

合成開口レーダを用いた圃場情報の把握における分類手法の比較検討 Comparison of classification method to grasp the crop field information using synthetic aperture radar

○山谷 祐貴*, 谷 宏**, 王 秀峰**, 藺部 礼***, 小林 伸行****, 望月 貫一郎*****

○Yuki Yamaya*, Hiroshi Tani**, Xiufeng Wang**,

Rei Sonobe***, Nobuyuki Kobayashi****, Kanichiro Mochizuki*****

1. 緒言

圃場ごとの作付作物の情報は、作付面積の調査、収量や生産額の予測、災害発生時の被害調査など、様々な用途に供せられている。これら作付作物の詳細な調査を継続的かつ長期的、広域的に把握していくためには、従来の人の手による現地調査に代わる手段が必要である。衛星リモートセンシングは、有望な情報収集手段として期待されており、特に合成開口レーダ (SAR, Synthetic Aperture Radar) は、マイクロ波の能動型センサであるため、昼夜を問わず大気や天候の影響を受けずにデータを取得することが可能である。したがって、毎年安定して確実に結果を得られる手法であることから、多時期の観測データを使用した作付情報の把握に効果的であると考えられる。

本研究では、バンドの異なる 2 種類の SAR から取得されたデータを使用し、畑作地帯における作付作物の分類を行った。まず、3 種類の決定木学習による機械学習アルゴリズムを使用し、分類精度を比較した。次に、X バンドと C バンドのどちらかで高い精度が得られるか、様々な条件下で比較した。その結果から、各バンドの特性を理解し、高精度かつ効率的な分類手法を検討した。

2. 研究方法

(1) **対象地域および対象作物** 研究対象地域は、北海道十勝管内芽室町、清水町の畑作地帯とした。対象作物は、小麦、豆類、馬鈴薯、甜菜、牧草、トウモロコシの 6 種類とした。本研究では 2 年間のデータを用いて分類を行い、2015 年の 5,076 圃場と 2016 年の 4,856 圃場を解析に使用した。

(2) **使用データ** 本研究では、RADARSAT-2 の 4 偏波 C バンドデータおよび TerraSAR-X の二重偏波 X バンドデータを使用した。取得した時期数は 2015 年の 5 時期および 2016 年の 6 時期である (表 1)。これらの衛星データから、各偏波の後方散乱係数と、固有値解析法および散乱モデル分解法を使用して散乱成分を算出した。

(3) **解析方法** 本研究では圃場ポリゴン単位で分類を行った。まず、1 圃場ごとに各変数の平均値を抽出した。次に、分類処理のための教師データとして、20%の圃場を作物ごとに無作為に抽出した。残り 80%のテストデータについて、変数の値をもとに教師付き分類を行い、その精度を評価した。分類には、機械学習アルゴリズムである Random Forests (RF), Extremely Randomized Trees (ERT), Random Ferns (RFN) の 3 種類を使用した。分類精度の評価には、全体精度 (OA) 及びカッパ係数 (κ) のほか、作物ごとの分類精度の評価にプロデューサー精度 (PA) およびユーザー精度 (UA) を使用した。分類結果の差の有意性評価には、検定統計量 (Z) と McNemar 検定 (χ^2) を使用した。

* 北海道大学大学院農学院, Graduate School of Agriculture, Hokkaido University

** 北海道大学大学院農学研究院, Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University

*** 静岡大学農学部, Faculty of Agriculture, Shizuoka University

**** 株式会社スマートリンク北海道, Smart Link HOKKAIDO Inc.

***** 株式会社パスコ, PASCO Corporation

[キーワード] リモートセンシング, 測量・GIS

3. 結果と考察

(1) 分類アルゴリズムの比較 まず、2015年の5時期のX、Cバンドの衛星データを使用し、3種類の分類アルゴリズムによる分類結果を比較した(表1)。その結果、ERTを使用することで、これまで多く使用されてきたRFよりも高い精度で分類されることが示された。ERTはRFよりも多様な決定木が作成されるため、精度を上昇させたと考えられる。一方でRFNは大幅に低い精度であった。また、教師データの割合を減少させた場合や、使用する時期数を限定して分類した場合でも、概ねERTが最も高い精度となった。しかし、教師データの割合を1%にした場合、効率的に決定木を作成するRFの方が高い精度となった。また、ERTを使用することにより、2

