

野外操作実験・分光観測・モデル解析の結合による森林生態系炭素収支の変動予測 Warming experiment, spectral observation and model analysis for predicting global warming effects on forest carbon cycle

村岡 裕由^{1*}, 斎藤琢¹, 永井信², 野田響³, 庄司千佳¹, 魯南賑¹, 栗林正俊¹

Hiroyuki Muraoka^{1*}, Taku M. Saitoh¹, Shin Nagai², Hibiki M. Noda³, Chika Shoji¹, NamJin Noh¹, Masatoshi Kuribayashi¹

¹ 岐阜大学・流域圏科学研究センター, ² 海洋研究開発機構, ³ 筑波大学

¹Gifu University, ²JAMSTEC, ³University of Tsukuba

森林生態系の炭素吸収・放出能の生態学的プロセスの解明と、その温暖化への応答機構の予測は、現在の環境科学の重要な課題となっている。同時に、これらの研究を局所スケールから流域圏生態系、地域、国土、アジアスケールまで網羅的に観測して気候変動との関係を調査することは、地球規模での環境変動と生態系機能の持続性を監視し、将来の変動予測を実現するための不可欠な研究である。岐阜大学・高山サイト（落葉広葉樹林 TKY, 常緑針葉樹林 TKC）ではこれまで約 20 年にわたり、森林の炭素循環・収支の解明やそのリモートセンシング技術の開発を微気象学的観測と生態プロセス研究、モデルシミュレーション、葉群分光観測により展開してきた。発表者らは落葉広葉樹林サイトの林冠の光合成生産力のフェノロジーの変動機構解明とリモートセンシングによる温暖化影響の検出を目指し、また、数 10 年後までの温暖化が光合成生産力や土壌呼吸に与える影響を予測するために、林冠木ミズナラの成木と森林土壌の野外温暖化実験に着手した。本研究では (1) 樹木頂上の枝に開放型温室を設置して昇温処理 (+5 度) を施して、光合成、分光特性、展葉/黄葉フェノロジーの観測を行い、また (2) 土壌には電熱線を埋めて昇温処理 (+3 度) を施して土壌呼吸の変化を観測している。さらに (3) 葉群フェノロジーの変化が林冠の光合成生産力に与える影響のモデル解析を進めている。これまでのところ、温度上昇により、個葉の展葉の早期化と黄葉の遅延が見られ、個葉の生理的变化に伴い分光特性に違いが生じること、土壌呼吸は一時的に上昇するが温度馴化が見られること、そしてフェノロジーの変化が光合成生産量とともに呼吸量にも影響しうることがわかり始めている。

キーワード: 森林生態系, 光合成, 温暖化, 炭素循環

Keywords: forest ecosystems, photosynthesis, global warming, carbon cycle

Phenological Eyes Network による生態系長期観測 Long-term monitoring of ecosystem by Phenological Eyes Network

奈佐原 顕郎^{1*}
Kenlo Nasahara^{1*}

¹ 筑波大
¹University of Tsukuba

気候変動に伴う生態環境（生物多様性）の異変をとらえるために、衛星リモートセンシングへの期待が高まっている。そのため、さまざまな衛星センサーが新しく開発・運用され、それを利用して、植生指標の改良や、LAI（葉面積指数）・FPAR（光合成有効放射吸収率）・GPP（純一次生産量）などの生物物理量の推定手法の開発が進んでいる。

ところが、このような生態系の衛星リモートセンシングに対して、検証のための系統的なデータは少ない。それには、陸上生態系は不均一性が著しいために、上記のような量を衛星観測のピクセルに対応できるくらいに大きなスケールで地上観測することが難しいということが一因であり、また、LAIなどは地上観測手法自体がまだ確立されていないということも一因だろう。しかしながら、最大の問題は、地上生態系の絶え間ない変動に追随するには、安定した長期・連続的な観測システムが、しかも多点が必要であるということである。特に、植生の季節変動（フェノロジー）は、生態環境の変動として顕著な特徴である上に、陸上生態系モデルにも重要であり、なおかつ衛星観測可能性が比較的高い情報だが、それらを生態学的な観点でしっかりと地上検証できるデータは乏しい。

これにわずかでも応えるため、発表者らは陸上植生の季節変動・長期変動に関する長期観測網“Phenological Eyes Network (PEN)”を2003年以来、展開してきた。PENは、基本的な植生状態・分光特性・大気状態（エアロゾル等）のそれぞれの変動を定性的・定量的に長期自動観測する一方で、陸上植生の炭素収支観測網“AsiaFlux”と共同し、炭素循環・水循環の基本的な観測と結合できるような体性を目指している。さらに、LAIや入射PAR・透過PAR、個葉の特性（光合成生理、分光特性）、樹冠構造などに関する観測も行っている。これらに基づいて、植生の変動を、SVATモデルや放射伝達モデル等で追跡・再現・予測することにも取り組んでいる。

キーワード: フェノロジー, リモートセンシング
Keywords: phenology, remote sensing

衛星データを複合利用したモデル-データ統合による陸域炭素循環モデルの改善のフレームワーク

A model-data integration framework to a terrestrial ecosystem model using multiple satellite-based constraints.

市井 和仁^{1*}, 近藤 雅征¹, 植山 雅仁², 佐々井 崇博³, 小林 秀樹⁴

Kazuhiro Ichii^{1*}, Masayuki Kondo¹, Masahito Ueyama², Takahiro Sasai³, Hideki Kobayashi⁴

¹ 福島大学, ² 大阪府立大学, ³ 名古屋大学, ⁴ 海洋研究開発機構

¹Fukushima University, ²Osaka Prefecture University, ³Nagoya University, ⁴JAMSTEC

Various satellite-based spatial products, such as evapotranspiration (ET) and gross primary productivity (GPP), are now available by integration of ground observation and satellite observation. Therefore, effective use of these multiple spatial products to terrestrial biosphere models is an important step toward better simulation of terrestrial carbon and water cycles. However, due to the complexity of terrestrial biosphere models with a large number of model parameters, the application of these spatial data sets to terrestrial biosphere models is difficult.

In this study, we show an effective but simple framework to refine a terrestrial biosphere model, Biome-BGC, using multiple satellite-based products as constraints, and tested it in the monsoon Asia region (60E-180E and 80N-10S) covered by eddy-covariance observations. The framework is based on the hierarchical analysis (Wang et al. 2009) with model parameter optimization constrained by satellite-based spatial data. The Biome-BGC model is separated into several tiers to minimize the freedom of model parameter selections and maximize the independency from the whole model. For example, the snow sub-model is first optimized using satellite-based snow cover product, followed by soil water sub-model optimized by satellite-based ET (estimated by an empirical upscaling method), photosynthesis model optimized by satellite-based GPP, and respiration and residual carbon cycle models optimized by biomass data.

As a result of initial assessment, we found that the most of default sub-models (e.g. snow, water cycle and carbon cycle) showed large deviations from satellite-based products; however, these biases were removed by applying the method. For example, gross primary productivities were overall underestimated in boreal and temperate forest and overestimated in tropical forests. However, the parameter optimization scheme successfully reduced these biases. Our analysis shows that terrestrial carbon and water cycle simulations in monsoon Asia were greatly improved, and the use of multiple satellite observations with this framework is an effective way for improving terrestrial biosphere models. We also found that respiration fluxes, biomass, and soil carbon data, which are currently unavailable, are also important to constrain simulated terrestrial carbon cycles and generation of these products are urgent.

キーワード: 陸域生物圏モデル, リモートセンシング, 最適化, 炭素循環, 水循環

Keywords: terrestrial biosphere model, remote sensing, optimization, carbon cycle, water cycle

森林の放射計算にはどの程度詳細な植生構造のモデル化が必要か？ How much complexity of plant canopy structure is good enough for the light environment simulation?

