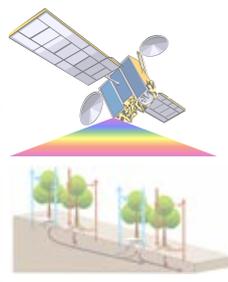


平成25年度 地球観測連携拠点主催ワークショップ  
「陸域における炭素循環及び生態系・生物多様性観測の最近の動向」

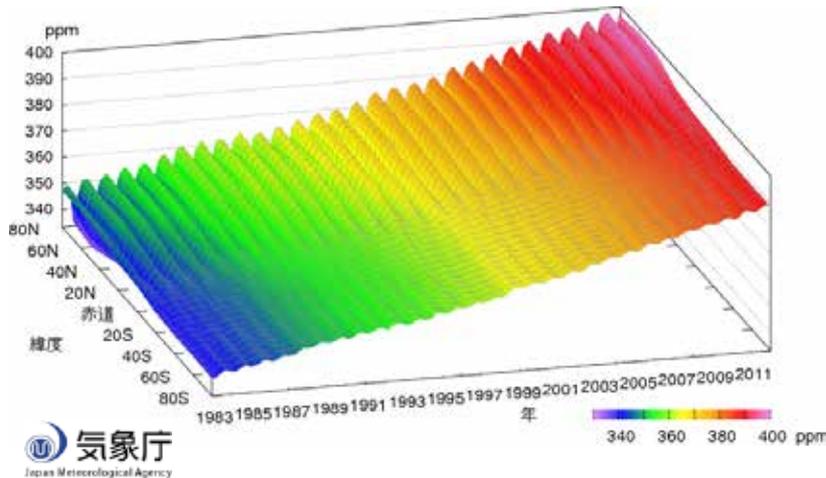
# 高山スーパーサイトにおける 野外温暖化実験と衛星 - 生理生態学 統合研究の展開

村岡裕由 ・ 齋藤琢  
岐阜大学 流域圏科学研究センター

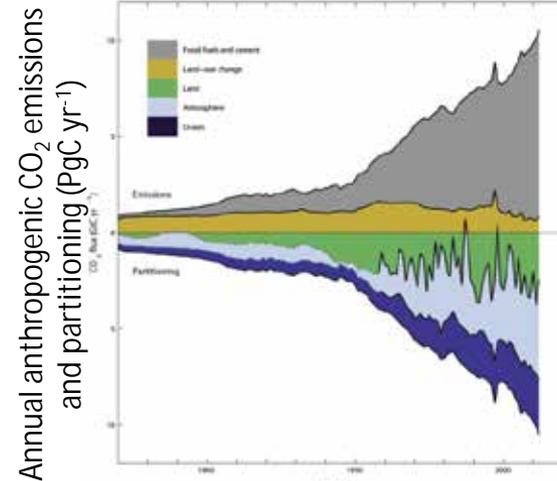
研究協力： 魯南賑，栗林正俊(岐阜大)，永井信(JAMSTEC)，日浦勉，中路達郎(北大)，  
野田響，三枝信子，伊藤昭彦(国環研)，奈佐原顕郎(筑波大/JAXA)



# 気候変動と生態系機能 : 生態系研究への課題



[http://ds.data.jma.go.jp/ghg/kanshi/ghgp/co2\\_trend.html](http://ds.data.jma.go.jp/ghg/kanshi/ghgp/co2_trend.html)

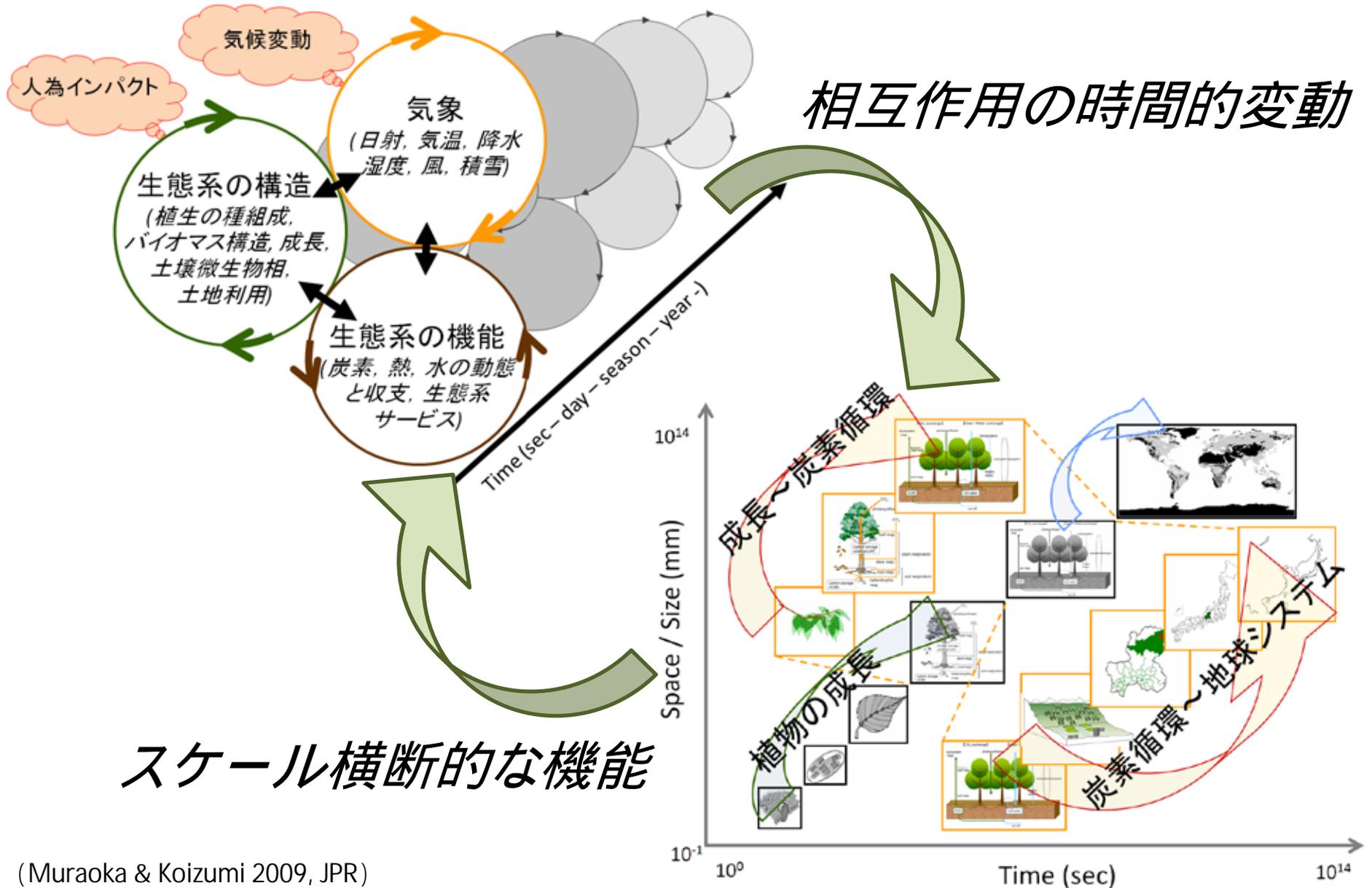


Le Quere et al. 2013, Earth Syst. Sci. Data Discuss

『平成26年度の我が国における地球観測の実施方針』より抜粋:

- 《観測の果たす役割》 気候変動の実態把握, 変動予測の精度向上, 予測モデルによる生態系や社会への影響評価, 適応対策の検証など, 多岐にわたる。
- 《生態系・生物多様性に関して》 生物圏に関する観測は時間スケールが長いことから (中略), 適切な機関間連携を図ること等により, 長期的な観測体制・評価体制の整備が必要となる。
- 《温室効果ガスに係る物質循環の解明》 温室効果ガスに係る物質循環を正確に理解することは喫緊の課題である。(中略) 衛星観測に加え, 現地観測によって土壌を含む森林生態系のトータルな炭素量の変化やフラックスの変化を正確に評価することが求められている。

