

# GCMと結合される全球植生動態 モデルの高度化と検証 (A④\_03)

和田英太郎<sup>1</sup>, 伊藤昭彦<sup>1,2</sup>, 佐藤永<sup>1</sup>, 加藤知道<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 海洋研究開発機構 地球環境フロンティア研究センター

<sup>2</sup> 国立環境研究所

**背景:** 100年後、300年後、陸上生態系の分布や機能はどう変わるのか？  
その結果、大気－陸面のフィードバックは、いかに変わるのか？

**目標:** 全球植生シミュレーションの信頼性を向上させ、これによって  
気候変動予測の不確実性を低減する

# プロジェクトの全体構成

## 全球植生モデル

既存のローカル  
モデルを結合

地域・生態系に特有な  
諸機構を導入

スケールアップ法  
の改善

地形的な多様性の  
適切な扱い

モデル利用体制  
の整備

野外研究者との協力体  
制を築くことにより、長  
期的なモデル発展を可  
能にする

土地利用モデル  
の開発

土地利用の適切な扱い

SEIB-  
DGVM

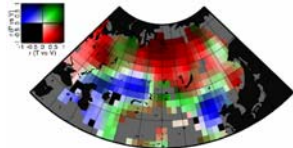
植生変化の  
パラメタライズ  
土地利用  
モデル