小林 秀樹^{1*}

Hideki Kobayashi^{1*}

¹ 独立行政法人 海洋研究開発機構

¹ Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Most land surface models assume that a plant canopy can be abstracted as a turbid medium to compute mass, energy, and carbon exchange. The canopy is horizontally homogeneous as leaves are randomly distributed in space. Consequently, radiation only changes in a vertical direction. Lambert-Beer type light penetration scheme is widely adapted for transmission and absorption simulation of a plant canopy. In this scheme, the incoming light exponentially decreases with an increase in leaf area. Leaf inclination angle and light incident angle is considered in the model. This model is only valid when the leaves are randomly distributed in space. To consider the spatial anisotropy of leaf distribution, Nilson (1971) introduced clumping modeling. By putting the clumping index into the Lambert-Beer equation, this scheme extends the light environmental computation for non-random distribution of leaves within a plant canopy. The clumping modeling is simple. Yet, there are some issues. For example, the clumping index is not a constant value. The clumping index changes with the light incidence angle and vertical levels. Also, we cannot directly measure the clumping index. The 3-dimensional modeling of forest light environment needs a lot of ecosystem structural data sets along with a vast computation time. The recent progress of measurement techniques (e.g. LiDAR) enables to run and evaluate the realistic light environment. In this presentation, I show some of the comparison results to see how the different complexities of light penetration modeling affect the light environment.

キーワード: 放射モデル, 陸面モデル, 光環境

Keywords: radiative transfer, Land surface model, light environment

全球での生態系モデル・GOSAT L4A を含む観測主体プロダクトの相互比較 Global model inter-comparison with GOSAT L4A and support vector machine based estimates of biospheric variables

近藤 雅征^{1*}, 市井 和仁¹

Masayuki Kondo^{1*}, Kazuhito Ichii¹

¹ 福島大学 共生システム理工学類

¹ Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University

Estimation of carbon exchange in terrestrial ecosystem associates with difficulties due to complex entanglement of physical, chemical, and biological processes: thus, the net ecosystem productivity (NEP) estimated from simulation often differs among process-based terrestrial ecosystem models. In addition to complexity of the system, validation can only be conducted in a point scale since reliable observation is only available from ground observations. With a lack of reliable spatial data, extension of model simulation to the global scale results in significant uncertainty in the future carbon balance and climate change. Greenhouse gases Observing SATellite (GOSAT), launched by the Japanese space agency (JAXA) in January, 2009, is the 1st operational satellite promised to deliver the net land-atmosphere carbon budget to the terrestrial biosphere research community. Using this information, the model reproducibility of carbon budget is expected to improve: hence, gives a better estimation of the future climate change.

Because of the direct association with climate change, improving estimation of global NEP is essential; yet, global gross primary productivity (GPP) and ecosystem respiration (RE) need to improve as well for further sophistication of ecosystem modeling. In the system of carbon cycle, GPP and RE are the true physiological quantities representing photosynthesis and respiration, and NEP is a byproduct of them. Since a major purpose of process-based ecosystem models is to clarify the mechanism of carbon cycle, it is important to invest efforts to refine GPP and RE as well.

Currently, the most reliable estimate of global GPP is provided by observation-based empirical upscaling with machine learning models [Jung et al. 2011]. Machine learning regression is based on a network of eddy covariance flux tower observation, in conjunction with global satellite remote sensing and meteorological data sets. Because of the high correlation with GPP, availability of long-term global observations of vegetation indexes (e.i. EVI, NDVI, and NDWI) from operational satellites makes performance of machine learning model finer in prediction of GPP. Because of limited availability of carbon pool data, however, it is difficult to induce equivalent performance in RE with machine learning models [Jung et al. 2011]. Instead of a direct estimation, combination of global GPP estimated by machine learning regression and NEP from GOSAT L4A would produce a more reliable budget of global RE.

This initial analysis is to compare a set of observation-based global carbon flux products, NEP from GOSAT L4A, GPP from support vector machine regression, and RE from a combination of them, with three types of TEMs and an inversion model: Biome-BGC (prognostic model), CASA (diagnostic model), LPJ (dynamic vegetation model), and Carbon Tracker (inversion model). Comparison was conducted with the standardized format based on GOSAT L4A: 42 sub-continental tiles and monthly temporal coverage from June 2009 to May 2010. Through the comparison, we discuss similarities and dissimilarities in (1) seasonal variations, (2) global and annual averages, (3) variability with climate (air temperature, precipitation, and solar radiation).

Reference

Jung, M., et al. (2011), Global patterns of land-atmosphere fluxes of carbon dioxide, latent heat, and sensible heat derived from eddy covariance, satellite, and meteorological observations, *Journal of Geophysical Research*, 116.

Acknowledgement

The study is financially supported by the Environment Research and Technology Development Fund (RFa-1201) of the Ministry of the Environment of Japan, and Global Change Observation Mission ? Climate (GCOM-C) of Japan Aerospace Exploration Agency.

キーワード: GOSAT, 機械学習回帰, 陸域生態系モデル, 炭素循環

Keywords: GOSAT, machine learning regression, terrestrial ecosystem model, carbon cycle

ADMIP: アジア乾燥地モデル比較プロジェクト ADMIP: Asian Drylands Model Intercomparison Project

立入 郁^{1*}, 市井 和仁², 近藤 雅征², 伊藤 昭彦³, 馬淵 和雄⁴, 宮崎 真⁵, 萬 和明⁶, 浅沼 順⁷

Kaoru Tachiiri^{1*}, Kazuhito Ichii², Masayuki Kondo², Akihiko Ito³, Kazuo Mabuchi⁴, Shin Miyazaki⁵, Kazuaki Yorozu⁶, Jun Asanuma⁷

¹ 海洋研究開発機構, ² 福島大学, ³ 国立環境研究所, ⁴ 気象研究所, ⁵ 北海道大学, ⁶ 京都大学, ⁷ 筑波大学

¹ Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ² Fukushima University, ³ National Institute for Environmental Studies,

⁴ Meteorological Research Institute, ⁵ Hokkaido University, ⁶ Kyoto University, ⁷ Tsukuba University

本発表では、現在進行中の「アジア乾燥地モデル比較プロジェクト」について紹介する。このプロジェクトは、その名が示すようにアジアに広く分布する乾燥地に焦点を当てる。降水量が少なく生物生産の小さい乾燥地は脆弱性が高く、環境条件の年々変動も大きい。このような環境条件はモデル化が困難であり、そのためモデル不確実性が大きい。

本プロジェクトの目的は、陸面モデルの予測の不確実性の大きさを示すことと、モデル予測の精度を向上させることである。参加モデルは18を数え、この中には陸域生態系モデルと陸面モデルの両方が含まれる。これらのモデルは目的や入出力変数が異なっているので、比較のためには多くの変数のデータがそろっているサイトが必要である。検討の結果、Kherlenbayan-Ulaan (モンゴル) と Tongyu (中国) を比較サイトに設定した。また地上観測データのほか、衛星画像データを援用し、またモデルのスピンアップには再解析データを利用する。

実験は (0): デフォルトのパラメータ値を使った実験、(1): 文献に記載されたパラメータ値を使った実験、(2): 重要な変数の再現性を高めるようにチューニングされたパラメータ値を使った実験の3ステージに分かれている。発表では、ステージ0と1の結果の一部を示す予定である。

キーワード: アジア, 乾燥地, 陸域生態系モデル, 陸面モデル, 観測データ

Keywords: Asia, Drylands, Terrestrial ecosystem models, Land surface models, Observation data

モデル相互比較による全球土壌炭素予測における気候変動影響評価

The assessments of climate change impact on global SOC stock by a model intercomparison project

仁科 一哉^{1*}, 伊藤 昭彦¹, 加藤 悦史¹, 横畠 徳太¹, ISI-MIP participants²

Kazuya Nishina^{1*}, Akihiko Ito¹, Etsushi Kato¹, Tokuta Yokohata¹, ISI-MIP participants²

