京都大学防災研究所年報 第 54 号 B 平成 23 年 6 月
Annuals of Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., No. 54 B, 2011

衛星データ解析による農事暦を活用した灌漑必要水量の推定

小槻峻司*・田中賢治・小尻利治・浜口俊雄

＊ 京都大学大学院工学研究科

要　旨

農業生産活動は地球上の陸域水循環プロセスに大きな影響を与えており，そのプロセスを理解する上で，農業必要水量を推定する手法が求められている。本研究では，水文陸面過程モデルによる全球灌漑要求水量の推定を行い，解析に必要となる全球の灌漑パラメータを作成した。農事暦はリモートセンシングデータNDVIのフェノロジー解析により作成し，作物別の灌漑面積情報を，全球灌漑マップと各国の作物面積統計値とを組み合わせる事により整備した。全球での灌漑要求水量を推定した結果，解析された結果が各国の統計データと比較して妥当な値であるとことを確認し，物理過程解析による農業水需要量が推定可能であることを示した。気候変動の影響推計を行った結果，灌漑必要水量は将来気候下において，多くの地域で増加すると推定された。特に中国，インド，中央アジアにおいては，その増加が顕著である事が示された。

キーワード: 灌漑必要水量，農事暦，NDVI，全球解析

1. はじめに

近年，人類の経済発展や人口増加に伴い世界の食糧需要量が急激に増加している(Shiklomanov, 2000)。農業生産には膨大な水量を要し，現在，世界の水消費の 80%以上は，灌漑農業用水によるものである。増加する水需要を満たす水資源管理を行う上で，陸域水循環プロセスへの理解と把握が求められるが(Savenije *et al.*, 2008)，それには水循環プロセスに大きな影響を与える農業生産活動の影響を把握する事は必要不可欠である。特に地球温暖化の進行による水資源・水循環への影響が懸念されている現在，灌漑必要水量を物理的に推定する手法を確立する事は大きな意義があると言える。そこで本研究では，全球における灌漑必要水量の推定を行う。

灌漑必要水量を推定する上で，農地における農事暦情報の作成は必要不可欠であり，精度の良い推定の鍵となる。全球の灌漑水量推定を行うモデルとしては，既往の研究として H08 (Hanasaki *et al.*, 2008) や GCWM (Siebert and Doll, 2008)等が挙げられる。Hanasaki et al. は，全球・日単位で最適栽培期間に農作を行うとして農事暦をモデル化しているが，モデル化された指標では，作物生育の状態を現実的に捉えているとは言い難い。特に二期作等の多期作の判定は，気象条件のみから決定する事は難しい面がある。Siebert and Doll は，国や州毎に統計情報から農事暦の作成を行っているが，国や州で同一の農事暦を適用するため，その中での生育時期の異なりといった情報を反映する事が出来ない，といった問題がある。

本研究では，リモートセンシングデータ *NDVI* を用いた農事暦の作成手法を提案する。光学センサーによる分光反射情報から計算される植生指標は，植物の光合成活動そのものを観測している事になり作物生育の状態を現実的に捉えることが可能である。加えて，高い解像度で得られる衛星データの活用により，国や州の中での農事暦の異なりを表現する事が可能である点も有利な点と言える。

さらに，灌漑必要水量の解析手法，衛星データを活用した農事暦の作成手法を述べると共に，全球灌漑要求水量の推定を行い，その精度を議論する。また，気象庁気象研究所の超高解像度全球大気モデルから出力される現在気候実験地，将来気候実験地を入力とした解析を行い，気候変動が灌漑要求水量に与える影響の推計結果を示す。

2. 解析手法

2.1 陸面過程モデルSiBUC

灌漑要求水量を陸面過程モデルにより解析する。陸面過程モデルとは大気モデルの陸面境界条件を与えるモデルであり，気象強制力7要素（短波・長波放射，気温，比湿，風速，降雨，気圧）に対し地表面フラックスや陸面状態量を返す。陸面過程モデルには灌漑を陽に扱う事が可能であるSiBUC(Simple Biosphere Model: Tanaka, 2005)を用いる。SiBUCは，SiB(Simple Biosphere Moel: Sellers *et al.*,1986)をベースとして構築されたモデルであるが，灌漑を考慮できる点を利点として有する。モデル中では地表面が緑地・都市・水体の3つのカテゴリーに分類され，各グリッドにそれらの混在を認めるモザイクスキームが採用されている。

2.2 灌漑スキーム

モデル内の灌漑スキームでは，畑地の土壌水分量（水田の場合は水深）が，作物の生育に維持すべき最低値を下回れば取水を行い，最高値を上回れば排水を行う，といった表現がなされている。これにより，稲作の水田と畑地における灌漑を扱う事が可能になる。土壌水分量の最低値・最高値は作物の種類や作物の生育段階によって異なる値を取るため，灌漑取排水量は，気象条件が同じであっても，作物の生育時期や作種によって異なる値を示すことになる。畑地では，土壌第 2 層の土壌水分量が許容最低水分量を下回った際に 5mm 取水を行うとする。水田では以下の式により水深を追跡する事で，許容最高水深，許容最低水深を超過した際に最適水深になるように排水，取水を行う。

$$SMS = \theta_s \sum_{j=1}^{3} D_j \tag{1}$$

$$Dw = TWS - SMS \tag{2}$$

$$Wout = D_w - W_{opt} \tag{3}$$

$$Win = (W_{opt} - D_w) + \left\{(1-W_1)D_1 + (1-W_2)D_2\right\}\theta_s \tag{4}$$

