

衛星の代替わりによって引き起こされる

ISCCP 雲量の見かけ上の変動

広瀬民志^{1*}, 西憲敬¹, 濱田篤²

¹京都大学大学院理学研究科, ²東京大学大気海洋研究所

International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP) の D シリーズデータは複数の衛星データを結合して作成された雲観測プロダクトで、全球規模の雲量長期変動を解析可能な数少ないデータセットである。本研究では GMS 静止衛星の観測範囲における ISCCP 雲量データの時系列が、NOAA-Afternoon 極軌道衛星が代替わりする前後で平均値にギャップを生じさせてしまっていることを発見した。ISCCP が雲量を推定する際に用いる衛星が観測した赤外輝度温度の値も同様の時期に平均値にギャップを生じさせていることがわかった。上記の ISCCP プロダクトに含まれる平均値のギャップの原因は ISCCP が NOAA-Afternoon (NOAA-A) 極軌道衛星を基準にして各静止衛星が観測した赤外輝度温度の値を補正しているためである可能性が高いことがわかった。

図 1 は西太平洋低緯度海上における雲量時系列の 12 ヶ月移動平均値。図をみると破線の時期を境に GMS 静止衛星の雲量のみ明らかに平均値が減少している。GMS 静止衛星の雲量トレンドは 10 年あたり -3% である。NOAA-A 極軌道衛星の雲量トレンド $\pm 0\%$ と比較すると、GMS 雲量のトレンドに無視できない大きさの問題が生じていると考えられる。図 2 は GMS の雲量月平均値から NOAA-A の雲量月平均値を引いた差の時系列。図 2 の結果より、図 1 で示された GMS 静止衛星の雲量平均値の減少は 1994 年 9 月～1995 年 1 月の NOAA-A 極軌道衛星が NOAA-11 から NOAA-14 に代替わりする間の欠測期間をまたいで生じていることがわかる。さらに図 3 の結果をみると、GMS 静止衛星の海面温度の観測平均値が同様の時期を境に減少していることが分かる。特筆すべき点は、GMS 静止衛星のプロダクトであるにもかかわらず、異なる衛星である NOAA-A 極軌道衛星が代替わりした際に平均値が減少しているという点である。

GMS 静止衛星の赤外輝度温度が NOAA-Afternoon 極軌道衛星の代替わり直後に平均値を変化させる理由は、ISCCP が各衛星の観測した赤外輝度温度の値を、NOAA-A 極軌道衛星の観測値を基準に補正しているからである。図 4 は 1994 年 MAM における赤外輝度温度補正の例である。ISCCP は各衛星と NOAA-A 極軌道衛星の同時観測から得られた赤外輝度温度の散布図から線形回帰式を求めることで補正をおこなっている。図 5 は GMS 静止衛星に対する回帰係数の時系列である。補正の基準である極軌道衛星の代替わりが原因で補正係数の傾きが変化し、その結果補正の影響の大きい高温域と低温域で赤外輝度温度の平均値にギャップが生じてしまう。

図 6 は図 3 同様 GMS 静止衛星と NOAA-A 極軌道衛星の海面温度の時系列である。ISCCP の雲プロダクトは雲頂温度から雲頂高度を推定し、上層雲、下層雲の雲量を個別

に解析できるという利点を持っている。そこで次にこの赤外輝度温度高温域の平均値のギャップが、雲頂高度のプロダクトにどのように影響を与えているのか調べた。図7はNOAA-11とNOAA-14のそれぞれの極軌道衛星で補正されている期間のGMS静止衛星の雲頂高度分布を比較した結果である。極軌道衛星の代替わり以降、下層（高温域）の雲頂高度分布がより高い高度（低温）側に移っているという図6の赤外輝度温度の変化と整合的な結果が得られた。図8は高さ800hPa（約2km）以下の高さにおける雲頂高度の月平均値の時系列である。この図からも、図6の赤外輝度温度高温域の変動と下層の雲頂高度の変動が対応していることが見て取れる。

