

## Sentinel1 を用いた北朝鮮の水田の面積推定手法の検討

Study for the method for Estimating the Paddy Field area in North Korea using Sentinel 1

中園悦子\*・竹内 渉\*

Etsuko NAKAZONO and Wataru TAKEUCHI

## 1. はじめに

近年、北朝鮮の農業生産量が減少しているといわれる。特に 2019 年 5 月には、干ばつの為食糧難が起こるとのニュースが流れた。一方、米の値段自体はさほど上がっていないとの報告もあり、実際のところは不明である。そこで、干ばつの影響がどの程度かを知る為に、水田面積の年変化を追うことを考えた。衛星データによる水田面積の推定には Landsat を用いることが多いが、水田湛水期は丁度雨季に対応しており、雲の影響が大きい。そこで、雲の影響の少ない SAR の Sentinel1 データを使用し、水田面積を推定することを考えた。

SAR データによる水田面積の推定については、既に複数の論文が報告されている<sup>1)</sup>。手法の一つとして、田植え期および出穂期の 2 時期のデータから水域の閾値を決定し、田植え期データで推定された水域（水田+湖・貯水池等）から出穂期データで推定された水域（湖・貯水池等）を除く閾値法が挙げられる<sup>2),3)</sup>。しかし、この手法を北朝鮮データの湛水期後期と出穂期後期のデータに対して使用したところ、かなりの誤分類が生じていること、またそれらが主に周囲の畑部分に生じていることが分かった。そこで、

この閾値法を改善し、より正確に水田と畑を分離する方法について考えた。閾値については、水田と畑の両方からサンプルとなる個所を目視判読し、水田で 58、畑地で 30 のポリゴンを作成、その内部の SAR データの後方散乱値の平均値と標準偏差を求め、この二つを分離するのに適した値を閾値であると目視で判読した。

## 2. 対象地と使用データ

対象地は北朝鮮の黄海道内、沙里院市近辺の水田地帯である。この地域は平壤の南南西 60km 付近に位置しており、水田周囲は畑に囲まれている（図 1）。

今回 Sentinel1 データには VV と VH の 2 種の偏波が存在したが、VH データのほうが水田内で均一な値を示したので、こちらを解析に用いた。また推定法を改善するために、まず 2017 年データを用いて手法を改善し、その後 2015~2019 年に適用した。最終的に使用したデータは表 1 のとおりである。また、この解析結果と比較する為に、湛水期の Landsat データが得られる年についてはそのデータの教師付き分類を行い、その結果と Sentinel1 データの推定面積を比較した。

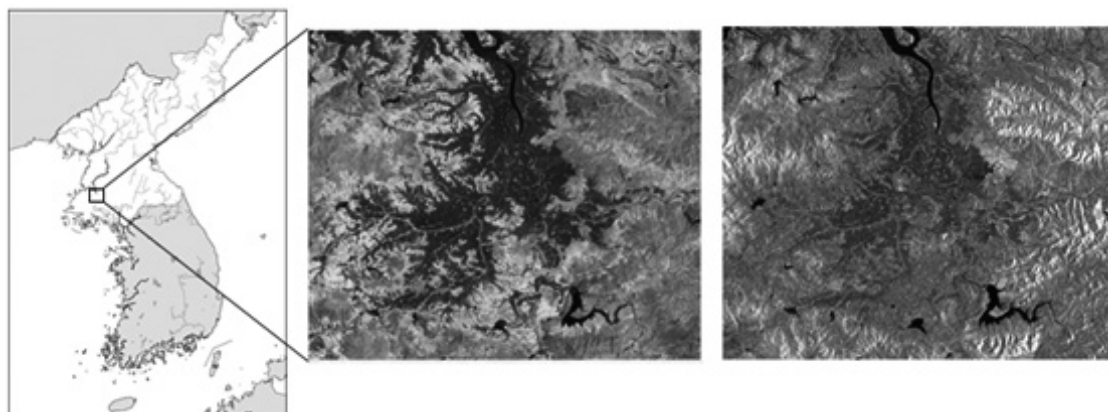


図1 対象地。中央：Landsat8 画像（2017/06/14, RGB=band6,5,4） 右：Sentinel1 の 2017 年、3 時期の重ね合わせ画像（RGB=6/1, 6/13, 8/5）。Landsat 画像上、黒～濃灰色の部分が湛水域を含む水域である。

\*東京大学生産技術研究所 人間・社会学部門

研究速報

表1 使用データについて

衛星	年	日時
Sentinel1	2015	6/4, 6/16, 6/28, 8/15
	2016	6/10, 7/4, 8/21
	2017	5/18, 5/30, 6/11, 6/23, 7/5, 7/29, 8/10, 8/22, 9/3
	2018	6/6, 6/18, 6/30, 8/5
	2019	6/1, 6/13, 7/31, 9/7
	Landsat8	15/6/6, 17/6/14, 18/6/1

