

第IV部門

混合スペクトル分析を用いた広域的な不透水面率推定法の適用性について

摂南大学工学部 正会員 熊谷 樹一郎
 学生員 伊勢木 祥男
 学生員 ○植松 恒

1. はじめに：現在、ヒートアイランド現象や都市型洪水などの都市環境問題が注目されている。これらの現象は長期間にわたった都市化にともなうコンクリートやアスファルトといった不透水面の増加と深く結びついていると指摘されており、現状の把握には長期的・広範囲の実態監視が必要となる。広域的な都市の変化を把握し、これらの都市環境問題を調査する手法の1つとして、地球観測衛星データ（以降、衛星データ）を混合スペクトル分析に適用した不透水面率推定法がある。この推定法は比較的土地利用の区分が明確な地域で開発・検証されてきたが¹⁾、日本国内のような混在した地域での適用例は見られない。本研究では、混合スペクトル分析の国内における適用性を検討し、得られた結果の特性を調査・分析した。

2. 対象領域および対象データの選定

(1) 対象領域：対象領域として大阪府中心部を含む 20km×20km のエリアを選定した。この領域は大阪府が指定するヒートアイランド優先対策地域にも含まれており、不透水面を調査するのに適した領域である。

(2) 対象データ：対象データとして既往の研究で使用されている Landsat ETM+データ（空間分解能 30m×30m）を採用した。後の処理に備え、MODTRAN に基づいた大気補正処理を実施し、DN 値を反射率に変換した後、幾何補正処理を実施している。

3. 不透水面率推定法の導入

(1) 混合スペクトル分析を用いた不透水面率の推定について：衛星などのイメージセンサから都市域を観測すると、1 ピクセル内に複数の土地被覆の混在することが多い。混在した土地被覆状態を分析する手法として、1 ピクセル内の反射率を構成する代表的な要素の面積占有率を推定するアプローチがあり、混合スペクトル分析と呼ばれている。既往の研究では、反射率の構成要素を植生面・土壌面・ハイアルベド面・ローアルベド面の4つとした上で、ハイアルベド面はコンクリート構造物表面、ローアルベド面はアスファルト舗装面を想定している。つまり、この2つの構成要素の面積占有率の総和をもって不透水面積が得られることになる。ここでは、仮に1ピクセル内にある構成要素が一様に敷き詰められた際の反射率をエンドメンバーとし、この反射率を用いて混合スペクトル分析を行い、各構成要素の面積占有率を算出している。

(2) MNF法によるエンドメンバーの選定：混合スペクトル分析を用いて不透水面率を算出するには、各エンドメンバーを選定する必要がある。本研究では、MNF (Minimum Noise Fraction) 法の適用により得た散布図を基に、エンドメンバーを選定した。具体的には、Landsat ETM+データに MNF 法を適用し、信号成分とノイズ成分に分離させるとともに、上位の信号成分を用いて3種類の散布図を作成した。作成した散布図の例を図-1に示す。これまでの例では、各散布図は三角形分布に近い形を形成し、三角形の頂点付近では植生面・土壌面・ハイアルベド面・ローアルベド面のエンドメンバーが表れている。本研究では、作成した散布図を基に、構成される三角形でなるべく多くの点群を含むように配慮してエンドメンバーを選定した。選定結果と既往の研究成果とを分光反射特性で比較したところ、本研究で設定した領域では、グラウンドの土地被覆がハイアルベド面のエンドメンバーに影響していることを確認した。図-1では、円で囲まれたグラウンドの土地被覆を示す点群を考慮し、植生面・ハイアルベド面・ローアルベド面のエンドメンバーを選定している。

