

2008年12月12日 KKRホテル東京  
地球観測連携拠点(温暖化分野)平成20年度ワークショップ  
統合された地球温暖化観測を目指して  
-温暖化影響観測の最前線-

# 陸域の温室効果ガス 交換モデルと観測連携

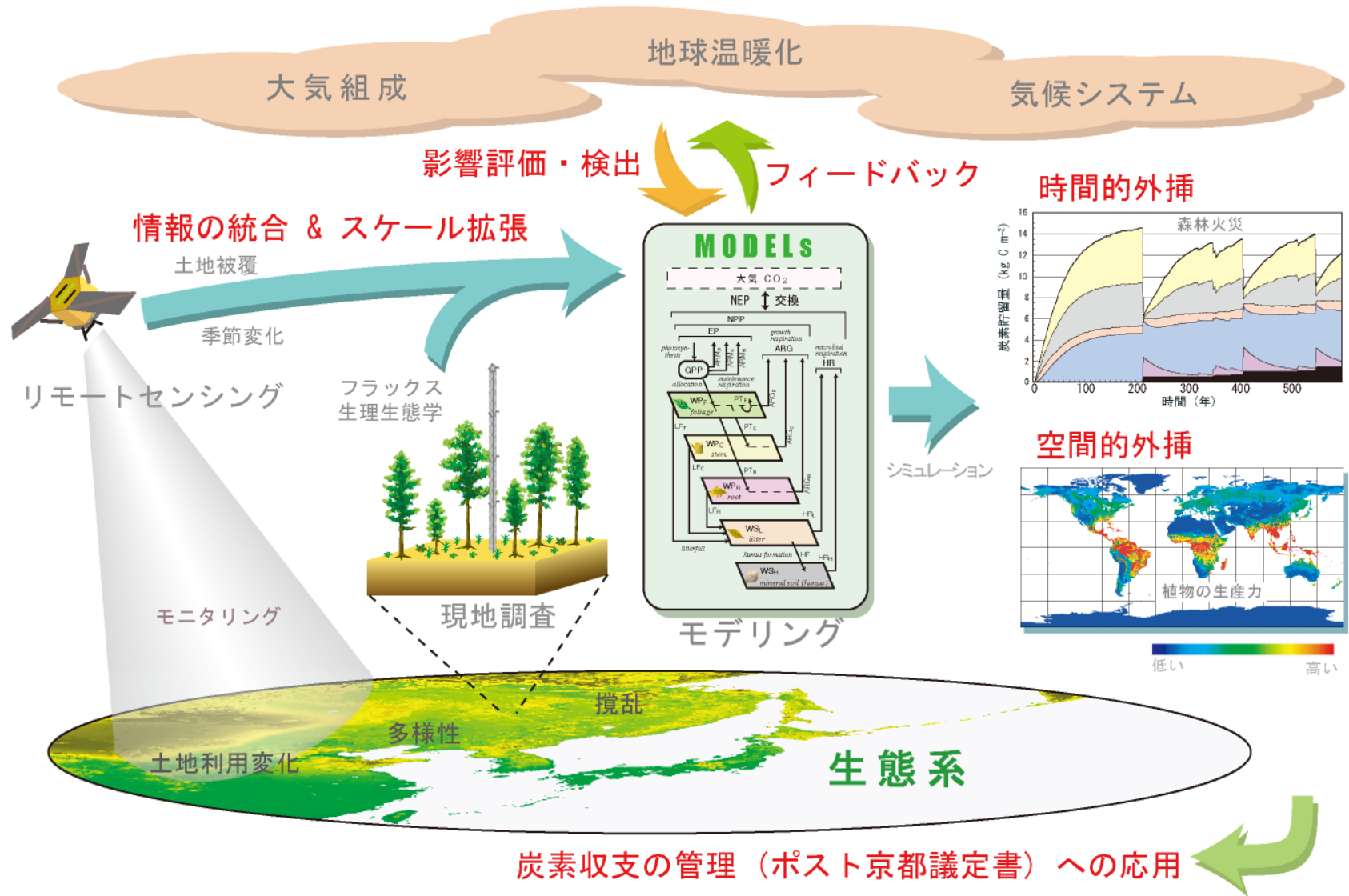
伊藤 昭彦<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 国立環境研究所 地球環境研究センター