結果をまとめると、ISCCPの赤外輝度温度プロダクトはNOAA-A極軌道衛星を基準に補正されているため、極軌道衛星の代替わりをまたいで高温域と低温域の平均値にギャップを伴っている。またGMS静止衛星に関しては、雲量時系列もNOAA-A極軌道衛星の代替わりをまたいで平均値が変化しており、雲量の長期変動を解析するには注意が必要である。さらに下層雲の雲頂高度の平均値も同様にギャップを持っており、同様にNOAA-A極軌道衛星の代替わりをまたいで雲頂温度や雲頂高度の解析をおこなう際には気を付けて取り扱う必要がある。

図1 雲量時系列の比較 西太平洋海上

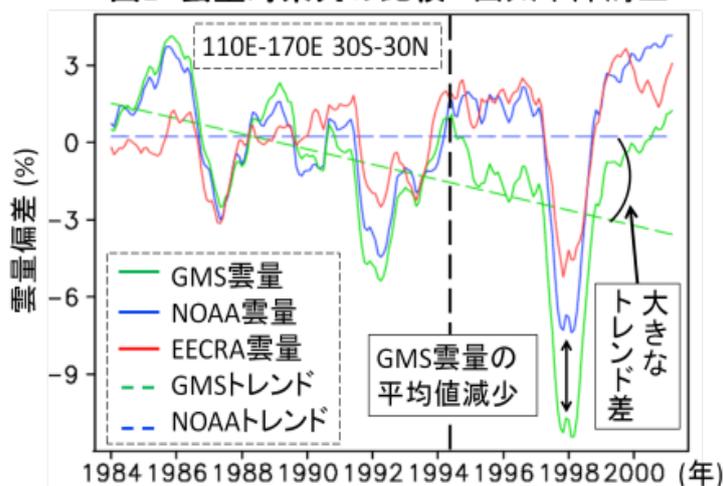


図1: 雲量時系列の12ヶ月移動平均値。それぞれ緑線がGMS静止衛星、青線がNOAA極軌道衛星、赤線がEECRA地上観測のデータから得られた雲量時系列を表している。

図2 NOAA-Aの切り替わりとGMS雲量

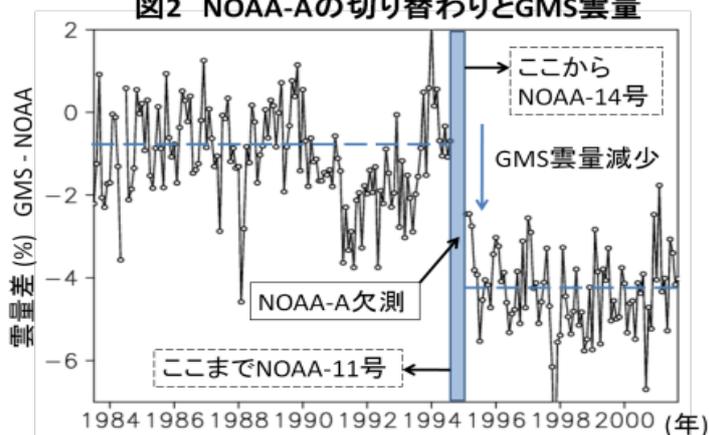


図2: GMS静止衛星から得られた雲量とNOAA極軌道衛星から得られた雲量の差の時系列。シェードはNOAA極軌道衛星がNOAA-11からNOAA-14に代替わりする間の欠測期間を表している。

