

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 9 日現在

機関番号：16401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K07843

研究課題名(和文) 複雑な立体構造をもつ森林の放射伝達機構の解明：分散球群と複数の衛星を用いた解析

研究課題名(英文) Radiative transfer in forests with distributed spheres

研究代表者

松岡 真如 (Matsuoka, Masayuki)

高知大学・教育研究部自然科学系農学部門・准教授

研究者番号：50399325

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：複雑な立体構造を持つ森林における放射伝達機構を解明することを目的として、時間・空間解像度の異なるリモートセンシングを組み合わせ以下を実施した。中分解能衛星データと分散球群を用いた影の除去：無人航空機とStructure from Motionで作成した針葉樹林の三次元モデルを用い、地形や樹冠によって生じる影を補正する二つの手法を開発した。極軌道衛星と静止軌道衛星のデータ同化：両者の観測幾何や分光応答などの違いを補正し、植生の状況を統一的に比較する手法を開発した。現地調査におけるGNSS測定の精度評価指標：GNSSの位置誤差から面積誤差を求める手法を提案し、数値実験でその妥当性を評価した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

森林・林業基本計画(平成28年閣議決定)では、単一樹種の一斉植林による育成単層林から針葉樹と広葉樹が混交した育成複層林への誘導の必要性がうたわれている。これにより、今後は複雑な立体構造をもつ人工林が一層増加すると予想される。広域の森林管理には、航空機や衛星によるリモートセンシングが使われている。また、近年では最新の気象衛星やドローンなどの新しいデータが利用可能となり、複数のセンサを組み合わせた森林観測の幅が広がっている。この研究では、立体構造をシンプルに表現し、複数のリモートセンシングを相補的に活用することで、立体構造が複雑な森林における情報をより正確に抽出するための手法を開発した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to model radiative transfer in forests using distributed spheres combined with various resolutions of remote sensing data. Main results of three investigations are as follows. We developed two shadow correction methods for the medium resolution satellite image of evergreen conifer forest using three-dimensional spheres that were generated by the structure from motion (SfM) of drone-derived images. The assimilation framework was structured to transform vegetation indices of the geostationary satellite and low-earth-orbit satellite, based on the automatic selection of endmembers in a linear mixture model of land surface. We suggested using the approximate standard deviation as an indicator of the accuracy of an area measured by Global Navigation Satellite System (GNSS) receivers, and evaluated the degree of approximation by a numerical simulation. This study helps to improve the information extraction of forest information using optical remote sensing.

研究分野：森林科学

キーワード：リモートセンシング 分散球群 放射伝達 育成複層林

1. 研究開始当初の背景

森林・林業基本計画（平成 28 年閣議決定）では、単一樹種の一斉植林による育成単層林から針葉樹と広葉樹が混交した育成複層林への誘導の必要性がうたわれている。これにより、今後は複雑な立体構造をもつ人工林が一層増加すると予想される。広域の森林管理には、航空写真や衛星画像を用いたリモートセンシングが使われている。しかし、高解像度衛星やドローンなどの技術開発は進んでいるものの、林業において効果的に活用されているとは言い難い。この一因は、空間解像度と観測頻度のトレードオフにある。航空写真や高解像度衛星は、森林の立体構造の取得に有効な空間解像度を持つが、観測頻度が低く、森林施業による構造変化や植物の季節変化を検出するのは難しい。一方、中解像度衛星は、年に数回はデータが得られるが、森林の立体構造を観測するには空間解像度が低すぎる。このことから、森林のリモートセンシングは単独のデータでは不十分であり、異なる空間解像度と観測頻度を持つデータを組み合わせることが重要となっている。また、近年ではドローンや改良型の気象衛星といった新しいデータが利用可能となっており、複数のセンサを組み合わせた森林観測の幅が広がっている。単層林と比べて立体構造が複雑な複層林において林相の状態や変化を正確に観測するためには、立体構造をシンプルに表現できる仕組みと、異なるタイプのリモートセンシングを相補的に活用する解析手法が重要となる。

