

京都大学工学部	学生員	○松原拓也
京都大学大学院工学研究科	正員	萬 和明
京都大学大学院工学研究科	正員	Kim Sunmin
京都大学大学院工学研究科	正員	立川康人
京都大学大学院工学研究科	正員	椎葉充晴

1 はじめに 蒸発散量は水循環に影響を及ぼす非常に重要な要素である。従って、陸面過程モデルなどの数値モデルを使って蒸発散量を推定することが重要である。陸面過程モデルを駆動するには作物の成長過程を表現するパラメータが必要であり、その成長過程を予測する手法の1つに作物モデルがある。そして、アジアの主要な農作物である「水稲」を対象に、その成長を精度よくシミュレートするために、既存の水稲用の作物モデルとリモートセンシング技術を組み合わせた作物モデルが作成されている。本研究ではこの作物モデルを陸面過程モデル SiBUC (Simple Biosphere including Urban Canopy)<sup>1)</sup> に導入し、京都府にある京大圃場とタイのナコンナヨックの水田に構築したモデルを適用する。

2 作物モデルの陸面過程モデルへの導入

2.1 陸面過程モデル SiBUC の概要 陸面過程モデル SiBUC は地表面状態を植生・都市・水体の3つのカテゴリーに分類し、それらの混在を認めるモザイクモデルである。陸面過程モデルの中でも SiBUC は、灌漑農地における灌漑取水、灌漑排水の効果を容易に扱える点を、大きな利点として有する。

2.2 水稲を対象に開発された作物モデルの概要 作物モデルは、作物がおかれる気象条件と作物の成長過程との関係を説明・予測するためのモデルである。菊島は、既存の水稲用作物モデルからリモートセンシングデータの活用に適したモデルを作成した<sup>2)</sup>。作物モデルのプログラムは大きく分けて2つのサブルーチンから成り立っている。1つは発育指数 (Developmental Index、以下 DVI と呼ぶ) 算出モジュールである。DVI とは、作物の発育の進み具合を表す指標である。菊島が作成した作物モデルでは発芽時を DVI=0、幼穂分化期を DVI=1、出穂期を DVI=2、成熟期を DVI=3 と与えている。作物モデルを形成するもう1つの項目は、LAI を推定するモジュールである。LAI とは単位面積

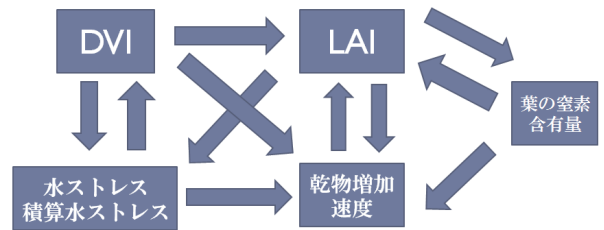
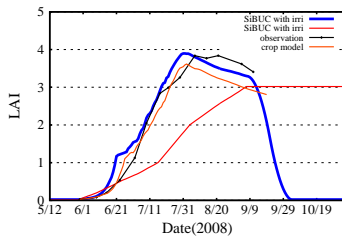


図1 作物モデルで用いられている変数とその関係

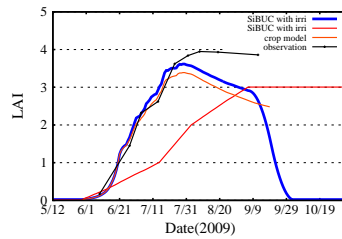
当たりの葉の面積 (片面) の総和であり、植生と大気との熱・水・微量気体のやり取りを司る重要なパラメータである。菊島が作成した作物モデルで使われる主な変数とそれらの関係を図1に示す。土壤に含まれる水分が少ないと、作物の生長が阻害される。これを指標化したものが水ストレスであり、水ストレスを DVI で重み付けしたものが積算水ストレスである。他に、葉の窒素含有量と乾物増加速度が作物生長に影響を与える要素として考慮されている。同図において、ある変数を推定するために必要とされる変数を矢印の向きで表している。例えば、DVI を推定するためには積算水ストレスが必要であり、積算水ストレスを推定するためには LAI と DVI が必要である。

2.3 導入手法 SiBUC では水田の水深と土壤水分を計算している。また、作物モデルも同様に水田の水深と土壤水分を計算している。そこで、SiBUC により推定された水田の水深と土壤水分を作物モデルに与え、作物モデルにより推定された LAI を SiBUC に与えることで作物モデルを SiBUC に導入する。作物モデルの入力値は全て SiBUC の入力値に含まれるため、SiBUC の入力値を作成すれば作物モデルの入力値も作成されたことになる。