Sim-CYCLE

## 衛星データ



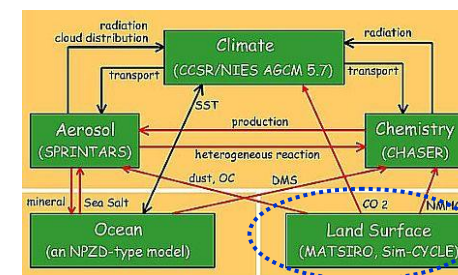
樹冠構造分布



植生発達の  
制限要因分布

広い地理スケールでの検証

## 地球システム統合モデル



陸面サブ  
モデル

高い信頼性を有する  
陸面サブモデルを提供

# 目次

動的モデルSEIB-DGVMの高度化

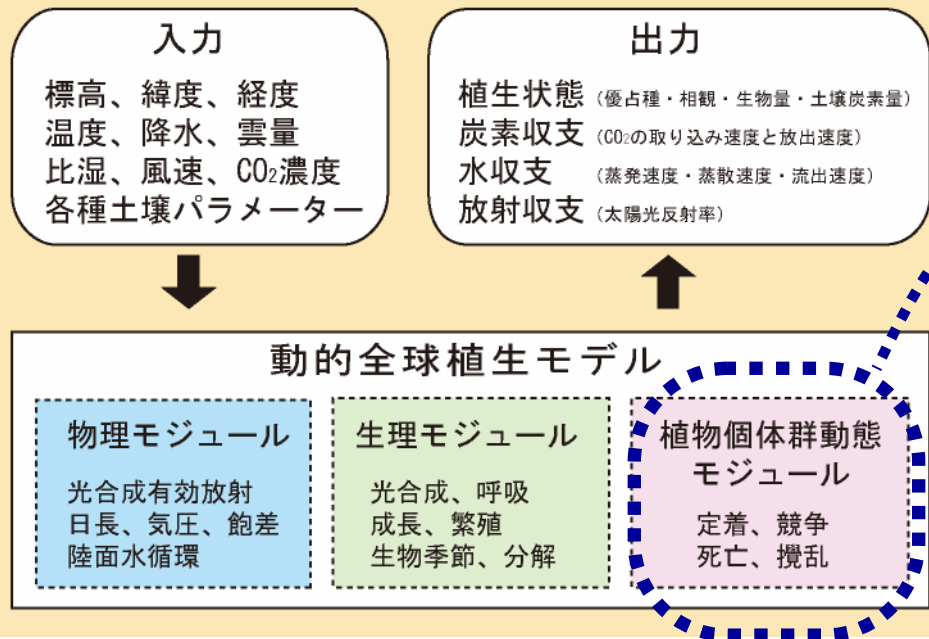
静的モデルSimCYCLEの高度化

モデルの検証

5年後に期待される成果

# 動的全球植生モデルSEIB-DGVMについて

## 動的全球植生モデルの基本構造と入出力



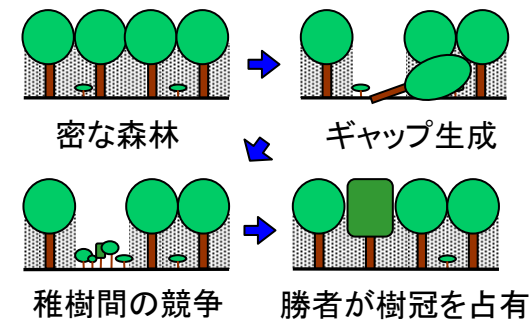
## 植物個体群動態の扱い方

個体ベースで表現された木本が光と空間を求めて局所的に競争する



## その理由

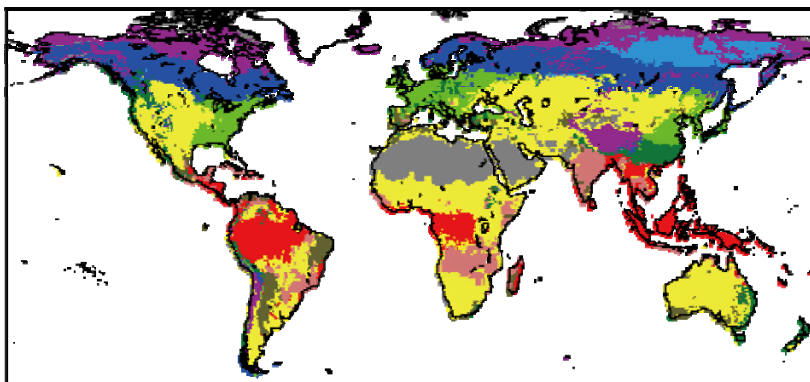
気候変化に対する植生の応答を予測するためには、**局所的な個体間相互作用**を考える必要がある



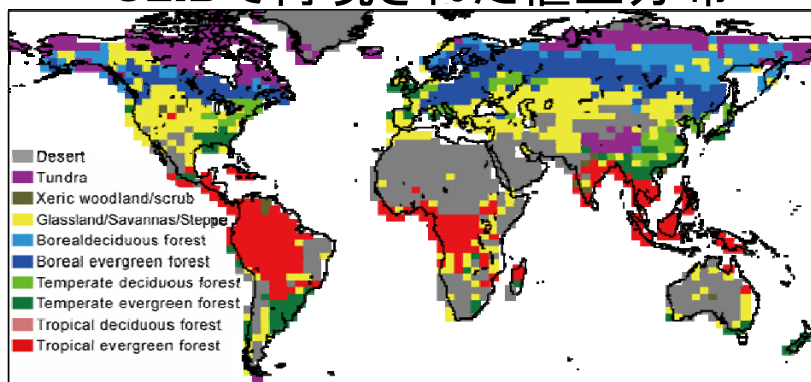
個体間相互作用を陽に扱う**世界唯一のDGVM**。既存の植物個体群動態の知見やデータとの親和性が高く、今後大きな発展が期待される。