図3 NOAA-Aの切り替わりとGMS海面温度

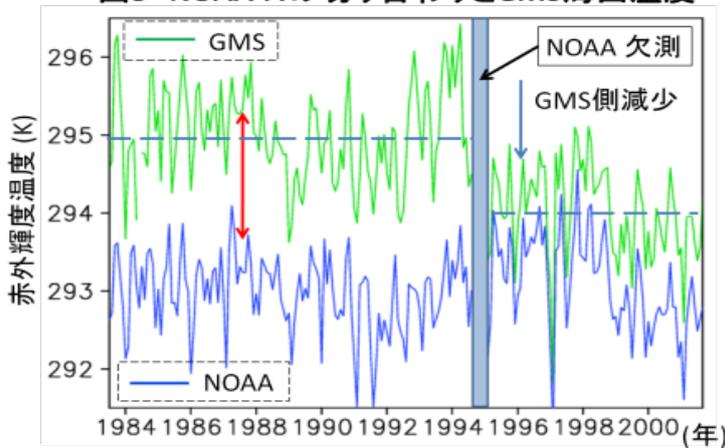


図3：衛星観測から得られた海面温度の推定値の時系列。それぞれ緑線がGMS静止衛星、青線がNOAA極軌道衛星の観測から得られた時系列を表している。シェードは図2と同様にNOAA極軌道衛星がNOAA-11からNOAA-14に代替わりする間の欠測期間を表している。

図4 NOAA-Aを用いた輝度温度補正

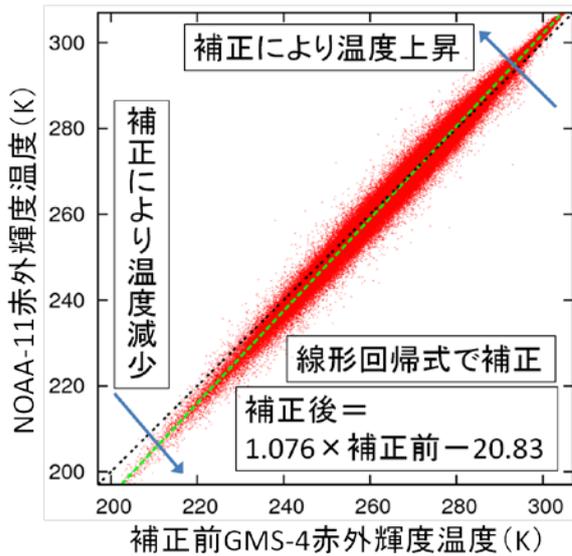


図4：ISCCPの赤外輝度温度補正式の算出法の例図。ドットはGMS静止衛星とNOAA極軌道衛星の同時観測から得られた赤外輝度温度の観測値。

図5 NOAA-Aの切り替わりとGMSの補正係数

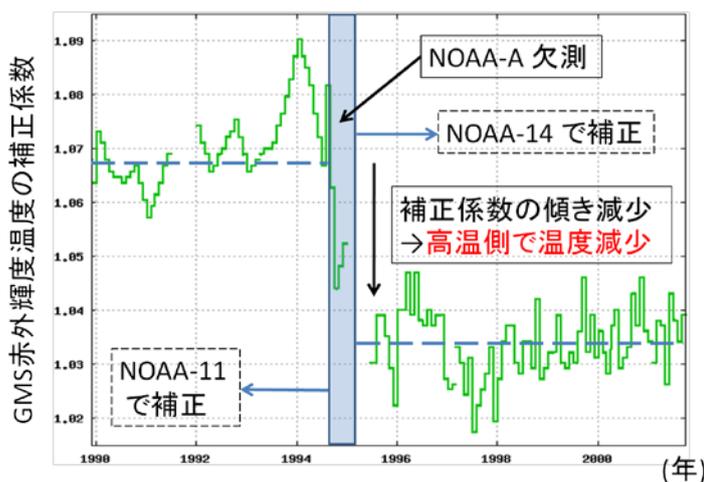


図5：図4の手法も用いて計算されたGMS静止衛星に対する補正係数の時系列。シェードはNOAA極軌道衛星がNOAA-11からNOAA-14に代替わりする間の欠測期間を表している。

