

TRMM TMI と VIRS データの雲域を考慮した海面温度観測特性の解析

地球環境研究室 坂田 健太

1.はじめに

地球規模での海面温度(SST)を把握し、異常気象や気候変動などを解析するためには測器を地球全体に展開し観測することが理想である。より身近な SST データの利用分野としては漁業分野である。潮目等に魚群が分布するという特徴を利用し、良好な漁場を選択する目安として SST データが利用されている¹⁾。そこで、広域的に SST 観測を行う際、衛星リモートセンシングを用いた観測が有効である。この衛星リモートセンシングを用いた海面温度の観測は 1970 年代後半から、NOAA の AVHRR といった熱赤外領域センサや DMSP の SSM/I といったマイクロ波領域センサを用いた放射観測から SST 測定が行われてきている。

衛星による SST 観測には、マイクロ波域の観測と可視赤外域の観測と 2 種類方法がある。マイクロ波域の SST 観測の特徴として、低空間分解能ではあるが雲域や昼夜に関係なく SST を得ることができる。熱赤外域の SST 観測の特徴としては、高空間分解能であるが、雲域が海面を覆っていると SST を得ることができない。

2.研究目的

本研究では、マイクロ波放射計 TMI と可視赤外放射計 VIRS を同時搭載している TRMM に着目し、両センサの長所を活かした雲域欠測がない高空間分解能 SST データの作成を目的として

- VIRS SST データの雲域除去
- 雲域部分への TMI SST データの内挿について検討を行った。

なお使用したデータは 2000 年 6 月 22 日と

23 日で、各日について 2 軌道、合わせて 4 軌道を用いて研究を行った。また 1 軌道の観測時間は約 90 分である。

3.TMI SST データ²⁾

今回使用した TMI の SST データは米国 Remote Sensing Systems 社が web 上で公開されているものを用いた。図-1 にその TMI SST データを示す。

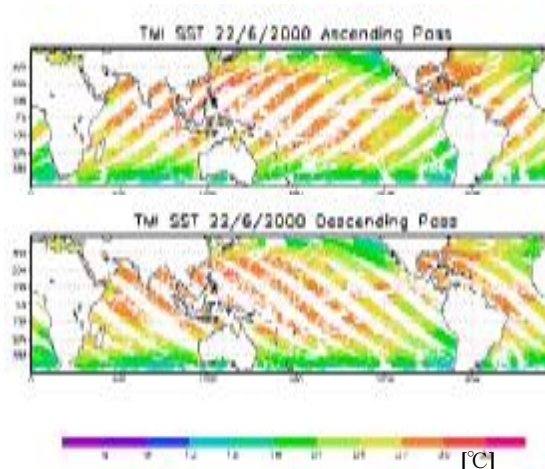


図-1.TMI SST

4.VIRS SST データ

VIRS の SST データは NASDA/EORC で使用されているアルゴリズムにより算出した。手順としては、まず VIRS データの分光放射輝度から式 1 を用いて輝度温度に変換して、NASDA/EORC で利用している SST 算出式(式 2)により SST に変換し³⁾、変換した SST は緯度経度直交座標系に投影した。

$$TB = \frac{h \cdot c}{k \cdot I} \cdot \frac{1}{\ln\left(\frac{2hc^2}{B_\lambda I^5} + 1\right)} \quad [K] \quad (1)$$

h : プランク定数 $6.626 \times 10^{-34} [J \cdot s]$ TB : 輝度温度[K]

k : ボルツマン定数 $1.38 \times 10^{-23} [J \cdot K^{-1}]$

B_λ : 分光放射輝度 $[mW \cdot cm^{-2} \cdot \mu m^{-1} \cdot sr^{-1}]$

c : 光速 $2.998 \times 10^8 [m \cdot s^{-1}]$ λ : 中心波長 [μm]

$$SST = a_1 + a_2 \cdot TB_4 + a_3 \cdot (TB_4 - TB_5) + a_4 \cdot (TB_4 - TB_5) \cdot m + a_5 \cdot (TB_3 - TB_4) + a_6 \cdot (TB_3 - TB_4) \cdot m \quad (1)$$

$a_{1\sim5}$: NMC との重回帰式によって算出された係数

$TB_{3\sim5}$: BAND_{3..5} の輝度温度[K]

