

平成 29 年 6 月 1 日現在

機関番号：13801

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2015～2016

課題番号：15H06249

研究課題名(和文) リモートセンシングを活用したオアシスのモニタリングに関する研究

研究課題名(英文) Desert oasis monitoring based on remote sensing data

研究代表者

園部 礼 (Sonobe, Rei)

静岡大学・農学部・助教

研究者番号：40755352

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、人工衛星によるデータを用いて新疆ウイグル自治区(中国)における生態系劣化を検知を試みた。この際、先行研究などで広く用いられているSOM及びRFに加え、KELMによる分類も実施し、これらの分類結果の比較を実施した。結果としてKELMが最も優れており、検証用データに対して0.8を超える係数を示した。

2000年から2015年に取得されたMODISデータ(MOD13A2)とKELMを組み合わせることによって、15,739 km²ものオアシスが減少したことが判明した。

研究成果の概要(英文)：This study compares the kernel-based extreme learning machine (KELM) and the two traditional machine learning algorithms including self-organizing maps (SOM) and the random forest (RF) for detecting ecological degradation in Xinjiang (China), using satellite data. The results showed that KELM had the best performance in this study and kappa scores greater than 0.8 were confirmed against the validation data. Based on the detection of changes in land cover during 2000-2015 using MODIS data (MOD13A2) and KELM, it can be found that the oasis decreased (15,739 km²).

研究分野：環境動態解析

キーワード：オアシス 新疆ウイグル自治区 リモートセンシング

1. 研究開始当初の背景

年間数百万トンもの黄砂が微生物や基準を超える有害物質によって汚染された状態で日本に飛来しており、視程障害、大気汚染等において深刻な被害をもたらしている。この黄砂の原因の1つに中国西部乾燥地帯における沙漠化があり、黄砂を含む砂塵の総排出量の70%がモンゴル及び中国北西部の沙漠に由来している (Zhang et al., 2003; Geophys. Res. Lett.30:2272)。さらに、中国西部乾燥地帯ではオアシスの縮小そして沙漠化が進行しており、日本を含め広域での砂塵による被害の拡大が懸念されている。

Kefi et al. (2007; Nature. 449:213-217) は、植生パッチのサイズ分布が「べき乗則」から逸脱している場合に沙漠化が進行しやすいことを明らかにした。すなわち、当該地区における植生パッチのサイズ及び分布の把握は沙漠化の危険を早期に示し、予防策を検討していく上で必要不可欠である。

リモートセンシングを用いた土地被覆分類はグローバルな変化を明らかにするうえで広く用いられてきた。リモートセンシングデータから全球スケールでの土地被覆マップを作成する上で、自己組織化写像 (Self-organizing maps, SOM) やランダムフォレスト (Random forests, RF) が用いられた成果が公開されている。しかしながら、草地などのクラスに誤分類されやすく、オアシスと沙漠の識別は成功しているとは言えない。

2. 研究の目的

本研究では、地上分解能 1 km の MODIS データを用いて、従来の手法よりも高い精度での新疆ウイグル自治区における土地被覆の分類を試みた。加えて、土地被覆変化の抽出を試みた。また、合成開口レーダ (SAR) によって取得されたデータの利用可能性についても検討した。

3. 研究の方法

中国北西部に位置している新疆ウイグル自治区 (図 1) を対象に 2000 年から 2015 年に MODIS によって取得された地上分解能 1km の EVI 及び NDVI データを用いた。

広域における土地被覆図を作成する上で Degree Confluence Project による成果が利用されている (Iwao et al., 2006; Geophys. Res. Lett.33:L23404)。そこで、本研究では Google earth 及び Degree Confluence Project による成果を基に、18,882 地点の土地被覆状況に関する情報を取得した。その後、層別サンプリングを実施し、80% を教師データ、20% をテストデータとした。

リモートセンシングデータから全球スケールでの土地被覆マップを作成する上で、自己組織化写像 (Self-organizing maps, SOM) やランダムフォレスト (Random forest, RF) が用いられた成果が公開されている。一方、我々が行った地域スケールでの農作物の作付マ

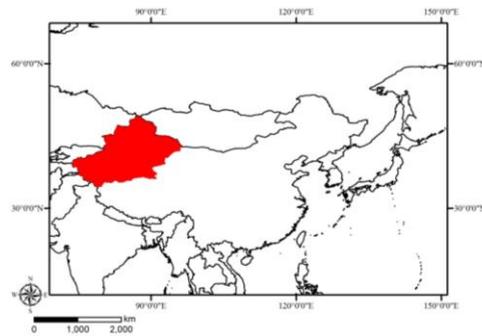


図 1. 主要な研究対象地

ップ作成を目的にした研究において、Kernel-based extreme learning machine (KELM) の有効性が確認された (Ref. 雑誌論文 1 及び学会発表 3)。そこで、本研究では年ごとに SOM, RF, KELM による分類を試み、カッパ係数及び全体精度を用いて、分類精度を評価した。そして、最も精度が良好であったアルゴリズムを用いて、新疆ウイグル自治区全域における土地被覆マップを作成した。