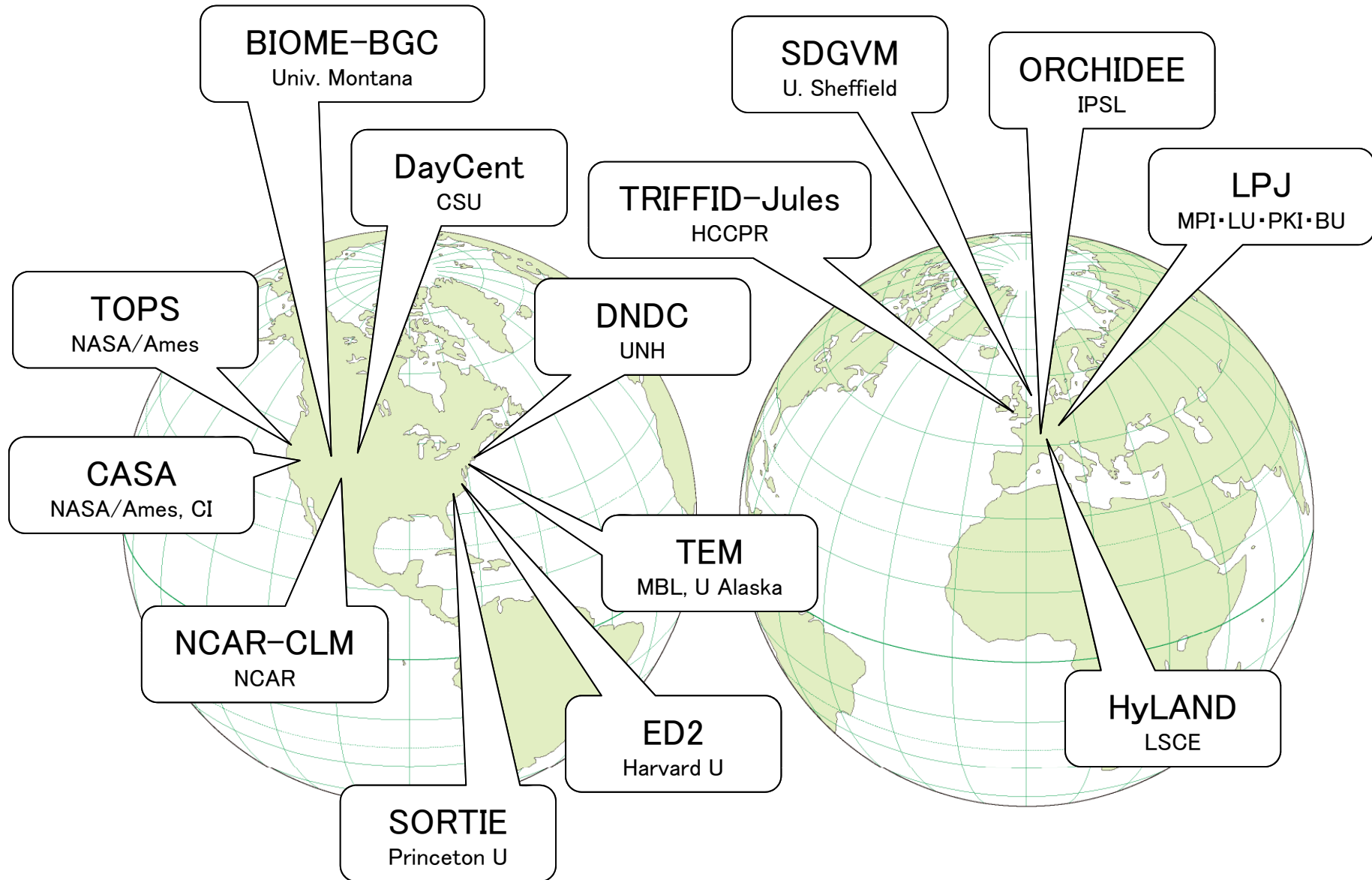
<sup>2</sup> 海洋研究開発機構 地球環境フロンティア研究センター



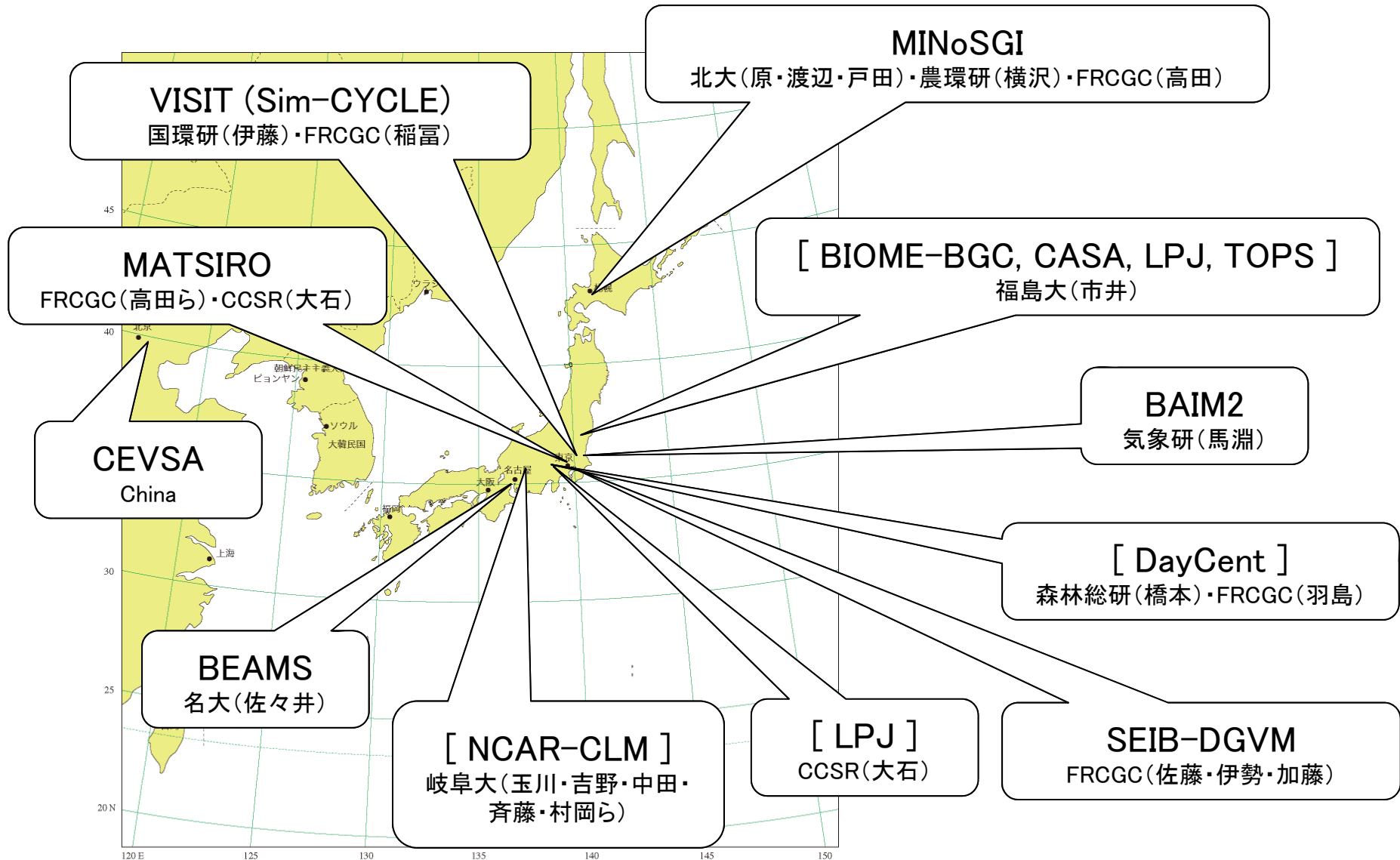
# 陸域炭素循環研究におけるモデルの目的・役割



# モデル研究(グローバル)



# モデル研究(国内)





## 最近のモデル研究の動向

- 広域シミュレーション(地域～全球)の一般化
  - より高精度な広域の入力&検証データへのニーズ
- 熱水収支+物質循環+植生動態の統合モデル化
  - より多様な観測データの必要性(cf. スーパーサイト)
- データ同化指向
  - フラックス観測データや衛星観測データの利用促進
  - パラメータの直接観測は諦められつつある?
    - アウトプットに関する観測から推定(例: ベイズ推定)
  - NPP、NEP、バイオマス、SOCなどへの観測ニーズ
  - ← プロセス研究の危機?

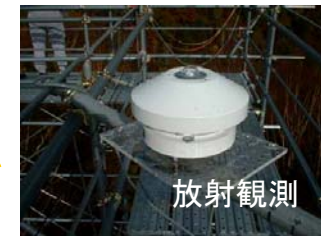
# モデルの使用データ (bottom-up)



土壌炭素・栄養塩  
地温、土壌水分

NEE (GPP/RE)  
ET

CO<sub>2</sub>/温度応答

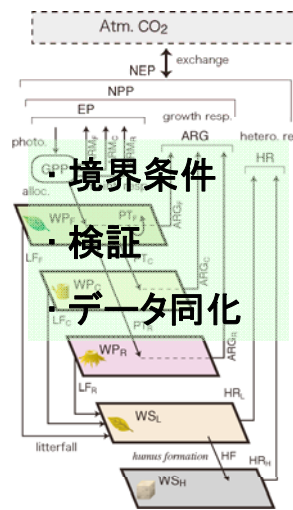
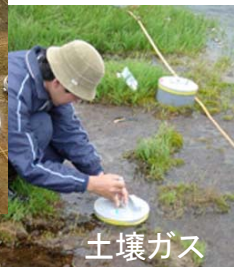


SW, Rn  
PAR

フェノロジー



CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub>/N<sub>2</sub>O交換



現存量  
NPP  
NEP

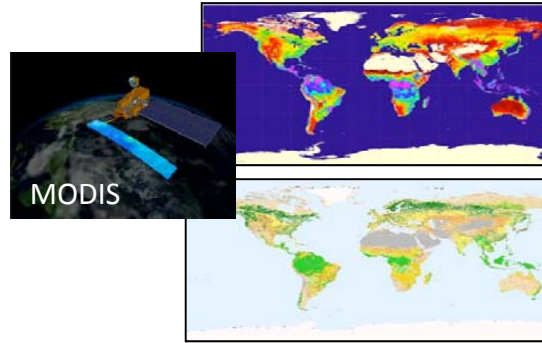


# モデルの使用データ (top-down)

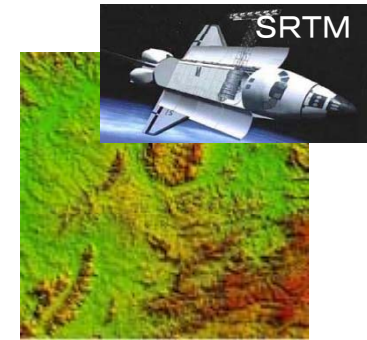
## データアーカイブ

- NOAA/AVHRR
- Landsat, SPOT
- TRMM etc.

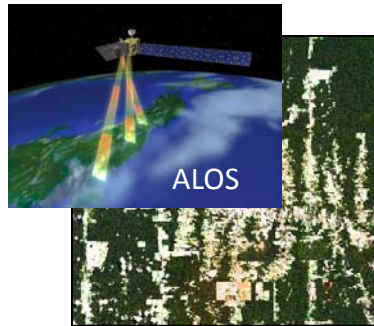
## 植生指標・土地被覆



## 地形

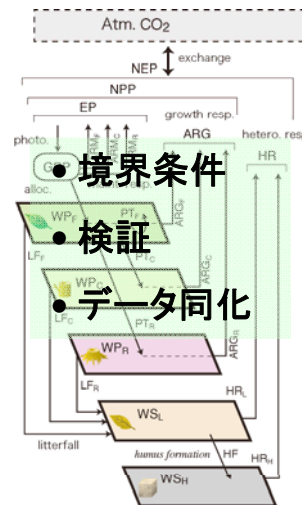


## 土地利用変化



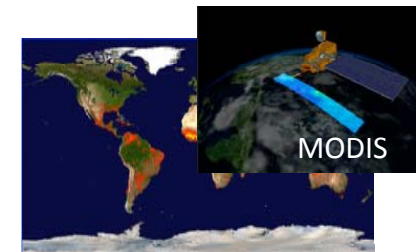
cf. ASTER

LAI, 植生タイプ, etc.



標高

## 災害



火災

## 温室効果ガス



CO<sub>2</sub> 濃度・交換  
CH<sub>4</sub> 濃度・交換

cf. SCIAMACHY, OCO

## 将来の衛星ミッション

- GCOM etc.

# データ利用可能性

## これまで使用してきたデータベース

- UNEP GRID – Tsukuba & Geneva
- NASA/Global Change Master Directory (メタ-メタデータ)
- 米国Oak Ridge National Laboratory/DAAC  
=> NPP, Soil Collection, etc.
- 米国Oak Ridge National Laboratory/CDIAC  
=> 大気CO<sub>2</sub>濃度 etc.
- 米国Wisconsin大学/SAGE
- ISLSCPデータセット
- WMO/World Data Center for Greenhouse Gases (気象庁)
- AsiaFluxデータベース [最近数年]