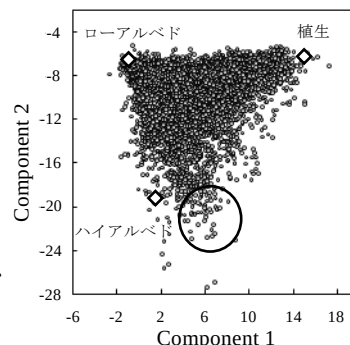


図-1 MNF法より得た散布図

(3) 混合スペクトル分析による不透水面率の算出：選定したエンドメンバー

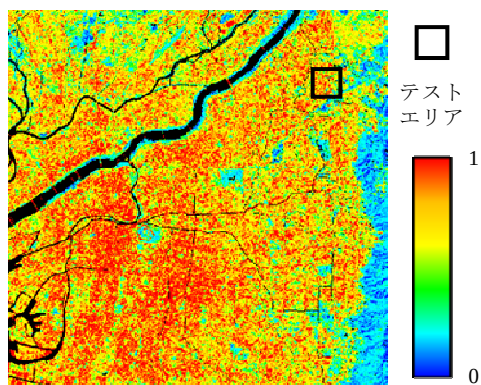


図-2 対象領域における衛星不透水面率の分布状況

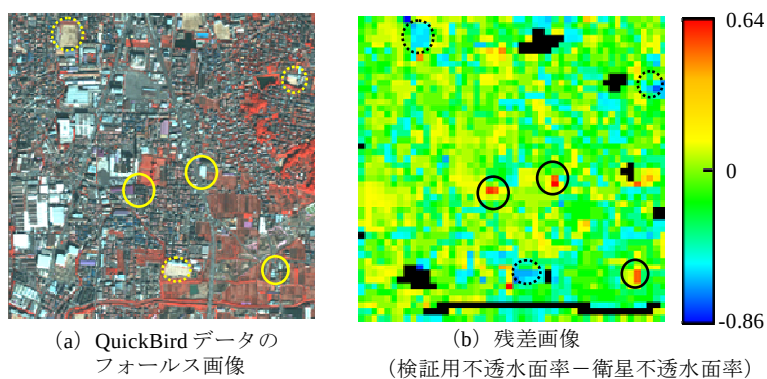


図-3 残差の分布図

でのバンドごとの反射率を適用し、それぞれの構成要素の面積占有率を算出した。算出したハイアルベド面とローアルベド面の面積占有率の総和をもって不透水面率（以降、衛星不透水面率と呼ぶ）を算出した。図-2 に対象領域における衛星不透水面率の分布状況を示す。対象領域内では都市域で高い値を示し、淀川河川敷や山岳地などで低い値を示すことが確認できる。

4. 推定精度の検証

（１）衛星不透水面率と検証用不透水面率との比較：テストエリアを目視判読することにより作成した検証用不透水面率と衛星不透水面率との相関係数・RMS 誤差を算出することで、不透水面率推定法の推定精度を検証した。その結果として空間分解能 $30\text{m} \times 30\text{m}$ で相関係数 0.81、RMS 誤差 20.1%を得た。次に、検証用不透水面率と衛星不透水面率の残差（検証用不透水面率－衛星不透水面率）を算出し、同領域の QuickBird データ（空間分解能 $0.6\text{m} \times 0.6\text{m}$ ）と比較することで、不透水面率推定での誤差要因の抽出を試みた。テストエリアの位置を図-2 に、その結果を図-3 に示す。図-3 の点線の円で示した箇所は、衛星不透水面率の方が高い値を示す箇所であり、この地点の土地被覆はグラウンドが広く分布する地域であった。これは混合スペクトル分析の際、グラウンドが土壌面ではなくハイアルベド面と誤分類されたためと推測される。一方、実線で囲まれた箇所は、衛星不透水面率の方が低い値を示す箇所である。この地点は周辺の土地被覆が透水面である田畑であるため、その影響を受けていると推測される。そこで、周辺の土地被覆の影響を考慮するために、空間分解能を 30m から 10m ピッチで変化させた際の衛星不透水面率と検証用不透水面率との相関係数・RMS 誤差を算出した。その結果、相関係数は上昇する傾向を見せ、空間分解能 $90\text{m} \times 90\text{m}$ で相関係数 0.87 の最高値を示した。その際の RMS 誤差は 14.8%であった。このことから混合スペクトル分析を用いた不透水面率推定法が、周辺の土地被覆の影響を受けることが明らかになった。

（２）土地利用・用途地域ごとの不透水面率の検証：土地利用・用途地域区分ごとに衛星不透水面率と検証用不透水面率とを比較し、その傾向を分析した。具体的には、空間分解能 $30\text{m} \times 30\text{m}$ と $90\text{m} \times 90\text{m}$ において土地利用・用途地域区分ごとに相関係数・RMS 誤差を算出した。その結果、土地利用では空間分解能 $30\text{m} \times 30\text{m}$ の「田」で相関係数 0.84、RMS 誤差 17.7%を示した。「田」は住宅地と異なり土地被覆が一様である場合が多いため、周辺の土地被覆の影響が少ないと推測される。用途地域区分ごとの比較では、空間分解能 $90\text{m} \times 90\text{m}$ の「第 1 種住居地域」で相関係数 0.85、RMS 誤差 14.2%を得た。「第 1 種住居地域」では他の地域と比べて高い建物が少ないことを確認しており、影の影響を受けていないと推測される。

5. まとめ：本研究では、国内における MNF 法によるエンドメンバーを用いた混合スペクトル分析法の適用可能性を検討した。その結果、混合スペクトル分析の適用可能性が明らかになるとともに不透水面率推定上の問題点が整理された。今後は、テストエリアを拡大し、多くの土地利用・用途地域データを内包した検証用不透水面率データを整備することにより、不透水面率推定法の国内における特性をより詳細に分析することを考えている。

【参考文献】1) Wu, Changshan., Murray, A.T. : Estimating impervious surface distribution by spectral mixture analysis, Remote Sensing of Environment, Vol.84, Issue 4, pp.493-505, 2003.