図6 NOAA-14→16の切り替わりと海面温度

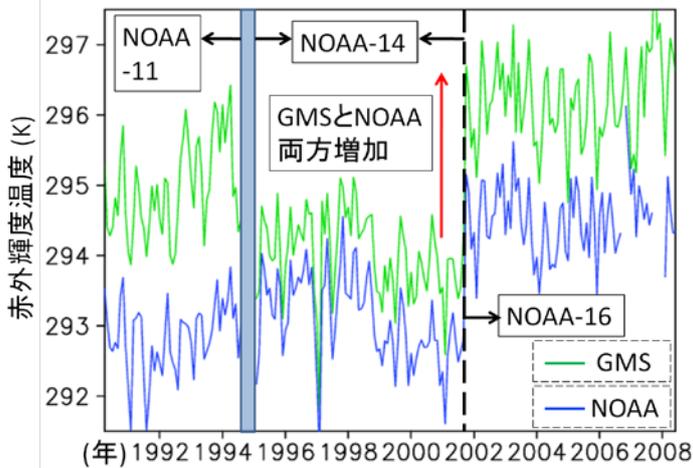


図6：図3と同様の海面温度推定値の時系列。シェードはNOAA 極軌道衛星がNOAA-11からNOAA-14に代替わりする間の欠測期間を表しており、波線はNOAA-14からNOAA-16への代替わりを示している。

図7 GMS雲頂高度分布

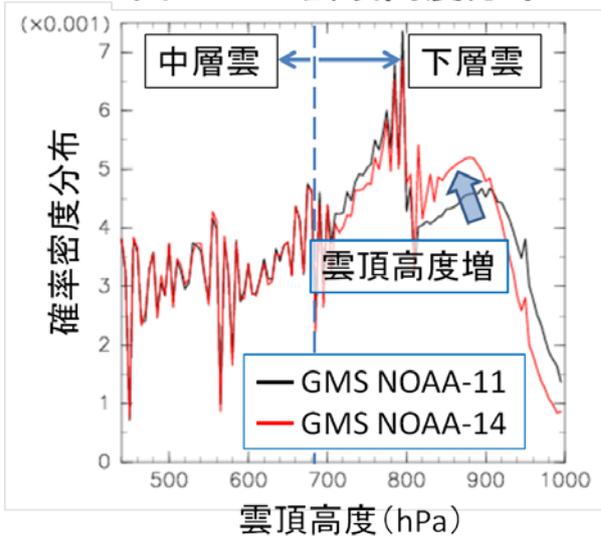


図7：GMS 静止衛星の雲頂高度の観測値の頻度分布。黒線がNOAA-11で補正されている期間の値で、赤線がNOAA-14で補正されている期間の値を示している。波線はISCCPが中層雲と下層雲を分離する際の基準値である680hPaの位置を示している。

図8 下層の雲頂高度時系列

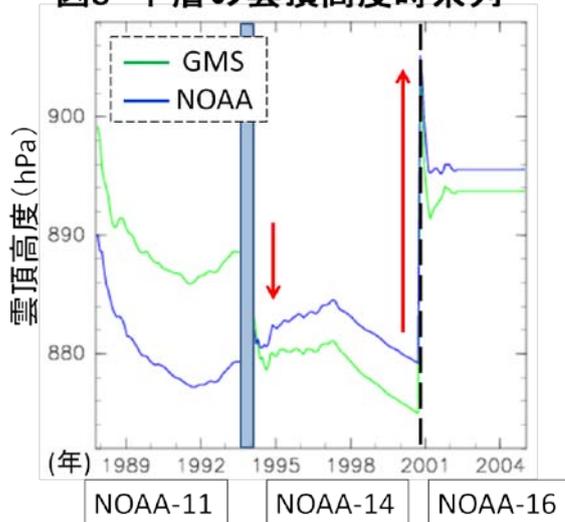


図8：下層（雲頂気圧800hPa以上）で平均した雲頂高度の時系列。緑線がGMS 静止衛星、青線がNOAA 極軌道衛星の観測値から得られた時系列を表している。シェードはNOAA-11からNOAA-14に切り替わる際の欠測期間、波線はNOAA-14からNOAA-16への代替わりの時期を示している。