

研究レポート

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



福本 昌人

(国研)農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門

はじめに

近年、営農形態の変化に伴って水田の用水需要が変化しており、一部の地域で用水計画の見直しが求められている。その検討にあたり農業用水の利用実態を把握する必要があるが、その調査を広域的に行うのは容易ではない。そこで、調査項目の一つである水田の取水開始時期（代かき時期）を無償の衛星データを用いて広域的に把握する手法を開発した。

これまでの研究では、その把握にカナダの地球観測衛星 RADARSAT のデータが用いられてきた。RADARSAT 衛星データは、合成開口レーダデータであり、天候に左右されずに取得できるが、入手に多額の経費を要する。そこで、欧州宇宙機関の地球観測衛星 Sentinel-2 のデータに着目した。Sentinel-2 衛星データは、光学センサーデータであるため、晴天時に観測されたものしか利用できないが、観測頻度（5 日毎、場所によっては平均 3 日毎）は高く、無償でダウンロードできる。また、Sentinel-2 衛星データには、水域の判定に有効な短波長赤外バ

表 -1 Sentinel-2 衛星データのバンド情報

バンド(波長帯)		中心波長 (nm)	地上解像度 (m)
Band 1	沿岸のエアロゾル	443	60
Band 2	青	490	10
Band 3	緑	560	10
Band 4	赤	665	10
Band 5	植生のレッドエッジ	705	20
Band 6	植生のレッドエッジ	740	20
Band 7	植生のレッドエッジ	783	20
Band 8	近赤外	842	10
Band 8A	近赤外	865	20
Band 9	水蒸気	945	60
Band 10	短波長赤外-巻雲	1,375	60
Band 11	短波長赤外	1,610	20
Band 12	短波長赤外	2,190	20

ンドのデータが含まれている（表 -1）。

本手法の概要

本手法では、同じ年の 4 月～6 月の晴天時に観測された複数の Sentinel-2 衛星データと圃場区画の GIS データを用いて水田の取水開始時期を圃場毎に把握する。晴天に恵まれて衛星データが多く得られていれば、取水開始時期を細分化して把握できる。

用いる圃場区画データは、道府県土地改良事業団体連合会が整備

している水土里情報の耕区 GIS データ、または、耕地面積調査等で利用されている、「筆ポリゴン」と呼ばれている農水省の GIS データである。「筆ポリゴン」は、農水省の WEB サイトから無償でダウンロードできるが、19 の都道府県については、本地ではなく、（畦畔を含む）耕地を基準にして作成されているので、灌漑面積（水張り面積）の集計には利用できない。

