

# GLIセンサによる植生の観測

2006年1月23日

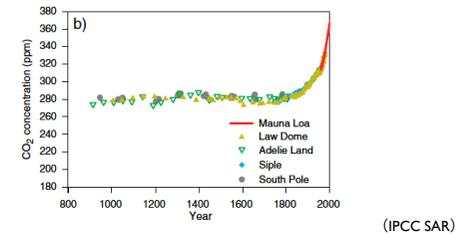
奈良女子大学共生科学研究センター

村松 加奈子

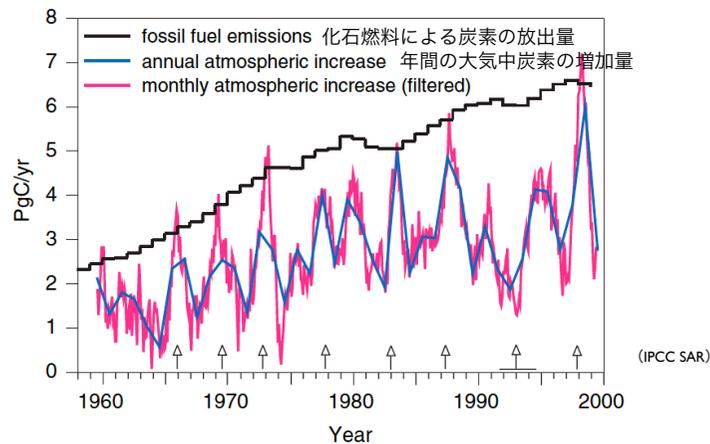
## 背景

- 二酸化炭素等の温室効果ガスの増加  
→ 世界各国の協力  
温室効果ガスの排出量削減

大気中の二酸化炭素濃度

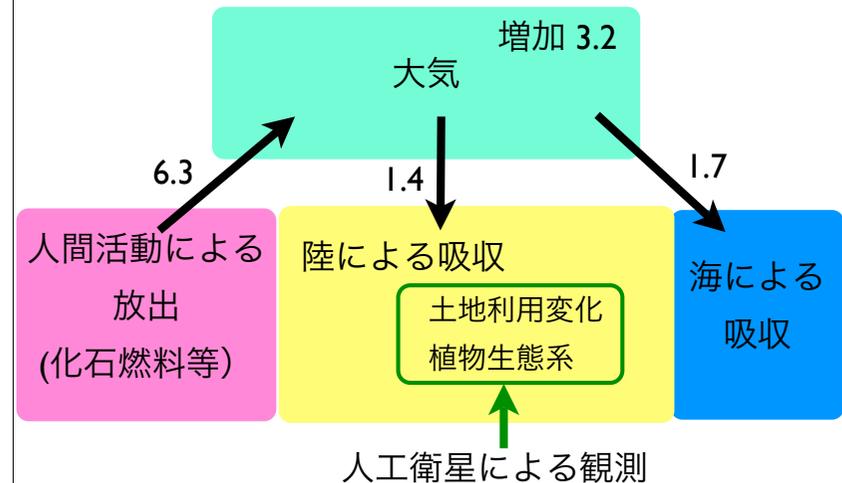


## 人間活動と大気中の炭素の増加量



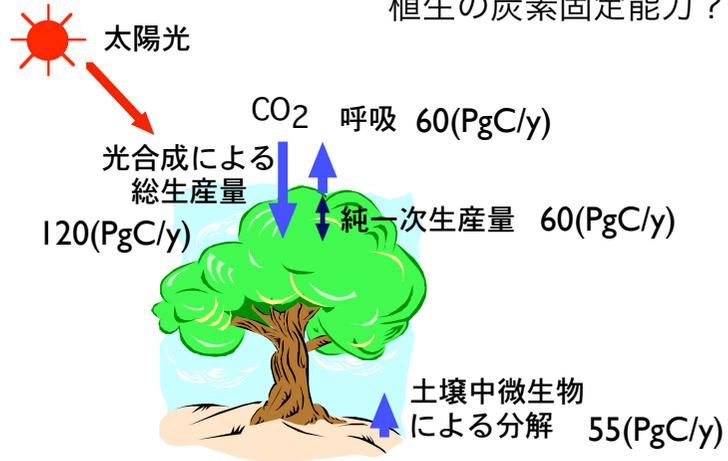
## 全地球での1年間の炭素収支

1990s (IPCC SAR) 単位: PgC/year



# 植物生態系での炭素循環

植生の炭素固定能力？

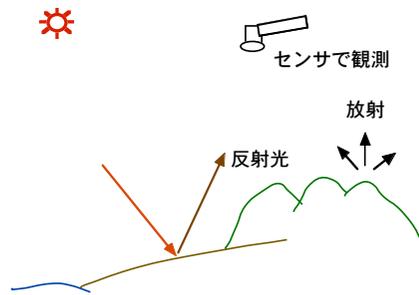


# 植生による純一次生産量の推定の歴史

- 国際生物学事業計画(IBP)：1960年～1980年
  - 世界各地で植生の実測（木の胸高直径・樹高等）
  - IBPのデータから気候モデルの開発
    - 植生の分布や活性度の状況は反映されていない。
  - 人工衛星データの利用：植生の分布、活性度等反映
  - 全地球での年間の純一次生産量：39.9～80.5 PgC/year

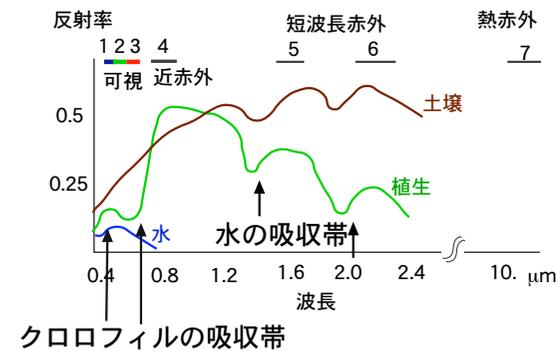
推定精度の向上が必要

