

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 16 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24510252

研究課題名(和文) リモートセンシングによる圃場単位での津波からの農地復興過程の追跡と考察

研究課題名(英文) Monitoring and consideration of tsunami damaged agricultural area using remote sensing imagery and parcel boundary data

研究代表者

米澤 千夏 (YONEZAWA, Chinatsu)

東北大学・(連合)農学研究科(研究院)・准教授

研究者番号：60404844

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：東日本大震災による津波の被害を受けた農地を観測した人工衛星および航空機によるリモートセンシング画像を、圃場のベクタ データを重ね合わせることによって解析した。被災直後から半年後までの浸水状況および復旧過程の経年変化を抽出し、地理空間的に示した。また、作付再開後の圃場がかかえる問題のひとつである土壌肥沃度のばらつき等による圃場内での作付作物の生育むらの把握に、高分解能リモートセンシング画像が有効であることを示した。

研究成果の概要(英文)：Space and air-borne remote sensing images of the agricultural fields in Sendai Plain damaged by tsunami caused by the 2011 Great East Japan Earthquake were analyzed. Temporal change from just after to half a year later the disaster on the flooded area were extracted. Yearly change of reconstruction process were shown on the map. Some of the reconstructed fields have been problematic owing to the variability in crop growth caused by differences in soil fertility and other factors. This variability was recognized using high resolution satellite imagery. Agricultural parcel vector data were used for the precise analysis.

研究分野：空間情報科学

キーワード：地理情報システム 高分解能衛星 合成開口レーダ 東日本大震災 復興農学

1. 研究開始当初の背景

東日本大震災は青森県から千葉県にわたる太平洋沿岸の6県において2.4万ヘクタールにおよぶ農地の流失・冠水等の被害をもたらした。しかしながら、その被害の程度は、翌年から営農の再開が可能な場合から、5年程度の除塩が必要とされる場合まで、圃場によって異なる。なかには1か月以上海水が浸水した圃場も報告されている。

被災農地は広域におよぶことから、被害の程度と復旧状況についての詳細な記録と考察をリモートセンシングデータを活用しておこなった。

2. 研究の目的

被害がおおきかった仙台平野を対象に、圃場単位でのベクターデータを活用し、個々の圃場単位での被害の程度をしらべる。そして2011年から2015年にかけての農地の復旧状況を明らかにする。農地の被害の程度と復旧状況の関係を明らかにし、営農環境の変化が農地の復旧へもたらす影響を空間的に考察する。

3. 研究の方法

(1)衛星搭載 X バンド合成開口レーダによる被災直後の時系列データの解析

人工衛星搭載合成開口レーダによる取得データの解析により、津波被災直後の農地の湛水期間の推定を試みた。2011年3月11日から9月4日までにドイツの地球観測衛星 TerraSAR-X および TanDEM-X によって観測された21データに対して、圃場ポリゴンデータを重ね合わせ、各圃場ごとに後方散乱係数の平均値を計算した。

(2)復旧過程の経年変化の抽出

①2011年から2013年にかけての衛星搭載 X バンド合成開口レーダの解析

2011年、2012年、2013年の水田の湛水時期である6月上旬にイタリアの X バンド合成開口レーダ搭載衛星 Cosmo-SkyMed によって観測されたデータから、被災農地の復旧状況の空間分布の把握をおこなった。ディセンディング軌道から HH 偏波によって、シーンセンサーでの入射角およそ26度で観測されたデータを使用した。

②2013年と2014年に取得された航空機搭載 X バンド合成開口レーダの解析

情報通信研究機構によって開発されている航空機搭載合成開口レーダシステム (Pi-SAR2) によって、2013年と2014年に、作物の生育期である8月に取得された全偏波観測データを解析した。Pi-SAR2 は世界最高精度である30cmの分解能で地表面を観測する。2013年、2014年とも観測方向がおよそ北から南、南から北、東から西、西から東の4方向からの観測データに固有値解析を適用した。

(3)航空機および人工衛星搭載合成開口レーダによる全偏波観測データの解析

2014年9月に、対象地域において日本の地球観測衛星だいち2号 (ALOS-2) および航空機搭載合成開口レーダ Pi-SAR-L2 による同日観測がおこなわれた。ALOS-2 に搭載されたセンサ PALSAR-2 も Pi-SAR-L2 と同じ L バンド合成開口レーダであり、両者とも全偏波観測がおこなわれた。それぞれの観測データについて散乱成分への分解をおこなうことによって作付状況を抽出し、結果の比較をおこなった。

(4)人工衛星搭載光学センサ取得データの解析による作付状況の実態把握

①高精度作付状況把握手法の検討

データ入手が比較的容易な中分解能光学センサ取得データに圃場ポリゴンデータを重ね合わせることによって、荒れた被災農地を対象とした水稲作付け状況把握手法の検討をおこなった。Terra/ASTER データで2012年9月に観測したデータを解析した。

