

事前学習を用いた衛星画像解析

木村 大毅[†] 石川 達也[†] 三ツ木 雅紀[‡] 北越 康敬^{††} 田中 隆宏[‡] Naomi Simumba[†]

田中 謙太郎^{‡‡} 三瓶 理人^{‡‡} 若林 洋亮^{‡‡} 立堀 道昭[†]

[†] IBM 東京基礎研究所 [‡] 日本アイ・ビー・エム株式会社

^{††} 日本アイビーエムデジタルサービス株式会社 ^{‡‡} 株式会社スペースシフト

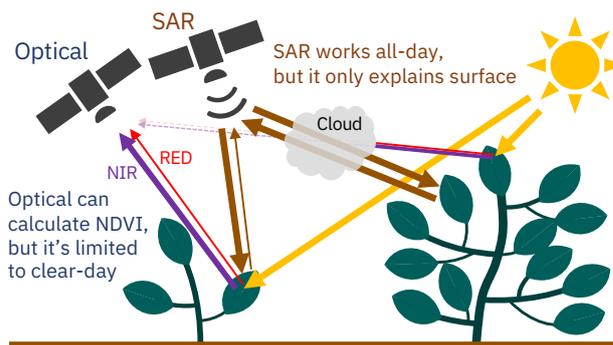
概要

衛星画像解析は、気候変動や植生の成長具合の把握などにとって重要な手法である。しかし、衛星画像の取得周期は比較的長いことも多く、また天候の影響もあり、植生などに関する正確な値を判定することは困難になることも多い。そこで、本稿では、対象となる衛星以外からの画像による事前学習も活用することで、合成開口レーダー画像から正規化差植生指数を高精度に推定する手法を提案する。評価は、キャベツ農場の植生把握に応用したコンペティションで実施した。結果として、57参加者中1位の結果になり、誤差自体も2位の手法に比べて31%向上した。

1 はじめに

植生の状況を理解することは、気候変動に対処するために不可欠であり、正規化差植生指数 (NDVI) は、植生の活動に関する洞察を提供する有益な指標である。NDVI は、光学衛星画像から導出され、赤外線と近赤外線バンドで反射した太陽光から推定される。しかし、光学センサーには雲の干渉や、夜間のデータ取得不能などの制約がある。一方で、合成開口レーダー (SAR) センサーは、光学センサーに比べて全天候性や夜間の撮影能力に利点があるが、SAR 画像から植生指数を高精度に推定する手法はなく、コンペティション [1] が開催されるほど重要な技術課題である。

コンピュータビジョンの分野では、近年、画像変換技術が急速に進化している [2]。これらの手法は、入力画像をスタイル、テクスチャ、構造などの重要な視



Proposed method:

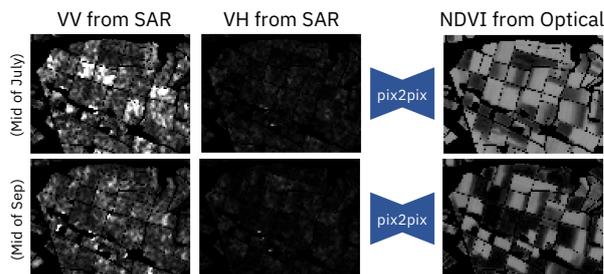


図 1: 本稿の問題概要と提案手法

覚的特性を保持しながら出力画像に変換している。そこで、画像変換技術を活用して SAR 画像から植生指数を推定できないかを考える。衛星画像は、データ収集が困難であるため、モデルの事前学習が必要となり、近年、大規模基盤モデル [3, 4] が提案されている。そして、この時、ImageNet [5] 等の大規模データセットでは、一般自然画像と衛星画像の特性の違いが問題となる。そこで、本稿では、他の衛星で撮影された画像を用いて、画像変換の事前学習を行い、精度向上を実現する手法を提案する。図 1 に本稿で扱う問題の概要と、提案手法の結果例を示す。実験では、事前学習や画像割増の必要性を調査する比較実験を行い、またコンペティション [1] にて他手法との定量的な評価も実施する。

Satellite Image Analysis by Pre-training Network

Daiki Kimura[†], Tatsuya Ishikawa[†], Masanori Mitsugi[‡], Yasunori Kitakoshi^{††}, Takahiro Tanaka[‡], Naomi Simumba[†], Kentaro Tanaka^{‡‡}, Masato Sampei^{‡‡}, Hiroaki Wakabayashi^{‡‡}, and Michiaki Tatsubori[†]

[†]IBM Research

[‡]IBM Japan, Ltd.

