

分布型水文モデルを用いたタイにおける稲の二期作が水ストレスに与える影響の評価  
Assessing the Impact of Double Cropping Rice on Water Stress in Thailand  
Using Hydrological Models

○松崎真里・田中賢治

○Masato MATSUZAKI, Kenji TANAKA

Thailand is in a tropical monsoon climate with distinct rainy and dry seasons. Since rice cultivation in the dry season must be carried out within the limited water resources secured in the rainy season, it is important to accurately grasp the amount of water demand. In this study, we propose a method to accurately calculate water demand by creating a crop calendar based on statistical data and fitting satellite data with a gradient boosting decision tree to understand growth stages.

### 1. はじめに

タイは熱帯モンスーン気候に位置し、明確な雨季と乾季に分かれる。古くから6月から10月までの雨季の豊富な降水を利用して水稻栽培がおこなわれてきた。1970年代以降は貯水設備の開発や灌漑設備の発達などの要因によって乾季における水稻栽培が可能になったことで、乾季にもコメの作付けが行われるようになった。

乾季における水稻栽培は雨季に確保した限られた水資源の範囲内で行う必要がある為、効率的な栽培にあたっては水需要量の正確な把握が重要であると考えられる。小槻ら(2012)は衛星データによるNDVI(正規化植生指標)を用いた農地のフェノロジー解析により農事歴を作成し、農地における水需要量の推定を行った。この手法は全球規模の農業水需要量を算出するために有効であるが、一方で詳細な地域ごとに見ると、二期作地域における乾季の農業水需要量が過小評価されてしまう等の課題があった。乾期作は雨期作と比較すると概して小規模であり、NDVIのピークが小さいため、ルールベースのフェノロジー解析では生育段階を評価することが難しいという問題がある。

本研究では、タイ農業局からコメの統計資料を収集し、統計資料に基づいた農事歴を作成した。続いて、MODIS衛星データの地表面反射プロダクトから、NDVIとNDWI(正規化水指標)の時系列データを取得し、各指標のピーク時期やピーク強度などの時系列特徴量を算出した。機械学習手法のGBDT(勾配ブースティング決定木)を用いて、時系列特徴量を統計資料に基づく農事歴にフィッ

ティングさせることで、衛星データから農事歴を算出する新たな手法を開発することを試みた。

今日ではタイは主要なコメ輸出国であり、世界の輸出用の2割程度を占める。水稻栽培による水需要量を正確に再現することは、コメの収量ポテンシャルを把握することにつながり、今後の気象変動による世界的な食糧需給バランス変化の見通しなどに役立つことが期待される。

### 2. 方法

統計資料に基づく農事歴を作成するために、タイ農業局から水稻栽培の統計資料を収集した。11月以降に作付された水稻に関して、作付面積と収穫量に関する地区ごとの統計と、月ごとの作付面積と収穫面積に関する県ごとの統計を収集し、地理情報と紐づけた。播種～収穫期までの生育段階1～5を割り当てることで、統計資料に基づく県ごとの農事歴の分布を作成した。

続いて、衛星データMODISからNDVIとNDWIの8日ごとのデータを取得し、これらの時系列データを基に植生と水域の時系列特徴量を解析した。時系列特徴量においては、各指標の特定の日付について、最も近いピーク値とボトム値、さらに前回のピーク/ボトムまでの日数、次のピーク/ボトムまでの日数、そして指標の時間微分を計算した。これらの特徴量を、植生の成長や衰退のパターン、水域の時系列変化を定量的に捉えるために用いた。

これらの時系列特徴量を統計資料に基づく農事歴と結び付けるために、勾配ブースティング決定木(Gradient Boosting Decision Tree, GBDT)モ

デルを採用した。GBDTは、複数の決定木を組み合わせた機械学習モデルであり、単一の決定木よりも高い予測精度を達成することが可能である。統計資料に基づく農事暦のパターンを学習させ、時系列特徴量から農事暦の各生育段階を推定するモデルを構築した。

以上の手法により作成した農事暦を田中(2004)による陸面過程モデル SiBUC に入力し、乾期におけるタイの農業水需要を計算した。SiBUCは灌漑スキームを内部に持つ水文モデルであり、それぞれの生育段階に応じて不足分の水を取水する。気象データに ISIMIP3a プロトコルの GSWP3-W5E5 を利用してシミュレーションを行い、灌漑水需要量の計算結果をタイ王立灌漑局の水路流量と比較することでモデルの検証を行った。