また開発した手法を高分解能衛星である IKONOS 画像に適用し、より詳細な圃場単位での作付作物の判別手法についての検討をおこなった。

②作付再開後の圃場における生育むら把握

復旧が完了し作付がおこなわれている農地では、土壌肥沃度のばらつきなどのためによる、圃場内での作付作物の生育むらがみられることがある。2015年に水稲の幼穂形成期 (7月上旬)、出穂期 (7月下旬)、穂揃期 (8月上旬) に対仙台市若林区の圃場を観測したマルチスペクトル高分解能光学センサ画像 (直下分解能が1.5~2m) を取得し、正規化植生指標 (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) を計算した。

(5)現地調査

水稲の生育~登熟時期である5~9月に現地調査を実施した。現地調査においては、タブレット端末にリモートセンシング画像を入力した上で、GPS で現在地が確認できるようにした。また、現地の写真と動画を位置情報つきで記録した。

4. 研究成果

(1)被災直後の浸水農地の時系列変化

解析した全データにおいて、仙台市若林区における津波が到達した圃場と到達しなかった圃場のそれぞれについて、後方散乱係数の平均値を調べたところ、通常の水稲作付において水田が湛水する期間に相当する5月28日、6月5日、8日、16日を除いて、津波が到達した圃場のほうが値が小さくなる傾向が得られた。

図1に仙台市若林区を同一観測方向・入射角で観測した一連の画像を示す。震災直後の3月12日から9月4日にかけて、後方散乱係数が一定値以下の圃場の数・面積が時間とと

もに小さくなっている様子を読みとることができる。沿岸部では、5月上旬になっても後方散乱係数が相対的に小さい圃場がみられ、湛水が継続していた可能性も考えられる。また5月下旬に浸水範囲外でみられる後方散乱係数の小さい地域は、水稲作付のための湛水によるものであることが推察される。〈引用文献①②〉

