

機関番号：32658
 研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2007～2010
 課題番号：19710014
 研究課題名（和文） 衛星画像および地上分光放射データを用いた熱帯泥炭湿地林の高精度モニタリング
 研究課題名（英文） Precision Monitoring of Tropical Peat Swamp Forests by using Satellite-basis and Ground-basis Remote Sensing

 研究代表者
 島田 沢彦（SAWAHIKO Shimada）
 東京農業大学・地域環境科学部・准教授
 研究者番号：90349811

研究成果の概要（和文）: 本研究の一連の成果により、時系列の多時期衛星画像データを用いたフェノロジー解析により、泥炭層厚の推定および異常地下水位低下地の広域予知の可能性を示唆してきた。前者に関しては泥炭層の水文緩衝機能に着目し、水文季節性と泥炭層厚および地上森林フェノロジーとの関係性を明らかにした。後者に関しては、エルニーニョのような異常乾燥時の乾季における地下水位の大幅な低下が植生指数（NDVI）を大きく低下させることを明らかにした。予測泥炭層厚分布結果から中央カリマンタン泥炭湿地林における炭素蓄積量は約 1 Gt/Mha であることが算出された。また乾季における植生指数低下量が標準偏差の 3 倍であれば、標準偏差の 2 倍の地下水位低下が予期できることを明らかにした。今後の展開として、パラモーター搭載の携帯型分光放射計による湿地林表層の反射率から植生指数を算出し、更なる泥炭層内情報の表面情報からの取得に関する研究を推進する。

研究成果の概要（英文）: We have been clarified the possibilities of estimating peat thickness and peat groundwater decline via monitoring of phenological fluctuation using multi-temporal satellite remote sensing data. Peat thickness was estimated by revealing the fact that phenological classification derived from time-series of vegetation index can be the indicator for hydrological seasonality, which characteristics are affected by the difference in peat thickness. Stored carbon of 1 Gt/ Mha was calculated to be in the peat layer of the peat swamp forests in Central Kalimantan. A correspondence of significant groundwater decrease and normalized difference index (NDVI) was found out to be effective to monitor extremely dry condition of the peat swamp forests in Central Kalimantan. Three times a larger decrement of the standard deviation (SD) of 10-year mean NDVI will result in twice a larger decrement of the SD of mean groundwater level in the peat layer. In order for the precision monitoring, spectroradiometer mounted paramotor sensing is in the process of development.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,500,000	0	1,500,000
2008 年度	300,000	90,000	390,000
2009 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010 年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,400,000	570,000	3,970,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：植生指数 (NDVI, EVI), 中央カリマンタン, 熱帯泥炭湿地林, 多時期衛星画像, 地下水位変動, フェノロジー, 分光放射計, パラモーター

1. 研究開始当初の背景

近年頻発する森林および泥炭火災により、熱帯泥炭湿地林は、温室効果ガスの吸収源から放出源となっていることが指摘されている。熱帯泥炭湿地林における炭素循環(図1)を考えた場合、植物体が光合成を通して二酸化炭素(CO₂)を体内に取り込み(地上における唯一の炭素固定過程)、植物遺体の一部が未分解のまま泥炭として堆積される。一方、動植物の呼吸、好気条件下での分解によりCO₂、嫌気条件下(地下水位下)での分解によりメタン(CH₄)が放出される。また、非常に少量ではあるが溶存態有機炭素(DOC)として地下水とともに流出する。上記、炭素インプット-アウトプット収支がこれまでプラスであったため炭素吸収源としての機能を果たしてきたが、近年の急激な土地利用の変化、大火災により泥炭地が蓄積していた炭素を温室効果ガスとして大量に放出し、アウトプットが大きくインプットを上回ってしまっているのが現状である。