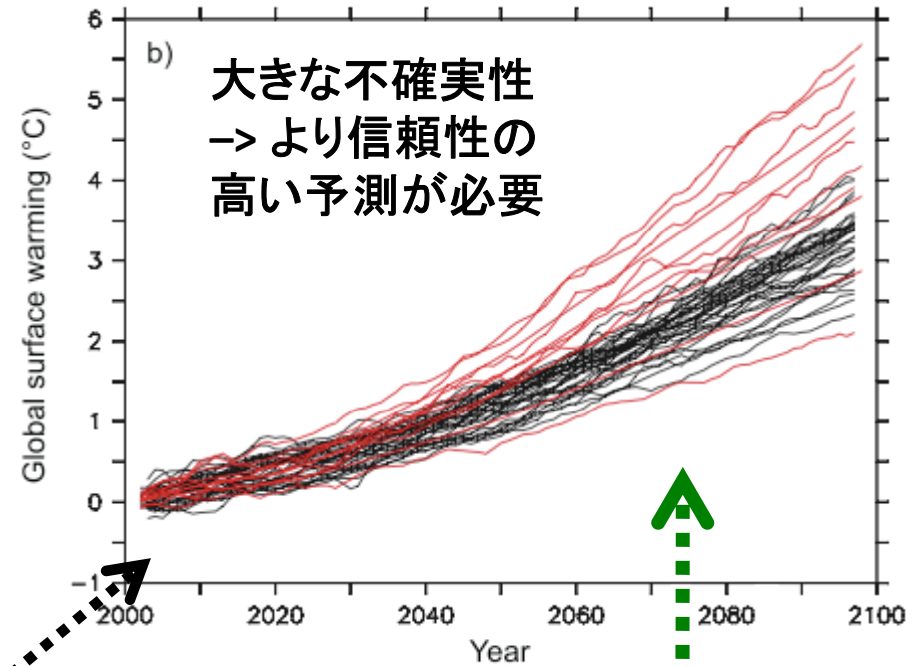
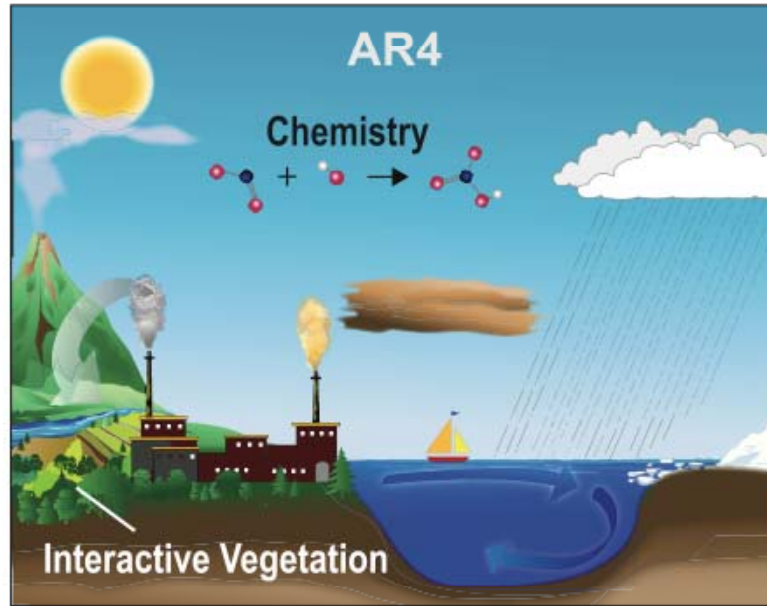
## 問題点

- 利用できる観測データが期間・種類・範囲・信頼性で不十分
- 多数のデータが分散し利用しきれていない



# 温暖化予測のための生態系モデルと観測

気候モデルの概念図 (IPCC AR4)



FRCGC地球システムモデル

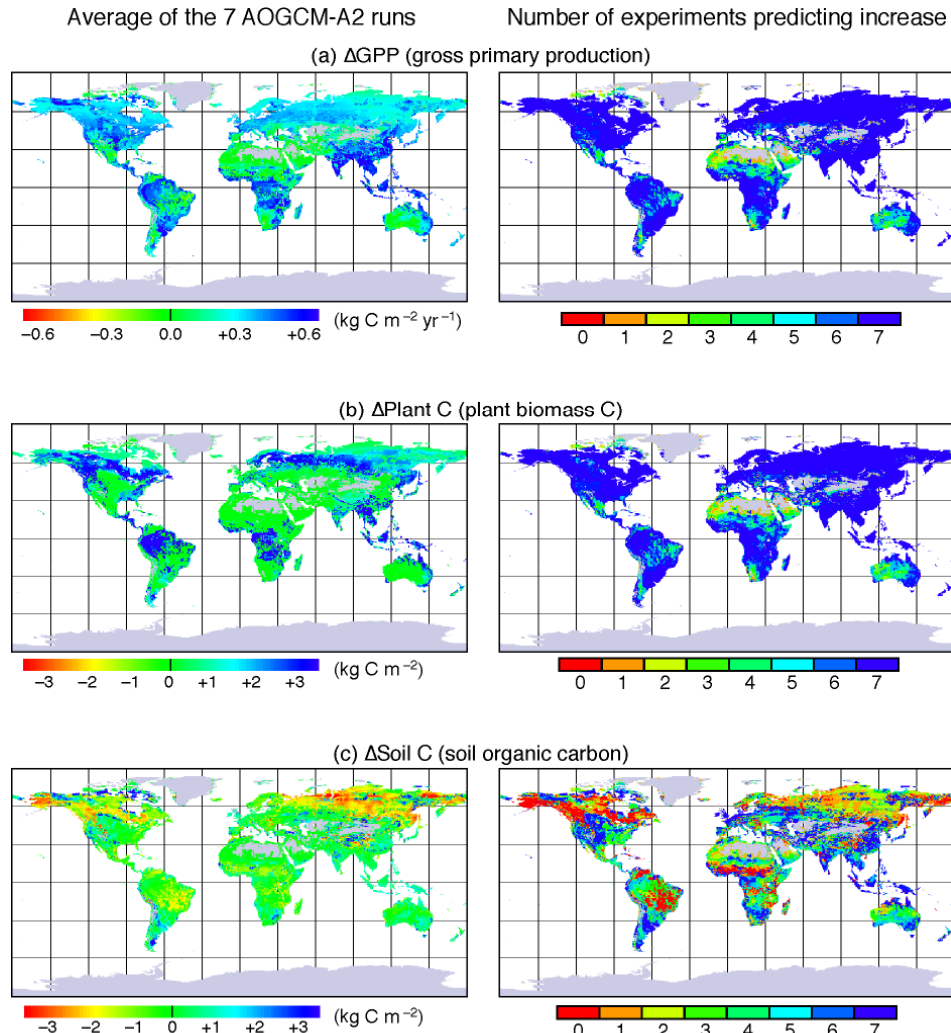
- MIROC AOGCM
- 陸面過程: MATSIRO
- 炭素循環: Sim-CYCLE
- 植生動態: SEIB

