

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 20 日現在

機関番号：82107
研究種目：若手研究(B)
研究期間：2013～2015
課題番号：25850179
研究課題名(和文) 合成開口レーダを用いた飼料用トウモロコシの作付把握

研究課題名(英文) Identification of dent corn using SAR

研究代表者
石塚 直樹 (ISHITSUKA, Naoki)

国立研究開発法人 農業環境技術研究所・その他部局等・研究員

研究者番号：20414500

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：日本の飼料時給率は25%と低く、さらに輸入穀物・飼料価格の高騰から、安定した飼料の供給と食料時給率向上のため、日本各地で飼料作物の生産量が増加している。本研究では、飼料用トウモロコシ作付圃場を雲の影響を受けずに観測可能な合成開口レーダ(SAR)データを用いて毎年確実に抽出する技術を開発する。当初計画ではALOS-2データを3年間使う予定であったが、打ち上げが遅れたため、JAXAの航空機SARデータを2年間利用した。その結果、飼料用トウモロコシ圃場の検出は、安定してほぼ90%以上の作成者精度が得られ、高い場合には97%という非常に高い精度で検出ができ、毎年確実に検出できる技術が確立された。

研究成果の概要(英文)：The international price of the corn became the historic high (327.2 dollars/ton) from influence of the high temperature, drying after June, 2012 of the United States in August. A spike of the grain prices is a big problem for the dairy farming of Japan that depends on import for most of feed. Therefore the daily farmers in Nakashibetsu make effort production of dent corn themselves. The aim of this study is identification of dent corn using L-band synthetic aperture radar and trying grasp of production. ALOS-2 launch was delay. Therefore, in first two years, I was studied using air craft SAR that developed by JAXA. And last one year was used ALOS-2 data. As results, the producer's accuracy of identification marked high precision stably more than 90% in 3years. However, grasp of production is difficult. It is concluded that method of identification of dent corn using SAR is almost established.

研究分野：農業リモートセンシング

キーワード：合成開口レーダ 飼料用トウモロコシ ALOS-2 Pi-SAR-L2 偏波 複素数データ Lバンド マイクロ波

1. 研究開始当初の背景

地球観測技術でアジアをリードすることが、我が国の科学技術戦略の目標の一つとされており、衛星からの作物栽培モニタリングは、日本の食料自給率の向上と、国際的には増大しつつある人口を支える食料確保のために必要不可欠である。

現在、日本の食料自給率は約 40%であり、特に飼料自給率は 25%と極めて低い。近年、家畜飼料となる穀物のバイオマスエネルギーへの転換、世界各地で起こる異常気象、原油価格の高騰などが原因となり、輸入穀物価格、飼料価格が高騰し、酪農経営に大きな打撃を与えている。飼料を安定的に供給し、我が国の食料自給率を向上するため、各地で飼料作物の生産量が増加している。飼料用のトウモロコシの作付面積は、平成 18 年までは農林水産省により「青刈りトウモロコシ」として毎年調査が行われ市町村別に取りまとめられていた。しかし、平成 19 年度以降は人員削減の影響から都道府県単位での合計値のみの取りまとめ・公表となり、農林水産省の統計資料から市町村別の作付面積を知ることができなくなった。

この背景のもと、衛星データを用いた飼料用トウモロコシ作付地の把握に期待が寄せられている。農作物の作付面積を把握する技術の一つとして、衛星リモートセンシングは古くから注目されている。しかしながら、一般に用いられる光学センサは覆雲すると地表面を観測することができない。それに対し、マイクロ波を用いて観測を行う合成開口レーダ (SAR) は、雲を透過して地表面を観測可能であり、時系列データを確実に取得できることから、モンスーンアジア地域の農地観測に力を発揮できる。しかしながら、マイクロ波の散乱を観測する SAR は光学センサの画像と比べると解釈が難しいため、国内において農地を対象とした研究はまだ少なく、畑作物へ適用した研究はほとんどない。

また、宇宙航空研究開発機構 (JAXA) は、平成 25 年度に、L バンドのマイクロ波を用いた SAR 衛星「陸域観測技術衛星 2 号「だいち 2 号 (ALOS-2)」の打ち上げを予定しており、一時途絶えていた国産 SAR 衛星による観測が再開される予定であった。この国産 SAR 衛星 ALOS-2 を用い、国内の農業が直面する問題に取り組むことで、国内における農業分野での SAR データの利用促進を図るとともに、国際的には他国が運用していない L バンド SAR の利用方法をリードしていくことが重要と思われた。