# 生態系機能： 生物と環境の相互作用系



# 地球温暖化時代の生態系研究

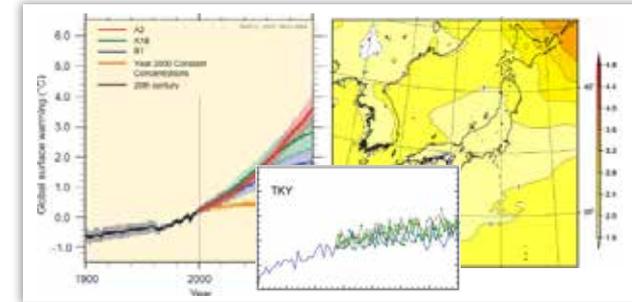
(2010年9月 村岡)

✓ 森林生態系の機能(CO<sub>2</sub>吸収)と長期安定性

→ 温暖化抑制や生態系の持続性に影響

✓ 森林生態系機能の評価および予測精度

→ 温暖化抑制・適応策(グリーン・イノベーション)の立案や目標設定に影響



喫緊の課題: 森林生態系機能の持続性 / 脆弱性評価研究の高度化

温暖化は炭素循環プロセスにどのような影響を, どの程度もたらすか?

《生態学的メカニズムの解明》

広域評価・長期予測に要する手法と精度は?

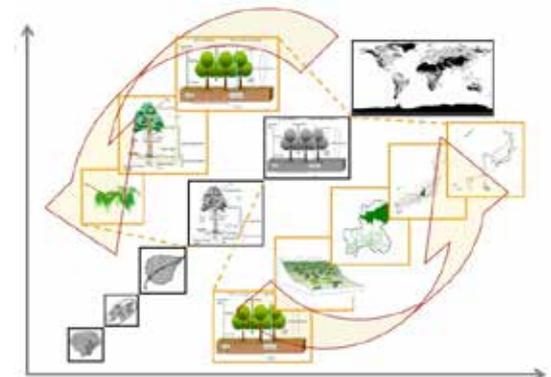
《モニタリング・予測技術の開発》



「生態学的階層」や「時空間スケール」を横断する  
分野融合・統合的研究が必須

➤ 野外大規模実験-衛星観測-モデル解析の結合

## 衛星-生理生態学



# 『衛星－生理生態学』アプローチ

## 衛星リモートセンシング

森林の生理生態学的特性の  
観測，温暖化影響の検出，  
将来型衛星への対応



## 生理生態学的観測

光合成，呼吸，フェノロジー，  
葉の生化学，分光  
土壌呼吸



## 野外 温暖化実験

ミズナラ，土壌



## モデルシミュレーション解析

樹木光合成と呼吸，土壌呼吸，  
フェノロジー，炭素収支

炭素収支の現状診断

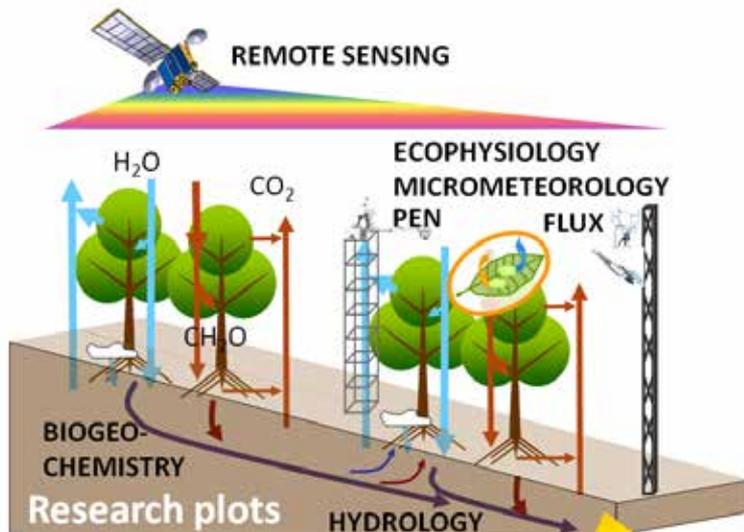
炭素収支の将来予測



気候変動への冷温帯落葉広葉樹林  
生態系の構造・機能の脆弱性評価  
(温暖化への応答評価)

# 高山スーパーサイトにおける統合的研究の取り組み

1. 落葉広葉樹林サイト(TKY)と常緑針葉樹林サイト(TKC)における森林炭素収支の年変動とその生理生態学的要因の解明
2. 森林キャノピーの光合成生産力の衛星リモートセンシング指標の検出と広域適用
3. 野外操作(温暖化)実験による林冠木の光合成生産力, および土壌呼吸特性の温暖化応答予測



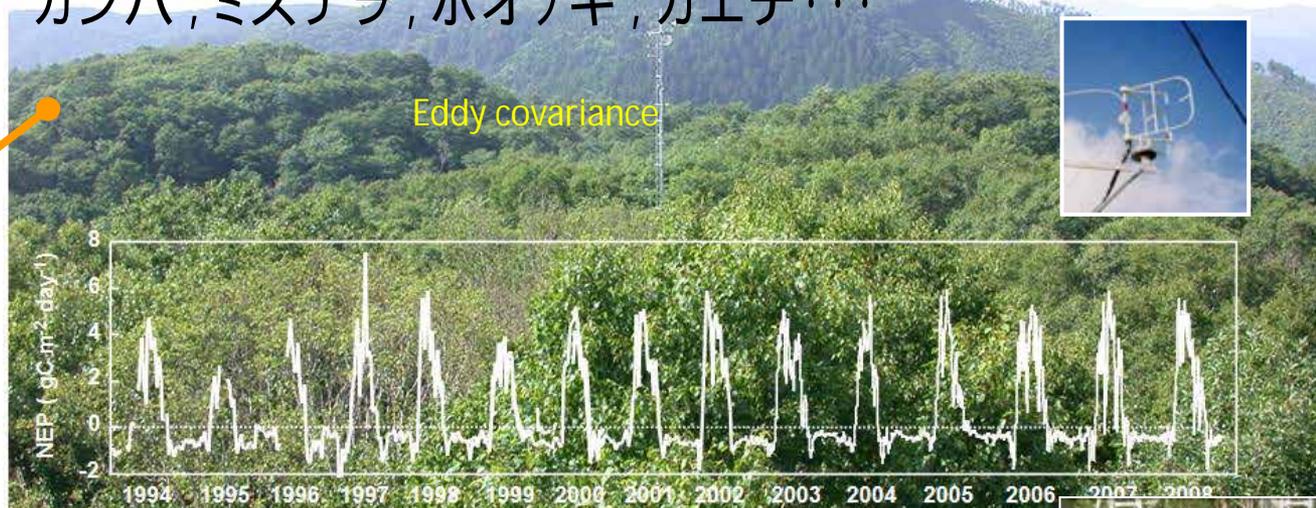
## 主な研究資金(代表, 分担, 連携を含む)

- 環境省地球環境研究総合推進費(S-1) (H14-H18)
- 岐阜大学21世紀COEプログラム (H16-H20)
- JSPS二国間交流事業 (H19-H20)
- JSPS日中韓フォーサイト事業 (H19-H24)
- 科学研究費補助金若手B (H18-H20, H23-H24)
- 科学研究費補助金基盤A (H21-H23, H22-H25)
- 科学研究費補助金基盤B (H22, H23-H25)
- 環境省環境研究・技術開発推進費(D-0909) (H21-H23)
- JAXA GCOM-C公募研究 (H22-H23)
- 最先端・次世代研究開発支援プログラム (H22-H25)

