

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 4 月 21 日現在

機関番号：82645

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26850164

研究課題名(和文) 高解像度衛星データを用いた作物生産性の高頻度観測に関する研究

研究課題名(英文) A study of high frequency monitoring of the crop production by using high-resolution satellite data

研究代表者

石原 光則 (Ishihara, Mitsunori)

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・第一宇宙技術部門・主任研究開発員

研究者番号：60452166

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、日本国内の農地生態系において、作物の生育状況や炭素吸収量を異種センサによる高解像度衛星データを用いて高頻度で広域評価することを目的に、地上観測データ、高解像度衛星データ、低解像度衛星データを用いて検証を行った。その結果、地上観測データ、高解像度衛星データ、低解像度衛星データによる観測値は、センサーによる依存性や誤差要因が認められ、それらの関係を定量的に把握することにより、異種センサによる複合的な観測が可能となった。さらに、これらの結果から、高解像度衛星データによる総一次生産量の広域推定の高精度化が可能となった。

研究成果の概要(英文)：To evaluate the conditions of crop and the amount of carbon absorption by agroecosystem using the different type of satellite data, in this study we examine its availability using the ground observation data, high-resolution satellite data and low-resolution satellite data. As a result, we explain the dependency and consistency of each sensor and can calculate quantitatively its relations. It is possible to estimate the widely net primary production in high accuracy using high-resolution satellite data.

研究分野：リモートセンシング

キーワード：農地生態系 異種衛星センサ 高解像度衛星 低解像度衛星 総一次生産量

1. 研究開始当初の背景

農地生態系における光学衛星データを用いた様々な環境動態解析が行われている。低解像度衛星データ(地上解像度数百メートルから千メートル程度、以降、低解像度データとする)を用いた研究では、国や地域単位の高時間頻度での炭素吸収量や収量の把握が行われている。また、高解像度衛星データ(地上解像度数メートルから数十メートル程度、以降、高解像度データとする)を用いた研究では、圃場単位での品質管理や生育状況の把握が行われている。日本国内では、このような高解像度データの使用が水田を中心に多数行われている。しかし、高解像度データは観測頻度が低いことや雲の影響により、希望する期間に必要なデータを取得することが困難となる。そのため、実際の農業分野での実利用はそれほど行われていない。

一方、近年様々な国で高解像度衛星センサの打ち上げが行われ、異種センサによる高解像度データを使用することが可能となっている。これらの異種衛星センサのデータを組み合わせることにより、1種類の衛星センサのデータのみを使用する場合と比較して、必要な期間の画像をより多く取得出来る可能性がある。しかし、これまでにこれらの異種センサによる高解像度データを組み合わせた観測はほとんど行われていない。このような観測を行う場合は、衛星センサによる観測波長域や解像度の相違があるため、事前にこれらの違いが観測結果に与える影響を定量的に把握する必要がある。

これまで農地生態系において高頻度での広域評価を目的に、高頻度観測が可能な低解像度データを用いた研究を行ってきた。しかし、国内の農地においてはこれらの低解像度データを使用すると、1つの画素の中に複数の土地利用のカテゴリーが含まれるミクセルの状態となり、農地のみでの高精度な広域評価が困難であることが明らかになっている。さらに、高解像度データを用いた評価では地上観測データに対応したスケールアップが可能であり、高精度な広域評価が可能であることが明らかとなっている。また、日本国内において異種センサによる高解像度衛星センサのデータを取得することにより、高頻度観測が出来る可能性があることが明らかとなっている。

以上のような研究成果から、農地生態系において広域評価をする場合には、高解像度データを使用する必要がある。さらに、異種センサによる高解像度データを用いることで高頻度観測が出来る可能性があることが示された。そのため、異種センサによる高解像度データを用いた農地の高頻度観測を実現するために、実際に各高解像度衛星センサのデータを同時に使用する場合の一貫性や誤差要因を複数のサイトで検証する必要があると考えた。

2. 研究の目的

本研究では日本の農地生態系において、異種センサによる高解像度データを用いて圃場単位での作物生産性等を高頻度で観測することを目指し、複数の農地において観測結果の一貫性や妥当性について検討を行う。

3. 研究の方法

【平成 26 年度】

異種センサによる高解像度データを使用する場合には、各衛星センサの特徴を把握する必要がある。そのため、地上観測から得られた連続分光反射率データとその地点での異種センサによる高解像度データの観測値を比較して、各衛星センサの特性について検討する。特に、異種センサによる高解像度データを同時に使用する場合に、大気補正手法の違いが観測値に与える影響を、地上観測データを用いて検証する。さらに、高解像度データによる反射率や植生指数の一貫性や誤差要因について検討する。

