

高解像度衛星画像による土地被覆変化検出支援手法

慶大 田口仁・臼田裕一郎・福井弘道
日本スペースイメージング(株) 李雲慶

1. はじめに

高解像度衛星画像は、1999年にIKONOSが打ち上げられて以降、徐々に取得されつつある。解像度は数mと高いため、ミクセルとなる画素が少なく、土地被覆の変化を明確に捉えることが可能である。従って、従来の解像度の衛星画像と比べ、より高精度に土地被覆の変化を把握可能だと考えられる。しかし、土地被覆の変化を検出する手法は、従来の中解像度の衛星画像を用いた例がほとんどで、解像度が数mの高解像度衛星画像による事例は、現時点ではほとんど見当たらない。また、今後の高解像度衛星画像の蓄積や、陸域観測衛星ALOSの登場などもあり、高解像度衛星画像を使って土地被覆の変化を分析する必要性が高まることが予想され、高解像度衛星画像に適した変化検出を検討する必要性は高い。従って、本研究では高解像度衛星画像を用いて土地被覆変化を検出支援する手法について検討した。

2. 研究のアプローチ

土地被覆の変化を検出する方法は数多く提案されている。大別すると、(1)それぞれの時期の画像で土地被覆分類を行い、クラスの違いから土地被覆の変化を検出する方法、(2)それぞれの時期から差分画像を作成し、画素値や濃淡を基に変化を検出する方法、の2つである。(1)の場合、分類前に設定する土地被覆クラス数、および教師データの代表性が適切である必要があり、それが不適切な場合、分類結果に誤差が多く含まれることとなる。この点は高解像度衛星画像においても、存在する問題である。さらに、高解像度の場合、多様な地物を捉えているため、クラス数を多く設定しなければならず、中解像度で従来設定されてきた程度のクラス数では、誤差が大きくなることが予想される。従って、土地被覆クラスを設定するのは困難な作業となる。また、(2)の場合、土地被覆の変化が起きたとみなす閾値の適切な設定が必要となる。また、閾値を設定したとしても、変化した場所を検出できない「見逃し」や、変化が起きていないが検出してしまう「空振り」がとなり、誤差が大きくなる可能性は避けられない。

以上の議論より、土地被覆変化の検出を自動化する作業は、現状では必ず誤差が生じてしまう。従って、信頼性が高く、また検出精度を高めるためには、ある程度は人間が介入する必要があると考えられる。このような視点で変化を検出する場合に重要な点は、いかに衛星画像を用いて判別者の支援となる情報を、効果的に表示させるかである。その場合、(1)の方法では、土地被覆分類を行って画素が属するクラスを決定しなければ、変化を検出することができない。しかし、(2)の方法では、土地被覆分類を行わずに、差分によって変化を検出することを支援できる可能性がある。従って、(2)の差分画像によるアプローチで、土地被覆の変化検出を支援する手法を検討することとした。

3. データ・対象地

本研究では高解像度衛星画像として、IKONOS(マルチスペクトル画像：解像度 4m)を使用した。画像の撮影日は2000年8月11日、2002年8月11日である。これらの画像は、前処理として幾何補正と絶対放射量への変換を行っている。対象地は神奈川県藤沢市に位置する慶應義塾大学湘南藤沢キャンパス周辺である(図1)。



図1 IKONOS画像
(左:2000年8月11日,右:2002年8月11日)

4. 変化検出手法

図2に本研究で作成する差分画像の作成の流れを示し、STEPごとに説明を行う。

4.1. Tasseled cap 変換 (STEP 1)

差分画像を作成する場合、まず、同一バンドで差分を行う方法が考えられる。しかし、限られた波長帯の反射の変化を土地被覆の変化として意味づけすることは容易ではない。これに対し、Tasseled cap 変換(Kauth and