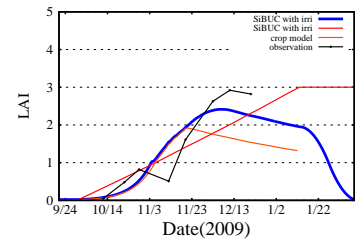
2.4 対象地域・入力データ 作物モデルを導入した SiBUC を京大圃場とナコンナヨックの水田に適用する。SiBUC に入力する気象データは、京大圃場には地上観測所京都地点の特別データを用いる。ナコンナヨックには、タイ気象局が Prachin Buri 地点で観測している



(a) 2008 京大圃場

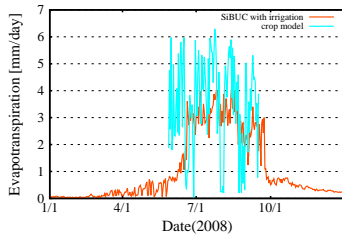


(b) 2009 京大圃場

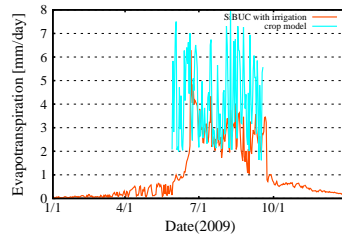


(c) 2009 ナコンナヨック

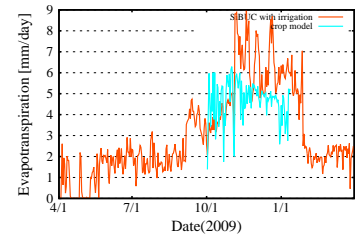
図2 作物モデルを導入したSiBUCでのLAI推定結果。青線は作物モデルを導入したSiBUCによる推定値、橙線は水稲用作物モデルのみでの推定値、黒線は実測値を示す。



(a) 2008 京大圃場



(b) 2009 京大圃場



(c) 2009 ナコンナヨック

図3 実蒸発散量の推定結果。橙線は作物モデルを導入したSiBUCによる実蒸発散量の推定値。水色線は作物モデルのみでの実蒸発散量推定値を示す。

気象データと独自に設置した測器による観測値を用いる。作物モデルだけを用いたシミュレーションには菊島が用いたものと同じ気象データを用いる。シミュレーションを行う期間は京大圃場で2008年1月~12月と2009年1月~12月(水稲の生育期間は6月~9月)、ナコンナヨックでは2009年4月~2010年3月(水稲の生育期間は10月~1月)とする。

3 適用結果 作物モデルを導入したSiBUCでのLAI推定結果を図2に示す。LAIをSiBUC内部で精度よく推定できたことがわかる。京大圃場における2つの事例では、作物モデルのみを用いた推定結果と作物モデルを導入したSiBUCでの推定結果にわずかに差が見られる。これは菊島が用いた気温のデータが、本研究で用いた気温のデータより低く、また可照時間についても本研究で用いたデータより短い値であったため、水稲の生長量が小さくなったと考えられる。ナコンナヨックにおける差が大きいのは、作物モデルが灌漑を考慮していないことで、水ストレスがかかり水稲の生長が妨げられたためと考えられる。作物モデルを導入したSiBUCによる実蒸発散量の推定結果と、作物モデル

のみによる実蒸発散量の推定結果を図3に示す。作物モデルを導入したSiBUCで、LAIを入力値として用意することなく、実蒸発散量を計算できることが確認できた。作物モデルを導入したSiBUCによる蒸発散量は、作物モデルによる蒸発散量より京大圃場においては少なく、ナコンナヨックにおいては大きい傾向が見てとれる。

4 おわりに 本研究では、水稲を対象に開発された作物モデルを陸面過程モデルSiBUCに導入した。作物の成長過程を表現するパラメータであるLAIをSiBUC内で推定することが可能となり、予めLAIを入力値として用意することなく、実蒸発散量などの地表面水文諸量の推定が可能となった。

#### 参考文献

- 1) Tanaka, K.: Development of the new land surface scheme SiBUC commonly applicable to basin water management and numerical weather prediction model, *doctoral dissertation*, Kyoto University, 2004.
- 2) 菊島宏太: リモートセンシングと作物モデルの結合に関する水稲生育予測に関する研究, 京都大学大学院工学研究科都市環境工学専攻修士論文, 2010