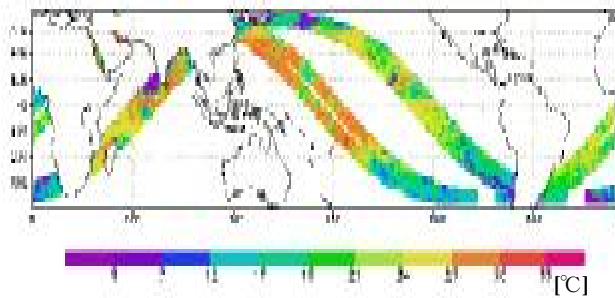


図-2 VIRS SST (4 軌道重ね合わせ)

ここで、温度が低く算出されたところが雲域であると考えられるため、その領域を識別・除去するために以下の方法をとって行った。

5. 雲域の除去

5.1 昼間の雲域閾値設定

雲域除去の手法として VIRS BAND1(可視)と水の反射が小さい BAND2(短波長赤外)のデータを使って主成分分析により、雲域を有効に識別する方法を開発した。まず BAND1 と BAND2 の分光放射輝度を式 3 により太陽反射率であるアルベドに変換した。

$$\rho = \frac{\pi \cdot L}{E \cdot \cos \theta} \quad (3)$$

ρ : アルベド θ : 太陽天頂角[rad]

E : 太陽定数 [$W \cdot m^{-2} \cdot nm^{-1}$]

L : 分光放射輝度 [$mW \cdot cm^{-2} \cdot \mu m^{-1} \cdot sr^{-1}$]

図-3 には BAND1 と BAND2 のアルベドの関係図を示す(例として 2000 年 6 月 22 日の 1 軌道分)。

雲と海面のスペクトル特性よりアルベドが高いところでは、雲域と考えることが出来るた

め、BAND1,2 のどちらかが高いところで、分散してプロットされているところでは雲域と考えた。図-3 の A や B の BAND1 が高くて BAND2 が低いところやその逆になっているところでは雲頂高度の相違が関係しているものと推察される。

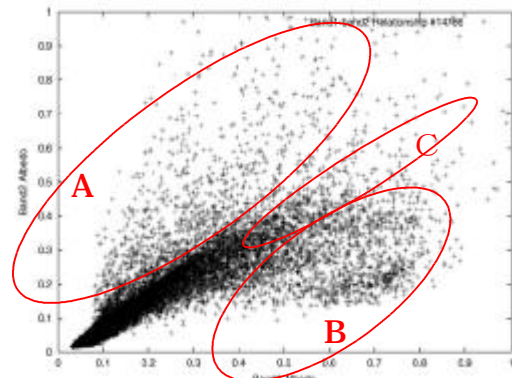


図-3. BAND1 と BAND2 のアルベドの関係図

次にこの散布図より、閾値を 2 次元的に設定するために主成分分析を行った。主成分分析での主成分負荷量を表-1 に示す。図-2 には主成分分析計算後の散布図を示す。

表-1. 主成分負荷量

	2000/6/22 Pass 1	
	第 1 主成分	第 2 主成分
X1	0.937624	-0.34765
X2	0.937234	0.34765

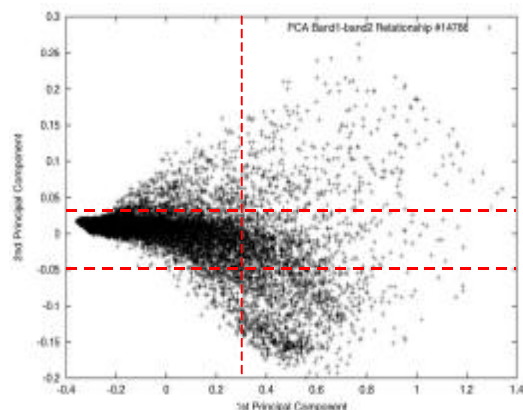


図-4. 主成分分析後の BAND1 と BAND2 のアルベドの関係図

図-4 の横軸である第 1 主成分は BAND1,2 での

互いのアルベドの大きさを表している。一方、縦軸である第2主成分はBAND1,2の差分大きさを表している。そこで第1,2主成分に対して以下のように閾値を設定した。

第1主成分：アルベド値が高い(0.3以上)ところを雲域

第2主成分：散布図の塊から上下離れている、0.015以上、-0.05以下を雲域

5.2 夜間の雲域閾値設定

夜間の閾値はまず1軌道全体でのVIRSのBAND4の輝度温度ヒストグラムをとった(図-5)。また昼間で設定した雲域でのBAND4の輝度温度でのヒストグラムをとった(図-4)。するとヒストグラムの最頻値が、図-3でのヒストグラムのAの肩に相当していることから、夜間における閾値をBAND4輝度温度の283Kとした。