¹ 国立環境研究所, ²ISI-MIP team

¹National Institute for Environmental Studies, ²ISI-MIP team

土壌有機物炭素 (SOC) は陸域生態系における最も大きな炭素プールであり、その賦存量はおおよそ大気二酸化炭素の2倍から3倍に達すると見積もられている。陸域生態系の炭素滞留時間については地球システムの炭素循環を考える上で、地上部植生の動態とともに土壌有機物炭素動態の定量的把握は非常に重要である。特に温暖化を始めとする様々な環境変化は、土壌炭素循環のバランスを大きく変化させると考えられる。本研究では著者らグループが参画したボツダム気候研究所主導によるモデル相互比較プロジェクト (Inter sectoral impact model intercomparison project) で得られた計算結果を用いた。本プロジェクトでは、RCP ベースで計算された5つのGCMを用いた共通の気候 (社会) シナリオを基に複数のセクター (水、農業、農業経済、生態系、マラリアなど) の各全球モデルでシミュレーションを行い、今世紀末までの気候変動影響評価を行ったものである。加えて生態系セクターでは、RCP8.5の気候条件下においてCO₂濃度を上昇させないCO₂固定実験を行った。本研究では7つの生態系モデル (Hybrid, JeDi, JULES, LPJmL, ORCHIDEE, SDGVM, VISIT) で計算された土壌炭素動態の結果を用いた。複数気候モデルによる複数生態系モデルの計算結果利用によって気候変動影響および将来土壌炭素予測の不確実性を評価した。本研究では各生態系モデルの全球土壌炭素を地球システムの1コンパートメントとして捉え、全球植生バイオマス炭素と全球SOCの時系列データから、状態空間モデルを用いて各モデルの全球代謝速度およびその全球平均気温上昇および全球降雨量偏差への感受性を評価する手法を提案した。

本研究結果から、同一気候条件下においても生態系モデルによって全球SOCは正味のシンクからソースまでを示し、高い不確実性を有することが示された。放射強制力が高いRCP8.5シナリオでは、2100年時で2000年の全球土壌炭素量と比較して $122 \text{ Pg-C} \sim 347 \text{ Pg-C}$ の幅で推移した。この大きな不確実性は、全組み合わせの時系列データのスペクトル解析の結果から、RCPやGCMによる気候変数の不確実性よりも、生態系モデルの違いに由来することが示された。生態系モデル間に違いは、各モデルの全球代謝速度およびその全球平均気温上昇への感受性によって、対応付けすることができた。一方で、いずれの生態系モデルでも全球SOCに動態の全球降雨量偏差への感受性は低く、全球降雨量偏差は全球土壌炭素動態の指標には成り得ないことが示された。発表では全球レベルでのSOC変動に加え、地域的なモデル間の差異についても合わせて議論する。

キーワード: 土壌有機物炭素, RCP, GCM, モデル相互比較プロジェクト, 不確実性

Keywords: Soil organic carbon, RCP, GCM, Model intercomparison, Uncertainty

作物収量統計データを利用した作物成長モデルのMCMCによる全球キャリブレーション

Calibrating the parameters of a crop growth model using MCMC algorithm with statistical yield data in global scale.

櫻井 玄^{1*}, 飯泉 仁之直¹, 横沢 正幸¹
Gen Sakurai^{1*}, Toshichika Iizumi¹, Masayuki Yokozawa¹

¹ 独立行政法人農業環境技術研究所

¹ National Institute for Agro-Environmental Sciences

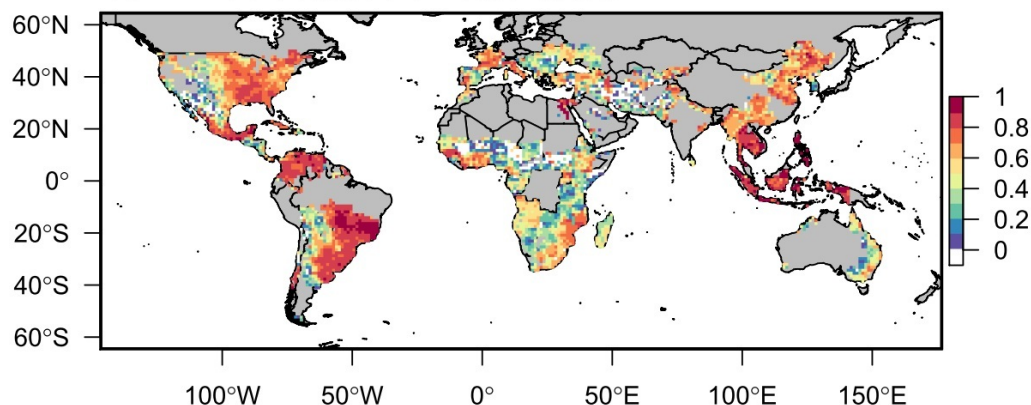
陸地生態系において、農地の面積は大きな割合を占め、森林と同様、大気環境とのフィードバックにおいて大きな役割を果たす。また、今後予想される世界の人口増加に伴い、農地面積の拡大はさらに増加の一途をたどることが予測され、農地における作物の環境応答を明らかにすることは極めて重大な課題となっている。一方で、作物の成長モデルの行為展開における大きな課題の一つに、作物品種及び農法の大きな空間変異があげられる。地域によって、作物品種や農法が大きく異なるため、温暖化や降水量の変化、大気中二酸化炭素濃度変化に対して、どのように応答するのが大きく異なり、その違いを作物モデルのパラメータにどのように地域ごとに反映させるかが大きな問題となる。

本研究では、これらの問題を解決する作物モデル(PRYSBI2) (Sakurai et al. in prep)を開発した。このモデルでは、各地域のパラメータはMCMCにより推定し、最適化している。作物モデルのキャリブレーションにおけるアドバンテージは、世界各国の収量統計データを利用することができるという点である。近年、関係各機関から作物の収量に関する県・郡・州レベルの作物統計データを入手し、それを $1.125^\circ \times 1.125^\circ$ の全球グリッドに割り当て、全球作物収量時系列データ (Iizumi et al. in prep) が作成されているので、このデータを用い、世界の主要作物であるコムギ・ダイズ・トウモロコシ・コメの4品種について、それぞれの作物モデルをそれぞれのグリッドにおいて、マルコフ連鎖モンテカルロ法(MCMC)を用いて、パラメータの事後分布を推定した。対象パラメータとして、水分ストレスや窒素ストレスに関わるパラメータとともに、温度感受性や生長期間を決めるパラメータなど、品種や地域の違いに関するパラメータがキャリブレーションされた。その結果、世界のほとんどのグリッドにおいて、過去の作物収量統計データと高い相関を持つ、作物生産性予測モデルを作成することができた。本発表では、上記のように過去の実収量統計データを用いてキャリブレーションされたモデルを用い、過去の気候変動の影響について解析し議論する。

キーワード: 農業生態系, MCMC, 作物収量, 作物モデル, 統計収量データ, 全球スケール

Keywords: Agro-ecosystem, MCMC, crop yield, crop growth model, statistical yield data, global scale

トウモロコシにおける観測値とモデル予測値の相関係数



全球作物生産性 - 水資源量予測統合モデルの開発

Development of a global integrated model for predicting both crop production and water resources

岡田 将誌^{1*}, 飯泉 仁之直¹, 櫻井 玄¹, 横沢 正幸¹

Masashi Okada^{1*}, Toshichika Iizumi¹, Gen Sakurai¹, Masayuki Yokozawa¹

¹ 独立行政法人 農業環境技術研究所

¹ National Institute for Agro-Environmental Sciences

作物の生育は主に気温、降水量や日射量などの環境条件により決まる。そのため、世界の食糧生産性を予測するために、それら環境条件及び栽培条件に応じた作物の生育・生長過程を記述しているモデル（広域作物モデル）が用いられてきた。一方で、現在の世界の作物生産性の程度は、灌漑を含めた水需給バランスのもとで成立しており、農業に利用可能な地域の水資源量に大きく影響を受ける。将来の気候変化や、人口増加及び社会経済的発展に伴う水需要量の増加により、農業に利用可能な水資源量に影響が及ぶことが予想される。そうしたなか、既存の広域作物モデルは、自然・人間活動による複合影響を考慮した地域の水資源量変動による効果を適切に表現されていない問題点がある。