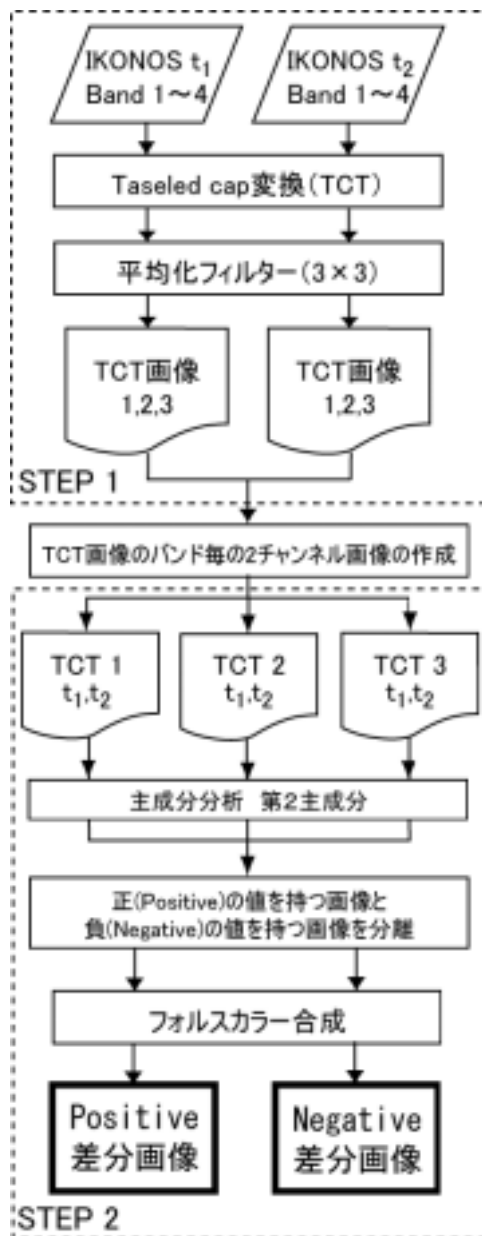


図 2 差分画像作成の流れ

Thomas, 1976)は、主成分分析と同様に情報縮約を行う手法の一つであるが、各主成分が示す土地被覆の意味が決められており、またセンサごとに因子付加量が固定されているため、2 時期の画像で差分を行うことが可能である。従って、本研究では Tasseled cap 変換を行った画像を用いることとした。IKONOS センサの因子付加量については、Horne(2003)が求めた値を使用した。Horne(2003)によると、第 1 主成分は、明るさ(Brightness)、第2主成分は植生(Greenness)を表したものである。第3主成分は、「Red minus blue」を表すとしているが、バンド 1,2,3 となるにつれて、因子付加量が増加することから、土壌の反射特性を表したものと考えた。第4主成分は、「Green minus blue」としているが、

情報量が少ないことや、画像がノイズのように乱れている部分が多いため、この主成分は用いないこととした。

なお、画像は差分を行う際の位置ずれによる影響を考慮し、Tasseled cap 変換を行った画像に対し、ウィンドウサイズ 3x3 の平均化フィルタを施した。

4.2. 主成分分析の第 2 主成分を利用した差分画像 (STEP 2)

2 時期の画像は、その時期により大気の状態が異なる。そのため、輝度補正を行わずに差分を行った場合、本来表れるべきではない箇所が、変化として表現される場合がある。従って、2 時期で土地被覆の変化を正確に把握するためには、輝度補正を行う必要がある(Yang and Lo, 2000)。本研究では輝度補正および差分画像を作成する方法として、粟屋・田中(2003)が行った主成分分析の第 2 主成分画像による手法を採用した。図 3 に模式図を示す。

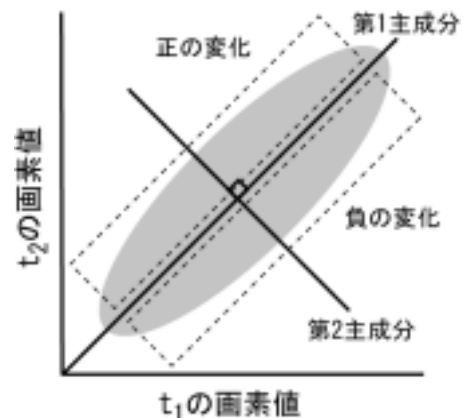


図 3 第 2 主成分を利用した差分画像の概念図(粟屋・田中, 2003)