# SEIB-DGVMによる現在植生分布の再現

実測された自然植生分布



SEIBで再現された植生分布



他モデルの出力範囲

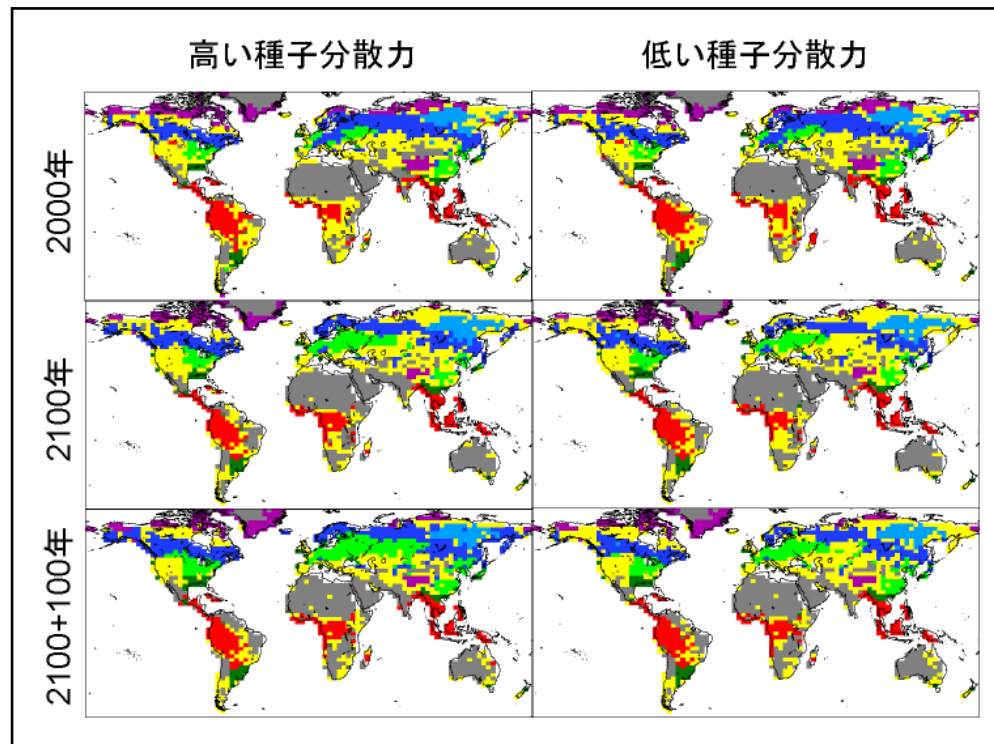
SEIB-DGVMの出力

|                                                          |             |           |
|----------------------------------------------------------|-------------|-----------|
| 生物量 (Pg C)                                               | <b>585</b>  | 557-925   |
| 土壌有機炭素量 (Pg C)                                           | <b>1146</b> | 850-1200  |
| 純生産量 (Pg C yr <sup>-1</sup> )                            | <b>44.7</b> | 44.4-66.3 |
| 流出水量 (10 <sup>12</sup> m <sup>3</sup> yr <sup>-1</sup> ) | <b>38.5</b> | 36        |

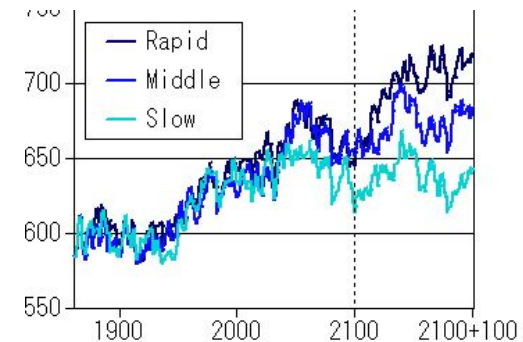
業界水準としては、まずまずの再現性が得られている。しかし、熱帯性落葉樹林や疎林帯など、降水量に制限されている植生の再現性が悪いなど、改善の余地は大きい。

# SEIB-DGVMに期待される成果の例(植生の変化予測)

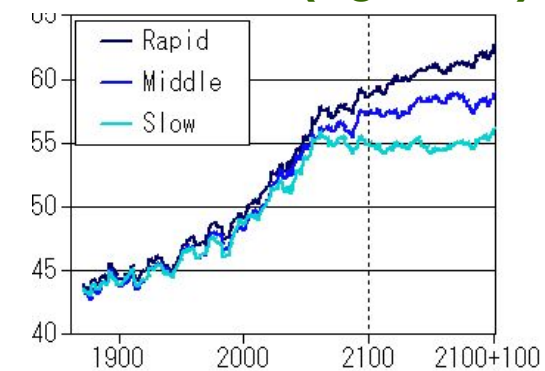
低い種子分散力の元では、植生変化が気候変化に追従できず、疎林帯の分布域が拡大し、生産量・バイオマス共に低くなると予測された。



### 全球バイオマス (Pg C)



### 全球生産量 (Pg C Yr<sup>-1</sup>)



このようなシミュレーションは、**植生やバイオマス変化への人為的関与**のあり方について、提言を行う基礎となることが期待される



# SEIB-DGVMの高度化(1):ローカライズによる高度化

現在のモデルは、全ての生態系において共通して働くプロセスのみから構成されている



本課題では生態系タイプや地域に特異的な機構を、取り込んでいく。



その際に、既存の研究やモデルを最大限有効に活用する。(SEIB-DGVMの個体ベースや空間構造的な特徴は、既存の森林シミュレーターとの親和性が高い)

具体例: 熱帯常緑林シミュレーターFORMINDの取り込み

## 森林動態モデルFORMIND

- 個体ベース
- 多様性を生物機能型(PFT)で要約
- 計算ステップ: 1年
- 入力: 植生の状態(初期値)
- 出力: 植生の状態
- 主なモデルの構成要素(PFT毎)
  - 光合成パラメーター
  - 幹と樹幹のアロメトリー
  - 材密度
  - 死亡率(成長速度と混雑度の関数)
  - 定着に必要な照度
  - GAP生成頻度