そこで本研究では、Sakurai *et al.* (in prep) が開発した広域作物モデルに、既存の広域水資源モデルと結合することによって、世界の水資源の動的相互作用を考慮した広域作物生産性予測モデルを構築することを目的とする。モデル適用地域として、半乾燥地域を含み、広大な農耕地が広く分布し、気候変化の影響を強く受けると考えられる中国東北部を選定した。本研究では、中国東北部の主要河川流域である松花江流域において各水収支項の予測再現性の検証を行った。

本研究で構築した全球作物生産性 - 水資源量統合モデルは、広域スケールでの作物生育・収量形成モデル PRYSBI2 (Sakurai *et al.*, in prep) に、全球スケールでの水資源量を動的に推定することのできるモデル H08 (Hanasaki *et al.*, 2008) との結合を行ったものである。オリジナル H08 は、陸面過程サブモデルとして、Leaky bucket モデルを用いているが、土壌水文パラメータに関する詳細な地域差異を反映するため、本モデルでは SWAT (Soil and water Assessment Tool (USDA)) を導入する。新たに作成するモデルは、作物生育・収量形成サブモデル、陸面過程サブモデル、河川サブモデル、貯水池操作サブモデル、農業・工業・家庭用水取水サブモデルから構成している。陸面過程サブモデルにより計算される地表面流出及び深部浸透を H08 の河川サブモデルに入力する。H08 により計算される水資源量の一部を、農業・家庭・工業用水水需給バランスを考慮したうえで、灌漑供給水として陸面過程サブモデルに入力する。本モデルは日別で計算を行う。

松花江流域において、各水収支項について、衛星データを併用した観測値と比較した結果、土壌水分量や蒸発散量の推定誤差は比較的小さく、良好に再現できることがわかった。さらに、過去の農業統計によりマルコフ連鎖モンテカルロ法を用い推定された作物モデルパラメータから作物応答を予測した結果、収量の長期間トレンドや年々変動を良好に再現でき、特に農業が盛んな中国東北平原においてその再現性が高いことを示すことができた。

半乾燥地域のような水資源が脆弱な地域において、作物の生育過程や生産性を予測するためには、地域の利用可能な水資源量を動的に予測することは不可欠である。本研究で構築した統合モデルは、利用可能な水資源量の動的な相互作用を考慮した作物生育応答を予測することができ、とりわけ水資源量の脆弱な地域において、気候変化による流域の水資源量変動やそれに伴う灌漑プロセスを介した作物生産量の影響を評価するために、大変有効なツールであるといえる。

キーワード: 作物生産量, 水資源量, 統合モデル, 広域スケール

Keywords: crop production, water resources, integrated model, large-scale

地球システムモデルにおける陸域生態系の炭素循環フィードバック Terrestrial carbon cycle feedbacks in the Earth system models

羽島 知洋^{1*}

Tomohiro Hajima^{1*}

¹ 海洋研究開発機構

¹Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

人為活動により大気へと排出されたCO₂は、陸域生態系や海洋に一部吸収されるものの、全ては吸収されず大気に残留し、これにより大気CO₂濃度が上昇する。これが原因で大気の放射バランスが崩れ、全球規模での温暖化・気候変化が生じる。地表付近の気象の変化や大気CO₂濃度の上昇といった大気環境の変化は、陸域生態系の様々な過程(光合成、蒸発散、独立/従属栄養呼吸、成長、枯死等)に影響を及ぼし、陸域生態系における正味の炭素吸収量を変化させる。これまで、環境変化が陸域の炭素循環過程に作用するプロセスは、便宜的に2通りに分けて考えられてきた。一つは気温上昇や降水量変化を介したプロセスである。例えば、気温上昇により生態系の呼吸速度が上昇し、大気CO₂の増加に拍車をかけるといった過程である(気候-炭素循環フィードバック)。二つ目は、大気CO₂濃度の上昇によって光合成速度が増加し、それに伴って植物・土壌の炭素貯留量が増加するという過程である(大気CO₂-炭素循環フィードバック)。この過程は大気CO₂濃度の上昇を緩和する方向に作用する。これら2つの過程のバランスにより、陸域生態系の正味の炭素吸収量が決まる。気候モデルに海陸生態系の物質循環過程を組み込んだ“地球システムモデル”では、このような陸域(海洋)生態系における一連の炭素循環過程およびフィードバックプロセスが明示的に取り扱われており、炭素循環のフィードバックの強さを計測することが可能である。本研究ではまず、地球システムモデル“MIROC-ESM”に対して複数のシナリオを与えたとき、陸域の炭素循環がどのように応答するのかを調べた。その結果、積算 Airborne fraction で計測される炭素循環の応答は、シナリオ間で大きく異なるということがわかった。またこの違いは、主に大気CO₂-炭素循環フィードバックによってもたらされている可能性が高い、という結果が得られた。陸域生態系の炭素循環フィードバックの感度を比較するため、単一シナリオを使用してモデル間比較を実施したところ(共同研究)、特に陸域生態系における大気CO₂-炭素循環フィードバックの強度がモデル間で大きく異なっていることがわかった。その結果、各モデルから得られる許容CO₂排出量の見積もりも大きなばらつきを示し、大気CO₂-炭素循環フィードバック過程に関わる陸域生態系の諸過程が、モデルの予測精度を向上させる上で重要であることが示唆された。

ボルネオ島の土地利用変化と気候変動が生態系の炭素収支に与える影響評価 Effect of land-use and climate changes on carbon budget in Borneo Island using VISIT model

安立 美奈子^{1*}, 伊藤昭彦¹, 竹内渉², 山形与志樹¹

Minaco Adachi^{1*}, ITO, Akihiko¹, TAKEUCHI, Wataru², YAMAGATA, Yoshiki¹

¹ 国環研, ² 東大

¹NIES, ²University of Tokyo

1. はじめに

人為的な炭素排出のうち約2割は土地利用変化によるものと言われ、特に熱帯林の森林減少や劣化防止によるCO₂排出削減効果 (REDD+) の評価が急務の課題となっている。熱帯林の多くは、正味の森林面積や伐採面積が不明なままであるが、最近の衛星データを解析した研究により森林伐採による炭素放出量は非常に大きいと言われている。南米アマゾンでは欧米の研究者を中心に野外観測やデータ解析研究が進んでいるが、東南アジアにおいては観測やモデル研究事例が少なく、熱帯林の炭素収支の推定は誤差が大きい。本研究では、MODISによる衛星画像を用いて森林・非森林の面積推移の結果と陸域生態系モデル VISIT を用いて、土地利用変化によるボルネオ島全体の炭素収支の変化について解析を行った。また、過去から将来の気候変化に対する VISIT モデルの計算結果より、気候変化による炭素収支への影響についても考察する。

2. 方法

本研究では、2002年から2008年のボルネオ島におけるMODISの衛星画像を用いて、森林・非森林の年々変動から森林伐採面積および農地面積を1kmメッシュで算出した。一度伐採された土地はすべて農地と仮定して計算を行い、農地はすべてアブラヤシプランテーションとした。この結果と、陸域生態系モデル VISIT を用いてボルネオ島全体の炭素収支を1kmメッシュにて算出した。土地利用変化を考慮しない場合(ボルネオ島のほぼ全体が常緑広葉樹林)の炭素収支との比較を行い、土地利用変化がボルネオ島の炭素収支に与える影響評価を行った。1948年から2011年まではNCEP/NCARおよびWorldClimの気象データ、また現在から2100年まではGCMデータを用いて計算を行った。