2. 研究の目的

本研究は、雲の影響を受けない SAR データを用いて、確実に飼料用トウモロコシの作付を把握する方法の開発を行う。特に本研究課題では、国産衛星 ALOS-2 に搭載される L バンド SAR センサ (PALSAR-2) の時系列データを用い、対象地において作付状況の把握が望

まれている飼料用トウモロコシ圃場を精度良く抽出するため、以下の点を明らかにする。
(1) L バンド衛星 SAR による作付地検出手法の開発

SAR の雲の影響を受けずに観測できるという利点を活かし、多時期の L バンド SAR データを用いた飼料用トウモロコシ作付圃場の特定手法を開発する。また、ALOS/PALSAR および ALOS-2/PALSAR-2 ではマイクロ波の縦波と横波を使い分ける多偏波の観測も可能である。このデータを利用した多偏波 L バンド SAR データを利用した高精度作付地検出手法も検討する。

(2) 精度検証および精度向上手法の検討

上記で開発した手法を用いて検出した飼料用トウモロコシ作付圃場と取得した地上データとを比較し、精度の検証を行う。さらに、SAR データを用いた農地判定においては、作物の定植間隔や定植方向により、マイクロ波の共鳴による異常値 (ブラッグ散乱) が問題になることがある。そこで、飼料用トウモロコシ作付圃場の検出において、ブラッグ散乱がどの程度影響して問題になるか明らかにし、さらにその解決方法について検討する。

(3) 収量の分類

飼料作物については、早魃などの異常気象や病害などによる生育の変動が国際的には大きな問題となっている。北海道においても、低温や煤紋病などによる収量の低下が問題となっている。また、酪農家が農家に飼料用トウモロコシの栽培を委託する事例が現れる一方、収量に差があることが問題となってきた。そこで収量について、3 段階程度に分類する。

(4) 年次間変動、地域間変動の検討

SAR データを用いた作付分布の年次間変動、地域間変動の把握手法について検討し、手法の適用限界や精度を明らかにする。また、可能であれば収量についても同様の検討を行う。

3. 研究の方法

(1) 方法

本研究は、北海道中標津町を対象とし、雲の影響を受けない SAR データを用いて、確実に飼料用トウモロコシの作付を把握する方法の開発を行った。

中標津 (N43 34.6, E144 57.6) は日本でも有数の酪農地域である。当該地域では、耐寒性の飼料用トウモロコシ品種が開発されたこともあり、近年、飼料用トウモロコシの作付面積が増大している。一方、夏季の平均気温が 18 度と低いため耐寒性品種といえど、収量が天候に左右されやすい。さらに、夏季に曇天が多いため光学センサで観測することが比較的困難な地域である。

基本的な研究の方法としては、SAR による観測データ用い、飼料用トウモロコシ圃場を含む中標津地域の農地を分類し、その結果を現地調査に基づく作付図と比較し、精度を検

証した。また、現地の農家および根釧農業試験場、JAXA、RESTECの協力を得てサンプリング圃場を数カ所設けサンプリング調査を行った。サンプリングは1地点について10本の飼料用トウモロコシを採取し、草丈および生重を計測後、乾燥器にて乾燥を行い、乾燥重量を計測した。また、サンプリング時には、位置（経緯度）株間、条間を計測し、単位面積あたりの生重および乾重を求めた。主に生重とSARによる後方散乱係数を比較し、その関係について検討を行った。

ALOS-2は当初打ち上げ予定が2013年であったが、2014年5月に延期となった。また、打ち上げより約半年間は試験運用期間とされ、正式な運用が開始されたのは2014年11月となった。そのため、最初の2年間についてはALOS-2データがない状況となってしまった。しかし、JAXAの協力により、ALOS-2と同じLバンドSARセンサを搭載した航空機SAR（Pi-SAR-L2）による観測が、対象地域において行われた。そこで、2013年および2014年はPi-SAR-L2のデータを、2015年は当初予定のALOS-2のデータを使用した。

