

令和 4 年 6 月 30 日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K12043

研究課題名(和文) 教師データが限られた衛星画像のための半教師つきトランスダクティブ 画素分類

研究課題名(英文) Semisupervised transductive classification of remotesensing images with restricted training data

研究代表者

喜安 千弥 (Kiyasu, Senya)

長崎大学・情報データ科学部・教授

研究者番号：20234388

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：マルチスペクトル画像の教師つき分類において、限られた教師データでカテゴリ分類の精度を改善する半教師つきアルゴリズムを開発した。SVM(Support Vector Machine)アルゴリズムを組み合わせて多クラス分類を行ったときの誤分類の発生状態を把握し、2クラス分類を拡張した半教師つきSVMの実用的な解法をリモートセンシング画像に適用した。また、半教師つき分類の精度を向上させるために、処理に用いるラベルなしデータをあらかじめ選択し、特徴空間におけるスペクトル間の距離と画素データの空間的な配置を同時に考慮して精度の向上を図った。

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トランスダクティブ手法を適用することでその解決を図り、半教師付きSVMアルゴリズムを応用して、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 of pixel classification for remote sensing multispectral images with restricted training data. We investigated about the misclassification when SVM(Support Vector Machine) algorithm were applied for multi-class classification and applied a practical solution of semi-supervised two-class SVM to multi-class cases. We also improved the accuracy of semi-supervised classification by selecting the unlabeled data by considering the distance between the spectra in the feature space and the spatial arrangement of the pixels in the image.

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

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、画素のカテゴリー分類を行い、土地被覆図を作成することは、リモートセンシングにおける最も重要な処理のひとつである。分類処理においては、識別すべき対象をあらかじめ画像内からトレーニングエリアとして与える教師つき分類が行われてきた。従来の教師つき分類は、対象の性質を反映した教師データが十分に得られることを前提としているが、実際の画像中で、教師データとして利用できるカテゴリーが既知の画素は大きく限られている。とりわけ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おり、誤った分類結果をもたらす。

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ー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。

我々は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]。これらは、衛星画像の半教師つき分類方法として、限られた教師データをもとに、未分類の画像全体のクラスタリングを行い、その結果に基づき教師データを拡張するものであるが、結果の良否はデータの性質次第という問題があった。これに対して、半教師つき手法で改善が見込めるケースに限ってクラスタリングにもとづいて教師データを拡張する方法を提案した[4]。しかし、今までの研究では、分離が良いクラスについては半教師つき手法の効果が大きいですが、分離が難しいクラス間の識別については、あまり大きな効果が得られないという問題がわかった。そこで本研究は、トランスダクティブ学習の枠組において、分離が困難なクラス間についても有効に機能するような方法を目指し、結果の改善が保証されるような実用的な半教師つき手法の開発を目指した。

3. 研究の方法

(1) 教師データの拡張とトランスダクティブ SVM を融合させた半教師つきカテゴリー分類

教師データを拡張し、それが対象カテゴリーの分布をより適切に表現していれば、カテゴリー分類の精度向上が期待できる。既開発の方法では、カテゴリーが推定されたクラスに属するデータしか利用していなかったが、“半教師つき SVM”または“トランスダクティブ SVM”と呼ばれる手法では、全てのデータを考慮して分布がまばらな空間に優先して識別境界を設定できる。そこで、クラスタリングに基づく既開発の方法にトランスダクティブ学習の考え方を融合し、今まで利用していなかった未知データの分布も考慮するアルゴリズムを開発する。

(2) 教師付き SVM と半教師付き SVM の選択的利用

半教師付き SVM はラベルなしデータの分布がまばらな空間を優先して識別境界を設定するが、ラベルなしデータの分布によっては、かえって精度が低下する場合がある。そこで、教師付き SVM よりも精度が向上すると期待できる場合にのみ半教師付き SVM を適用する方法を開発する。

4. 研究成果

トランスダクティブ SVM による AVIRIS データの分類

教師データの拡張とトランスダクティブ SVM を融合した半教師つきアルゴリズムを実現するため、まず既存の SVM アルゴリズムを AVIRIS データを分類対象としてインプリメントし、多クラス分類の実験をおこなった。SVM は基本的には 2 クラス分類アルゴリズムであるが、それを組み合わせて多クラス分類を行ったときの誤分類の発生状態を把握した。半教師つき SVM の解を求めるには非凸最適化が必要であるが、ここでは擬似ニュートン法を適用し、さらにそれを用いて多クラス分類をおこなった。AVIRIS データ(図 1 ~ 図 3)を対象とした実験により、擬似ニュートン法によって適切な結果が得られることを確認した。ひとつのクラスを他クラスから識別する 2 クラス SVM を複数組み合わせると多クラス分類をおこない、教師データ数と分類精度の関係を調べた結果を図 4 に示す。カテゴリーが既知の実験データのうち、教師データとして利用する割合を 10% から 80% まで変化させたところ、教師データが多いほど分類精度が向上することが確認できた。教師データの割合 20% に固定して、残りのデータのうち半教師付き学習に利用するラベルなしデータの数を変化させた結果を図 5 に示す。半教師付き学習に用いるラベルなしデータが増えると分類精度が向上することが確認できた。この半教師付き分類により得られた分類結果の例を図 6 に示す。