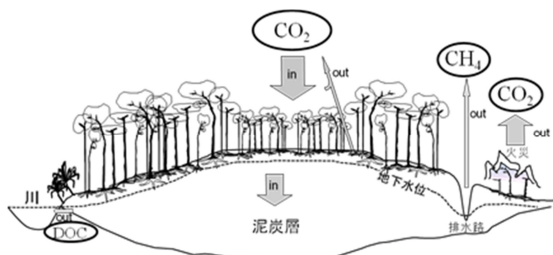


図1. 熱帯泥炭湿地林における炭素循環

火災頻発の原因は、1995年からインドネシア・中央カリマンタンにおいて開始された大規模で人為的な地下水位低下による表層泥炭の乾燥化が大きいと考えられる。この人為的泥炭層排水が行われた後の1997年乾季から始まり、2000年、2002年、2008年、2009年と毎エルニーニョ発生時に大きな泥炭および森林に甚大な火災被害を受けた。インドネシアにおいて1997年～2006年にわたる森林火災及び泥炭層火災により放出された二酸化炭素量は1.4～4.3 Gtであると見積もられている。これは年間化石燃料による排出の19～60%を占める。過去に無い泥炭湿地林の危機的環境を広域かつ正確にモニタリングし、火災発生の際の危険度および火災後の植生回復に必要な水文環境条件を明らかにする事が、湿地林環境保全・災害防止の観点から急

務である。しかし、泥炭湿地林において、人工衛星で得られるデータと地表面における泥炭層厚・水文環境などの現地詳細環境情報をリンクする手法は確立されていないのが現状である。

2. 研究の目的

森林に被覆された泥炭層表面の情報は、光学衛星センサでは捉えられないため、水文環境を把握するのが困難である。そこで、泥炭湿地林における水文環境を広域把握するための手法には、植生季節性(フェノロジー)を媒介に水文環境を推測する手法を使用する。開発植生指数の季節変動を広域にモニタリングすると同時に、対象泥炭地広範に設置した地下水位計データにより得られた地下水位変動との関係から熱帯泥炭湿地林における長期水文環境の広域モニタリングを試みる。本研究においては、現地森林上部における分光反射データをモーターパラグライダー搭載分光放射計により大気の影響を最小に抑えた条件下で取得し、湿地林植生分光反射特性からその立地環境(泥炭土壌特性・水文環境)情報を反映した植生指数の開発を目指す。この開発した植生指数を用い、高分解能衛星QuickBird(地上分解能:2.4 m)画像データへ、更に多時期の中分解能衛星(ASTER, ALOS, FORMOSAT2:地上分解能それぞれ15 m, 10 m, 10 m)画像データへ適用しスケールアップを図る。モーターパラグライダーによるグランドトゥルス情報収集手法を確立できれば、世界に先駆けて、衛星画像による高精度モニタリング研究を進展させることが可能となる。また、衛星画像データと地上分光反射データとのリンクという、多地上分解能衛星データ・多時期衛星画像データへの適用の研究に対するボトルネックとなっていた部門が整備され衛星画像を用いた複数衛星画像データを用いたモニタリング手法の確立に寄与できることが考えられる。

3. 研究の方法

衛星から得られるデータの1つとして植生の活性度(植生指数)がある。これは、地上植物の葉の光合成活性度を、衛星センサで感知した近赤外波長域と赤色波長域の反射率の差で算出することができる値である。1年

間の植生指数の変動を見ることにより、対象地区の植物季節性（フェノロジー）を明らかにすることが可能となる（例えば、展葉時期、最大成長時期、落葉時期等）。熱帯において、植物は寒帯～温帯のような季節性を見せないと考えられがちであるが、実際には雨季・乾期で活性・不活性の変化を示すことが知られている。また、更に長いスパンの時間変化を観測（モニタリング）することによって、対象期域の長期にわたる植生変化の傾向を把握することができる（例えば、森林破壊、森林回復等）。