ここで，*SMS* は飽和土壌帯水量[m],θs は飽和時の土壌の空隙率[-], D_j は *j* 層の厚さ[m], *Dw* は水田の水深[m], *TWS* は土壌帯水量[m], *Wout* は灌漑排水量[m], *Win* は灌漑取水量[m], *Wopt* は許容最高水深[m], *Wj* は *j* 層の飽和度[-]である。

取り扱う作物の維持土壌水分量（水深）は，中国の農事暦(除ら, 1995)を参考に，生育段階毎に設定する。今回の解析では，世界で広く栽培されている穀物である稲，春小麦，冬小麦，トウモロコシ，大豆と，多量の農業水が必要である綿花の 6 種類の作物を扱うこととする。

3. 灌漑パラメータ作成手法

3.1 リモートセンシングデータNDVI

農事暦の作成に，正規化植生指数*NDVI*(Normalized Difference Vegetation Index)を活用する。植物のクロロフィルは，太陽光のうち赤領域の波長を強く吸収し，近赤外領域の波長を強く反射する特徴を有する。*NDVI*はこの様な植物の特徴を考慮して作成された指標であり，赤波長と近赤外領域の波長の反射率から以下の式により算出される。

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \tag{5}$$

ここで，*RED*は可視域における赤領域の反射率[-], *NIR*は近赤外領域の反射率[-]である。

*NDVI*は観測時に雲が存在すると大きく低下するため,コンポジットデータを使用する。コンポジットデータは，観測期間中の最大値を与えるデータであり雲の影響等を取り除く事が可能である。その上にBISE法(Viovy *et al.*, 1992)をかける事により，雲の影響を極力減らしたデータを使用する。

3.2 灌漑地NDVIの抽出

第一段階として，灌漑地*NDVI*のフェノロジーを抽出する必要がある。計算メッシュ*i*における植生タイプ*j*の*NDVI*は，以下の式で計算される。

$$NDVI_{i,j} = \underset{k}{average}\left\{NDVI_k \middle| k \in j\right\} \tag{6}$$

土地利用データとしてUSGS (U. S. Geological Survey) から提供されるGLCC version2.0用いて灌漑地の*NDVI*の抽出を行った。これ以降の式中の*NDVI*は，平均化された灌漑地の*NDVI*を指すものとする。

3.3 生育期間の決定

作物生育期間，生育段階の決定手順は Fig. 1 に示される。作物種 *i* 毎の生育期間を以下の式で決定する。

$$t = \begin{pmatrix} ts_i \\ tf_i \end{pmatrix} \quad when \begin{pmatrix} t \le t_{\max}, & NDVI(t) = NDVIst_i \\ t \ge t_{\max}, & NDVI(t) = NDVIfn_i \end{pmatrix} \tag{7}$$

ここに，t_{max} は *NDVI* が最大となる日[d]，t_s は生育開始日[d]，t_f は生育終了日[d]，*NDVIst* は生育開始日の *NDVI*[-]，*NDVIfn* は生育終了日の *NDVI*[-]である。*NDVIst* と *NDVIfn* は作物種類毎に与える事が可能なパラメータであり，これにより作物種類毎の生育期間が決定される。*NDVIst* と *NDVIfn* の参考値は Yorozu *et al.*(2005)により示されている。

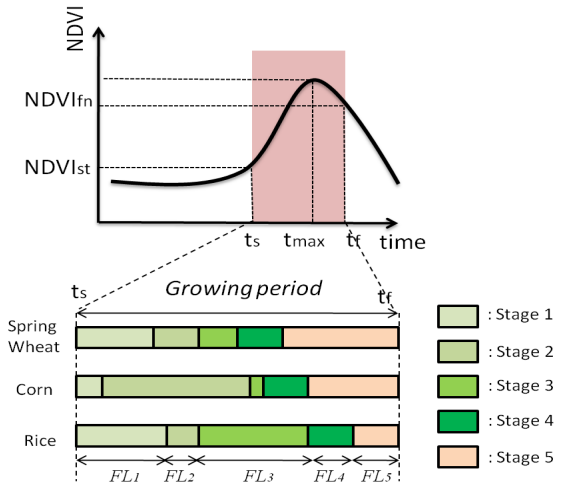


Fig. 1 Calculation flow to identify cropping stage for each crop type.

3.4 生育段階の決定

一般に，作物はその生育期間において，いくつかの生育段階を取り，求められる土壌水分量や水深は生育段階に応じて異なる。その生育段階の長さも作物によって異なるため，作物種 i 毎に，生育段階を以下の式で決定する。

$$\sum_{i=1}^{n} FL_{i,j} = 1 \tag{8}$$

$$t = \begin{pmatrix} ST_{i,j} \\ FN_{i,j} \end{pmatrix} \quad when \begin{pmatrix} t = ts_i + (tf_i - ts_i)\sum_{k}^{j-1} FL_{i,k} \\ t = ts_i + (tf_i - ts_i)\sum_{k}^{j} FL_{i,k} \end{pmatrix} \tag{9}$$

$$stage_i(t) = j \quad when\left(ST_{i,j} \le t \le FN_{i,j}\right) \tag{10}$$

ここに，FL_j:各生育段階の期間を全生育期間に対する百分率で示した値[-]，ST_j:各生育期間の開始日[d]，FN_j:各生育期間の終了日[d]，*stage*(t) :時刻 t における作物の生育段階[-]である。取り扱う作物の各生育段階の百分率については，維持土壌水分量と同様に，中国の農事暦を参考に決定した。