高度化

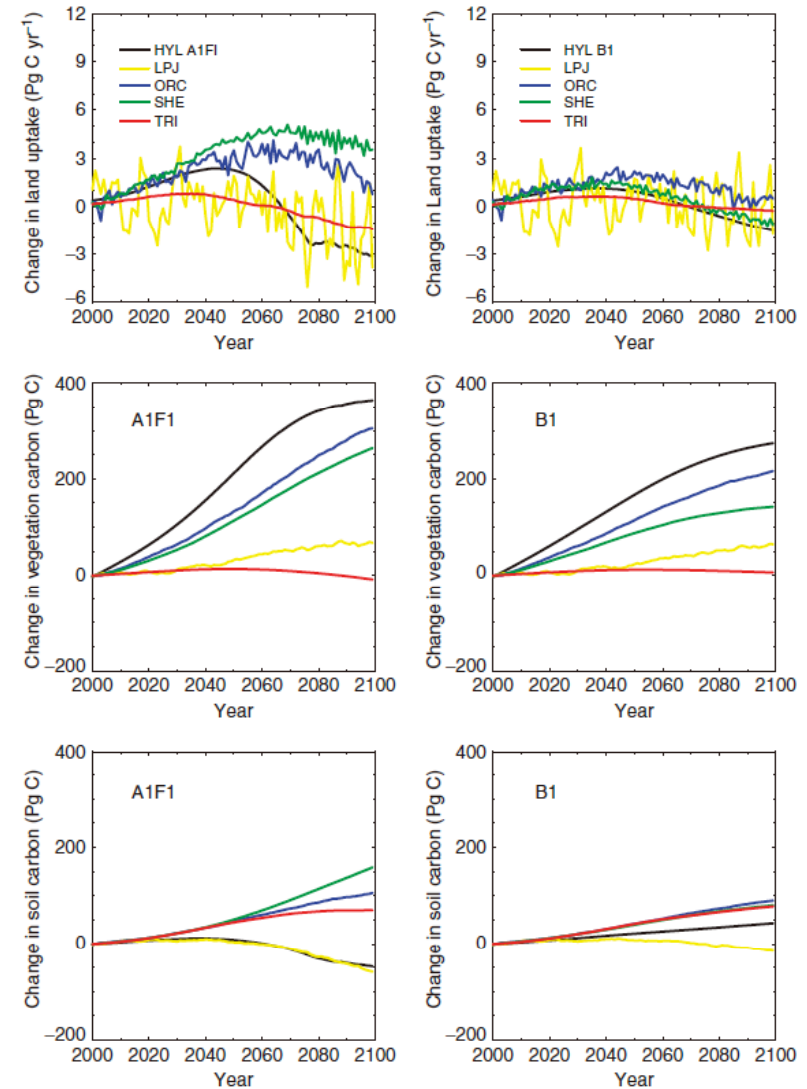


# 生態系モデルによる予測の不確実性

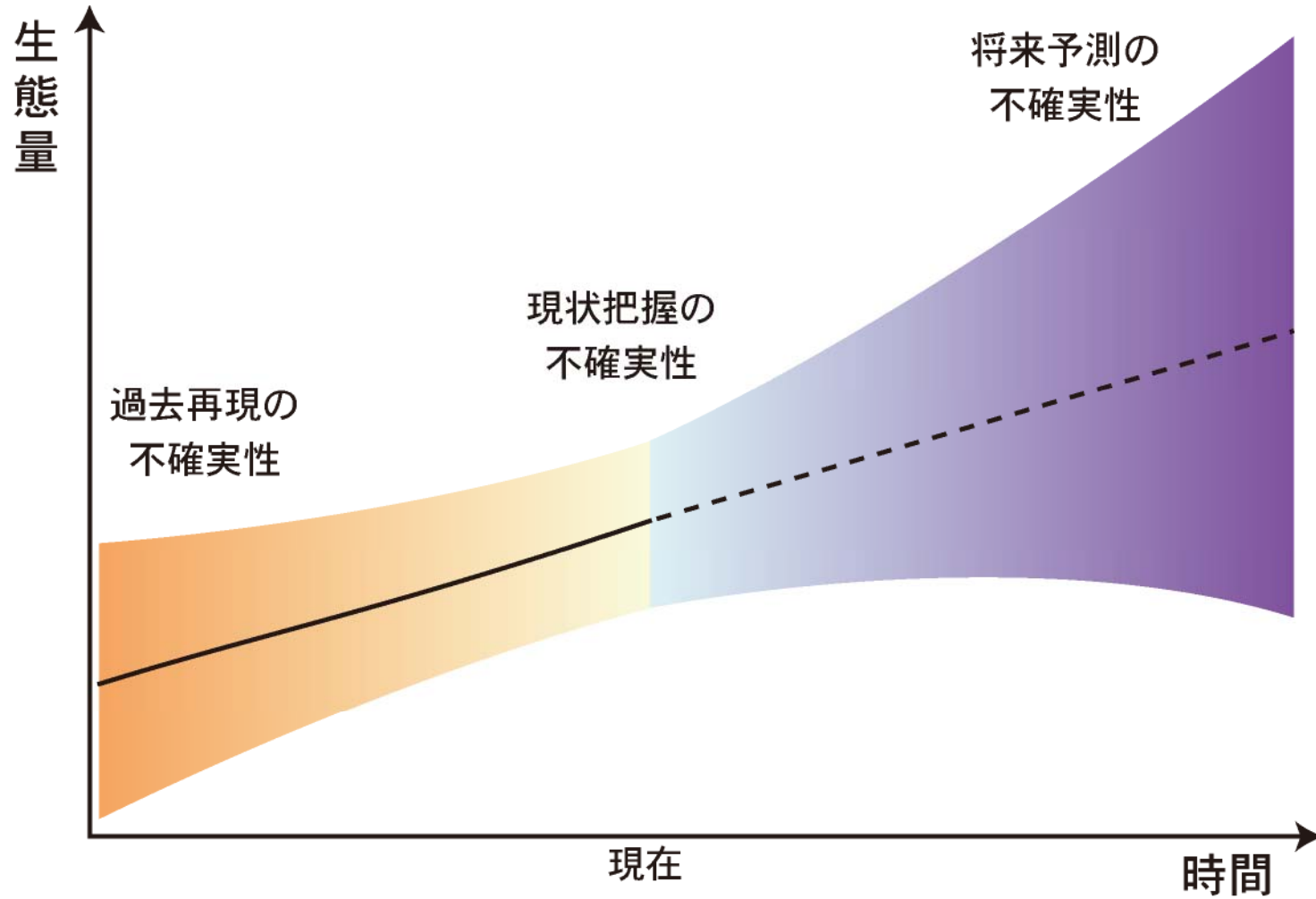
## 気候シナリオ間相互比較: Ito (2005)



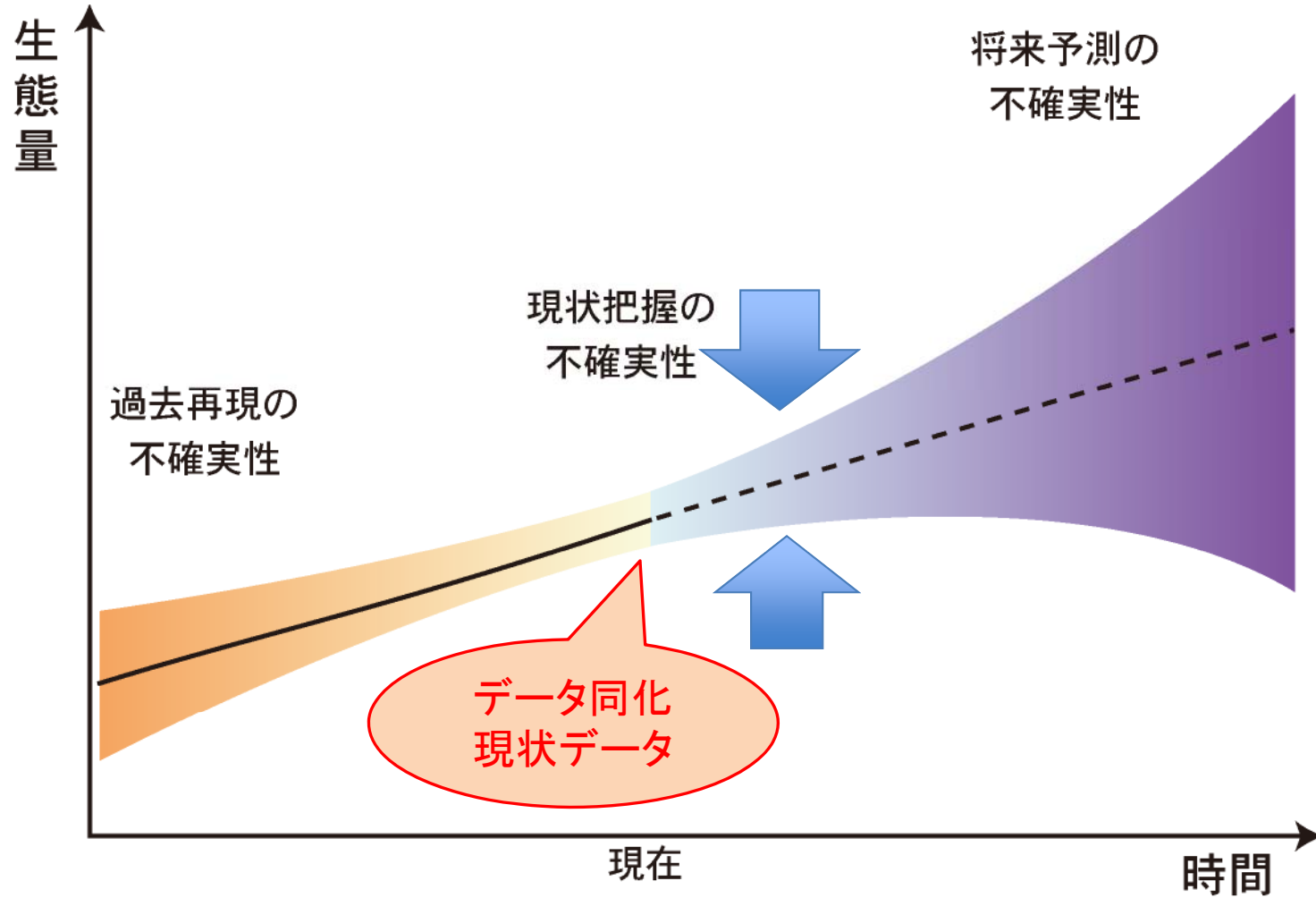
## DGVMs相互比較: Sitch et al. (2008)