# GLIセンサによる陸域の観測

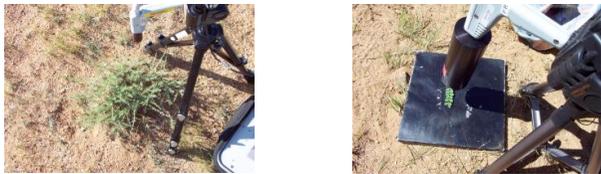


土地被覆  
植生の分布  
活性度・・・

# 物体の分光反射率



### 反射率測定



### 光合成測定



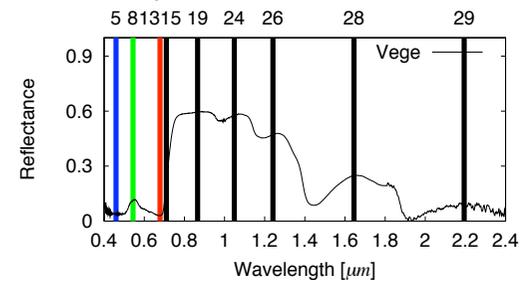
### 解析アルゴリズムの開発

衛星データからの推定と地上の実測値との比較

### ADEOS-II衛星に搭載された

### GLIセンサの観測波長帯

Analysis band number of ADEOS-II/GLI 1km



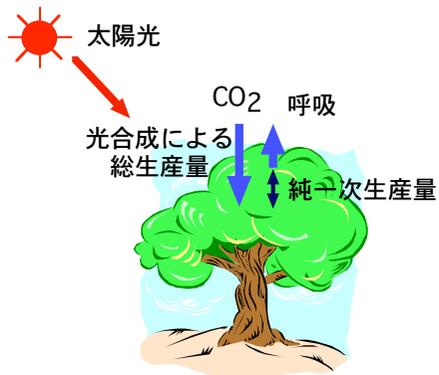
多波長であること

4日に1度同じ場所を観測

空間分解能 : 1km, 250m

全地球 地域研究

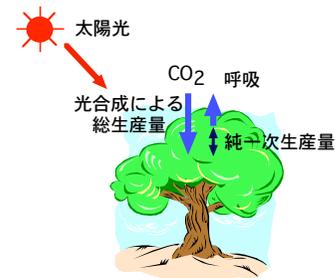
## GLIセンサを用いた 植生純一次生産量の推定



### 植生純一次生産量の推定方法

光利用効率モデル (よく使われている方法)

$$\text{純一次生産量 (NPP)} = \underbrace{\text{光利用効率 (LUE)}}_{\text{光} \rightarrow \text{炭素の変換効率}} \times \underbrace{\text{光の吸収率 (fAPAR)}}_{\text{吸収した光の量}} \times \underbrace{\text{光の量 (PAR)}}_{\text{光の量}}$$