衛星画像データは時間分解能の高い、NOAA-AVHRR 画像や Terra-MODIS 画像を用い、植生指数（NDVI）の多時期データから、湿地林植生のフェノロジー情報を抽出した。泥炭層厚推定には、森林攪乱が比較的進んでいない時期 1992 年 9 月～1993 年 8 月の NOAA-AVHRR 画像で EROS Data Center が提供する NDVI データを使用した。この 1 年間のデータは 3 シーズン（雨季前期、雨季後期、乾季）に分割し、それらの NDVI 季節変動パターンによりフェノロジー分類を行った。地下水位推定には現地地下水位データ（GWL）と対応する時期 2001 年～2007 年の MODIS 植生指数プロダクト（NDVI，V005）を用いた。現地地下水位計は Trutrack 社製のものを 4 地点（森林部 2 地点、草地部 2 地点）において埋設しデータロガーに記録された毎時間の地下水位データを解析に用いた。

4. 研究成果

本研究の一連の成果により、時系列の多時期衛星画像データを用いたフェノロジー解析により、泥炭層厚の推定および異常地下水位低下地の広域予知の可能性を示唆した。前者に関しては泥炭層の水文緩衝機能に着目し、水文季節性と泥炭層厚および地上森林フェノロジーとの関係性を明らかにした（図 2）。後者に関しては、エルニーニョのような異常乾燥時の乾季における地下水位（GWL）の大幅な低下が植生指数（NDVI）を大きく低下させることを明らかにした。予測泥炭層厚分布結果から中央カリマントン泥炭湿地林における炭素蓄積量は約 1 Gt/Mha であることが算出された。また乾季における植生指数低下量が標準偏差（ ）の 3 倍であれば、標準偏差の 2 倍の地下水位低下が予期できることを明らかにした（図 3）。このシグナルを捉えることにより、NDVI 低下値から広域火災ハザードとして利用できる可能性を示唆した。

全地下水位観測地点においてエルニーニョ発生時（2002 年、2006 年）の乾期には、NDVI が平均値より有意に大きく（ ）低下し（NDVI 低下イベント）、これは平均値より有

意に（ ）大きな地下水位低下（GWL 低下イベント）に伴い発生することが明らかとなった。非エルニーニョ時には 1 地点において一時期（2004 年）にのみ、この NDVI 低下イベントが発生していた。また GWL 低下イベントはエルニーニョ時には全観測地点において発生し、非エルニーニョ時にも 1 地点以外の全地点の乾期に発生している。低下イベント内での最小値との差を最大低下量とし、標準偏差（ ）の倍数で表した結果、NDVI 低下イベントでは全観測地点における平均最大低下量は地下水位で 2.19（±0.67）、NDVI で 3.33（±1.2）となり、GWL 低下イベントでは 1.23（±0.3）の値を示した。以上の結果により、NDVI の最大低下量が の 3 倍程度の値を示す時期を抽出することにより地下水位の大幅低下（平時地下水位低下量の 2 倍）地の広域推定可能性を示唆する結論を得ることとなった。更に NDVI 低下と GWL の低下との発生時期の差をイベント発生ラグとしこれを計算した結果、GWL 低下後 67 日（±15）で NDVI 低下が始まる事が示された。

2001 年～2007 年の乾季において、NDVI の 3 低下地点を広域に展開したところ 2002 年および 2006 年のエルニーニョの異常乾季時において広く分布したことが示された（図 3 下）。