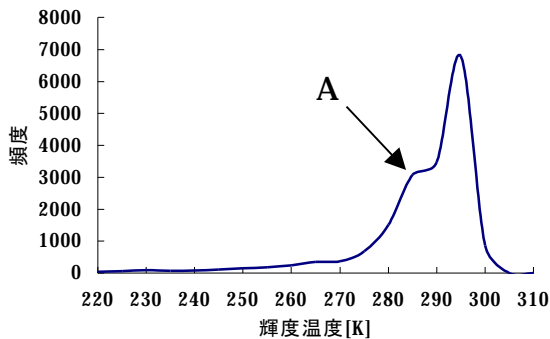


図-5 VIRS BAND4 輝度温度ヒストグラム

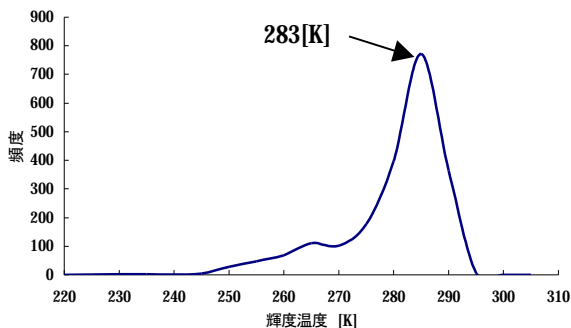


図-6 昼間の雲域での VIRS BAND4 輝度温度のヒストグラム

コンポジット画像作成

VIRS SSTにTMI SSTを内挿するコンポジットSST画像作成において、VIRS SSTデータを極力残しながら(つまり雲域部分の除去を最小限にしながら)雲域を取り除き、TMIとVIRS SSTの境界を滑らかにする必要があるので、可変閾値による方法を新たに考案した。この考案したフローチャートを図-7に示す。可変閾値を変化させる要素としてVIRS SSTとTMI SSTのばらつき(標準偏差)より行った。その標準偏差を求める範囲は $3 \times 3(0.75^\circ \times 0.75^\circ)$ で算出していた。そこで、図-8に示すように可変閾値を設定することで標準偏差の累積を用いることで終了条件を満たす結果となった。

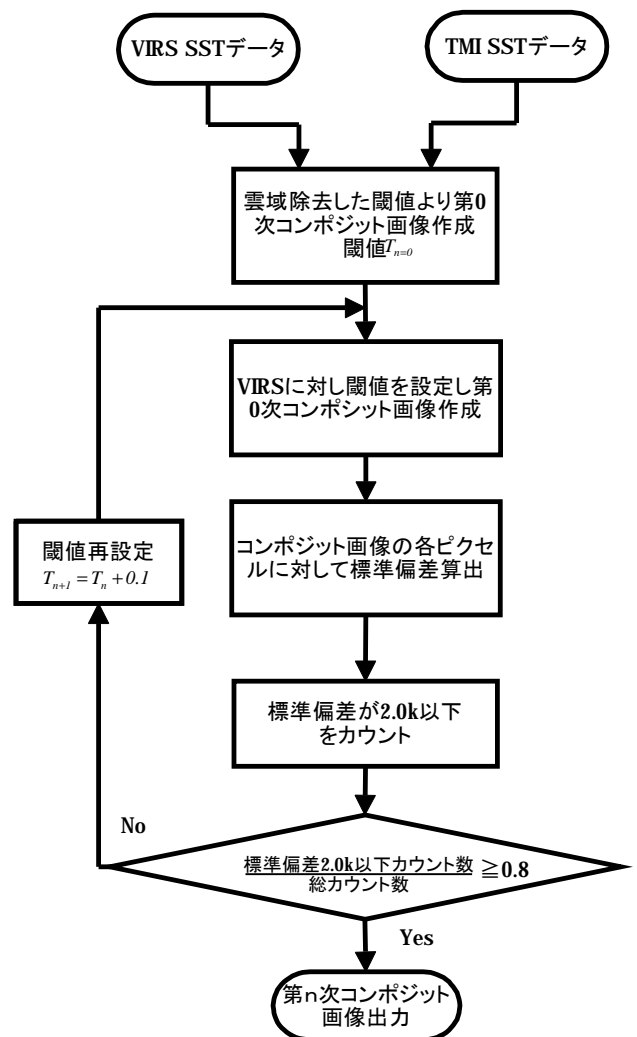


図-7.コンポジット画像作成フローチャート

VIRS データで雲域と識別され、除去されたところへの TMI SST データの内挿法としては、VIRS データで除去された同緯度経度のデータを埋め込んでいった。