2. 研究の目的

研究の目的は、針葉樹人工林を主な対象として、複雑な立体構造を持つ森林における放射伝達機構を解明することである。そのために、本研究では空間解像度と観測頻度の異なる複数のリモートセンシングデータを組み合わせ、(1)分散球群と中分解能衛星データを用いた影の除去、(2)極軌道衛星と静止軌道衛星のデータ同化、(3)現地調査における GNSS 測定の精度評価指標、に関する解析を実施した。これらを通じて、光学センサを用いた森林リモートセンシングによる林相情報の抽出精度の向上を目指した。

3. 研究の方法

(1) 分散球群と中分解能衛星データを用いた影の除去

分散球群(distributed spheres)とは、森林の形状と反射特性を表現するために使用する、三次元空間に散らばった多数の球である。これまで物体の三次元形状をモデル化するために使用されている点群に半径を持たせて球に拡張する事で、分光反射率や日照/日陰を表現できるようにしている。本研究では、無人航空機の観測データから針葉樹人工林の三次元モデルを作成し、光線追跡法を用いて衛星観測時の影の状態をシミュレーションする。これと実際の衛星データとを比較することで影を除去する。除去方法として、単独の衛星データを用いた画像単位の補正と、多時期の衛星データを用いた時系列ベースの補正を試みた。

観測は高知県土佐郡土佐町に位置する毛知田団地内のスギ人工林(60 年生)で実施した。無人航空機(DJI 社製 Phantom 4 pro)で動画を取得し、Pix4Dmapper を用いた SfM によって三次元点群モデルを作成した。また、観測時に設置した地上基準点の三次元座標を GNSS と自動レベルで測量し、衛星画像との位置合わせを行った。衛星データとして Sentinel-2/MSI のレベル 1C (大気補正なし反射率)を、季節を変えて 20 シーン使用した。バンドは 4(赤)と 8(近赤外)であり、空間解像度は 10m である。

影の影響を定量化するため、衛星画像の画素内の日照率(=1-影の面積率)を計算した。計算の概要を図 1 に示す。三次元点群モデルの各点に半径を設定して球群とし、衛星データが観測された時刻の太陽・地表・衛星の位置関係から樹冠による影をシミュレーションした。計算は 0.5m グリッドで行い、グリッドの中心が日照か日陰かを光線追跡法によって判定した。その後、0.5m グリッドを衛星画像の解像度である 10m にまとめて、衛星画像の画素内の日照率を計算した。影の補正方法のうち、画像単位の方法を図 2 に示す。Sentinel-2 のシーンごとに、日照率と分光反射率の直線回帰を行

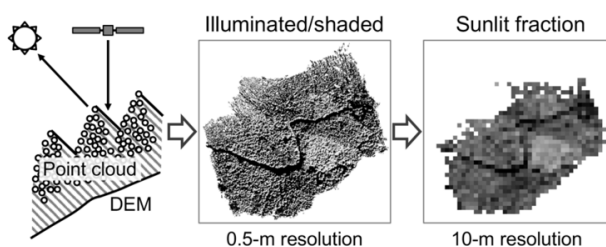


図 1 日照率の計算方法

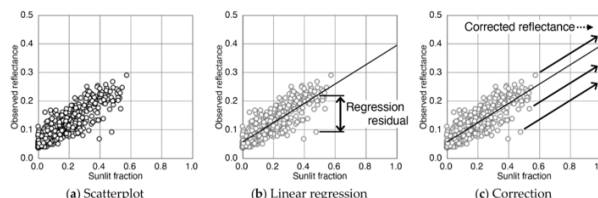


図 2 影の補正方法 (画像単位)

