

主成分分析と因子軸回転を統合した リモートセンシングデータのカラー合成

東京大学大学院 学生員 四童子 隆
東京大学大学院 正 員 清水 英範
東京大学大学院 非会員 Le, Van Trung

1. はじめに

リモートセンシングデータのマルチバンド化が進む中、多バンドのデータをいかに有効に利用してリモートセンシングデータを視覚化（画像化）するかは、これまで以上に重要な問題になってきた。この問題に対応するための一つの方法として主成分分析の適用が提案されている¹⁾。しかし、従来の主成分分析による画像合成では、電磁波の波長帯域との直接的な関連がない3次元量である第一から第三主成分に、適当にRGBを割り当てて画像合成を行っているため、主成分分析による画像は、土地被覆と色との対応が奇異であり、色によって地表状態の意味解釈ができないという判読上の大きなマイナス面をもつ。

本研究は以上の背景のもと、主成分分析画像の長所を保持したままで欠点を改善するために、主成分分析と因子軸の回転を統合した視覚化手法を開発するものである。具体的には、因子軸の回転によって各因子と波長帯域との関連を明示し、それを考慮した上でRGB合成を行う。このことによって、画像は主成分分析と同様に全バンドの情報を考慮し、かつ判読しやすいものとなる。

本研究では、テストデータを用いて因子軸回転画像を合成し、主成分分析画像や従来のフォールスカラー合成による画像との比較実験を通して、リモートセンシングデータの視覚化に因子軸回転を用いる方法の有効性を示した。

2. 従来の色合成手法（フォールスカラー合成）

現在、リモートセンシングデータの視覚化に際しては一般にフォールスカラー合成と呼ばれる手法が広く利用されている。この手法では、多くのバンドの中から3つのバンドを選び、それぞれに赤、緑、青（R・G・B）を割り当てることで作成される。この手法では、電磁波の波長帯域と色との関係から人間が判読しやすい画像が得られるという利点がある

反面、選択された3バンド以外の情報が無視されるという問題点を持つ。

3. 因子軸の回転²⁾³⁾

(1)主成分分析

主成分分析とは、互いに相関のある多種類の変数の情報を、互いに無相関な少数個の総合特性値に要約する方法である。

(2)因子軸の回転

主成分分析によって、複数の主成分が抽出された場合、それらの主成分の軸を回転することによって各因子の持つ意味を解釈しやすくすることができ、これを因子軸の回転という。本研究では、色空間内での距離を保つという制約条件を考えるため、直交回転の一つである規準バリマックス法を用いた。

4. 適用実験

(1)使用データ

実験に使用したデータはタイ・バンコク周辺のLANDSAT・TMデータ(1987年12月撮影)であり、熱バンドを除く6バンドを対象にした。地上分解能は約30m、ピクセル、ライン数は共に480である。

(2)主成分分析の適用

テストデータに主成分分析を適用した結果、得られた主成分の寄与率等は表1のようになった。

表1 主成分分析の結果

主成分	固有値	寄与率	累積寄与率
1	4.2031	70.1%	70.1%
2	1.3802	23.0%	93.1%
3	0.2700	4.5%	97.6%
4	0.0954	1.6%	99.2%
5	0.0316	0.5%	99.7%
6	0.0196	0.3%	100.0%

結果の累積寄与率に注目すると、第一から第三主成分までで全体の情報の97%以上の分散を説明していることになる。つまり、元の多バンドの情報を、情報の損失を2%程度に抑えて3次元情報に次元縮小できたことになる。このことによって、第一から第三

主成分までを用いてRGB合成した画像は、従来のフォールスカラー画像に比べ、少なくとも物理的には多くの情報を含むことになる。

以下、主成分分析による画像の作成、これに因子軸回転を施した際の画像の作成、及びフォールスカラー画像との比較について示すが、本論文ではカラー写真の掲載ができないため、結果についての記述的な整理と考察についてのみを示す。実際の画像は発表時において紹介する。