表1 各アルゴリズムでの分類の比較
Table.1 Comparison of each algorithm

		RF	ERT	RFN
PA	豆類	0.932	0.929	0.879
	甜菜	0.919	0.944	0.964
	牧草	0.952	0.946	0.948
	トウモロコシ	0.835	0.839	0.823
	馬鈴薯	0.926	0.934	0.911
	小麦	0.981	0.982	0.957
UA	豆類	0.917	0.934	0.951
	甜菜	0.960	0.957	0.870
	牧草	0.925	0.935	0.879
	トウモロコシ	0.896	0.894	0.817
	馬鈴薯	0.899	0.903	0.908
	小麦	0.975	0.970	0.983
全体精度		0.934	0.938	0.917
Kappa		0.919	0.923	0.898

(2) X、Cバンドの比較 それぞれのバンドについて、1時期のみのSARデータを使用してRFにより分類を行った(表2)。その結果、両年とも6~7月は主にCバンドで、8月では常にXバンドでそれぞれ高い精度が得られた。X、Cバンドの波長における植被層での透過の度合いが異なることが考えられる。次に、1時期目から逐次時期を追加していき、複数の時期のデータで分類を行った。その結果、

表2 各バンドでの分類の比較(2016)
Table.2 Comparison of each band data

使用時期	RADARSAT-2		TerraSAR-X		
	0A	Kappa	0A	Kappa	Z
1	0.806	0.759	0.791	0.741	1.73
2	0.733	0.669	0.828	0.787	10.72
3	0.853	0.818	0.807	0.761	5.59
4	0.748	0.689	0.797	0.749	5.27
5	0.703	0.631	0.762	0.706	6.30
6	0.729	0.662	0.613	0.513	11.72

両年ともCバンドの方が高い分類精度を示した。Cバンドで作物を識別しやすい6~7月頃のデータの影響が及んだことにあると考えられる。4時期目以降のデータを追加してからは、X、Cバンド間で有意な差が無くなった。Xバンドで作物を識別しやすい8月頃のデータの追加が影響したと考えられる。

(3) 異なるバンドを併用した分類 少ない画像数で効率的な分類を行うため、使用する時期数を固定して異なるバンドを併用し、RFおよびERTで分類を行った(表3)。その結果、7月中旬を境にして、CバンドからXバンドに切り替えて併用することで、いずれか一方のバンドを固定して使用した場合より、大幅に高い精度での分類がなされた。これまでいずれかのバンドでしか高い精度を得られなかった作物や、1種類のバンドでは精度が低かった作物も、2つのバンドを併用することで補完し合い、高い精度での分類が行えた。またこの結果はCバンド6時期、Xバンド6時期すべてを使用した分類とも有意な差がなく、この手法で分類を行うことによる効率化が示され、使用する衛星データの利用コストの大幅な減少が可能となった。

表3 X、Cバンドを併用した分類(2016, ERT)
Table.3 Classification using X and C band data

組合せ	CCCCC	XXXXX	CCXXXX	
PA	豆類	0.951	0.942	0.954
	甜菜	0.915	0.917	0.940
	牧草	0.917	0.935	0.921
	トウモロコシ	0.840	0.867	0.916
	馬鈴薯	0.961	0.937	0.972
	小麦	0.981	0.978	0.979
UA	豆類	0.885	0.930	0.953
	甜菜	0.930	0.940	0.959
	牧草	0.963	0.931	0.941
	トウモロコシ	0.873	0.865	0.906
	馬鈴薯	0.966	0.938	0.952
	小麦	0.985	0.979	0.977
全体精度	0.939	0.939	0.953	
Kappa	0.925	0.924	0.942	

4. 結言

本研究では、X、CバンドSARデータに機械学習アルゴリズムを適用し、作付作物の分類結果の比較を行った。まず、アルゴリズムについては、これまで多く使用されてきたRFよりもERTの方が高い精度を得られることが示された。次に、X、Cバンド間で分類の傾向を比較したところ、7月まではCバンドの方が概ね高く、8月はXバンドの方が常に高い精度を得られることが示された。複数のデータを使用した場合には、Cバンドの方が高い精度であった。最後に、2種類のバンドを併用した場合、7月中旬を境にCバンドからXバンドにデータを切り替えることで、いずれか一方のバンドを使用するよりも有意に高い精度で分類がなされた。今後は、Lバンドのデータや光学センサとの組み合わせや、他の機械学習アルゴリズムとの比較から、更に効率よく高い精度で分類することを検討する。