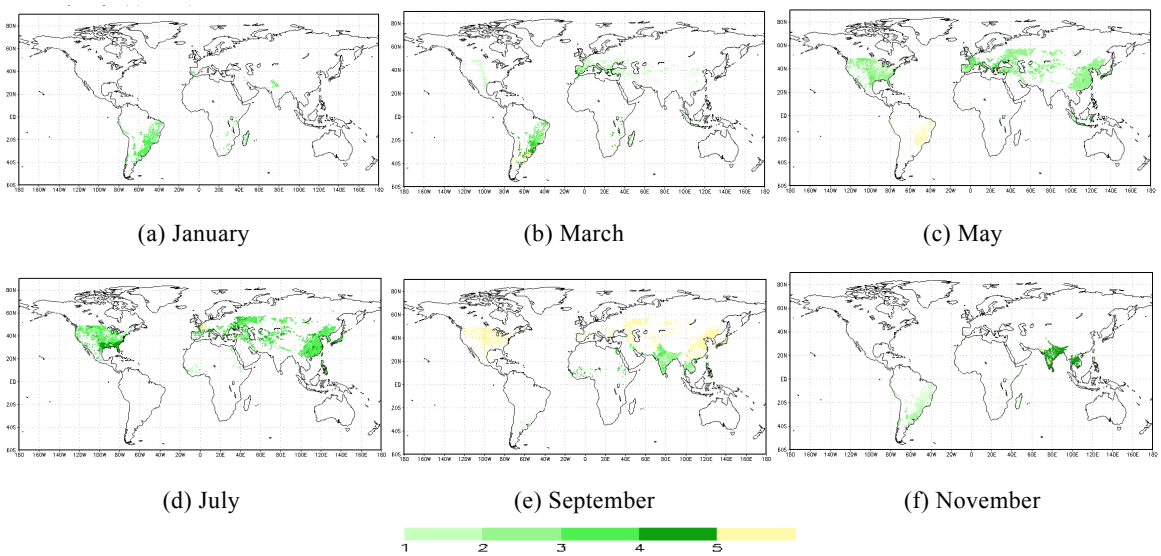
以上の手順により，作物別に作物生育段階が決定される。Fig. 2 は，全球で作成された小麦の生育段階である。同様の農事暦パラメータは，扱う 6 種類の作物に対して，整備されている。

3.5 灌漑面積パラメータ

解析メッシュ内で，異なる作物の混在を表現するため，作物毎の灌漑土地利用面積率が求められる。灌漑面積率及び国別耕作面積率より，以下の式により算出する。

$$F_{irri,j} = F_{irri} \cdot F_j \tag{11}$$

ここに，$F_{irri,j}$：作物 j の灌漑面積率[-]，F_{irri}：灌漑面積率[-]，F_j: 作物 j の耕作面積率[-]である。灌漑面積率は，全球灌漑地図(Siebert *et al.*, 2007)を活用する(Fig. 3)。



(a) January　(b) March　(c) May

(d) July　(e) September　(f) November

Fig. 2　Global distribution of growing stages for wheat

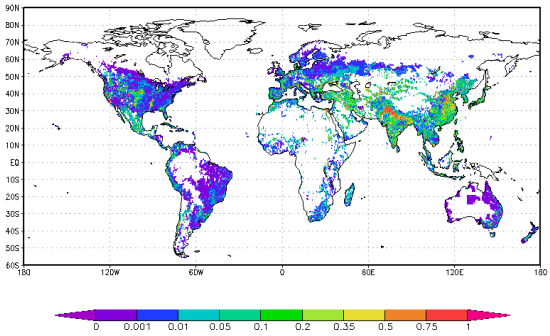


Fig. 3 Global irrigated cropland fraction

各国の作物耕作率(Fig. 4)及び国別マスクデータはFAO (Food and Agriculture Organization of the United States) が提供している各国統計データを活用する。これら二つの情報を組み合わせる事で，作物別灌漑パラメータが作成される(Fig. 5)。冗長となるので，ここでは稲，小麦トウモロコシの分布のみを示す。

4. 灌漑要求水量解析精度の検証

4.1 計算条件

(1) 地表面パラメータ

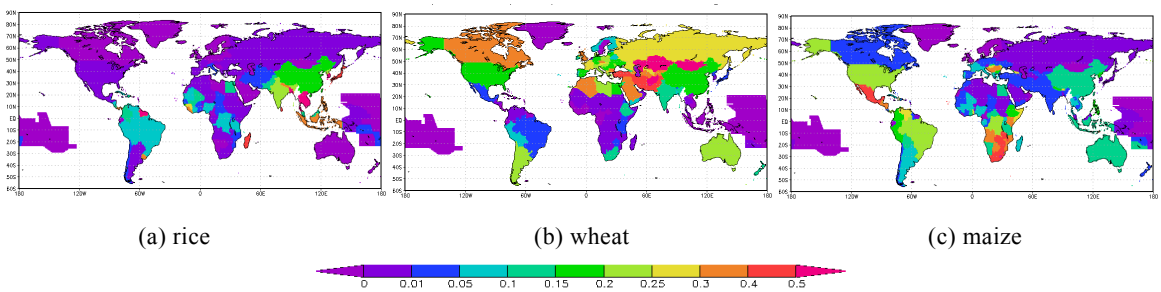
全球地表面データとして土壌・植生パラメータはフランス気象庁のEcoclimapを利用し，1km標高データ及び土地利用データは，USGSから提供されるGTOPO30，GLCC version2.0を利用する。*NDVI*データはSPOT VEGETATIONの提供する10日コンポジットデータを使用する。いずれも20km解像度でデータの整備を行った。