# 予測不確実性の低減

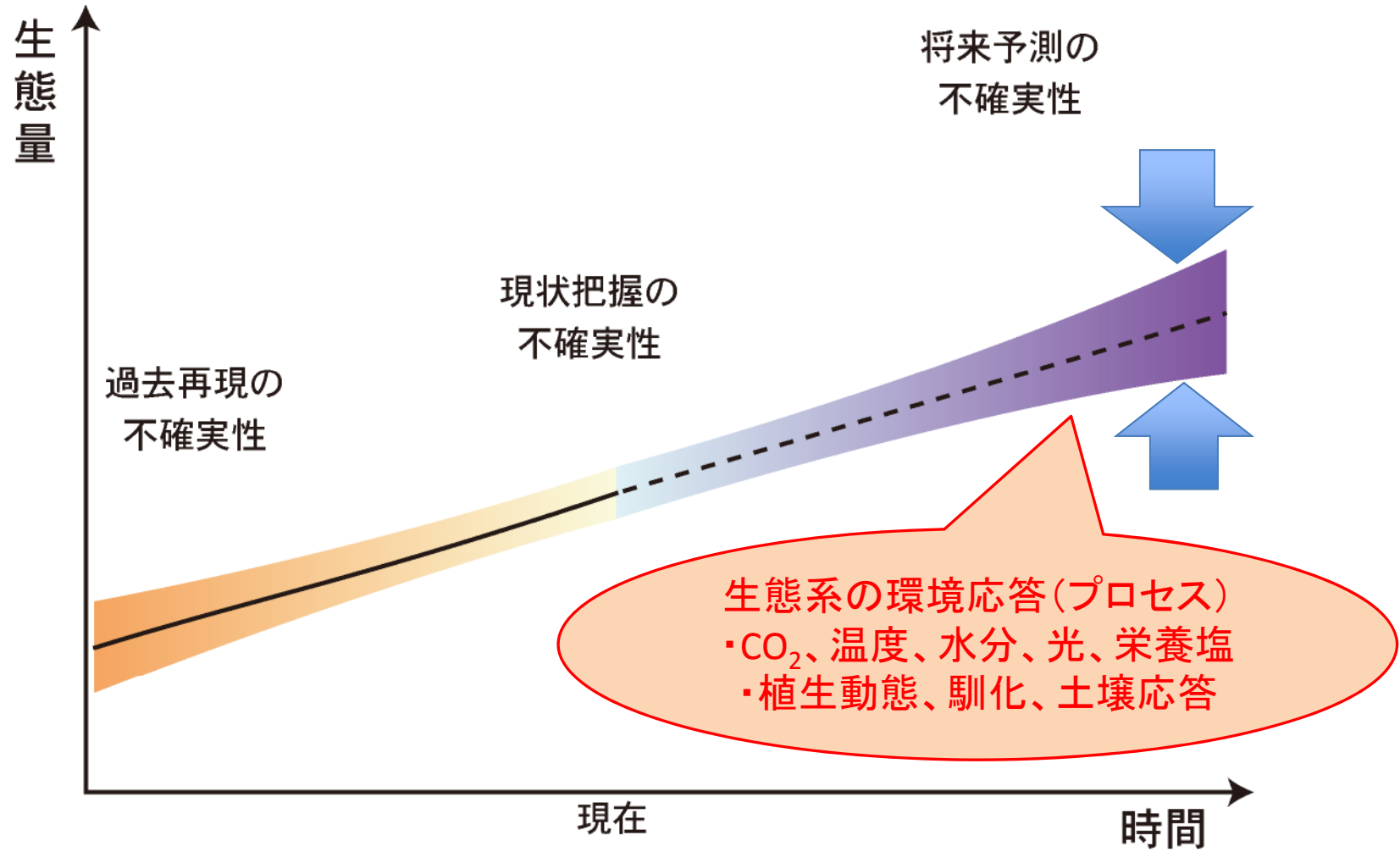


# 予測不確実性の低減





# 予測不確実性の低減



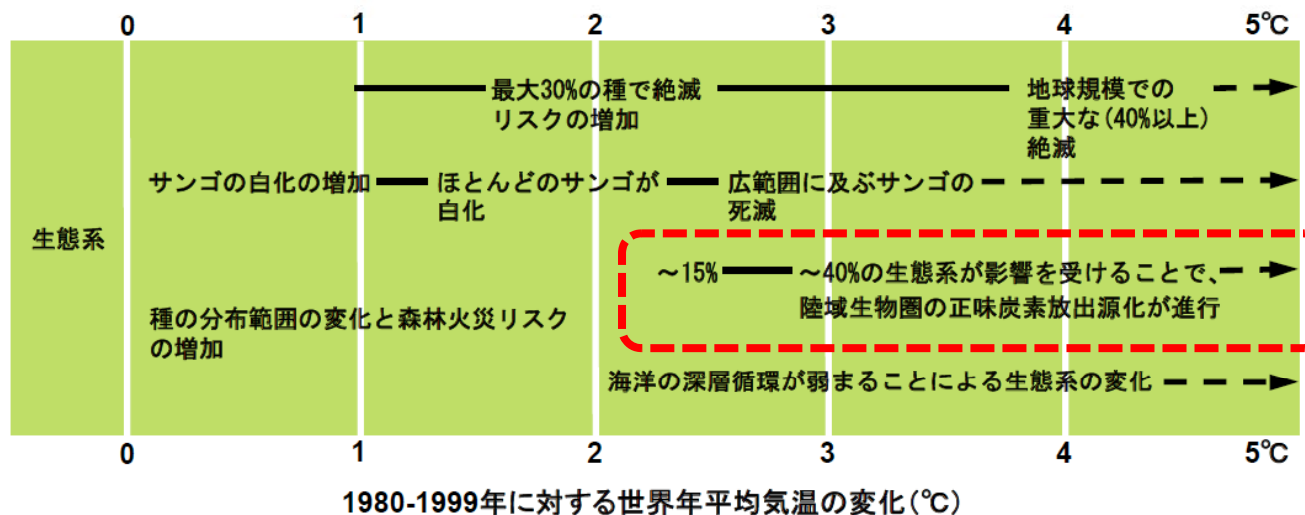
# 温暖化による生態系影響

18

## 1. 気温上昇の程度と生態系への影響規模

- 世界平均気温の上昇程度に応じて生じると予測される生態系への影響は下図のとおり。

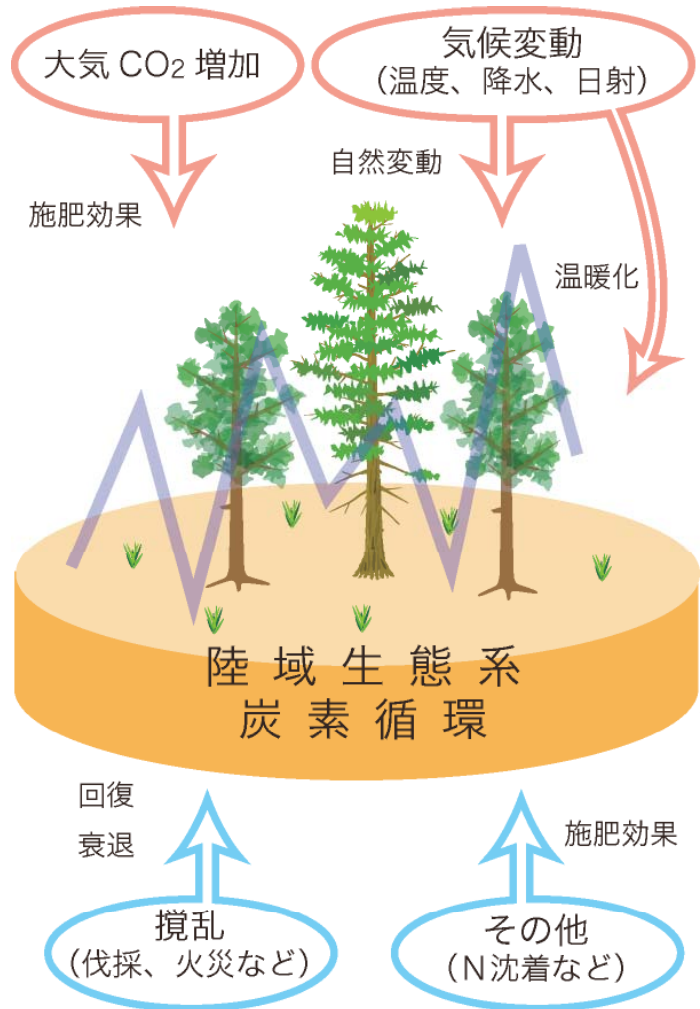
### 気温上昇の程度に対して予測される世界的な生態系への影響の例



- 「—」は関連する影響を示し、「—▶」は気温上昇に伴って影響が継続することを示す。
- 各記述の左端は、影響が出始めるおよその位置を示す。
- 全ての記述の信頼度は高い。

# 炭素循環への温暖化影響検出

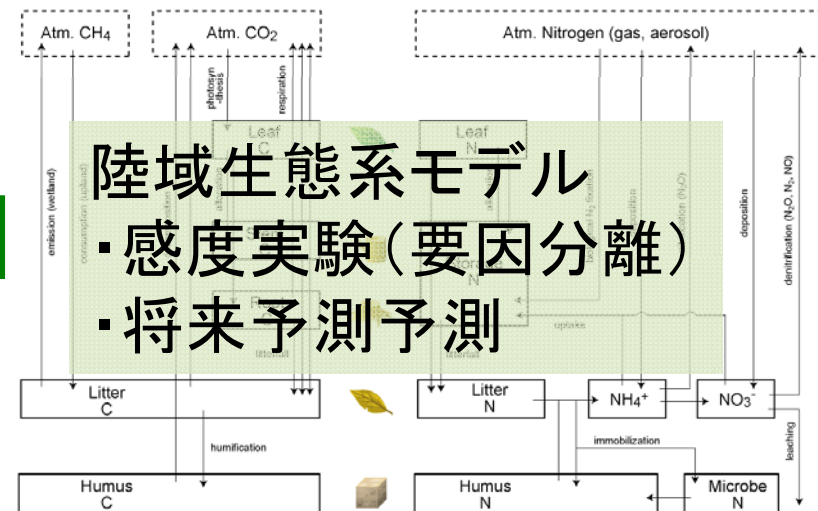
CO<sub>2</sub>フラックス観測データと生態系モデルを用いて温暖化が炭素収支に与える影響を早期検出する手法を検討