本手法の概要を図 -1 に示す。まず、各衛星データから観測日に圃場が湛水状態にあったか否かを判

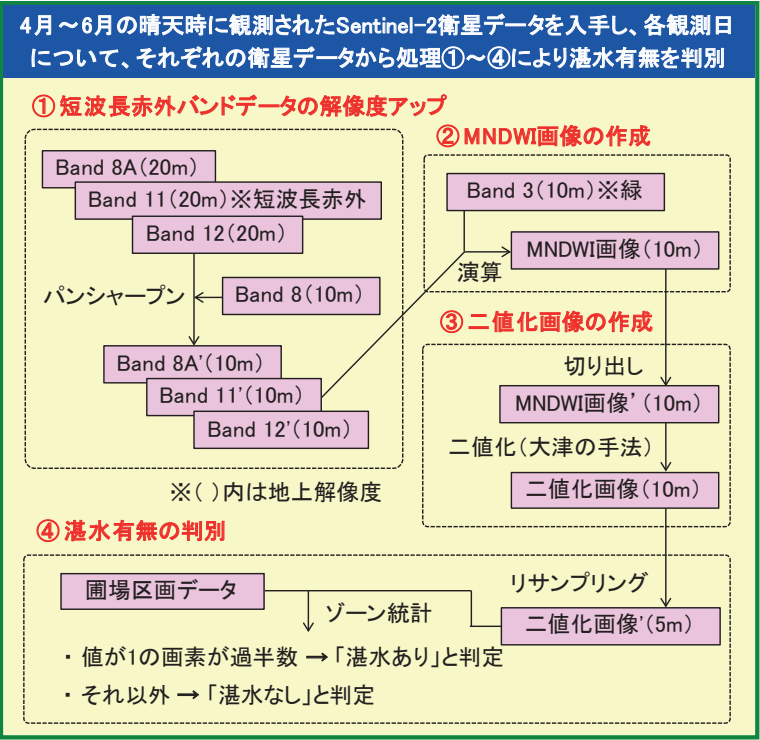


図 -1 取水開始時期の把握手法の概要

定（湛水有無の判別）する。この湛水有無の判別は、短波長赤外バンドの値（SWIR）と緑バンドの値（G）から求まる修正正規化水指数（MNDWI： $MNDWI = (G - SWIR) / (G + SWIR)$ ）を指標とし、MNDWI 画像を二値化（大津の手法で閾値を自動的に決定）した画像（画素値は 0 または 1）に圃場区画データを重ねて圃場毎に行う。次に、その判別結果から各観測日について、観測日までに取水が開始されたか否かを判定（取水有無の判別）し、最後に、各圃場の取水開始時期を把握する。なお、GIS ソフト（ArcGIS と QGIS）による作業手順を記したマニュアル¹⁾を公表しているので、詳細についてはそのマニュアルを参照して頂きたい。

本手法の適用例

本手法により、茨城県稲敷市内のあるエリア（稲敷エリアと呼称；

一部、河内町内）に位置する水田の 2018 年の取水開始時期を把握した。そのマップを図 -2 に示す。用いた Sentinel-2 衛星データは、同年の 4 月 10 日、4 月 13 日、4 月 20 日、4 月 28 日、5 月 5 日、5 月 15 日、5 月 20 日および 6 月 4 日に観測されたデータである。そのうちの 4 月 20 日のデータから作成した稲敷エリアの MNDWI 画像を図 -3 に示す。明るい色を呈しているのが水面である。この MNDWI 画像を二値化し、得られた二値化画像に圃場区画データを重ねて同日の湛水有無を判別した。

圃場区画データについては、茨城県土地改良事業団体連合会から入手した水土里情報の耕区 GIS データを用いた。ただし、作成年（2008 年）が古かったので、Google Earth Pro に掲載されていた 2018 年 5 月 15 日の航空写真画像を参照して一部（畦畔除去による区画拡

湛水有無の判定結果から、各観測日について
取水有無（観測日までに取水が開始されたか否か）を判別

- 1 番目の観測日については、
 - ・「湛水あり」→「取水あり」と判定
 - ・「湛水なし」→「取水なし」と判定
- 2 番目以降の観測日については、
 - ・「湛水あり」→「取水あり」と判定
 - ・「湛水なし」& 一つ前の観測日までに少なくとも一度「湛水あり」→「取水あり」と判定
 - ・それ以外 → 「取水なし」と判定

