

ASTER データを用いた流域蒸発散量の推定

Estimation of Basin Evapotranspiration Using ASTER Data

○申龍熙**・瀬口昌洋*・郡山益実*

Yonghee SHIN・Masahiro SEGUCHI・Masumi KORIYAMA

1. はじめに：蒸発散は地球に与えられた放射エネルギーが潜熱として水蒸気に変換したもので地表面でのエネルギー循環過程で重要な役割をしている。蒸発散量を求めるために、微気象観測とエネルギー収支モデルによる推定を行っているが、このような方法は多くの観測点とパラメータを必要とし、広域での適用が困難である。そこで本研究では、Terra 衛星の ASTER センサーにより収録されたデータを用いて植生の群葉密度を表す葉面積指数(Leaf Area Index、LAI)と地表面温度を推定し、ここで得たデータを 2 層の熱収支モデルに適用して植生キャノピーと土壌面の蒸発散量の推定を行った。また、FAO Penman-Monteith 式を用いた推定値と比較し、その精度を検証した。

2. 対象地及び ASTER データ

研究対象流域は佐賀県小城市北部にある天山の南斜面に位置する祇園川の上流域で、Fig.1 の破線内である。流域の面積は約 12km² であり、そのうち林地が 80%、宅地及び耕作地が 20% となっている。ここは市街地と山地が接しており、LAI や地表面温度の区別がしやすく、蒸発散の分布状況の判断が容易である。研究に使用された衛星データは、Terra 衛星の ASTER データである。購入した ASTER データは 2007 年 8 月 18 日午前 11 時 11 分ごろ収録された L1B プロダクト(幾何補正と放射補正処理済み)である。ASTER データは VNIR(0.52-0.86 μm、15m×15m、1-3 バンド)、SWIR(1.6-2.43 μm、30m×30m、4-9 バンド)、TIR(8.12-11.65 μm、90m×90m、10-14 バンド)の 14 バンドよりなり、本研究では LAI 推定に 2 バンドと 3 バンドを、地表面温度の推定に 13 バンドを用いた。

3. 電磁波放射伝達モデルによる LAI 推定

植生のキャノピー内を対象とした電磁波放射エネルギーの伝達過程理論に基づき、ASTER データの VNIR バンドの DN 値から対象区域における LAI の推定を行った。Fig.2 はキャノピー内部で生起する電磁波放射エネルギーの伝達過程の模式図である。下向きの電磁波エネルギー $I(l)$ と上向きの電磁波エネルギー $J(l)$ の間には、次式のような連立微分方程式が成立する。

$$\frac{dI}{dl} = -\alpha I + \beta J \quad \frac{dJ}{dl} = \alpha J - \beta I \quad (1)$$

ここで、 α は吸収係数、 β は散乱係数、 l は植生キャノピーの上端から下端方向に測定された葉面積指数であり、下端で $l=LAI$ とする。植生表面における反射率 R と ASTER データの VNIR

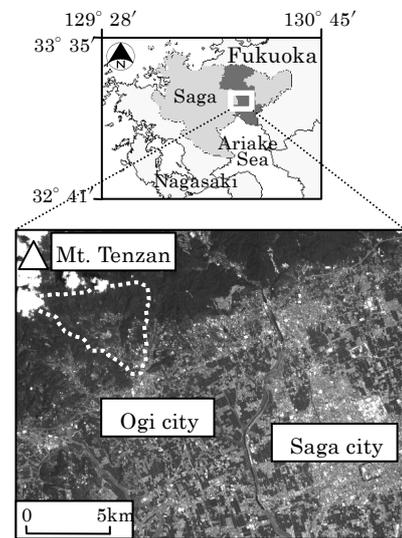


Fig.1 観測地点及び対象流域 (破線)
Location of observation points and study area

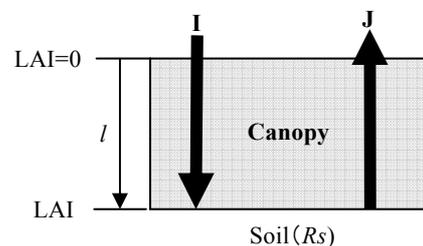


Fig.2 Canopy 内の電磁波放射伝達
A radiant transmission in the canopy

*佐賀大学農学部 Faculty of Agriculture, Saga University

**鹿児島大学大学院連合農学研究科 The United Graduate of Agricultural Sciences, Kagoshima University

キーワード：2 層モデル, ASTER, 葉面積指数(LAI), 地表面温度

バンドの DN 値 (BN_i) の関係から次の式 (3) ような LAI に関する式が得られる。

$$BN_{s3} = a'BN_{s2} + b' \quad (2) \quad BN_{si} = \frac{BN_i(e^{2c_iLAI} - R_{xi}^2) + BN_{xi}(1 - e^{2c_iLAI})}{1 - R_{xi}^2e^{2c_iLAI} - BN_iR_{xi}^2(1 - e^{2c_iLAI})/BN_{xi}} \quad (3)$$