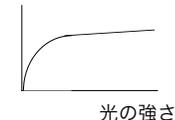
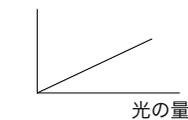


葉の量 (Leaf Area Index)

衛星観測による植生指標 NDVI

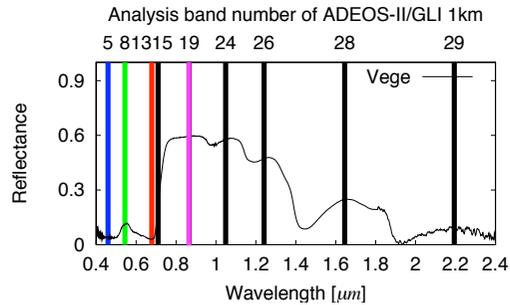
純一次生産量

光合成速度



植生指標：NDVI = 
$$\frac{(\text{近赤外の反射率} - \text{赤の反射率})}{(\text{近赤外の反射率} + \text{赤の反射率})}$$

植生の観測：多くの研究、成功例多  
適用できる植生の幅が限られている



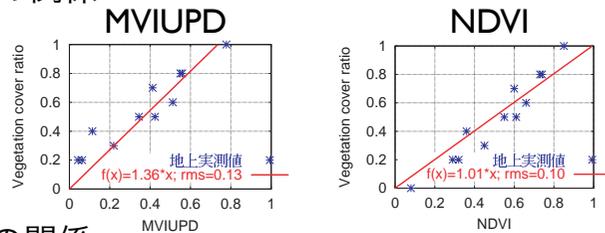
GLIセンサ：多波長での観測  
多波長のデータを有効に利用したい

植生指標：MVIUPD = 
$$\frac{Cv - 0.2Cs - Cw - C4}{Cw + Cv + Cs}$$

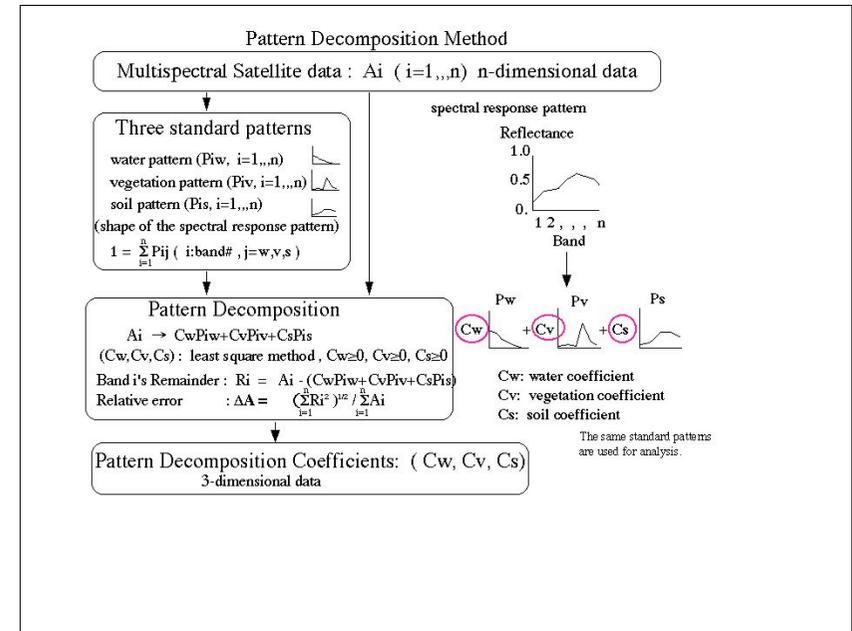
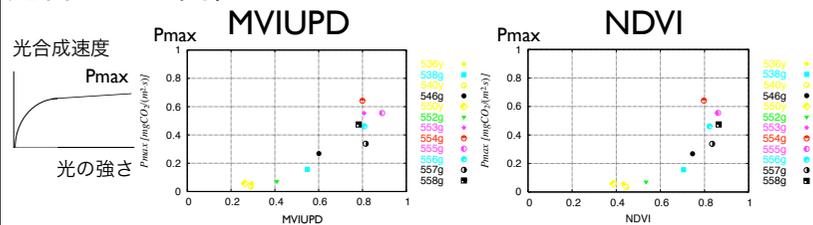
衛星の1画素：植生の量、活性度  
被覆率、光合成量との線形関係