3. 結果および考察

土地利用変化を考慮しない場合の炭素収支は、考慮した場合に比べて、総一次生産量(GPP)やバイオマス量、土壌呼吸量などは1割から2割の過大評価となることが示された。また、高温多雨であった1986年と、低温少雨であった1999年におけるボルネオ島のGPPの平均値の差は、3.01tC ha⁻¹ yr⁻¹であったのに対し、2003年から2008年において土地利用変化を考慮した場合と考慮しなかった場合のGPPの差は3.33?5.15 tC ha⁻¹であったことから、気候変動よりも土地利用変化の方が炭素収支に大きく影響することが示唆された。この結果から、温暖化緩和の観点から土地利用管理の重要性が示された。また、将来予測の結果とも比較して、土地利用変化の影響について議論を行う。

気候変動に伴った東シベリアの植生・凍土システム変化：シミュレーションによる検討

Simulation study of the vegetation structure and function in eastern Siberian larch forests under changing climate

佐藤 永^{1*}, 小林 秀樹², 岩花 剛³, 太田 岳史⁴, アレキサンダー フェドロフ⁵
Hisashi Sato^{1*}, Hideki Kobayashi², Go Iwahana³, Takeshi Ohta⁴, Alexander Fedorov⁵

¹名古屋大学大学院 環境学研究科, ²海洋研究開発機構 地球環境変動領域, ³アラスカ大学・国際北極圏研究センター, ⁴名古屋大学大学院 生命農学研究科, ⁵ロシア科学アカデミー・シベリア支部 永久凍土研究所
¹Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, ²Research Institute for Global Change, JAMSTEC, ³International Arctic Research Center, University of Alaska Fairbanks, ⁴Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University, ⁵Melnikov Permafrost Institute

東シベリアには主にカラマツから構成される落葉性針葉樹林帯が広がる。これは、世界最大の針葉樹林帯であり、その変化が炭素収支に与える影響は大きい。また冬の長い期間、積雪に覆われるため、植被の変化は露出する雪面の比率を変え、短波放射の反射率(アルベド)を大きく変化させる事で、気候へ強いフィードバックを与える。例えば、今後の温暖化に伴って、主要構成樹種が落葉性のカラマツから常緑性のアカマツに入れ替わる可能性も指摘されており、この場合、アルベドが下がることで温暖化が加速するとも指摘されている(Yan & Shugart 2005)。よって、東シベリアの植生変動は、全球規模の気候システムに大きな影響を与えるものであり、これを的確に予測することの重要性は高い。

そこで本講演では、東シベリア域における植生や凍土動態を再現する動的植生モデルを構築し、今後数十年～数百年の間に予測される気候環境変動の元で、この系がどのような挙動を示すのかについての、定量的な見積もりを発表する。加えて感度分析(フォーシングデータや素過程のパラメーター値を変えた時のシミュレーション出力の変化の分析)により、どの環境因子や物理・生態・生理プロセスが、予測結果に大きな変動をもたらすのかについても発表する。本講演では特に、この地域の森林動態と大気・水循環に与えるフィードバックに対して、次の因子がもたらす効果についてのシミュレーションによる検討結果を扱う:(a) 大気中CO₂濃度変化と気候変化シナリオの違い、(b) 凍土過程の扱い方、(c) 山火事頻度。山火事についての検討を加えた理由は、別の研究者グループによる先行研究において、カラマツ林の維持と更新に山火事が欠かせないことが示唆されているためである(Zhang et al. 2011)。

ところで、東シベリアのように急速な気候変化が予測される地域では、樹種の入替わりに要する時間は、主に植物個体群動態プロセスが支配する。なぜならば、樹種の交代には、侵入した木本が定着し、既存樹種との間の競争に打ち勝ち、その被度を徐々に拡大させるという、一連の植物個体群動態プロセスを経るからである。木本は一般に、寿命が長く、また種子拡散距離が短いため、この一連のプロセスには数百年から数千年スケールの期間を要することが、古生態学的研究から明らかにされている。本講演で紹介する研究においては、講演者らによって開発された動的全球植生モデル(DGVM)であるSEIB-DGVM(Sato et al. 2007, 2010)を基礎モデルとして用いた。SEIB-DGVMは、陸面を30m × 30m、または100m × 100mの大きさの仮想植生で代表させ、そこに個体として扱った木本を定着させ、それぞれが置かれた条件の下で、光と空間をめぐる局所的な競争を行わせることで、植物個体群動態プロセスを明示的に扱っており、このような急速な気候変動の元における植生変化をシミュレーションする用途に適している。本講演では、環境変化に対する森林生態系システムの応答において、そのような植物個体群動態プロセスが果たす役割に関しても、紹介を行う予定である。

Sato, H., Itoh, A., & Kohyama, T. (2007) SEIB-DGVM: A new dynamic global vegetation model using a spatially explicit individual-based approach, *Ecol. Model.*, 200, 279-307.

Sato, H., Kobayashi, H., & Delbart, N. (2010) Simulation study of the vegetation structure and function in eastern Siberian larch forests using the individual-based vegetation model SEIB-DGVM, *For. Ecol. Manage.*, 259, 301-311.

Yan, X. D., & Shugart, H. H. (2005) FAREAST: a forest gap model to simulate dynamics and patterns of eastern Eurasian forests, *J. Biogeogr.*, 32, 1641-1658.

Zhang, N., Yasunari, T., & Ohta, T. (2011) Dynamics of the larch taiga-permafrost coupled system in Siberia under climate change, *Environmental Research Letters*, 6.

キーワード: カラマツ, 東シベリア, 永久凍土, SEIB-DGVM, 山火事, シミュレーション

Japan Geoscience Union Meeting 2013

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



ACG37-12

会場:201A

時間:5月21日 17:15-17:30

Keywords: Larch, Eastern Siberia, Permafrost, SEIB-DGVM, Wild fire, Simulation study

モンゴル半乾燥草原における生態系 CO₂ 交換量の年々変動の推定 Interannual variation in ecosystem CO₂ exchanges in a semiarid grassland of Mongolia

中野 智子¹, 篠田 雅人^{2*}

Tomoko Nakano¹, Masato Shinoda^{2*}

¹ 中央大学経済学部, ² 鳥取大学乾燥地研究センター

¹Faculty of Economics, Chuo University, ²Arid Land Research Center, Tottori University

陸域生態系における光合成・呼吸のプロセスは、温度や水分条件、植物のバイオマスといった様々な環境要素の影響を受ける。特に、アジアにおいて広い面積をしめる乾燥・半乾燥地では、干ばつの発生など年々の気候変化が激しく、それに伴い草原生態系は CO₂ のソースにもシンクにもなり得ることが予想される。本研究では、半乾燥草原生態系における CO₂ 収支の年々変動を推定し、その変動要因について検討することを目的とする。

本研究の対象地は、モンゴル国中央部の半乾燥草原である。バヤンオンジュル村近郊の草原 (47°02.6'N, 105°57.1'E) において、密閉式チャンパー法を用いた CO₂ フラックスの測定を 2004~2006 年および 2009~2011 年に実施し、またこれに加えて 2008 年からは渦相関法による CO₂ フラックスの測定を行ってきた。密閉式チャンパー法では、透明なチャンパーと遮光したチャンパーとを用いることにより、光合成速度 (GPP) と生態系呼吸速度 (Reco) を分離して測定することができる。CO₂ フラックスの測定と併せて、気温・飽差・放射量などの気象要素や地温・土壌水分量・植物地上部バイオマスといった環境要素の測定を行い、これらの要素によって GPP および Reco がどのようにコントロールされているのか検討した。その結果に基づき、気温・飽差・光合成有効放射量・土壌水分量・植物地上部バイオマスから GPP を、また地温・土壌水分量・植物地上部バイオマスから Reco を推定する経験モデルを構築した。バヤンオンジュル村草原観測地で 30 分毎に自動記録された気象・土壌データ、および MODIS の NDVI から推定した地上部バイオマスのデータを本モデルに入力し、30 分毎の GPP、Reco を算出し、またそれらの差として正味の生態系 CO₂ 交換量 (NEE) を推定した。モデルによる推定値と渦相関法による測定値とを比較したところ、本モデルは十分な精度で NEE を推定できることが示された。2007 年から 2011 年について植物成長期 (5 月~9 月) の積算 NEE を算出したところ、その値は -42~34 g C m⁻² (マイナスの値は CO₂ 吸収、プラスは CO₂ 放出を表す) の間を変動した。この結果から気候・環境条件によっては、植物成長期においても生態系が CO₂ のソースとなり得る可能性が示唆された。