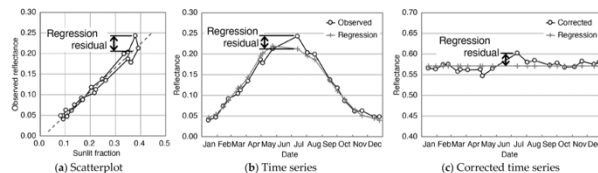


図 3 影の補正方法 (時系列)

なった。この時、各画素の回帰残差をその画素の地物の特性を表わしたものと見なして保存した。反射率の補正值は、直線回帰によって求めた日照率 1.0 の反射率に回帰残差を加えることで求めた。別の補正方法として、時系列を用いた影の補正方法を図 3 に示す。この方法は、反射率の季節変化は太陽高度の年内変動による影のでき具合のみに起因すると仮定した方法であり、反射率の季節変化が少ない常緑針葉樹に特化した方法である。多時期の観測データを用いて画素ごとに日照率と反射率の直線回帰を行い、日照率 1.0 の反射率を推定する。回帰からの残差を植生の反射率の微小な季節変化ととらえて、残差を補正に反映させている。

(2) 極軌道衛星と静止軌道衛星のデータ同化

静止軌道衛星は高い観測頻度を持ち、極軌道衛星を補完して地上の植生をモニタリングすることができる。しかし、両者の観測幾何条件の不一致や、センサの分光応答特性の違いにより、植生指標などに系統的な誤差が生じる。この解析では線形混合モデルのエンドメンバーを観測画像内から自動で決定し、それに基づいて赤と近赤外の特徴空間において分光反射率を変換することで、植生指数の系統的な誤差を除去する手法を開発した。図 4 の上段はエンドメンバーの決定方法を示している。衛星画像の分光反射率を赤と近赤外の特徴空間に分布させ、植生指数のヒストグラムの上位 9-11%となる画素の中で赤の反射率が下位 0-5%となる画素の平均値を用いて植生のエンドメンバーを設定する。一方、非植生のエンドメンバーは、赤と近赤外の反射率の平均値を計算し、そこと植生のエンドメンバーを結ぶ直線を求め、その直線と土壤線との交点で設定する。特性の異なる二つのセンサにおいてエンドメンバーの組をそれぞれ決定することで、それらを対応点として反射率を変換する方法である。

開発した手法の有効性を評価するため、静止軌道衛星の Himawari-8/AHI と極軌道衛星の Aqua/MODIS を用い、日本の 5ヶ所においてエンドメンバーの自動決定と植生指数の補正を適用した。植生の季節変化を考慮して、季節の異なる複数のデータを使用した。

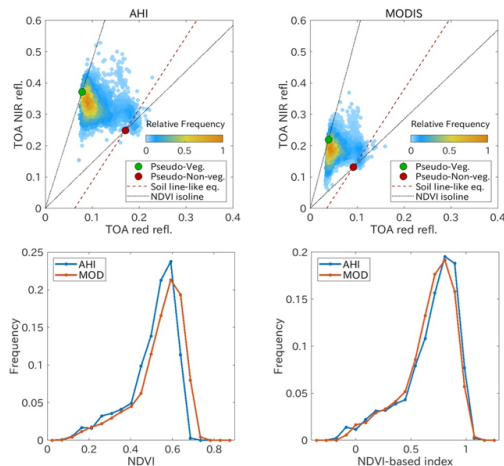


図 4 エンドメンバーの決定方法(上段)と補正前後の植生指数のヒストグラムの比較(下段)

(3) 現地調査における GNSS 測定の精度評価指標

衛星からの電波を受信して位置を知ることのできる Global Navigation Satellite System (GNSS) 受信機は林業の現場に普及しており、本研究でも地上観測に用いている。GNSS で計測された座標には位置誤差が常に含まれている。したがって、その座標を用いて計算した面積も誤差を持っている。面積誤差の大きさが分かれば、測定の精度を直接的に知ることができ、森林資源の管理に役立つと考えられる。この解析では、位置座標とその誤差(標準偏差)とから面積の標準偏差を求める方法を導出するとともに、誤差を含む座標を用いて計算された「面積の標準偏差の近似値」を面積測定の精度を示す指標として利用することを提案した。

