

課題3.1 衛星観測とモデルの結合による陸域生態系炭素収支の計測と評価

東京大学生産技術研究所 安岡善文 (yyasuoka@iis.u-tokyo.ac.jp)

1. はじめに

長い歴史の中で局所的、地域的なテーマと考えられていた陸域生態系の構造や機能が、温暖化などの地球レベルでの環境問題と密接な関係を有していることが近年の観測や研究から明らかとなってきた。しかしながら、陸域生態系は、植生、土壌、水などの構成要素の分布が地域的/局所的かつ非均一である上に、要素が複雑に絡み合っていてその機構を明確にモデル化する事が難しく、大気、海洋などに比べその観測、モデル化が遅れているのが実状である。

本稿では、近年開始された陸域生態系における炭素循環過程を観測し、さらに観測結果をモデル予測につなげてゆくための研究について、その現状を紹介する。特に、地域、大陸スケールでの炭素循環を評価するために、衛星や航空機からのリモートセンシングと地上観測を併用して、生態系における生物生産量、炭素吸収量を計測・評価し、さらにこれをモデル予測と結合する試みについて紹介する。

衛星観測とモデルシミュレーションを結合して、陸域生態系パラメータをより精度の高いで評価する試みは、例えば、文部科学省 RR2002 プロジェクト“人・自然・地球共生プロジェクト”による「陸域生態系モデル作成のためのパラメタリゼーションに関する研究」や、環境省地球環境総合推進費による「アジア陸域生態系の炭素収支変動予測と 21 世紀の炭素管理手法の検討」など近年始められた大型の陸域生態系研究プロジェクトにおいて核となるスキームとなっている。本稿では、特に、筆者が課題代表を務める RR2002 プロジェクト「陸域生態系モデル作成のためのパラメタリゼーションに関する研究」における研究の概要、成果を紹介する。

2. 研究の目的

本研究は、地球変動モデルの統合化に向けて不

可欠な要素である陸域生態系サブモデル作成のためのパラメタリゼーション、観測手法の開発を目的とする。陸域生態系モデルとして、日本で独自に開発された陸域生態系炭素循環モデルである Sim-CYCLE を取り上げ、Sim-CYCLE の高度化に必要なパラメータの同定、観測を行い、さらに、観測結果を Sim-CYCLE に結合して、モデルシミュレーションの高精度化を図ることを目的とした。

また、観測とモデルをつなぐパラメータとして、陸域生態系パラメータの中でも重要なパラメータであり、地上レベルからリモートセンシングまで観測が可能な葉面積指数 (LAI) を取りあげ、観測された全球レベルでの LAI 分布をモデルに入力してモデル出力を調整することによりシミュレーションの高精度化を試みた。

3. 研究の方法

全球レベルでの精度の高い予測を可能とするためには、異なる気候帯、森林タイプでのパラメタリゼーションが要求される。このために、アジア域を中心とする温帯域、寒帯域に焦点を合わせて実験サイトを設定し、地上観測、フラックスタワー観測、リモートセンシングの 3 段階により観測を開始した。

また、これらの多段階観測データをもとに、局所スケールから大陸・地球スケールまでスケールアップ観測された空間分布パラメータ (LAI) を、Sim-CYCLE に直接入力し、観測データとモデルの融合によるモデルシミュレーションの高精度化を図った。

以上の研究を推進するために、

- ・ 寒帯域における生態系パラメタリゼーション
- ・ 温帯域における生態系パラメタリゼーション
- ・ リモートセンシングによるスケールアップパラメタリゼーション

の 3 サブ課題として研究体制を構築した (図 1)

