



多様な作物分布を考慮した 全球農業水需要量推定

2011年9月9日
環境科学会2011年会

○小槻 峻司¹⁾, 田中賢治²⁾, 小尻利治²⁾

¹⁾京都大学大学院 博士課程1年

²⁾京都大学防災研究所

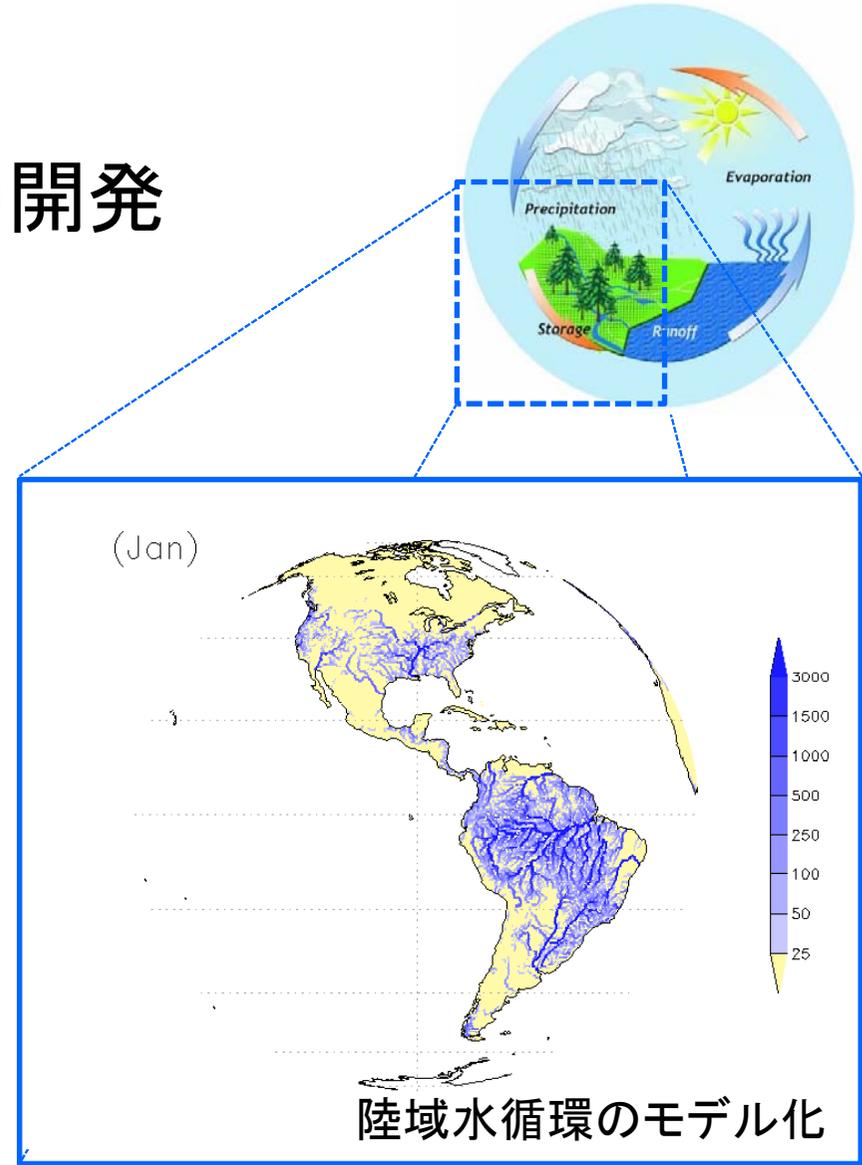
本研究の目的

GEWEX: <http://www.gewex.org/>

研究テーマ 全球陸域水循環モデルの開発

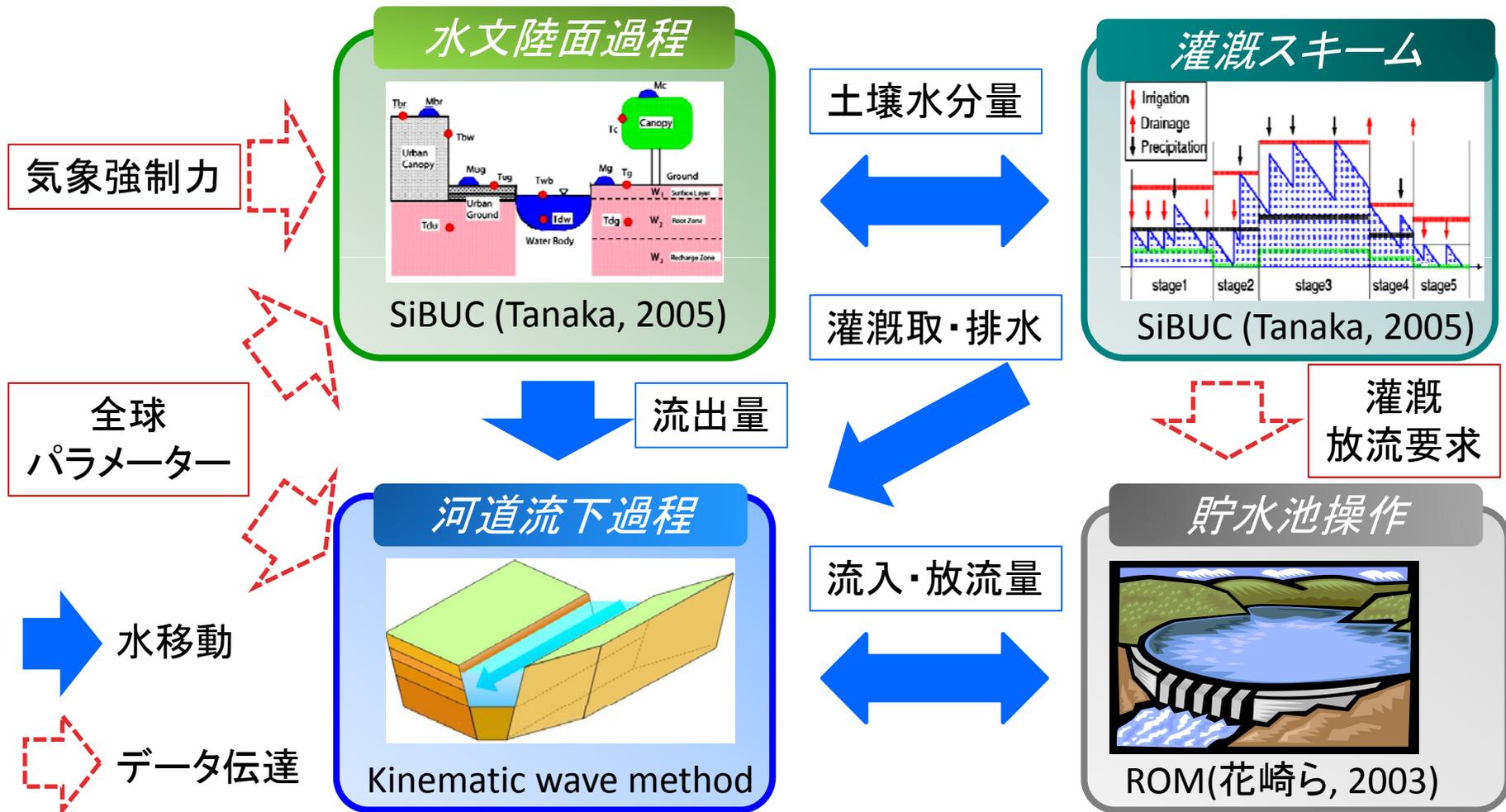
1. 物理過程に根差した
陸域水循環の表現
2. 農業水需要量の推定と
水循環プロセスとの応答
3. 人間活動が水循環システム
に与える影響を考慮