たかやま  
『高山サイト』(岐阜県高山市)



**TKY** (落葉広葉樹林) 1993 ~  
カンバ, ミズナラ, ホオノキ, カエデ...



**TKC** (常緑針葉樹林)  
2005 ~ スギ, ヒノキ



# 森林生態系の光合成と季節性(フェノロジー)

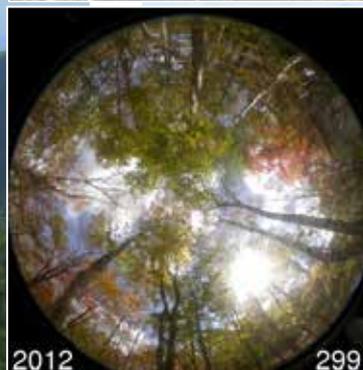
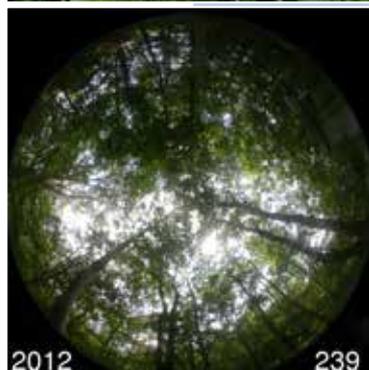
## 植物生理生態

葉の光合成  
樹木の成長  
森の成長



## 生態系機能

葉のCO<sub>2</sub>吸収  
樹木の炭素固定  
森の炭素固定



2012

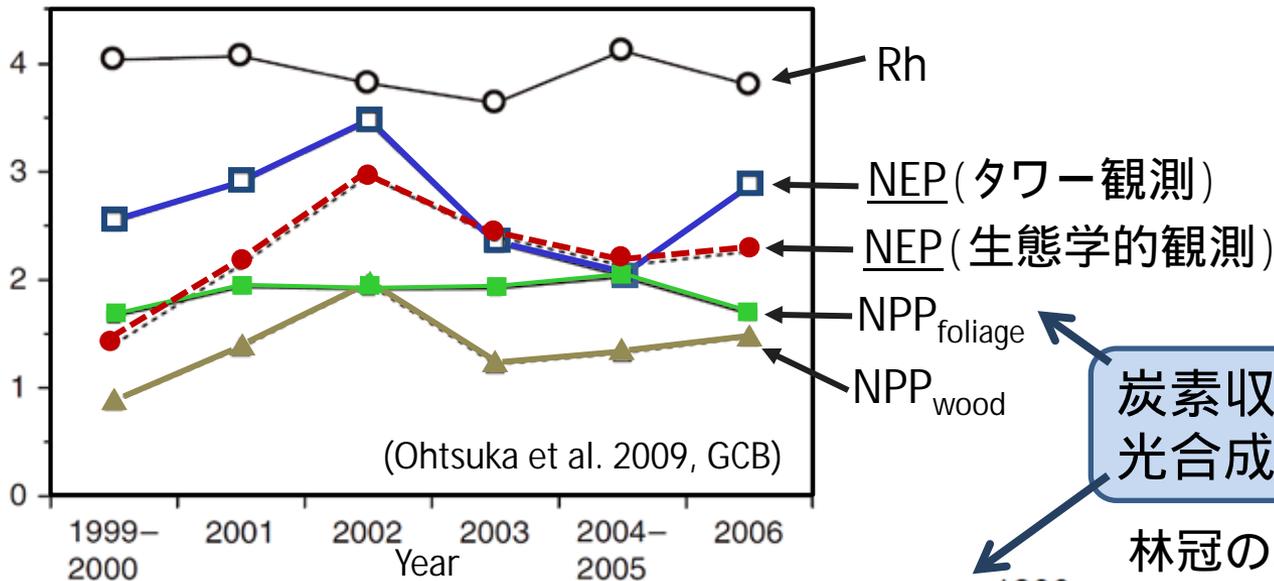
239

2012

299

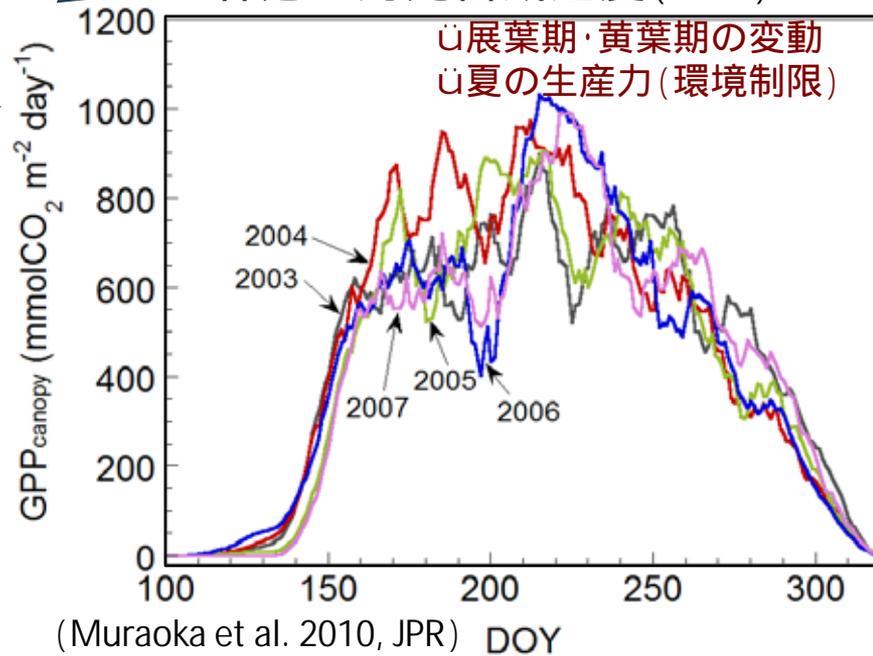
# 落葉広葉樹林 (TKY) の炭素収支の年変動

炭素フラックス ( $\text{Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ )

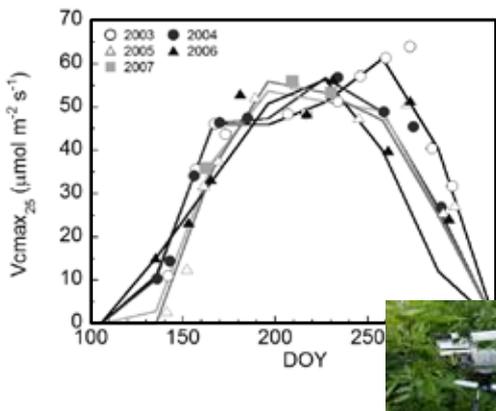


炭素収支 (年単位) の年変動  
光合成の季節性の年変動

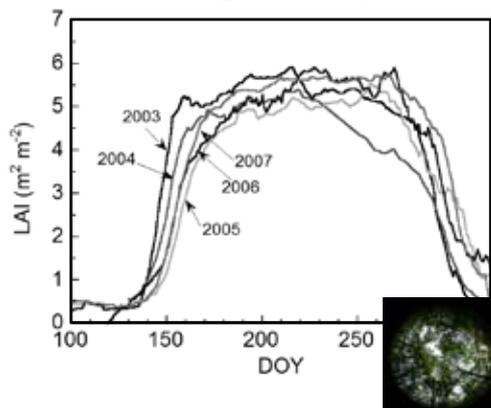
林冠の総光合成速度 (GPP)