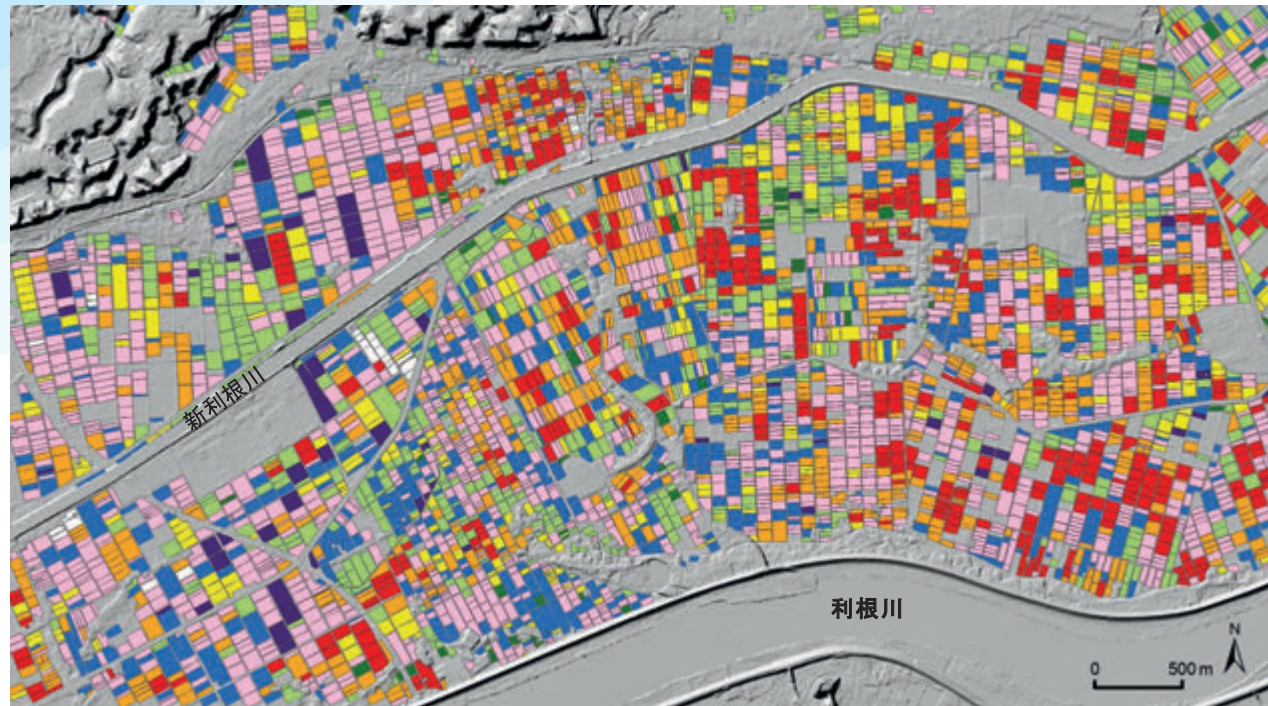
取水有無の判別結果を用いて取水開始時期を把握

- ・ 1 番目の観測日に「取水あり」 ※N ≥ 2
→ 「同観測日以前」に取水開始
- ・ N 番目の観測日に「取水あり」& (N-1) 番目の観測日に「取水なし」 → 「(N-1) 番目の観測日の翌日から N 番目の観測日までの期間」に取水開始

大が行われた圃場）のポリゴン形状を修正して用いた。

取水開始時期別に、該当する圃場のポリゴン面積を集計した。その集計結果を図 -4 に示す。4 月 14 日～4 月 20 日の期間に取水が開始された圃場の総面積（498ha）が最も大きく、6 月 4 日までに取水が開始された圃場の総面積（1,508ha；灌漑面積）の 33% を占めていた。

稲敷エリア内の一部において 5 月 15 日の取水有無の判別結果に関する精度検証を行った。具体的には、Google Earth Pro 掲載の 2018 年 5 月 15 日とその翌日の航空写真画像を目視判読して各圃場の 5 月 15 日の取水有無を判別し、この判定結果（真値と仮定）と照合して判定の正誤を調べた。その結果、正答率（面積ベース）は 98% と非常に高く²⁾、本手法により高い精度で水田の取水開始時期が把握できると判断された。



【2018年】 背景：国土地理院のWEB地図「地理院地図」の陰影起伏図

4月10日以前	4月11～13日	4月14日～20日	4月21日～28日	4月29日～5月5日
5月6～15日	5月16～20日	5月21日～6月4日	ハス田(別途に把握)	

図-2 2018年の水田の取水開始時期マップ（稲敷エリア）



図-3 2018年4月20日のMNDWI画像（稲敷エリア）

稲敷エリアにおける2018年の水田の作付状況マップを図-5に示す。このマップは次のようにして作成した。まず、稲敷市地域農業再生

協議会から入手した2018年の水田の耕作台帳データを地番図のGISデータの属性テーブルに大字・地番をキー（共通の属性）にして結

合し、筆単位の作付状況マップを作成した。次に、それに圃場区画データ（水土里情報の耕区GISデータ）を重ねて圃場区画毎に作付情報を集約し、圃場区画単位の作付状況マップ（図-5）を作成した。稲敷エリアを含む地域の水利権の許可期限が令和5年3月31日までであるため、現在、水利権の更新に向け、取水開始時期マップ（図-2）と水田の作付状況マップ（図-5）を組み合わせた水田作期の分析等を行っているところである。