解像度: 20km × 20km (MRI-AGCM20に一致)
計算ステップ: 陸面1時間, 河道プロセス10分
出力: 日単位



開発中のモデル

- 人間活動を組み込んだ水循環モデルを開発中
- 陸面過程オフライン計算の後，河道計算



本日の発表内容

1. 農業水需要量推定
 - 灌漑モデルの表現
 - 農事暦・作物別灌漑マップの作成手法
2. 解析結果
3. 灌漑が陸面の鉛直水蒸気FLUXに与える影響
4. まとめと今後の活動

灌漑の表現

1. 陸面過程の物理解析により
水位(水田)や土壌水分(畑地)を追跡

Ex) 水田の水位追跡式

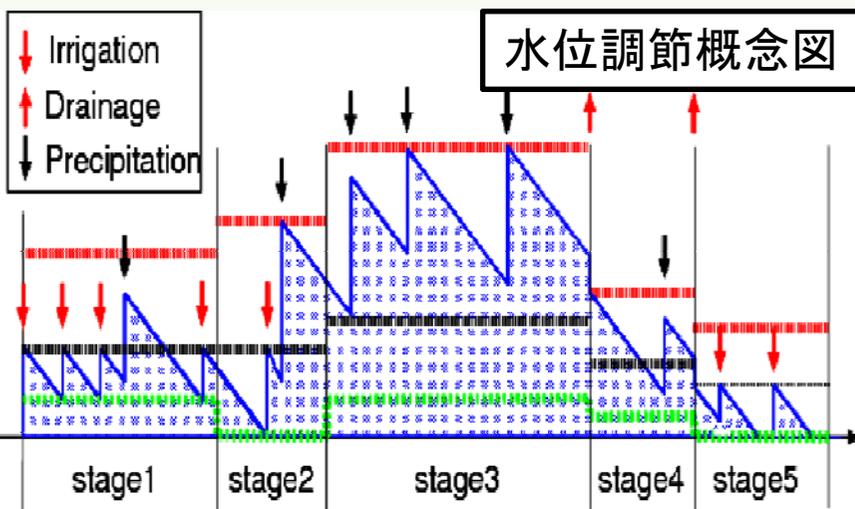
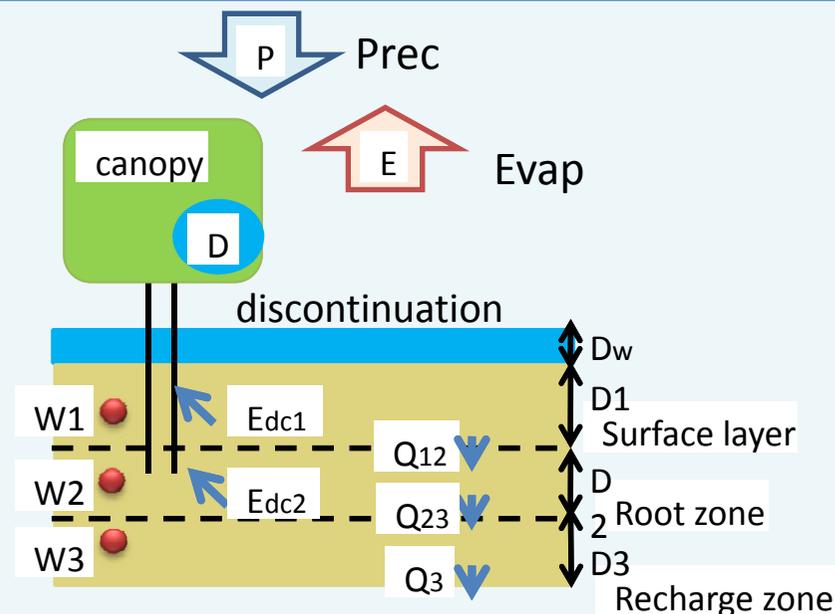
$$D_w = TWS - SM_s$$