個葉光合成能



林冠葉面積



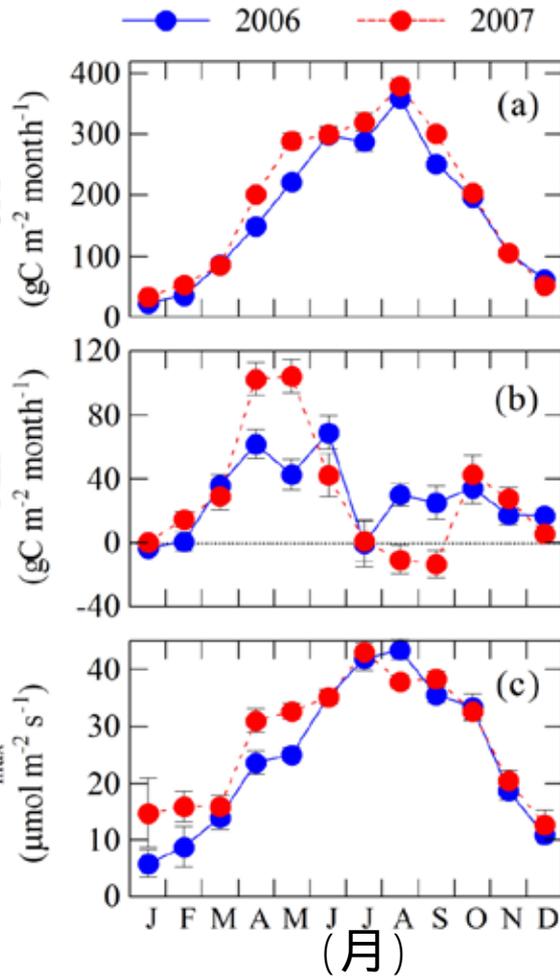
# 常緑針葉樹林 (TKC) の炭素収支と年変動

2006 (寒春) vs 2007 (暖春)

総光合成量  
GPP

生態系純生産量  
NEP

光合成能  
 $A_{max}$



春の環境

光合成有効放射量  
(mol/m<sup>2</sup>/day)

2006	29.7
2007	33.1

+

冬季の環境

積雪日数(日)

2006	95
2007	74

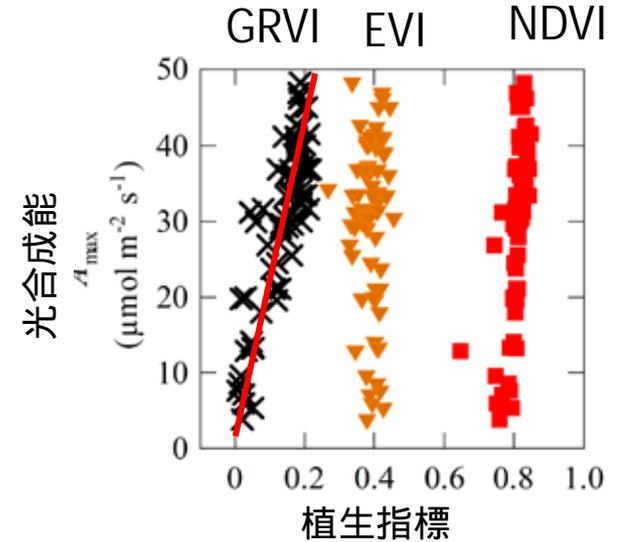
積算気温  
(日)

2006	-172
2007	-47

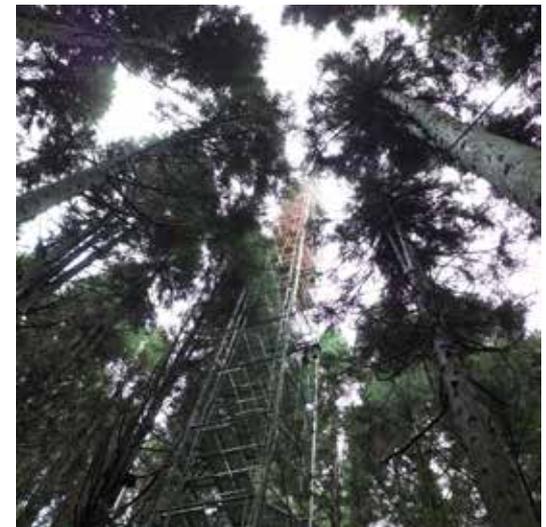


春先の光合成量の  
相違

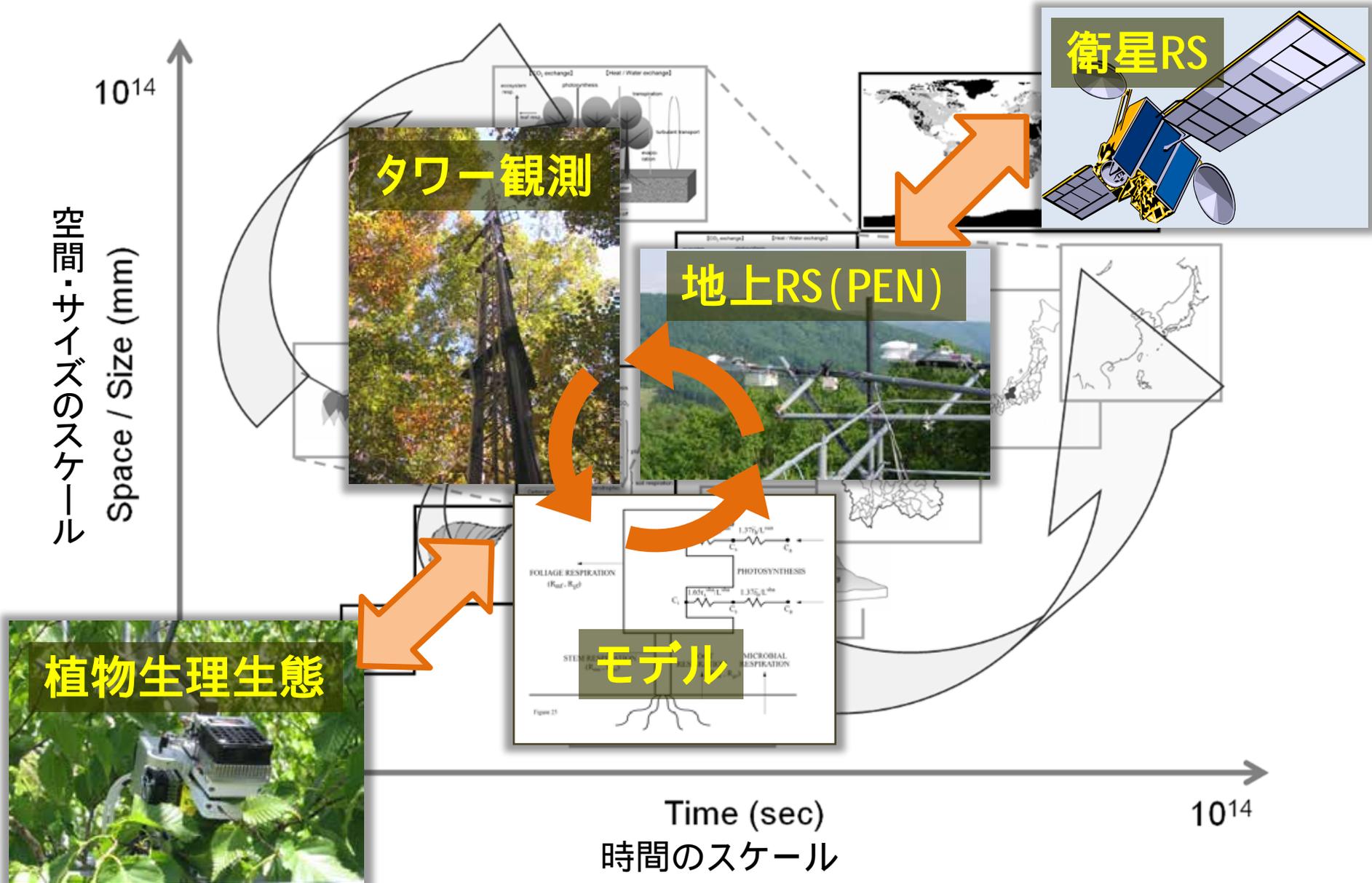
光合成能の分光植生指数



Nagai et al. (2012)