Sentinel-1 衛星データの補完的利用

晴天時の Sentinel-2 衛星データが十分に得られなかった場合には、Sentinel-1 衛星（欧州宇宙機関）が

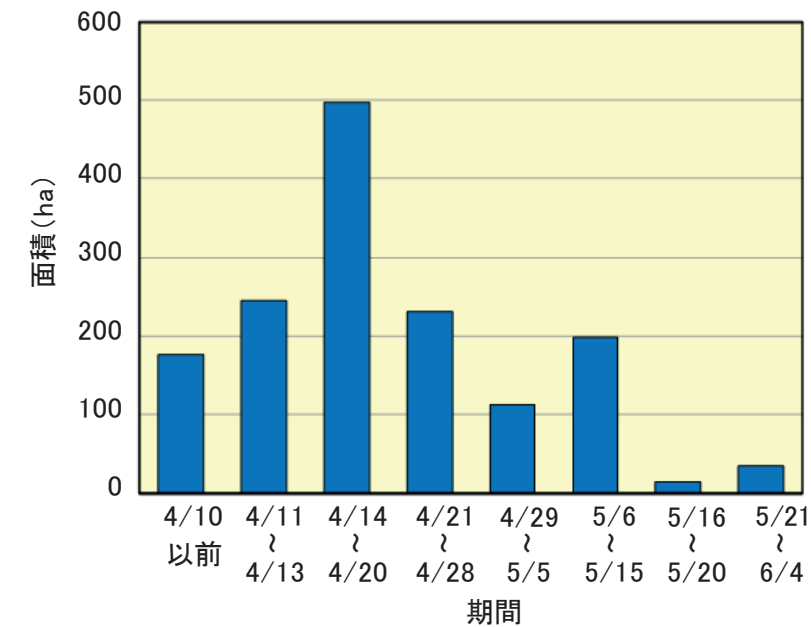
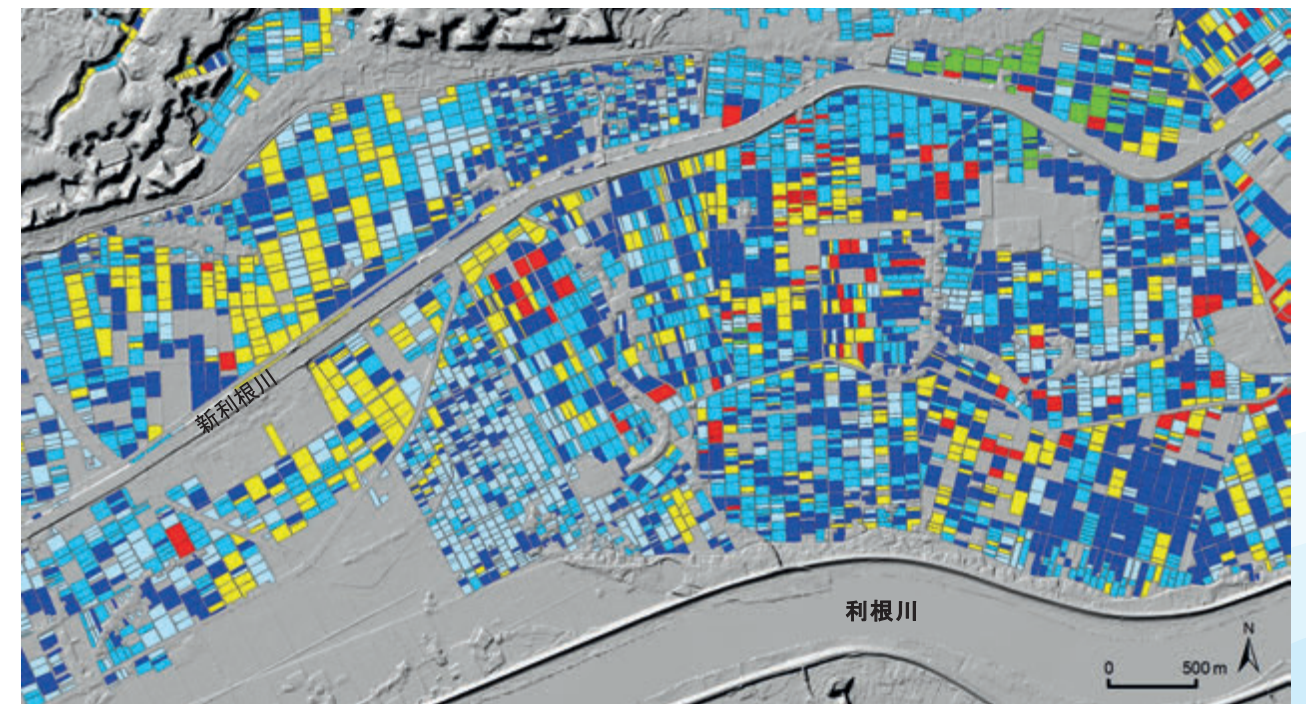