また、従来の 4 バンドのほかに、coastal band 及び短波赤外における反射率の計測が可能である Landsat-8 OLI データが無料で提供されている。そこで、このようなデータの土地被覆分類に対する能力を、対象地域における作付体系と同様の営農がなされている同緯度の農作地におけるデータを用いて評価を行った。

さらに、人工衛星に搭載されている多くの SAR では、複数の偏波パターンによる後方散乱の計測が可能であり、観測された偏波行列データを用いた散乱電力分解によって、主要な散乱パターンや散乱の複雑さの評価を行うことが可能である。ALOS/PALSAR では HH 及び HV 偏波の 2 重偏波によって観測結果がアーカイブデータとして入手可能である。2 重偏波データに対する散乱電力成分の土地被覆分類における利用可能性についても評価を行った。

4. 研究成果

MODIS プロダクトを用いた場合、NDVI のほうが EVI よりも高い Jeffries-Matusita 距離を示す土地被覆クラスの組み合わせを確認することができた。特に、113 日から 289 日目のデータが多く土地被覆クラスの分離に有効であった。

SOM, RF 及び KELM の 3 種類のアルゴリズムに対する 2000 年から 2015 年のテストデータに対する分類精度は図 2 に示すとおりであった。全体精度及び κ 係数ともにいずれの年においても KELM が最も高い精度を示し、 κ 係数が 0.786 であった 2015 年を除く、2000 年から 2014 年のデータに対する κ 係数は 0.8 を超えていた。RF を使用した場合は、2014 年を除くと κ 係数が 0.8 を超えることはなかった。なお、2014 年に関しては、KELM 及び