キーワード: 炭素循環, 光合成, 生態系呼吸, 半乾燥草原, モンゴル

Keywords: carbon cycle, photosynthesis, ecosystem respiration, semiarid grassland, Mongolia

インドネシア・カリマンタン島における近年の活発な泥炭火災の状況 Recent Active Peat Fire Situation in Kalimantan, Indonesia

早坂 洋史^{1*}, ニナ ユリアンティ¹
Hiroshi Hayasaka^{1*}, Nina Yulianti¹

¹ 北海道大学工学研究院

¹ Graduate School of Hokkaido University

インドネシアのカリマンタン島では、2000年代になってから、泥炭火災が活発化している。この状況をMODISのホットスポットデータを使って解析すると共に、泥炭火災が活発化する気象条件を調べた。解析結果から、カリマンタン中部で行われた大規模開発のメガ・ライス・プロジェクト(MRP、百万トン稲作計画)は、大規模に熱帯湿地林を破壊したばかりでなく、総延長4000kmにも及ぶ灌漑路(結果的には排水路)が、この地帯の泥炭の乾燥化を促進した結果、乾期に泥炭火災が活発化していることが明らかになった。

本研究で使ったデータは、最近10年間(2002?2011年)MODISホットスポット(火災)データとパランカラヤ(中部カリマンタン)とボンティアナク(西部カリマンタン)の日降雨量データで、季節によるカリマンタンでの火災発生傾向と火災分布、乾期やEl Nino条件下の干魃傾向を解析した。ほとんどのデータは季節・空間の出火を分析するために10日間毎のデータ(これにより8月上旬、中旬などの季節を明確にできる)を基に計算した。火災の激しい年(すなわち2002年、2004年、2006年および2009年)は、El Nino条件の下であり、これらの年の火災や干魃の季節毎の発生状況および火災地域分布の結果は以下のとおりである。

2006年10月中旬に、最も激しい火災が、パランカラヤとボンティアナクの両方で最も乾燥した条件の下で発生した。

2002年の火災は、2番目に激しく、2番目に乾燥した条件の下で生じた。

2009年9月後半に、MRP地域とその近辺での最も激しい火災は、パランカラヤのみが最も乾燥した条件下で発生した。

2004年は、7月の降雨により干魃の始まりが遅れたものの、4番目に激しい火災年となった。

中部カリマンタンのこの過去4年間の火災活動は、西のカリマンタンよりも激しかった。この理由は、両方の場所での泥炭の異なる乾燥した条件によって説明される。西カリマンタンでは、より短い期間の乾期(2/3ヶ月)での泥炭状況(乾燥度合い)と比較して、東カリマンタンの泥炭は比較的長い乾期(およそ3ヶ月)下で、泥炭は、より乾燥した状態となることができる、ためと言える。

さらに、2006年10月中旬の最も激しい火災分図は、火災のほとんどが、カリマンタン島の南海岸の西から中央カリマンタンに広がる、主としてPEAT地帯上で起こった事を示し、この分布の形からカリマンタンの“ファイアー・ベルト”と呼べる。2009年8月上旬に起こった典型的な西カリマンタン火災は西カリマンタンの乾期と一致した。また、典型的な乾期前の警告火災が2009年に6月下旬に起こった事も分かった。また、ほとんどの火災が西カリマンタンと中部カリマンタンのPEAT地帯上で起こったこともわかった。

以上の結果から、MRPが気候上の観点からも、カリマンタンの最悪の地域で実施されたと言える。

キーワード: PEAT火災, ホットスポット, 乾期, カリマンタン, MRP

Keywords: peat fire, hotspot, dry season, Kalimantan, MRP

温室効果ガス観測技術衛星 GOSAT による植生の観測 Observation of vegetation by GOSAT

菊地 信弘^{1*}, 吉田 幸生¹, 内野 修¹, 森野 勇¹, 横田 達也¹

Nobuhiro Kikuchi^{1*}, Yukio Yoshida¹, Osamu Uchino¹, Isamu Morino¹, Tatsuya Yokota¹

¹ 国立環境研究所

¹National Institute for Environmental Studies

温室効果ガスの観測に特化した世界初の人工衛星である温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」(GOSAT)は、2009年1月の打ち上げ後、4年以上にわたって順調にデータを取得し続けている。GOSATに主センサーとして搭載されているフーリエ変換分光器 TANSO-FTS は、主要な温室効果ガスである二酸化炭素とメタンの気柱量を測定するためのバンドに加えて、酸素 A バンドの吸収帯である波長 0.76 ミクロンにもバンドを備えている。TANSO-FTS に酸素 A バンドの観測波長帯を持つ目的は、酸素(あるいは乾燥空気)の気柱量すなわち地表面気圧を測定することと、雲やエアロゾルが温室効果ガスの測定に与える影響を補正するための情報を取得することである。最近になって、TANSO-FTS が観測する酸素 A バンド吸収帯が、植物の発するクロロフィル蛍光の検出に利用できることが示され(Joiner et al. 2011, Frankenberg et al. 2011)、GOSAT 観測データの科学利用目的が拡大しつつある。

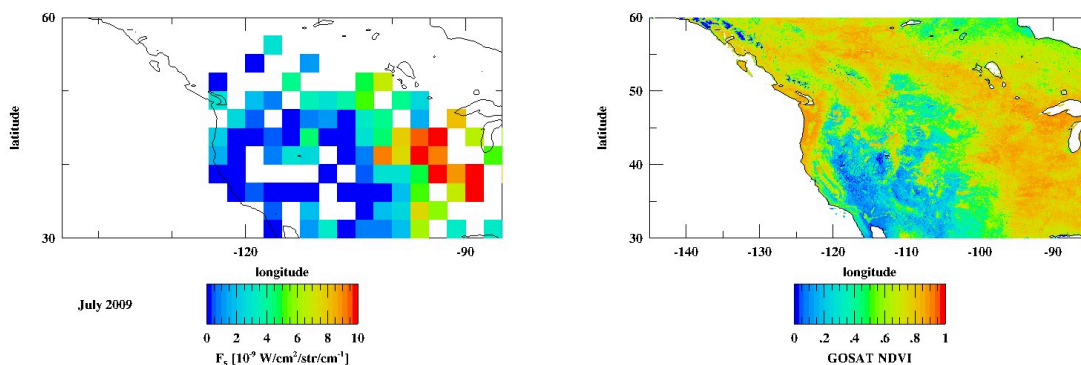
酸素 A バンドにおけるクロロフィル蛍光は、強い場合には衛星到達輝度の数パーセントに達する場合があります、これを無視すると二酸化炭素のカラム平均濃度(二酸化炭素の気柱量を乾燥空気の気柱量で除した量)に最大 2ppm 程度の正のバイアス誤差を観測領域・季節に依存して生じる可能性がある。温室効果ガス濃度の導出値に領域や季節に依存するバイアス誤差が存在すると、GOSAT プロジェクトの科学目的である温室効果ガスの吸収・排出量の推定精度が下がる。そのため、我々はクロロフィル蛍光と温室効果ガス濃度を同時推定するアルゴリズムを開発している。図(左)は、2009年7月における北アメリカのクロロフィル蛍光強度を 2.5 度グリッドで月平均した値を示している。TANSO-FTS 視野内に雲がある場合は解析値が得られないため、クロロフィル蛍光強度が導出されないグリッドも存在するが、北アメリカの東側と西側の植生の違いを反映してクロロフィル蛍光強度が分布していることが認められる。