GNSS で計測した面積の標準偏差 σ_s は以下の式で計算される。

$$\sigma_s = \frac{1}{2} \sqrt{\sum_{i=1}^N \{(n_{i+1} - n_{i-1})^2 + (-e_{i+1} + e_{i-1})^2 + 2\sigma_{i+1}^2\} \sigma_i^2}$$

ここで、 n と e はそれぞれ直交座標系における南北方向と東西方向の位置である。添え字の i は測点の番号を表している。また、 σ は位置誤差の標準偏差である。この式により、各測点の位置とその誤差を用いて、面積の誤差を算出できる。ただし、GNSS で得られる位置には誤差が含まれているため、実際には近似値が得られることになる。

計算式の妥当性を確認するため、また近似値のあてはまりの良さを評価するため、モンテカルロ法に基づく数値実験を行った。実験の流れを図 5 に示す。この実験では面積の標準偏差について以下の 3種類が得られる。

計算値：実験条件として設定した、真の値から求めた標準偏差。理論値といえる。

実測値：実際に生成された誤差を持つ値から求めた標準偏差。乱数の生成の精度によって計算値との間に差が生じる。

近似値：GNSS で得られる近似値を用いて計算した標準偏

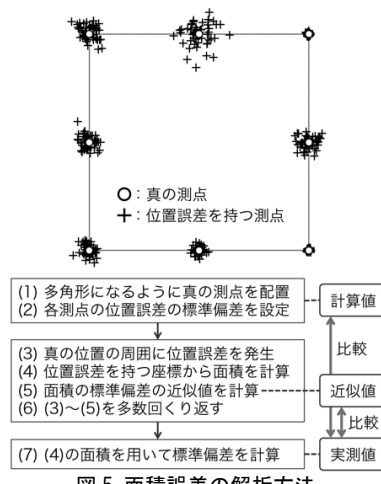


図 5 面積誤差の解析方法

差。面積精度の評価指標として使用することを想定している数値。

本解析では、計算値と実測値とを比較することで数値実験の妥当性を評価し、近似値と実測値とを比較することで面積の精度指標の近似精度を評価した。ここで、近似値については、位置誤差を含む座標が一組生成されると、面積の標準偏差の近似値が一つ算出できるため、位置誤差の発生を多数回くり返した場合には標準偏差の近似値も多数算出されることになる。そのため、多数回くり返したときの平均値を用いて評価した。

4. 研究成果

(1) 分散球群と中分解能衛星データを用いた影の除去

衛星で観測された反射率と、分散球群から計算した日照率を図 6 に示す。観測された反射率は地形や樹冠による影の影響を受けて、北向きの斜面で低く、南向きの斜面で高くなっている。また、その傾向は太陽高度が低い冬に顕著である。計算された日照率は観測された反射率と同様の傾向を示している。両者の比較から、地形や樹冠による影が反射率に大きな影響を及ぼしており、同じような林相の森林が異なる反射率を示していることが分かる。

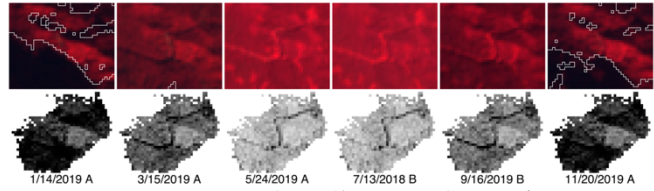


図 6 衛星の反射率と計算した日照率との比較

補正された反射率(画像単位、時系列)を図 7 に示す。図には観測された(未補正の)反射率と、既存の補正手法である SCS+C 補正の結果も示している。日照率が得られた白枠の範囲のみ補正しており、それ以外は観測された反射率である。補正值はいずれも影の影響を軽減しているが、画像単位の補正では、太陽高度が低い冬ほど、反射率が過剰に高く補正される結果となった。また、夏の補正值は観測値とほとんど変化がなかった。一方、時系列データによる画素単位の補正では針葉樹林が年間を通してほぼ一定の反射率に補正された。既存の手法と比較しても、特に地形の影響の小さい、妥当な結果が得られた。

