

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 4 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23580344

研究課題名(和文) リモートセンシングによる常緑針葉樹の植物季節の時間・空間変化傾向の解析

研究課題名(英文) Analyzing temporal and spatial variation in evergreen needleleaf forest phenology using remote sensing data

研究代表者

清水 庸 (SHIMIZU, Yo)

東京大学・農学生命科学研究科・助教

研究者番号：00323486

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円、(間接経費) 1,140,000円

研究成果の概要(和文)：本研究ではMODISデータを使用して、北海道大雪山東部と栃木県鹿沼市近郊における常緑針葉樹の植物季節(繁茂期・最盛期・衰退期・休眠期)の時系列変化と空間的差異を解析した。2001年以後、12年間分のGRVI(Green red vegetation index)の時系列データをもとに植物季節を推定した結果、繁茂期の開始時期の平均値は鹿沼市近郊では4月上旬、大雪山東部の場合は5月中旬であり、約40日間の差があった。繁茂期の開始時期と春季の平均気温との間に統計的に有意な相関関係が確認され、衛星リモートセンシングデータによって常緑針葉樹の植物季節の時系列変化が把握できることを示した。

研究成果の概要(英文)：This study analyzed temporal and spatial variation in evergreen needleleaf forest phenology in eastern Taisetsu Mountain, Hokkaido and in the suburbs of Kanuma, Tochigi, using the MODIS satellite data. From temporal variations in GRVI (Green red vegetation index) data and logistic model fits, phenological transition dates (onset of greenup, maturity, senescence and dormancy) were detected. Results show that mean value of greenup onset for 12 years (the year 2001-2012) in the suburbs of Kanuma was DOY 92, and that in eastern Taisetsu Mountain was DOY 130. Difference in growing periods between two study areas was 100 days approximately. Negative relationships were found between the greenup onset and spring temperature in two study areas.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業環境工学

キーワード：地球観測 リモートセンシング 植物季節 気候変化 常緑針葉樹

1. 研究開始当初の背景

植物季節とは、開花、開葉、落葉など、生殖や光合成などに関わり、植物が季節的に繰り返し示す現象のことであり、陸上生態系に見られるさまざまな変化のうち、私たちが最も観察しやすい現象である。国内外の多くの研究によって、気候変化に対応した植物季節の変化が報告されているが、これらの多くの報告は、公的機関やボランティアにより観測されたデータにもとづいている。国内におけるデータの場合、気象庁によって全国の気象台において観測されたデータであり、観測点は都市部に偏り、植物季節に見られる変化には都市化(気温変化におけるヒートアイランド現象)の影響も含まれると考えられる。リモートセンシング技術を利用し、植物季節の変化を把握する場合、観測点を固定することなく、広範囲にデータを取得できる可能性がある。2001年以後、Terra・Aqua衛星に搭載されたMODISセンサーのデータ(以後、MODISデータ)が利用できるようになり、解像度は中程度(250m・500m)であるが、日単位から週単位でデータ取得が可能であることから、植物季節の推定におけるリモートセンシングの利用可能性は広がった。これらの研究において対象となる植物種は、開葉や落葉などの植物季節がわかりやすい落葉広葉樹である場合が多く、常緑針葉樹が対象とされることは少ない。常緑針葉樹は北半球の寒冷な地域において優占し、多くの面積を占める植物タイプである。加えて、今後の気候変化時において、高緯度地域ほど、気温上昇の影響が大きいことが知られており、常緑針葉樹の植物季節の変化を把握することは重要な課題である。

2. 研究の目的

本研究では、国内における常緑針葉樹の植物季節に着目し、近年のリモートセンシングデータを使用して、常緑針葉樹の植物季節の時系列変化と空間的差異を解析する。具体的には、衛星リモートセンシングデータの空間解像度に対応させ、大面積で常緑針葉樹が分布する地域を対象地域として設定し、春季から秋季の成長期間における繁茂期・最盛期・衰退期・休眠期の植物季節の情報の抽出を試み、それらの変化傾向を解析する。

