

財団法人 科学技術融合振興財団
平成23年度（2011年度）
調査研究助成申請書

平成23（2011）年 9月 9日

氏名 <small>(フリガナ)</small>		(サトウ ヒサシ) 佐藤 永 印			
研究課題		気候変化に伴う植生の構造と機能の変化を予測する学習用シミュレーターの試作			
		該当する課題に <input checked="" type="checkbox"/> 記入 <input type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/> B(1) <input type="checkbox"/> B(2)			
提出者事項	大学・学部・学科 所在機関・部・室	名古屋大学大学院 環境学研究科 グローバル COE 研究室		職名	特任准教授
	所在地	〒464-8601 名古屋市千種区不老町 TEL: 052-789-5111(代表), FAX:052-789-5111			
	連絡先	〒464-8601 名古屋市千種区不老町 D2-1(510) TEL: 052-747-6546(直通), FAX: 052-747-6520 E-mail:			
	学歴	大学 東京大学 平成 7(1995)年卒業 大学院 九州大学大学院 平成 12(2000)年終了	学位	理学博士	
共同研究者	(氏名)	(所属機関)	(職名)	(学位)	
<p>1. 調査研究目的</p> <p>地球上には様々な植生が存在するが、どの地域にどのような植生が生じるのかは、主にはその土地の気候環境が決定する。例えば、一年を通じて温暖で湿潤な地域には熱帯多雨林が、一年を通じて温暖だが乾燥している地域には、乾燥のパターンや度合いに応じて熱帯季節林・ステップ・砂漠が広がるといった具合である。その一方で、植物生態系の分布や構造は、陸面の太陽光反射率・葉面からの蒸散量・生物量や土壌有機物としての固定炭素量、等々を変化させることで、気候環境と密接に相互作用する。現在の気候環境は、このような相互作用によって作りだされていると考えられている。</p> <p>申請者は、現在地球で進行している急速な気候変化のもとにおける、植生帯の分布と機能の変化を予測するため、動的全球植生モデル (DGVM) と呼ばれるシミュレーションモデルを開発してきた。DGVM は、気象・土壌データを入力に用いて、植生の短期的応答（光合成や呼吸量など）と長期的応答（植生帯や生物量の分布など）の両者を出力するモデルである（図1）。</p>					

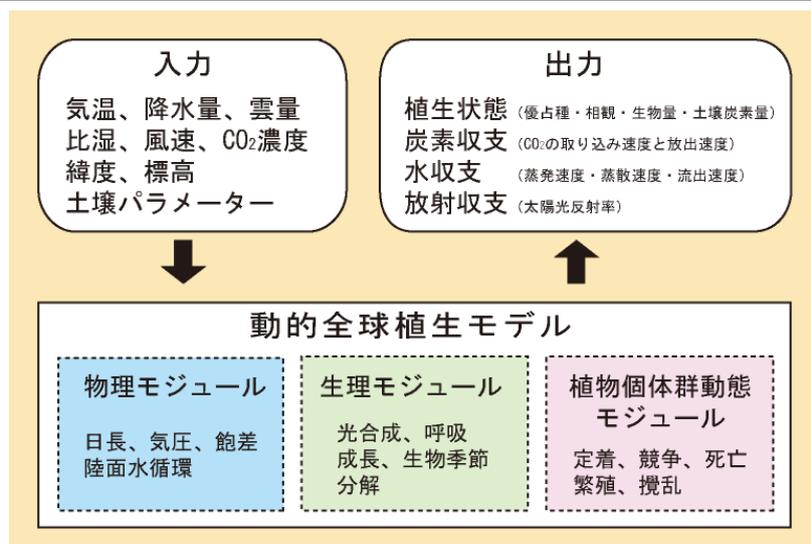


図1：動的全球植生モデル（DGVM）の入出力、及び構成

本計画の目的は、申請者らが開発した DGVM である SEIB モデルを元として、気候環境の変動に対する植生の反応をシミュレートする学習用ソフトウェアを試作するものである。このソフトウェアは、計算の中心部分には最先端のシミュレーションモデルを採用しながらも、一般的なパソコンにおける GUI による直感的な操作を通じて、環境問題や植生に興味を持つ非専門家が学習に利用できるものである。