(2) 気象強制力

H08プロダクト(Hirabayashi *et al.*, 2008)から，気温，比湿，下向き短波放射，下向き長波放射のデータセットを作成する。風速，気圧のデータは，GSWPプロダクトのJRA25の再解析データ(Onogi *et al.*, 2007)を用いる。降水量データは観測情報を基に整備されたデータを使用する。NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) から提供されるGPCC(Global Precipitation Climatology Centre)月降水量及び，APHRODITE (Kamiguchi *et al.*, 2010)の日降水量データセットを使用する。APHRODITEはユーラシア大陸のデータのみを提供しているため，他大陸のデータはGPCCとH08プロダクトを組み合わせることで日降水量データを作成した。いずれも，1994年から2003年の10年間のデータを準備した。

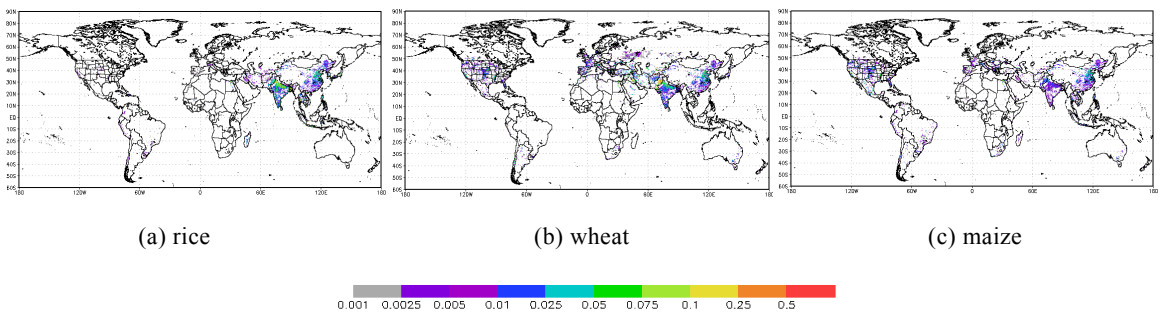
4.2 解析結果

モデルから出力される，灌漑要求水量の検証を行う。灌漑要求水量は，各メッシュにおいてそれぞれの灌漑作物ごとに計算され，それらの重み付け平均値として出力される。全球灌漑要求水量分布 (Fig. 6) からは，水田による稲作が盛んに行われている東，東南アジアや，綿花の栽培が行われているインド，中央アジア，広大な農地を持つ北アメリカで，多量な灌漑要求水量が発生している事が分かる。各月における灌漑要求水量分布（Fig. 7）からは，リモートセンシングデータより特定された農事暦に合わせて，農作が行われている時期に灌漑が解析されていることが分かる。



(a) rice (b) wheat (c) maize

Fig. 4 Crop type fraction for rice, wheat and maize



(a) rice (b) wheat (c) maize

Fig. 5 Land cover fraction for rice, wheat and maize

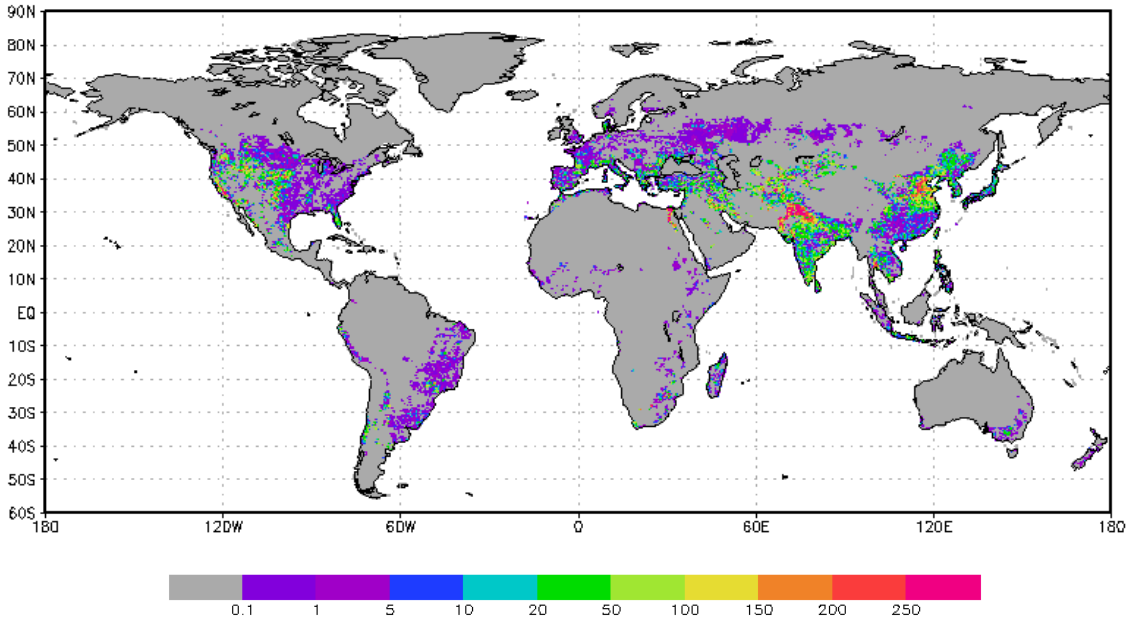


Fig. 6 Distribution of yearly irrigation water requirement [mm]

