

大気 - 陸面 - 植生結合モデルの開発と岐阜県地域における森林生態系機能の評価

岐阜大学 非会員
岐阜大学 非会員

○加野利生 岐阜大学 正会員 吉野 純
清水 壘 岐阜大学 フェロー 安田孝志

1. はじめに

平成9年に京都議定書が採択され、2008年から5年間で温室効果ガス排出量6%削減が義務付けられている。日本はそのうちの3.9%は森林を吸収源として賄うとしている。特に岐阜県は県土の82%が森林であり、多くの森林を保有しているため、大気中の二酸化炭素の吸収源として強く期待されている。また、環境税導入や排出量取引の実施も相まって、この地域の陸域生態系による炭素固定能(純1次生産量)の面的な定量評価を行う必要性が高まってきている。

そのような背景の中で、岐阜県高山市のフラックス観測サイト(落葉広葉樹)では、10年以上前から生態プロセス観測が実施されており、生態系プロセスを正確に定量化するために必要なデータが整備されている。このような定点観測を「面」に拡張するためには、衛星リモートセンシングや、大気モデルと生態モデルの結合計算による推定に頼らざるをえない。

本研究は、岐阜県地域の森林生態系における炭素固定能を面的に把握することを目的とし、高山フラックスサイトの各種観測データを用いて熱・水・炭素収支の定量的評価を行える高精度な陸面モデルを構築し、その有用性について検証を行う。また、この陸面モデルをメソ気象モデルと結合させ、観測サイトの無い場所でも面的に炭素収支を推定できる大気-陸面-植生結合モデルを開発し、岐阜県地域の炭素・水・熱収支マップの構築を目指す。

2. 研究内容

2.1 陸面モデルのオフライン実験

本研究は、NCAR LSM (Land Surface Model: Bonan, 1996)をベースとして、植生キャノピーを考慮した熱・水・炭素交換量(フラックス)を評価できる高精度な陸面モデルを構築する。デフォルトのNCAR LSMは北米地域の典型的な森林を想定したものであり、モデル内の各種パラメータは十分な精度を有しているとは言えない。そこで、モデル内部の生態系機能パラメータをこの地域に適切な値に変更する必要がある。本研究では、過去の気象観測データを入力値とするオフライン実験により、高山サイトの各種生態系パラメータの高精度化について検討を行い、改良された陸面モデルの精度検証を行った。

具体的には、2003年1月~12月の1年間を対象として、NCAR LSMを用いて、1) デフォルト設定の場合(OFR1)、2) 葉面積指数(LAI)などの植生機能パラメータの観測値を代入した場合(OFR2)、3) 2)に加え、林床における積雪・ササの光学特性(反射率)を変更した場合(OFR3)、の3種類の比較実験を

行い、同サイトにおけるフラックス観測値により精度検証を行った。

2.2 結合モデルによる数値実験

本研究では、更に、植生を考慮した陸面モデルNCAR LSMと高解像度メソスケール気象モデルPSU/NCAR MM5 (Dudhia, 1993)をシェルベースで結合させることにより、観測データの無い場所でも広く面的に生態系機能の評価できる大気-陸面-植生結合モデルを構築した。各モデル間では、様々な陸面過程パラメータが交換される。双方向結合の実現により、大気・陸面・植生間における複雑なエネルギー交換・炭素交換過程を面的に評価できるのみならず、地上気象要素の予測精度をも向上させるものと期待される。

ここでは、結合モデルの入力値となる土地被覆分類の重要性について調べるために、1) USGSの土地被覆分類を使用した場合(CMR1)と、2) LANDSATによる高解像度画像とUSGSを組み合わせた独自の土地被覆分類を使用した場合(CMR2)、の2種類のデータを入力値として感度実験を行い、土地被覆分類の違いによるフラックスの応答特性について検討した。気象モデルの初期値・境界条件として、気象庁メソ客観解析値(10kmメッシュ)を用い、高山サイトを中心として2003年8月7日~8月13日の1週間計算を行った。水平解像度は3kmと1kmとした(双方向ネスティング)。

3. 結果と考察

3.1 オフライン実験の結果

ここでは、特に各オフライン実験により評価された正味生態系交換量(以下、NEE)と、顕熱・潜熱フラックスの総和(以下、熱フラックス)について精度検証を行った結果を示す。

図1(a)は、NEEの月平均値の時系列を示している。OFR1ではNEEのピーク(光合成側の卓越)が観測値よりも約1ヶ月早く生じている。これは、特にOFR1におけるLAI設定に問題があるからであり、実際よりも早い時期に展葉し、早い時期に落葉するような設定となっているからである。一方で、OFR2ではLAI等の植生機能パラメータが高山におけるフェノロジー観測値に置き換えられているために、植生機能の季節変化をより適切に捉えた時系列となっていることが分かる。また、OFR3は、OFR2とほぼ一致する結果を得ている。このことは、ササや積雪など林床における光学特性の変化が、林冠の光合成機能に殆ど影響しないことを意味している。

図1(b)は、熱フラックスの月平均値の時系列を示している。OFR1やOFR2では、冬季から春季にか

けて過大評価をしており、モデルでは日射を地表面が過大に吸収（過小に反射）していることを意味している。冬季の場合、落葉広葉樹では、林冠層による光の遮断はほとんどなく、多くの光が地面にまで到達するものと考えられる。しかしながら、冬季の地面は雪に覆われるため、大半の日射は反射され、地表面での吸収は抑制されるはずである。また、春季の場合は、積雪量は減少するものの、林床のササ存在のために、OFR1 や OFR2 の設定（裸地）のままでは、特に近赤外領域で適切な反射量が再現できないものと考えられる。そこで、OFR3 の改良を行ったところ、冬季や春季における熱フラックスの過大評価が抑えられ、より高い精度でエネルギー収支を計算できることが理解された。