3. 研究の方法

使用した衛星リモートセンシングデータはMODIS-MCD43データセットである。可視域から近赤外域における7つの波長域の分光反射率データ、データ取得時の雲の影響の程度などのデータで構成され、8日間ごとに1つの画像として提供される。したがって1年間のデータは45時点の画像によって構成され、

2001年～2012年における12年間の540時点の画像を対象とした。画像の空間分解能は約500mであるため、常緑針葉樹がまとまって分布する地域を研究対象地域とする必要がある。そこで、北海道・大雪山国立公園特別地域内の東部地域(以下、大雪山東部と記載)と栃木県・鹿沼市近郊の地域(以下、鹿沼市近郊と記載)を研究対象地域として設定した。大雪山東部は、エゾマツ・トドマツ群集の分布域であり、また鹿沼市近郊は、スギ・ヒノキ・サワラの植林地である。

これらの地域における現地調査の結果、常緑樹のみではなく、落葉樹が多く混在していることが分かったため植物群落GISデータ、MODISデータよりも高い空間分解能を持つALOS-AVNIR2データを使用し、常緑樹が多く分布する地域を選定した。

MODISデータから、NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)とGRVI(Green Red Vegetation Index)の2つの植生指標の画像を作成し、選定した地域における540時点(12年間分)の植生指標の時系列データを得た。NDVIとGRVIはともに、正規化差植生指数であり、NDVIの場合は、可視域の赤色光の反射率および近赤外域の反射率を使って、計算され、GRVIの場合は、可視域の赤色光と緑色光の反射率から計算される。これらの植生指標は、単位面積当たりの植物葉の量や植物葉の被覆が占める比率、また植物葉の含有色素量に応じて変化する。

これらの時系列データに、ロジスティック関数をあてはめ、その関数の変曲点を元に、常緑針葉樹の繁茂期・最盛期・衰退期・休眠期の時期についての情報を導出した。

4. 研究成果

540時点のGRVIの時系列データは、NDVIの時系列データと比較して、変化傾向が明瞭であったため、以下、GRVIに関する結果を記す。

(1) 大雪山東部の常緑針葉樹分布域における結果

図1と図2に、繁茂期・最盛期そして衰退期・休眠期の開始時期に関して、2001年～2012年における12時点の変化を示す。42ピクセルの平均値と標準偏差を示しており、縦軸の数値は1月1日からの経過日数である通日(DOY, Day of year)である。4種類の開始時期の12年間における平均値は、DOY130(5月10日)、DOY174(6月23日)、DOY244(9月1日)そしてDOY306(11月2日)であり、繁茂期と休眠期の始まりの間の日数を成長期間と設定した場合、その期間は176日間であった。なお、4つのそれぞれの時期について、観測年の経過に応じた変化傾向は確認されなかった。

