118 PC ベースのリモートセンシング画像処理 — 空間情報の統合を中心に —

桜井貴子[○], 飯坂譲二

[○]宇宙開発事業団地球観測データ解析研究センター
カナダ太平洋森林センター

PC based image processing for remote sensing —integrating spatial information

Takako Sakurai-Amano, and Joji Iisaka

Remote sensing data provides useful information for monitoring and managing global environment, disaster and resources. In this paper, the problems of remote sensing data analysis are first analyzed and a new approach to the automatic terrain understanding, which we called "information fusion approach", is explained. Then a unified method to process spatial information as well as spectral information is briefly described with a few examples.

1 はじめに

リモートセンシングのデータは、環境、災害、資源などの監視や保全のために有用な情報を提供する。リモートセンシングの実用化における大きな障害の一つは、大量のデータを迅速に処理することで、これには自動化が必須条件である。ところが、商用のリモートセンシング・システムは、各画素のスペクトル値のセットが問題とする地被対象と1:1で対応するという仮定に依存している。そのため、後述するような問題から、自動処理ができず、観測データ一つ一つについて対話的に設定していかなければならない上に、誤分類という問題が常につきまとう。

ここでは、リモートセンシングの画像処理上の問題点を分析し、我々のあたらしいアプローチの概要を説明する。ここでは、特に空間情報の組込みについて、画素交換法を簡単に紹介し、その実例を紹介する。

2 リモートセンシングの画像処理上の諸問題

リモートセンシングの画像処理とは、観測した物理情報を目的とする地被対象にコンピュータを用いて変換する処理である。

観測データの放射補正、幾何補正などの前処理を含め、観測したデータ側の問題としては、分光分解能や空間分解能の限度による混合画素の問題から、光学的なセンサーならば、雲はもとより、大気状態、大要高度などの影響が大きく、全天候型といわれる合成開口レーダ (SAR) の場合

も、確かにどのような天候でも、また太陽光がなくても観測できるが、決して同じに見えるわけではない。ほんのわずかな軌道の違いでも見えなくなるものもある。

さらに、解析抽出した地被対象は、通常地表データと比較し、その正確さや整合性をチェックするのであるが、ここにも大きな問題がある。地被対象の概念の定義そのものが本質的にあいまいなのである。たとえば、一体どの程度の広さでどの程度木が生えていれば森林なのだろうか。裸地とはどの程度草が生えているところまでなのか。どの程度の建物がどの程度あり、どのぐらいの道路があれば市街地なのだろうか。

また、さらに実用化を目標とする以上、処理時間や処理の汎用性もひじょうに大きな問題である。このような問題を解決して高度の自動解析を行なう際に、他のセンシングの分野で開発されてきた技法には参考になるものがある。しかし、他のセンシングの分野と異なる問題が多々ある。まず、画像のサイズがひじょうに大きいことである。さらに抽出される地被対象のサイズは、1画素から時として百万画素以上と、大きさの範囲がたいへん広い。抽出すべき対象の数も不特定で、一つしかないことも無数あることもありうる。また形状も、他のセンシングの分野ではある程度決まっているが、幾何学的な人工物からフラクタル的な自然物とたいへん多様である。そのために空間情報をフルに活用する必要がある。抽出すべき対象が分解能の大きさに近いことも多く、その場合には、形状のローカルな変形が大きい。幾何学的な形状であっても許容量が多くなければならない。このような点が他のセンシングの分野で開発された技法を応用する上での大きな障害となる

Fig.1. Schematic diagram of an "Information Fusion" approach

3 あたらしいアプローチ

Fig. 1 は、我々のあたらしいアプローチ[1-3]を模式的に示したものである。情報融合を基本とする階層的なネットワーク構造で、観測したリモートセンシング・データから、画素レベルの処理、連続した画素の集合である画素キュー・レベルの処理、さらにその画素キューの集合レベルの処理、それをさらに意味的に結合した目的とする地被特徴の構成要素のレベルの処理を経て、目的とする地被特徴を得、最後に応用に組み込む。ここで画素というには、必ずしも画像強度だけでなく、いろいろな評価関数による処理値も含まれている。さらにこのネットワーク構造はレベル内、レベル間のフィードバック・プロセスも含まれている。ここで、情報融合というのは、入力データだけでなく、前の処理結果、いろいろな既存の知識を組合せて処理し、既存の知識をさらに高めたり、結果を更新し、結果はさらに状況分析して更新し、次のプロセスに入力する。このような繰り返しにより、最終的には目的とする地被対象を抽出するのである。