炭素  
収支

- ・観測期間が不十分  
→統計の難しさ  
(例: 回帰直線の傾きの検定)
- ・自然/撈乱変動

時間



# 生態系への温暖化影響

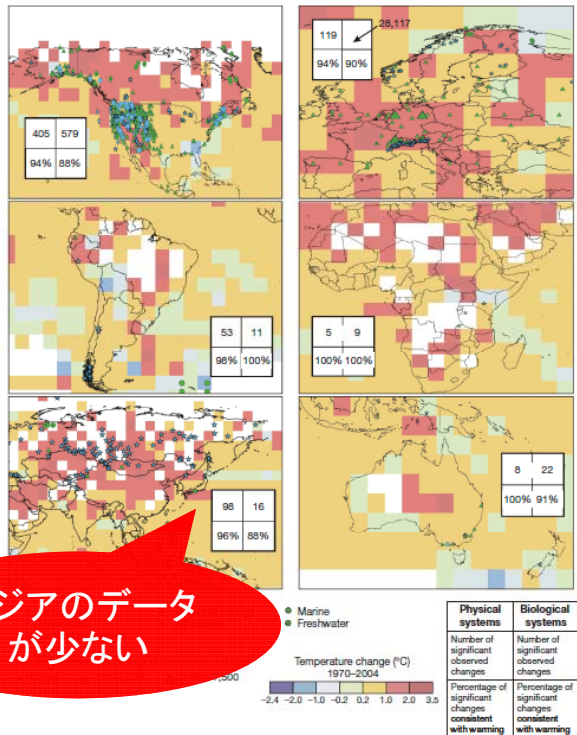
Vol 453 | 15 May 2008 | doi:10.1038/nature06937

nature

## ARTICLES

### Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change

Cynthia Rosenzweig<sup>1</sup>, David Karoly<sup>2</sup>, Marta Vicarelli<sup>1</sup>, Peter Neofotis<sup>1</sup>, Qigang Wu<sup>3</sup>, Gino Casassa<sup>4</sup>, Annette Menzel<sup>5</sup>, Terry L. Root<sup>6</sup>, Nicole Estrella<sup>7</sup>, Bernard Seguin<sup>7</sup>, Piotr Tryjanowski<sup>8</sup>, Chunzhen Liu<sup>9</sup>, Samuel Rawlins<sup>10</sup> & Anton Imeson<sup>11</sup>



アジアのデータが少ない

**Figure 2 | Location and consistency of observed changes with warming.** Locations of significant changes in physical systems (snow, ice and frozen ground as well as hydrology and coastal processes) and biological systems (terrestrial, marine and freshwater biological systems), and linear trends of

surface air temperature (HadCRUT3; ref. 35) between 1970 and 2004. Regions are based on data in refs 36 and 37. White areas do not contain sufficient climate data to estimate a trend. Note that there are overlapping symbols in some locations; Africa includes parts of the Middle East.

Rosenzweig et al. (2008)

物理 & 生物プロセスへの温暖化影響検出

- 生物季節(開花、落葉、)、年輪など
- 数十年以上の長期データ

陸域炭素収支は難しい!

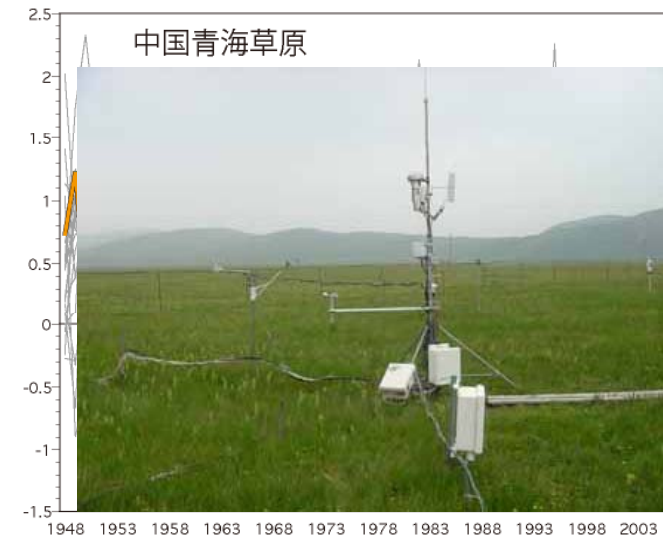
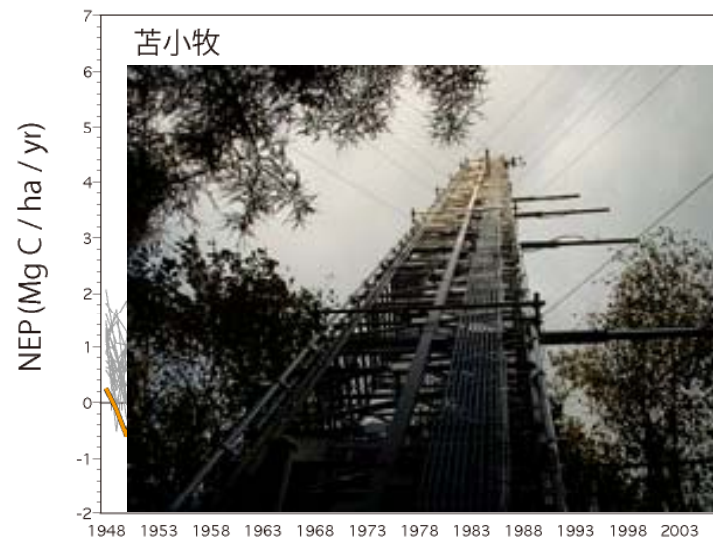
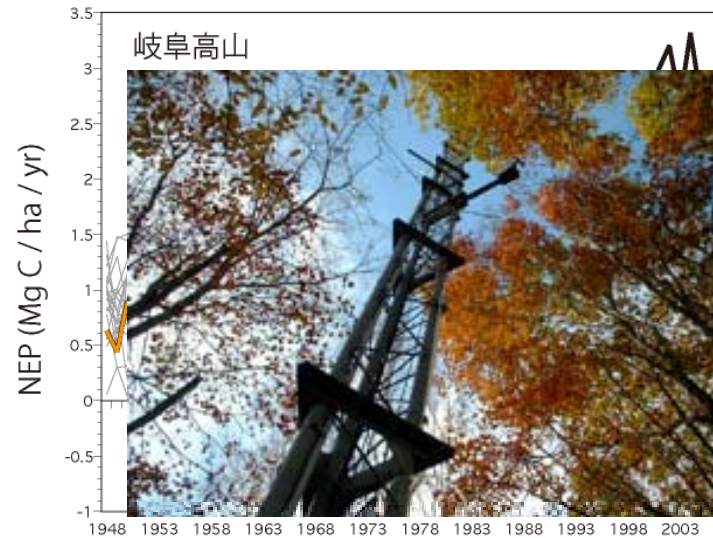
- フラックス観測は最長でも20年未満
- ほとんどのサイトは数年
- 複合的な影響要因で変動

本研究では...