式 (3) のパラメータは、現地観測や実験及び ASTER データから $a' = 0.82$, $b' = 2.0$, $R_{\infty 2} = 0.03$, $R_{\infty 3} = 0.48$, $BN_{\infty 2} = 44$, $BN_{\infty 3} = 180$, $c_2 = 0.6$, $c_3 = 0.2$ が得られた。Soil-line 式 (2) に式 (3) の BN_2 , BN_3 を代入し LAI を未知数とする方程式から挟撃法で LAI を求めた。

4. 2層モデルと FAO Penman-Monteith 式

地表面の蒸発散量をより高い精度で推定するため、地表面を土壌面と植生キャノピーで分離する 2 層モデルを用いて各々の熱フラックスを推定した。2 層モデルでは地表面観測温度や大気状態または熱変換の行われる面と参照高さを関係づける変数などの付加的なデータが必要である。本研究で用いた ASTER 観測時の対象区域における大気温度、水蒸気圧及び風速の平均値はそれぞれ 32.8°C 、 25.3hPa 、 2.0m/s であった。ASTER データから推定された LAI 分布データと土壌面と植生キャノピーの表面温度

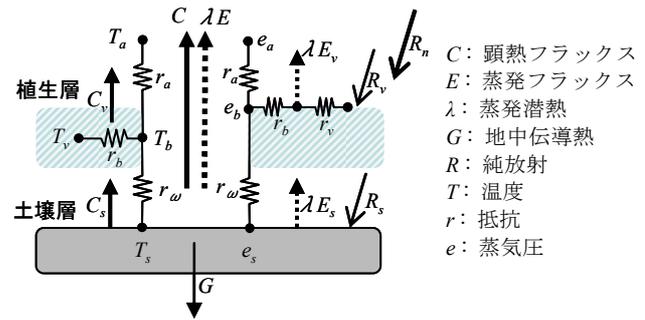


Fig.3 電気回路で表した 2 層モデルの概要
The overview of 2 layers model expressed in an electric circuit

データを用いて Fig.3 の E_v (植生層の蒸発フラックス) と E_s (土壌層の蒸発フラックス) を求めた。また、FAO Penman-Monteith 式を用いて研究流域における蒸発散量の推定を行い、2 層モデルを用いて推定した蒸発散量と比較し、その精度について検証を行った。Fig.4 の左は 2 層モデルに ASTER データを適用して推定した祇園川の上流域の蒸発散量分布図であり、右は FAO Penman-Monteith 式による蒸発散量の分布図である。2 層モデルと FAO Penman-Monteith 式から推定された流域全体の平均 ET は 5.37 と 7.21 であった。両方とも 2 から 10 までの範囲内に分布しているが 2 層モデルの方が LAI の影響による ET の変化を反映していると考えられる。また、Mask 処理した部分は流域内の ET が 2 以下の地点と北の方の雲が掛かっている所である。

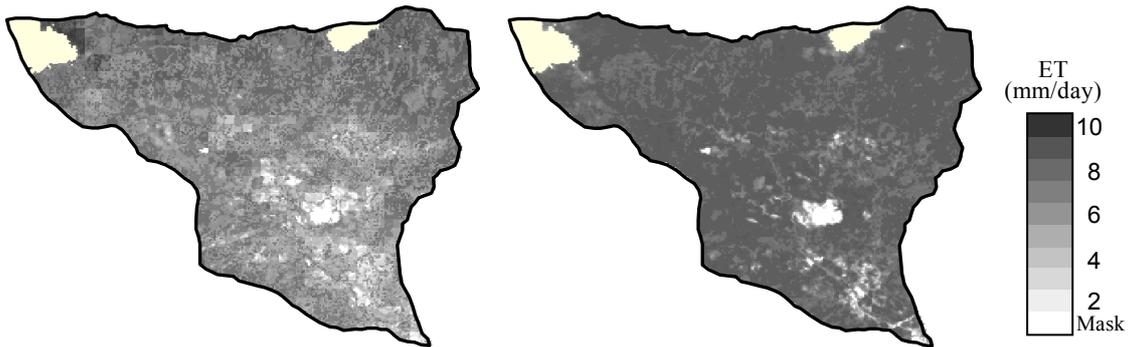


Fig.4 2 層モデルで算出した ET (左) と FAO Penman-Monteith 式で算出した ET (右) の分布
ET distribution estimated from 2 layers model and FAO Penman-Monteith equation

5. まとめ : 本研究では、対象流域を土壌面と植生キャノピーに分離して潜熱フラックスを求める 2 層モデルを用いて対象流域における蒸発散量の推定を行った。ここで 2 層モデルの重要なパラメータである LAI と地表面温度は ASTER データから推定した。また、2 層モデルからの推定値と FAO Penman-Monteith 式からの推定値を比較し、その精度について相互検証を行った。その結果、2 層モデルに ASTER データを適用する推定法の妥当性が検証された。