Tasseled cap 変換した 2 時期の画像を、同一主成分で散布図を作成した場合、図 3 に示したように楕円内付近に集まるため、第 1 主成分軸はそれに合わせて図 3 のように設定される。従って、この第 1 主成分軸は、輝度補正手法の 1 つである回帰分析による方法で求めた回帰直線と、ほぼ同じ意味を持つ。さらに、第 1 主成分の軸に直角である第 2 主成分は、差分を行ったことと同じ意味である。

以上の手法で作成した差分画像は、正と負の両方の値を持ち、絶対値が大きいほど、土地被覆の変化が起きた可能性が高い箇所である。しかし、この差分画像を RGB に割り当ててカラー合成を行った場合、負の値となる箇所は暗い発色となることから、判読が困難となる。そのため、差分画像から負の値に変

化した箇所を示す画素と、正の値に変化した画素を別に表すこととし、正と負でそれぞれカラー合成を行う方法を採用した。負の値を表す画像を「Negative 差分画像」、正の値を表す画像を「Positive 差分画像」と名づけることとした。分析者は、2枚の画像を切り替えながら、変化箇所の検出を行う。

5. 結果

図5に、本研究で作成した、Positive 差分画像と Negative 差分画像を示した。

検証の方法として、実際に土地被覆の変化が起きたと確認できる箇所と、2枚の差分画像で表現された発色との比較を行うこととした。そこで、IKONOS 画像のパンシャープ画像を元に、目視で変化箇所を抽出し、変化マップを作成した(図6)。また、土地被覆変化の解釈を容易とするために、Tasseled cap 変換におけるそれぞれの因子負荷量を基に、決定木を作成した(図7)。

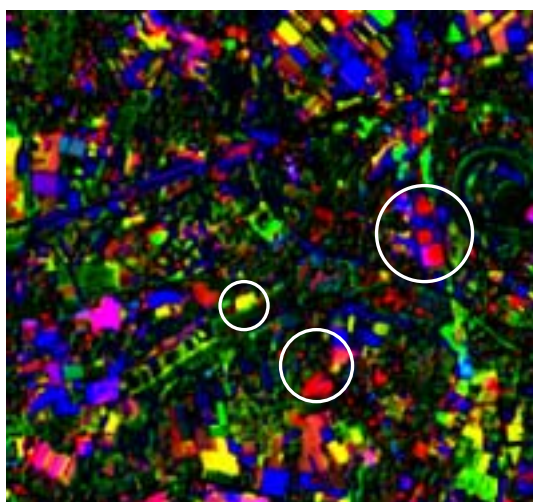


図5 差分画像
(上: Positive 差分画像, 下: Negative 差分画像)

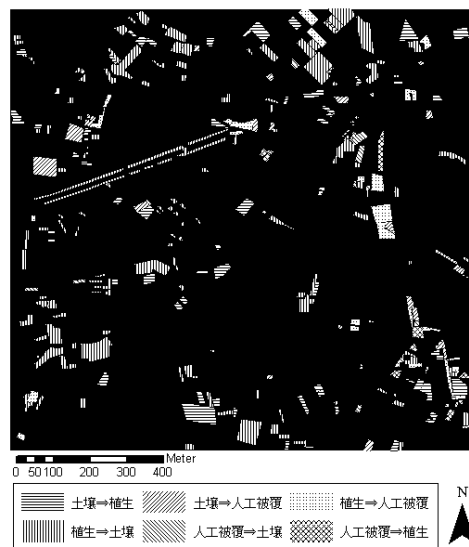


図6 変化マップ



図7 土地被覆変化の決定木

6. 考察

2枚の差分画像(図5)には、土地被覆の変化が様々な色彩で表現されており、変化の例を示す。

図5で円で囲まれたの箇所は、植生から人工被覆へ変化した箇所である(図8)。この箇所は植生がなくなったため、Negative 差分画像では緑の発色となった。また、白色で比較的明るい人工被覆となったため、Positive 差分画像では赤の発色となった。

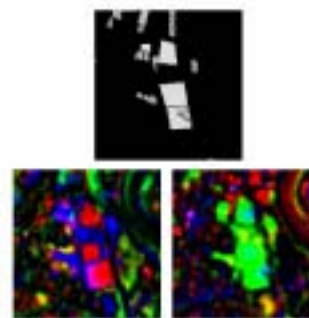


図8 植生から人工被覆へ変化した箇所
(上: 変化マップ, 左下: Positive 差分画像, 右下: Negative 差分画像)