GOSAT は補助センサーとして TANSO-CAI (雲・エアロゾルセンサ) を搭載している。TANSO-CAI の主な役割は、FTS の観測視野内の雲の検出と、エアロゾルの影響を補正するための情報を取得することで、更に正規化植生指数 (NDVI) も算出している。図(右)に図(左)と同じ領域・時期の NDVI を例示する。

このように、GOSAT は温室効果ガス濃度のみだけでなく、クロロフィル蛍光と NDVI という植生に関わる情報も取得・解析している。NDVI は GOSAT の標準プロダクトとして一般にも提供されている。GOSAT は打ち上げ後 4 年を経過したが、その後継機や諸外国による類似の衛星観測も計画されており、今後も同種のデータが長期にわたって継続的に取得されることが期待される。このようなデータの利用が植生モデルに関する研究に役立つ可能性がある。

キーワード: クロロフィル蛍光, 植生指数

Keywords: chlorophyll fluorescence, vegetation index



アロケーション比を基にした陸域生態系モデルの多変量最適化 Allocation based robust methodology for simultaneous reproduction of carbon fluxes, LAI, and forest biomass

近藤 雅征^{1*}, 市井 和仁¹, 植山 雅仁², 溝口 康子³, 平田 竜一⁴, 三枝 信子⁴

Masayuki Kondo^{1*}, Kazuhito Ichii¹, Masahito Ueyama², Yasuko Mizoguchi³, Ryuichi Hirata⁴, Nobuko Saigusa⁴

¹ 福島大学 共生システム理工学類, ² 大阪府立大学 生命環境科学研究科, ³ 森林総合研究所 北海道支所, ⁴ 国立環境研究所

¹ Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University, ² Graduate School of Life and Environmental Sciences, Osaka Prefecture University, ³ Hokkaido Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, ⁴ National Institute for Environmental Studies

陸域炭素フラックス・蓄積量は、干ばつ、台風、火災、林齢、土壌・植生タイプなど、多くの気候・生態系要素に影響される。それらの定量化には個々の影響要素を複合的に考慮することが必要であり、複雑なプロセスを伴う。この複雑なプロセスに、任意の仮定、理論、経験式など加味し、一律化したものが生態系モデルであり、炭素フラックス・蓄積量の見積りに利用されている。しかし、今日までに提唱された数々の生態系モデルには、未だ、モデル間のばらつきが大きい。現状の精度では多くの場合、パラメータの調節無しでは地上観測との整合性をとることが困難である。

より精度の高い炭素フラックス・蓄積量の見積りにはパラメータ調節は必要であるが、調整が偏ると不都合が生じる場合がある。例えば、炭素フラックスに偏った調整が施された場合、バイオマスや土壌炭素量の見積りには観測とかけ離れるケースが多く、また、その逆も然りである。よって、生態系モデルは個々の項目に偏ることなく、数項目を同時に再現するようなパラメータ値を確立することが今後の課題となっている。

前研究の例では、地上観測サイトの観測項目（炭素フラックス、バイオマス、リターフォール、土壌炭素など）に対して、数段階において数種のパラメータを変動させ最適なモデルパラメータを決定するというものであった。このような数あるモデルパラメータを無作為に最適化する手法は、計算コストが非常に高く、全球での適用は困難である。従って、シンプルかつ、他モデルにも適用可能な最適化手法が望まれる。本研究では、無作為な最適化ではなく、ある基盤となるパラメータを基にした新たな最適化手法の確立を試みた。

本研究の目的のために、基盤となるパラメータは以下の必要条件を満たさなければならない。(1) 炭素フラックスと蓄積量の双方に強い感度を持つこと。(2) 他の生態系モデルにも共通な森林生態学における基盤のパラメータであること。これらの条件を満たすパラメータはアロケーション比であると考えられる。まず、アロケーション比は純一次生産として蓄えた炭素量の林木への配分をコントロールすることからバイオマスへの影響は多大である。さらに、林木内では幹から根へのアロケーション比がおおよそ地上部・地下部バイオマス比に対応する。また、残余は葉の炭素量、また枯葉となるが、それぞれ総一次生産量と生態系呼吸量に強く相関がある。従って、葉の炭素量（または Leaf Area Index (LAI)）、総一次生産量、生態系呼吸量、地上部・地下部バイオマスの再現が、適切なアロケーション比の値を設定することによって可能であると考えられる。

これらの背景を踏まえ、本研究は Biome-BGC モデルを用い、Asiaflux ネットワークから選出した4サイトでアロケーション比を基盤とする最適化実験を行った。最適化対象となる項目は、LAI、総一次生産、地上部・地下部バイオマスとした。生態系呼吸は総一次生産との高い相関から直接の最適化対象とはしなかった。幹・根、細根・葉、幹・葉の3つのアロケーション比の変化に対する、モデル・観測の差の応答分布を図示した。これにより、どのようなアロケーション比の組み合わせが対象項目を同時に再現しうるか判定した。結果として、モデル・観測の差が小さいアロケーション比の組み合わせは、総一次生産で最も多く、次いで、LAI、バイオマスとなった。全ての項目を再現しうる組み合わせは、総一次生産を再現しうる組み合わせに対し4%、同様に LAI、バイオマス再現しうる組み合わせに対し、其々、8%、10%であった。従って、全ての項目を精度良く再現する確率は、任意に総一次生産に対してアロケーション比の調整を試みた場合に最も低く、バイオマスに対して調整を試みた場合が最も高いことがわかった。しかし、いずれにしても最大10%の確率は非常に低く、パラメータ調整・最適化は単独の項目に特化するべきではないと言える。本研究から、Biome-BGC モデルでは LAI、総一次生産、バイオマス再現しうる適切なアロケーション比の値が存在することが分かった。同様の手法・解析により、他のモデルでもこれらの項目を再現できうる適切なアロケーション比の値が存在するのかが検証する必要がある。また、存在するとすれば、それらのアロケーション比の値をモデル間で比較することも必要である。

謝辞:

本研究は、環境省 環境研究総合推進費「衛星データを複合利用したモデル データ融合による陸域炭素循環モデルの高精度化」(RFa-1201)により実施された。

Japan Geoscience Union Meeting 2013

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



ACG37-P04

会場:コンベンションホール

時間:5月21日 18:15-19:30

キーワード: 最適化手法, アロケーション, 陸域生態系モデル, 炭素フラックス, バイオマス
Keywords: optimization, allocation, terrestrial ecosystem model, carbon fluxes, biomass

アフリカ大陸における動的全球植生モデルを用いた降水量と気温の周期変動による火災からの炭素放出量の変化 Change in the carbon emission from wild fire to the periodic variation of precipitation and temperature over Africa

石井 翔太^{1*}, 佐藤 永², 山崎 剛¹
Ishii Shota^{1*}, Hisashi Sato², Takeshi Yamazaki¹

¹ 東北大院・理, ² 名大院・環境

¹Tohoku Univ, ²Nagoya Univ

1 はじめに

アフリカ半乾燥地帯において山火事は高い頻度で発生するが、これは植生の構造、動態、そして分布を強く規定するとともに、大量の炭素性エアロゾルを大気中に放出させている。大気中に放出された炭素性エアロゾルは、短波放射強度を変化させることで、気候システムに影響を与えることができる。このアフリカ半乾燥地帯における山火事は、毎年発生することで炭素性エアロゾルを放出しているが、その放出量の年々変動幅は大きい。火災の発生頻度と炭素放出量は植物の生産性の変動に左右され、その植生の生産性は気候変動パターンに対する依存度が高い。これまでに動的全球植生モデルを用いて、降水量の増減に対する火災からの炭素放出量の変動パターンについて推定されている。しかし、アフリカ大陸では大西洋やインド洋の周期変化する海面温度パターンにより、年降水量も周期的に変化することが知られている。またアフリカの植生は降水量だけでなく気温変化に対しても敏感に応答するため、降水量に着目するだけでは不十分である。我々の目的は、このアフリカ大陸における年降水量と年平均気温が周期変動することによる火災からの炭素放出量の変化率、およびそのような変化が生じた原因を明らかにすることである。

