

機関番号：82101

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2008～2010

課題番号：20780187

研究課題名 (和文) 衛星データを用いた陸域植生による炭素吸収量推定手法の高精度化に関する研究

研究課題名 (英文) A study on high accuracy estimation amount of carbon absorption by terrestrial vegetation using satellite data

研究代表者

石原 光則 (ISHIHARA MITSUNORI)

独立行政法人国立環境研究所・地球環境研究センター・NIES ポスドクフェロー

研究者番号：60452166

研究成果の概要 (和文)：本研究では、衛星データを用いた陸域植生による炭素吸収量推定手法を高精度化することを目的に、地上で観測された分光反射率データ、二酸化炭素フラックスデータ、衛星データを用いて検証を行った。その結果、MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) データを用いて、光化学反射指数 (Photochemical Reflectance Index, PRI) の算出が可能であり、この指標から光利用効率 (Light Use Efficiency, LUE) を推定して用いることにより、衛星データを利用した陸域植生の純一次生産量広域推定の高精度化が可能であることが明らかとなった。

研究成果の概要 (英文)：In this study, the amount of carbon absorption by terrestrial vegetation that uses the satellite data is made highly accurate by using the spectrum reflectance and the carbon flux data observed on the ground, and the satellite data. As a result, PRI (Photochemical Reflectance Index) can be calculated by using the MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) data. It is possible to estimate the net primary production in high accuracy using LUE (Light Use Efficiency) calculated by the this index that uses the satellite data.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業情報工学

キーワード：LUE, PRI, MODIS, GPP, 陸域生態, 衛星データ

## 1. 研究開始当初の背景

地球温暖化問題に関連して、衛星データを用いた陸域植生の炭素吸収量の推定が注目され、光利用効率 (Light Use Efficiency, LUE) モデルが広く利用されている。このモデルでは、植物が吸収した光合成有効放射量

(Absorbed Photosynthetically Active Radiation, APAR) に LUE を乗じて炭素吸収量を推定する。APAR は、光合成有効放射量 (Photosynthetically Active Radiation, PAR) と、植物群落が吸収可能な光合成有効放射量 (Fraction of PAR, FPAR) を乗じて

算出され、どちらも衛星データからの推定手法が開発されている。

このような中、本研究では特に LUE に注目している。モデルで使用される LUE は植生毎の一定値や、植生毎に気象データから推定されている。しかし、これらの LUE の場合、(1) 同じ植生区分でも植生種によりストレスの影響度合いが異なる、(2) 強光下における LUE の低下が考慮されていない、等の問題が残されている。

一方、強光下における LUE 低下の指標として光化学反射指数 (Photochemical Reflectance Index, PRI) が提案されている。PRI はキサントフィルサイクルによる光化学系 II の光阻害 (光利用効率の低下) を、531 nm と 570 nm の反射率の変化で捉える分光反射指標である。PRI は反射率を用いた指標であるため、衛星データから算出し、LUE の変化を把握できる可能性がある。

以上のような先行研究をもとに、本研究では実際に衛星データから PRI を算出する手法を開発し、上記の LUE の問題点を改良した新たな LUE を用いて陸域植生の炭素吸収量を推定する。

これまでの PRI を用いた LUE 推定に関する研究は、主に (1) PRI と LUE の詳細な関係を地上における観測により解明する、(2) 衛星データから PRI を算出する、という 2 つのフェーズで行われている。申請者は、これまで主に (2) について重点的に研究を行っている。(1) については、地上観測から、特定の期間で PRI を用いて LUE を算出可能であることが明らかになっている。

## 2. 研究の目的

これまでの研究成果から、衛星データによる PRI を用いて LUE を推定出来る可能性が示された。そのため、これらの研究成果を発展させ、実際に衛星データから PRI を算出する。さらに、衛星データに対応した広域での LUE 分布を示し、最終的に陸域植生の炭素吸収量を推定することを目的とする。

## 3. 研究の方法

### 【平成 20 年度】

衛星データから LUE を算出する場合には、年間を通した PRI と LUE の関係を把握する必要がある。しかし、これまで、ある特定の時期における PRI と LUE の関係を検討した研究がほとんどである。また、衛星データからの LUE 算出は、瞬時値である衛星データから算出した PRI から 1 日の平均 LUE を算出している。しかし、LUE は環境状態により刻々と変化するため、衛星の観測時刻により、推定される LUE の値が変化する可能性

がある。そのため、岐阜県高山市の冷温帯落葉広葉樹林における自動連続観測データを用いて、PRI と LUE の関係を詳細に検討する。具体的には、地上で自動連続観測された分光反射率データと二酸化炭素フラックスデータを用いて、PRI と LUE の関係について検証する。

### 【平成 21 年度】

現在、衛星データによる PRI は、主に米国の陸域観測衛星である MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) を用いて有効性の検討が行われている。しかし、広域での空間分布や季節的变化についてはほとんど検討されていない。そのため、MODIS データから PRI を算出し、新たに日本における LUE の空間分布に対応する分布図を作成し、PRI の空間分布と季節変化について検討を行う。