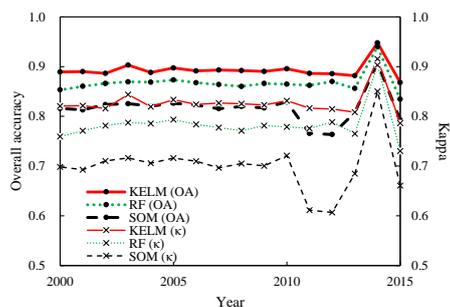


図 2. アルゴリズムと分類精度の関係

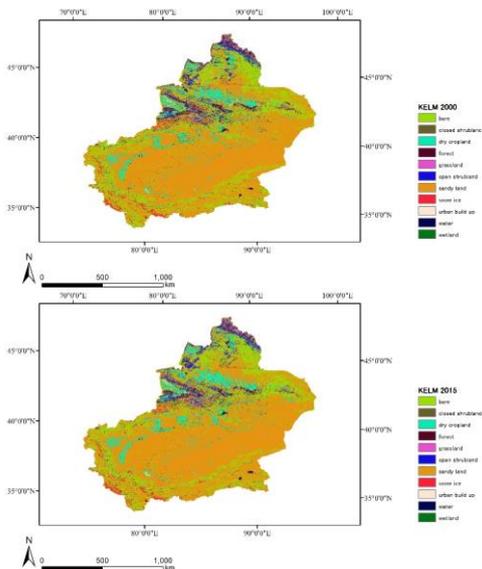


図 3. 2000 年及び 2015 年における土地被覆図

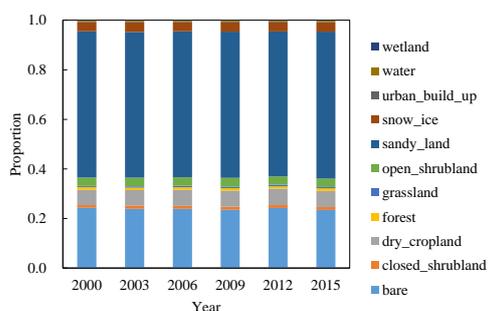


図 4. 土地被覆クラスごとの面積変化

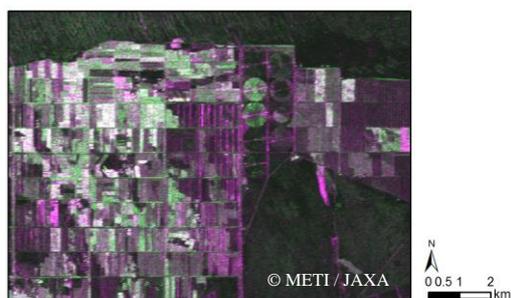


図 5. 2008/7/15 に観測された ALOS/PALSAR データに対する m-chi decomposition の結果

RF の分類結果の間に有意な差を確認することはできなかった ($Z=1.49$)。SOM に関しては、いずれの年においても κ 係数は 0.8 に満たなかった。以上の結果より、KELM が安定して良好な分類精度を得る上で有効なアルゴリズムであることを確認することができた。図 3 は KELM を用いて 2000 年及び 2015 年に取得された MODIS プロダクトから作成した土地被覆図であり、図 4 は土地被覆クラスごとの面積変化を示したグラフである。2000 年から 2015 年に関して年平均 983.7km^2 でオアシスが含まれている土地被覆クラスから沙漠が含まれる土地被覆クラスへ変化していたことが判明した。

オアシス抽出精度の向上に向けた取り組みとして、Landsat-8 OLI データ及び ALOS/PALSAR データの活用も検討した。

Landsat-8 OLI によって取得された反射率データを用いて、Jeffries-Matusita 距離をベースに農作物分類の可能性を評価したところ、短波赤外バンドにおける観測値が作物の分類を識別することに有効であり、分類成果の向上に大きく寄与することを明らかにすることができた。

一方、分光反射特性を用いた解析を行うことによって、クロロフィル含有量と関連性が高い光学領域 (Ref.学会発表③) よりも、短波赤外の活用が地表面における植生状態を評価する上で有効であることが判明した (Ref.学会発表①)。

また、図 5 は新疆ウイグル自治区阜康市周辺において取得された PALSAR データに m-chi decomposition を実施した結果である。この画像より、MODIS プロダクトによる分類結果ではオアシスと判断されたエリア内においても、塩類集積により沙漠化してしまっている箇所が点在していることが明らかとなった。現時点における過小評価を是正していくうえで 2 重偏波の SAR データに対する電力成分分解が有効であると考えられる。なお、電力成分分解の手法間における分類精度の差は Z 検定では有意なものではなかったものの、個々の分類結果に着眼した McNamer 検定では有意な差を確認することができた。よって、手法間で分類を実施する上で得意・不得意とする条件が異なることが予想される。この点を明らかにすることは分類精度の向上に有効であると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

- ① Rei Sonobe, Yuki Yamaya, Hiroshi Tani, Xiufeng Wang, Nobuyuki Kobayashi and Kan-ichiro Mochizuki (2017) Mapping crop cover using multi-temporal Landsat 8 OLI imagery, *International Journal of Remote Sensing*, 38:15, 4348-4361, 査読有, DOI:

10.1080/01431161.2017.1323286

- ② Rei Sonobe, Hiroshi Tani and Xiufeng Wang (2017) An experimental comparison between KELM and CART for crop classification using Landsat-8 OLI data, *Geocarto International*, 32:2, 128-138, 査読有, DOI: 10.1080/10106049.2015.1130085

[学会発表] (計 6 件)

- ① 菌部礼・片畑伸一郎・王権・三浦雄太・松田祐輝, 分光反射特性を用いた Rubisco の評価. 日本写真測量学会平成 28 年度秋季学術講演会, 2016 年 11 月 11 日, 都久志会館 (福岡県福岡市)
- ② 菌部礼・松田祐輝・王権, 中国西部乾燥地帯におけるオアシス動態把握に向けた取り組み. 日本写真測量学会平成 28 年度秋季学術講演会, 2016 年 11 月 11 日, 都久志会館 (福岡県福岡市)
- ③ 菌部礼・王権, 分光反射率を用いた落葉広葉樹のクロロフィル量推定. 日本リモートセンシング学会第 61 回 (平成 28 年度秋季) 学術講演会, 2016 年 11 月 1 日, 新潟テルサ (新潟県新潟市)
- ④ 菌部礼・谷宏・望月貫一郎・王秀峰・小林伸行, KELM を用いた人工衛星データによる作付状況把握. 日本写真測量学会平成 28 年度年次学術講演会, 2016 年 5 月 27 日, 東京大学 (東京都目黒区)
- ⑤ 西星司・王権・菌部礼, 機械学習による全天空写真を用いた LAI 推定法の改良. 第 5 回中部森林学会大会, 2015 年 10 月 3 日, 静岡大学 (静岡県静岡市)
- ⑥ 菌部礼・谷宏・王秀峰・小林伸行・望月貫一郎, リモートセンシングデータを用いた混合分布モデルによる教師なし分類. 農業環境工学関連学会合同大会, 2015 年 9 月 17 日, 岩手大学 (岩手県盛岡市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

菌部 礼 (SONOBE, Rei)

静岡大学・農学部・助教

研究者番号 : 40755352