3. 手 法

3.1. Lee フィルタのサイズ検討

水田の SAR データによる解析の際、SAR のスペックルノイズの軽減が必要である。そこで今回、ノイズ軽減の為に Lee フィルタを使用した。フィルタサイズが大きくなるにつれスペックルノイズの低減効果は大きくなるが、同時に画像の細部の判断は困難になる。

水田周囲の畑部分に、特に多くの誤分類が生じることが分かっている。そこで、まず 2017 年 6 月 14 日の Landsat 画像を用いて教師付き分類を行い、その結果から畑の範囲を推定した。Landsat 画像では湛水期の水田と畑の分類は容易であるため、この範囲には水田の誤分類は殆ど含まれていないと考えられる。そこで、まず Sentinel1 の 6/11 と 8/22 の 2 時期の閾値による水田の推定を行い、Landsat から得られた畑の範囲内に水田と誤判断された面積がどの程度含まれているかを算出し、この面積とフィルタサイズの関係性を求めた。

また一方、スペックルノイズにより本来は均一である湛水範囲の値にばらつきが生じ、その結果水田部分に誤判読が生じた。そこで、目視判読で均一と考えられる水田部分にポリゴンを複数作成し、その内部で水田と判断される画素の割合を求め、フィルタサイズとの関連性を求めた。この二つの結果から、Lee フィルタの適切なサイズを検討した。

3.2. 使用データの時期

水田と畑を分離するために適した時期を知るために、SAR データでのそれぞれの季節変化を求めた (図 2)。その結果、湛水期に対応する 5 月末~6 月中旬、また 7 月後期にて、特に差が大きくなること、8 月中旬以降で水田の値が最も高くなることが分かった。そこで、まず差が大きかった 3 データに対して適切なサイズの Lee フィルタ処理を行い、水田と畑に対応する複数ポリゴンの平均値・偏差値を求め、それらの値から閾値の推定を行った。また、出穂期データとして 8/22 を選び、この画像での閾値とそれぞれのデータでの閾値から水田の面積を推定し、面積と畑部分の誤差を算出した。

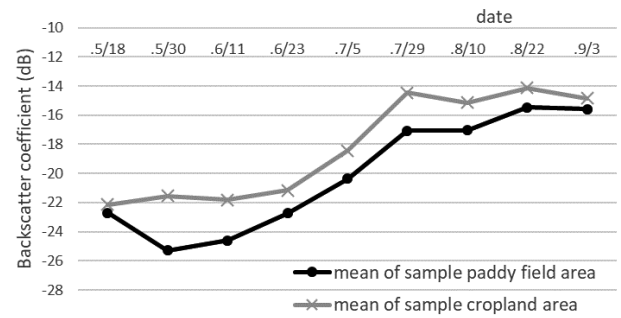


図 2 水田 (黒) と畑 (灰) の季節変化 (2017 年)

閾値によって生じる誤差がノイズを原因とする場合、2 時期の推定画像上で誤差の場所は異なると考えられる。そこで、水田と畑を分離できる 2 時期のデータから得られた閾値の両方を満足する画素のみを、水田と推定することを考えた。そこでまず、5/30、6/11 と 8/22 の 3 時期の 3 つの閾値から水田の推定 (A) を行った。次に 6/11、7/29 と 8/22 の 3 時期、3 つの閾値から水田の推定を行った (B)。また、A と B を足し合わせ、1 以上となる範囲を水田と推定した (C)。これら全てに対して、水田の推定面積とそのうちの畑部分の誤差を算出し、誤差を除いた面積を算出し、その結果を Landsat の教師付き分類による推定結果と比較した。

3.3. 他年のデータへの適用

2017 年データで使用した手法を他の年に適用した。また、その結果を基本の 2 時期の閾値からの推定結果と比較し、問題が生じた場合、その原因と改善方法について検討を行った。また、雲の影響の少ない湛水期の Landsat 画像が得られた 2015、2018 年については Landsat による教師付き分類を行い、その結果と SAR による推定結果を比較した。但し、2016 年については取得可能な画像が 3 時期のみであった為、2017 年の B にあたる値のみを算出した。

4. 結果と考察

4.1. フィルタサイズ

畑内と水田内の誤差とフィルタサイズの関係は図 3 のとおりである。畑内部の誤差はフィルタサイズが 3~7 付近では急激に減少するが、それ以降はサイズ拡大に対し、比較的ゆっくりと減少する。一方、水田内部のノイズによる影響は、フィルタサイズ 9 で最小となり、11 ではわずかながら増加している。この結果から解析に適切な Lee フィルタのサイズを 9 と考えた。