解析には、TNTmips、QGISおよびヨーロッパ宇宙庁（ESA）が開発・配布を行っているPolSARproを用いた。

（2）取得したデータ

図1に航空機SARであるPi-SAR-L2の取得画像例を示した。Pi-SAR-L2による観測は、当該地域を2回、位置を少しずつして行っている。航空機観測は衛星と観測高度が大きく異なるため、画像中の入射角が大きく異なり、その影響がある。そこで、少しずつして観測し、オーバーラップ領域を設けることで、その影響について検証を行うためである。

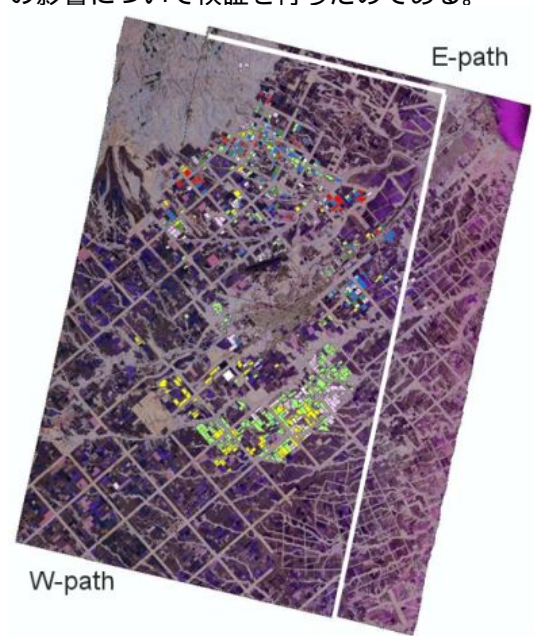


図1 Pi-SAR-L2画像の例と現地調査圃場

R:G:B=HH:HV:VV (C) JAXA

黄色：飼料用トウモロコシ、緑色：草地、青色：バレイショ、赤色：ソバ

なお、図1の画像は、R:G:B=HH:HV:VVというカラー合成を行っている。Pi-SAR-L2の空間分解能は、入射角にもよるが、おおよそ1.7m×3mである。

図1の色つきの圃場は現地調査により作付を把握した圃場であり、表1にその数を示した。図1における黄色の圃場が飼料用トウモロコシが作付された圃場となる。

一方、ALOS-2衛星データは、2015年に観測されたデータを使用した。ALOS-2の場合、衛星のため1パスで対象地が全て含まれる。空間分解能は、約5m×4mとなっている。

表1 現地調査圃場数

作目	2013	2014	2015
バレイショ	190	188	121
ビート	44	29	24
ソバ	49	51	60
飼料用トウモロコシ	88	109	122
ムギ	21	17	18
草地	277	294	261
計	678	688	606

4. 研究成果

（1）Lバンド衛星SARによる作付地検出手法の開発

表2の2013年、2014年部分にPi-SAR-L2データを用いて農地を分類した結果の作成者精度を示した。他の作物と違い、飼料用トウモロコシについては、非常に高い精度で検出できていることがわかる。

同じく、ALOS-2データを用いた結果が、表2の2015年の部分となる。Pi-SAR-L2と同様に飼料用トウモロコシについては、非常に高い精度で分類できていることがわかる。

（2）精度検証および精度向上手法の検討

SAR画像において、ブラッグ散乱が発生しているために後方散乱係数が見かけ上高くなっていると思われる圃場がいくつか見られた。しかしながら、原因究明には至らなかった。今後、より多くのデータを集めながら検証を行っていく必要がある。

（3）収量の分類

図2に示したのは、サンプリングした飼料用トウモロコシの生重量と、JAXAのLバンド航空機SARセンサで観測されたVV偏波の後方散乱係数との関係を調べたものである。上段の2013年については、飼料用トウモロコシのバイオマスとVV偏波の間に高い相関が見られた。一方、同じ組み合わせの2014年の観測では、決定係数が一気に低下してしまった。

