

令和元年6月25日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00244

研究課題名（和文）限られた教師データを用いて衛星画像中の対象物を高精度に識別する半教師付き手法

研究課題名（英文）Semi-supervised method for recognition of objects in remote sensing images with restricted training data

研究代表者

喜安 千弥（KIYASU, Senya）

長崎大学・工学研究科・教授

研究者番号：20234388

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：限られた教師データを用いて多重分光画像中の対象物を高精度に識別するための半教師付き手法を開発した。トレーニングデータの拡張において、特徴空間における他クラスとの距離を考慮して拡張を行うことで、データの偏りによる精度の低下を改善した。また、領域分割を行ってからトレーニングデータの拡張を行う方法を開発し、空間的な偏りによる精度の低下を改善した。これらの知見を総合して、分光特性と空間的な配置を同時に考慮してトレーニングデータを拡張する半教師付き手法を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

航空機や人工衛星に搭載したセンサを用いて、リモートセンシングにより地表の状態を把握することは非常に有益な方法であるが、処理に必要なトレーニングデータが十分に得られないことが、精度向上の大きな妨げとなっていた。本研究では半教師付き手法を適用することでその解決を図り、分光的および空間的なデータの特徴を考慮しながらトレーニングデータ拡張することで、地表対象物を精度よく識別する方法を提案した。

研究成果の概要（英文）：We developed a semi-supervised method to recognize objects in remote sensing multispectral images with restricted training data. We improved the accuracy of recognition by taking into consideration the distance between classes in the process of expansion of training data. We also improved the accuracy after preliminary segmentation of the image for eliminating the degradation caused by spatial location of the data. We combined these methods into a semi-supervised method with expansion of training data considering spectral and spatial characteristics.

研究分野：パターン情報処理工学

キーワード：半教師付き分類 リモートセンシング マルチスペクトル画像

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

人工衛星から地表を観測したマルチスペクトル画像を用いて、画素のカテゴリ分類を行い、地表の対象物を識別することは、リモートセンシングにおける重要な処理である。従来の教師つき分類は、教師データが十分に得られることを前提としている。ところが実際の画像中で、カテゴリが既知の画素は限られており、教師データが空間的に偏った局所的な領域から与えられた場合、そのデータはしばしば特徴空間上でも偏っている。その結果、分類結果は多くの誤りを含むものとなることがあり、リモートセンシング画像の教師つき分類において、誤分類の避け難い要因となっている。

2. 研究の目的

本研究は、上記のような背景のもとで、リモートセンシングで得られるマルチスペクトル画像を対象とし、限られた教師データから半教師つき手法により高い精度で衛星画像の画素のカテゴリ分類を実現する実用的な方法を確立し、衛星画像の解析精度を大きく向上させることを目的とする。

リモートセンシングへの適用を想定した半教師つきの手法は、まだ実用的なアルゴリズムとしては確立しているとは言えないが、我々も現在までにさまざまな検討をおこなって手法を提案している[1-3]。半教師つき手法の一般的な特性として、それを用いた場合に効果があるかどうかは、データの性質や利用できる教師データの特性などに依存している。そこで本研究では、リモートセンシング画像を対象として、限られた教師データから高い精度で画素のカテゴリ分類を実現する実用的な方法を開発することを目的とする。リモートセンシングによる観測画像の特徴をふまえ、この問題を解決する“半教師つき”アルゴリズムの確立をめざす。

半教師つき(Semi-Supervised)手法は、教師データを用いる教師つき手法と、教師データを用いない教師なし手法の中間に位置するものであるが、ラベルづけされたデータとラベルのないデータが与えられた場合に、それらの両方を用いて学習することにより、ラベルづけされたデータだけで学習した場合よりも、精度の高い分類結果を実現しようとするものである。