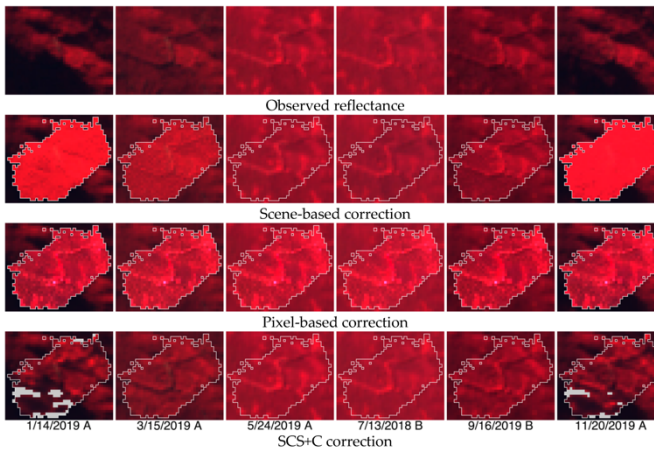


図 7 影の補正の結果

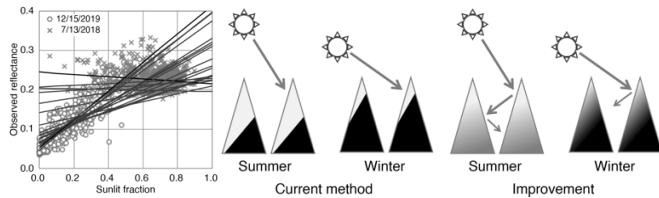


図 8 季節別の散布図

図 9 改善方法

画像単位の手法が過剰補正であった原因として、図 8 に季節ごとの反射率と日照率との関係を示す。直線はシーンごとの回帰直線を表し、傾きの最も大きかった 12 月と、最も小さかった 7 月については散布図を示した。太陽高度の低い冬は日照率が低く(影の割合が高く)、また日照率に対する反射率の変化が大きい(傾きが大きい)。この傾向から、冬は傾きが大きく、また外挿の程度が大きいため過剰に補正された。一方、夏は日照率が 0.4~0.8 と高く、また日照率による反射率の変化がほとんど見られない。回帰直線の傾きがほぼ 0 であるため、観測値と補正值はほとんど同じであった。考えられる改善方法を図 9 に示す。今回の解析では、日照率の計算が直達光の日照/日陰の判定のみであり、散乱日射や樹冠による多重反射を考慮していない。一般に樹木は近赤外域の反射率が高く、入射した太陽光のおよそ 3 割~5 割を反射するため、実際には葉で反射した太陽光が林冠の奥まで届いている。この状況を反映させることで特に冬の傾きが小さくなると期待される。

(2) 極軌道衛星と静止軌道衛星のデータ同化

図 10 は東海地域の赤と近赤外の分光反射率と、そこから得られた線形混合モデルのエンドメンバーの位置を示している。上段は AHI、下段は MODIS の結果である。二つのセンサは観測幾何条件と分光応答特性が異なるため、反射率の分布が異なるが、エンドメンバーは反射率の分布と相対的に比較して同様の位置に設定されている。これらのエンドメンバーを用いて補正した植生