- 今後データが蓄積されると期待
- 早期検出のため事前に手法検討
- 変動要因の分離にはモデルが必要
- 将来の変動に関する予測と提言



# フラックスサイトでの長期シミュレーション

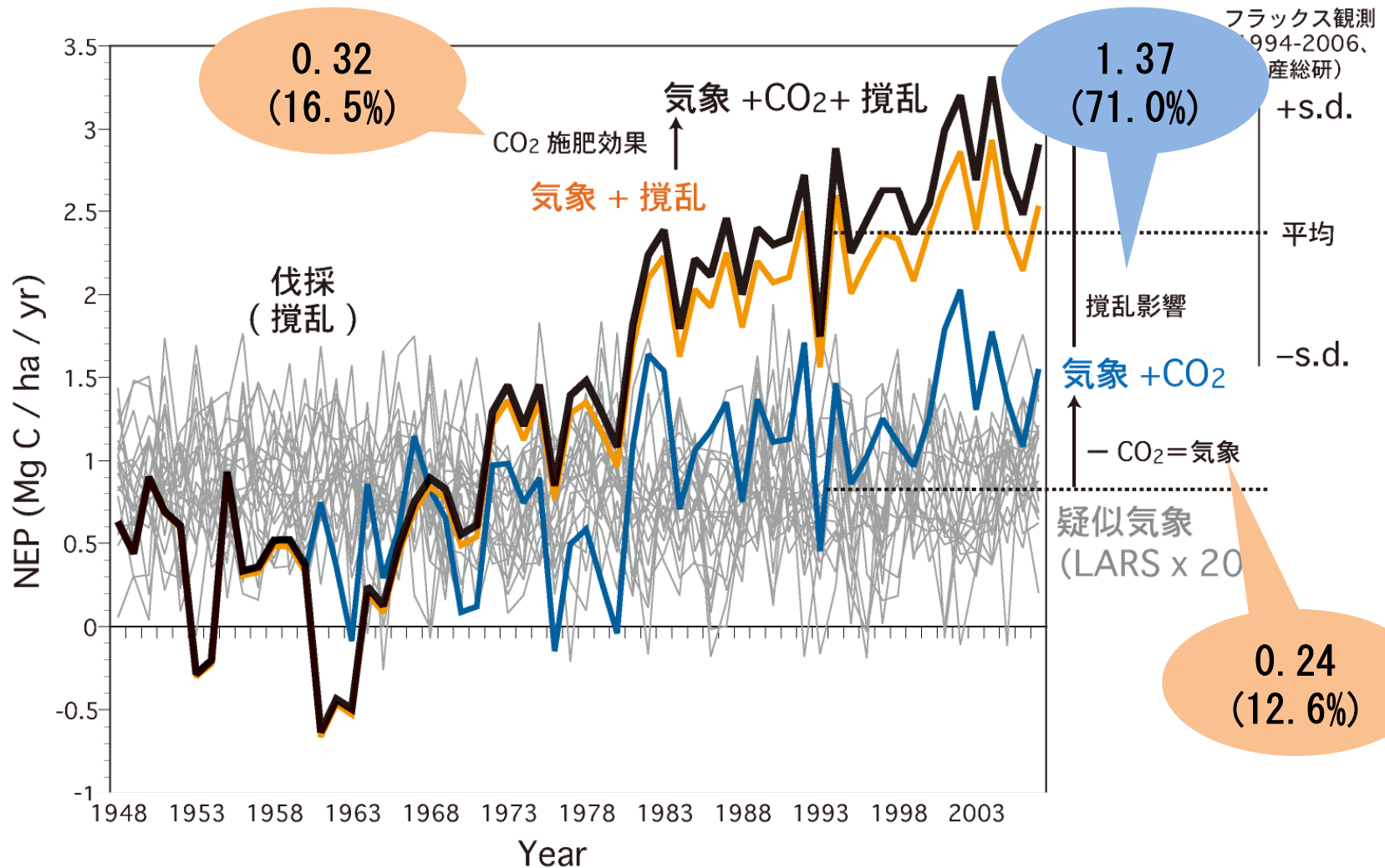


Year

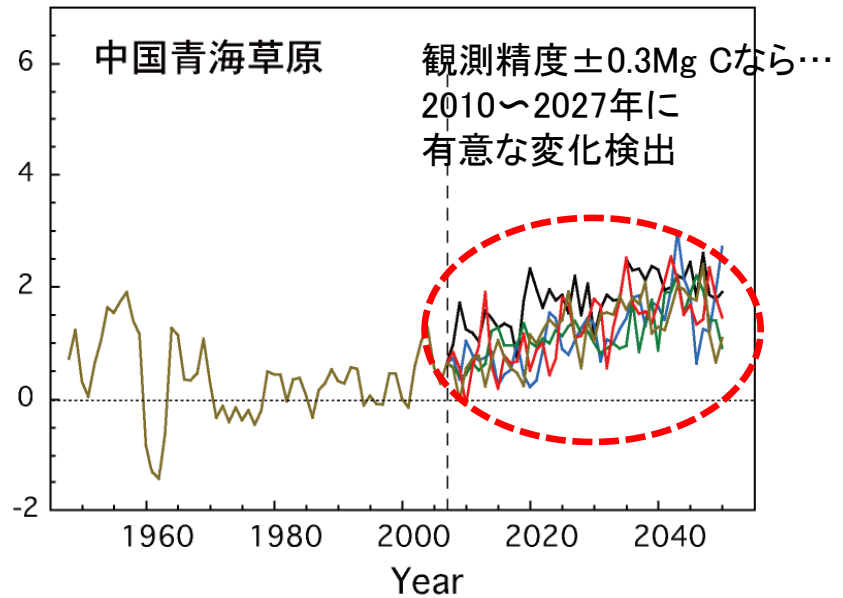
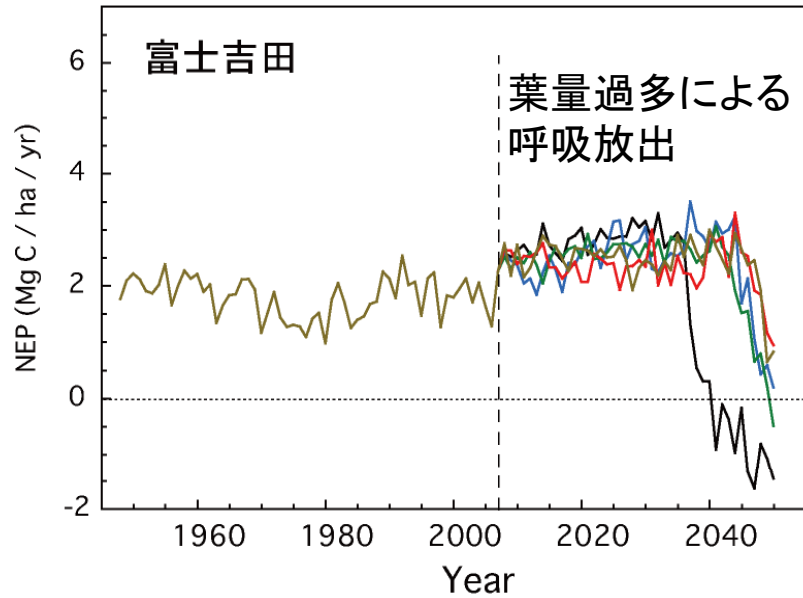
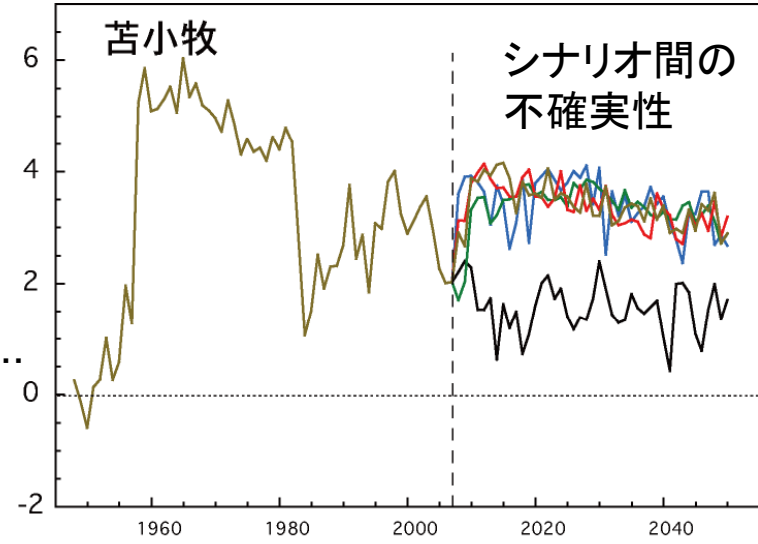
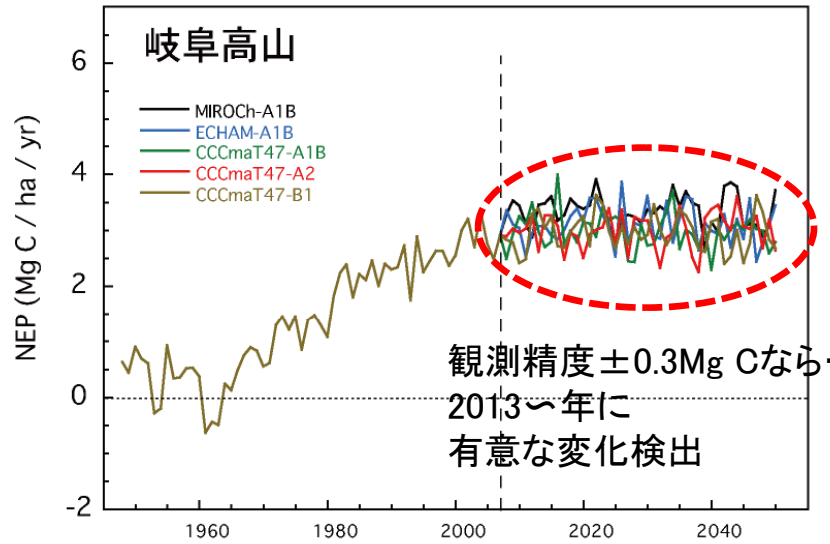
Year