4.2. 使用データの時期と組み合わせ

2017 年の SAR データのうち、水田と畑の差の大きかった 3 時期について、サンプルポリゴンの平均値と偏差値が

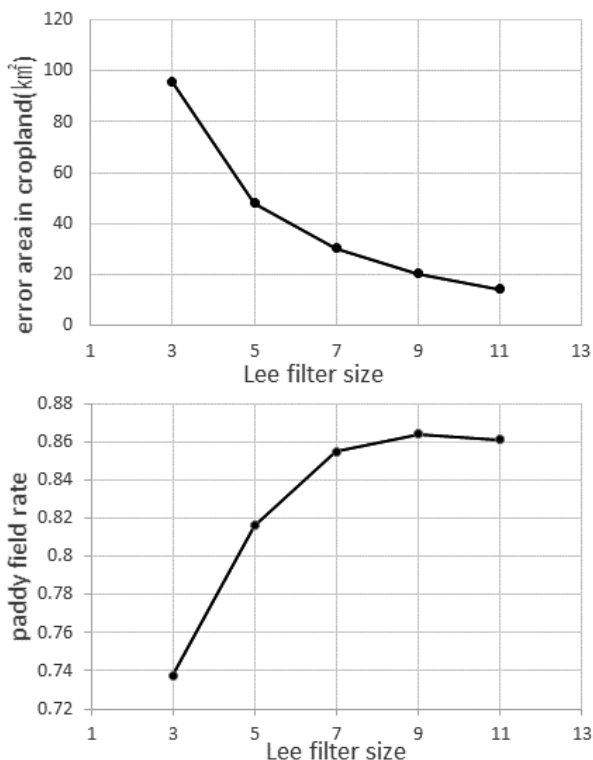


図3 Lee フィルタサイズと畑地上の水田への誤分類面積の関係 (グラフ上), 水田内でのスペックルノイズの影響による非水田分類の割合 (グラフ下)

ら閾値を判読した (図4)。この閾値と 8/22 の閾値 2 時期から推定した面積と誤差, また A と B, そして A+B による推定結果は表 2 のとおりである。

5/30 と 8/22 の 2 時期による推定, また A による推定範囲の誤差はかなり小さいことがわかる。しかしこの 2 つで推定可能なのは 5/30 までに湛水された部分であり, 5/30 ~ 6/11 に引水された部分については推定されていない。そこで 6/11 と 8/22 の 2 つの閾値から推定面積を求めたところ, 畑範囲の誤差が拡大することが分かった。そこで 7/29 の閾値を組み入れた (B) と, 全体としての誤差自体は減少した。しかし推定画像を確認したところ, 水田内部に多量の『非水田』画素があることがわかった。これは 7/29 の水田域の値が湛水期のそれよりも均一性を欠くためであると考えられる。そこで, 5/30 までの十分誤差

の低い推定範囲と 6/11 までのある程度誤差を含んだ推定範囲を足し合わせた (A+B)。結果 A,B と比べると誤差は増加したが, 水田面積自体は Landsat の結果に比較的近い値となった。

### 4.3. 他年のデータへの適用

この方法を 2015~2019 年に対して適用し, 各年度の水田推定面積を算出した。またその値と Landsat による水田推定面積を比較した (図5)。結果, Landsat による推定値よりも常に下回っているが, 大体の面積推移については傾向が似ていることがわかった。

エルニーニョの影響が大きかった 2015 年については, Sentinel1, Landsat のどちらに於いても, 水田面積が他年度に比べて大きく減少しており, この年の干ばつの影響が大きかったことがわかる。一方 2018 年の水田面積は, 2017 年と比べて拡大している。しかし国連によれば, 北朝鮮の 2018 年の食糧生産が前年度よりも 9%, 50 万トン減少したとのことである。2018 年の水田と畑の季節変化を追うと, 水田は 2017 年と大差無い変化を示したが, 畑部分で例年では値が高くなると考えられる 7 月後期に, 値が大きく減少したのが分かった。従ってこの年の食糧生産の減少は干ばつが原因ではなく, 畑の生育の遅れを引き起こす洪水などの自然災害の為であると考えられる。

2016 年と 2019 年については Sentinel1 からの推定値のみが存在する。2019 年については干ばつの影響が大きく農作物量が減少しているとの報告があるが, 水田面積に限る