の箇所は、土壌から植生へ変化した箇所である(図 9)。比較的明るくなり、植生になったため、Positive 差分画像では黄色となり、土壌の反射特性から離れたため、Negative 差分画像は青色となった。

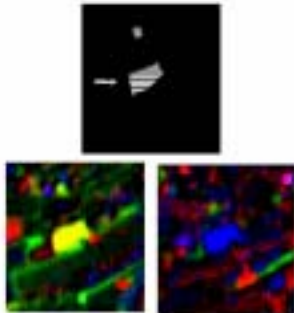


図 9 土壌から植生へ変化した箇所
(上:変化マップ, 左下:Positive 差分画像,
右下:Negative 差分画像)

このように、本研究で検討した手法では、植生、土壌、人工被覆の変化を表した画像であるといえよう。しかし、土地被覆変化が起きていない箇所と判読できるが、2枚の差分画像では発色が強く表現される場合が存在した(図 10)。この箇所では、Positive 差分画像で赤色となった。これは土壌水分量による明るさの変化が原因である。また、中心部の人工被覆も同様に、明るさの変化で赤色となった。

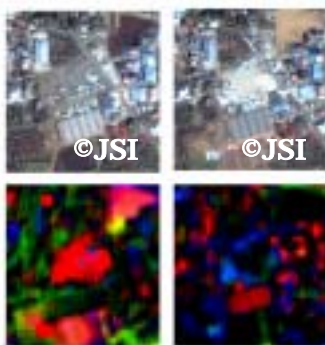


図 10 同一被覆で発色が強くなる箇所
(左上:2000年8月11日, 右上:2002年8月11日
左下:Positive 差分画像, 右下:Negative 差分画像)

このように、同一被覆の中でも、植生内のわずかなバイオマスの違いや、コンクリートの劣化、土壌水分量等の影響で、輝度値が大きく変化する。従って、位置誤差等の外部的要因が無いと仮定した場合、2枚の差分画像は、本当の土地被覆変化と、同一被覆内の変化(内部要因)が含まれているといえる。今後、この同一被覆内で表現されてしまう発色をできるだ

け除去または軽減し、変化抽出の効率を高める必要があると考えられる。

7. おわりに

本研究では、高解像度衛星画像を用いて、Tasseled cap 変換を行った画像の差分をカラー合成し、発色や濃淡から変化を判読する方法により、土地被覆変化検出を支援する手法について検討した。本研究で検討した差分画像は、土地被覆の変化を表現しており、定性的な観察の結果、概ね本検討手法の有効性が確認できた。しかし、同一被覆内でも、差分画像で発色が強い箇所があることが明らかとなった。今後は同一被覆内で発色が強い箇所と、実際の土地被覆変化を分離する手法を検討する。また、2枚の差分画像の有効性を定量的に評価することを検討している。さらに筆者らは、土地被覆の変化が領域単位で起きることに着目しており、画像処理の一手法である領域分割を導入する予定である。

なお、本研究は慶應義塾大学 SFC 研究所ジオインフォマティクスラボと日本スペースイメージング(株)間での共同研究「IKONOS 及び LP データの実利用に向けた基礎研究」の一環として実施したものである。

参考文献

- 小島尚人, 大林成行, 1998. 衛星マルチスペクトルデータを持った土地被覆変化箇所の評価手法について, 日本リモートセンシング学会誌, 18(4), pp.30-44.
- 粟屋善雄, 田中邦宏, 2003. ランドサット TM データを用いた森林変化モニタリング指標の検討: スギ林と伐採と成長のモニタリング, 写真測量とリモートセンシング, 42(5), pp.60-70.
- Horne, J.H., 2003. A Tasseled Cap Transformation for IKONOS Images. Proceedings of ASPRS 2003 Conference, Anchorage, Alaska.
- Kauth, R. J., and Thomas, G. S, 1976. The Tasseled Cap - a graphical description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen by Landsat. Proceedings of the Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data, Purdue University, West Lafayette, Indiana, pp.4B-41-4B51.