今後の展開として、パラモーター搭載の携帯型分光放射計による湿地林表層の反射率から植生指数を算出し、更なる泥炭層内情報の表面情報からの取得に関する研究を推進する。

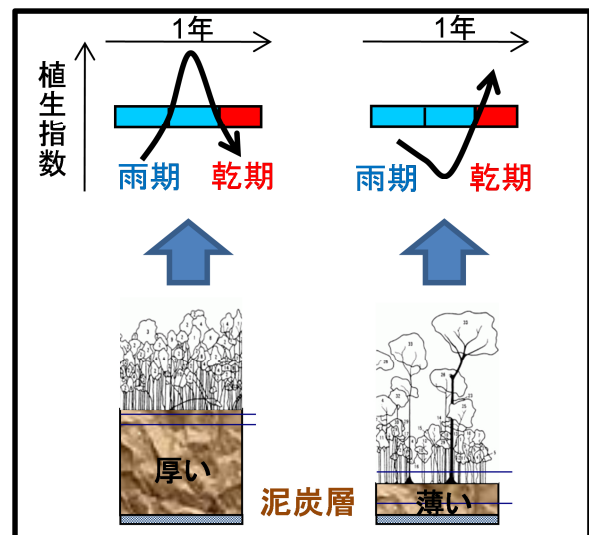


図 2.フェノロジーによる泥炭層厚推定の模式図

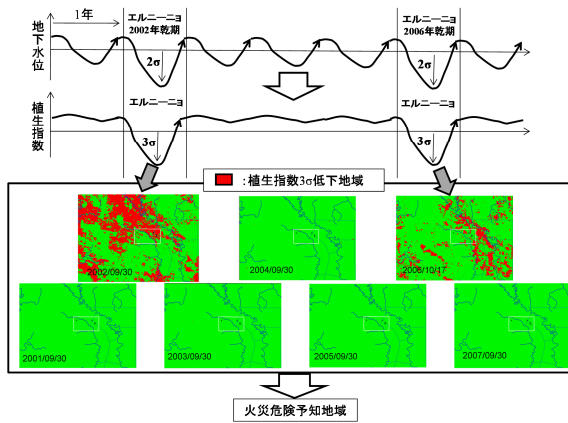


図3. 植生指数データからの異常地下水位の感知方法の模式図および広域展開推定結果図

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

1. 石橋憲・島田沢彦 (2009) インドネシア・中央カリマンタンにおける衛星画像を用いた熱帯泥炭地モニタリング, 農業電化, 査読無, 62(8):5-9

〔学会発表〕(計3件)

1. 石橋 憲・島田沢彦・豊田裕道・大場悠介 (2009) インドネシア・中央カリマンタンにおける MODIS を用いた地下水位モニタリングの可能性, 計測自動制御学会, 第 16 回リモートセンシングフォーラム, RESTEC (2009.3.2)

2. Shimada S. (2007) Phenological parameters for Bornean land surface classification using MODIS EVI time series. Land Conversions and Ecosystem Consequences under Climate Change in the Tropical Rain Forests of Borneo, Kyoto University (2007.12.13)

3. 大場悠介・島田沢彦・豊田裕道 (2007) MODIS-EVI 変動を用いた中央カリマンタン熱帯泥炭地における地下水位変動推定の可能性, 日本リモートセンシング学会第 43 回学術講演会, 大阪府立大学 (2007.12.6)

〔図書〕(計2件)

1. 島田沢彦 (2010) 「第 2 部 2.1 熱帯泥炭地のリモートセンシングを用いたモニタリングと評価(インドネシア)」食と農と資源 環境時代のエコ/テクノロジー(中村・豊田編), 古今書院, pp. 74-81

2. 島田沢彦 (2007) 「2. リモートセンシ

ングによる解析」自然環境解析のためのリモートセンシング・GIS ハンドブック(長澤他編), 古今書院, pp. 8-27

〔その他〕

1. 島田沢彦・石橋憲 (2009) 「多時期衛星画像を用いたインドネシア・カリマンタン島における熱帯泥炭地モニタリング」第 5 回 GIS コミュニティフォーラム, 東京ミッドタウン (2009.6.5)

2. 東京農業大学 生産環境工学科(2008)「インドネシア・カリマンタン島における熱帯泥炭地モニタリング」ArcGIS 事例集 Vol.5 http://www.esri.com/industries/case-studies/04_shigen/water_index.html

6. 研究組織

(1)研究代表者

島田 沢彦 (SAWAHIKO Shimada)
東京農業大学・地域環境科学部・准教授
研究者番号: 90349811

(2)研究分担者

無

(3)連携研究者

無