

Harmonic Analysis によるタイムシリーズデータの再構築

和田幸生 30/Nov/2004

1. 概要

SPOT/VegetationS10、NOAA/AVHRR、Terra/MODIS など時系列データのリモセンシングによる輝度差や雲・雪による異常値を補正するために、Harmonic Analysis (*M.E.Jakubauskas ら 2001) によるデータの再構築を行った。この結果、ノイズ・雲のないスムーズなデータが再生された。同様なモデリング処理として Local Maximum Fitting (**沢田治雄・澤田義人 2002) があるが、本手法はこの LMF の利点である局所最大値補正のアルゴリズムを取り入れている。

2. 使用データと解析システム

使用データと解析システムの緒言は次の通り。

【テストデータ】 SPOT/VEGETATION S10 (10 日間合成データ) NDVI バンド
2002/1/1 - 2002/12/21 の 36 データセット/年
サイズ: 8774 ライン × 6721 カラム × 8 ビット/1 データ

【ソフトウェア】 TNT/Mips V6.9、V7.0DV

【 P C 】 Dual Zeon1.7Ghz、2GB RAM

3. 処理フロー

処理フローは以下の 3 つステップにより構成される。

ステップ 1: **局所最大値補正** (異常データ除去) *場合によってはスキップ可能

ステップ 2: **Harmonic Analysis** (周期の振幅強度と位相のオフセットの分離)

ステップ 3: **データ再構築** (コサイン式にあてはめ)

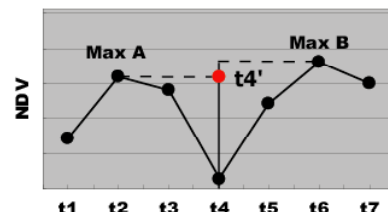
以下に各ステップの詳細を述べる。

4. 局所最大値補正(sml)

(処理時間 4:00)

明らかに異常と思われるデータを除去するため、LMF で用いられている局所最大値による補正を行った。局所最大値補正は、ある時点のデータに対して、自身も含めた前の 4 時点の最大値 A と後 4 時点の最大値 B を求め、両者の最小値を採用する方法である。これを全データ・画素に対して行った。この処理は TNT/Mips の SML を作成し行った。

$$t4' = \text{Min} (\text{Max} (...t1,t2,t3,t4) , \text{Max} (t4,t5,t6,t7,...))$$



5. Harmonic Analysis 処理(Mips)

(処理時間 2:40)

次に、4. で行った局所最大値補正後のデータ (36 データセット) を用いて Harmonic Analysis を行った。これにより画素単位で時系列パターンの周期別振幅 (強度) と位相のオフセットが分離され、画像データとして格納される。この処理は TNT/Mips の標準添付アプリケーションにより行った。

Process/Raster/Combine/Harmonic Series...

[RASTERS]

再構築を行うタイムシリーズデータを選択。ここでは、4. の局所最大値補正後のデータを選択。

*元データの Has Null Value は Off にしておくこと。

[OPTION] /Smooth on or off どちらでもよい。(多分)
/Remove trend off
/Use FFT on

*Smooth オプションはどちらも試したが、あまり違いがなかった。

**Remove Trend を on にすると元データの波形とは異なってくる。

***FFT の On/Off の違いはあまり分からないが on の方が良い結果が得られた。

[Number of Output Rasters]

作成されるラスター数を入力する。Additive(定数:平均)は必ず作成されるので周期数+1 を入力すること。36 データセット/年の場合、周期数は6くらいが適当。

[Result Raster Type] 64-bit complex magnitude/phase

64 ビットの振幅(強度)と位相の Complex を選択する。

< 作成されるデータ >

周期数6とした場合、Additive(定数:平均)、Harmonic_1-6(振幅強度と位相の Complex)が作成される。また、10 日間合成のデータを1年分使った場合(36 セット)、各ファイルは以下のような周期項のパラメータである。

Harmonic_1:1 年周期項のパラメータ
Harmonic_2:半年周期項のパラメータ
Harmonic_3:4 ヶ月周期項のパラメータ
Harmonic_4:3 ヶ月周期項のパラメータ
Harmonic_5:2 ヶ月周期項のパラメータ
Harmonic_6:1 ヶ月周期項のパラメータ

5 . 振幅強度 (Magnitude) と位相 (Phase) の取り出し (Mips) (処理時間 0:15)

Harmonic series によって作成されるラスター 'Harmonic_n' は振幅と位相の Complex データであるため、'extract' によりそれぞれを分離する(この方が使いやすい)。

Process/Raster/Extract...