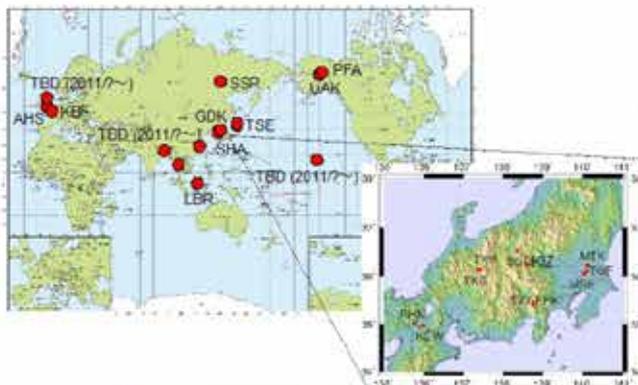
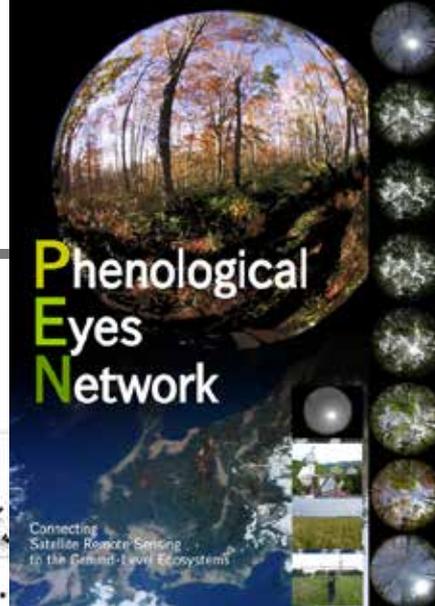


# 『衛星生態学』によるスケール横断的観測・解析



# “Phenological Eyes Network (PEN)”

## 衛星観測の地上検証ネットワーク (2003 ~ )

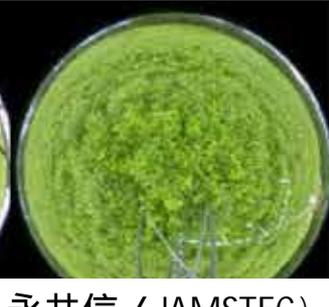
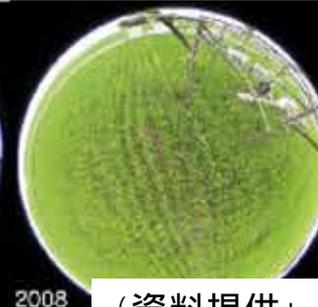
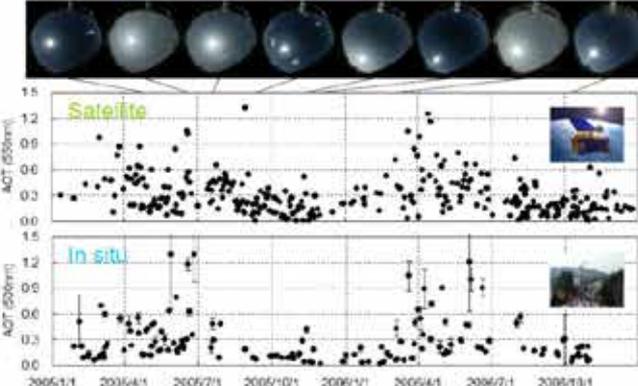
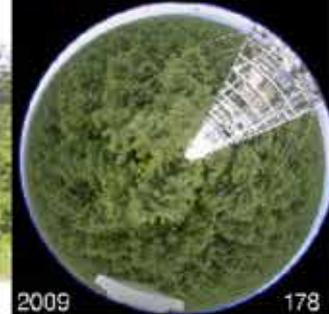


AHF (deciduous broad-leaved forest)

TKY (deciduous broad-leaved forest)

MTK (mixed forest)

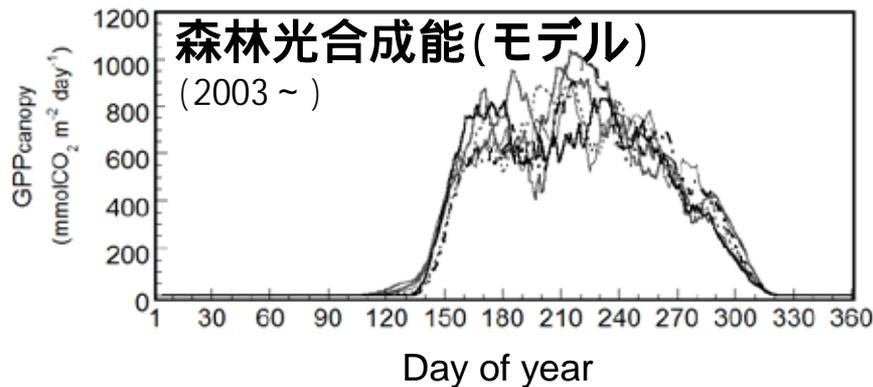
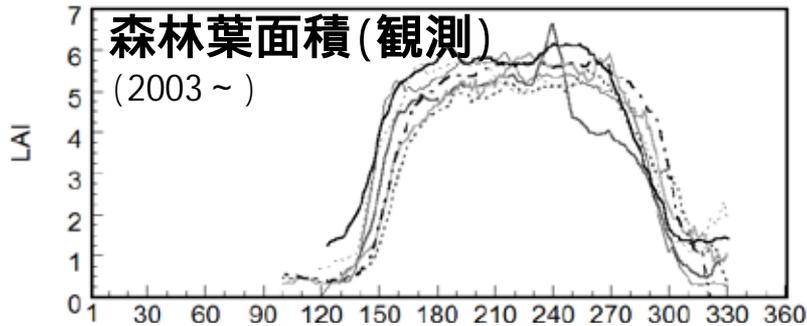
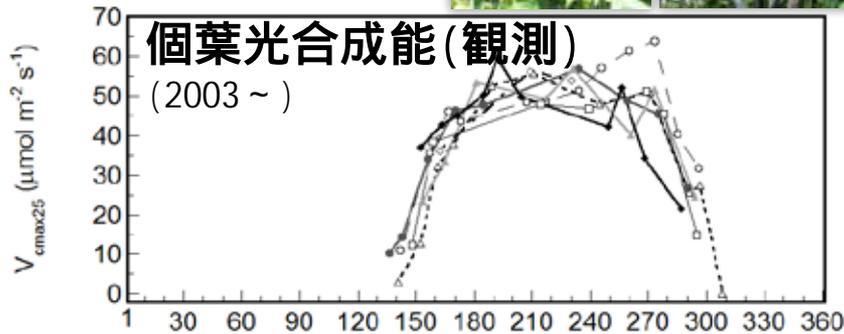
FHK (deciduous coniferous forest)



