

# 無償衛星データによる水稻の田植え・稲刈りの進捗判断の可能性の検討

横田紀雄

(岩手県農業研究センター)

Examination of the possibility of judging the progress of paddy rice planting and harvesting  
using free satellite data

Norio YOKOTA

(Iwate Agricultural Research Center)

## 1 はじめに

近年、地球観測衛星の増加とデータの低価格化とともに、各種の衛星データを網羅的に提供し、解析処理まで行うクラウドサービスが登場してきたことにより、衛星リモートセンシングを利用しやすい環境が整ってきている。

こうしたセンシング技術を農作物栽培や技術指導に導入することが求められているが、そのためには、センシングにより新たに可能となる事項、従来よりも高度化や省力化ができる事項を明らかにするとともに、導入や運用のコストも踏まえることが重要である。

このため本研究では、一度に広域を捉えられる衛星観測について、一定の周期で繰り返し観測されることを活かし、県全体を対象に毎年行われている田植えと稲刈りの進捗状況推定の可能性の検討を行った。

## 2 試験方法

### (1) 衛星データと解析ツールの選択

水田ごとに稲刈りなどの実施状況を衛星データから推定するためには、概ね水田1枚を区別できる空間解像度が必要であり、同一地点の観測間隔は一週間以内が望ましいと考えられた。データの入手コストも勘案し、農業・環境情報計測に無償で利用可能な主な衛星(表1)のうち、最小10mの空間解像度と、同型2機運用により回帰周期が5日と短い、欧州宇宙機関が運用する「Sentinel-2」を選択した。

衛星データの入手と解析には、Googleが無償で提供している衛星データ解析プラットフォーム「Google Earth Engine」を利用した。これは多数の衛星データから、波長、観測期間、観測域を指定して表示したり、波長データ間の演算により正規化植生指数NDVIなどを計算し表示できるクラウドサービスである。

### (2) 田植えの進捗状況の推定

岩手県における田植えの進捗状況調査は、県が各地域を巡視し、市町村単位で、5月10日と20日時点の進捗率と、進捗率が始期(10%)、盛期(50%)、終期(90%)となる日を算出している。これを4地帯別(北上川上流、北上川下流、北部、東部)及び県全体として集計し、平年および前年と比べた遅速を公表している。

これを衛星データから推定するために、空間解像度の点で実際の苗植え付けの検出は不可能であることから、

代替手法として、田植えに数日先行する湛水の有無を衛星データにより確認可能か検討した。

湛水有無の判定指標として、農研機構の「Sentinel-2衛星データを用いた水田の取水開始時期の把握手法」を参考に、Xu(2006)が定義した修正正規化水指数MNDWI(Modified Normalized Difference Water Index)を検討した。具体的には、Google Earth Engine上で、農地筆ポリゴン(農林水産省)で抽出表示した水田を対象に、Sentinel-2の短波長赤外バンド(B11)及び緑色バンド(B3)の観測データを用い次式で算出した。

$$MNDWI = (B11 - B3) / (B11 + B3)$$

### (3) 田稲刈りの進捗状況の推定

岩手県における稲刈りの進捗状況の確認は、田植えの進捗確認と同様に行われ、9月30日と10月15日時点の進捗率と、始期・盛期・終期を平年および前年と比べた遅速について、県内4地帯別と全県について集計し公表している。

稲刈りの実施を衛星データから推定するために、正規化植生指数NDVIの稲刈りの前後での変化について検討した。NDVIは、農地筆ポリゴンで抽出した水田を対象に、Sentinel-2の赤色バンド(B4)及び近赤外バンド(B8)の観測データを用い、次式で算出した。

$$NDVI = (B8 - B4) / (B8 + B4)$$

### (4) 観測データの時期別取得性の確認

進捗確認では、市町村単位など広域の観測データが概ね旬毎に必要なため、北上市を例にSentinel-2の観測データを2018年から2022年の5ヶ年について5~10月の各旬で確認した。

## 3 試験結果及び考察

### (1) 田植えの進捗状況の推定

代かき日や田植え日が既知の圃場8筆(花巻市東和町 平均面積20a)について、5月に撮影出来た2019年の5月第1半旬、第3半旬、第5半旬のMNDWI(圃場中央付近)を比較した(表2、3)。

田植えの進捗確認については、田植えそのものを衛星データにより観測することはできないが、数日先行する湛水開始については、MNDWIが湛水前は-0.372から-0.105、平均値-0.282であったのが、湛水後には0.141から0.366、平均値0.272へと変化したことから、MNDWIにより湛水の有無を圃場単位で判断でき

ると考えられた。市町村単位での進捗割合については、湛水と推定される圃場面積を分子とし、作付け見込み面積として前年度の作付面積を分母とすることで、湛水の進捗割合が算出できると考えられる。加えて湛水から田植えまでの平均日数が明らかになれば、本手法により田植えの進捗推定を行える可能性が示された。

