

第II部門

地表面水文過程を考慮した作物の成長モデルに関する研究

京都大学工学部	学生員	藤園順哉
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 FAO (Food and Agriculture Organization of the united nations) 統計によれば, 全世界の耕作地は 1,500 万 km² にも達し, その約 18 % にあたる 276 万 km² で灌漑が実施されている. 現在, 世界の水消費の 80 % 以上が農業用水であり, 我々を取りまく水資源問題の解決のためには, 農業用水を正確に見積もることが不可欠であり, 作物の成長過程を把握することが重要となる.

本研究では, 陸面過程モデル SiBUC (Simple Biosphere including Urban Canopy)¹⁾ と農業プロセスモデル SWIM (Soil and Water Integrated Model)²⁾ を結合(以下では結合モデルと呼ぶ)し, 新潟県を対象として作物が成長する様子をシミュレートする.

2 SiBUC と SWIM を結合したモデルの構築

2.1 陸面過程モデル SiBUC の概要 SiBUC は SiB (Simple Biosphere) をベースに開発されてきた陸面過程モデルである. 地表面構成要素として植生だけでなく都市・水体を表現できるモザイクモデルであり, 単一モデル格子内に複数の土地利用状態が混在する様子を表現できる. また, 水田および灌漑の水量操作をモデル化している.

2.2 農業プロセスモデル SWIM の概要 農業プロセスモデルは, 気象・土壌・栽培条件を与えて作物の成長を日単位でシミュレートするモデルである. SWIM は, 100-10000km² 程度の流域への適用を目的とした分布型水文・水質・農業モデルとして開発された. 以下に SWIM の成長モデルの概要を示す.

SWIM において, 作物の成長段階 I_{hun} は日単位の積算温度によって表される.

$$I_{hun} = \frac{\sum(T - T_b)}{P_{hun}} \quad (1)$$

ここで, T [K] は日平均気温, T_b はこれを下回ると成長が止まる基準温度 [K], P_{hun} は作物が成熟するとき

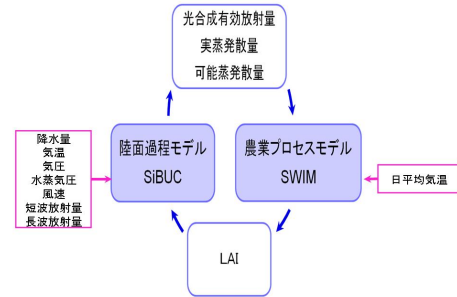


図1 SiBUC と SWIM を結合したモデルの概念図

の積算温度 [K] である.

作物の総バイオマス量 B_t [kg ha⁻¹] は以下のように表される.

$$B_t = \sum (B_e P_{ar} R_{ef}) \quad (2)$$

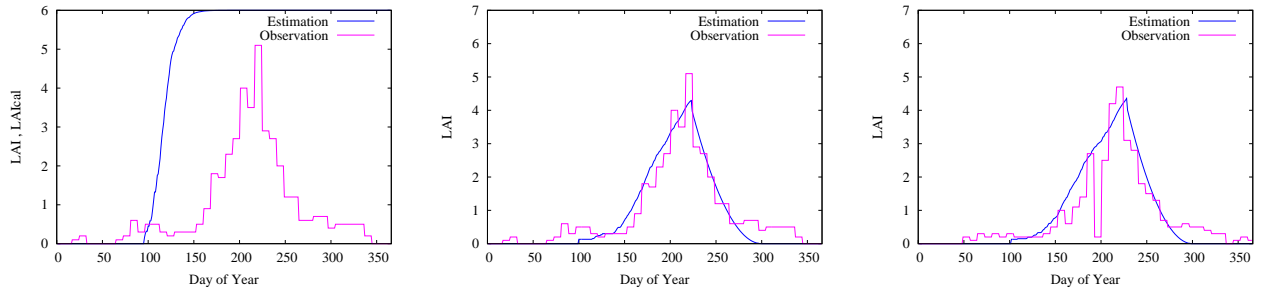
ここで, B_e は作物に固有のエネルギーバイオマス変換効率 [kg ha⁻¹ m² MJ⁻¹ d⁻¹], P_{ar} は光合成有効放射量 [MJ m⁻²], R_{ef} は成長ストレスである. 葉面積指数 L_{ai} は以下のように表される.

$$L_{ai} = \begin{cases} \frac{L_{aimx} B_{ag}}{B_{ag} + \exp(9.5 - 0.0006 B_{ag})} & I_{hun} \leq D_{lai} \\ 16 L_{aimx} (1 - I_{hun})^2 & I_{hun} > D_{lai} \end{cases} \quad (3)$$

$$B_{ag} = 0.6 + 0.2 I_{hun} \quad (4)$$

ここで, L_{aimx} は作物に固有な葉面積指数の最大値, D_{lai} は L_{ai} が減少に転じるタイミング, B_{ag} は地上のバイオマス量 [kg ha⁻¹] である.

