VIRS / SST と TMI / SST との関係

新井 康平 (佐賀大学), 瀬戸 要[○] (佐賀大学大学院)

A relationship between VIRS / SST data and TMI / SST data

Kohei Arai, and Kaname Seto

ABSTRACT

SST (Sea Surface Temperature) is estimated, independently, with VIRS (Visible Infrared Scanner) or TMI (TRMM Microwave Imager), which are attached TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) satellite. A method for interpolation of multi-sensor satellite images based on Multi-Resolution Analysis (MRA) is proposed. The experimental results with TMI/SST image and VIRS/SST image show that RMS error is from 0.87 to 0.91 C.

Keywords: Wavelets, VIRS / SST, TMI / SST, MRA, Daubechies

1 まえがき

ウェーブレット解析 (展開、変換等) を地球観測衛星画像の処理解析に応用した例として、複数の可視画像の重ね合わせをウェーブレット変換後に行う方法¹⁾、オフナディア角の異なる複数の SAR 画像の重ね合わせをウェーブレット変換後に行う方法²⁾、衛星データから推定した海面温度の年変動のパターンにウェーブレット変換を適用してその特徴を抽出する方法³⁾、海水の表面粗度の抽出にウェーブレット変換を適用する方法⁴⁾、土壌水分を抽出した画像から空間的特徴を抽出する方法⁵⁾ 等がある^{6),7)}。

ところで、1997 年 11 月、TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) 衛星 [太陽非同期軌道] は打ち上げられた。TRMM 衛星に搭載されたセンサ TMI (TRMM Microwave Imager) およびセンサ VIRS (Visible Infrared Scanner) により海面水温 (SST: Sea Surface Temperature) は独立に推定される。本論文では、TMI 観測データにより推定された SST (TMI/SST) と VIRS 観測データにより推定された SST (VIRS/SST) との関係を多重解像度解析を用いて検討する。すなわち、異種センサの実観測衛星データ間の関係を多重解像度解析を用いて検討する。

なお、多重解像度解析を行う際の mother wavelet は、Daubechies 基底 (直交基底) を採用する。

2 多重解像度解析 (MRA)

2.1 mother wavelet

two-scale 関係

$$\phi(x) = \sum_{k \in \mathbb{Z}} p_k \cdot \phi(2x - k) \quad (1)$$

を満たす関数 ϕ を scaling 関数という。数列 $\{p_k | k \in \mathbb{Z}\}$ は two-scale 数列と呼ばれ、数列 $\{p_k | k \in \mathbb{Z}\}$ によって scaling 関数 ϕ は決定される。

また、mother wavelet ψ は、

$$\psi(x) = \sum_{k \in \mathbb{Z}} q_k \cdot \phi(2x - k) \quad (2)$$

によって決定される。

2.2 離散 Wavelet 変換

mother wavelet $\psi(x)$ による、関数 $f(x)$ の離散 Wavelet 変換は

$$d_k^{(j)} \stackrel{\text{def}}{=} 2^j \cdot \int_{-\infty}^{\infty} \overline{\psi(2^j x - k)} \cdot f(x) dx \quad (3)$$

で与えられ、その逆変換は

$$f(x) \sim \sum_j \sum_k d_k^{(j)} \psi(2^j x - k) \quad (4)$$

で与えられる。

3 数値実験

3.1 実験概要

今回、使用するデータは、センサ TMI およびセンサ VIRS により各々推定された 1998 年 11 月～2000 年 9 月の 22 時期の SST 推定画像である。図 1 (a) は VIRS 観測データにより推定された SST (VIRS/SST) の例を示し、図 1 (b) は TMI 観測データにより推定された SST (TMI/SST) の例を示す。図 1 により、VIRS 観測データと TMI 観測データとは空間分解能が異なっていることが判る。VIRS/SST の画像サイズは 1024×512 であり、TMI/SST の画像サイズは 512×256 である。なお、VIRS 観測データの空間分解能は、TMI 観測データの空間分解能の約 2 倍である。

本実験は、VIRS/SST 画像に対してウェーブレット分解を行い、その結果 (LL 成分) と TMI/SST 画像との関係を検討するものである。さらに、サポート長の差異による影響も検討する。

ところで、対象とする VIRS/SST および TMI/SST は、大気の影響・センサ特性・衛星軌道特性等により、各々欠測データを含んでいる。また、本実験では、陸域のデータは欠測データと見做す。したがって、欠測データを考慮した上で多重解像度解析を行う。すなわち、

- TMI/SST が欠測していない地点のデータ
- TMI/SST が欠測していない地点に対応するデータをウェーブレット分解を用いて生成するための VIRS/SST が全て観測されている (欠測していない) 領域のデータ [ウェーブレット分解の際のサポート長の問題]

の 2 条件を満たすものを用いて検討する。上記 2 条件を検討可能条件と呼ぶ。

まず、

$$I(sup, i, j, t) \stackrel{\text{def}}{=} \begin{cases} 1 & \text{検討可能条件を満たす} \\ 0 & \text{検討可能条件を満たさない} \end{cases}$$