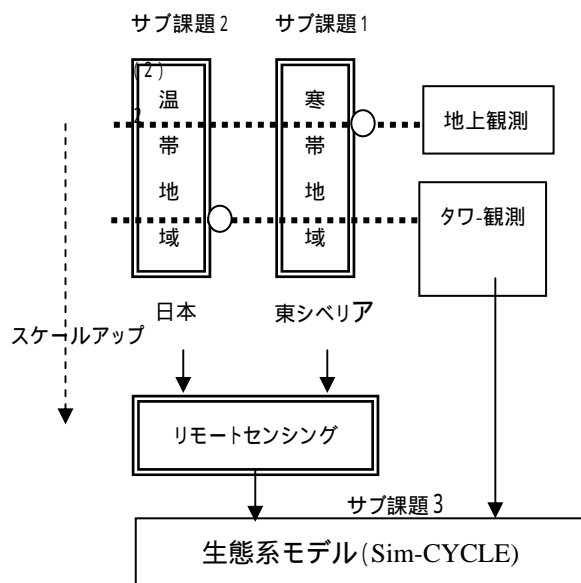


図1 研究の構造と方法

4. 研究の成果

(1) 攪乱を中心とした生態系パラメータの変動観測（シベリア、北海道）

東シベリアの寒帯林、北海道の温帯林において、地上観測ならびにフラックスタワー観測を実施し、様々な条件下での生態系パラメータの変動を評価した。特に、シベリアにおいては、森林火災、伐採等の攪乱により生態系における炭素収支（フラックス）がどのように変動するかを調べた。その結果、それまで CO₂ の吸収源であった森林は、攪乱直後には放出源となり、2-3 年で次第に回復することが示された。

(2) FACE 実験による高濃度 CO₂ 条件下での植物応答観測（北海道）

モジュール FACE 実験システムを構築し、幼樹から高濃度 CO₂ に暴露することにより、植物の成長がどのように変化するかを評価した。370ppm

（コントロール）と 500ppm を暴露した植物において、樹種、土壌に違いは有るものの、高濃度 CO₂ に暴露した植物の LAI は有意に高い増加を示した。また、成長量（D²H）は、ケヤマハンノキでは、土壌によらず有意に高い成長を示し、シラカンバ、カラマツでは火山灰土壌で有意に高い値を示した。本実験で使用したモジュール FACE は、樹木の周りを囲んだパイプから常時 CO₂ を放出し、高濃度 CO₂ に植物を暴露するもので、小規模ではあるが、自然状態で植物の高 CO₂ 濃度環境応答を評価できる手法である。高濃度 CO₂ 環境下での植物応答については観測データがないことから貴重なデータが得られるものと期待される。

(3) 衛星観測 LAI による Sim-CYCLE シミュレーションの調整（ナッジング）

モデルによるシミュレーションは、将来予測など通常の観測では得られないパラメータの評価を可能とする。しかしながら一方で、システムを全てモデル化することは難しく、また未知のパラメータも多いことから、シミュレーション結果には多くの誤差が含まれるという問題も指摘されている。本研究では、地上観測ならびに衛星観測により得られるパラメータの空間分布（LAI）を Sim-CYCLE モデルに入力し、より高い精度でモデルシミュレーションを行う手法を開発した。図 2 には、衛星センサ MODIS から推定された全球の LAI 分布を Sim-CYCLE に入力し、モデルシミュレーションによる LAI の結果を調整（ナッジング）して推定した準一次生産量（NPP）結果を示した。地上観測の結果と照合した結果、ナッジングによる手法は高い精度での予測を可能とすることが示された。

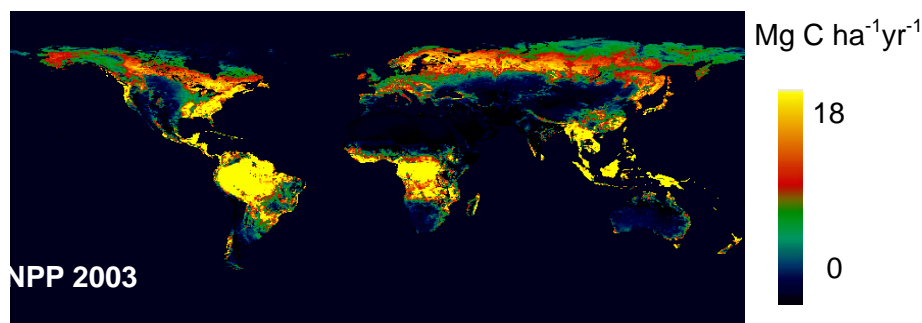


図2 衛星データ（MODIS-LAI）とモデル（Sim-CYCLE）の結合による全球準一次生産量（NPP）の推定