入力情報としては観測値だけでなく、大きさや形などの形状情報、空間的な配列や分布のパターン、テクスチャなどの空間情報も抽出し、次の段階の処理の入力とした。さらに、非画像情報として、入手可能ないろいろな情報も利用することにした。

視覚判読はさらにひじょうに判断が迅速である。同様に実用には、計算時間のかかるあまり複雑な計算は向いていない。さらにその計算があまり特殊であるのも汎用を考えると望ましくない。多数の並列的な単純

な処理の組合せにより実現した。これらの処理の一つ一つは不完全であるが、多数の組合せでその欠点を補える上に、高速の処理ができる。

我々はこのようなアプローチをおこなう地表理解システムを LAN ベースの PC システム上で実現した[2,3]。

4 空間情報の組込み

空間情報の活用については、その情報の抽出から問題である。どのように強度情報と同等に扱っていったらよいのであろうか。テクスチャ、大きさ、サイズ、空間分布、空間パターン、空間関係などずいぶん性質が違う量であるので、統合がなかなか難しい。非画像情報の取り込み、あいまいさの取り込みなども問題である。

空間情報を表現する場合、従来のようなある位置の画素の画素値を他の画素と独立に定義するような方法では、空間的、構造的な情報をリモートセンシング・データを自動領域分割に統合するのにあまり有効でない。これに対して、順序付きの座標のセットと画素値のセットの写像という集合論的な概念を取り入れた画素交換法[4,5]を用いると、画像は画像対間の空間関係を本質的に含むようなサブセット群から構成されるようになる。画素交換法と名づけたのは、画素対の交換の効果を評価しているからである。この方法は、従来の数値処理を中心とする画像処理と集合演算に基礎をおいた数値形態学を総合・集積した手法（したがって、既存の手法も画素交換法でインプリメントできる）で、ひじょうに汎用性に富んでいる。このように

して、空間情報を評価関数で評価することにより、我々は階調情報、空間情報を統一的に扱った。

5 実例

5.1 画素キュー・レベルの空間情報

画素キューとは連続した画素のグループで、これは必ずしも観測値また前処理した観測値を持つ画素のグループとは限らず、評価関数の評価値であることもある。このレベルの空間情報は形状と大きさである。

例1. 局所形状の評価

これはある画素とその周囲の画素の交換についての対称性から、局所的な形状が点状であるか、内部領域であるか、境界であるか、あるいは線状であるかを評価する。

Fig. 2 にその例を示す。Fig. 2 (a) はある 2 値化画像である。(b) は 3 x 3 のテンプレートを使って、局所的な形状を評価した結果を示したものである。

(a) A binarized remote sensing image

(b) Evaluated local spatial characteristics
black: point, dark grey : inner region
grey: line-like, pale-gray: background

例2. 比較的大きな画素キューの複雑な形状評価

比較的大きな画像キューであっても、リモートセン

シングのオブジェクトの場合、あまり単純な数学的形状で記述できることは少ない。円や四角形、長方形などの単位で画素キューの形を展開し、はじめの 2, 3 項の係数を比較することで、形状の複雑さの程度を比較する[6]。これは第 1 段階の画素キューについてだけでなく、画素キューの集合を評価後できた画素キューについて適用する。

5.2 画素キューの集合レベルの空間情報

これは画素キューが線状に並んでいるとか、互いに例えば 10 画素以内の近傍に集中しているとか、ランダムにあるとかいう場合で、属性としては、その空間的な関係、集合の範囲 (サイズ)、形状がある。サイズと形状は画素キューのものと同じように扱える。