本研究でコンポジット画像を作成することにより、マイクロ波センサと可視・赤外領域センサの特徴から、以下に示すような特徴をもつ SST 画像となった。

- n 雲域の影響を極力除去した SST の取得が可能
- n 高解像度な SST 画像が取得可能
- n TMI SST に比べ、より陸域に接した SST の取得が可能

図-9 に今回作成したコンポジット画像を示す。

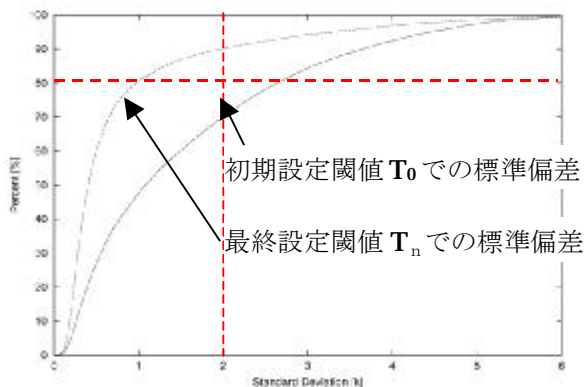


図-8.標準偏差の累積ヒストグラム

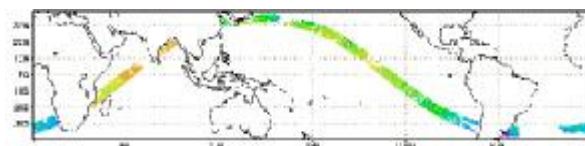
まとめ

本研究で開発したアルゴリズムによる高空間分解能 SST データは潮目が明確に細かく捉えることができるようになりより、これまでよりも明瞭に潮目を把握することができ、漁場探索が可能になる。また平成 14 年打上げ予定である ADEOS-II にも TRMM と同じくマイクロ波センサ(AMSR)と可視熱赤外センサ(GLI)を同時搭載予定であるので開発した本手法が適用できるものと考えられる。

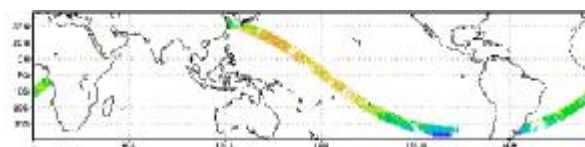
今後は SST 内挿における終了条件を標準偏差が 2.0k 以下の累積が全体の 80%以上としたが、この値について検討する余地がある。また今回標準偏差により可変閾値の設定方法を考

えたが、標準偏差以外にフィルタのようなものを用いた判別方法を考えることが望まれる。

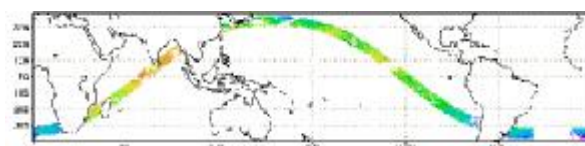
SST Composite 22/6/2000 Pass1



SST Composite 22/6/2000 Pass2



SST Composite 23/6/2000 Pass1



SST Composite 23/6/2000 Pass2

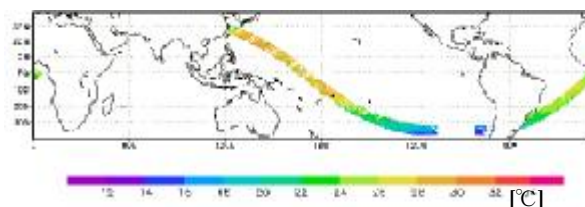


図-9 今回作成したコンポジット SST

参考文献

- [1] 日本リモートセンシング研究会：リモートセンシング通論,pp126-128,225-236,日本リモートセンシング研究会(2000)
- [2] Frank J. Wentz, Chelle Gentemann, Deborah Smith Dudley Cudley Chelton : Satellite Measurements of Sea Surface Temperature Through Clouds, SCIENCE pp850, Vol288, (2000)
- [3] Hiroshi Murakami : Sea Surface Temperature Estimation using Visible and Infrared Scanner (VIRS),NASDA/EORC,(1999)
- [4] 日本リモートセンシング研究会：図解リモートセンシング,pp8,196, 275,日本測量協会(1998)