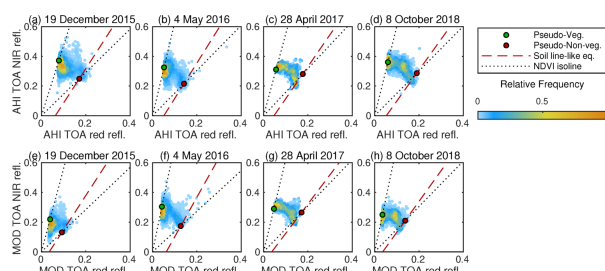


図 10 AHI と MODIS におけるエンドメンバーの比較

指数 (NDVI-based) と、観測値をそのまま用いて計算した植生指数 (NDVI) について、AHI と MODIS との比較結果を図 11 に示す。二つの散布図はほぼ同程度の相関を示しており、特に補正後の植生指数では、衛星の観測天頂角への依存性を緩和する結果が得られた。

本研究で開発した手法は、極軌道衛星と静止軌道衛星で得られた植生指数を、教師データによらず (回帰分析によらず) に導出できる。そのため、回帰によって決定される変換係数が土地被覆とセンサ特性に依存する既存の方法よりも有利であると考えられる。

(3) 現地調査における GNSS 測定の精度評価指標

現場での面積測量を模した数値実験により、条件を変えて 10 万回の計算を行った際の、面積の標準偏差の計算値と実測値との比較を図 12 に示す。両者はほとんど同じ値であったため、縦軸は差 (計測値-実測値) としている。図中の破線は誤差率 1% を示している。位置誤差の分布として正規分布、Student の t 分布、一様分布を用いたが、いずれの場合も計測値と実測値との誤差は 1% 程度以下となった。また、測量する面積が大きい場合には誤差率は小さくなる傾向が見られた。GNSS の位置誤差は測点間の距離や対象地の面積に依存しないため、面積が大きい場合には相対的に誤差が小さくなると思われる。

近似値と実測値について、同様の比較結果を図 13 に示す。位置誤差をもつ座標が一組得られると、面積の標準偏差の近似値が一つ計算できるため、この図では 10 万回の計算で得られた平均値を用いている。先の結果と同様に、標準偏差が大きくなるにつれて差のばらつきが大きくなっている。位置誤差の形状でみると、一様分布で近似値と実測値との差が特に大きくなっている。一様分布は大きな誤差を生ずる割合が比較的高い。一方で極端に大きな誤差は発生しないので、自己交差は生じにくい。そのため、測点間の距離が延び、実測値との差が大きくなったと考えられる。一方で、t 分布は大きな位置誤差を突発的に発生させて自己交差を生じ、面積を計算できないケースが多く発生する。そのため、面積の標準偏差の実測値 (横軸) の大きいところのデータ数が減り、位置誤差の小さい試行が残る傾向にある。結果として、近似値の分布は計算値との比較結果 (図 12) と似た分布となったと考えられる。こちらも図中の破線は誤差率 1% の線である。また、一様分布に示した一点鎖線は誤差率 3% の線である。GNSS が出力する位置誤差を含んだ座標を用いることで、面積の標準偏差の推定精度は、誤差率でおよそ 1% から、およそ 3% まで低下した。

座標から面積を計算する際、座標が誤差を含む場合にそれが面積の誤差にどのように反映されるかを解析した。その結果、座標と位置誤差の標準偏差とから、およそ ±3% 以内の誤差率で面積の標準偏差を計算できることが示された。これにより、GNSS による面積測量において、測量精度の評価指標として利用できる可能性が示されたと考えている。