### 【平成 22 年度】

MODIS による PRI から算出した LUE を用いた陸域植生の NPP の推定に関しては、詳細な精度検証は行われていない。そのため、PRI から推定した LUE による NPP 推定の際の精度検証を行う。具体的には、岐阜県高山市の冷温帯落葉広葉樹林と筑波大学の草地において自動連続観測された分光反射率データと二酸化炭素フラックスデータを用いて、PRI と LUE、さらに NPP の関係について検証した。

## 4. 研究成果

### 【平成 20 年度】

岐阜県高山市の冷温帯落葉広葉樹林における自動連続観測データを用いて、PRI と LUE の関係を詳細に検討した。具体的には、地上で自動連続観測された分光反射率データと二酸化炭素フラックスデータを用いて、PRI と LUE の関係について検証した。PRI は衛星の観測時刻に合わせて 11 時 (午前) と 14 時 (午後) のデータを使用した。また、LUE は 11 時、14 時、1 日の平均 LUE を使用した (図 1)。その結果、PRI と LUE は生育期間初期 (展葉期) から増加し、夏期に最大となり、生育期間終了期 (紅葉・落葉期) にかけて減少する季節変化を示した。PRI と LUE とともに、季節変動パターンは概ね一致していた。一方、PRI では、時刻による違いが見られ、特に生育期間では 11 時における PRI の方がわずかに大きい値となり、変動も大きくなった (平均値、標準偏差ともに約 0.02 の差)。また、LUE では、1 日、14 時、11 時の順で全期間を通した平均値が大きく、その差

はそれぞれ 0.0001 程度であった。以上のように、PRI および LUE とともに、わずかではあるが観測時刻により値の違いが見られた。そのため、PRI から LUE を推定する際には、観測時刻の違いを考慮する必要があると考えられる。

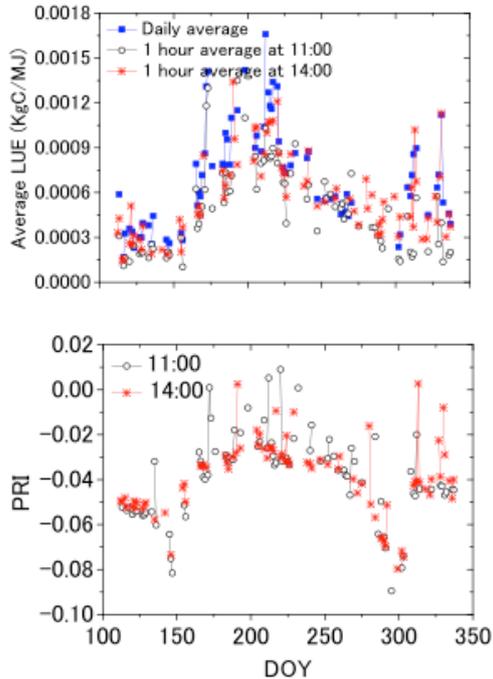


図 1. 岐阜県高山市の冷温帯落葉広葉樹林における 2004 年の LUE と PRI の時系列変化

【平成 21 年度】

日本全域について、MODIS データから算出した 2004 年の PRI の分布図を作成した (図 2)。その結果、PRI の空間分布は、森林域と比較して農耕地で低い値となり、同じ植生タイプでも地域により値が変動することが確認できた。また、PRI の時系列変化は、特に森林域で地上観測の PRI と同様の時系列変化をしており、植生の量がほとんど変化しない場合でも PRI の値が変化していることが確認できた。

次に、関東地方について、PRI の詳細な特徴の考察を行った。その結果、2~9 月では、森林域とそれ以外の植生タイプで、PRI の値に明らかな差が見られ、植生の量がほとんど変化していない場合でも、PRI の値は各月により大きく変動していることが明らかとなった。しかし、1 月及び 10~12 月では、特に森林以外の植生タイプの PRI が、他の期間の値より大きくなり、この結果に対する妥当性の検討が必要であることが明らかとなった。

以上の結果から、今までに行われていなかった、衛星データを用いた PRI の代替となる指標を広域な範囲で算出し、初めて日本全域における LUE の空間分布に対応するマップを作成出来ることが明らかとなった。