植生指標：MVIUPD = 
$$\frac{Cv - 0.2Cs - Cw - C4}{Cw + Cv + Cs}$$

植被率との関係

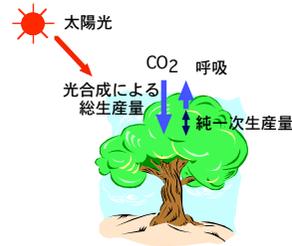


光合成との関係



# MVIUPDを用いた 植生純一次生産量推定アルゴリズム

純一次生産量 = 総生産量 - 呼吸量



NPP

$$NPP [kgCO_2/(m^2month)] = GPP - R_p$$

Autotrophic  
respiration

$$R_p [kgCO_2/(m^2month)] = \frac{7.825 + 1.145 \times T[^\circ C]}{100} \times GPP$$

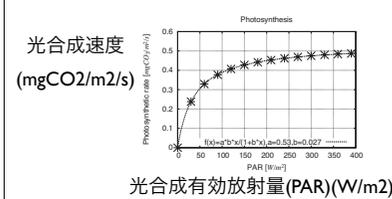
経験式

総生産量  $GPP [kgCO_2/(m^2month)] = \int_{\text{month}} P(\text{PAR}(t), \text{MVIUPD}(t)) dt$

総光合成量の時間積分  
Calculated from  
daily solar radiation  
 $\approx \sum_{j=1}^m \left( \frac{\text{MVIUPD}^j}{\text{MVIUPD}_{std}} \times P_{std}(\text{PAR}_h) \times \Delta t \times h \right)$   
( $\Delta t = 3,600\text{sec}$ )  
( $m=28, 30, \text{ or } 31$ )

h: effective daylength for vegetation photosynthesis  
(Xiong et al., 2005)

総光合成量  
 $P(\text{PAR}(t), \text{MVIUPD}(t)) \approx \frac{\text{MVIUPD}(t)}{\text{MVIUPD}_{std}} \times P_{std}(\text{PAR}(t))$   
非線形な光合成曲線  
(Furumi et al. 2005)



$$P_{std}(\text{PAR}(t)) = \frac{0.52 \times 0.028 \times \text{PAR}(t)}{1 + 0.028 \times \text{PAR}(t)}$$

木の葉に対して  
光合成と反射率を測定した結果より  
 $P_{std}(\text{PAR}(t))$  と  $\text{MVIUPD}_{std}$  を決定

## GLIデータを用いた植生純一次生産量の解析

推定アルゴリズムの検証

GLI 250m空間分解能

推定値と地上実測値との比較

植生純一次生産量の全地球での分布

GLI 1km空間分解能

地上実測値との比較

他研究との比較

年間全地球での積算値

## 植生純一次生産量の現地観測



奈良県県有林

80mx80mの領域

スギ・ヒノキ=4:1

樹齢 38年

1108本の中から83本のサンプリング

森林調査 2001年夏～

胸高直径、樹高、リター

ヘリコプターによる反射率測定

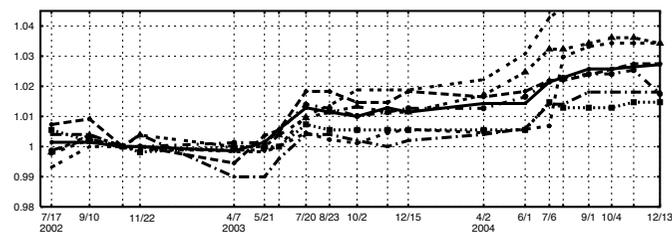
(千葉大との共同研究)



### 森林調査の様子



### 胸高直径の成長率



1年あたりの成長率： 1.9%

森林の成長量：  $1.50 \pm 0.75$  (kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/year)

### GLI 250mデータ

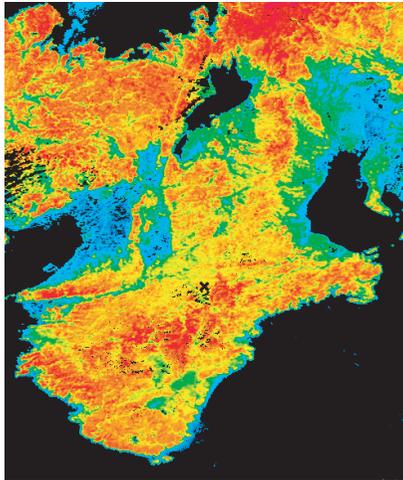
2003年2月



2003年6月



紀伊半島周辺地域



推定値 (森林調査の領域)

$1.73 \pm 0.45$   
(kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/year)