TWS: 地表面総貯留量

SM : 土壌水分量

SM_s: 飽和土壌水分量

D_w : 水深



2. 作種・農事暦により定められた
規定値を超過した場合に、
取水・排水をするとモデル化

$$W_{in} = W_{opt} - D_w + (SM_s - SM)$$

$$W_{out} = D_w - W_{opt}$$

W_{in}: 灌漑要求水量

W_{out}: 灌漑排水量

W_{opt}: 最適水深

陸面過程解析により物理的に表現

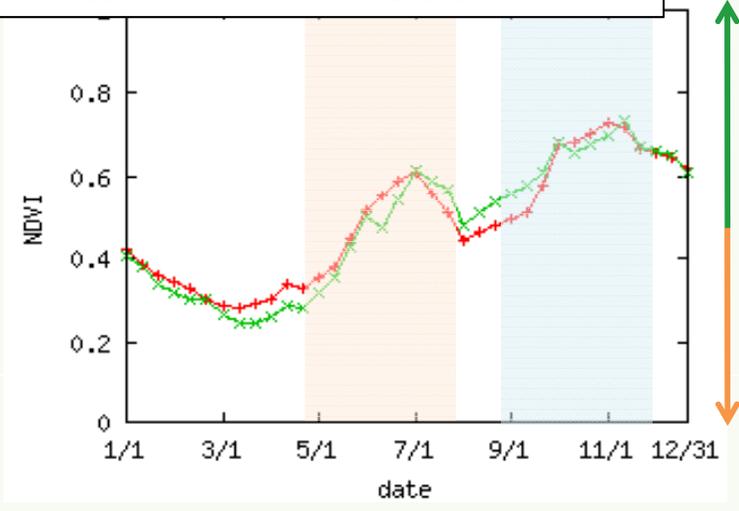
灌漑パラメータ

作物種と生育段階から
土壌水分量(水深)の
維持範囲が決定

作物種	生育段階	1	2	3	4	5
春小麦	最低土壌水分量	0.70	0.60	0.80	0.80	0.55
冬小麦		0.70	0.70	0.80	0.80	0.55
トウモロコシ		0.75	0.65	0.70	0.75	0.65
大豆		0.75	0.65	0.65	0.70	0.65
綿花		none	0.5	0.55	0.55	0.5
稲	最低水深(mm)	20	0	20	10	0
	最適水深(mm)	50	50	60	40	30
	最高水深(mm)	100	120	160	80	60

中国水利電力出版社

2期作地点のNDVI年変化(タイ)



$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

NIR : 近赤外領域の反射率
RED : 赤外領域の反射率(植物が吸収)

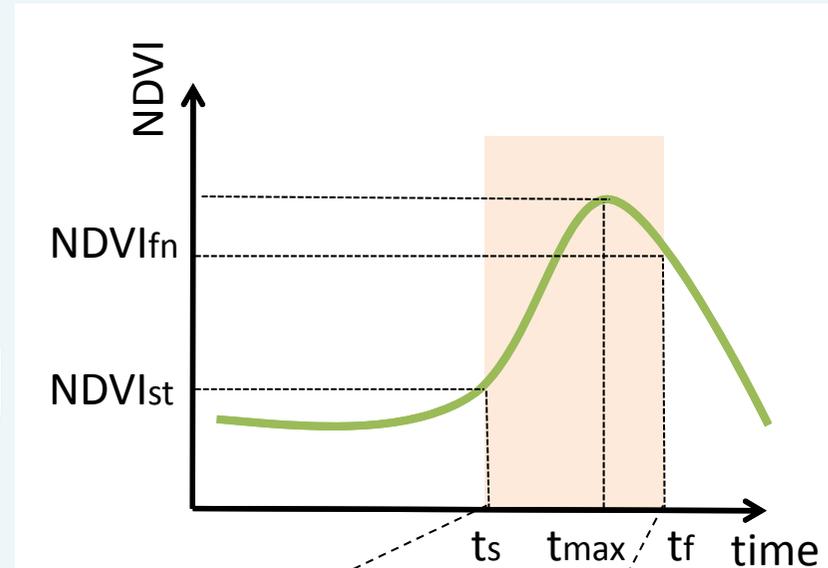
衛星データの時系列変化から
作物の生育段階を特定

農事暦作成手法

1. 衛星データの時系列変化から作物の農期を特定

$$t = \begin{pmatrix} ts_i \\ tf_i \end{pmatrix} \quad \text{when} \begin{pmatrix} t \leq t_{\max} \\ t \geq t_{\max} \end{pmatrix} \quad \text{and} \begin{pmatrix} NDVI(t) = NDVIst_i \\ NDVI(t) = NDVIfn_i \end{pmatrix}$$

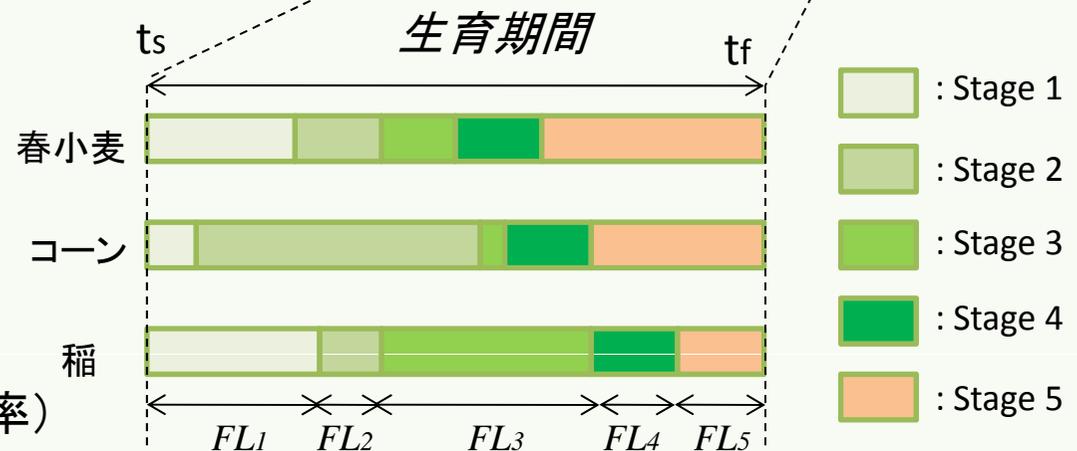
ts : 生育開始時期
 tf : 生育終了時期



2. 作物種類ごとに生育段階を特定 (各生育期間が異なるため)