図-4 各期間に取水が開始された圃場の総面積（稲敷エリア）



背景：国土地理院のWEB地図「地理院地図」の陰影起伏図

主食用米_あきたこまち	主食用米_その他の品種	主食用米_品種不明
飼料用米	WCS用稲	米粉用米・加工用米

図-5 2018年の水田の作付状況マップ（稲敷エリア；河内町内を除く）



図-6 2018年4月20日のVV偏波のSAR画像（稲敷エリア）

Cバンドの合成開口レーダ（SAR）で観測したデータの利用を検討する。Sentinel-1衛星データも無償でダウンロードできる。ただし、次に述べるように、Sentinel-1衛星データによる湛水有無の判別精度は高くないことに留意する必要がある。

2018年4月20日のSentinel-1衛星データから作成した稲敷エリアのVV偏波のSAR画像を図-6に示す。暗い色を呈しているのが水面であるが、不明瞭である。稲敷エリアより一回り大きく、かつ、稲敷エリアをほぼ含むエリアに位置する水田を対象として、そのSentinel-1衛星データを用いて同日の湛水有無を判別するとともに、その判別結果を同日のSentinel-2衛星データによる湛水有無の判別結果（真値と仮定）と照合して判定の正誤を調べた。その結果、正答率（面積ベース）は79%とやや

低い値であった³⁾。このようにSentinel-1衛星データによる湛水有無の判別精度は高くないが、Sentinel-1衛星データは、雲の影響を受けないので、補完用データとして利用できる。

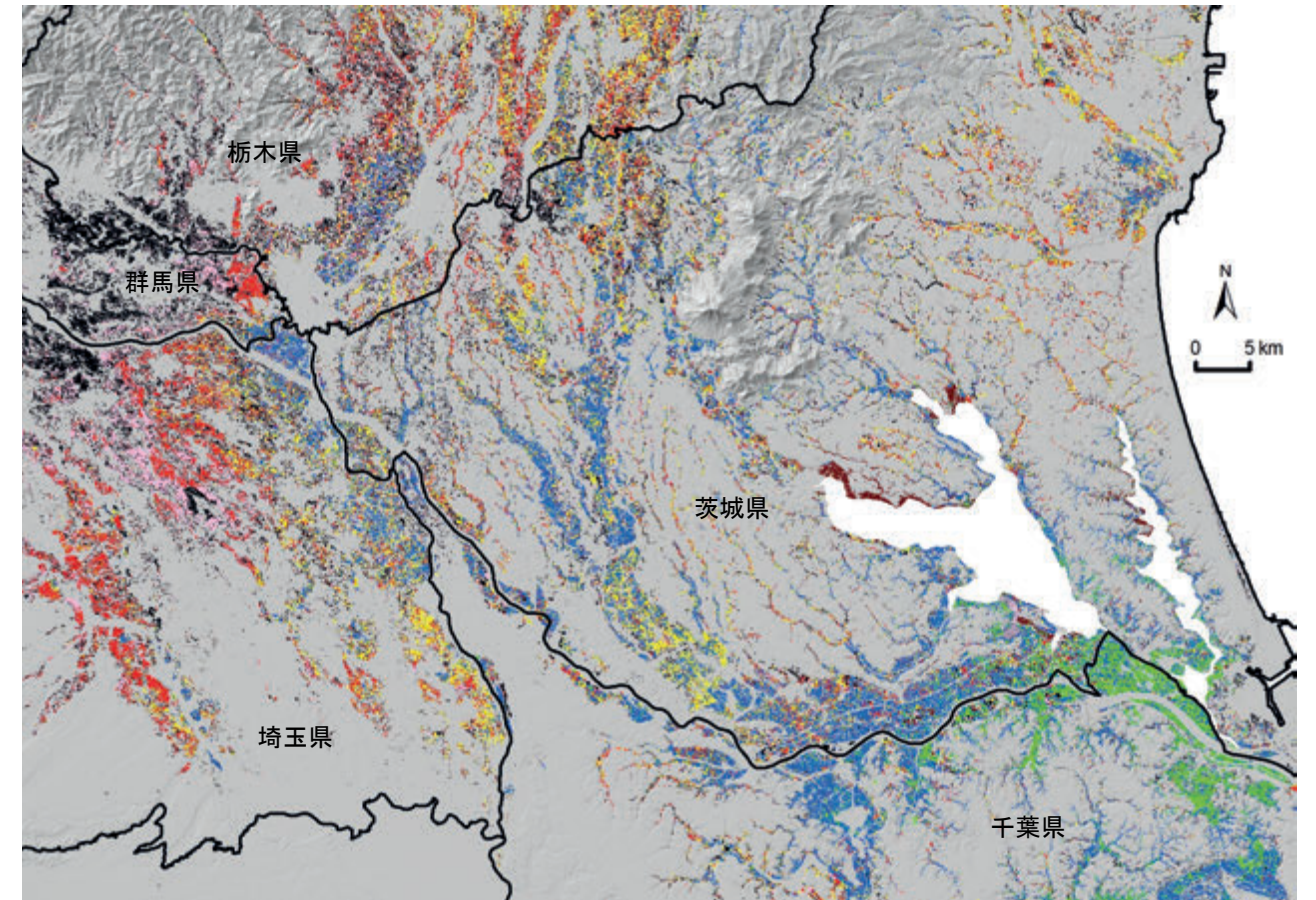
利根川流域の一部とその周辺における2019年の水田の取水開始時期マップを図-7に示す。このマップの作成（用いた圃場区画データは農水省の「筆ポリゴン」）にあたり、同年の6月9日のSentinel-1衛星データを補完用データとして利用した。すなわち、5月24日以降に晴天時のSentinel-2衛星データが得られなかったため、6月9日のSentinel-1衛星データを用いて同日の湛水有無を判別した。