^{††}IBM Japan Digital Services Company

^{‡‡}Space Shift Inc.

daiki@jp.ibm.com

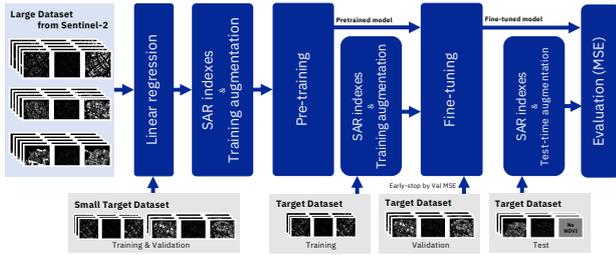


図 2: 提案手法の概要図

2 提案手法

まず提案手法の概要図を図 2 に記載する。提案手法は、大きく 2 つのステップに分けることが可能である。対象衛星とは異なる衛星 (Sentinel-2) 画像による事前学習 (Pre-training) と、対象衛星画像による微調整 (Fine-tuning) である。この時、衛星間の画像特性の違いは、線形回帰によって事前に大まかに取り除く。また、NDVI 推定の精度を向上させるために、既存の SAR 画像からの植生指数 [6]¹を 10 種類ほど算出し学習や推論時に活用する。そして、提供される衛星画像の数は少ないため、学習時および推論時に画像割増を導入する。

3 実験

ここでは、提案手法のそれぞれの要素を使用しなかった場合との精度比較 (Ablation Study) と、コンペティション参加による他手法との比較を実施する。まず実験では、コンペティションサイト [1] にて公開されている画像を用いた。これは、日本の群馬県嬬恋村のキャベツ畑を対象とした Sentinel-1 と PLANET 社の衛星画像である。なお、非農地エリアは事前に除外されており、実験期間は 2017 年 5 月から 11 月までとなる。

表 1 に、Ablation Study を示している。まず、全ての要素を採用している提案手法が最も高精度となった。特に、事前学習を除外した “Ablation 1” の精度は著しく低く、これは事前学習の重要性を示している。更に、“Ablation 4” との比較より、学習時の画像割増も特に重要であると考えられる。

次に、コンペティション [1] での結果を示す。提案手法は、57 人の参加者の中で **1 位**の精度を出すことができた。具体的には、提案手法のテスト領域における平均二乗誤差は、 $MSE_{\text{test}} = 0.005353$ で、2 位のチームよりも 31%、上位 5 つの手法の平均よりも 44% 優れていた。この顕著な成果は、提案手法の高精度性や頑健

¹これらの指数と NDVI は全く異なる値となる

表 1: 提案手法の比較実験

	Pre-training	Fine-tuning	SAR indexes	Training aug	Test-time aug	MSE ↓
Ours	✓	✓	✓	✓	✓	.00866
Ablation 1	-	✓	✓	✓	✓	.02087
Ablation 2	✓	-	✓	✓	✓	.00984
Ablation 3	✓	✓	-	✓	✓	.01098
Ablation 4	✓	✓	✓	-	✓	.01802
Ablation 5	✓	✓	✓	✓	-	.00905

性、特に事前学習や学習時の画像割増に起因するものだと考えられる。

4 結論

本研究では、SAR 衛星の画像から NDVI を推定する画像変換手法を提案した。その際、精度向上のために、他衛星の画像による事前学習や画像割増などを導入した。比較実験より、提案手法が最も精度が良いことを確認し、コンペティションにおいては 1 位を獲得した。

参考文献

- [1] Space Shift Inc., “Competition for Satellite Images Analysis,” <https://connpass.com/event/264630/>.
- [2] Phillip Isola, Jun-Yan Zhu, Tinghui Zhou, and Alexei A Efros, “Image-to-image translation with conditional adversarial networks,” *CVPR*, 2017.
- [3] Johannes Jakubik, Sujit Roy, CE Phillips, Paolo Fraccaro, Denys Godwin, Bianca Zadrozny, Daniela Szwarzman, Carlos Gomes, Gabby Nyirjesy, Blair Edwards, Daiki Kimura, et al., “Foundation models for generalist geospatial artificial intelligence,” *arXiv preprint arXiv:2310.18660*, 2023.
- [4] Daiki Kimura, Naomi Simumba, Marcus Freitag, Johannes Schumde, and Michiaki Tatsubori, “Area sampling for training geospatial foundation models,” in *American Geophysical Union Fall Meeting*, 2023.
- [5] Jia Deng, Wei Dong, Richard Socher, Li-Jia Li, Kai Li, and Li Fei-Fei, “Imagenet: A large-scale hierarchical image database,” in *2009 IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, 2009.
- [6] Ran Pelta, Ofer Beeri, Rom Tarshish, and Tal Shilo, “Sentinel-1 to ndvi for agricultural fields using hyper-local dynamic machine learning approach,” *Remote Sensing*, 2022.