NDVI を利用した全球農事暦プロダクトの作成

Development of a global crop calendar product using NDVI

○小槻峻司[1]・ 田中賢治[2]・ 小尻利治[2]
Shunji Kotsuki, Kenji Tanaka and Toshiharu Kojiri

Abstract **:** This paper shows development of a global crop calendar product specified through phenological analysis of NDVI. Crop calendar is an important land surface parameter to simulate agricultural water demand. Global crop calendar for five major crops (wheat, rice, maize, soybean and cotton) was estimated and validated by using three vegetation indexes (NDVI, EVI and SAVI). Of the three, crop calendar estimated with NDVI is most accurate. Our method has advantage to estimate crop calendar at a high resolution.

Keywords **:** ***NDVI, crop calendar, phenological analysis.***

1. はじめに

近年，アジアやアフリカを中心とした急激な人口増加や経済成長に伴い，人類の農業水需要量は急激に増加している．特に農業は，世界の水使用の 70%以上を占め，水資源管理の観点から農業水需要量を全球で算出しようとの研究が行われている．その解析には農事暦情報（播種・収穫時期）の整備が必要不可欠であり，精度の良い解析の鍵となる．

広域の範囲で農事暦を作成する手法は大きく 3 つに大別できる．1 つは統計情報をベースに作成する手法であり [1),2)], FAO(国連農業機関)を始めとする機関から提供されている，国レベル・州レベルでの統計情報を基に作成されたプロダクトである．次に作物生育モデルを活用する手法があり，全球で多種な作物を扱えるモデルとしては SWIM[3)] がある．こういったモデルは，気温，日射，日長，水分ストレスから作物成長を予報する事で農事暦を作成している．最後に，衛星情報を活用した農事暦の作成手法[4)]があるが，作物の種類の判別が難しく全球規模では行われていない．

既往研究の 3 つの手法をまとめると, Table-1 の様になる．本研究では，信頼度の高い統計情報，衛星情報を統合する事により，新たな全球農事暦プロダクトの作成を目的とする．

Table-1. Evaluations of estimating crop calendar methods

	High resolution	Crop type	Space filling	Future Simulation	Relia-bility
Statistic	×	◎	×	×	◎
Satellite	◎	×	◎	×	○
Model	○	○	○	○	×

◎:very good, ○:good, ×:poor

[1]学生会員 京都大学大学院 工学研究科・日本学術振興会特別研究員 DC
[2]京都大学 防災研究所
(所在地 〒611-0011 京都大学 防災研究所 水資源環境研究センター)
(連絡先 Tel; 0774-38-4248, E-mail;kotsuki.water@gmail.com)

2. 解析手法

提案する農事暦作成手法の基本概念は，植生指標 (VI) に対して耕作開始, 耕作収量を規定する値を定め, その期間内を農作期間とするものである(Fig.1a). この手法により，高解像度で得られる衛星データから農事暦の整備が可能となる．一般に農地の VI は，作物の生育状態・季節性を良く表す指標となりうるが，その値は農地の耕作密度及び作物種に依存する．そこで，本研究では耕作密度の違いを排除するため, 耕作期間内において VI の正規化を行う．

$$cnVI(t_{tail,j} \le t \le t_{tail,j+1}) = \frac{VI(t) - VI(t_{tail,j})}{VI(t_{head,j}) - VI(t_{tail,j})} \quad (1)$$

$$VI(t_{head}) = \max_{\tau - t_c \le \tau \le \tau + t_c} VI(\tau) \quad (2)$$

$$VI(t_{tail,j}) = \min_{t_{head,j-1} \le \tau \le t_{head,j}} VI(\tau) \quad (3)$$

ここで，t_{tail} : 耕作期に VI が最大となる時期，t_{tail} : 各 *head* 間で VI が最小となる時期，cnVI : 耕作期正規化 VI，t_c : 最低成長期間であり，今回は 2 ヶ月と設定した．

Fig. 1b, 1c は，一期作・二期作の耕作地点に対して NDVI の耕作期間正規化を行った結果である．正規化により，head と tail がはっきりと区別できるようになっている事が分かる．二期作地点では，冬季作物のピーク VI が夏季作のピーク VI に対して低くなっていたものが，はっきりと抽出できるようになっている．以上で作成された正規化 VI に対して，域値を設定し，耕作時期を抽出する．

$$t = \begin{pmatrix} ts_i \\ tf_i \end{pmatrix} \quad when \begin{pmatrix} t \le t_{head}, & cnVI(t) = cnVIst_i \\ t \ge t_{head}, & cnVI(t) = cnVIfn_i \end{pmatrix} \quad (4)$$

ここに, t_s は生育開始日[d], t_f は生育終了日[d], *VIst* は生育開始日の VI[-], *VIfn* は生育終了日の VI[-] である．*VIst* と *VIfn* は作物種類毎に与える事が可能なパラメータである．