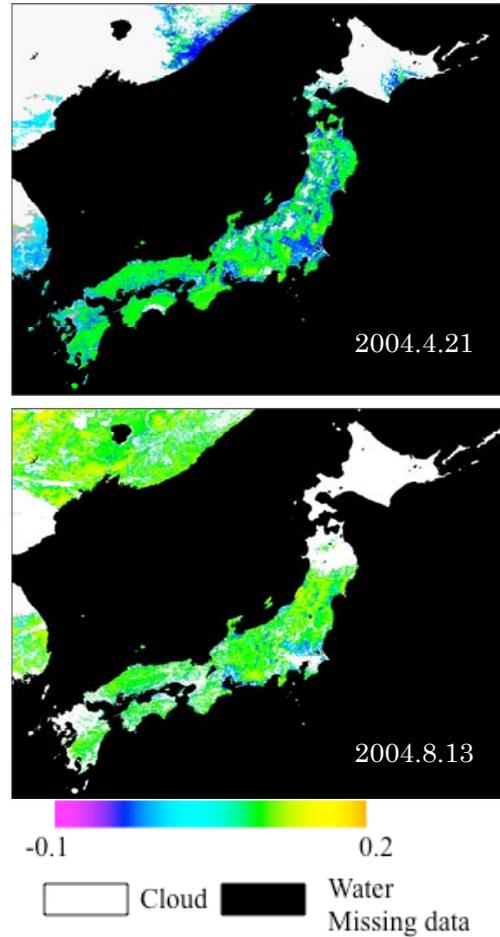


図 2. MODIS データから算出した日本全域の PRI 分布図の例

【平成 22 年度】

岐阜県高山市の冷温帯落葉広葉樹林と筑波大学の草地において自動連続観測された分光反射率データと二酸化炭素フラックスデータを用いて、PRI を用いた LUE 推定手法について評価した結果、推定誤差は 15 から 30%程度であった。これまで一般的に用いられてきた MODIS NPP モデルによる LUE 推定誤差は 30 から 50%程度であり、PRI による LUE 推定の方がより高精度で推定可能であることが明らかとなった。

次に、PRI から推定した LUE による NPP 推定精度を評価した (図 3)。現在使用されている MODIS NPP モデルを用いた NPP 推定誤差は 30 から 50%程度であった。一方、PRI 代替指標による LUE を使用した場合の NPP

推定精度は、20 から 25%程度に向上することが明らかとなった。

以上の結果から、本研究で提案した、PRI を用いた LUE 推定手法により、衛星データを利用した陸域植生の純一次生産量広域推定の高精度化が可能であることが明らかとなった。

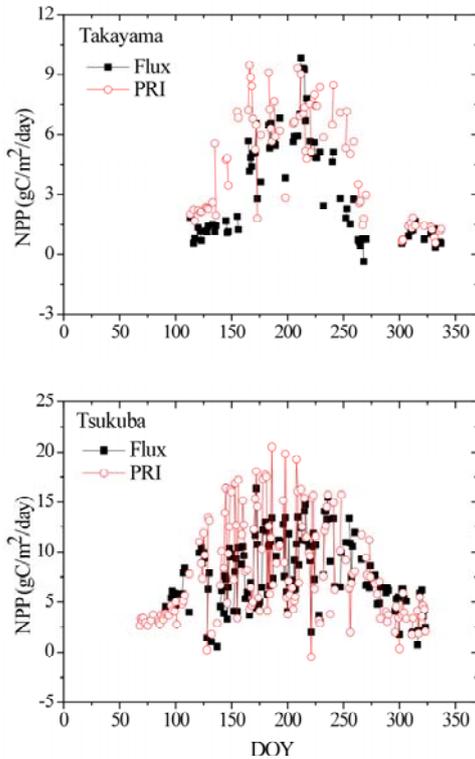


図 3. 2004 年の高山 (冷温帯落葉広葉樹林) と 2003 年のつくば (草地) における二酸化炭素フラックスと PRI からの NPP の時系列変化

## 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)

[学会発表] (計 7 件)

- ① Ishihara M., Hasegawa H., Yasumura S., Hayashi S., Yamano H., Land cover classification using multi-temporal satellite images in a subtropical area. 日本地球惑星科学連合 2010 年大会, 2010.
- ② 石原光則, 奈佐原 顕郎, 三枝信子, 秋山 侃, MODIS データからの光利用効率推定に関する地上観測データを用いた検証. 第 18 回生研フォーラム, 2009.
- ③ 石原光則, Wahid Din Ara, 秋山 侃, 土地被覆の違いによる植生季節変動パターンの特性. システム農学会 2008 年秋季大

会, 2008.

- ④ 石原光則, Wahid D.A., 秋山 侃, 標高の違いによる森林域の MODIS/NDVI 季節変動パターンの特性. システム農学会 2008 年秋季大会, 2008.
- ⑤ Ishihara M., Wahid D.A., and Akiyama T., Characteristics of seasonal variation pattern of MODIS/NDVI by difference of vegetation type. 2nd International Symposium 21st Century COE Program, 2008.
- ⑥ Akiyama T., Ishihara M., and Wahid D.A., Seasonal patterns of MODIS/NDVI at different altitude zones in Takayama forest. The 29th Asian Conference on Remote Sensing, 2008.
- ⑦ Ishihara M., Wahid D.A., and Akiyama T., Verification of seasonal variation pattern of MODIS/NDVI according to mixture ratio of vegetation types. The 29th Asian Conference on Remote Sensing, 2008.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

石原 光則 (ISHIHARA MITSUNORI)  
独立行政法人国立環境研究所・  
地球環境研究センター・NIES ポストドクフェロー  
研究者番号: 60452166

### (2) 研究分担者

該当なし

### (3) 連携研究者

該当なし