'Values' タグの 'Complex Componet' で 'Magnitude' と 'Phase' をそれぞれ選択し、周期分の切り出しを行う。

< 作成されるデータ >

・周期別振幅強度 : Magnitude_1-6
・周期別位相 : Phase_1-6

*Default では Harmonic_n というオブジェクト名になる。

6 . Harmonic Analysis によるモデリング (sml) (処理時間 10:40)

最後に Additive、Magnitude_n、Phase_n を次式にあてはめ、データの再構築を行う。この処理は TNT/Mips の SML を作成し行った。

$$f(t) = c_0 + \sum_{n=1}^{\infty} c_n \cos\left(\frac{2\pi n t}{L} - \phi_n\right)$$

c_0 : Additive

c_n : $2 \times \text{Magnitude}(n)$

ϕ_n : $\text{Phase}(n)$

n : times of harmonic

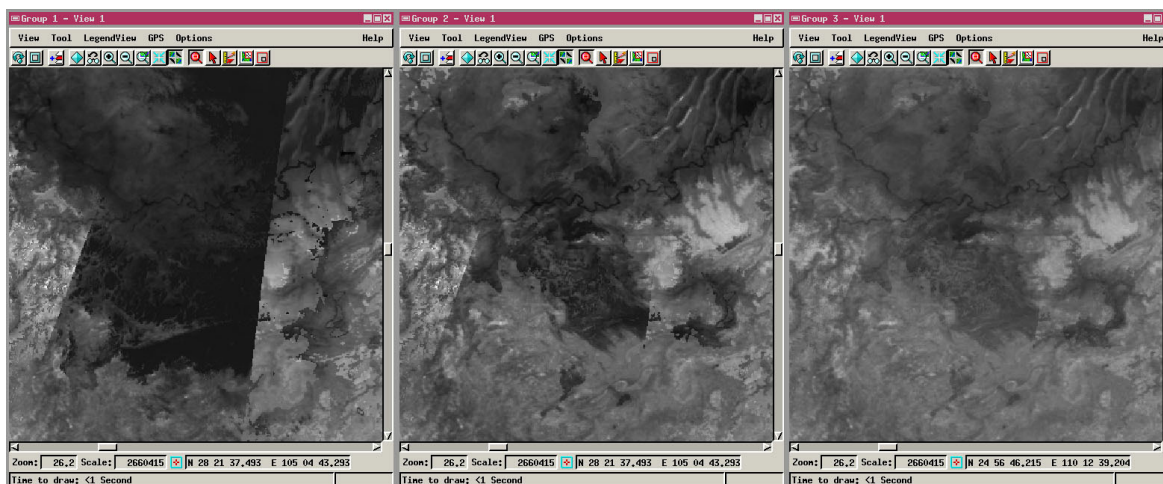
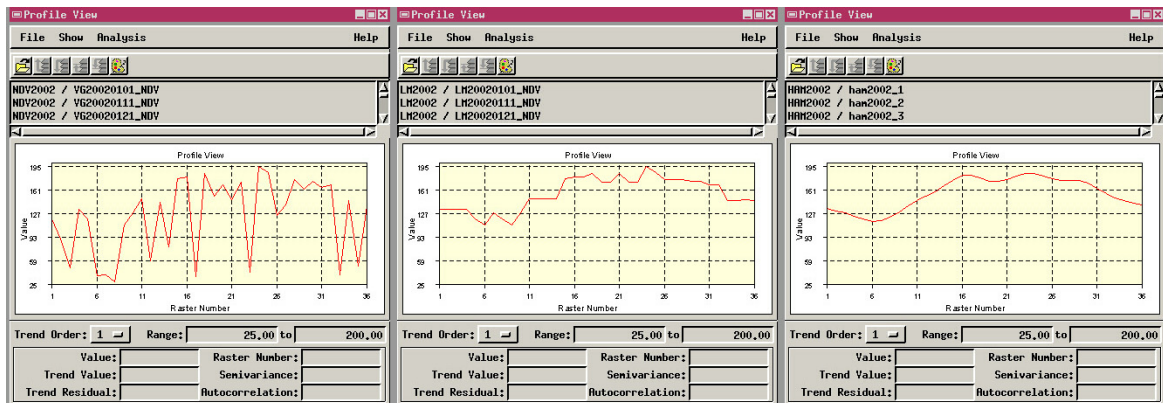
L : number of timeseries