$$\sum_{i=1}^n FL_{i,j} = 1$$

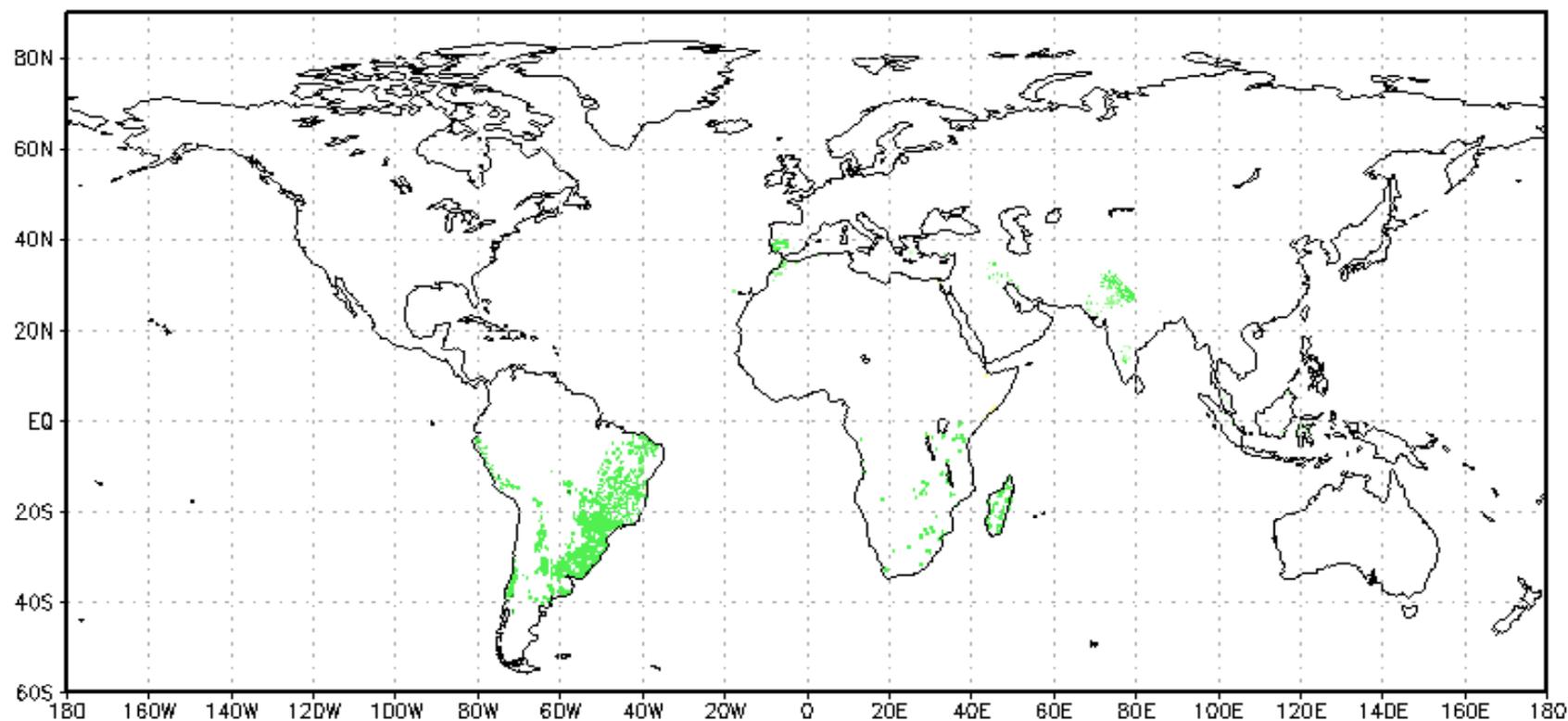
$FL_{i,j}$: 作物*i*のステージ*j*の長さ(百分率)



農事曆(小麦)

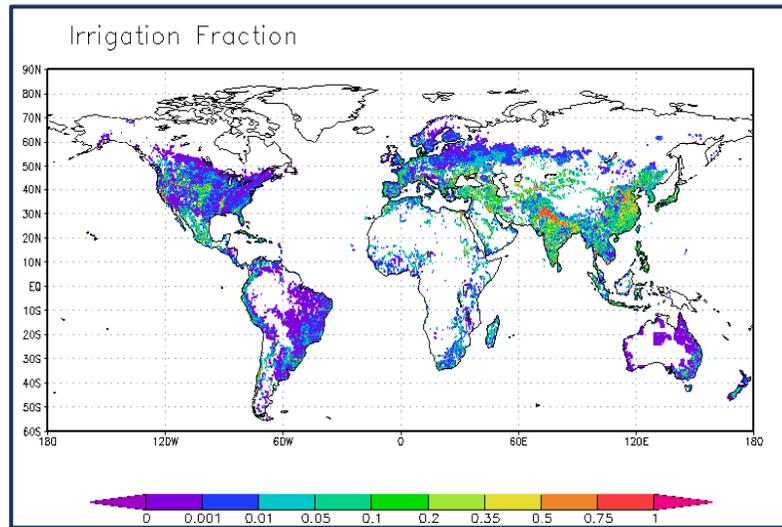
1~12月まで36分割

Growing stage (SprWheat) t=1 /36

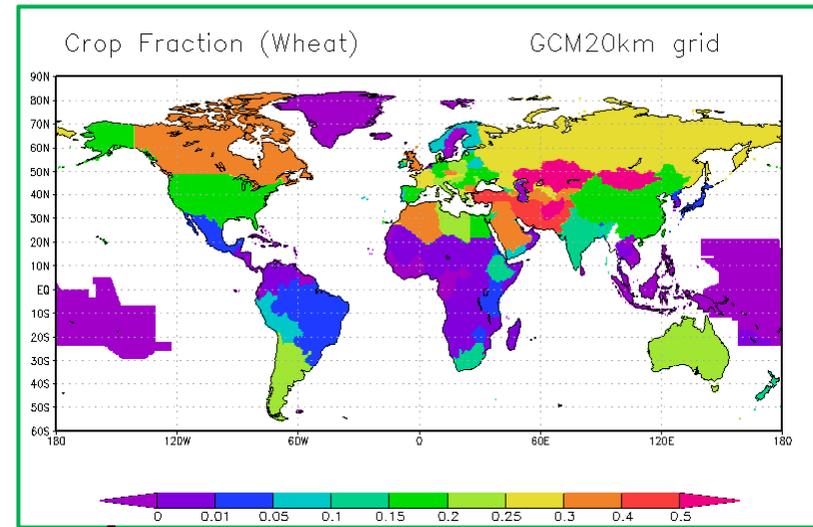


生育段階

全球適用へのデータセット



全球灌漑面積率 (Siebert *et al.*)