この学習用ソフトウェアによるシミュレーションの具体的例を二つ挙げる。以下のような植生変化がパソコン上で観察できることが、期待される。

- (a) 日本の本州においては今後予測されている温暖化に伴って、ブナ林のような冷温帯性広葉樹林の大部分が、徐々に暖温帯照葉樹林へと移り変わる。この森林構成の変化は、炭素・放射・水の各収支の季節変化を平滑化するという、生態系機能の変化をもたらす。
- (b) アフリカ東部の広い範囲においては、今世紀末までに降水量が増加することが予測されている。この降水量の増大と、大気中 CO₂ 濃度増加に伴った植物の水利用効率の向上により、この地域の現植生である草原やサバナの多くが、徐々に落葉性広葉樹林へと変化する。この植生変化は、陸域の炭素貯留量と炭素フラックスを共に増大させ、陸面の太陽光反射率を低下させ（それに伴い正味放射量を増大させ）、また顕熱／潜熱比（ポーエン比）を低下させる。

なお、SEIB は全球の陸面を 0.5 度×0.5 度程度の粗い格子で覆い、個々の格子を 30m×30m の大きさの仮想植生 1 つで代表させている。そして、このように大きな地理スケールの計算を、大型のグリッド計算機を用いることで実現させている。本計画で開発する学習用ソフトウェアは、一般的なパソコン上でストレス無く実行できるものを目標とするため、1 度に任意の 1 地点の計算のみを行うステーション計算版とする。

完成したソフトウェアは、解説書類と共に、Web Site にて広く公開する。そして宣伝のため、米国地理連合大会などにポスターを出展し、またサイエンスカフェなどでも紹介を行う。

(注：年号については、和暦と括弧書きで西暦を付記してください。)

2. 調査研究実施計画

これまでの申請者らの研究開発によって、以下の実績が得られている。本計画は、これらをベースとして実施される。

(a) モデル本体のコードや、各種の技術資料を、Web Site (<http://seib-dgvm.com>) にて公開している。コードは、2005年10月に公開を開始し、これまでに25回の公式バージョンアップを経て、その頑健性は著しく向上した。また、多くの利用者を獲得し、その成果は多数の論文として出版されている。

(b) 上記 Web Site において、気象データ取り出しシステムを稼働させている。これは、任意の緯度・経度・年を入力すると、それに対応する気象データが、SEIBの入力形式に整形されて出力されるものである。このシステムでは、観測ベースの全球気象データ(0.5度メッシュ, Monthly)を元データとし、これを線形補完することで利用者の指定した座標の気象データとし、そこに気象モデル由来の気温や降水量の月内変動を付加することで Daily データに変換する。

(c) 研究者向けに、シミュレーション結果可視化ソフトウェア SEIB-Viewer (図2) を公開している。これは、入力した気象データの要約や、出力された植生の構造や機能の時系列変化を分かりやすく表示することで、シミュレーションの内容を直感的に把握するための GUI ベースのソフトウェアである。