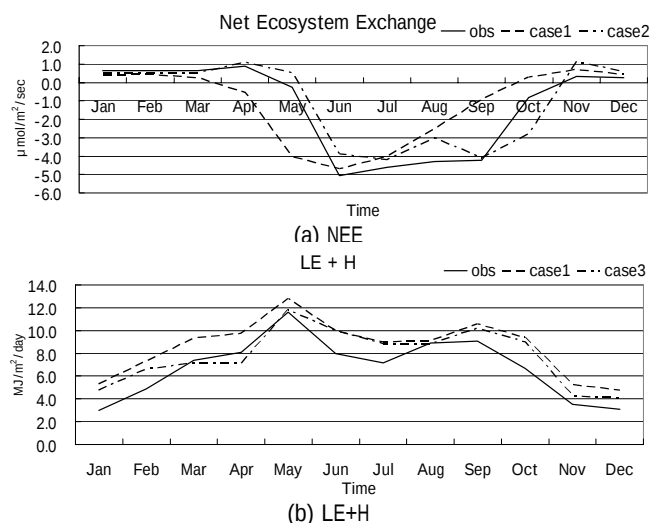


図 1：月平均値の各実験結果

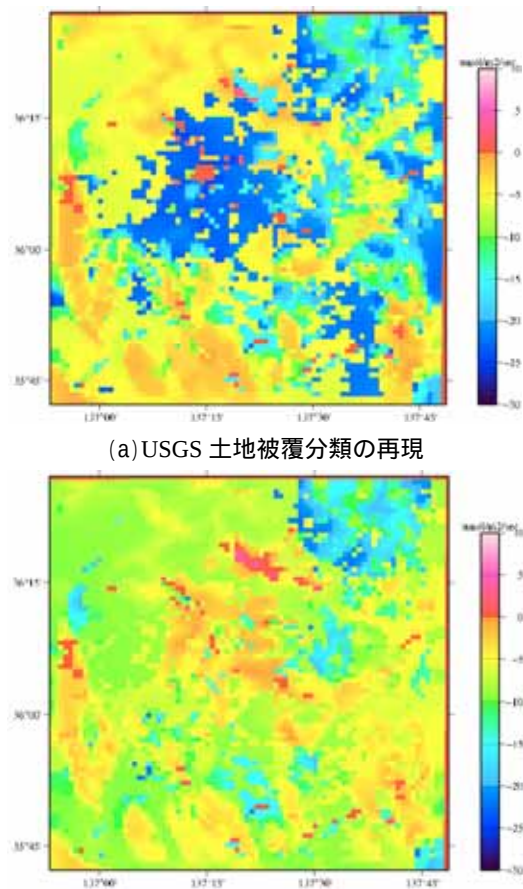
3.2 結合モデル実験の結果

ここでは、異なる 2 つの土地被覆分類データを入力値として、大気 - 陸面 - 植生モデルにより計算された結果を考察する。図 2 は、それぞれの実験による 2003 年 8 月 7 日 11 時（日本時間）における NEE 空間分布を示している（1km 解像度）。

高山サイトにおける NEE 値を見ると、CMR1 では約 $-20 \mu\text{mol/m}^2/\text{s}$ を、CMR2 では約 $-7 \mu\text{mol/m}^2/\text{s}$ を示し、土地被覆分類の違いにより大きく炭素固定能に違いが生じることが明らかとなった。高山サイトにおける土地被覆分類の相違について調べると、CMR2 では「落葉広葉樹」と適切な設定がなされ、CMR1 (USGS)ではこの地域には存在し得ない「サバンナ」という誤判定となっていた。結果として、このような炭素吸収量の違いに繋がったものと考察できる。

この時刻、高山サイトにおける NEE 観測値は約 $-20 \mu\text{mol/m}^2/\text{s}$ と大きな負値（光合成側）を示し、結果として、CMR1 の方が高精度な結果になってしまったが、これは、結合モデル中の陸面モデルがデフォルト設定（前節の OFR1）のままで結合されていることが原因であり、衛星リモートセンシングによ

り各種生態系機能パラメータを面的に適用できるようになれば、より高精度に炭素固定能を面的評価できるようになると考えられる。



(b) 独自の土地被覆分類の再現

図 2：2003 年 8 月 7 日 11 時の NEE 分布

謝辞

本研究は、岐阜大学 21 世紀 COE プログラム「衛星生態学創生拠点」の一環として行われています。本研究を実施するにあたり、岐阜大学 COE メンバーの皆様方には多大なご指導を受けました。また（独）産業総合研究所の三枝信子氏には高山サイトの貴重な観測データを提供して頂きました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

参考文献

1. Dudhia, J. (1993) A nonhydrostatic version of the Penn State-NCAR Mesoscale Model: Validation tests and simulation of an Atlantic cyclone and cold front, Mon. Wea. Rev., 121, 1493-1513.
2. Bonan, G.B. 1996. A land surface model (LSM version 1.0) for ecological, hydrological, and atmospheric studies: technical description and user's guide. NCAR Technical Note NCAR/TN-417+STR. National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado. 150 pp.