

主成分分析による MTSAT 広域データの解析

森山 賢太郎¹, 菊地 時夫²

要旨

高知大学気象情報頁では気象庁が運営する気象衛星ひまわりによって観測された画像を気象業務支援センター経由で入手し、画像処理をほどこした後インターネットによって提供している。また保存書庫には過去に取得された気象衛星画像を保存していて、教育や研究の目的で自由に利用することができるようになっている。そこで、その画像データを特徴別に分類し、DB 整理などに利用できないか考えた。画像データの特徴を分類するのに多次元データ解析を行う。多次元データ解析にはいくつかの手法があるが、本研究では主成分分析を用いる。この手法は、多変量データを統合し、新たな総合指標を取り出すためのもので、相関関係にあるデータの総合力や特徴を表すことに優れている。本研究では元の画像と主成分分析を行った画像を時系列的に見比べることで、説明変量の圧縮により細かい成分の動きは失ったが、全体の大きな動きは再現できた。これは衛星画像にも主成分分析を使える可能性があることを示している。また、それぞれの主成分ベクトルを時系列的に見ることで、その変化を地域ごとの特徴として捉えることが出来た。今後、解析するデータを増やすことで、様々な気象現象との関連性を抽出することが可能であると思われる。

1 はじめに

アジアは一年を通して季節の移り変わりや台風、雨期・乾期など、天候が変わり易い地域の一つである。その様子を表した画像を、通称ひまわりと呼ばれる運輸多目的衛星 MTSAT (Multi-functional Transport Satellite) [1] の気象観測機能を用いて、多量の気象衛星画像として得ることができる。これは MTSAT によって観測された画像を高知大学気象情報頁で提供しているためである。また、保存書庫には過去に取得された気象衛星画像が保存されている。

しかし現在、これらの気象衛星画像は撮影方法や撮影地域ごととしては分類されているが、特徴などでは分類されておらず、時系列に保存されている。これを受けて本研究では、画像データを解析し、特徴を抽出することで、気象現象などとの関連性がないかを調べ、それらを用いて DB 整理などに利用できないか考えた。多量の画像データの特徴を分類するための多次元データ解析にはいくつかの手法がある。本研究では、主成分分析 (Principal Component Analysis) [2][3][4] を用いて気

象衛星画像の解析を行った。この手法を用いることで、相関関係にあるデータの特徴を表すことができ、気象衛星画像にも適用できると考えた。

2 気象衛星について

運輸多目的衛星 MTSAT (Multi-functional Transport Satellite)、通称ひまわりは、宇宙開発事業団 (現宇宙航空研究開発機構) が打ち上げた、国土交通省 (気象庁及び航空局) が運用する大型の静止衛星である。MTSAT は、「GMS」シリーズの後継機としての気象観測・気象衛星の機能 (気象ミッション) と航空管制の機能 (航空ミッション) を併せもっている。

本研究で用いる気象衛星画像はその中のひまわり 6 号 (MTSAT-1R) によって観測されたもので、その範囲は北緯 70 度から南緯 70 度、東経 70 度から西経 150 度である。

¹高知大学理学研究科数理工学専攻
Graduate School of Science, Kochi University

²高知大学情報科学教室
Department of Information Science, Kochi University

3 解析の流れ

気象衛星画像を解析していく流れを下に示す。

1. 高知大学気象情報頁から気象衛星画像をダウンロードする。
2. 画像サイズは 560×560 ピクセルであるが、計算時間がとても長くなってしまいうため、縦横のサイズをそれぞれ 20 分の 1 にしてやり、 28×28 ピクセルの画像にする。
3. 画像一つは 28×28 の変数を持つ（つまり 784 次元の）点として考えることができる。それらの値を一列にし、それを時間ごとの画像で並べると、全てのデータを行列として表すことができる。そしてこの行列から共分散行列を求める。
4. 共分散行列から固有値、固有ベクトルさらに寄与度、主成分得点を求める。
5. そして先ほど求めた値を使い、画像とグラフにする。

