

ASTER データを用いた夏季と冬季の LAI 推定

Estimation of LAI Using ASTER Data in Summer and Winter Season

○申龍熙**・瀬口昌洋*・郡山益実*

Yonghee SHIN・Masahiro SEGUCHI・Masumi KORIYAMA

1. はじめに : 近年, 地球温暖化や森林などの問題が世界的な関心事となっている中, リモートセンシング技術を用いた環境の監視や研究活動が注目されている. リモートセンシングによる広域な植生情報の定量化は, これらの問題の現状などを把握するための重要な手段として使われる. 本研究では, 佐賀県小城市周辺の夏季と冬季の ASTER データを電磁波放射伝達モデル¹⁾に適用して植生の分布量を表す葉面積指数(LAI: Leaf Area Index)を推定し, さらには, 現場で測定した実測値と比較してその妥当性の検討を行った.

2. ASTER センサーの概要

ASTER センサーは EOS(Earth Observing System)の計画によって打ち上げられた Terra 衛星に搭載されているセンサーで, 地表面の温度, 反射率, 高度等の精密な地図製作に使われている. 本研究で使用したデータは西九州の一部が含まれる Path 113, Row 106 である. ASTER は 16 日の測定周期を持ち, **Table 1** に表したように VNIR, SWIR, TIR の放射計により各波長帯別に測定を行なっている.

Table 1 ASTER センサーの諸元
Specifications of ASTER sensor

ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer)		
Spectral resolution (μm)	VNIR : 1-3 Band	0.52- 0.86
	SWIR : 4-9 Band	1.60- 2.43
	TIR : 10-14 Band	8.125-11.65
Spatial resolution (m)	VNIR	15
	SWIR	30
	TIR	90
Swath width	60km	

3. 測定方法

ASTER データから算出される LAI 推定値の妥当性を検証するために, 対象区域内の 10 ヶ所において, LAI-2000 Plant canopy analyzer (LI-COR 社製, 以後 LAI-2000 とする)を用いて ASTER センサーの撮影日(夏季:2007年8月18日, 冬季:2008年1月9日)前後の2週間の間に LAI の測定を行った. 太陽光による影響を最少にするため曇天の日や日の出直前及び日の入り直後の時間帯に測定を行った. また, 現場のデータと算出される LAI の値を比較するため GPS 装置を用いて測定を行なった所の位置情報を得た.

電磁波放射伝達モデルにより LAI の推定に必要なパラメータとなる植生密集地点における分光反射率(R_{oi})を測定した. 分光反射率の測定は Spectroradiometer (LI-COR 社製, 波長範囲 0.3~1.1μm, 以後 LI-1800 とする)を用いて快晴日の太陽放射エネルギーが大きくなる午前 11 時から午後 2 時の間に実施した. 測定値から得た反射率は ASTER センサーのバンド 2 (BN2) とバンド 3 (BN3) の波長帯に合わせて算出した平均値である.

また, ASTER データから裸地の箇所だけを選択し, その地点の BN2 及び BN3 の CCT 値の分布図を **Fig.1** のように作成して $BN3=0.9 \times BN2+2$ となる Soil-line 方程式を得た.

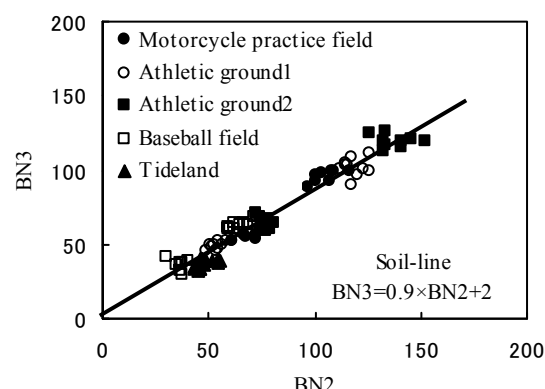


Fig.1 ASTER データから得られた Soil-line
Soil-line which was provided from ASTER data

*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: 葉面積指数(LAI), ASTER, 分光反射率, 電磁波放射伝達モデル

4. 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 CCT 値から対象区域における LAI の推定が行った。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 と上向きの電磁波エネルギー J 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、 dl はキャノピー上部から下部への LAI の増加分である。植生表面における反射率 R と ASTER データの VNIR バンドの CCT 値 (BN_i) の関係から次のような LAI に関する式が得られる。

$$BN_{si} = \frac{BN_i(e^{2c_iLAI} - R_{\infty i}^2) + BN_{\infty i}(1 - e^{2c_iLAI})}{1 - R_{\infty i}^2 e^{2c_iLAI} - BN_i R_{\infty i}^2 (1 - e^{2c_iLAI}) / BN_{\infty i}} \quad (2)$$

