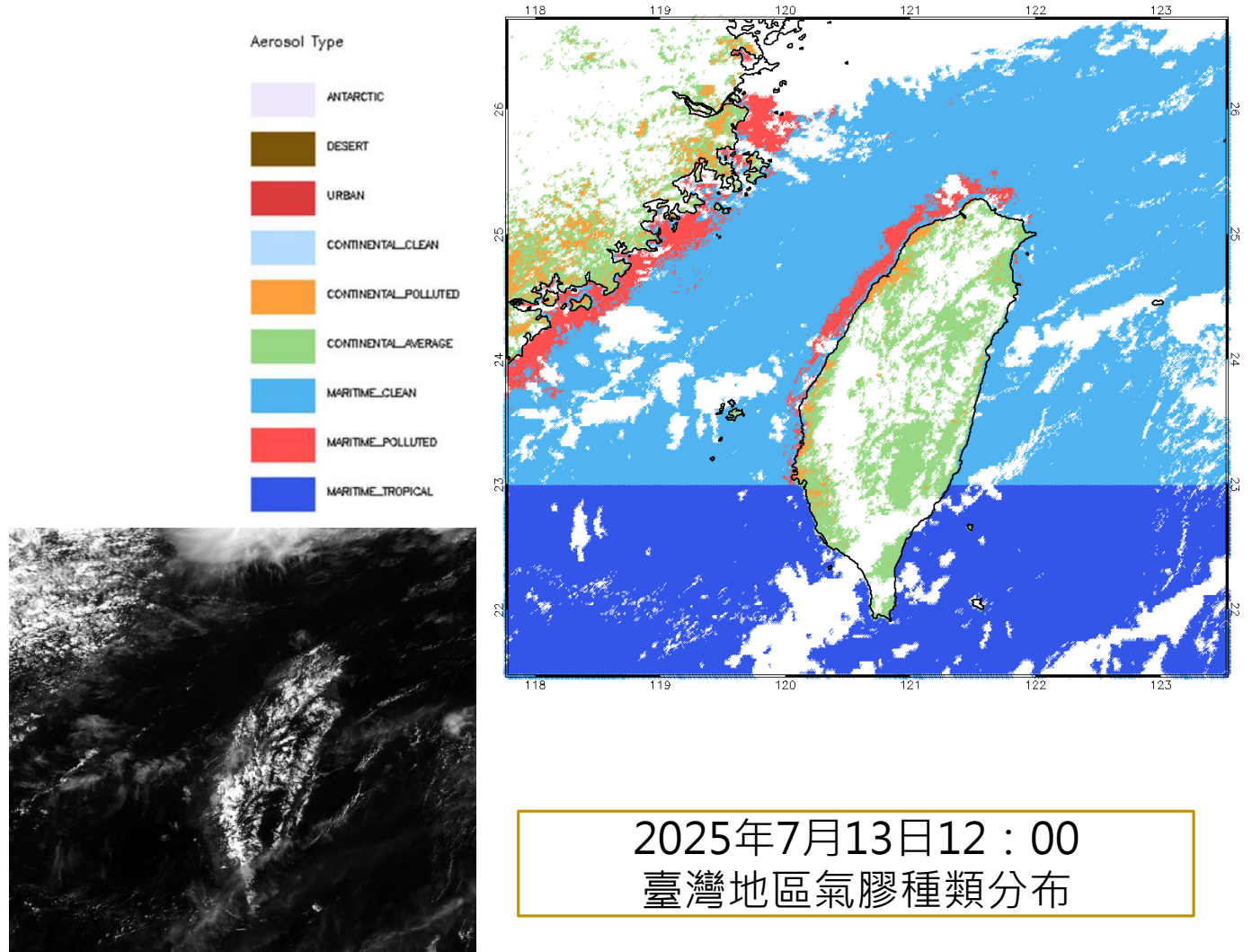
都市：陸地且 AOD ≥ 0.4 。且 $\rho > 0.10$ 。

大陸污染：陸地且 AOD ≥ 0.2 。且 $0.06 \leq \rho \leq 0.10$ 。

大陸平均：陸地且 AOD ≥ 0.05 。且 $\rho < 0.06$ 。

大陸潔淨：AOD < 0.05。

右圖以2025年7月13日 12:00為例。



2025年7月13日12:00
臺灣地區氣膠種類分布

結論

- 本研究旨在提升日射量反演準確度。
- 利用地球同步衛星向日葵8/9監測補足地面測站密度不足。系統涵蓋即時至日累尺度。
- 目前反演結果顯示高值偏低。整體相關逾0.85，MAE約122.6。偏差多見於晴空高值。
- 地表反照率影響判別。利用土地利用類型資訊建立臺灣反照率資料，因比較的測站多位於都會區，實際改善效果仍待驗證。。
- AOD由經驗轉多源整合。整合H8/9、VIIRS與MODIS。時空一致化後代入模式計算。新版AOD遮蔽率降低。晴空輻照提升約0至20W。
- 未來持續進行氣膠型態分類。以型態自適應修正。

感謝聆聽