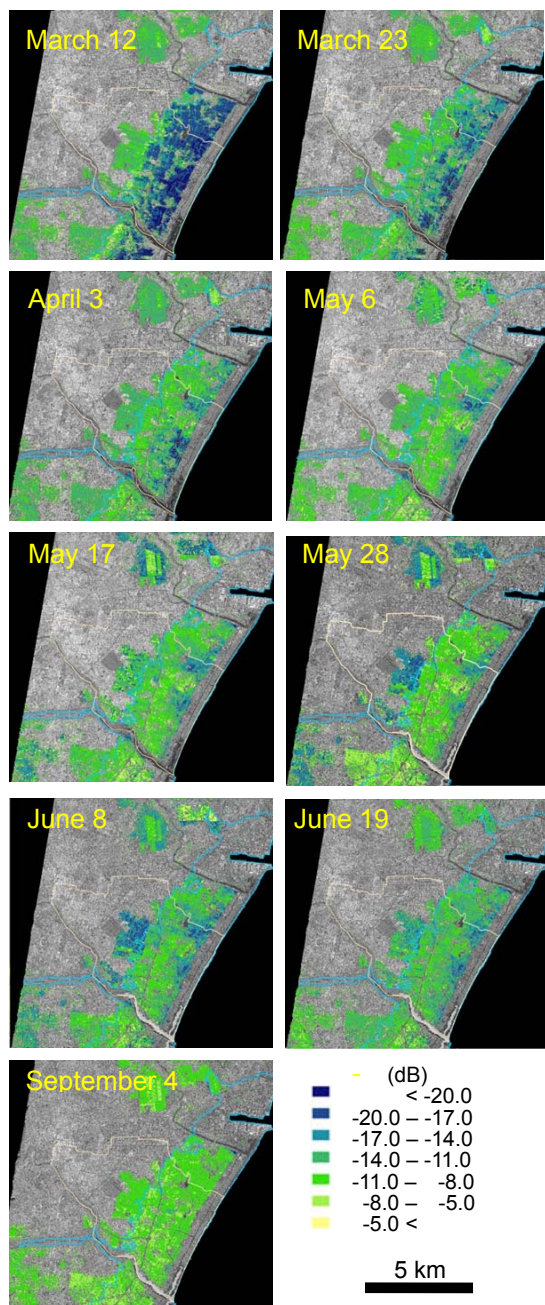


図1 2011年における圃場ごとの TerraSAR-X の後方散乱係数の時系列変化（仙台市若林区）

(2) 復旧過程の経年変化の抽出

①2011年から2013年にかけて取得された衛星搭載 X バンド合成開口レーダの解析

2011年においては、仙台市沿岸部で後方散乱係数が小さい場所が確認できる。対象地域における ALOS PALSAR および TerraSAR-X

データの時系列変化をみると、前後の時期とも同じ場所の後方散乱係数が小さく、津波による浸水が継続していたことが推察される。2012年には、後方散乱係数が相対的に小さい圃場が津波浸水範囲からおおよそ 1km 程度内側まで確認できる。これらの圃場では田植えがおこなわれていることが推察され、津波浸水範囲の西側から農地の復旧がおこなわれていることと矛盾しない。2013年には後方散乱係数が相対的に小さい圃場の分布は2012年よりも沿岸部側に広がっていることが確認できる。水が張っている圃場と張っていない圃場のちがいは判別可能であるが2012年ほど明瞭ではない。その理由としては観測日が2012年よりも1週間遅く、その間に稲の生長がすすんだことが考えられる。〈引用文献③④〉

②航空機搭載 X バンド合成開口レーダによる2013年と2014年の復旧状況

2014年観測データのうち、観測方向がおおよそ南から北および西から東のデータでは偏波依存性を示す α 角に入射角の影響がみられたため検討から除外した。そのほかのデータでは、一般的に α 角は水稲圃場ではおおよそ45度から60度を示したのに対し、大豆圃場や畑地、作付されていない圃場では45度よりも小さくなる傾向がみられた。

対象地域全体では2013年の時点で津波による浸水があった圃場の多くで作付が再開されていたが、一部草地や荒地となっている圃場もあった。除塩による復旧および圃場整備がすすんだ2014年のデータでは、水稲圃場と大豆圃場および畑地の違いがあらわれていたが、2013年のデータでは草地となっている非耕作圃場で水稲圃場と同程度の α 角が抽出されていた。エントロピーにおいては一般的に水稲圃場で値が大きく、大豆やその他の圃場では値が小さくなった。〈引用文献⑤⑥〉

(3)人工衛星と航空機の同日観測データによる2014年の作付状況

水稲・大豆の作付が津波で浸水した海岸線から1km程度の領域でもおこなわれていることが明瞭に示された。人工衛星および航空機による観測データとも水稲圃場で2回散乱成分の割合が大きくなり大豆・草地等とのちがいははっきりとあらわれた。9月上旬は水稲の登熟期であり、この時期のLバンド合成開口レーダの全偏波観測データは水稲作付圃場の抽出に有効であることが示された。〈引用文献⑦〉

(4) 作付状況の実態把握

①高精度作付状況把握手法の検討

耕作地をクラス1、非耕作地をクラス2、その他をクラス3として画像分類をおこなった。水稲作付けの有無を判断する際、圃場内のNDVIの平均値と標準偏差を用いて閾値を設定することで、分類精度が向上することが

示唆された。〈引用文献⑧〉

一方、植生が旺盛な非耕作地では NDVI の平均値と標準偏差に大きな差が見られず、誤分類が見られた。これより、非耕作地の状態を考慮したトレーニングエリアの設定が必要であると考えられた。

IKONOS 画像の分類では、イネとダイズでは、圃場内のパンクロマティック画像の DN 値の標準偏差に大きな差があることが確認された。この標準偏差をマルチスペクトル画像に加えて教師付き分類することで、イネとダイズの間で誤分類が減少した。〈引用文献⑨〉

② 作付再開後の圃場における生育むら把握

シュードカラー表示した NDVI 画像の目視判読によって大きな生育むらが認められる圃場を現地を確認したところ、不耕作地や生育状態が不均一な水稲・大豆圃場に相当した(図2)。また、水田作付圃場において、7月上旬では移植圃場では NDVI の平均がおおよそ 0.5 以上であるのに対し、直播圃場では 0.4 以下となっている。この違いは8月上旬には小さくなるものの、依然直播圃場は移植圃場よりも小さな値を示している。

津波被災農地では担い手経営体として生産組合が多く設立されている。NDVI 画像を農業普及センターを通して生産組合に示したところ、高い評価をいただいた。安価にデータ入手できる仕組み等があれば、高分解能センサによる生育状況についての面的な情報の生育管理への利用が期待される。〈引用文献⑩〉



-0.3 -0.2 -0.1 0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8



図2 2015年7月7日のWorldView-2画像から求めた正規化植生指標画像(仙台市若林区)。水稲・大豆の生育むらが判読できる。左の水稲圃場の写真は上図の丸内に相当する。