表2 分類正解率 一覧表

			Accuracy	κ	バレイショ	ビート	ソバ	飼料用トウモロコシ	ムギ	牧草
2013	W-path	8月.	68.8%	0.596	63.5%	67.4%	52.1%	91.0%	55.2%	69.7%
		9月.	75.3%	0.676	76.2%	74.4%	62.5%	92.1%	62.1%	73.0%
	E-path	8月.	74.5%	0.666	69.5%	86.0%	57.4%	87.6%	57.1%	76.7%
		9月.	77.9%	0.709	75.9%	79.1%	72.3%	94.4%	67.9%	75.6%
2014	W-path	8月.	78.2%	0.703	73.1%	58.6%	52.0%	95.4%	58.8%	82.3%
		9月.	60.6%	0.482	28.7%	58.6%	48.0%	92.7%	17.6%	71.7%
	E-path	8月.	80.7%	0.734	72.5%	58.6%	50.0%	97.2%	58.8%	87.9%
		9月.	80.0%	0.731	78.3%	65.5%	74.0%	97.2%	82.4%	76.9%
2015	-	8月.	78.4%	0.708	87.5%	88.0%	19.6%	97.1%	52.6%	81.2%

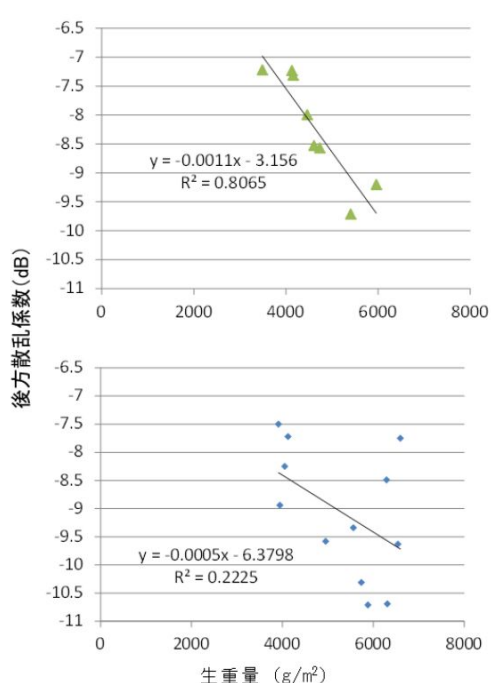


図2 Pi-SAR-L2 データの VV 偏波の後方散乱係数と飼料用トウモロコシの生重量の関係

(4) 年次間変動、地域間変動の検討

年次間変動については、飼料用トウモロコシ圃場については、航空機 SAR データを用いた2年間安定して検出できている(表2)。また、空間分解能が低下した衛星データを用いた場合でも、高い精度が維持できていた。地域間変動は航空機のため検証できなかった。

一方、図2にあるように、収量の区分については、また安定して後方散乱係数から飼料用トウモロコシのバイオマスを推定できる段階ではなく、区分は困難である。

(5) まとめ

衛星の打ち上げ遅れの影響を受けたものの、3年間の研究期間を通じ、Lバンド SAR による観測データを収集し研究を行った。飼料用トウモロコシ圃場の検出については、3

年間を通じ、非常に高い精度で安定的にできた。一方、チャレンジ課題としていた収量区分については、相関が年次間で大きく異なり、区分までには至らなかった。今後、データの解析方法や解釈を含めて精査・再解析を行うとともに、検出方法の堅牢性を評価するためにデータ取得の継続を目指す予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1件)

石塚直樹、マイクロ波合成開口レーダを用いた農地計測事例、計測と制御、計測自動学会、査読有り、印刷中

〔学会発表〕(計 1件)

Naoki Ishitsuka, Nobuhiro Tomiyama and Tsukasa Makino, IDENTIFICATION OF DENT CORN USING L-BAND SAR -CASE STUDY OF KONSEN, HOKKAIDO, JAPAN-, The 36th Asian Conference on Remote Sensing, Metro Manila, Philippines, 2015

〔図書〕(計 1件)

石塚直樹、飼料用トウモロコシ(SAR)、農業リモートセンシング・ハンドブック増補版、秋山侃・富久尾歩・平野聡・石塚直樹・小川茂男・岡本勝男・齋藤元也・内田諭・山本由紀代・吉迫宏・瑞慶村知佳 編著、佐藤印刷、2014、284

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石塚 直樹 (ISHITSUKA, Naoki)
 国立研究開発法人農業環境技術研究所・生態系計測研究領域・主任研究員
 研究者番号：20414500

(4) 研究協力者

牧野 司 (MAKINO, Tsukasa)
 富山 信弘 (TOMIYAMA, Nobuhiro)
 小林 和史 (KOBAYASHI, Kazufumi)