SEIBへ導入する。計算ステップや、木本個体への光分配の方法などに変更が生じるため、モデルの挙動は多少変化する。そこで若干の調整作業が必要となる。

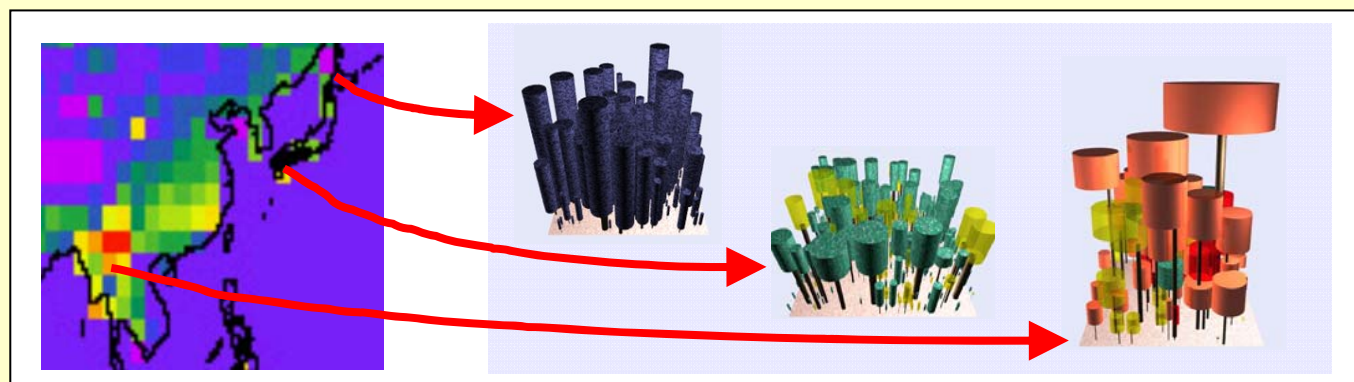
**GCMに結合可能なシミュレーターへ!**

計算ステップ: 1日  
入力: 気象値、緯度・経度  
出力: 炭素・水・放射収支、植生の状態

## SEIB-DGVMの高度化(2):スケールアップ法の改善

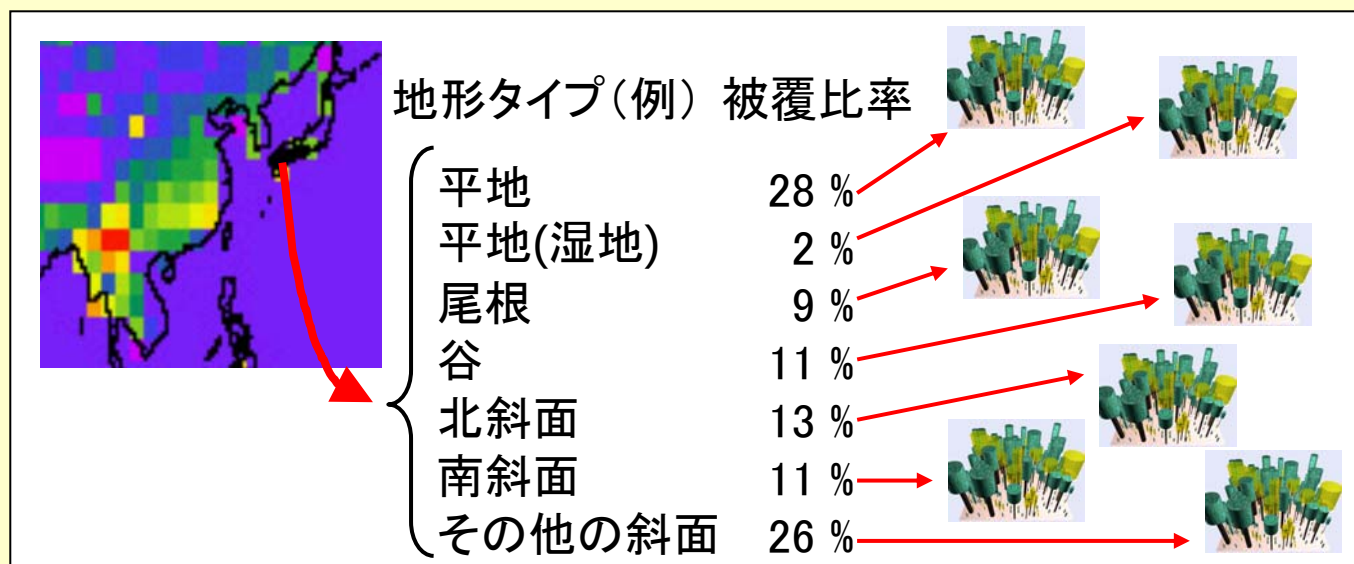
### 現在の方法

各グリッドボックス  
を1つの小林分(草  
原)で代表させる



### 改善方法

地形タイプを10種  
類程度にクラス分  
けし、各地形タイプ  
を1~5の仮想森林  
で表現させる



計算力を極力節約しながら、グリッド内の地形多様性を扱う



# 目次

動的モデルSEIB-DGVMの高度化

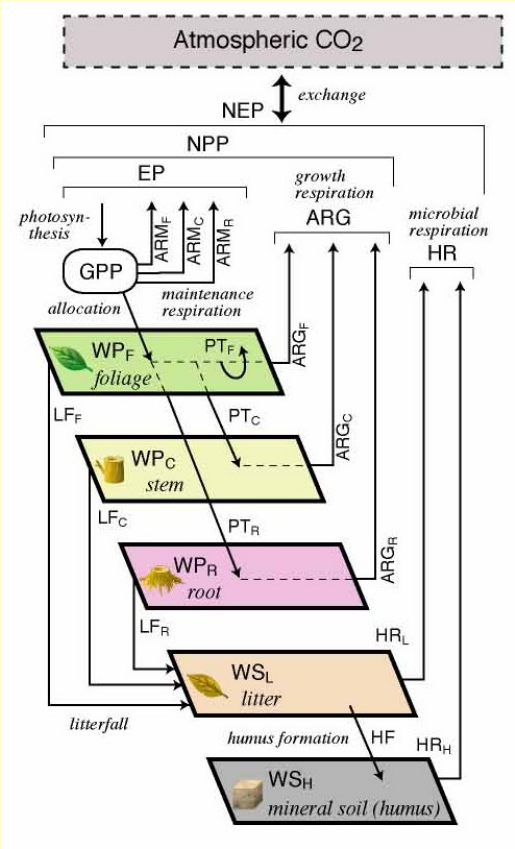