森林調査

$1.50 \pm 0.75$   
(kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/year)

0 2.5 (kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/year)

モンゴルの草原でも  
観測値と実測値は  
誤差の範囲内で一致

# 全地球での 植生純一次生産量の推定

GLI 1km空間分解能の全球モザイクデータ

16日間に1度

2003年 4月~10月の13 シーン

気象データ (全地球再解析データ)

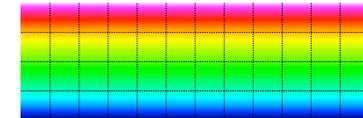
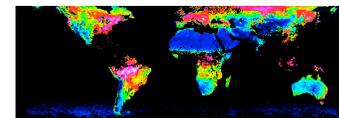
気温(ECMWF)、全天日射量(NCEP)

日長時間

## 1ヶ月あたりの植生純一次生産量(6月)

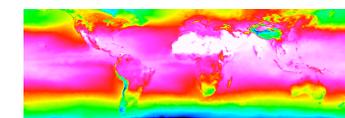
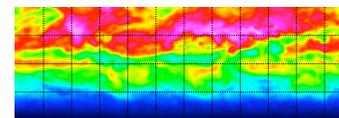
植生指標：MVIUPD

日長時間

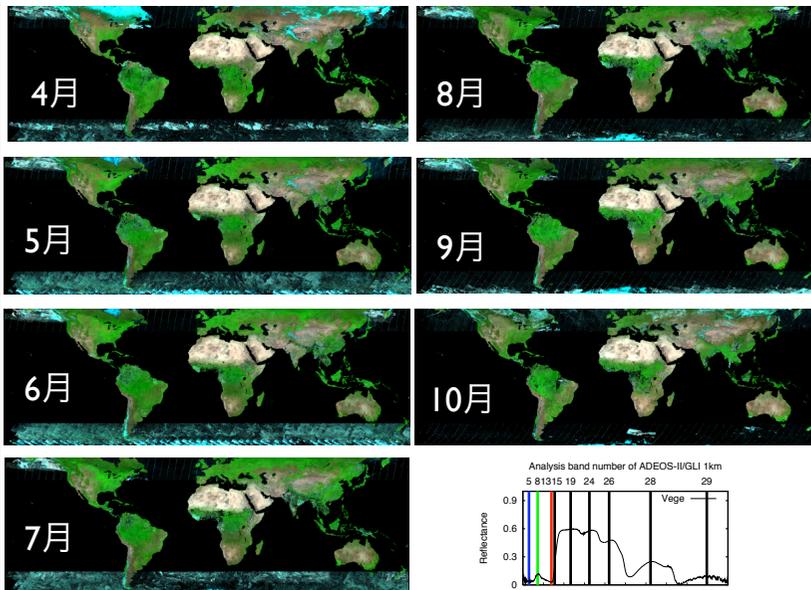


日射量

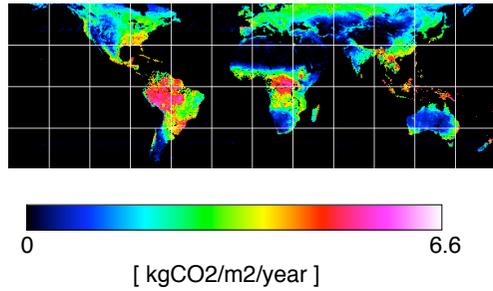
気温



MVIUPD -0.2 1.3  
SR 0 400.0 [W/m<sup>2</sup>]  
DL 6.0 19.0 [Hour]  
AT -10.0 30.0 [°C]



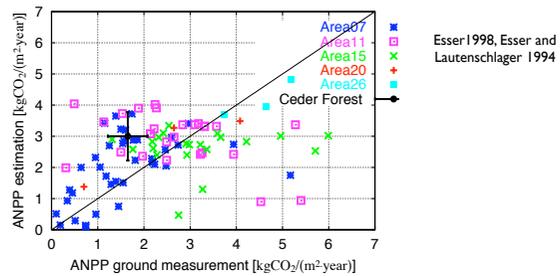
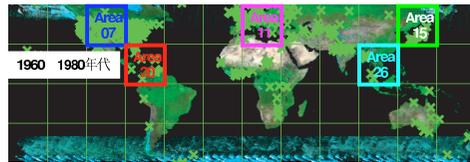
# 全球の植生の純一次生産量の分布図