ASTER データから得た Soil-line 式 ($BN_{si} = a'BN_{sj} + b'$) に(2)式の BN_2 、 BN_3 をそれぞれ代入して LAI を求めた。ここで、夏季には $R_{\infty 2} = 0.07$ 、 $R_{\infty 3} = 0.5$ 、 $BN_{\infty 2} = 36$ 、 $BN_{\infty 3} = 170$ のパラメータが、また冬季には $R_{\infty 2} = 0.07$ 、 $R_{\infty 3} = 0.5$ 、 $BN_{\infty 2} = 36$ 、 $BN_{\infty 3} = 170$ のパラメータが用いられた。Fig.3 は ASTER データにより算出された夏季(左)と冬季(右)の LAI 分布図を表している。夏季の場合、区域全体にかけて植生が広く分布しており、特に山間部では LAI が 6 以上の所が多く分布する。そして平地部でも水田での稲の生長により LAI が高い所が見られる。冬季の場合、夏季と比べて平地部は LAI が 0 に近い所が多く分布し、山間部も LAI が概ね 6 以下の分布を表している。また、対象区域内の 10 ヶ所において夏季と冬季の LAI 実測値と ASTER データからの推定値を比較した。その結果、実測値と推定値の間に $R^2=0.84$ の高い相関性が見られた。

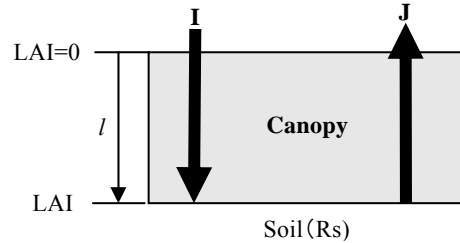


Fig.2 キャノピー内の電磁波放射伝達過程
A radiant energy transmission process in the canopy

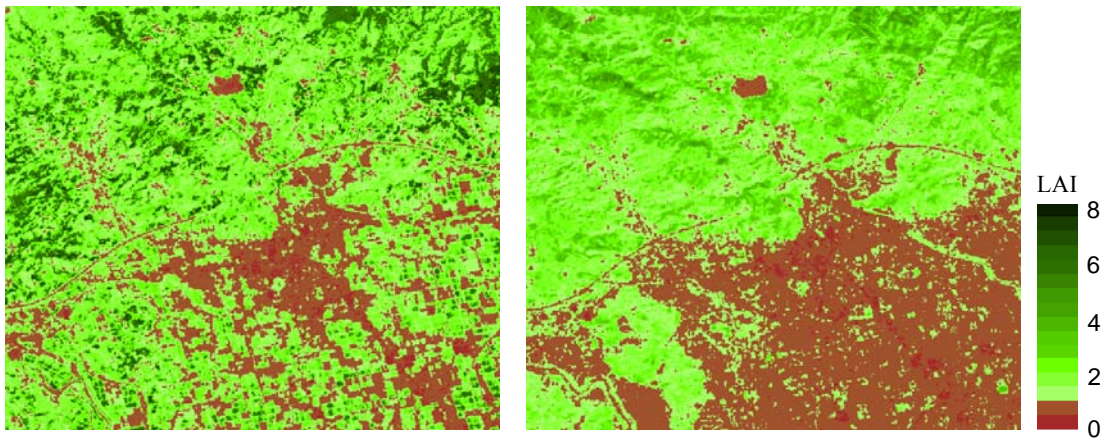


Fig.3 ASTER から算出された夏季(左)と冬季(右)の LAI 分布
LAI distribution of summer and winter season estimated from ASTER

5. まとめ : 本研究では、Plant canopy analyzer によって取得された佐賀県小城市周辺の LAI 現場実測データと対象区域の衛星データ (ASTER) を電磁波放射伝達モデルに適用して算出した LAI 値を比較した。その結果、ASTER データを用いた広域における LAI の定量的推定法の有用性が実証された。また、夏季と冬季の LAI 分布特性を通じて季節による植生の分布量及び生育状態の判断が可能になると考えられる。

参考文献 1) Price, J. C. (1993) : Estimating leaf area index from satellite data. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, **22**, 272-281.