3. 研究の方法

(1) カテゴリ間の距離に着目したクラスタリングに基づくトレーニングデータの拡張

すでに、クラスタリングに基づいてトレーニングデータの拡張を行った後、教師つき分類を行う方法を開発したが、トレーニングデータを拡張しても拡張を行わない場合よりも必ずしも分類性能がよくなる場合があるという問題があった。これは特徴空間上で分離が難しい複数のクラスにおいて、クラスタリングに基づくトレーニングデータの拡張をおこなうと、誤ったカテゴリのデータに対して拡張されるために、適切な教師データが得られないことが原因と考えられる。

そこで本研究では、初期トレーニングデータを用いて各カテゴリ間のクラス間距離を求め、他クラスとの距離が近いカテゴリに対してはトレーニングデータの拡張を行わず、クラス間距離が近いカテゴリが存在しなければトレーニングデータの拡張を行った。

(2) トレーニングデータの空間的な偏りを考慮した半教師つきカテゴリ分類

トレーニングデータの空間的な配置、空間的な偏りも考慮した方法への拡張を試みた。トレーニングデータを拡張した後、カテゴリの空間的な連続性を考慮した分類を行うために、まず空間的な領域分割を行い、分類処理にあたって領域分解をおこなった領域ごとにカテゴリを決定した。

(3) 分光特性と空間的な配置を同時に考慮するトレーニングデータの拡張と半教師付き分類

分光特性と空間的な配置を同時に考慮して領域分割を行い、その結果を画素のクラスタリングに利用してトレーニングデータを拡張することで、上記(1)と(2)の方法を統合したアルゴリズムを実現した。

4. 研究成果

(1) カテゴリ間の距離に着目したクラスタリングに基づくトレーニングデータの拡張

以下のようなアルゴリズムを開発して、実験により効果を確認した。

クラスタリングに基づくトレーニングデータの拡張において、カテゴリ間の分離を評価し、分布の重なりが大きいクラスについては拡張を行わない。まず、与えられた少数の初期トレーニングデータから、各カテゴリの平均ベクトルと共分散行列を計算し、クラス間距離を求める。クラス間距離があらかじめ与えた閾値以下となるカテゴリが存在すれば、そのカテゴリについてはトレーニングデータを拡張しない。他のどのカテゴリとのクラス間距離も閾値以上であれば、そのカテゴリについては半教師付きアルゴリズムを適用し、トレーニングデータを拡張する。トレーニングデータを拡張しないカテゴリについては、従来と同様に初期トレーニング教師データのみを用いて学習・分類を行う。

AVIRISによる観測画像を対象とし、トレーニングデータを限定して9クラスの分類処理の実験を行った。半教師付き手法を適用するとかえって精度が低下する場合でも、提案手法では従来の教師付き分類から精度が低下しないことを確かめた(図1, 図2, 表1)。



図1 地表の既知のカテゴリー



図2 分類結果

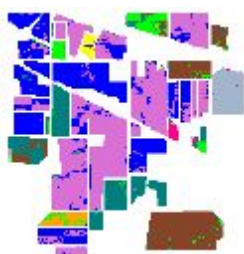
表1 分類結果の評価

分類法	教師付き	半教師付き	切り替え
適合率	63.5%	61.1%	63.6%
再現率	60.7%	60.5%	60.7%
F 値	62.0%	60.8%	62.1%

(2) トレーニングデータの空間的な偏りを考慮した半教師つきカテゴリー分類

カテゴリーの空間的な連続性を考慮し、隣接する画素が同一の領域と見なせるかどうかを判定して、あらかじめ領域を分割し、さらに、半教師付き手法を適用して、各領域にカテゴリーを割り当てるアルゴリズムを開発した。

領域ごとのカテゴリー決定において、領域内の画素の平均値を用いる場合と、分類結果の多数決を用いる場合について実験を行った。いずれも画素単位に分類する場合よりも精度が向上した(図3)。