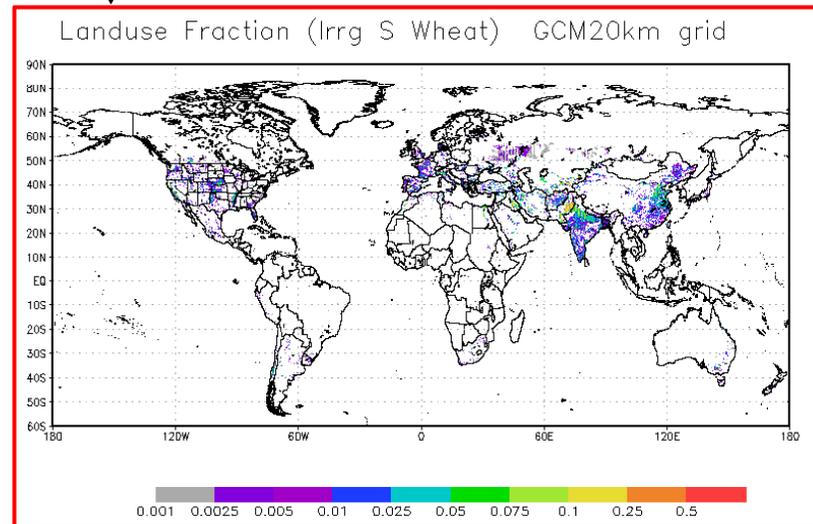
各国の小麦耕作比率 (FAOSTAT)

国統計値をベースに作物毎の
灌漑土地利用マップを作成

扱う作物

1. 春小麦
2. トウモロコシ
3. 稲
4. 大豆
5. 綿花
6. その他

詳細な作物分布マップの開発については後述



小麦の灌漑面積率

解析条件

□ 何故，農事暦を衛星データから抽出するのか？

□ メリット：全球観測情報であり，モデル化に比して現実的

□ メリット：実際にその農地で灌漑が行われたと判断可能

□ デメリット：将来予測計算にはそのまま活用できない

気象強制力（1994-2003年）

・降水量

GPCC, APHRODITE, GSMaP

・下向き短波，気温

下向き長波放射，比湿

H08プロダクト... Hirabayashi *et al.* (2008)

・風速，気圧

JRA25再解析データ

地表面パラメーター

・土地利用

GLCC version2

・土壌分類

Ecoclimap (Meteo-France: 解像度1km)

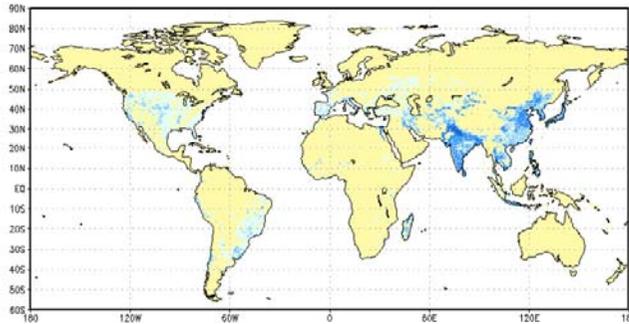
・植生指数 (NDVI)

SPOT vegetation (10days composite)