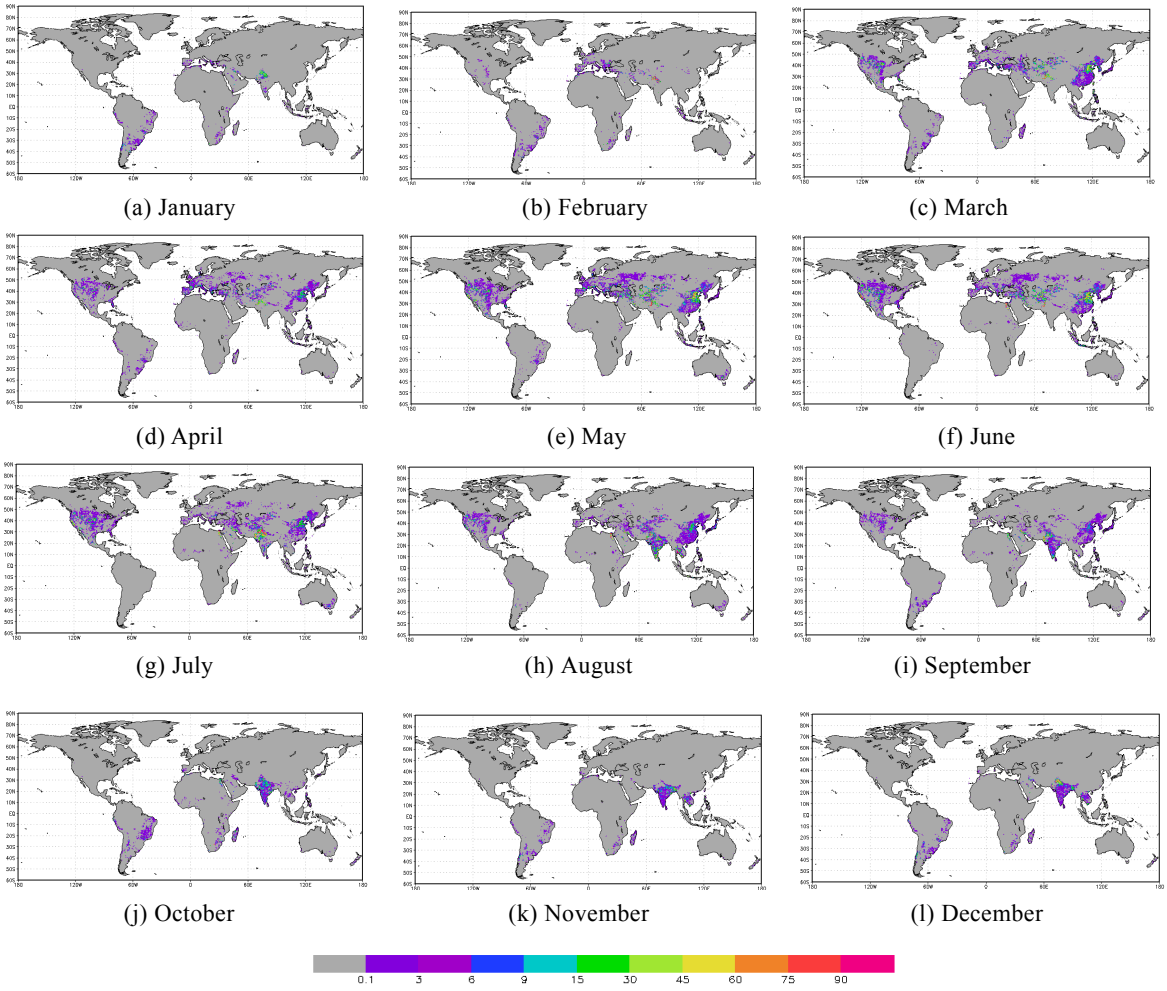
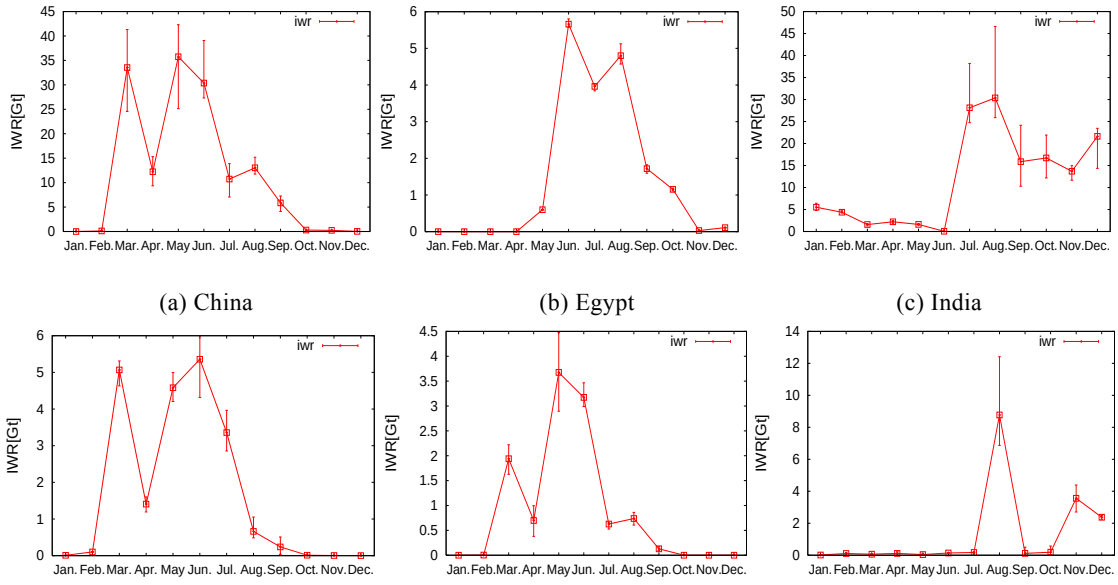