t : times(1 to L)

*TNT/Mips の'Harmonic Series'で作成される振幅強度'Magnitude'は実際の 1/2 の値をとるため ' c_n 'は2倍している。

7. 結果

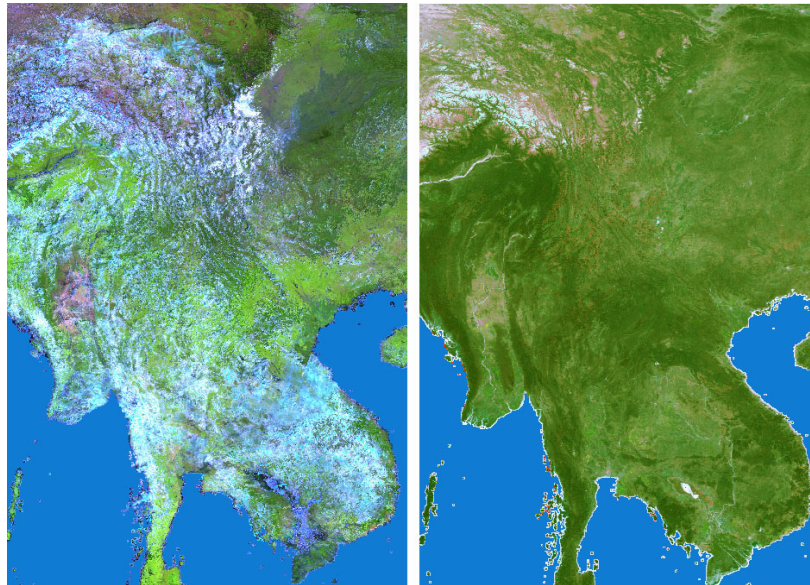
原データ、局所最大値補正データ、Harmonic モデリング補正データの結果をグラフ・図に示す。本処理は、画素単位の時系列補正処理であるのにも関わらず、近傍ピクセルとのギャップも取り除かれているのがわかる。



原データ

局所最大値補正

Harmonic Model 補正



オリジナル S10 カラー合成画像 Harmonic 補正後カラー合成画像

8. まとめ

- ・既存のソフトを使うことで簡便に周期関数による時系列データの再構築が実現できた。
- ・他の同様なカーブフィッティング処理に比べ、大幅な時間短縮が可能。
- ・周期の振幅強度と位相のオフセットを分離できたことで、このパラメータスターを直接、カラー合成や画像演算・分類処理に使うことも可能である。
- ・3つのステップに分離されているので、前処理(局所最大値補正)を適宜変更したり、他のフィルター処理ルーチンを追加することで、NDVI以外のバンドへの適用など、応用が可能である。

【参考文献】

*M.E.Jakubauskas, D.R.Legates & J.H.Kastens, 2001. Harmonic Analysis of Time-Series AVHRR NDVI Data, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing

**沢田治雄・澤田義人(2002) 高頻度観測衛星データに基づく植生季節変化のモデル化. 環境情報科学論文集 16