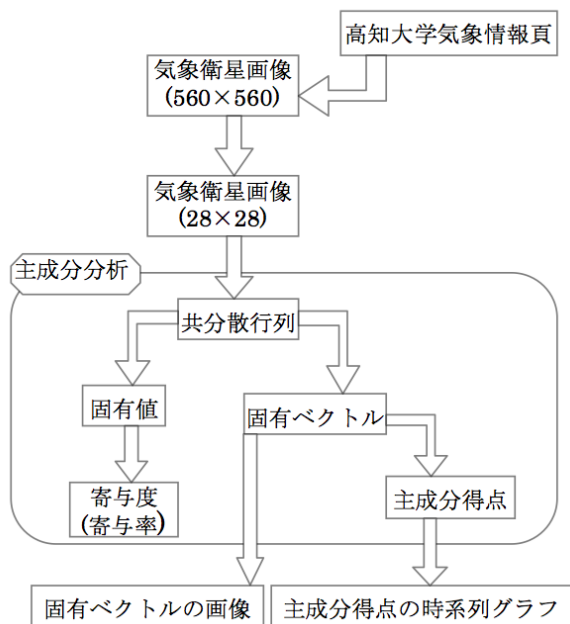


図 1. 画像解析の流れ

4 解析結果

4.1 固有値と寄与率

2006 年, 2007 年, 2008 年それぞれの 1 年間分の気象衛星画像に主成分分析を行った。次の表は年ごとの固有値と寄与率である。この値を見ることで、それぞれの主成分がどのくらい元の情報を占めているかという割合がわかる。

表 1. 固有値と寄与率

	2006 年	2007 年	2008 年
第 1 主成分 (固有値)	77504.7	75386.9	74552.6
(寄与率)	0.1709	0.1654	0.1648
第 2 主成分 (固有値)	20056.9	19248.7	18316.1
(寄与率)	0.0442	0.0422	0.0405
第 3 主成分 (固有値)	15211.7	14342.3	13052.7
(寄与率)	0.0335	0.0314	0.0288
第 4 主成分 (固有値)	11750.7	11287.4	10799.9
(寄与率)	0.0259	0.0247	0.0238
累積寄与率	0.2745	0.2637	0.2579

4.2 固有ベクトルと主成分得点

次に固有ベクトルと主成分得点においての年ごとの比較を行うが、数値のままでは比較しづらいため、それぞれ固有ベクトルを画像に、主成分得点を時系列のグラフにして、その解析を行う。グラフにスパイク状のノイズがところどころ見られるが、本研究では解決できなかったため、これは無視する。