例. SAR 画像の非常に明るい点の集合

Fig. 3(a) は箱根付近の 3 ルックの JERS-1 SAR の画像をさらに縮小した画像である。Fig. 3(b) は、Fig. 3(a) から非常に明るい点を抽出したものである。ターゲットの意味を考えずに、この抽出された結果のみに注目して、これらの点の近傍性のみで集合の範囲を決めると、その範囲の形状から、いくつかのグループに分類できる。たとえば、特に方向性を持たずに集合しているグループ、横方向に線状に集合しているグループ、孤立点のグループに分けられる。この段階では画素には意味は含まれていない。Fig. 3(b) 内の点の集合から、Fig. 3(c) の方向性のない点の集合と Fig. 3(d) の方向性のある集合に分類でされる。

5.3 地被の構成要素レベルの空間関係

地被の構成要素内の空間関係である。この段階から、画像上のオブジェクトは地被としての意味をもってくる。

例1. 同じ Fig. 3 の例を使うと、単に画像内の点の集合というだけから、レーダー画像内の非常に明るい点という意味を持たせて考慮するのがこのレベルである。SAR 画像において、これらの明るい点ターゲットは必ずしも地被対象として重要な意味をもっているわけではなく、たまたまそのターゲットがレーダーの方向に対して、正反射をするような向きをなしていたなどで、次回軌道がわずかにずれるともはや強くは反射せず、別の点が強く反射するようになったりする。小田原市、秦野市などの市街地やレーダーに面した山稜に、明るい点が集まっていて、市街地や山稜はそのような非常に明るい点ターゲットを多数生ずる環境にあると言える。そして、その集中の仕方が年の場合には特に方向性がないのに対して、山稜の場合はレーダーの進行方向に平行に伸びているので、両者を区別することができる。したがって、Fig. 3(c) と Fig. 3(d) の集合はそれぞれ、市街地と山稜ということになる[7]。

例2. 農地, 人工林, 集落などのように, 裸地, 野菜畑, 休耕地, 林, 家, 道路などのように意味的に異なる構成要素間の空間関係 [8]

(a) Decimated speckle-reduced 3 look JERS-1 SAR image of Hakone area

(b) Very bright point targets

(c) Non-directionally oriented point groups (urban areas)

(d) Directionally oriented point groups (mountain ridges)

5. 4 地被レベルの空間関係

これは, 川沿いの植生とか, 集落から遠い自然の植生など, 他の地被との空間関係で規定されるものである [9]

参考文献

- [1] J. Iisaka and T. Sakurai-Amano, "Automated terrain feature detection from remotely sensed images integrating spectral, spatial and geometrical attributes of objects", Proc. GIS/LIS95, pp.486-495 (1995)
- [2] J. Iisaka and T. Sakurai-Amano, "LAN-based integrated terrain understanding system for remote sensing", Proc. GIS/LIS95, pp.496-504 (1995)
- [3] J. Iisaka and T. Sakurai-Amano, "PC Network Image Computing System for Remote Sensing, Proc. International Symposium on Global Environmental Monitoring from Space, pp.56-66, Tokyo (1996)
- [4] J. Iisaka, "Structural spatial information extraction from remotely sensed data", Proc. IGARSS89, pp.1224-1227 (1989)
- [5] J. Iisaka, "A Unified Image Computing Method for Spectral and Spatial Feature Extraction from Remotely Sensed Imagery", SPIE Vol.3304, pp.232-239(1997)
- [6] J. Iisaka, and T. Sakurai-Amano, "A Shape-Based Object Recognition for Remote Sensing", Proc. IGARSS'95, pp.160-162, Firenze, Italy, July 1995
- [7] J. Iisaka and T. Sakurai-Amano, "Terrain Feature Recognition for SAR Imagery Employing Spatial Attributes of Targets", Proc. ISPRS Commission III Symposium pp.399-408, Munich, Germany, September, 1994
- [8] 桜井, 飯坂, B. Nelson 「TM 画像からの人工植生地の自動検出」日本リモートセンシング学会平成10年春季学術講演会論文集
- [9] 桜井, 飯坂, B. Nelson 「マナウス付近の TM 画像の季節変化, 経年変化と空間情報」日本写真測量学会平成10年度年次学術講演会発表論文集