静的モデルSimCYCLEの高度化

モデルの検証

5年後に期待される成果

# 静的全球植生モデルSimCYCLEについて

## SimCYCLEの構造



植生を「単位面積あたりの葉バイオマス」などといった、炭素BOXで扱う。パラメタライズに重きをおいたモデル。

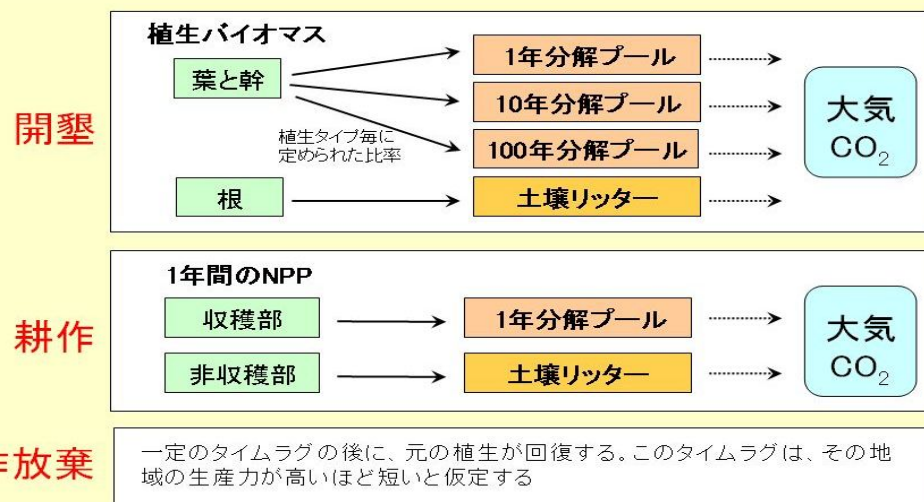
## SEIB-DGVMとの比較

|             | SimCYCLE | SEIB-DGVM |
|-------------|----------|-----------|
| 植生動態        | ×        | ○         |
| 短期予測        | ○        | ○         |
| 長期予測        | ×        | ○         |
| Data fusion | ○        | ×         |
| 必要な計算資源量    | 小        | 大         |