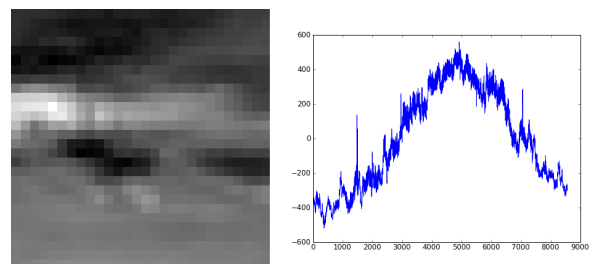


図 2. 2006 年の第 1 主成分

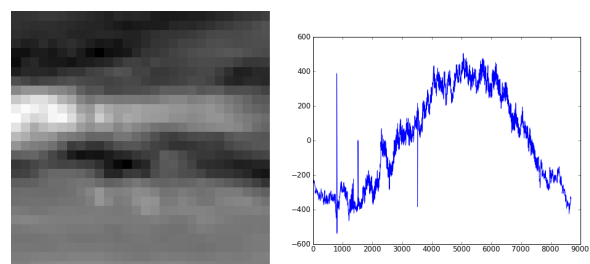


図 3. 2007 年の第 1 主成分

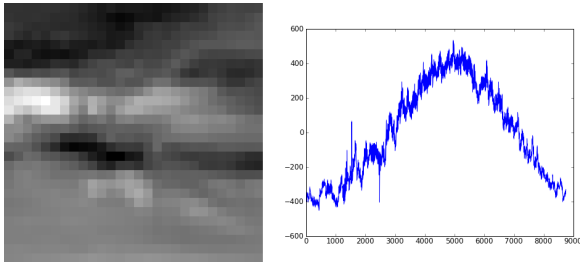


図 4. 2008 年の第 1 主成分

第 1 主成分は 2006 年, 2007 年, 2008 年の 3 つとも, 画像とグラフがとても似ていることがわかる. 画像については, インドを含む, アラビア海からベンガル湾にかけて横に白くなっており, インドシナ半島を除く東南アジアと中国のチベット辺りが黒くなっている. このことから第 1 主成分では中国やアラビア海からベンガル湾にかけての雲の動きをよく表しているのではないかと考えられる. グラフについても 3 年とも大変似ており, 12 月~2 月にかけて値が最も小さく, 逆に 8 月に近づくにつれて値が大きくなっている. このことから 1 年の季節に対するの周期, つまり年変化ではないかと考えられる.

第 2 主成分は画像を見てみると, 2006 年と 2008 年が同じで 2007 年がその反対のようにになっているのがわかる. この画像は固有ベクトルからその変化を見るためのものであるから, 結果としてこの 3 つの画像は同じことを意味している. つまりオーストラリアの変化である. ここでグラフに注目すると時系列的に幅が広がっているのがわかる. これは 1 年を通して短い時間での反復的な変化をしていることになり, つまり日変化である可能性が高い. よって第 2 主成分は主にオーストラリアの日変化を表していると考えられる.