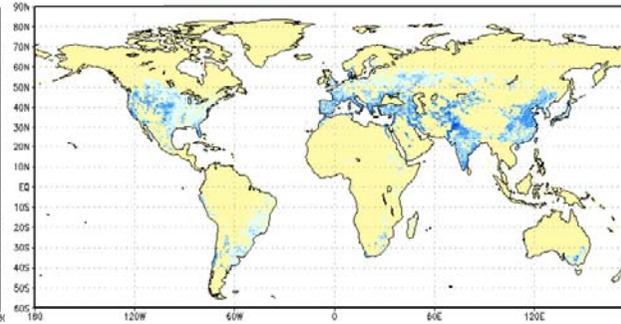
BISE法により雲の影響を除去

適用結果

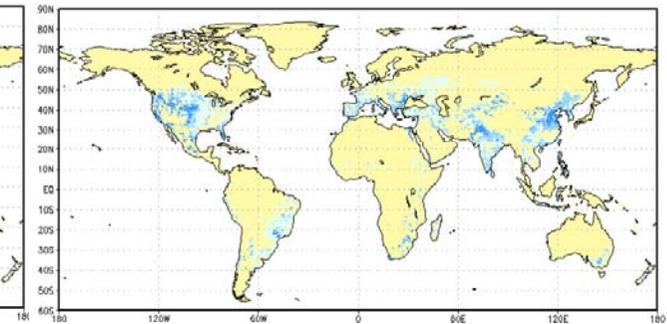
年要求量[mm]: 稲 imate



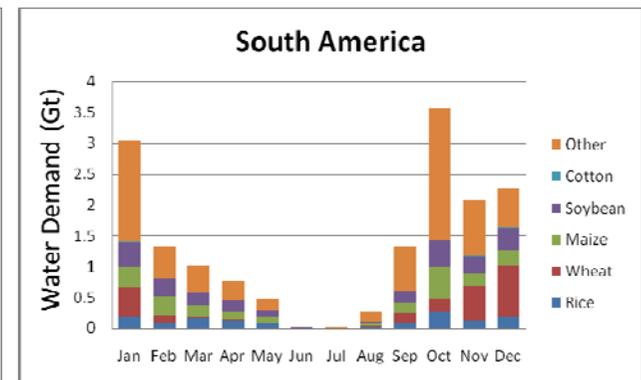
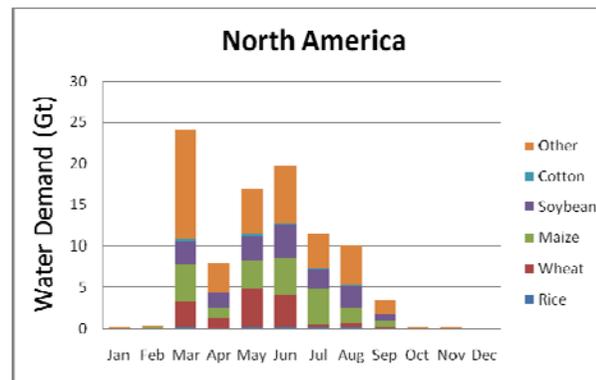
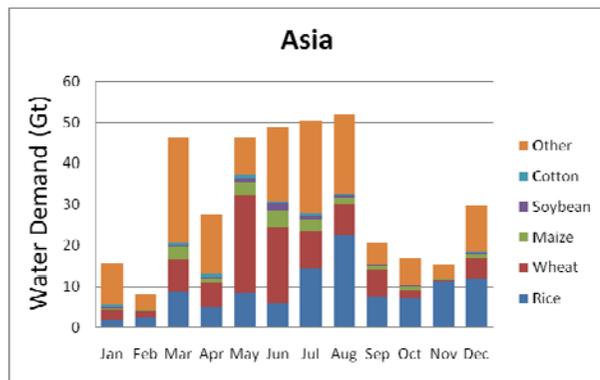
小麦 (1yr) Present Climate



トウモロコシ Present Climate



作物別要求水量月変化[Gt]



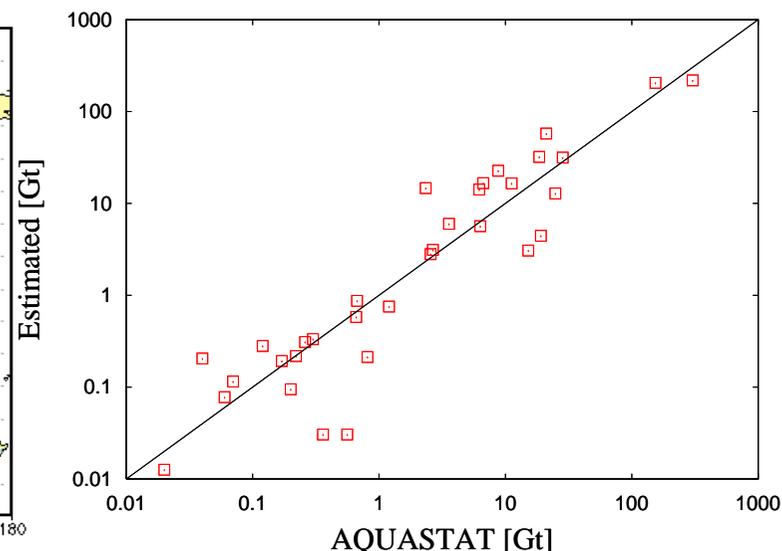
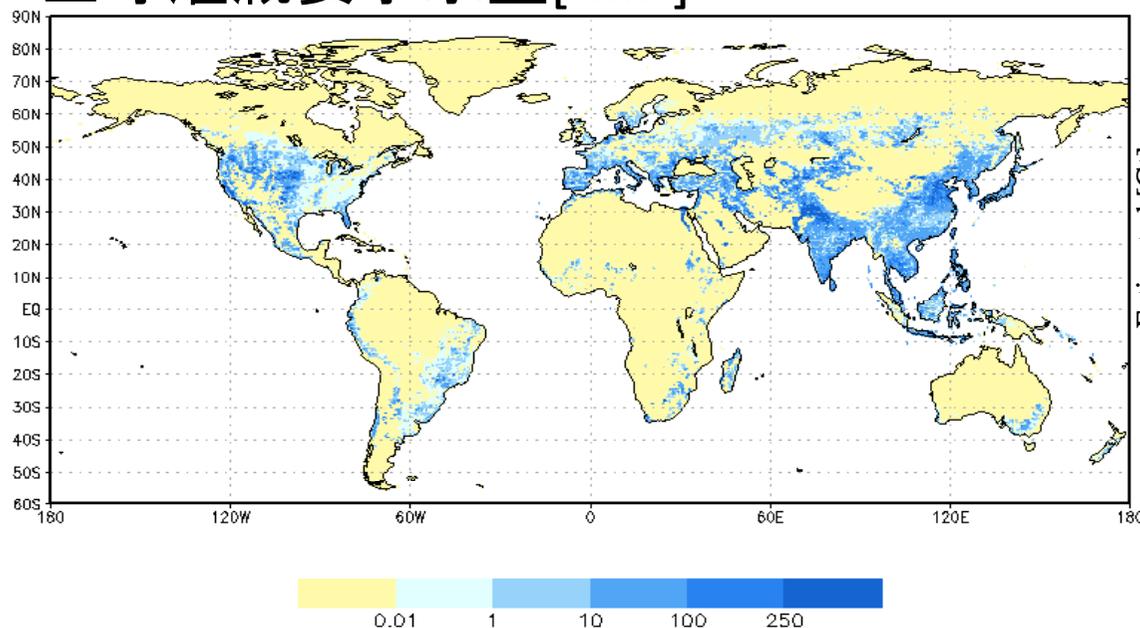
□ 作物別の単位面積水需要を算出

□ 小麦(584mm),大豆(487mm),トウモロコシ(460mm), 稲(579mm), 綿花(193mm)

□ 綿花の水需要量が少ない(アラル海で実態調査)

検証

全球灌漑要求水量[mm]