【平成 27 年度】

これまでに提案されている様々な作物生産性の広域評価手法を異種センサによる高解像度データに対して実行し、作物生産性の広域評価の検討を行う。特に、総一次生産量(Gross Primary Production, GPP)に関して高頻度観測を行った場合の精度評価を行う。地上観測で得られたCO₂フラックスデータなどの作物生産性に関するパラメータを用いて、高解像度データの観測値からこれらのパラメータを推定するモデルを検討する。観測時期や観測サイトにより、これらの推定精度がどのように変化するのかを定量的に評価する。

【平成 28 年度】

高解像度データと低解像度データによる結果を複合的に比較することにより、低解像度データによるミクセル状態の観測の精度評価を行い、高解像度データによる高頻度観測を行う場合の低解像度データの補間的な利用に関する検討を行う。低解像度データはMODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) を使用する。高解像度データとMODISから算出したNDVIを比較し、MODISから高解像度衛星データを補間する手法について検討する。

4. 研究成果

【平成 26 年度】

4種類の異なるセンサ(WorldView-2, GeoEye, RapidEye, ALOS/AVNIR-2)により取得された茨城県の真瀬サイト(水田)における高解像度データを9シーン収集した。これらのデータから算出した分光植生指数(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)と反射率を、地上観測データと比較

して精度検証を行った。その結果、高解像度データのデジタルナンバーや放射量から算出した NDVI は 80-90% 程度の誤差があることが明らかとなった。

一方、高解像度データに対して大気補正を行うことで、NDVI の誤差は 20-30% 程度に低減した。また、地上観測と高解像度衛星データからの分光反射率は大気補正を行うことで概ね一致することが明らかとなった(図 1)。本研究では、3 種類の大気補正手法(QUAC, 6S, FLAASH) を使用したが、FLAASH と比較すると QUAC と 6S の精度が高かった。

以上の結果から、異種センサによる高解像度衛星データを用いた場合でも、大気補正を行うことにより地上観測での反射率や植生指数を精度良く再現可能であり、異種光学衛星センサから得られる複数の高解像度衛星データを一体的に用いることが可能であることが明らかとなった。

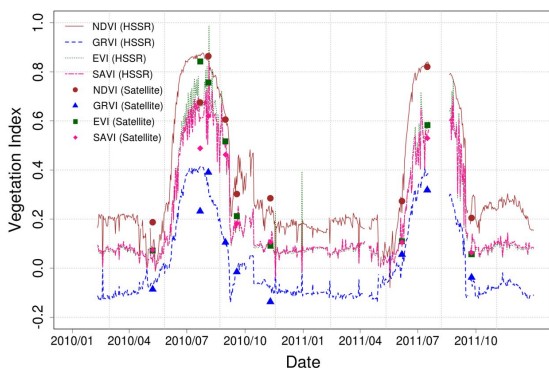


図 1. 地上観測と衛星観測による植生指数の比較

【平成 27 年度】

地上観測から得られた総一次生産量(GPP)、連続分光反射率、気象データを用いて、高解像度データから GPP を推定するためのモデルを検討した。さらに、有効性が確認されたモデルを用いて異種センサによる高解像度データから GPP を推定する場合の一貫性について検討した。初めに、茨城県つくば市の水田サイトにおける GPP を、地上観測の分光反射率から算出した NDVI, GRVI (Green-Red Vegetation Index), EVI (Enhanced Vegetation Index), SAVI (Soil-Adjusted Vegetation Index) の 4 種類の植生指数と、気温と全天日射量の気象条件を組み合わせ推定した結果、GRVI と全天日射量を用いることにより精度よく GPP を推定することが可能であった。2010 年から 2012 年のデータで検証したところ、観測年による誤差は少なく、85% 以上の精度で推定可能であった。

これらの手法をこれまでに取得した異種センサの高解像度衛星画像 14 シーンに適用した結果、地上観測の GPP を精度良く推定することが可能であり、さらに周辺の水田の GPP の空間変動を提示することが可能となった(図 2)。さらに、海外の水田サイトの高