〈引用文献〉

- ① 米澤千夏、渡邊学、齋藤元也、Xバンド合成開口レーダを用いた東日本大震災による津波被災農地の圃場単位での湛水期間の推定、システム農学会 2013 年度秋季大会、2013 年 11 月 01 日~2013 年 11 月 02 日、岩手大学(岩手県盛岡市)。
- ② Yonezawa, C., Watanabe, M. and Saito, G., Extraction of Temporal Change on Tsunami Damaged Agricultural Field by the 2011 Tohoku Earthquake Using Terrasar-X Data, Asian Conference of Remote Sensing, 2013, 2013 年 10 月 20 日~2013 年 10 月 24 日, Discovery Kartika Plaza Hotel (Bali, Indonesia).
- ③ 米澤千夏、柴田純、東日本大震災による津波被災農地の復旧過程の Cosmo-SkyMed による観測、(社)日本リモートセンシング学会第 56 回(平成 26 年度春季) 学術講演会講演論文集、査読無、2014、135-136。
- ④ Yonezawa, C. and Shibata, J., Cosmo-SkyMed Data Observation of Reconstruction Process in Agricultural Fields Damaged by the March 11 2011 Tsunami, Proceedings of International Symposium on Remote Sensing 2014、査読有、2014、2074-2077.
DOI:10.1109/IGARSS.2014.6946873
- ⑤ 米澤千夏、石塚直樹、梅原俊彦、津波被災農地における耕作状況判別のための Pi-SAR2 データの固有値解析、(社)日本リモートセンシング学会第 58 回(平成 27 年度春季) 学術講演会講演論文集、査読無、2015、107-108。
- ⑥ 米澤千夏、石塚直樹、梅原俊彦、東日本大震災による津波被災農地の復旧過程の航空機搭載 Xバンド SAR による観測、システム農学会 2015 年度春季大会、2015 年 06 月 06 日~2015 年 06 月 06 日、岐阜大学連合農学研究科(岐阜県岐阜市)。
- ⑦ Yonezawa, C. and Watanabe, M., Agricultural field observation by space and airborne polarimetric L-band SAR data, Proceedings of International Symposium on Remote Sensing 2015、査読有、2015、3985-3988.
DOI: 10.1109/IGARSS.2015.7326698
- ⑧ 井上晋平、米澤千夏、圃場ポリゴンデータを用いた津波被災地域の高精度水稲作付け状況把握手法の検討、(社)日本リモートセンシング学会第 53 回(平成 24 年度秋季) 学術講演会講演論文集、査読無、2012、155-156。
- ⑨ 井上晋平、米澤千夏、KONOS データと圃場ポリゴンデータを用いた津波被災農地の高精度作付け状況把握手法の検討、(社)日本リモートセンシング学会第 55 回(平成 25 年度秋季) 学術講演会

- 講演論文集、査読無、2014、145-146.
- ⑩ 米澤千夏、津波被災農地における作物生育むらのリモートセンシングによる観測、システム農学会2016年度秋季大会、2015年11月14日～2015年11月15日、東北大学農学部（宮城県仙台市）。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計7件）

- ① 米澤千夏、農村調査への地理空間情報と関連機器の利用、農業経済研究報告、査読無、44、2013、76-84.

〔学会発表〕（計21件）

- ① Yonezawa, C. and Watanabe, M., Monitoring of Variability in Crop Growth on Reconstructed Agricultural Land After The 2011 Great East Japan Earthquake, International Geoscience and Remote Sensing Symposium 2016（国際学会）, 2016年7月10日～2016年7月15日, China National Convention Center (Beijing, China).
- ② Yonezawa, C. and Watanabe, M., Analysis of PALSAR-2 Full Polarimetric Data Observing Agricultural Field, The 2nd PI Workshop for ALOS-2（国際学会）, 2015年11月18日～2015年11月20日, AKIHABARA Convention Hall（東京都千代田区）。
- ③ 米澤千夏、東日本大震災被災農地のリモートセンシングによる観測、電子情報通信学会東北地区講演会、2014年11月19日、仙台高等専門学校（宮城県仙台市）。
- ④ Yonezawa, C., Watanabe, M. and Saito, G., Analysis of ALOS PALSAR data to detect the 2011 Tohoku Earthquake tsunami damage on agricultural field, International Symposium on Remote Sensing 2013, 2013年5月15日～2013年5月17日, Makuhari Seminar House (Makuhari, Japan).
- ⑤ Yonezawa, C., Watanabe, M. and Saito, G., Multi band space borne SAR observation of tsunami damaged agricultural field, Asia-Pacific Conference on Synthetic Aperture Radar, 2013年9月23日～2013年9月27日, Tsukuba International Congress Center (Tsukuba, Japan).

〔図書〕（計1件）

- ① 秋山侃、米澤千夏他、佐藤印刷、農業リモートセンシングハンドブック増補版、2014、292（238-241）

〔産業財産権〕

- 出願状況（計 0 件）
○取得状況（計 0 件）

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.rpip.tohoku.ac.jp/seeds/profile/85/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

米澤 千夏（YONEZAWA Chinatsu）
東北大学・大学院農学研究科・准教授
研究者番号：60404844