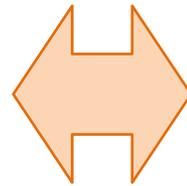
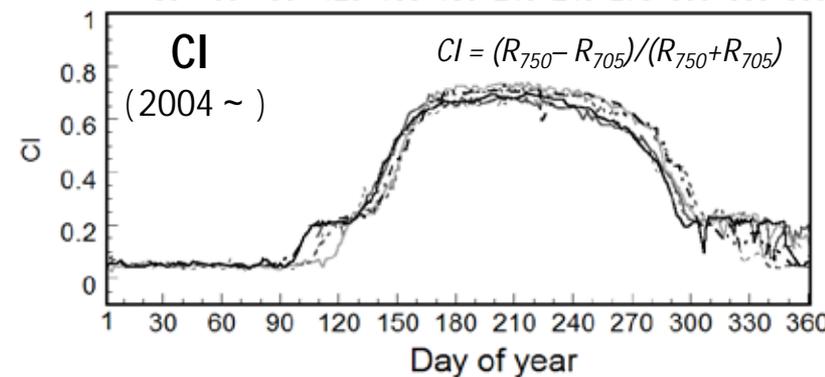
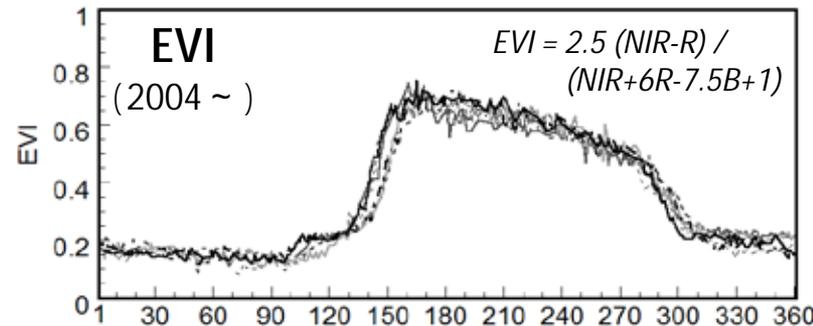
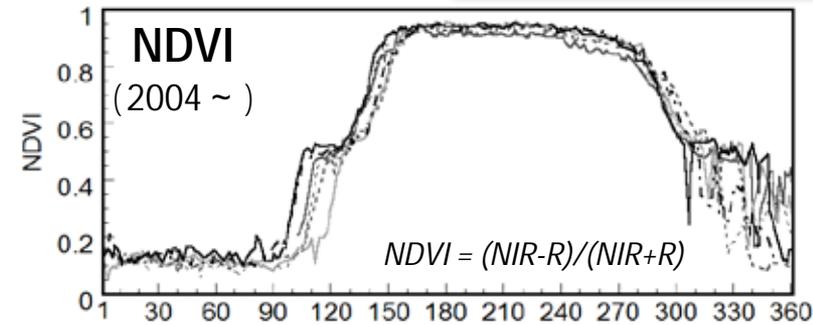
(資料提供: 永井信 / JAMSTEC)

# 森林光合成能のリモートセンシング(分光指標)の検出

## 光合成特性



## 分光植生指数



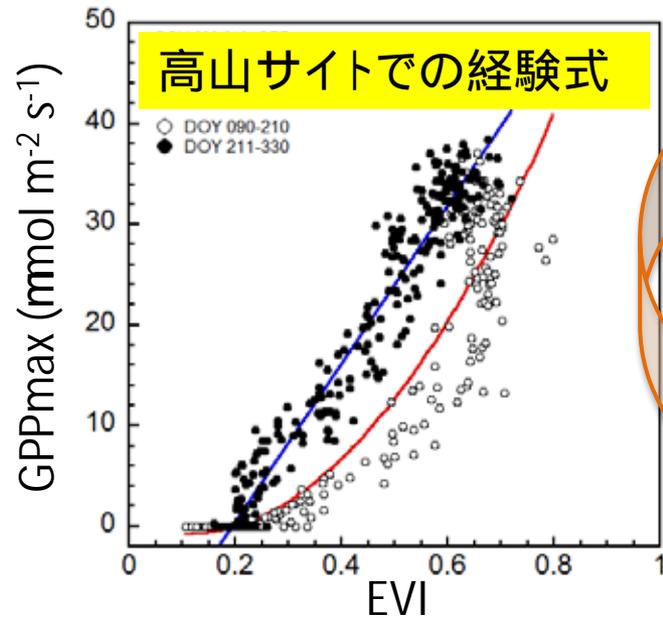
# 森林の光合成生産力の広域マッピング

植生指標

(MODIS/Terra)