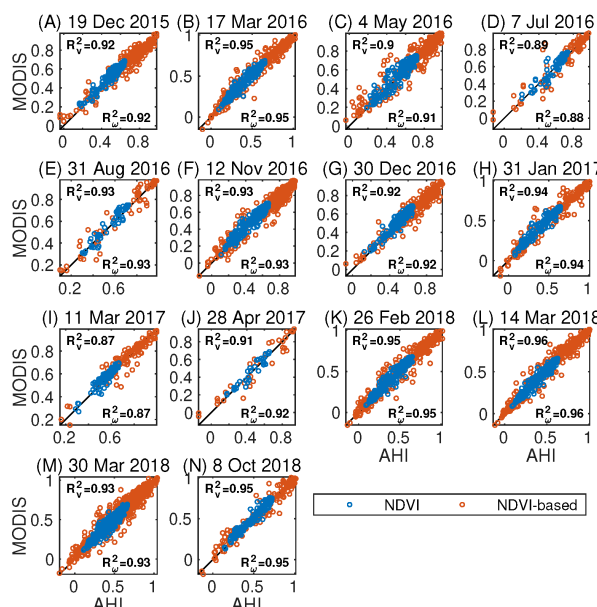


図 11 観測値から得られた植生指数 (NDVI) と補正した植生指数 (NDVI-based) における AHI と MODIS の比較

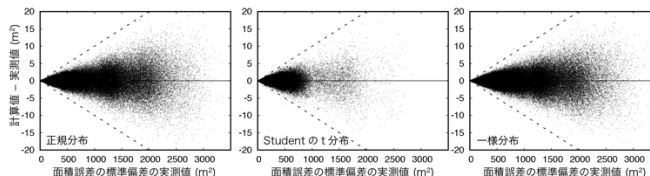


図 12 面積の標準偏差の計算値と実測値との比較

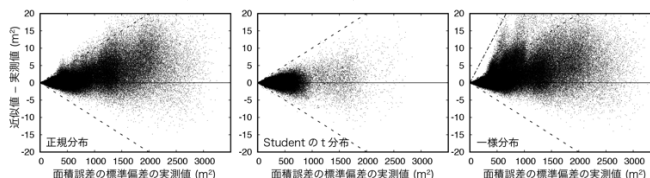


図 13 面積の標準偏差の近似値と実測値との比較

<引用文献>

- ① Matsuoka M, Moriya H, Yoshioka H. Correction of Canopy Shadow Effects on Reflectance in an Evergreen Conifer Forest Using a 3D Point Cloud. Remote Sensing. 2020; 12(14):2178. <https://doi.org/10.3390/rs12142178>
- ② Obata K, Yoshioka H. A Simple Algorithm for Deriving an NDVI-Based Index Compatible between GEO and LEO Sensors: Capabilities and Limitations in Japan. Remote Sensing. 2020; 12(15):2417. <https://doi.org/10.3390/rs12152417>
- ③ 松岡 真如, 小野寺 栄治, 川上 利次, 高野 一隆, 木村 穰. GNSS 測量で得られた面積の精度評価指標. 日本森林学会誌. 2018; 100(6):193-200. <https://doi.org/10.4005/jjfs.100.193>