表2 2017 年の Sentinel1 画像とその閾値を用いた水田推定面積, そのうちの畑地内の誤判読面積, それをさし引いた水水田面積

使用データ (2017年)	estimate area (km²)	noise area (km²)	estimate paddy area (km²)
5/30 and 8/22	280.535	14.0559	266.4791
6/11 and 8/22	463.3735	101.8391	361.5344
7/29 and 8/22	607.5704	107.9599	499.6105
5/30,6/11 and 8/22 (A)	250.0515	12.1924	237.8591
6/11,7/29 and 8/22 (B)	301.4035	11.0216	290.3819
A+B	352.3037	21.6877	330.616
Landsatからの推定 (6/14)	370.5804		

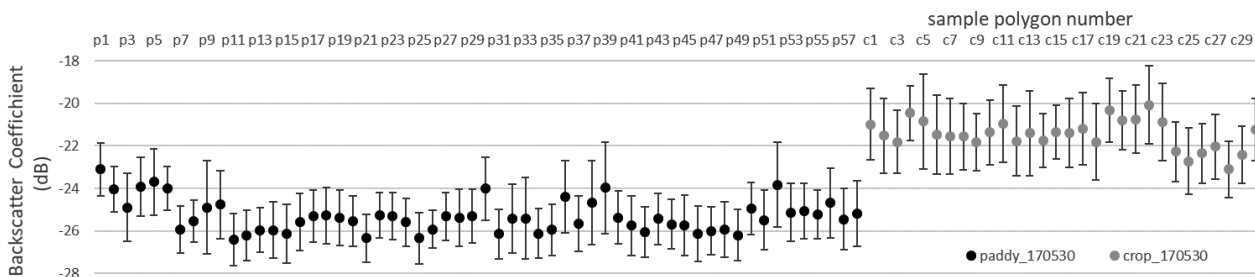


図4 水田 (黒, p1-p58) と畑 (灰, c1-c30) のサンプルポリゴン内の平均値と偏差の関係 (20170530)

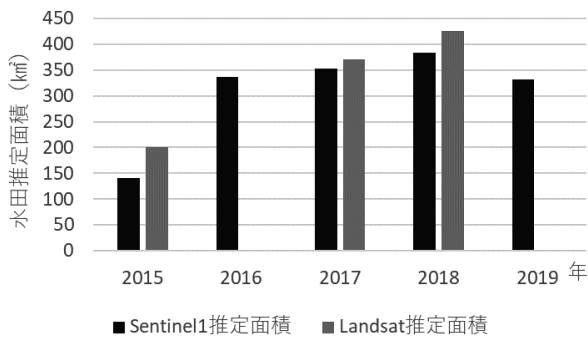


図5 2015～2019年のSentinel1（黒）とLandsat8（灰）による水田面積の推定結果

と、干ばつの影響の大きかった2015年と比べて、その変化は決して大きなものではないことがわかる。従って農作物生産量が2015年以上に減少しているとすれば、それは干ばつの影響よりも他に何らかの原因があると考えられる。

## 5. おわりに

北朝鮮の水田面積を雲影響の少ないSentinel1データを用いて推定した。その際、データ時期を湛水期中期、後期で分け、それぞれの時期のデータを足し合わせることで、特に周囲の畑部分に生じる誤判読を減らした。結果、2015年～2019年の推定面積の傾向は、Landsat8による教師付き分類の結果と傾向として類似するものとなった。また、雲の影響からLandsatによる推定が不可能であった2016、

2019年についても推定が可能となり、結果、2019年の干ばつ影響は2015年ほどのものではないことがわかった。

データが不ぞろいであった2016年以外の2015～2019年について水田と畑のSentinel1の季節変化を調べたところ、水田については干ばつ下の2015年以外は大きな差異がなかったが、畑部分については2015年と共に2018年に於いても後の2年との間に大きな差が出た。

近年、日本周辺に規模の大きい台風の影響が出ている。その影響は北朝鮮にも及ぶことを考えると、北朝鮮の農業生産について考える場合、干ばつ以外の災害の影響なども考える必要がある。その為には水田と同様、周囲の畑の年変化を追うことも重要であると考えられる。北朝鮮の農業生産を推定する際に、その季節変化を追うことが可能なSentinel1は有効なデータとして活用可能であると考えられる。

(2020年5月27日受理)

## 参考文献

- 1) Ishitsuka, N., 2018. Identification of Paddy Rice Areas Using SAR: Some Case Studies in Japan, Japan Agricultural Research Quarterly, 52(3), pp197-204.
- 2) 竹内 章司, 小西 智久, 菅 雄三, 小黒 剛成, 2000. 衛星搭載 SAR データによる水稲作付面積の早期推定, 写真測量とリモートセンシング, 39(4), pp25-30.
- 3) 木村 篤史, 島村 秀樹, 2015. 2015.2 時期の高分解能 SAR データを用いた水田利用形態の分類, 写真測量とリモートセンシング, 54(3), pp118-132.