この判別は、SAR画像に圃場区画データを重ねて圃場毎に画素値（後方散乱係数）の平均値を求め、その値がある閾値以下であれば「湛水あり」、それ以外であれば「湛水

なし」と判定する方法で行った。ここで閾値は、6月9日の湛水有無が既知である計200枚の圃場の後方散乱係数データを用いて決定した。その計200枚の圃場は、5月23日と6月17日のSentinel-2衛星データによる両日の湛水有無の判別結果を用いてランダムに抽出（例えば、両日とも「湛水なし」と判定された圃場の中から100枚の圃場を「6月9日に湛水状態でない圃場」として抽出）したものである。なお、6月17日は曇天であったが、衛星画像に雲のない部分が見られたので、雲や雲影のない部分で湛水有無の判別を行った。具体的な手順については、筆者のマップ化事例集⁴⁾の第13章を参照して頂きたい。

おわりに

本稿では、無償のSentinel-2衛星データを複数利用（必要に応じ



【2019年】

■ 4月13日以前 ■ 4月14～28日 ■ 4月29日～5月8日 ■ 5月9～23日 ■ 5月24～6月9日
■ 6月9日までに取水なし ■ ハス田（別途に把握）

※ 6月9日の湛水有無の判別は、Sentinel-1衛星データによる。

図-7 2019年の水田の取水開始時期マップ（利根川流域の一部とその周辺）

て無償のSentinel-1衛星データも補完的に利用）して衛星観測日における水田の湛水有無を圃場毎に判別し、各観測日の判別結果から取水開始時期を把握する、という衛星リモートセンシング手法を紹介した。本手法は、水利権更新に向けて農業用水の実態調査を行う際に活用できる。また、例えば、雪解けの遅れにより水利権上の代かき期間が緊急的に延長された際に行われる取水状況等の検証においても活用できる。

引用文献

- 1) 福本昌人 (2019) : 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、http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/131938.html
- 2) 福本昌人 (2019) : Sentinel-2衛星データを用いた水田の取水開始時期の把握、システム農学、35 (2)、15-23
- 3) 福本昌人 (2020) : Sentinel-1

衛星データと圃場区画データを用いた水田の湛水有無の判別、農業農村工学会論文集、88 (1)、II_21-II_28

4) 福本昌人 (2020) : GIS やリモートセンシングを活用した農地・農業用水の利用状況等のマップ化事例、https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/135809.html