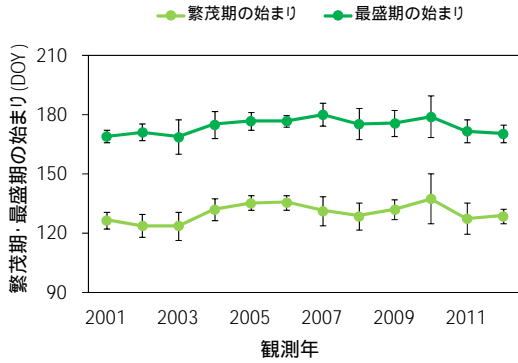


図 1 大雪山東部における繁茂期・最盛期の開始時期

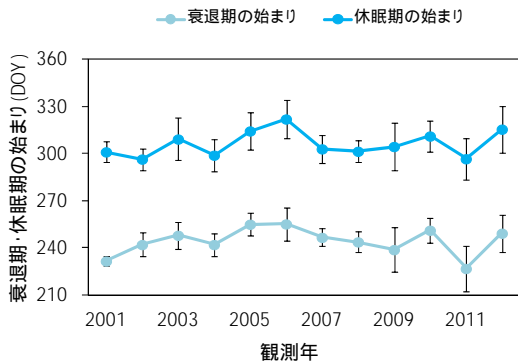


図 2 大雪山東部における衰退期・休眠期の開始時期

(2) 鹿沼市近郊の常緑針葉樹分布域における結果

鹿沼市近郊の常緑樹が優占して分布する地域 (39 ピクセル) を選定して、繁茂期、最盛期、衰退期、休眠期の 4 種類の開始時期を推定した。それぞれの時期の 12 年間における平均値は、DOY92 (4 月 2 日), DOY137 (5 月 17 日), DOY299 (10 月 26 日) そして DOY365 (12 月 31 日) であり、成長期間は 273 日間であった。4 時期の開始時期について、観測年の経過に応じた変化傾向は、大雪山東部での結果と同様に、確認されなかった。

図 3 に鹿沼市近郊における繁茂期の開始時期の空間分布図を示す。この図には、常緑樹の分布域のみではなく、落葉樹の分布域や水田等も含まれるが、図中の北西方向に向かって標高が高くなるに連れて、繁茂期の開始時期が遅くなる傾向がわかる。

4 種類の開始時期について、大雪山東部における結果と比較した場合、繁茂期の始まりは、約 40 日間早く、休眠期の始まりは約 60 日間遅い。その結果、成長期間は約 100 日間、長い。これらの時期および期間の違いは、2 つの地域の緯度の違いによる気温条件が影響を与えていると考えられる。

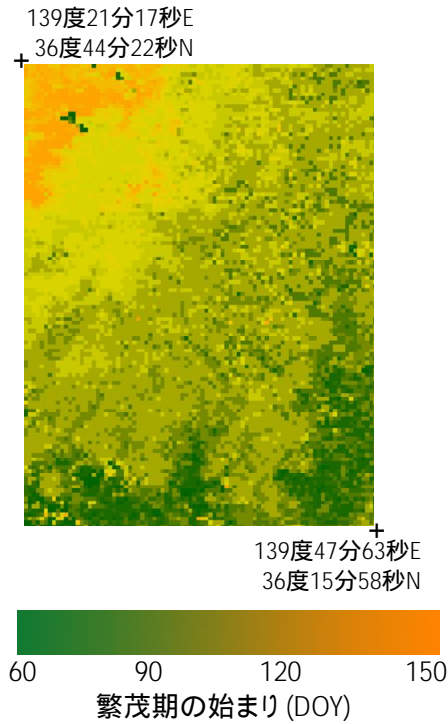


図 3 鹿沼市近郊における繁茂期の開始時期の空間分布図

(3) 気温条件との関連性

2 地域における結果と 12 年間の気温条件との関連性を解析した。気温データはそれぞれの対象地域の最近隣の AMeDAS データを使用し、鹿沼市近郊については鹿沼観測点を、大雪山東部は、ぬかびら源泉郷観測点を選択した。

鹿沼市近郊について、繁茂期の開始時期と春季の平均気温 (2 月 ~ 4 月) との間に高い相関関係が確認された (図 4)。

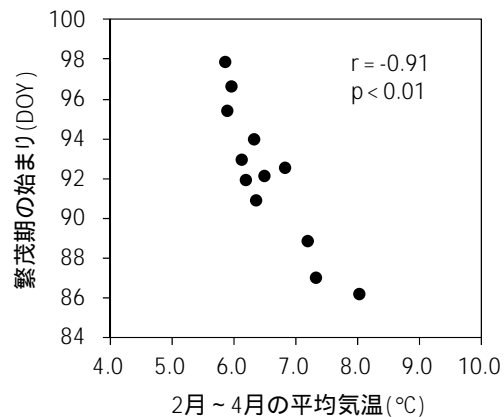


図 4 鹿沼市近郊での繁茂期の開始時期と春季の平均気温の相関関係

また最盛期においても、春季の平均気温との間に統計的に有意な負の相関関係が確認され、温暖な観測年の場合、繁茂期・最盛期の開始が早まることを示していた。一方、衰退期と休眠期の開始時期については、秋季の平均気温（9月～11月）との間に統計的に有意な正の相関関係が確認され、温暖な観測年の場合、これらの時期の始まりが遅くなることを示していた。一方、大雪山東部の場合、統計的に有意な相関関係は繁茂期の開始時期と3月～5月の平均気温のみであった（ $r = -0.61$, $p < 0.05$ ）。

