

多重ファジィ推論ルールによる人工衛星データの土地被覆分類法の検討

信州大学工学部 正会員 奥谷 巖
信州大学工学部 学生会員 ○竹内 正軌

1. まえがき

人工衛星などに搭載されたセンサによって観測されたデータを用いて土地被覆分類を行うというリモートセンシング技術はかなり確立されてきている。それに伴い高い推定精度が要求されるようになってきている。

筆者らは、ランドサット TM データに対し現在までに、カルマンフィルタを使った推定方法を検証してきたが²⁾、必ずしも期待した結果が得られているとはいえない。そこで、本研究では MSS データに対して、推定精度が良好であったファジィ推論¹⁾を用いて土地被覆状態の推定を行うことにした。

2. ファジィ推論による土地被覆分類法

本研究で用いるファジィ推論は、IF～THEN 形式による直接法であり、推論の合成則としては Mamdani の方法を利用する。また、土地被覆分類をするにあたり、与えられた小区域を構成する各土地被覆分類項目別の面積を直接求めるという方法論の開発を目指す。ファジィ推論をこのような目的に使う場合の問題は、ファジィ推論ルールをどのように準備するかということである。

そこで、本研究では次のようなファジィ推論ルール構成法を提案する。すなわち、局所的にみればそれぞれの土地被覆分類項目をいろいろな割合で含んでいる地域をトレーニングエリアとして選定し、まずそれをメッシュ分割する。メッシュの大きさは、推定対象地域に対して採用するものと同程度とする。こうしてできた各メッシュの土地被覆項目別面積内訳は、当然のことながら多様

となる。ここでは、これらの各メッシュに対応するランドサットデータから、まず前件部を作り、当該メッシュの土地被覆分類項目別面積のデータから後件部を作って、1 つファジィ推論ルールを構成することを考える。すなわち、推論ルールの数はトレーニングエリアのメッシュ数だけ準備されることになる。原則的にはそれらすべてのルールを使って土地被覆分類を行うというのが、本研究で提案する分類法の骨子である。こうした方法により、各土地被覆分類項目ごとにトレーニングエリアを選定する煩わしさから解放される。

いま、トレーニングエリアのメッシュに 1～M の番号を付けると、第 i 番目メッシュに対応する領域内の各画素のランドサット TM データを各バンドごとに平均する。このようにして得られた値を $b_j^i (j=1,2,\dots,6)$ としたとき、図 1 の左側のグラフに示したようにそれらを中心にもつ三角形ファジィ数を考え、ファジィ推論ルールの前件部を構成する。

当該推論ルールの後件部は、各土地被覆分類項目の第 i メッシュ内の面積である。一般には、これは非ファジィ数と考えられるが、分類項目の設定や項目の識別の曖昧さを考えればファジィ数とみなすこともできる。そして、後件部は図 1 の右側のグラフのようになる。ここで、 S_k^i は第 i メッシュ内の分類項目 k の面積 ($k=1,2,\dots,N$) を示す。図では数項目の面積を表しているが、分類項目 k の面積推定のためのルール構成上は S_k^i のみ

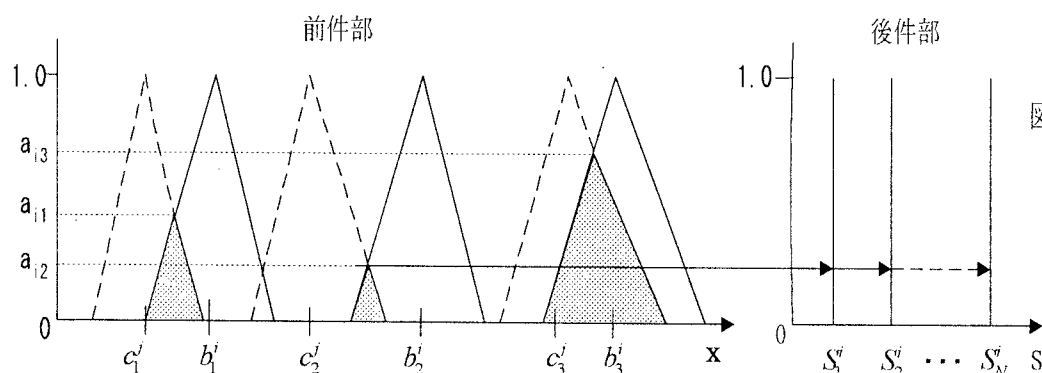


図1 ファジィ推論ルールによる土地被覆分類

でよい。

次に、完成された推定ルールより分類項目 k の被覆面積の推定を行う。推定対象地域についてもメッシュ分割し、各メッシュに番号をつけると、第 j 番目メッシュに対応する画素のバンドデータの平均値が $c_1^j \sim c_6^j$ になったものとする。そして同様に、これらの値を三角形ファジィ数に変換して、推定ルールに入力したとき、第 j 番目メッシュ内における分類項目 k の被覆面積の推定値 $\hat{S}_k^j$ がいかにして得られるかについて考える。