Fig. 7 Distribution of monthly irrigation water requirement [mm]



(a) China　(b) Egypt　(c) India

(d) Mexico　(e) Uzbekistan　(f) Thailand

Fig. 8 Monthly irrigation water requirement in China, Egypt, India, Mexico, Uzbekistan and Thailand [Gt/month]

中国，エジプト，インド，メキシコ，ウズベキスタン，タイにおける月灌漑要求水量を示す（Fig. 8）。縦のバーは解析期間中の最大値，最小値を示している。中国の 3~7 月や，タイでの 8 月のように，その地域の雨季に耕作を行っている期間では，バーの長さが長くなっている事が分かる。これは，雨季の耕作においては，雨量の多少により灌漑要求水量が大きく変わるためである。一方，エジプトでは 1 年を通じてバーが小さくなっている。エジプトは 1 年を通じて乾燥して地域であり，ナイル川からの取水により農業を行っている地域である。河川からの取水に依存して耕作を行っている地域は，気候が灌漑要求水量に与える影響は，雨季に耕作を行う地域と比較して小さい地域と言える。

課題としては，タイでの乾季(1～5 月)に行われている灌漑が反映されていない点が挙げられる。農事暦の作成に用いられる *NDVI* は，GLCC のデータで灌漑地と判定されたグリッドを抽出し，その平均値を取ることにより作成している。しかし，公開されている全球土地利用データには精度の限界がある。複数の機関から 1km 全球土地利用データが提供されているが，最近の比較研究では，グリッド毎の土地被覆の一致度は 60％程度とされている(Herold *et al.*, 2008)。例えば森林の様なグリッドも同様に抽出して平均化してしまった場合，灌漑地の植生フェノロジーの変化が失われてしまう可能性がある。加えて，2 期作灌漑地と 1 期作灌漑地を同様に平均化してしまった場合も，2 期作のフェノロジーが失われてしまう。問題の解決には，*NDVI* データから耕作や作物タイプ，灌漑の有無を抽出していく手法を発展させていく必要がある。*NDVI* からの作物判定を行う研究もなされており(Yorozu *et al.*, 2005)，耕作種類や耕作回数を反映させた *NDVI* のフェノロジー解析を行う事で，現実に即した農事暦の作成が可能になると考えられる。

灌漑要求水量の検証を，FAO が提供している統計データ，AQUASTAT (FAO's Information System on Water and Agriculture)と比較する事により行う。全球規模で，農業水需要量の統計データを公開している機関は非常に少ない。AQUASTAT はその中の 1 機関であり，各国における水に関する統計データを提供している。AQUASTAT から得られる，2000 年度の灌漑要求水量の統計値と解析値の比較をに示す（Fig. 9）。1 つのプロットが，1 つの国に対応する。解析値が統計値に合う形で解析されていることがわかる。

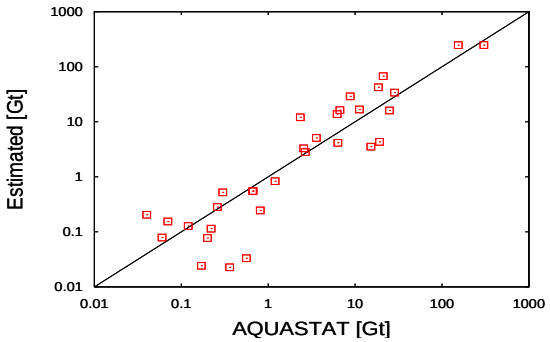


Fig. 9 Comparison between calculation result and statistical data (AQUASTAT) [Gt]

これにより，リモートセンシングデータのフェノロジー解析により，農作期間の抽出や，モデル内での灌漑の表現が妥当であることが示された。年灌漑

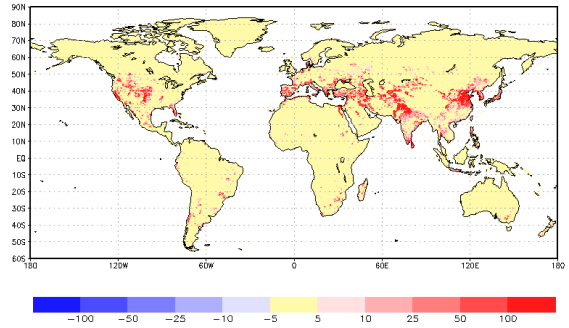


Fig. 10 Spatial change in yearly irrigation water requirement [mm] (future - present)

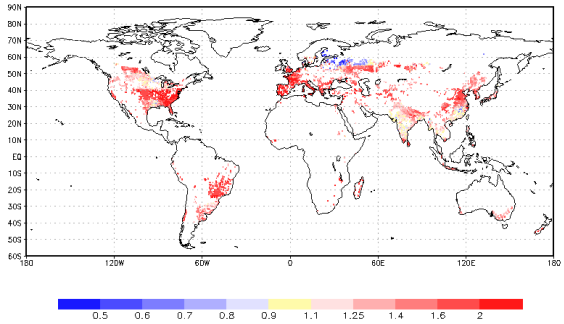
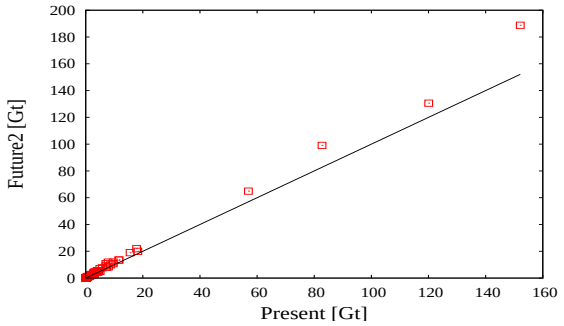
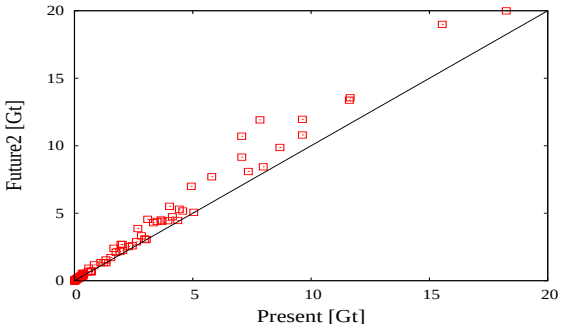