12年間の気温条件の変化の傾向としては、2地域ともに、春季には昇温傾向はなく、夏季・秋季には昇温傾向が見られたが、前述のとおり、推定した4時期の開始時期については、観測年の経過に応じた変化傾向は確認されなかった。鹿沼市近郊での結果で示したとおり、繁茂期と最盛期の始まりは春季の平均気温と、そして衰退期・休眠期の始まりは秋季の平均気温との間に有意な相関関係が確認され、空間分解能が約500mの衛星リモートセンシングデータを利用した場合でも、常緑針葉樹の植物季節の時系列変化が把握できる可能性を本研究では示している。また、関東地域の鹿沼市近郊と北海道・大雪山東部の2つの対象地域における結果から、植物季節における地域差を示した。MODISデータのように、高頻度で情報の取得が可能な衛星リモートセンシングであれば、目視によって行っていた植物季節の観測地域の範囲を大幅に拡大することが可能となり、また現地調査が難しい地域での情報取得が可能となる。今後は、衛星リモートセンシングデータの蓄積を利用し、より長期の解析へと繋げ、気候変化が植物季節に及ぼす影響を広範囲で把握すること、また変化傾向における地域間そして地域内での差異について、更に解析を進めていく予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2件)

内藤裕貴, 清水 庸, 大政謙次.(2012) 土壌線と最大植生被覆線を利用した反射率補正法に基づく植生指数 (raNDVI) の提案. *Eco-Engineering*, Vol.24, 13-19 (査読有).

H. Naito, P. Rahimzadeh-Bajgiran, Y. Shimizu, F. Hosoi and K. Omasa. (2012) Summer-season differences in NDVI and iTVDI among vegetation cover types in Lake Mashu, Hokkaido, Japan using Landsat TM data. *Environ. Control Biol.*, Vol.50, 163-171 (査読有).
https://www.jstage.jst.go.jp/article/ecb/50/2/50_163/_pdf

〔学会発表〕(計 5件)

Y. Shimizu, S. Umemura and K. Omasa. Trends in budding and leaf coloring dates of the *Ginkgo biloba* L. between 1977 and 2007 in Japan. *International Symposium on Agricultural Meteorology 2014*, Hokkaido University (Hokkaido, Japan), 2014/3/17-2014/3/21.

内藤裕貴, 清水 庸, 大政謙次. 衛星リモートセンシングによる植物群落の優占種が植生指標・蒸発散指標に与える影響の評価. 生態工学会年次大会, 玉川大学(東京都), 2013/6/29-2013/6/30.

清水 庸, 梅村周平, 大政謙次. イチヨウの植物季節の経年変化・地域的傾向の解析. 農業情報学会 2013 年度年次大会, 東京大学(東京都), 2013/5/15-2013/5/16.

宮野 涼, 清水 庸, 大政謙次. 関東地域における MODIS 画像データと AMeDAS データを用いた純一次生産量(GPP)の推定. 農業情報学会 2012 年度年次大会, 東京大学(東京都), 2012/5/16-2012/5/17.

内藤裕貴, 北 裕弥, 清水 庸, 大政謙次. 植物群落の優占種の違いが iTVDI に与える影響. 農業情報学会 2012 年度年次大会, 東京大学(東京都), 2012/5/16-2012/5/17.

〔図書〕(計 2件)

清水 庸, 大政謙次(2013) 温暖化の生物季節への影響. 遺伝, 67, 708-711.

内藤裕貴, 清水 庸, 大政謙次 分光反射と温度情報を用いた植生リモートセンシング. 「閉鎖生態系・生態工学ハンドブック」, 生態工学会編, アドスリー, 東京(印刷中).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

清水 庸 (SHIMIZU, Yo)
東京大学・農学生命科学研究科・助教
研究者番号: 00323486