MODIS-EVI

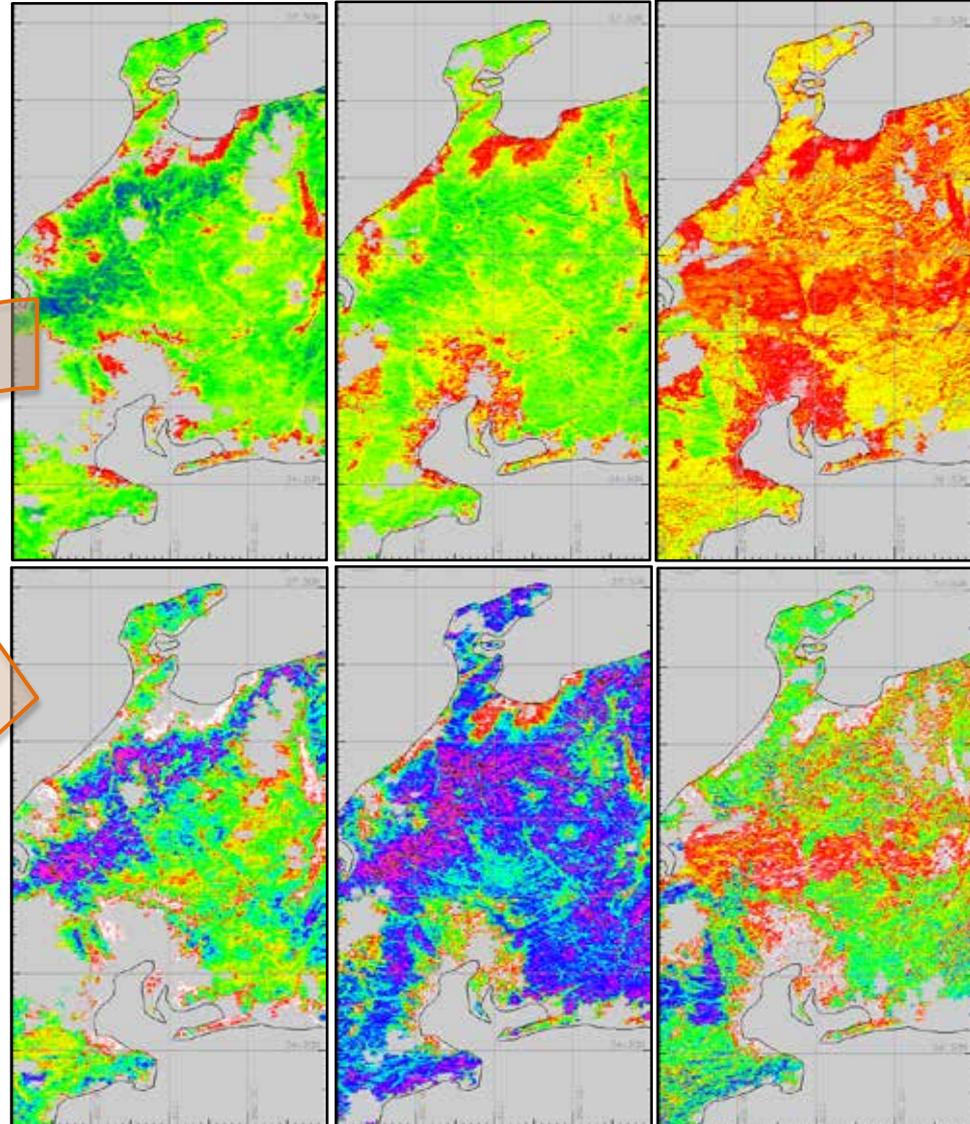
0 0.5 1.0



5月20日

9月27日

10月23日



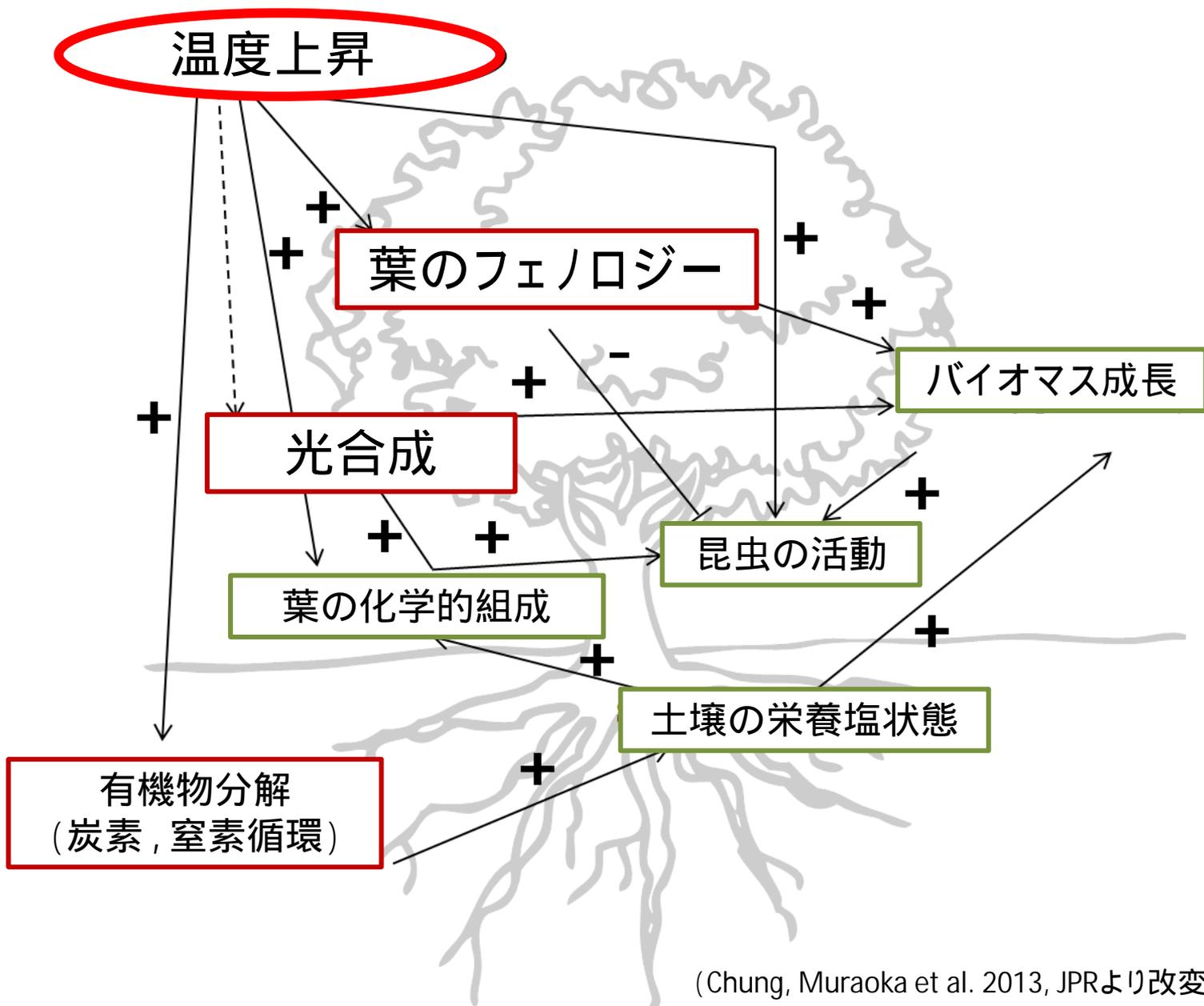
光合成生産力

(capacity)