(2) 稲刈りの進捗状況の推定

稲刈り日が既知の圃場8筆(田植え調査と同じ)について、2020年を対象に、稲刈り前として9月中旬、稲刈り後として11月上旬の観測データから圃場中央付近のNDVI値を比較したところ、8圃場の平均値が稲刈り直前の0.649から稲刈り後に0.255へ変化した(表4)。このことから、閾値を設けて圃場単位で稲刈りの実施を判断できると考えられる。市町村単位での進捗割合については、閾値で分けられた圃場面積を積算し、その割合により推定できると考えられる。

このほか、休耕田を計算から除外する方法と、各圃場での判定を市町村単位で集計する手法が必要だが、今回の研究では取り組んでいない。

(3) 観測データの時期別取得性の確認

北上市を対象に5~10月の観測データを5ヶ年分確認したところ、雲の影響のため、市全域を撮影できた旬の例は少なく、田植えや稲刈り時期にデータを取得できないことが多かった(表5)。このため、特定の撮影期間に広域の観測データを利用するには、毎日

撮影を行うコンステレーション衛星群の利用や、雲の合間に撮影できた複数の衛星データをパッチワークすることが必要であり、無償利用の範囲では困難であることが分かった。

4 まとめ

本研究では、無償で利用可能な衛星データと解析ツールを利用して、県広域で定期的に行われてきた田植えと稲刈りの進捗確認を衛星データの解析により代替可能か、基礎的な検討を行った。

その結果、田植えの進捗については、直接的な確認はできないものの、MNDWIにより圃場の湛水状態を把握できること、これにより広域での湛水の進捗を推定できる可能性が示された。また、稲刈りの進捗については、NDVIにより稲刈り実施の有無を把握でき、その積算で進捗を推定できる可能性が示された。

一方で、無償入手可能な衛星だけでは、雲の影響により必要な時期に観測データを得られないことが多いことが明らかとなった。

引用文献

- 1) 井上吉雄. 2019. 農業と環境調査のためのリモートセンシング・GIS・GPS活用ガイド:33-34.

表1 農業・環境情報計測に利用可能な主な衛星センサ<sup>1)</sup>(無償利用可能なもの)

衛星	波長帯(μm)	空間解像度	回帰周期	観測幅
Sentinel-2	0.44~2.2 (13ch)	10~60m	5日	13km
Landsat 8 ETM+	0.45~2.35 (7ch)	30m	16日	185km
	10.4~12.5 (熱赤外)	60m		
MODIS	0.46~2.16 (4ch)	500m	1日	2330×10km

表2 田植え時期の圃場毎 MNDWI の変化

圃場	圃場①	圃場②	圃場③	圃場④	圃場⑤	圃場⑥	圃場⑦	圃場⑧
作業日	5/15	5/15	5/10	5/11	5/9	5/11	5/15	5/16
撮影日	代かき	代かき	田植え	田植え	田植え	代かき	代かき	代かき
2019/ 5 /3	-0.318*	-0.105*	-0.311*	-0.311*	-0.285*	-0.301*	-0.254*	-0.372*
2019/ 5/13	0.105	0.282	0.359**	0.275**	0.220**	0.275**	-0.214	-0.444
2019/ 5/23	0.215**	0.204**	0.366**	0.349**	0.304**	0.244**	0.141**	0.307**

表3 MNDWI の平均値

湛水前(*印)	-0.282
湛水後(**印)	0.272

表4 稲刈り前後での圃場毎 NDVI の変化

圃場	圃場①	圃場②	圃場③	圃場④	圃場⑤	圃場⑥	圃場⑦	圃場⑧	平均
撮影日	稲刈り日	9/20	9/20	9/20	9/19	9/23	9/24	9/24	9/24
2020/ 9/19		0.617	0.662	0.621	0.637	0.663	0.669	0.643	0.676
2020/11/13		0.241	0.336	0.291	0.182	0.276	0.203	0.384	0.126

表5 北上市での旬毎 NDVI 取得結果

年	月	5月			6月			7月			8月			9月			10月		
		上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
2018年		×	×	×	○	×	×	×	×	○	○	×	×	△	×	×	△	×	△
2019年		○	○	△	×	×	×	×	×	×	○	△	×	×	×	△	×	×	△
2020年		×	×	×	×	×	×	○	×	×	×	×	△	△	△	△	×	×	×
2021年		×	○	×	△	△	×	×	△	○	×	×	×	△	○	×	△	△	△
2022年		△	×	×	×	×	△	×	×	△	×	×	×	×	△	△	×	×	○

凡例 ○: 市全域の筆ポリゴンでNDVI利用可 △: 部分的に利用可 ×: 利用不可