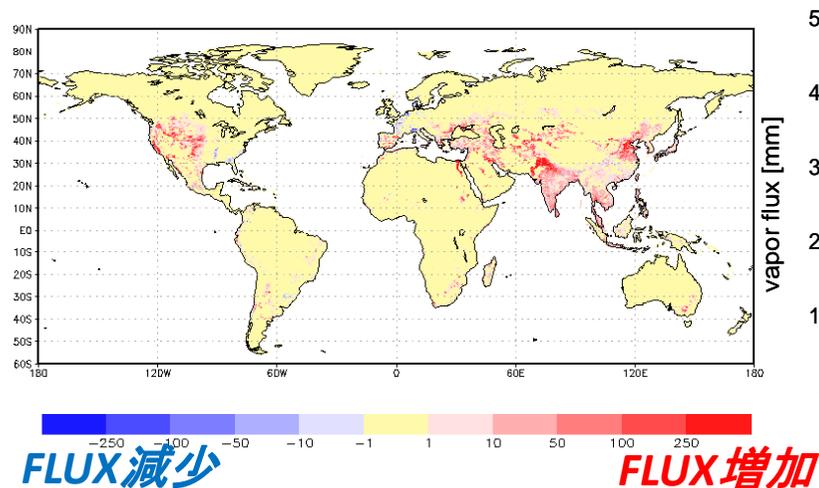


灌漑要求水量を国統計値と比較[Gt]

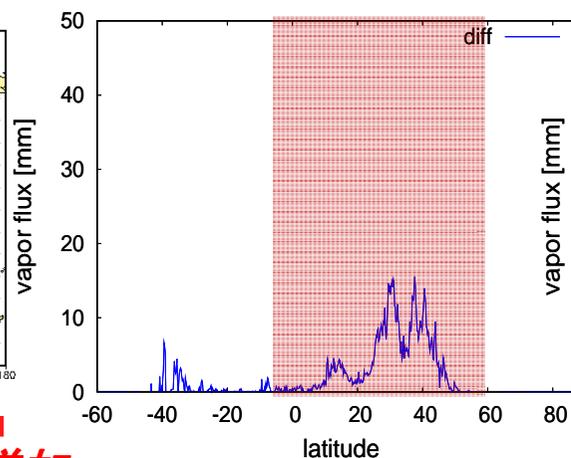
- 灌漑要求水量を国統計値と比較
 - 統計値との概ねの一致を確認
 - 二期作国(ベトナム, ラオス等)で過小評価傾向
 - 農事暦の作成手法を, 変更していく予定

地表面水蒸気FLUXへの効果

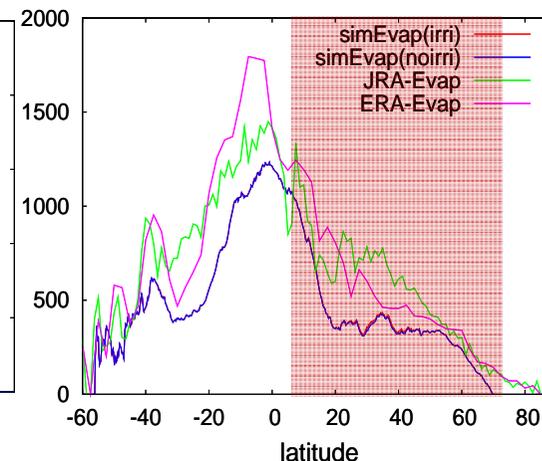
□ 灌漑あり, なし解析による感度実験



灌漑を考慮する事による
年水蒸気フラックスの増加量[mm]



緯度平均値[mm]



大気水収支法から得た
年水蒸気FLUXとの比較[mm]