2.3 SiBUC と SWIM の結合モデルの構築 SiBUC では降水量, 下向き短波放射, 下向き長波放射, 気圧, 風速, 気温, 水蒸気圧の7要素を入力値として地表面水・熱収支を計算する. 一方, SWIM では下向き短波放射量, 気温を入力値とし, また, 水ストレスを算出するに際して, 蒸発散量および可能蒸発散量が必要となる. 結合モデルでは, SiBUC で計算する光合成有効



(a) SWIMの User Manualに記載されているパラメータを用いたときの結果。

(b) 2005年を対象にパラメータを設定した結果。

(c) 再設定したパラメータを2006年に適用した結果。

図2 LAIの推定結果。青線はモデル推定値，赤線はLAIの衛星推定値を示している。

放射量，蒸発散量および可能蒸発散量をSWIMに与える。図1に結合の様子を示す。

3 新潟県への適用 結合モデルを新潟県へ適用し，LAIを推定した結果を図2(a)に示す。対象期間は2005年である。検証データとしては，MODIS (MODerate resolution Imaging Spectroradiometer) による観測情報を用いたLAIの推定値を使用する。

図2(a)より，LAIのモデル推定値と衛星推定値を比較すると，LAIの増加開始時期，LAIがピークに達するまでの時間，LAIが増加から減少に転じるタイミング，LAIが減少していく様子の4点で差が見られた。そこで，LAIの衛星推定値をもとにパラメータの再設定を行い，LAIの減少過程の表現について改良を加える。

4 SWIMのパラメータ設定とLAIの減少過程の表現の改良

4.1 SWIMのパラメータ設定 本研究では2005年を基準にパラメータを設定した。LAIの衛星推定値より，1月1日からの経過日数が140日前後で増加し始めていることが分かる。そのため，140日目前後の T をもとに T_b を設定した。 B_e は，LAIの増加速度が衛星で推定されたLAIと合うように設定した。 D_{lai} および P_{hun} は，LAIの衛星推定値が減少し始めるときの1月1日からの経過日数は約220日後であり， H_{una} の積算値を見ると約700[K]であったため，この値をもとに D_{lai} と P_{hun} を設定した。

4.2 LAIの減少過程の表現の改良 LAIの衛星推定値より，1月1日から300日後にはLAIが十分小さな値であることが読み取れるため，300日後にLAIが0

になり，それ以後はLAIは増加しないとした。LAIの減少過程の表現は，この点と増加から減少に転じるときのLAIのモデル推定値の2点を通る二次関数で表されると考えた。すなわち，1月1日からの経過日数を x ，LAIが減少に転じたときの経過日数を n ， x におけるLAIのモデル推定値を $L_{ai}(x)$ とすると， x におけるLAIのモデル推定値を式(5)で表すことにした。

$$L_{ai}(x) = \begin{cases} \frac{L_{ai}(n)}{(n-300)^2} (x-300)^2 & (n < x \leq 300) \\ 0 & (300 < x) \end{cases} \quad (5)$$

4.3 新潟県への適用 パラメータの再設定およびLAIの減少過程の表現を改良してLAIを推定した結果を表2(b)に示す。パラメータおよび減少過程の表現の変更後の方が衛星推定値に近い値を示しており，より適切に作物の成長段階を推定できていると言える。

5 おわりに 本研究では，地表面水文過程を表現するSiBUCに，作物の成長をシミュレートするSWIMを組み込んだ。これにより，地表面水文過程を考慮した作物の成長過程の推定が可能になった。今後は，さらなるパラメータの設定方法を検討していく必要がある。

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) Krysanova, V., Frank Wechsung., Jeff A., Ragacavan S., Jimmy W. : SWIM (Soil and Water Integrated Model) User Manual, 2000.