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Adachi Yusuke, Kikuchi Ryota, Obata Kenta, Yoshioka Hiroki	4. 巻 11
2. 論文標題 Relative Azimuthal-Angle Matching (RAM): A Screening Method for GEO-LEO Reflectance Comparison in Middle Latitude Forests	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 1095 ~ 1095
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/rs11091095	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Taniguchi Kenta, Obata Kenta, Yoshioka Hiroki	4. 巻 11
2. 論文標題 Analytical Relationship between Two-Band Spectral Vegetation Indices Measured at Multiple Sensors on a Parametric Representation of Soil Isoline Equations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 1620 ~ 1620
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/rs11131620	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Matsuoka Masayuki, Onodera Eiji, Kawakami Toshitsugu, Takano Kazutaka, Kimura Yuzuru	4. 巻 100
2. 論文標題 Approximate Standard Deviation for Estimating the Accuracy of the GNSS-derived Plot Area.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the Japanese Forest Society	6. 最初と最後の頁 193 ~ 200
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4005/jjfs.100.193	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 本多嘉明, 梶原康司, 松岡真如	4. 巻 238
2. 論文標題 12章 植生	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 気象研究ノート	6. 最初と最後の頁 147 ~ 153
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Matsuoka Masayuki、Moriya Hitoshi、Yoshioka Hiroki	4. 巻 12
2. 論文標題 Correction of Canopy Shadow Effects on Reflectance in an Evergreen Conifer Forest Using a 3D Point Cloud	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 2178 ~ 2178
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/rs12142178	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Obata Kenta、Yoshioka Hiroki	4. 巻 12
2. 論文標題 A Simple Algorithm for Deriving an NDVI-Based Index Compatible between GEO and LEO Sensors: Capabilities and Limitations in Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 2417 ~ 2417
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/rs12152417	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計13件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 松岡 真如, 守屋 均, 吉岡 博貴, 高木 方隆
2. 発表標題 衛星画像に含まれる影の三次元点群を用いた解析
3. 学会等名 第131回日本森林学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松尾卓也・松岡真如・吉岡博貴・守屋 均
2. 発表標題 高知県土佐郡工石山スギ間伐林における画像解析による林床環境の定量的評価に関する研究
3. 学会等名 第13回四国GISシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松岡 真如, 木村 穰, 高野 一隆, 小野寺 栄治
2. 発表標題 GNSS測量における面積精度の評価手法の検討
3. 学会等名 日本写真測量学会 平成30年度秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 菊池瞭汰, 安達勇介, 小畑建太, 吉岡博貴
2. 発表標題 中緯度森林地域を対象とした GEO-LEO 反射率間比較における相対方位角の影響に関する研究
3. 学会等名 計測自動制御学会 第44回リモートセンシングシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yusuke Adachi, Ryota Kikuchi, Masayuki Matsuoka, Kazuhito Ichii, Hiroki Yoshioka
2. 発表標題 Reflectance comparison between Himawari-8 AHI and Terra MODIS over a forest of Shikoku region
3. 学会等名 SPIE Asia-Pacific Remote Sensing (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松尾卓也, 松岡真如, 吉岡博貴, 守屋均
2. 発表標題 高知県土佐郡工石山のスギ間伐林におけるSfMを利用した林床植生の定量的評価の試み
3. 学会等名 第12回四国GISシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 湯浅 美咲, 矢島 由寛, 松岡 真如
2. 発表標題 UAVを用いた樹冠投影図の作成
3. 学会等名 平成29年度四国森林・林業研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 豊永 竜司, 高尾 弥優, 松岡 真如
2. 発表標題 四国の竹林の衛星データを用いた抽出
3. 学会等名 第129回日本森林学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 湯浅 美咲, 矢島 由寛, 松岡 真如
2. 発表標題 UAVデータによる人工林の樹冠投影図の作成
3. 学会等名 第129回日本森林学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松岡 真如, 川上 利次, 高野 一隆, 上津原 太一, 木村 穰
2. 発表標題 GNSS測量における位置誤差と面積誤差との関係
3. 学会等名 第129回日本森林学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 武田 拓実, 守屋 均
2. 発表標題 SfMを利用した葉量推定における撮影手法の標準化・簡易化の検討
3. 学会等名 第11回 四国GISシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Munenori Miura, Kenta Obata, Kenta Taniguchi, Hiroki Yoshioka
2. 発表標題 OPTIMIZATION TECHNIQUE OF ASYMMETRIC-ORDER VEGETATION ISOLINE EQUATIONS
3. 学会等名 Geoscience and Remote Sensing Symposium 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松岡真如, 守屋 均, 吉岡博貴
2. 発表標題 衛星画像における樹冠による影の三次元点群を用いた補正: シーンベースの補正
3. 学会等名 日本写真測量学会令和2年度年次学術講演会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	守屋 均 (Moriya Hitoshi) (50150371)	香川大学・創造工学部・講師 (16201)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	吉岡 博貴 (Yoshioka Hiroki) (40332944)	愛知県立大学・情報科学部・教授 (23901)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関