Fig. 11 Spatial change of standard deviation in yearly irrigation water requirement [mm] (future / present)



(a) 0-160 [Gt]



(b) 0-20 [Gt]

Fig. 12 Increase in yearly irrigation water requirement for each country [Gt]

要求水量の一致が見られたため, Fig. 8 に示した各月の灌漑要求水量も妥当であると言える。公開されている全球での農業水需要量データは年単位のものであり，その空間解像度も国や州レベルと大きいものである。今回得られた空間解像度・時間解像度共に高い解析結果は，本研究によって得られた付加価値であると言える。

5. 気候変動の影響推計

5.1 気象強制力

気象庁気象研究所の超高解像度全球大気モデル（MRI-AGCM20, TL959）から出力される，気象強制力7要素のデータを用いる。このGCMは，1979年から2003年の観測値にIPCCのA1Bシナリオに基づく複数の大気海洋GCM（AOGCM）の温暖化トレンドを載せて作られた海面温度を境界条件として用いている，大気GCM（AGCM）である。現在気候実験値（1979年から2003年）と21世紀末気候実験値（2075年から2099年）の出力データを用いて解析を行い，その比較を行う事で気候変動の影響推計を行う。解析結果は，その気候値（平均）及びばらつき（分散）により議論する事とする。近年は，気候変動予測に用いられているGCMの性能が向上してきた事によって，全球規模若しくは大陸規模での気候変動評価に，GCMからの出力値を直接利用する試みが数多くなされている。本研究においても，解析に先立ったGCM出力値へのバイアスの補正などは行わず，モデルの入力値として利用する事とする。

5.2 地表面パラメータ

地表面パラメータである農事暦情報や灌漑面積情報は，将来気候条件下でも現在気候下のものと同一のデータを用いることとする。今回の解析は将来予測といった性質のものではなく，気候条件の変化が農業水需要に与える影響を推計するものである。

5.3 解析結果

モデルから出力された現在気候と将来気候における灌漑要求水量の差(Fig. 10)からは，将来気候下において，陸域全体で灌漑要求水量が増加している事が分かる。気温の温暖化により，水田や畑地における蒸発散量が増加するためだと考えられる。灌漑要求水量の増加量が大きい地域として，中国北部，インド北部，中央アジアが挙げられる。中国北部やインド北部は，そもそも現在気候における灌漑要求水量がかなり大きい地域である。これは，この地域では，多くの水量を要する水田が多いためである。一方，

中央アジアでは，現在気候の灌漑要求水量(Fig. 6)に比較して，将来気候との差が非常に大きい。中央アジアでは，雨の降らない乾季に，河川から取水する灌漑綿花栽培が広く行われている。降水の少ない時期に農作を行うため，蒸発散量の増加が灌漑要求水量の増加に直結する地域であり，特に農業に対する水資源管理の重要な地域と言える。同様の考察は，解析期間内での年灌漑要求水量の標準偏差の変化からも行う事が出来る（Fig. 11)。現在気候下，将来気候下での灌漑要求水量の標準偏差の変化を比として示したものであり，暖色の地域は年灌漑要求水量の標準偏差が増加する地域である。水田地域であり，かつ雨季に主に農作を行う中国北部やインド北部では，灌漑要求水量の標準偏差比が大きな値となっている。これらの標準偏差の拡大する地域では，作物生育期間内降水量の年変化が拡大する地域と言える。豊水年・渇水年の違いや，耕作期間外の農業水資源管理が重要となろう。一方，中央アジアを中心とした灌漑要求水量が大きく増加するが，標準偏差の増加が大きくない地域では，水量の確保が重要となる。こういった地域では，１年間の季節変化の中で，いかに農業水資源管理を行うべきかが重要である。

現在気候下及び将来気候下での，年灌漑要求水量の国別変化を Fig. 12 に示す。黒線は変化なしに相当する直線であり，これより上部の国では年灌漑要求水量が増加している事になり，多くの国で灌漑要求水量が増加しているのが分かる。一般的に温暖化は水循環システムを加速させると考えられ，今回使用した GCM 出力値においても，降水量は多くの地域で増加傾向であった。これまで得られた多くの地域での灌漑要求水量の増加は，降水量の増加による水供給の増加分を，温暖化による蒸発散量の増加が上回ると言う事である。気候変動が多くの地域で農業水需要の増加を引き起こすことから，水資源管理の重要性は，将来にかけてより強くなるものと考えられる。

6. 結論

本研究では，衛星データ解析による農事暦を作成した全球灌漑要求水量の推定を行った。本研究で得られた知見をまとめると，以下のようになる。

・リモートセンシングデータ *NDVI* を活用し，米，春小麦，冬小麦，綿花，トウモロコシ，大豆について，全球での農事暦作成を行った。各作物の灌漑面積率データを作成し，各メッシュにおける多様な作物分布を考慮しうるパラメータの整備をした。