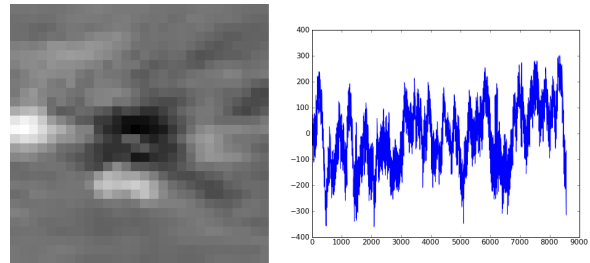


図 8. 2006 年の第 3 主成分

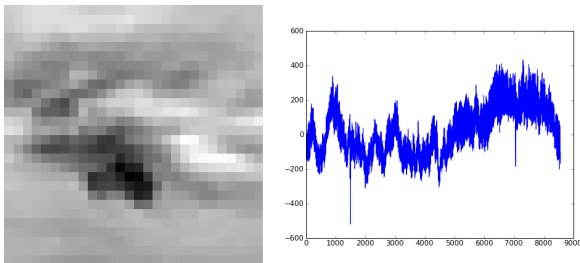


図 5. 2006 年の第 2 主成分

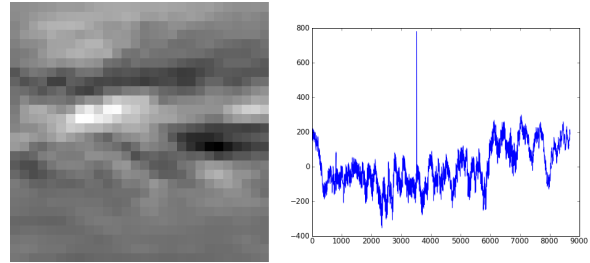


図 9. 2007 年の第 3 主成分

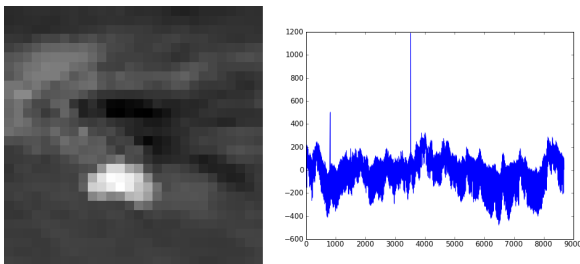


図 6. 2007 年の第 2 主成分

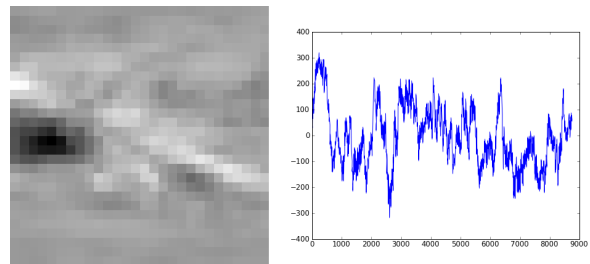


図 10. 2008 年の第 3 主成分

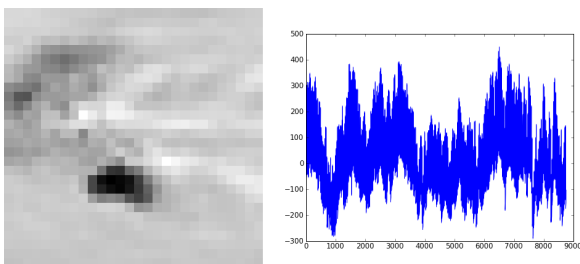


図 7. 2008 年の第 2 主成分

第 3 主成分では画像を見てみると 2006 年と 2008 年は白黒が反転しているが, インド洋の一部と太平洋の一部の変化を表しており, その範囲は酷似している. 異なる点は 2006 年の方には若干オーストラリアが含まれていることであり, グラフでも 2006 年の方は日変化をしているのがよくわかる.

これに対して 2007 年の画像は他の 2 つと異なっている. この画像はフィリピン南西の海や東シナ海, 2006 年, 2008 年とは異なる太平洋の一部の変化を表している. ま

たグラフも 2007 年は一部のノイズとみられる部分を除いて上下の幅が小さいのに対して、2006 年と 2008 年は大きいことがわかる。

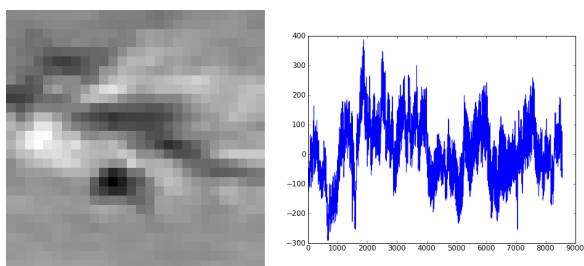


図 11. 2006 年の第 4 主成分

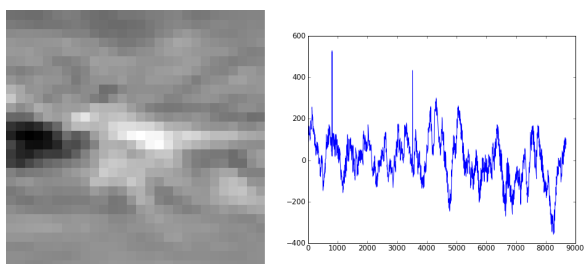


図 12. 2007 年の第 4 主成分

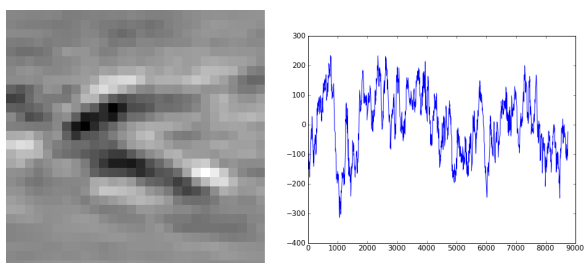


図 13. 2008 年の第 4 主成分

第 4 主成分においては、画像を見ても第 3 主成分と同様に 2006 年と 2008 年は白黒反転ではあるが比較的類似している。その変化はそれぞれフィリピン辺りから東南東、および北北東にかけて帯状である。それに対して 2007 年の画像は主にインド洋の一部と太平洋の 1 部の変化である。これは第 3 主成分の 2006 年・2008 年の画像に似ている。