今後生じうる様々な状況に対応するため、本課題では両モデルの高度化を行う。

# SimCYCLEの高度化

## (1) SimCYCLEにおける土地利用・変化モジュールの改善



←このように簡便な方式で表現されている土地利用と、その変化とを、より機構的なモデルで表現する。

## (2) SimCYCLEの簡易DGVM化

SEIB-DGVMの植生変化パターンをパラメーター化することで、SimCYCLEを簡易的なDGVMへと発展させる。これにより、計算資源が制限されている状況下でも利用可能で、かつリーズナブルに植生変化を予測するモデルが得られる。

### 現在の方法

各グリッドは1種類の植生型に被覆されていると仮定し、そしてその植生型は不変であると仮定する。

### 新しい方法

各グリッドは、複数の植生型にモザイク状に被覆されていると仮定。そして、単位面積当たり生産量など、植生変化の指標に基づいて、その被覆比を変化させる。その際の係数は、SEIBの出力で調整。

# 目次

動的モデルSEIB-DGVMの高度化

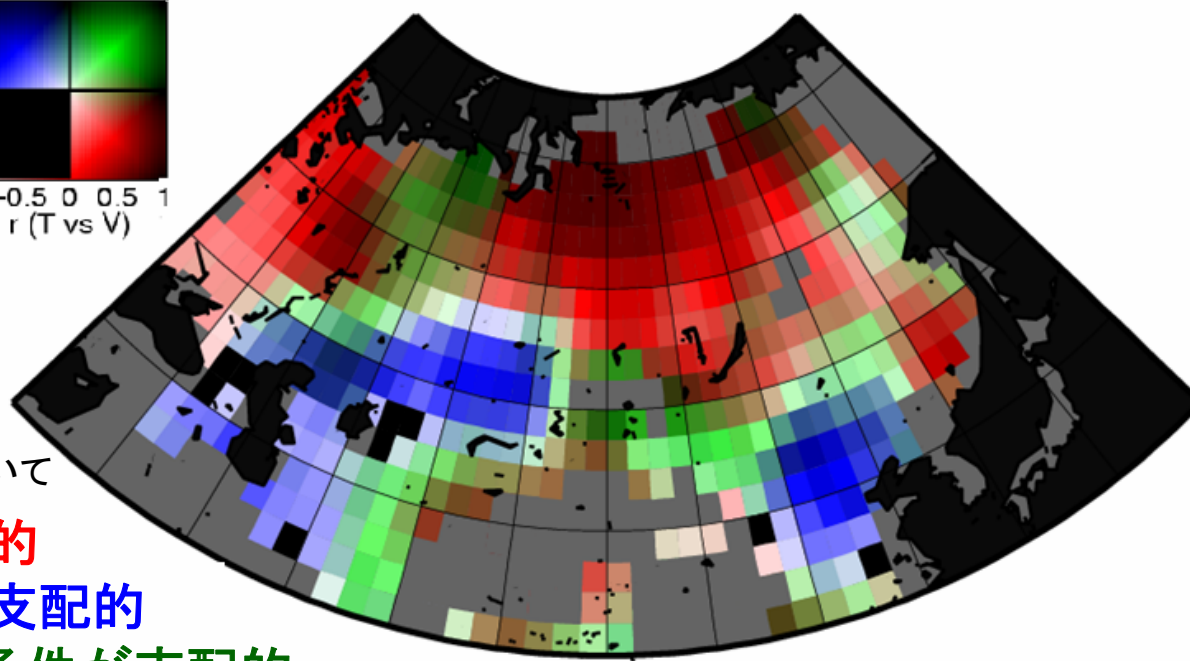
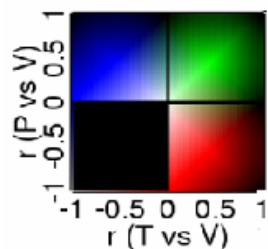
静的モデルSimCYCLEの高度化

モデルの検証

5年後に期待される成果

## 広域の検証1: 植生機能について (SEIB, SimCYCLE共通)

北部ユーラシアにおけるNDVI(正規化植生指標), 気温, 降水量  
アノマリーの経年変化間 (1982~2000年)の相関係数の分布



NDVIの経年変化において

**赤:** 温量が支配的

**青:** 水分条件が支配的

**緑:** 温量と水分条件が支配的

作画: 鈴木力英

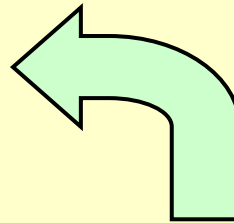
シミュレーション出力と比較することで、植生の発達における温度制限と水制限が的確に扱えているかを検証する。