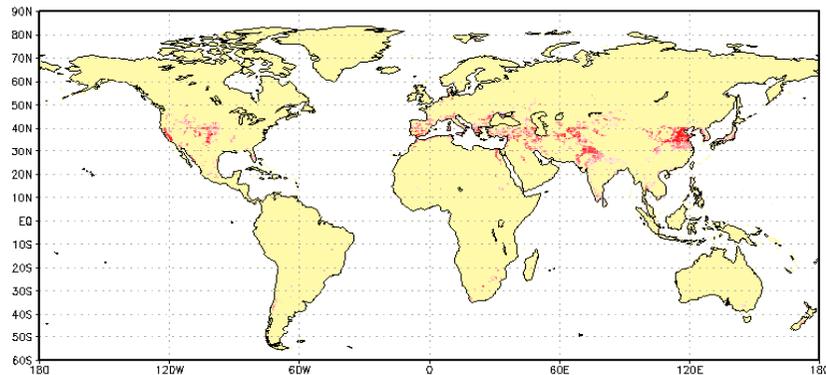
□ 地球水循環に与える影響としては小さい

□ 地域気候への影響は, CReSiBUC(SiBUCを下部境界とした非静力学気象モデル)を用いて解析・検証していく予定

気候変動の影響

□ MRI-AGCM20後期RUN出力(2075-2099年)を利用して影響評価

年灌漑要求水量への影響[mm] 120km



減少

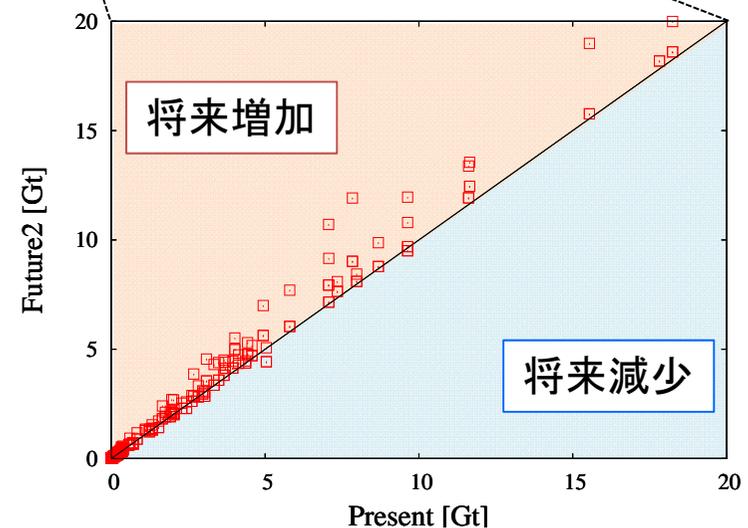
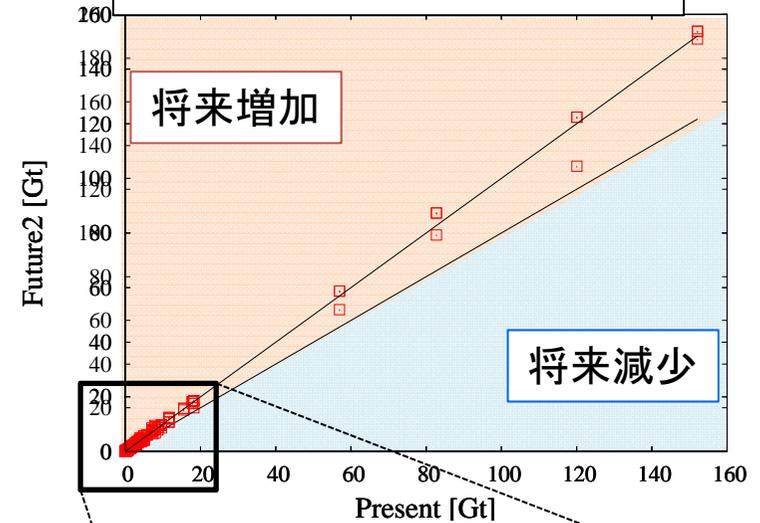
増加

- ・ 灌漑要求水量は、全球で増加傾向.
- ・ 稲作地帯や、綿花栽培地帯で顕著.

物理過程解析により気候変動が灌漑用要求水量に与える影響を解析可能。

※ただし、農事暦は固定と過程

国別灌漑必要水量の変化



まとめと今後の活動

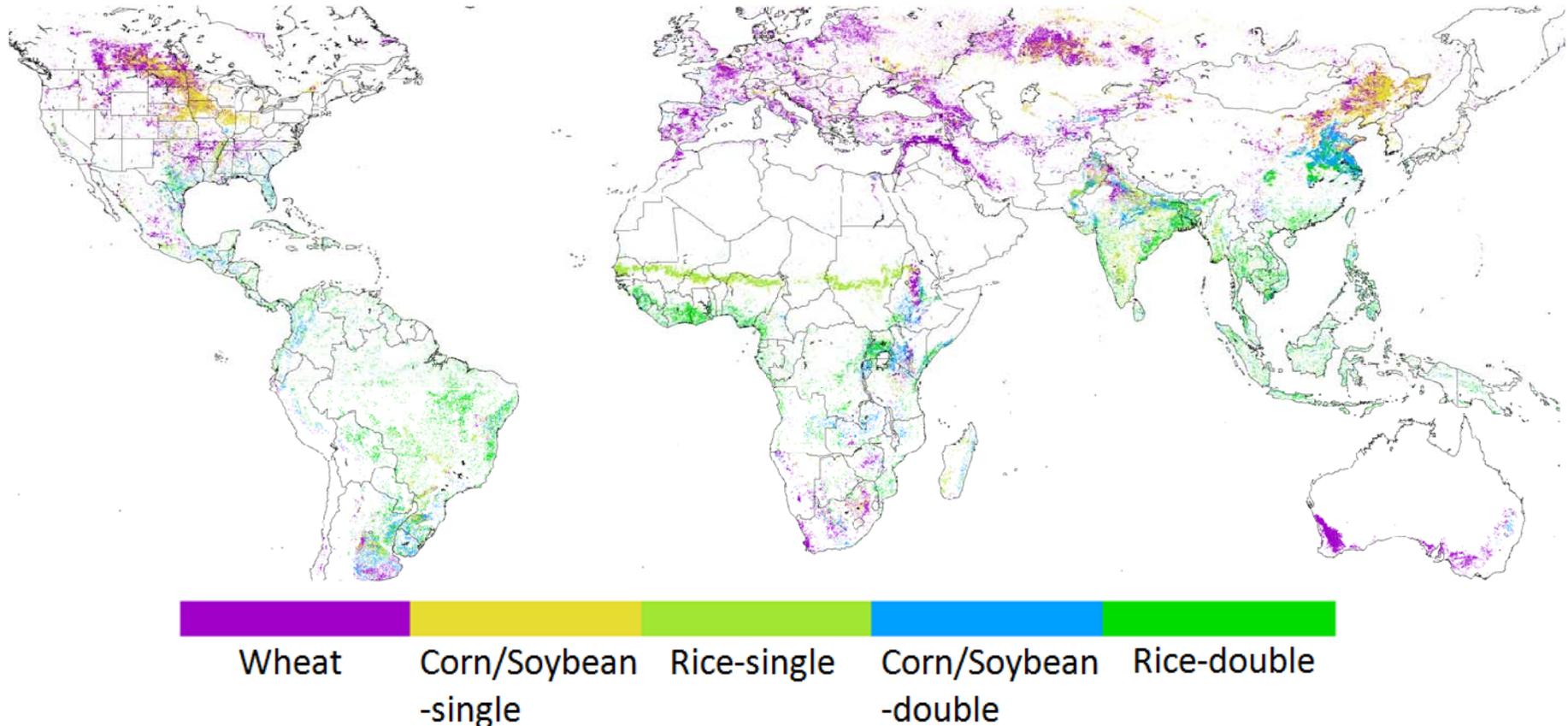
- 全球農業水需要量算定
 - 衛星データを使用した農事暦の作成
 - モデル出力値の検証
 - 灌漑が水蒸気FLUXに与える影響を評価

- 作物成長・収量予測モデルの開発
 - 蒸散量着目型の作物成長モデル
 - 高解像度作物分布マップの開発

- 陸面過程と河道流下過程のオンライン化
 - 東大・山崎モデル(CaMa-Flood)を使おうと勉強中

1km解像度で作物分布マップを開発中

高解像度全球作物分類図の作成 (H23,北宅洋, 修士論文)



□開発中の作物分布マップを使用して行く方向