(a) 画素単位の分類



(b) 多数決による分類



(c) 平均値による分類

図3 領域分割による分類結果

(3) 分光特性と空間的な配置を同時に考慮するトレーニングデータの拡張と半教師付き分類

領域分割で得られた領域のうち、内部にトレーニングデータを含む領域の全ての画素をトレーニングデータとして追加することにより、トレーニングデータの拡張においても空間的な配置を考慮した。拡張したトレーニングデータが正しいカテゴリーであるかを評価した結果、従来手法(正解率 75%)に比較して精度が向上した(正解率 96%)。

この手法を適用して分類を行った結果の例を図4に示す。結果は初期トレーニングデータの与え方で変化するため、(1)で示した結果とは単純に比較できないが、この例では、画素ごと教師付き分類を行った場合(F 値 56.7%)に比べて結果が改善(F 値 70.2%)し、有効性が確かめられた。

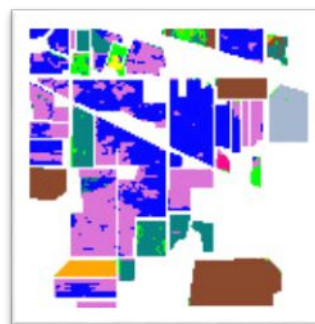


図4 分類結果

< 引用文献 >

- [1] Senya Kiyasu, 他, “ Semi-Supervised Land Cover Classification of Remotely Sensed Data Using Two Different Types of Classifiers ”, Proc. of ICROS-SICE Int. Joint Conf. 2009, pp.4874-4877 (2009)
- [2] Senya Kiyasu, 他, “ Semi-Supervised Method for Land Cover Classification of Remotely Sensed Image Considering Spatial Arrangement of the Pixels ”, Proc. of SICE Annual Conf. 2011, pp.2402-2405 (2011)
- [3] Senya Kiyasu, 他, “ Semi-Supervised Land Cover Classification of Remotely Sensed Image with Improved Clustering Seeds Initialization ”, Proc. of SICE Annual Conf. 2014, pp.101-104 (2014)

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 3 件)

有川諒, 藺田光太郎, 喜安千弥, 領域分割にもとづく衛星画像の半教師付きカテゴリ分類, 計測自動制御学会第 35 回センシングフォーラム論文集, 査読無, pp.101-104, 2018

清水徳真, 藺田光太郎, 喜安千弥, 半教師付き手法を選択的に適用する衛星画像のカテゴリ分類, 計測自動制御学会第 34 回センシングフォーラム論文集, 査読無, pp.80-84, 2017

Senya Kiyasu, Kotaro Sonoda, Application of Semi-Supervised Methods for Land Cover Classification of Multispectral Remote Sensing Images, Proc. of the 7th International Conference on Science and Engineering 2016, 査読有, pp.198-201, 2016

[学会発表] (計 3 件)

有川諒, 藺田光太郎, 喜安千弥, 領域分割にもとづく衛星画像の半教師付きカテゴリ分類, 計測自動制御学会第 35 回センシングフォーラム, 2018

清水徳真, 藺田光太郎, 喜安千弥, 半教師付き手法を選択的に適用する衛星画像のカテゴリ分類, 計測自動制御学会第 34 回センシングフォーラム, 2017

Senya Kiyasu, Kotaro Sonoda, Application of Semi-Supervised Methods for Land Cover Classification of Multispectral Remote Sensing Images, Proc. of the 7th International Conference on Science and Engineering 2016, 2016

6 . 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名 : 酒井 智弥

ローマ字氏名 : (SAKAI, Tomoya)

所属研究機関名 : 長崎大学

部局名 : 工学研究科

職名 : 准教授

研究者番号 (8 桁) : 30345003

研究分担者氏名 : 藺田 光太郎

ローマ字氏名 : (SONODA, Kotaro)

所属研究機関名 : 長崎大学

部局名 : 工学研究科

職名 : 助教

研究者番号 (8 桁) : 90415852

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。