## 広域の検証2: 植生の構造について(SEIB)

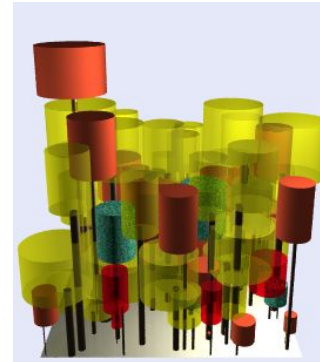
衛星データ



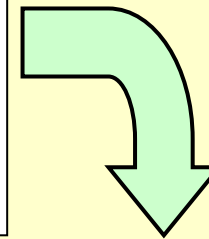
一  
致  
性  
を  
比  
較  
す  
る



SEIB-DGVM



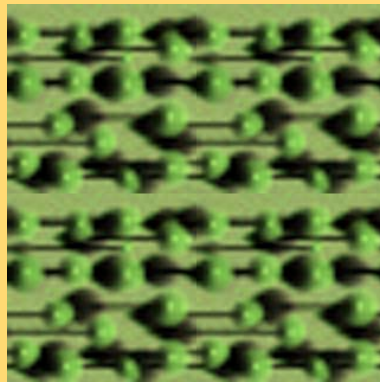
3次元の  
森林構造出力



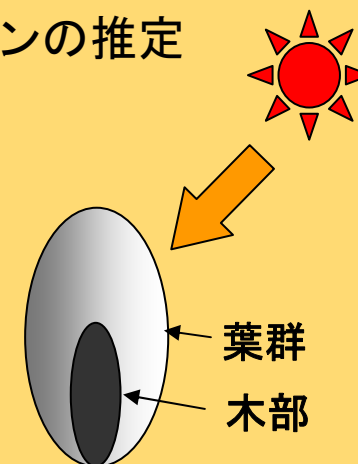
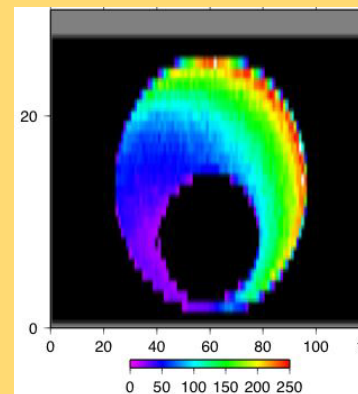
FLiES (Forest Light Environment Simulator)

モンテカルロ法を用いた3次元  
放射伝達シミュレーター

地表面反射パターンを推定



樹冠での吸光パターンの推定



作画: 小林秀樹



# 目次

動的モデルSEIB-DGVMの高度化

静的モデルSimCYCLEの高度化

モデルの検証

5年後に期待される成果

## 5年後に期待される成果

- (1) 全球植生シミュレーションの信頼性を向上させ  
これによって、気候変動予測の不確実性を低減する
- (2) いかに植生変化に対し人が関与すべきか  
提言を行うための基礎的な知見を得る
- (3) SEIB-DGVMの運用体制を充実させ  
これによって、野外生態学者との共同研究を促進させる

# DGVMのde facto standardとなることを目指して

## 目指すべき研究スキーム

SEIB  
開発チーム

コードと技術的助言

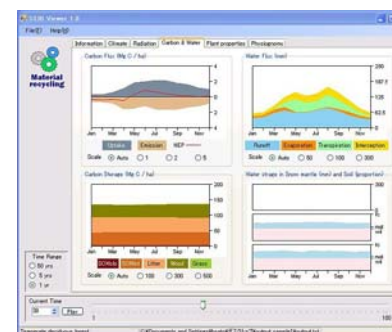
野外研究者

モデル構造やパラメーターに関する提案

## これまでの活動



WebSiteを開設し、  
モデル本体、各種  
ツール、技術資料  
などを公開している



直感的に操作で  
き高機能なData  
Viewerを開発し  
配布している

モデルの信頼性を上げるためには、モデル研究者と野外生態学者が、それぞれの得意分野を生かしながら、双方が利益を得るための体制を整備することが必要である。そこで、これまでの活動を発展継承する。