を定義する。そして、

$$J1(sup) = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{22} \sum_{(i,j)} \left(I(sup, i, j, t) \cdot \varepsilon_1(i, j, t) \right)}{N}}$$

$$\varepsilon_1(i, j, t) = \left(G(i, j, t) - H(i, j, t) \right)^2$$

を用いて評価を行う。ただし、 sup は mother wavelet のサポート長を表し、 t は時刻を表し、 (i, j) は位置を表す。また、 $H(i, j, t)$ は TMI/SST を表し、 $G(i, j, t)$ は VIRS/SST をウェーブレット分解を行った際の LL 成分を表す。さらに、 N は、 $I(sup, i, j, t) = 1$ となる個数を表す。

3.2 実験結果

表 1 は、サポート長 sup を変化させた場合の $J1(sup)$ の値と各サポート長における検討可能条件を満たすデータ数 N を示す。

図 2 は、サポート長 sup を変化させた場合の、VIRS/SST をウェーブレット分解を行った際の LL 成分と TMI/SST との関係 [検討可能条件下] を示す。横軸は TMI/SST を示し、縦軸は VIRS/SST をウェーブレット分解を行った際の LL 成分を示す。

表 2 は、図 2 の各サポート長における散布図に対して回帰分析を行った結果である。すなわち、

$$J2(sup) = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{22} \sum_{(i,j)} \left(I(sup, i, j, t) \cdot \varepsilon_2(i, j, t) \right)}{N}}$$

$$\varepsilon_2(i, j, t) = \left(G(i, j, t) - (a \cdot H(i, j, t) + b) \right)^2$$

を用いて未知回帰係数 (a, b) を求めた。

4 あとがき

本論文では、欠測データを含む異種センサの実観測衛星データ間の関係を多重解像度解析を用いて検討した。表 1 より、異種センサ・データ間の関係を多重解像度解析を用いて検討する場合、サポート長が短い方が誤差 $J1(sup)$ は良いことを確認した。表 2 より、回帰誤差 $J2(sup)$ は $0.87 \sim 0.91$ [C] であることを確認した。

謝辞

TMI/SST および VIRS/SST は、宇宙開発事業団地球観測データ解析研究センターにおいて作成されており、同センターより提供を受けました。

参考文献

- [1] J.P. Djamdji, A. Bijaoui, and R. Maniere: "Geometrical Registration of Images: The Multiresolution Approach," Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol.59, No. 5, pp.645-653, (1993).
- [2] W.M. Moon, J.S. Won, V. Singhroy, and P.D. Lowman Jr.: "ERS-1 and CCRS C-SAR data integration for look-direction bias correction using wavelet transform," Canadian Journal of Remote Sensing, Vol.20, No.3, pp.280-285, (1994).
- [3] M. Mak: "Orthogonal Wavelet analysis: Interannual Variability in Sea Surface Temperature," Bulletin of the American Meteorological Society, Vol.76, No.11, pp.2179-2186, (1995).
- [4] R.W. Lindsay, D.B. Percival, and D.A. Rothrock: "The Discrete Wavelet Transform and the Scale Analysis of the Surface Properties of Sea Ice," IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 34, No.3, pp.771-787, (1996).
- [5] Z. Hu, Y. Chen, and S. Islam: "Multiscaling properties of soil moisture images and decomposition of large- and small-scale features using wavelet transforms," International Journal of Remote Sensing, Vol.19, No.13, pp.2451-2467, (1998).
- [6] 新井 康平・瀬戸 要・L.M. Jameson: "極座標表現 Wavelet による衛星画像からの水塊特徴の抽出," 可視化情報学会誌, Vol.19, Suppl. No.1, pp.99-102, (1999).
- [7] 新井 康平・瀬戸 要: "ウェーブレット分解とタイリングに基づく多時期地球観測衛星画像の変化点抽出," 可視化情報学会誌, Vol.20, Suppl. No.1, pp.285-288, (2000).

(a) VIRS/SST

(b) TMI/SST

図 1: Examples of SST image estimated with VIRS or TMI

表 1: The error $J1(sup)$ and number of observed data N for the support length sup

sup	$J1(sup)$	N
2	25.630	2559974
4	25.644	2537353
6	25.652	2506378
8	25.659	2471573
12	25.670	2400801
16	25.676	2331352
20	25.681	2264613

表 2: Regression coeff. of SST estimation and the error $J2(sup)$, for the support length sup

sup	a	b	$J2(sup)$	N
2	1.948	0.873	0.870	2559974
4	1.947	0.927	0.873	2537353
6	1.944	0.997	0.873	2506378
8	1.942	1.070	0.875	2471573
12	1.937	1.219	0.883	2400801
16	1.932	1.363	0.895	2331352
20	1.927	1.505	0.909	2264613

(a) $sup = 2$

(b) $sup = 4$

(c) $sup = 6$

(d) $sup = 8$

(e) $sup = 12$

(f) $sup = 16$

(g) $sup = 20$

図 2: Relationship between TMI / SST data and the estimated SST through MRA