・全球陸域での灌漑要求水量分布の解析し，公開されているデータと比較して妥当な値である事を示した。空間解像度・時間解像度共に高い結果は，本研究によって得られた付加価値であると言える。気象条件を基に，物理過程解析により全球の灌漑要求水量を推定できたことは，重要な成果と言える。

・GCM から出力される現在気候実験値及び将来気候実験値を入力とした解析を行い，気候変動の農業水需要への影響推計を行った。その結果，多くの地域で灌漑要求水量が増加する傾向が確認された。しかし，増加の傾向にも異なりがあり，雨季に耕作を行う中国北部やインド北部では解析期間内の標準偏差も大きくなる一方，乾季に耕作を行う中央アジアの様な地域では，灌漑要求水量が大きく増加するものの標準偏差の拡大は大きくない事が分かった。

今回の農事暦作成手法は完全なものではなく，他のリモートセンシングデータを使った精度の向上や，観測との比較により，作成手法の改善にも引き続き取り組む必要がある。今回は灌漑要求水量のみの精度評価を行ったが，その解析精度に関わる陸面過程モデルの水収支や熱収支の解析精度についても，今後検証していく必要があると言える。

参考文献

除玉民・郭国双(1995): 中国主要作物需水量与灌溉, 水理電力出版社

Hanasaki N., Kanae S., Oki T., Masuda K., Motoya K., Shirakawa N., Shen Y. and Tanaka K. (2008): An integrated model for the assessment of global water resources － Part1: Model description and input meteorological forcing, Hydrology and Earth System Sciences, Vol.12. pp. 1007-1025.

Herold M., Mayaux P., Woodstock C.E., Baccini A. and Schmullius C. (2008): Some challenges in global land cover mapping: An assessment of agreement and accuracy in axisting 1km datasets, Remote Sensing of Environment Vol.112, pp.2538-2556.

Hirabayashi Y., Kanae S., Motoya K., Masuda K. and Doll P. (2008): A 59-year (1948-2006) global near-surface meteorological data set for land surface models, Hydrological Research Letters, Vol.2, pp.36-40.

Kamiguchi K., Arakawa O., Kitoh A., Hamada A. and Yasutomi N. (2010): Development of APHRO_JP, the first Japanese high-resolution daily precipitation product for more than 100 years, Hydrological Research Letters, Vol. 4, PP. 60-64.

Onogi K., Tsutsui J., Koide H., Sakamoto M., Kobayashi S., Hatsushika H., Matsumoto T., Yamazaki N., Kamahori H., Takahashi K., Kadokura S., Wada K.,

Kato K., Oyama R., Ose T., Mannoji N. and Taira R. (2007): The JRA-25 Reanalysis, Journal of the Meteorological Society of Japan, Vol. 85-3, pp. 369-432.

Savenije H.H.G. and Van der Zaag P.(2008): Integrated water resources management: Concepts and issues. Physics and Chemistry of the earth vol.3, pp.290-297.

Sellers, P.J., Mintz Y., Sud Y.C. and Dalcher A. (1986): A simple biosphere model (SiB) for use within general circulation models, Journal of the Atmospheric Sciences, Vol. 43-6, pp.505-531.

Siebert S. and Doll P. (2008): The global crop water model (GCWM), Frankfurt Hydrology Paper 2007, pp.4-42.

Siebert S., Doll P., Feick S., Hoogeveen J. and Frenken K. (2007): Global map of irrigation areas version 4.0.1, Johann Wolfgang Goethe University.

Siklomanov I. A. (2000): Appraisal ans assessment of world water resources, Water International Vol.25, pp.11-32.

Tanaka K. (2004): Development of the new land surface scheme SiBUC commonly applicable to basin water management and numerical weather prediction model. doctoral dissertation, Kyoto University.

Viovy N., Arino O. and Belward A.S. (1992): The Best Index Slope Extraction (BISE): A method for reducing noise in NDVI time-series, International Journal of Remote Sensing, Vol. 13-8, pp.1585-1590.

Yorozu, K., Tanaka K. and Ikebuchi S. (2005): Creating a global 1-degree dataset of crop type and cropping calendar through timeseries analysis of NDVI for GSWP simulation considering irrigation effect, Proc. of 85th AMS Annual Meeting, J6.8.

An Estimation of Irrigation Water Requirement Using Crop Calendar Specified Through Phenological Analysis of NDVI

Shunji KOTSUKI*, Kenji TANAKA, Toshiharu KOJIRI and Toshio HAMAGUCHI

* Graduate School of Engineering, Kyoto University

Synopsis

This paper shows an estimation of irrigation water requirement using crop calendar specified through phonological analysis of NDVI. As human activities such as irrigation on cropland, water withdrawal from the river and flood control by reservoirs have been expanding to the world, inclusion of those activities is crucial for comprehensive understandings of hydrological process on the land. We estimate irrigation water requirement with a hydrological land surface model. Cropping calendar for 6 crops is specified through phonological analysis of NDVI. Statistical data of cropping type and irrigated land are merged into a global map of irrigated areas to produce irrigation land cover fraction for each crop. Estimated yearly irrigation water requirement correspond to statistical data in many countries, suggesting that irrigation water requirement is analyzed well with our model and cropping calendar. Yearly irrigation water requirement will increase in future, especially in China, India and Middle Asia. Climate change will pose challenges in fresh water management in these regions.

Keywords: irrigation water requirement, crop calendar, NDVI, global simulation