# 純一次生産量分布の比較

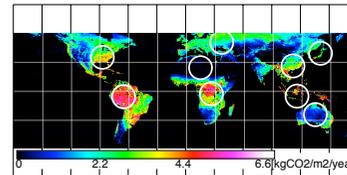
- 地上実測値
- 他研究

# 推定結果と地上測定データとの比較

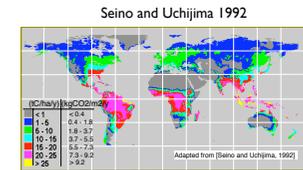


# 推定結果と他研究との比較

## 比較の領域



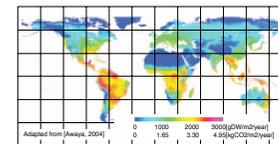
## 気候モデル(Chikugo Model) 1980s



## 光利用効率モデル(LUE Model)

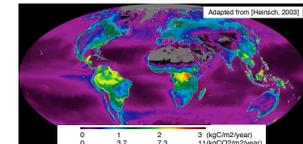
### AVHRR NDVI 1993

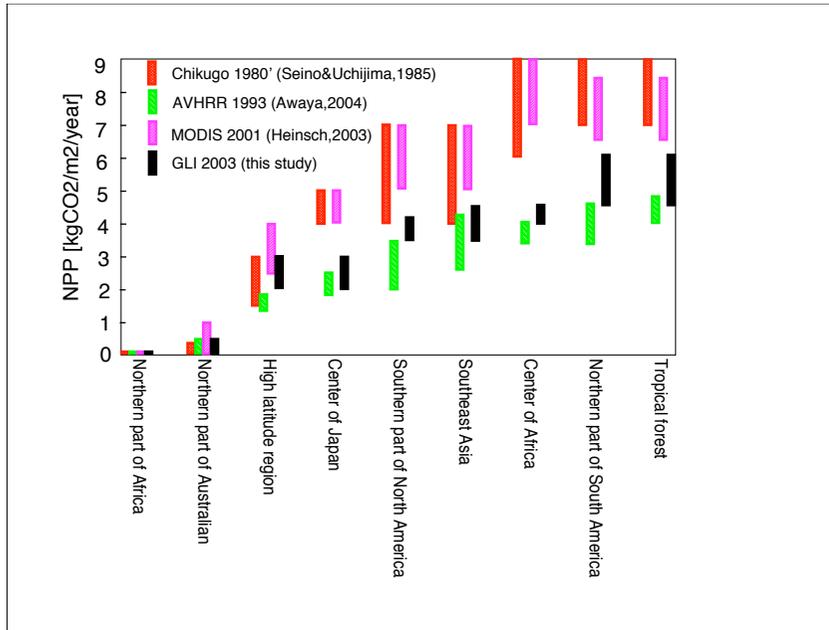
Awaya et al. 2004



### MODIS NDVI 2001

Heinsch et al. 2003





## 年間の全地球での 植生純一次生産量

全地球での積算値：66.5±17.3 (PgC/year)

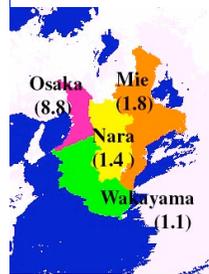
39.9～80.5 (PgC/year)

(17タイプのモデル Cramer, 1999)

59.9, 62.6 PgC/year  
( IPCC SAR)

## 地域研究への利用

人口 10<sup>6</sup>



奈良県：140万人  
三重県：180万人  
和歌山県：110万人  
大阪府：880万人

県	エネルギー消費 による排出量 (10 <sup>9</sup> kgCO <sub>2</sub> /year)	純一次生産量 (10 <sup>9</sup> kgCO <sub>2</sub> /year)
奈良	4.	17.
三重	30.	19.
和歌山	21.	21.
大阪	56.	4.
合計	111.	61.

## まとめ

- GLIの多波長の特徴を生かした植生純一次生産量の推定アルゴリズムの開発
- 地上実測値と250m空間分解能のデータからの推定値を比較しアルゴリズムの妥当性を検証
- GLI のモザイクデータから全地球での植生純一次生産量の推定を行った。
- 分布：地上実測値、他研究との比較
- 年間全地球積算値：66.5±17.3 (PgC/year)

- 250mデータの地域研究への活用 ← ALOS
  - 地上測定の大酸化炭素濃度のデータとの連結
- 全地球データ：各土地被覆毎のNPP
- MODIS データを使い、経年変化の研究次のプロジェクトへ