## 2. 結果

機械学習手法により作成した農事暦の例として、Ayutthaya 県における NDVI, NDWI の時系列と、推定された各生育段階の確率を図 1 に示す。5~6月に始まる雨期の水稻栽培と、12月に始まる乾期の水稻栽培の生育段階が再現されている。乾期は早生の非感光性品種を栽培するため、雨期の品種よりも栽培期間が短くなる傾向にある。

12月1日から5月1日までの累積灌漑水需要量の分布図を図 2 に示す。灌漑設備が発達している Chao Phraya 川のデルタ地帯および、Chao Phraya 川支線の Ping 川と Nan 川において乾期の水稻栽培による水需要量が発生している状況が概ね再現されている。

Ayutthaya 県における 2013 年 1 月からの月ごとの灌漑水路流入量と、モデルにより計算した灌漑水需要量を図 3 に示す。乾期の水需要量の総量は再現できているものの、水需要量のピーク生起

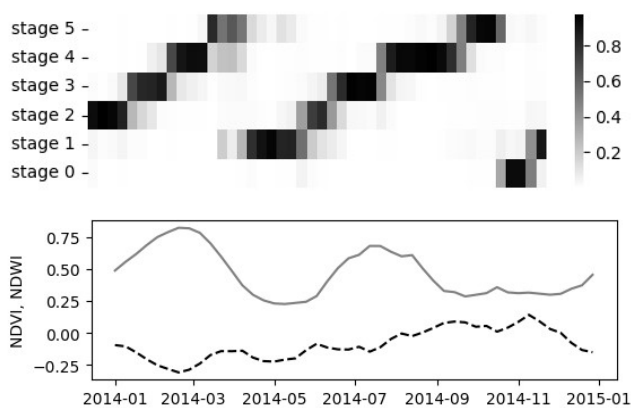


図 1. 推定された生育段階と、NDVI および NDWI の時系列データ, Ayutthaya 県

日はモデルのほうが 20 日程度早い結果となった。これは推定した農事暦と実際の生育段階に時間的な差異が生じているためであると考えられ、今後より詳細な調査によってモデルを改良することが求められる。

## 4. まとめ

本研究では、衛星データの時系列特徴量を統計資料にフィッティングさせることで農事暦を作成する手法を提案した。今後はインドやベトナムなど他のコメ生産国についても調査を行うことで、より汎用的な農事暦の作成手法を開発したい。

## REFERENCES

- 1) Kotsuki S. and Tanaka K. (2015): SACRA - a method for the estimation of global high-resolution crop calendars from a satellite-sensed NDVI. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 19, 4441-4461
- 2) Tanaka K. (2004): Development of the new land surface scheme SiBUC commonly applicable to basin water management and numerical weather prediction model.

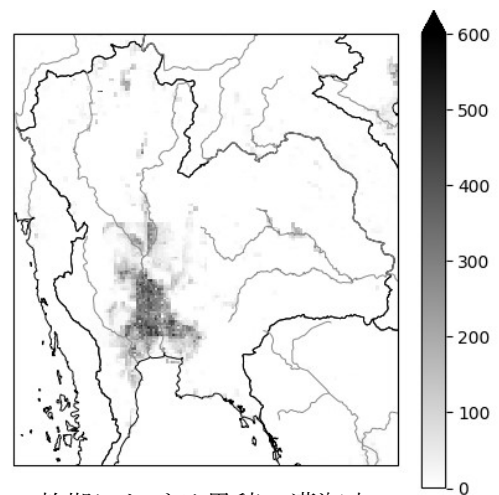


図 2. 乾期における累積の灌漑水需要量[mm]の分布, 2014

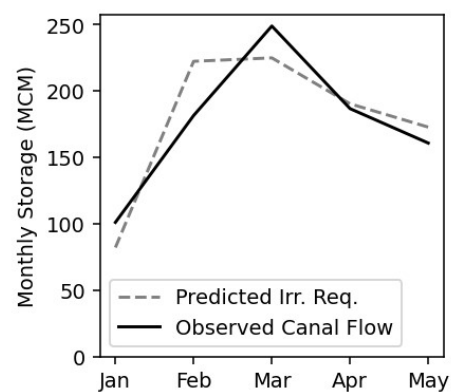


図 3. 灌漑水路流入量観測値, モデルにより算出した水需要量, Ayutthaya, 2014