

ランドサットデータによる地表被覆状態推定に関する新しい計算法

信州大学工学部
信州大学工学部

正会員 奥谷 巖
○望月 嘉徳

1. はじめに

ランドサット衛星などによるリモートセンシングは、近年土木、地質、防災、農林、都市計画など幅広い分野において、その利用方法が注目されている。その中でMSSによる特定地域の土地被覆分類は、経年変化の土地被覆状態を知る有効な情報として得ることが可能なため、その利用用途の高度化、多用化に伴い、分類精度の向上が要求される。ここで用いたカルマンフィルター理論は、状態方程式を推定の機構に組み込んでいるためダイナミックな性質を有し、得られた観測データを有効に利用でき、逐次的に推定値を更新できる等の優れた面をもっている。本研究では、これらの特徴に注目して、この理論を用いた地表被覆状態の推定方法による分類精度の向上の可能性についての検討を行う。

2. カルマンフィルター理論を用いた推定方法

推定対象地域を、推定後の分類精度の比較

検討の必要性から、広範な利用項目を含む

7.5km×15.0kmの長方形地域を選定した。次に、一辺が750mからなるメッシュ地域 200個を定め、さらに、このメッシュ地域に一辺が75mのメッシュ 100個を考え推定対象地域全体で合計 2万個のメッシュ地域を設定する。いま、対象地域に展開した750mのメッシュを単位正方形とし、一定の距離づつ移動させると考える。(図-1参照) この移動させた単位正方形を A_k 、 A_{k+1} 、 A_{k+2} 、 A_{k+3} としたときわずかな距離の移動では被覆状態に大きな変化はないものと仮定し、単位正方形に含まれる土地分類を状態変数、ランドサットデータを観測変数としてカルマンフィルター理論を展開する。ここで、状態方程式及び観測方程式を次のように定める。

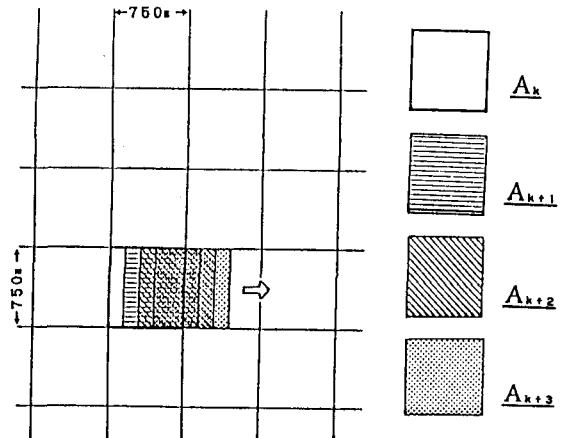


図-1 単位正方形の移動

$$x_{(k+1)} = x_{(k)} + v_{(k)} \quad (1)$$

$$y_{(k)} = H \cdot x_{(k)} + e_{(k)} \quad (2)$$

ただし、 $x_{(k)}$ ； A_k の土地被覆状況を示す m 次元ベクトル、 $y_{(k)}$ ； A_k のランドサットデータによる観測量、 n 次元ベクトル、 H ； $n \times m$ の変換行列、 $v_{(k)}$ ； m 次元の誤差ベクトル、平均値 0、分散共分散 R_1 、 $e_{(k)}$ ； n 次元の誤差ベクトル、平均値 0、分散共分散 R_2 とする。本研究では、 $x_{(k)}$ として 8次元ベクトル、 $y_{(k)}$ としてランドサットデータの単位正方形内の各バンドの平均と分散共分散を用いた14次元ベクトルを採用した。上記のシステムによって支配されるとき、 A_k の土地被覆状態の推定値 $\hat{x}_{(k+1|k+1)}$ は以下の式により導かれる。

$$\begin{aligned}\hat{x}_{(k+1|k+1)} &= \hat{x}_{(k|k)} + K_{(k+1)} [y_{(k+1)} - H \cdot \hat{x}_{(k+1|k)}] \\ K_{(k+1)} &= S_{(k+1)} \cdot H^T [H \cdot S_{(k+1)} H^T + R_2]^{-1} \\ S_{(k+1)} &= P_{(k)} + R_1 \\ P_{(k)} &= S_{(k)} - K_{(k)} \cdot H \cdot S_{(k)}\end{aligned}$$

ここに、 $S_{(k+1)}$; $y_{(k)}$ を考慮した場合の $\hat{x}_{(k+1)}$ の推定誤差の分散共分散、 $P_{(k+1)}$; $y_{(k+1)}$ を考慮した場合の $\hat{x}_{(k+1)}$ の推定誤差の分散共分散である。

以上の推定理論を用いた具体的な手順を述べる。推定対象地域を10行に分割し、各行について、まず、左から右へ単位正方形を移動させながら推定し、端部まで推定が終了した後、同じ行を右から左へ再び推定を行う。そこで得られる復路の推定値を左右方向の推定結果とする。つぎに20行に分割し、各行について上下方向へ同様の手順で推定を行う。こうして得られる同一エリアの2個の推定値の平均をもって、そのエリアの推定値とする。

次に、変換行列Hを決定するパラメーターの同定について述べる。推定対象地域に設定した75m四方のメッシュを国土地理院発行の土地利用図上に展開し、そのメッシュに含まれる土地利用状況を百分率(5%単位)で判別して、設定した8種類の分類項目に集計する。土地利用図の判読の便宜上、表-1に示す分類項目を設定したが、ランドサットの地表分解能を考慮すれば観測データによる8項目への分類は困難が予想されるため、集計した土地利用図からのデータに季節などの諸条件を加味し人為的に修正を加え、単位正方形に含まれる分類項目の平均値をデータとする。

表-1 分類項目の設定

分類項目	分類例
密集地	建物密集地 商業地区 道路 鉄道
工業地	工業地区 厚生地区 運輸交通施設
宅地	一般住宅地 空き地
文教地	文教地区 運動競技施設 防衛施設
田畑	田 普通畑 裸地 改変工事中の土地
果樹園	果樹園 茶畑 牧草地 公園緑地
森林	針葉樹林 広葉樹林 竹林
水域	海 河川 湖沼 川水

次に、システムの推定過程の各单位正方形の変換行列 $H_{(k)}$ の各要素を一列に並べたベクトルを考えて $h_{(k)}$ とする。

$$h_{(k)} = [f_{11}(k), f_{12}(k), \dots, f_{1n}(k), f_{21}(k), \dots, f_{mn}(k)]$$

さらに、 $x_{(k)}$ から構成される行列を

$$\Lambda_{(k)} = \begin{bmatrix} x_{(k)}^T & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & x_{(k)}^T \end{bmatrix}$$

とすれば、観測方程式(2)は次のようになる。

$$y_{(k)} = \Lambda_{(k)} \cdot h_{(k)} + e_{(k)}$$

いま、変換行列 $H_{(k)}$ は単位正方形の移動に伴い変遷し、 $h_{(k)}$ の定常性が仮定できるので、 $h_{(k)}$ は、次の状態方程式に遷移する。

$$\begin{aligned}h_{(k+1)} &= h_{(k)} \\ y_{(k)} &= \Lambda_{(k)} \cdot h_{(k)} + e_{(k)}\end{aligned}$$

従って、 $h_{(k)}$ というシステムパラメーターを、土地利用図からのデータ、 $e_{(k)}$ の分散共分散により同定することができる。こうして得られる $h_{(k)}$ は収束すると考えられるため、この収束値を定数の変換行列Hとして観測方程式(2)に組み込む。

なお、具体的な計算結果については講演時に発表するものである。