図1の前件部において、点線で示した三角形ファジィ数が入力変数である。各バンドごとに、前件部ファジィ変数と入力したファジィ変数の共通集合を考えると、そのメンバシップ関数は図において網掛けしたようになる。今、そのメンバシップ関数の最大値をバンドごとに $a_{i1} \sim a_{i6}$ のように表すと、推定地域の第 j 番目メッシュから得られた入力の推論ルール i の前件部に対する適合度 a_i は、Mamdani の方法に従うと次のようになる。

$$a_i = \min_{1 \leq m \leq 6} a_{im} \dots\dots\dots (1)$$

すると、推論結果は「第 j 番目メッシュにおける分類項目 k の面積が S_k^i である程度は a_i である」ということになる。また、最小値をとることは適合度をひかえめに見積もっていることを意味する。

結局、 M 個の推論ルール全体を考慮した推定値は、 a_i をルール i から得られた重みと解釈することにより次式のようになる。

$$\hat{S}_k^j = \frac{\sum_{i=1}^M a_i S_k^i}{\sum_{i=1}^M a_i} \dots\dots\dots (2)$$

また、ランドサット TM データを非ファジィ数として扱う場合、図1において前件部各メンバシップ関数の、横軸の値が $c_1^j \sim c_6^j$ のときの値が $a_{i1} \sim a_{i6}$ となり、それ以降の計算は上と全く同じものとなる。また、後件部の土地被覆面積をファジィ数と仮定する場合は、三角形ファジィ数を用いると、 S_k^i に関するものは図2のようになる。推論結果は図中網掛けをしたメンバシップ関数をもつファジィ集合となる。今、そのメンバシップ関数を $\mu_k^i(S)$ とすると、 $1 \sim M$ のすべての推論ルールを使った結果を合成した推論結果 $\tilde{\mu}_k^j(S)$ は、

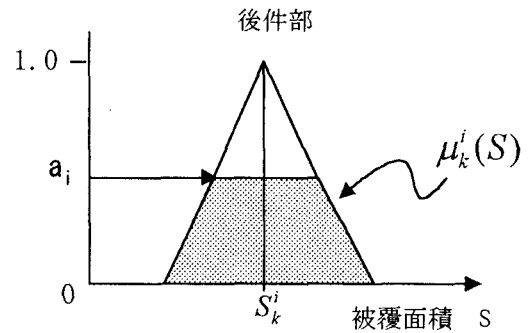


図2 土地被覆面積がファジィ数のときの推論結果

$$\tilde{\mu}_k^j(S) = \max_{1 \leq i \leq M} \mu_k^i(S) \dots\dots\dots (3)$$

第 j 番目メッシュ内における分類項目 k の被覆面積の推定値を重心法に基づく非ファジィ化によって行うものとする

$$\hat{S}_k^j = \frac{\int S \tilde{\mu}_k^j(S) dS}{\int \tilde{\mu}_k^j(S) dS} \dots\dots\dots (4)$$

(2)式または(4)式で求められた分類項目 k の面積は、全項目についての推定値の和が第 j 番目メッシュの面積に一致するように、一定割合を乗じて修正され最適な推定値となる。

3. 適用性の検討

本研究を行うにあたり、対象地域を神奈川県小田原市周辺の $4\text{km} \times 8\text{km}$ の長方形区域を選んだ。また、対象地域を南北に分け北側をトレーニングエリア、南側をテストエリアとする。両エリアとも $200\text{m} \times 200\text{m}$ の単位正方形メッシュに分割し、各メッシュの分類項目別面積を求めた。

土地被覆分類は、水域・農地・果樹園・森林・密集地の5カテゴリと、水域・水田・畑地・草地・裸地・果樹園・森林・砂地・舗装路・鉄道路・コンクリート建物・瓦屋根建物・鋼構造物の13カテゴリの2種類を考えた。

また、人工衛星データは、1993年10月28日のLandsat5号によるTMデータ入手し、全バンド中バンド6(熱バンド)を除外した6つのバンドデータを使用した。

適用結果については、本文のスペースの都合上掲載することができないので割愛させていただく。

参 照 文 献

- (1) 奥谷巖, 両川英樹: ランドサットデータを用いたファジィ推論による土地被覆分類, 電学論, pp520-526, 1993.
- (2) 奥谷巖, 竹内正軌: 拡張カルマンフィルタを用いた衛星データによる土地被覆分類, 中部支部論文, pp379-380, 1999.