$\text{GPP}_{\text{max}}$

0 20 40

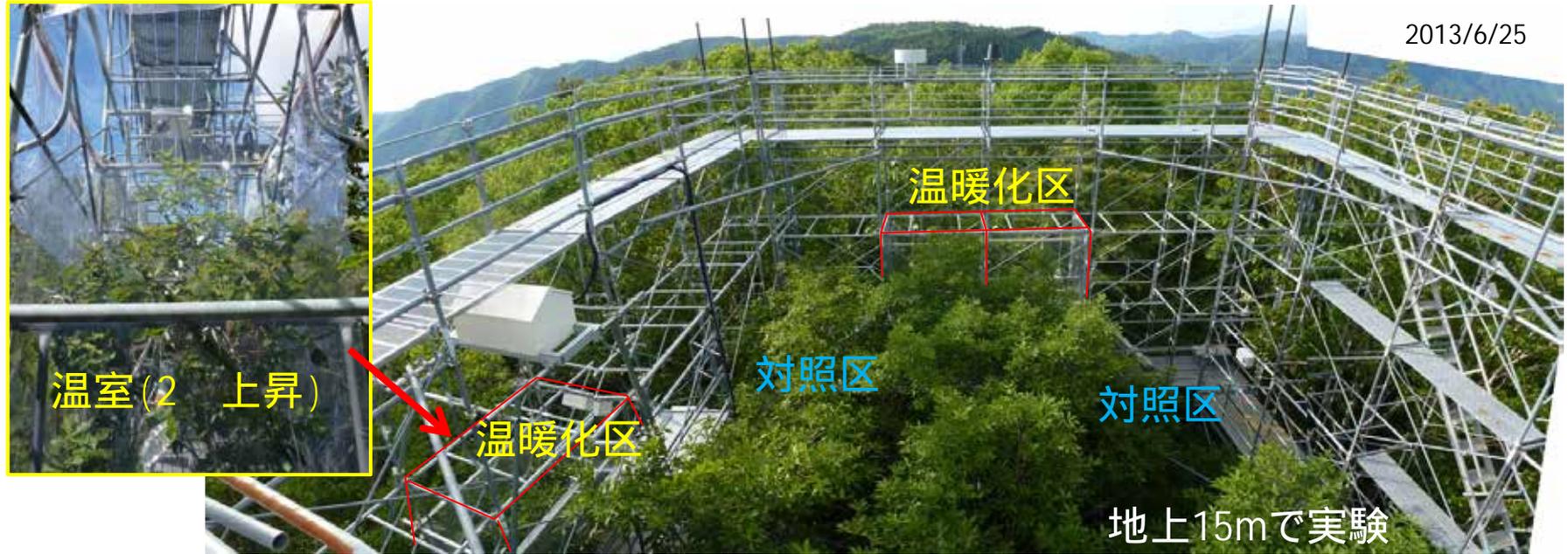
# 温暖化が身近な森林生態系に及ぼす影響（予想）



野外温暖化実験により検証・モデル化

# 高山サイトでの落葉広葉樹(ミズナラ)の温暖化実験

2013/6/25



5月17日

6月7日

8月6日

9月21日

10月19日

10月26日

温暖化区



対照区



# 森林土壌の温暖化実験： 温暖化は土壌呼吸を促進する？

地中に電熱線を埋設し、地温を3℃ 上昇させて反応を検出



JaLTER

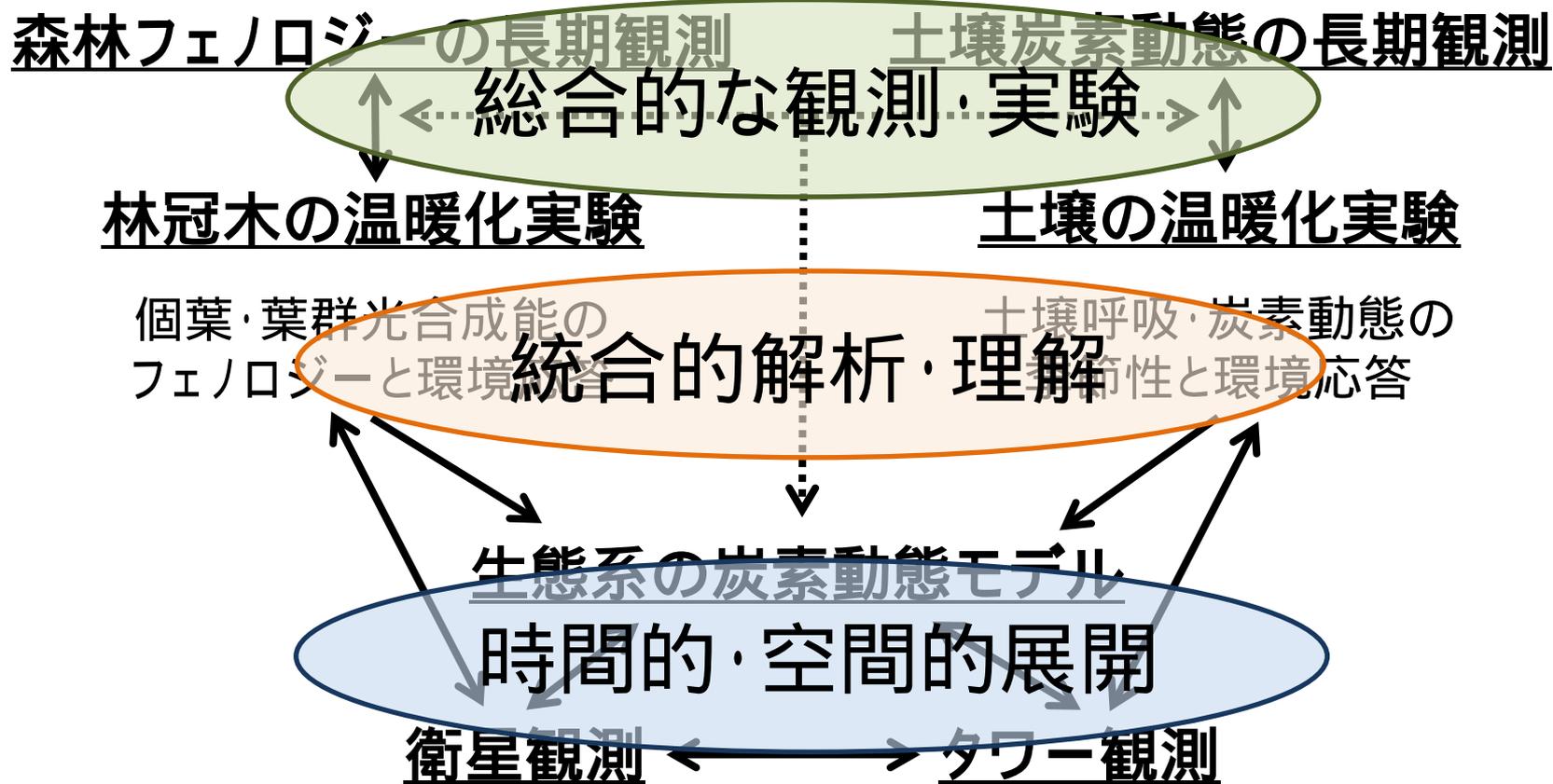


TKY photos by Dr. Noh



TOEF photos by Dr. Nakamura

# 『衛星－生理生態学』による機構解明，広域評価，将来予測

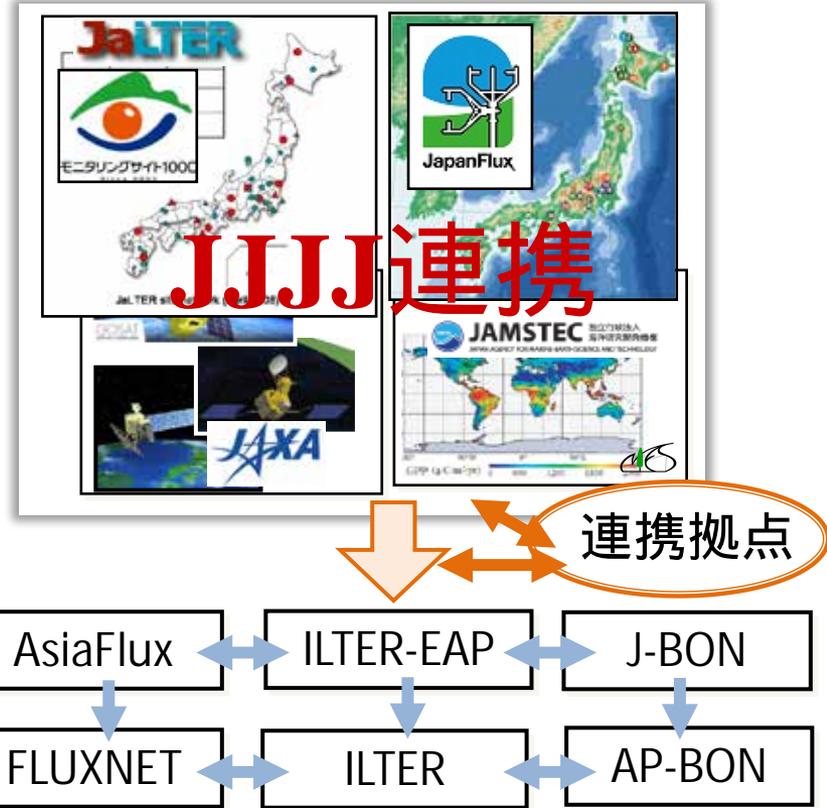
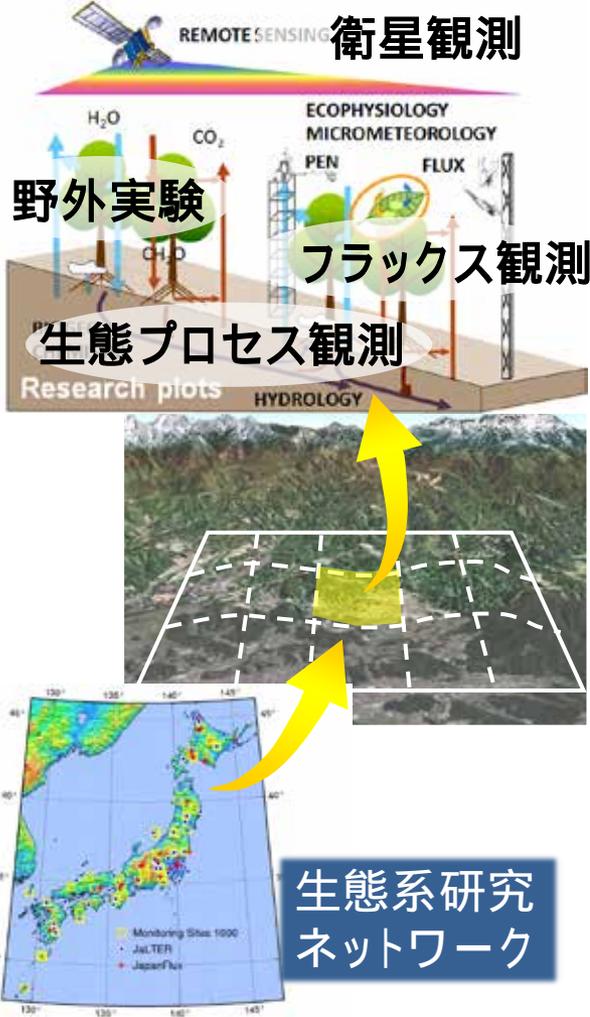


- 生態系機能の動的解析
- 生物の気候変動応答を考慮した将来予測手法

- 衛星データの解析手法
- 生態系機能の詳細な観測
- 新たな衛星センサー仕様

# 課題： 長期・複合的観測による統合研究，予測研究の推進

観測ネットワークとスーパーサイトでの  
統合的研究



## 《連携の効果》

1. 生態系変動研究の深化・展開
2. 観測・実験的知見から予測へ
3. 情報発信と国際連携の強化
4. 学際的研究人材の育成