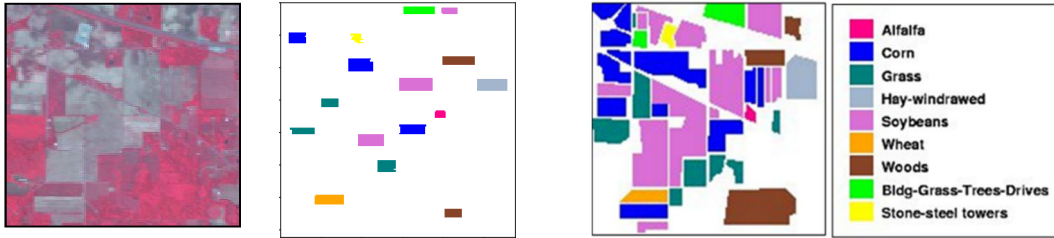


図1 AVIRIS 画像 図2 トレーニングエリア 図3 Ground Truth(正解カテゴリー)

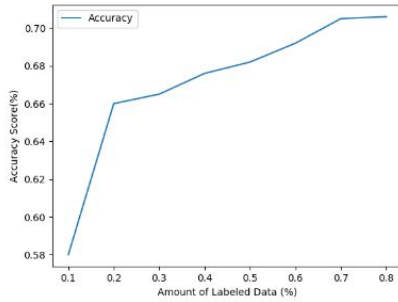


図4 教師データ数と分類精度の関係

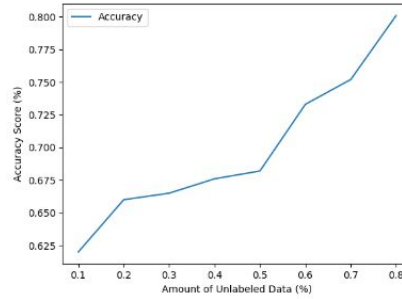


図5 半教師付き学習に用いるラベルなしデータ数と分類精度の関係

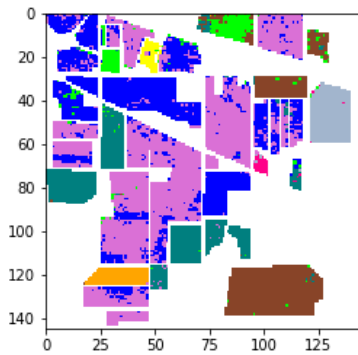


図6 S3VMによる多クラス分類結果

< 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)
- [4] 清水, 藺田, 喜安, "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ー分類", 計測自動制御学会第34回センシングフォーラム論文集, pp.80-84 (2017)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

| | |
|--|--------------------|
| 1. 著者名 山下翔, 園田光太郎, 喜安千弥 | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 教師付きSVMと半教師付きSVMの選択的利用法の検討 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 2021年度電子情報通信学会九州支部学生会講演会・講演論文集 | 6. 最初と最後の頁 D-18 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 Aye Moh Htun, Kotaro Sonoda, Senya Kiyasu | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Multiclass Semi-Supervised Support Vector Machines Approach to Land Cover Classification | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 計測自動制御学会九州支部 第39回学術講演会予稿集 | 6. 最初と最後の頁 134-137 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 Aye Moh Thun, Tokuma Shimizu, Kotaro Sonoda, Senya Kiyasu | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Semi-supervised Land Cover Classification with Label Extension Based on Neighboring Pixels | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 2019年度電気・情報関係学会九州支部連合大会講演論文集 | 6. 最初と最後の頁 120-121 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 山下翔, 園田光太郎, 喜安千弥 |
| 2. 発表標題 教師付きSVMと半教師付きSVMの選択的利用法の検討 |
| 3. 学会等名 2021年度電子情報通信学会九州支部学生会講演会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Aye Moh Htun, Kotaro Sonoda, Senya Kiyasu |
| 2. 発表標題 Multiclass Semi-Supervised Support Vector Machines Approach to Land Cover Classification |
| 3. 学会等名 計測自動制御学会九州支部 第39回学術講演会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Aye Moh Thun, Tokuma Shimizu, Kotaro Sonoda, Senya Kiyasu |
| 2. 発表標題 Semi-supervised Land Cover Classification with Label Extension Based on Neighboring Pixels |
| 3. 学会等名 2019年度電気・情報関係学会九州支部連合大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|---|----------------------------------|----|
| 研究分担者 | 酒井 智弥 (Sakai Tomoya) (30345003) | 長崎大学・情報データ科学部・准教授 (17301) | |
| 研究分担者 | 蘭田 光太郎 (Sonoda Kotaro) (90415852) | 長崎大学・情報データ科学部・助教 (17301) | |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|