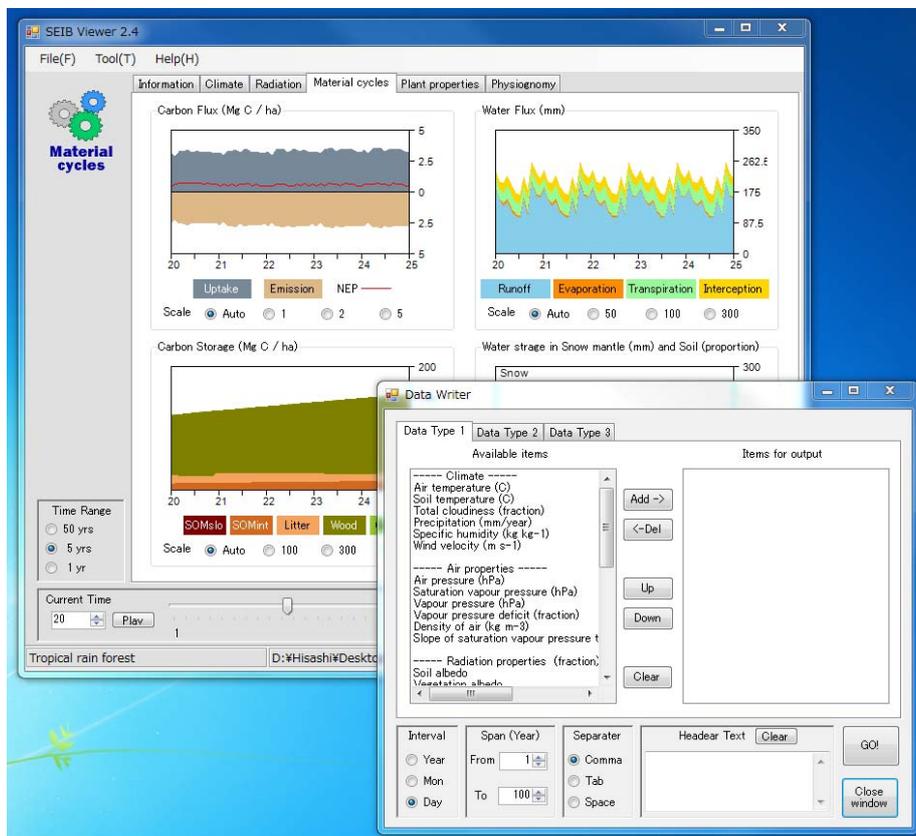


図2:SEIBのシミュレーション結果を表示・解析するための GUI ベースソフトウェア SEIB-Viewer

本計画が目的とする学習用ソフトウェアは、上の(c)の SEIB-Viewer をベースとして開発する。まずは、SEIB-Viewer に残存する幾つかの技術的不具合、例えばメモリや CPU 使用量が過大となる場合がある点など、を修正する。続いて機能の高度化を行う。現在は、植生の三次元構造の可視化は、レンダリングソフトウェア (POV-Ray) 上にて別個に行っている。これを Direct Draw を用いて、SEIB-Viewer 上でリアルタイムに描画させる。

その後、SEIB-Viewer と SEIB 本体を Microsoft Visual Studio 上で統合し、シミュレーションの実行と可視化とを、単一のソフトウェアにおいてシームレスに運用できるようにする。SEIB-Viewer は Visual Basic で、SEIB 本体は Fortran90 で構築されているため、これまではシミュレーションの実施と可視化は、それぞれ別個に行う必要があった。また、現在、パラメーターファイルはテキストエディタで値を直接書き換えているが、そのような操作も同じソフトウェア上で行えるようにする。

上の(b)で述べた気象データセット取り出しシステムについても、拡張を行う。現在のシステムにおいては、20 世紀の気象データのみを取り出せる作成することが出来るが、これを 21 世紀の予測気候データも作成できるようにする。ベースとなる 21 世紀気候予測データは、IPCC の第 4 次報告書に記載するため各国の研究機関より提出された予測データを用いる。

3. 調査研究の独創性及び効果

DGVM における植生の表現とは、陸面を粗い格子で分割し、個々の格子の上を均一な葉群が覆っていると仮定する「Big Leaf モデル」や、またはその格子における平均的な木本や草本のそれぞれ 1 個体で植生を代表させる「平均個体モデル」といった、極めてシンプルなものが一般的である。

他方 SEIB では、陸面の各格子を代表する 30m×30m、または 100m×100m の大きさの仮想植生に、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ている (図 3)。このような植生の扱いは、他の DGVM においても採用されつつあるが、SEIB は当初から局所的な個体間競争を扱ったパイオニア的なモデルである。このような植生の表現により、例えば伐採後の陽樹から陰樹への遷移や、ギャップ動態 (大木の枯死に伴った森林構造の局所的な崩壊と再生) など、より現実的な植生動態を再現することを可能にしている。

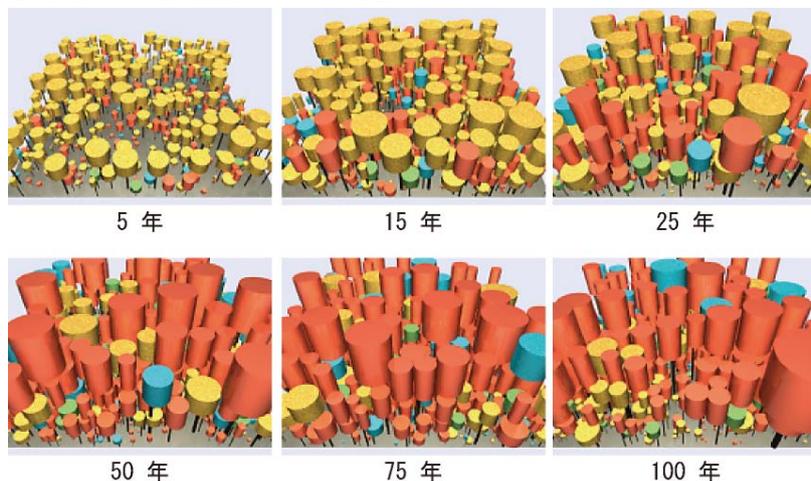


図3：SEIBによってシミュレートされた熱帯多雨林の発達。半島マレーシアの気候と位置データを与えて、皆伐後の植生の回復をシミュレートした。先駆樹種（黄）から極相樹種（赤・青・緑）への遷移が再現されている。仮想植生の大きさは100m×100m

本計画で試作する学習用ソフトウェアは、気候環境の変化に伴う、植生の構造と機能の変化をシミュレートするものである。そして、そのような過程において、いかに競争や定着といった植物個体群が関与するのか、SEIBを用いることで検討できる。例えば、樹木の種子拡散能力が低い場合、新しい気候環境に適応した樹種の侵入が遅れることで、植生が新しい平衡状態に達するまでには、大きな時間遅れが生じることになる。このような事象は、Big Leafモデルや平均個体モデルを採用したDGVMでは、的確に扱うことが出来ない。