# 炭素収支変動の要因解析

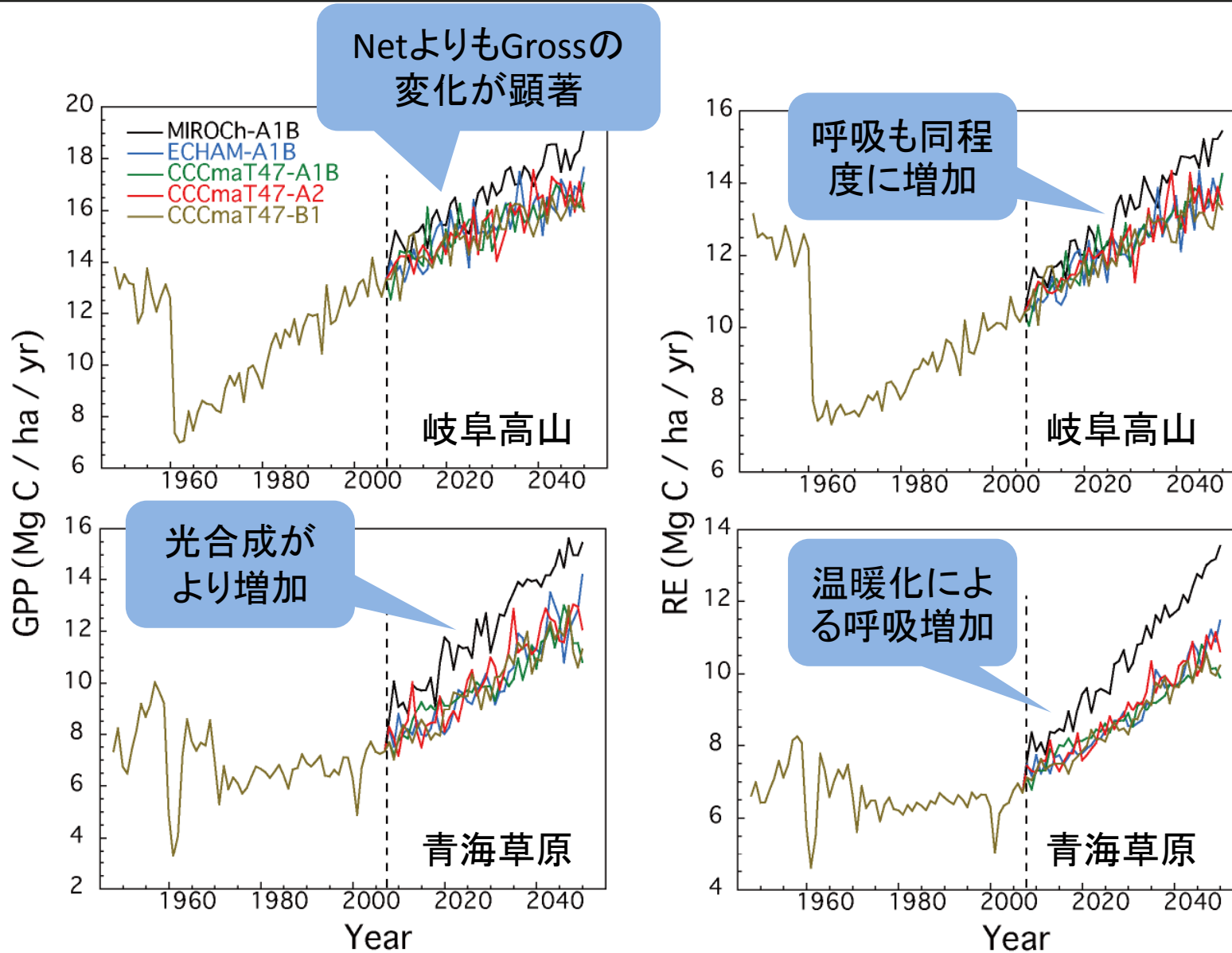
岐阜高山サイト



# 将来予測



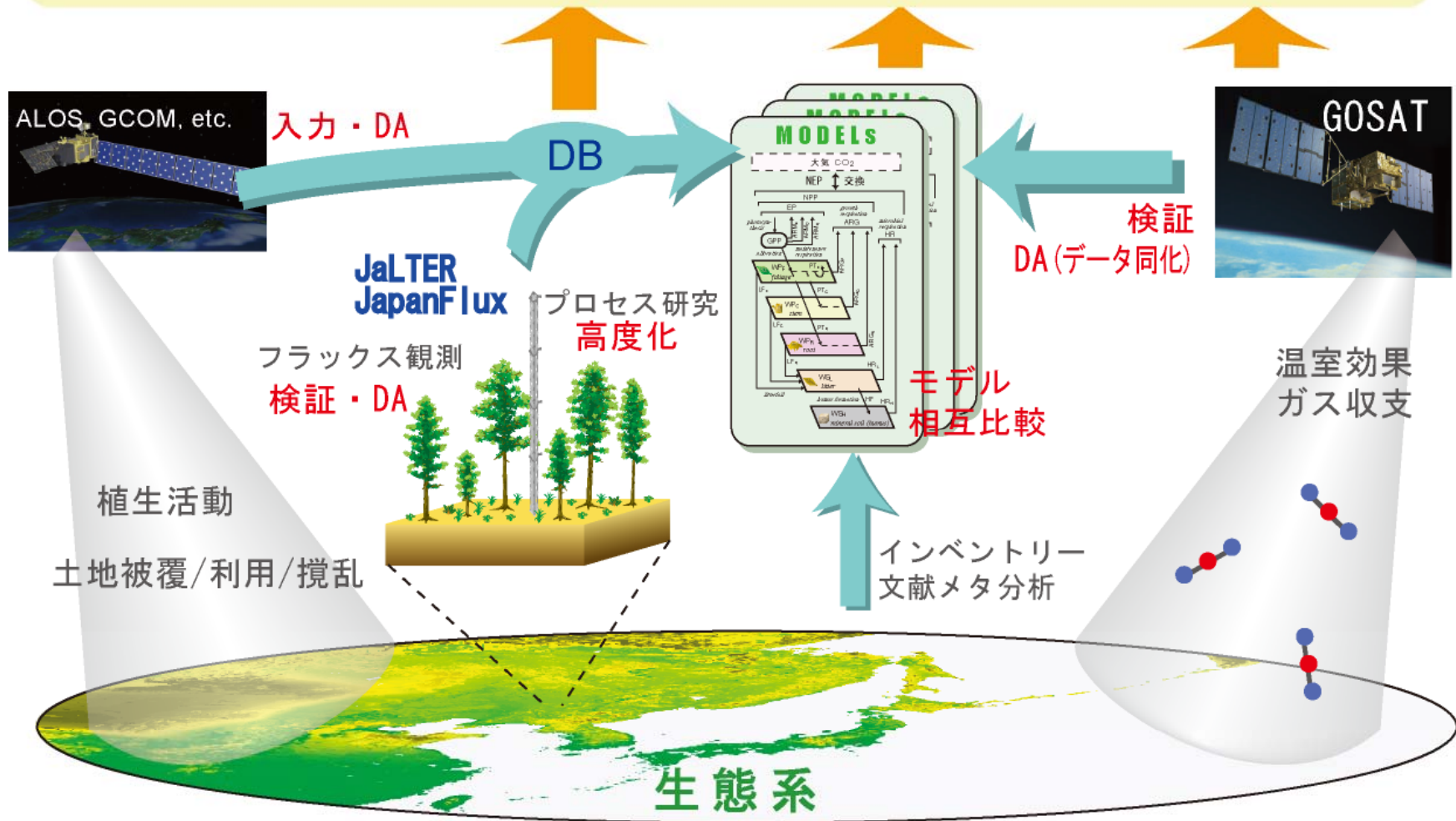
# 将来予測





# 今後の陸域炭素循環研究：観測-モデル連携

温暖化の予測 (IPCC) ・対策 (ポスト京都議定書) ・影響 ・適応



## 今後の観測への期待

- 各バイオームに[スーパー]サイトを！
  - 照葉樹林、湖沼・海岸、砂漠、、、
- 「普通」の景観にサイトを
  - 人為がない場所を選ぶのではなく、自然/人為の要因分離
- データベースの整備
  - プロジェクト毎でなく横断的に集約できないか？
- モデル推定の不確実性を減少させるための観測
  - 初期値: データ同化向け観測
  - 予測性: 生態&生物地球化学プロセス研究
- 温暖化影響検出のための長期観測
  - IPCC WG2(影響)への貢献



ご静聴  
ありがとう  
ございました





## 参考文献

- Ichii, K., H. Hashimoto, M. A. White, C. Potter, L. R. Hutyyra, A. R. Huete, R. B. Myneni, and R. R. Nemani. 2007. Constraining rooting depths in tropical rainforests using satellite data and ecosystem modeling for accurate simulation of gross primary production seasonality. *Global Change Biology* 13:67–77.
- Ito, A. 2005. Climate-related uncertainties in projections of the 21st century terrestrial carbon budget: off-line model experiments using IPCC greenhouse gas scenarios and AOGCM climate projections. *Climate Dynamics* 24:435–448.
- Ito, A., and T. Sasai. 2006. A comparison of simulation results from two terrestrial carbon cycle models using three climate datasets. *Tellus* 58B:513–522.
- Mabuchi, K., Y. Sato, and H. Kida. 2005. Climatic impact of vegetation change in the Asian tropical region. Part I: Case of the Northern Hemisphere summer. *Journal of Climate* 18:410–428.
- Sasai, T., K. Ichii, Y. Yamaguchi, and R. Nemani. 2005. Simulating terrestrial carbon fluxes using the new biosphere model BEAMS: Biosphere model integrating eco-physiological and mechanistic approaches using satellite data. *Journal of Geophysical Research* 110:10.1029/2005JG000045.
- Sato, H., A. Ito, and T. Kohyama. 2007. SEIB-DGVM: A new Dynamic Global Vegetation Model using a spatially explicit individual-based approach. *Ecological Modelling* 200:279–307.
- Sitch, S., C. Huntingford, N. Gedney, P. E. Levy, M. Lomas, S. L. Piao, R. Betts, P. Ciais, P. Cox, P. Friedlingstein, C. D. Jones, I. C. Prentice, and F. I. Woodward. 2008. Evaluation of the terrestrial carbon cycle, future plant geography and climate – carbon cycle feedbacks using five Dynamic Global Vegetation Models (DGVMs). *Global Change Biology* 14:2015–2039.
- Watanabe, T., M. Yokozawa, S. Emori, K. Takata, A. Sumida, and T. Hara. 2004. Developing a Multilayered Integrated Numerical model of Surface physics – Growing plants interaction (MINoSGI). *Global Change Biology* 10:963–982.