2 実験方法

本研究では、Sato et al., (2007) の動的全球植生モデル SEIB-DGVM (Spatially Explicit Individual Base Dynamic Global Vegetation Model) を用いて、年降水量と年平均気温が周期変動することによる火災からの炭素放出量の変化を評価する。このモデルは木本を個体ベースで扱い、林分の空間構造を明示的に扱うことで、各木本個体の光環境を個別にシミュレートできる。火災の強度は燃料荷重、燃料の水分量、風速などから見積もられる。また火災が発生した際の樹木の死亡率は、個々の樹高を考慮して計算される。対象地域はアフリカ大陸 (37 °N-34 °S, 17 °W-59 °S) である。モデルに入力するデータセットは NCEP/NCAR の毎日の再解析データを使用するが、気温と降水量は観測ベースの Climatic Research Unit の毎月の気温と降水量データに合わせるように補正した。実験として、以下の3つを行った。まずコントロール実験として 1982-2009 年の気候パターンを繰り返し、2000 年間のスピニングアップの後、1997-2009 年における 13 年間のシミュレーションを実行した。次に 1982-2009 年の年降水量、年平均気温の平均値を気候データセットとして用いる実験、さらに標準偏差に基づいて周期変化させた気候データセットを用いる実験を行なった。

3 結果と考察

3-1. コントロール実験: シミュレーションは GFED v3 の衛星観測データにおける火災からの年炭素放出量の空間分布とよく一致した。しかし、シミュレーションにおけるアフリカの北半球側と南半球側のそれぞれの炭素放出量の領域平均値は観測値よりも過大に評価した。バイオマスを過大に推定したことが一因として考えられる。

3-2. 年降水量と年平均気温に周期変動がない場合: 年炭素放出量はアフリカの北半球側において減少、また南半球側において増加した。極端な旱魃や高温が無くなることにより樹木の死亡リスクが低減した結果、バイオマスと樹木の被覆率の増加が原因である。アフリカの北半球側においては樹木の被覆度の増加による火災の発生確率の低減、南半球側においては草本の割合が高いためにバイオマスの増加によって年炭素放出量が増加したと考えられる。

3-3. 年降水量と年平均気温に 6, 10, 20 年周期変動がある場合: 周期変動がない場合に対して、気温よりも降水量の周期変動による年炭素放出量の変化率が大きく、特に北半球側において周期が短くなるほど年炭素放出量が増加する傾向であった。年炭素放出量は位相に対しても依存度が高く、長周期ほど位相による違いが明白であった。降水量の周期変動がないときの北半球側の樹木の被覆度は、周期変動があるときと比較して低い値を示しており、その結果として相対的に火災の発生確率が高くなり、年炭素放出量が増加したと考えられる。

4 まとめ

現在の火災からの炭素放出量は気候(特に降水量)の周期変動による影響が強く、アフリカの北半球側において降水量の短周期変動による樹木被覆度の変化から炭素放出量への影響が強かった。また、長周期ほど位相による年炭素放出量の増減幅に顕著な違いがあることを示した。

Japan Geoscience Union Meeting 2013

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



ACG37-P05

会場:コンベンションホール

時間:5月21日 18:15-19:30

キーワード: DGVM, 炭素放出, 火災, アフリカ

Keywords: DGVM, carbon emission, fire, Africa

熱帯雨林の物質生産と生態系機能における気候変動に伴う干ばつのインパクト Impact of drought due to climate change on dry matter production and ecosystem function in tropical rain forests

藤井 新次郎^{1*}, 佐藤 永², 熊谷 朝臣¹
Shinjiro Fujii^{1*}, Hisashi Sato², Tomo'omi Kumagai¹

¹ 名古屋大学・地球水循環研究センター, ² 名古屋大学大学院・環境学研究科

¹Hydrospheric Atmospheric Research Center, Nagoya University, ²Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

1980年代頃から世界各地でエルニーニョ・南方振動に起因する気候変動に伴う干ばつによる樹木の一斉枯死が報告されている。熱帯域は強い太陽放射を受けるため、熱帯域の植生は炭素固定、水循環、さらには気候形成に対して強いフィードバック効果を持つ。また、熱帯林は地球の陸地面積の7-10%をカバーし陸上植生の40-50%の炭素を貯蔵しており、炭素を貯蔵する巨大な炭素シンクとして重要な生態系である。熱帯林のように多様な種で構成される生物群集では、物理環境の変化に対する反応は作用する機能群によりその影響は異なる。生物群集の中で重要な役割を果たしている特定の機能群の動態の変化は、熱帯林全体の構造や生態系機能に大きな影響を及ぼす可能性がある。これまで気候変動に伴う干ばつに対する植生の応答についてのモデル研究は行われてきたが、ほとんどモデルは枯死過程における生理生態学的なプロセスを考慮しておらず、異なる気候帯や植生の森林に適用できない。本研究では、地球温暖化などの気候変動に伴う全球レベルの植生動態の変化を予測するために開発された空間明示で個体ベースの植生動態モデルであるSEIB-DGVMを用いて、熱帯雨林の物質生産や生態系機能における干ばつのインパクトを予測した。モデルシミュレーションでは、全球気候モデルの気象値を植生動態モデルにインプットし、200年間の熱帯雨林の動態を記述した。予測結果は、マレーシアのスマトラ島の熱帯雨林において観測された大規模なエルニーニョ現象の1997/98年を含む1997-2009年間の樹木群集と気象観測の実測データと比較し、検証した。

キーワード: 干ばつ, エルニーニョ, 熱帯雨林, 生態系機能, SEIB-DGVM

Keywords: drought, El Nino, tropical rain forests, ecological function, SEIB-DGVM

低炭素シナリオにおける将来土地利用シナリオの評価 Evaluating future land-use change scenario in the negative fossile fuel emissions

加藤 悦史^{1*}
Etsushi Kato^{1*}

¹ 国立環境研究所

¹National Institute for Environmental Studies

産業革命以前からの気温上昇を安全なレベルに抑えるためには、21世紀の終わりまでに化石燃料利用による二酸化炭素排出を正味で負にする必要性が以前より指摘されている。最新の地球システムモデルによる温暖化予測実験においても、モデル間で大きなばらつきを示すものの、半数以上のモデルが全球平均気温上昇を2℃以下に抑えるためには、2080年以降に化石燃料起源の二酸化炭素排出を負にする必要性を示している。負の排出を達成するための有力な方法として、バイオ燃料の利用による炭素貯留 (BECCS) が考えられているが、付随する土地利用変化による炭素排出の懸念もあり、大規模 BECCS によるバイオ燃料利用の増加がどのような帰結をもたらすかについては、土地利用、生物多様性、炭素排出、水資源利用、食料生産との競合など、多様な相互作用を考慮した解析が必要となる。本研究では、陸域モデルを用い、大規模 BECCS 利用シナリオが仮定している土地利用の範囲内で、どれだけのバイオ燃料が現実的に生産可能なのか、またバイオ燃料作物生産に必要な土地を拡大することによる森林伐採での炭素排出量がいくらになるのかを評価した。解析の結果、現実的なバイオ燃料を考えた場合、全球平均気温上昇を2℃以下に抑えるために必要な BECCS として、シナリオで想定している倍以上の土地が必要であること、そのためには更なる森林の伐採、あるいは作物生産に利用する農地との競合が起こる可能性を示した。

キーワード: 土地利用変化
Keywords: land-use change