(3) 主成分分析画像の作成

主成分分析画像はフォールスカラー画像に比べ、土地被覆の差異をより識別しやすいものとなった。

しかし、各主成分の因子負荷量は、表2に示すようにもとの各波長帯との関連が不明確であり、意味解釈が困難である。つまり、得られる各主成分は意味解釈困難な3次元量であるといえる。このため、RGB合成に際しての色の割り当てについては何ら基準はなく、このことによって主成分分析画像は色彩と土地被覆の対応が奇異なものとなり、また、その色は単に土地被覆の差異を異なる色で表示するだけのものとなった。つまり、主成分分析画像を見るだけではどの色がどのような土地被覆を表しているかを知ることは困難である。

表2 回転の前後の因子負荷量

バンド (波長帯域)	回転前の因子負荷量 (各主成分の因子負荷量)			回転後の因子負荷量		
	F1	F2	F3	VF1	VF2	VF3
1 (可視)	.790	-.057	-.011	.935	.252	-.109
2 (可視)	.893	-.386	.186	.951	.212	.177
3 (可視)	.938	-.247	.107	.878	.342	.250
4 (近赤外)	.561	.760	.312	.036	.300	.948
5 (短波長赤外)	.860	.470	-.166	.310	.742	.585
7 (短波長赤外)	.920	.213	.315	.473	.809	.338
説明量	4.20	1.38	.27	2.87	1.52	1.46
寄与率	70.1%	23.0%	4.5%	47.9%	25.3%	24.4%
意味解釈	?	?	?	可視	短波長	近赤外

0.7以上 0.5~0.7

(4) 因子軸回転の適用

テストデータに主成分分析を用い、抽出された第三主成分までに、規準バリマックス法に従い各列での因子負荷量の二乗の和を最大にするという基準で因子軸の回転を行った。回転前後の因子負荷量を表わしたのが表2である。この因子負荷量の解釈を容易にするために、因子負荷量が0.7以上、0.5以上のものにマークをつけた。回転の前後を比較すると、因子軸の回転によって因子負荷量は、絶対値の大きいものは一層大きく、小さいものはより小さくなっている。

表2によると回転後の第一因子VF1は可視領域のバンドと相関が高く、不可視領域のバンドとは相関が低いため、可視領域の情報を表わしていると考えられる。同様に第二は短波長赤外、第三は近赤外領域の情報をそれぞれ表わしていることがわかる。

このようにして、波長帯域との関連が不明確な単なる3次元情報であった主成分に、因子軸を回転することで波長帯域との関連という意味解釈を加えることができた。このことによって、波長帯との関連という意味解釈をふまえた上での視覚化が可能となり、実際の合成画像でもこれを確認できた。

5. まとめ

主成分分析画像は含む情報量が多く、地上物の識別可能性に優れる。しかし、各主成分に波長帯域との関連という意味がないため、画像を構成する色の意味解釈が不可能なものとなり、その色彩は人間の感覚に合わない奇異なものとなる。しかし、この欠点は、主成分分析によって抽出された各主成分に因子軸の回転を行い、波長帯との関連という意味づけをすることで解決可能となった。

因子軸回転による画像を実際に合成し、従来のフォールスカラー画像、主成分分析画像と比較実験を行うことで、本手法による画像の有効性を示した。

実験によれば、因子軸回転による画像はフォールスカラー画像よりも地上物の識別可能性に優れ、かつ主成分分析画像では不可能であった色の意味解釈が可能な画像であることが明らかになった。

特に、水域に関してはフォールスカラー画像と比較して、因子軸回転による画像では水域と陸地の境界が強調され、識別可能性の大きな向上が確認された。これは、赤外領域を含めた全バンドの情報を考慮していることに起因している。この結果から、水域の多い画像では因子軸回転の適用がより有効であることが示唆された。

参考文献

- 1) W.J.Kramber, A.J.Richardson, P.R.Nixon, K.Lulla: Principal component analysis of aerial video imagery, INT.J.REMOTE SENSING, vol.9, NO.9, 1415-1422, 1988.
- 2) 奥野忠一, 久米 均, 芳賀敏郎, 吉澤正: 多変量解析法 改訂版, 日科技連出版社, 1981.
- 3) 鷲尾泰俊, 大橋靖雄: 多次元データの解析, 岩波書店, 1989.