5 気象現象との関連性

1 年を通しての同じ場所での衛星画像を用いたにもかかわらず、第 3 主成分、第 4 主成分で見られた、2006 年と 2008 年の画像は似ているのに対して、2007 年は異なっていたのには何らかの気象現象と関連があるのではないかと考えた。そこで気象衛星画像の範囲に影響があり、かつ 2006 年と 2008 年、又は 2007 年のどちらかに

のみ起こった気象現象はないか調べたところ、気になる情報を見つけた。

それはエルニーニョ現象とラニーニャ現象である。ラニーニャ現象とは太平洋赤道付近の中央部から南米ペルー沿岸にかけての広い海域で海面水温が平年に比べて低くなりその状態が 1 年程度続く現象で、これとは逆に、同じ海域で海面水温が平年より低い状態が続く現象がエルニーニョ現象である。

これらの現象は、海面のみの変動ではなく大気の変動とも密接している。特にインドネシア近海では、海面からの蒸発が盛んで、大気中に大量の水蒸気が供給され、上空で積乱雲が盛んに発生する。そのため衛星画像の雲にも関係があると考えた。

エルニーニョ・ラニーニャの発現については、気象庁において継続的な観測と統計データ公開が行われている [5]。これによると、2006～2008 年の間では 2007 年にだけラニーニャ現象が起こっていることがわかった。つまり、2007 年だけ雲が平常とは異なる状態ものと思われる。

このことは第 3 主成分と第 4 主成分での結果と同じである。現段階では 3 年分だけのデータを主成分分析にかけたので、関連性があるかどうかは断言できないが、その可能性は十分にあると考えられる。

6 まとめと考察

本研究では、MTSAT で観測された気象衛星画像の解析に、多次元データ解析の一つである主成分分析を行った。そして、元の画像と主成分分析を行った画像をアニメーションとして時系列的に見比べることで、説明変量の圧縮により細かい成分の動きは失ったが、全体の大きな動きは再現できた。これは衛星画像の解析にも主成分分析が使える可能性があることを示している。

また、固有ベクトルを画像で、主成分得点を時系列のグラフで表示することで、その変化を地域ごとの特徴として捉えることができた。またそれらを用いて年ごとの比較を行い、気象現象との関連について、その可能性があることがわかった。

本研究では、画像サイズを 28×28 で試験的に行ったが、固有ベクトルの画像において、同じ色が固まっていたことから、画像サイズをさらに縮小することが可能だと思われる。また、今後解析する気象衛星画像の量を増やすことによって、様々な気象現象との関連性を抽出することが可能であると考えられる。今回は DB 整理に用いるための十分な解析結果を出すことができなかったが、長い期間での解析や多くの気象現象との関連性を用いることで、今後 DB 整理に利用できるのではないかとと思われる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、菊地研究室の皆様にご多くのサポートいただき、お世話になりました。ありがとうございました。

参考文献

- [1] 気象庁: 気象衛星観測について,
<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/satellite/satellite.html>, (-2009)
- [2] 上田尚一: 主成分分析, 朝倉書店, (2003)
- [3] 加納学: 主成分分析,
<http://www-pse.cheme.kyoto-u.ac.jp/~kano/document/text-PCA.pdf> (1997)
- [4] 宮田庸一: 主成分分析のための数学的基礎,
<http://www1.tcue.ac.jp/home1/ymiyatagbt/principal.pdf> (2008)
- [5] 気象庁: エルニーニョ/ラニーニャ現象に関するデータ (監視指数),
<http://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/db/elnino/index/datab.html> (2009)