解像度衛星データでも同様の推定を行い、GPP の時空間変動を提示することが可能となった。

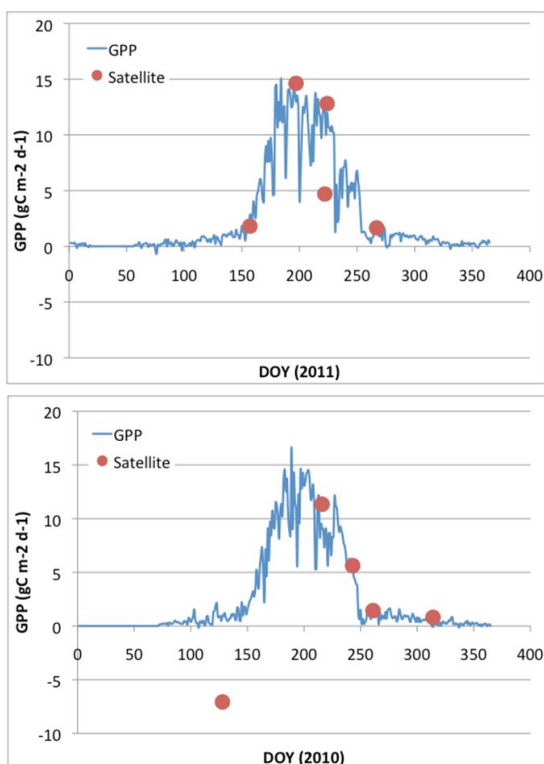


図 2. 2010 年と 2011 年の地上観測と衛星観測による GPP 推定の比較

【平成 28 年度】

低解像度データを使用する場合の誤差要因について高解像度データと比較することにより検討した。初めに、水田において 4 種類の高解像度データ (WorldView2, GeoEye, RapidEye, ALOS) と低解像度データの MODIS から算出した NDVI を比較した結果、観測時期や観測場所により NDVI に大きな違いがあることが明らかとなった。

次に、これらの違いの要因を特定するために高解像度データを MODIS の地上解像度にシミュレーションして比較した結果、全体的に MODIS による NDVI の方が大きくなる傾向が認められた(図 3)。高解像度データと MODIS の NDVI は線形の関係が得られ、その回帰式の傾きと切片は MODIS のセンサ天頂角に大きく依存していることが明らかとなった。そのため、MODIS のセンサ天頂角を用いて MODIS の NDVI の補正を行ったところ精度の向上が確認できた。

以上の結果から、MODIS による NDVI の観測値はセンサ天頂角に依存して変化することが明らかとなった。これは、センサの天頂角に依存する BRDF が観測値に影響していると考えられる。本研究で提案した補正法を用いることで、より精度が高い MODIS の観測結果を使用でき、さらにこれまで使用できなかったデータを利用することが可能となった。

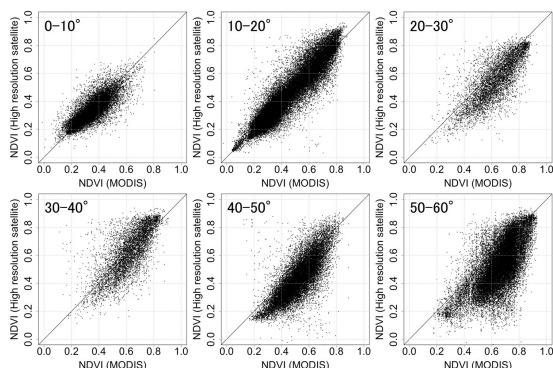


図3. 高解像度衛星とMODISのセンサ天頂角の違いによるNDVIの比較

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計2件)

Ishihara, M. and Tadono, T. (2017) Land cover changes induced by the great east Japan earthquake in 2011. *Scientific Reports*, 7, 45769; doi: 10.1038/srep45769. (査読有)

Ishihara M., Inoue Y., Ono K., Shimizu M. and Matsuura S. (2015) The impact of sunlight conditions on the consistency of vegetation indices in croplands - effective usage of vegetation indices from continuous ground-based spectral measurements. *Remote Sensing*, 7 (10), pp. 14079-14098; doi:10.3390/rs71014079. (査読有)

[学会発表](計5件)

石原光則, 奈佐原顕郎, 田殿武雄: 先進光学衛星搭載 RedEdge バンドによる水稲観測の有効性検討. 日本写真測量学会平成 28 年度秋季学術講演会, pp. 73-74, 都久志会館 (福岡県・福岡市), 2016 年 11 月 10 日.

石原光則, 井上吉雄: 放射伝達モデルを用いた MODIS 観測角の NDVI に対する影響評価. 日本リモートセンシング学会第 59 回学術講演会論文集, pp. 153-154, 長崎大学 (長崎県・長崎市), 2015 年 11 月.

石原光則, 井上吉雄, 小野圭介, 清水真理子, 松浦庄司: 植生指数に対する太陽天頂角と気象条件の影響評価 - 地上連続観測分光データを用いた解析 - . システム農学会 2015 年春季大会, pp. 35-36, 岐阜大学 (岐阜県・岐阜市), 2015 年 6 月 6 日.

石原光則, 井上吉雄, 小野圭介: 地上連続分光観測による植生指数の一貫性に対する観測条件の影響. 日本リモートセンシング学会第 57 回学術講演会論文集, pp. 145-146, 京都大学 (京都府・宇治市), 2014 年 11 月 6 日.

石原光則, 井上吉雄, 小野圭介: 連続観測による正規化分光指数の特性と環境因子による影響評価 - 水田での観測を例として - . システム農学会 2014 年春季大会, pp. 23-24, 東京農業大学 (東京都・世田谷区), 2014 年 5 月 24 日.

6. 研究組織

(1)研究代表者

石原 光則 (ISHIHARA MITSUNORI)

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・第一宇宙技術部門・主任研究開発員

研究者番号: 60452166