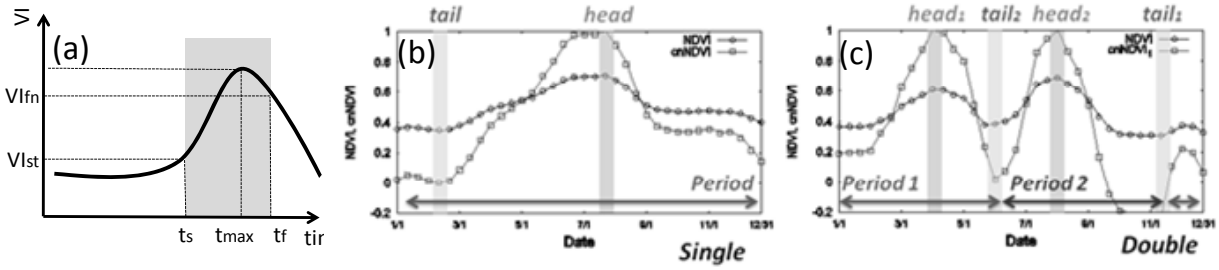

Fig. 1 (a) Schematic image of determining crop calendar, (b) Normalized NDVI at single-crop point (Lon.:10.36, Lat.:45.46), (c) Normalized NDVI at double-crop point (Lon.:113.97, Lat.:32.66)

3. 使用データ

Spot-Vegetation から提供されている，10days composite データに，雲の影響を排除するため BISE 補正をした VI を使用する．使用 VI は 2004 年から 2006 年までの平均値とした．今回は VI として，NDVI, EVI, SAVI の 3 種類を用いてプロダクトの作成・検証を行い，最も抽出精度の高い VI を決定する．地表面被覆の農地判定は，2 種の全球 1km 土地被覆データ（GLCC と Ecoclimap）が共に農地と判定したグリッドを使用する．

4. 検証

これまでに説明した手法・データにより，作物毎の *VIst* と *VIfn* を設定すれば，農事暦を算出できる．参考文献に挙げた，統計ベースの農事暦プロダクトである MIRCA[2]では，各国の作物農事暦を整備している．そこで，MIRCA の半分の国データを用いて *VIst* と *VIfn* のパラメータ抽出を行い，残りの国で検証を行う，といった作業を 2 回行った．Table-2 は，各 VI によって算出された，播種日(plant)・収穫日(harvest)の平均エラー日数である．世界でも広く栽培されている，小麦，トウモロコシ，米，大豆，綿花の 5 種の検証を示している．表より，NDVI による農事暦の抽出方法が，最も精度が高い事が分かる．また，綿花を除くと統計情報からのずれも平均 10 日以内で推定出来ており，農業水需要の算定に向けては十分な精度を有していると言える．

Table-2. Averaged error planting and harvesting days calculated with three VI (NDVI, EVI and SAVI).

Crop	NDVI		EVI		SAVI	
	Plant	Harv.	Plant	Harv.	Plant	Harv.
Wheat	2	7.5	16	7.5	7	5.5
Maize	6.5	4	8	7.5	7.5	7
Rice	9	3	8	8	8	8
Soy	5	5.5	8	6	7.5	6
Cotton	16	6	8.5	11	9.5	12

5. 結論

本研究では，衛星データを使用した農事暦の作成手法を示し，その検証を行った．最後に，今回作成したプロダクトの活用方法として，農事暦データを水文陸面過程モデルの入力値として，全球耕作地の農業水需要量を推定した結果を示す(Fig. 2)．国別統計値と比較して精度良く解析できている事を確認している．

今後は，冬作物を含む更なるプロダクトの精度改善に取り組むと共に，将来的にデータの発信を行っていく予定である．

【参考文献】

1) Sacks *et al.*, Crop planting dates: an analysis of global patterns. *Global Ecology and Biography*, Vol:19, pp.607-620, 2010.

2) Portman *et al.*, MIRCA2000 –global monthly irrigated and rainfed crop areas around the year 2000, *Global Biogeochemical Cycles*, Vol:24, 2010.

3) Krysanova *et al.*, SWIM (Soil and Water Integrated Model) user manual, Potsdam Institute for Climate Impact Research, *Potsdam*, Germany, (2000).

4) Sakamoto *et al.*, A Two Step Filtering Approach for Detecting Maize and Soybean Phenology with Time-series MODIS data, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 110, pp2146-2159, (2011).

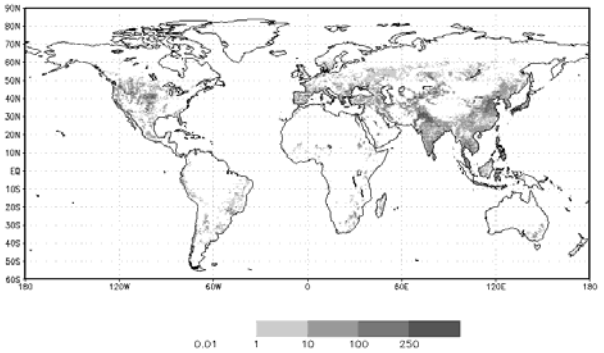

Fig. 2 Estimated distribution of agricultural water demand using the crop calendar product [mm/year].