また、よりリアルな植生動態を扱うことで、学習用ソフトウェアとして、より多くの人々の興味や関心を引くことができると期待される。さらに、パラメーターファイルを変更することで、市民団体や学校の課外活動などで得た森林の調査結果を、このソフトウェア上で再現させるなどといった使い方も可能となるであろう。

4. 調査研究の国内外の動向

百年から数百年という時間スケールの長期的な気候変動においては、陸域生態系が保持する炭素量の変動や、植生の分布変化に伴った放射・熱・水収支の変動が大きな影響を持つと考えられている。そのため、そのような時間スケールの気候変動を予測するシミュレーションモデルには、植生の分布や機能の変化を予測するDGVMを結合させることが一般的になりつつある。

これまで世界で10を越えるDGVMが開発されているが、我が国では申請者らが開発したSEIB-DGVMが唯一である。SEIB-DGVMは、現在までに日本の地球システム統合モデルに結合され、IPCC第5次報告書に向けた気候変動予測のため、地球シミュレーター上で運用されている。

殆どのDGVMはコードを公開していない。またSEIBも含めて、例え公開していたとしても、専門の研究者以外が用いることは難しい状況にある。しかし、気候変動において植生が能動的な役割を持つことを教育する上で、DGVMは優れたツールとなり得る。申請者は、このことを証明したいと希望している。

5 . 提出者が最近5ヶ年間に学会誌等に発表した論文のうち、主要なものを3編程度記述して下さい。これらのうち、本調査研究に関連のあるものについては別刷またはコピーを添付して下さい。

Sato H, Kobayashi H, Delbart N (2010)

Modeling vegetation structure and function in an east Siberian larch forest using the dynamic vegetation model SEIB-DGVM

Forest Ecology and Management 259, 301-311

Sato H (2009)

Simulation of the vegetation structure and function in a Malaysian tropical rain forest using the individual-based dynamic vegetation model SEIB-DGVM

Forest Ecology and Management 257(11), 2277-2286

Sato H, Itoh A, Kohyama T (2007)

SEIB-DGVM: A New Dynamic Global Vegetation Model using a Spatially Explicit Individual-Based Approach

Ecological Modelling 200(3-4), 279-307.

佐藤永 (2008)

生物地球化学モデルの現状と未来 ～静的モデルから動的モデルへの展開～

日本生態学会誌 58(1), 11-21.

(注：年号については、和暦と括弧書きで西暦を付記してください。)

調査研究助成事業

6. 助成費の使用計画

(単位：円)

費用	全体の予算	内助成希望金額	内容
備品費	0	0	
消耗品費	30万	15万	ソフトウェア、HDDなど
旅費	180万	70万	米国地理連合大会参加など
人件費	0	0	
その他	30万	15万	書籍、英文校正など
合計	240万	100万	

7. 最近5ヶ年間に研究費など、他機関より助成金等を受けた主な実績及び現在申請中のもの

(1) 本研究に関するもの

(年度)

(助成金等の名称)

(金額：千円単位)

平成 22～25 年度 (2010～2014年度)	名古屋大学グローバル COE プログラム「地球学から基礎・臨床環境学への展開」	研究分担金 700 千円 ×4 年度
平成 19～21 年度 (2007～2009年度)	21 世紀気候変動予測革新プログラム「GCM と結合される全球植生動態モデルの高度化と検証」	研究分担金 1500 千円 ×3 年度
平成 14～18 年度 (2002～2006年度)	人・地球・自然共生プロジェクト「地球温暖化予測統合モデルの開発」	研究分担金 1500 千円 ×5 年度

(2) 提出者に関するもの

(年度)

(助成金等の名称)

(金額：千円単位)

平成 23～25 年度 (2011～2013年度)	三井物産環境基金（一般・萌芽）	研究分担金 100 千円 ×4 年度
平成 22～25 年度 (2010～2014年度)	名古屋大学グローバル COE プログラム「地球学から基礎・臨床環境学への展開」	研究分担金 700 千円 ×4 年度
平成 19～21 年度 (2007～2009年度)	21 世紀気候変動予測革新プログラム「GCM と結合される全球植生動態モデルの高度化と検証」	研究分担金 1500 千円 ×3 年度
平成 14～18 年度 (2002～2006年度)	人・地球・自然共生プロジェクト「地球温暖化予測統合モデルの開発」	研究分担金 1500 千円 ×5 年度

(注：年号については、和暦と括弧書きで西暦を付記してください。)