

衛星による植生の水分指標の特性と水ストレス指標の検討

松江工業高等専門学校 環境・建設工学科 ○ 金子大二郎
 松江工業高等専門学校 環境・建設工学科 荒木信介

1. はじめに

本研究は、環境問題を背景とした植生の光合成による CO_2 の吸収や、水文循環の過程としての植生による蒸散を対象としている。光合成速度や植生からの蒸散は、ともに植生の葉の気孔を通して行われる。光合成は気孔内に CO_2 を取り込み、逆に水分は気孔から蒸散する。このため、光合成速度や蒸散のためには、植生の現存量とその気孔の開度が重要となる。この際、植生は土壌水分が不足する場合には、蒸散の抑制のために気孔を閉じる。即ち、植生が水ストレスを受けるために、水ストレスの測定と地表の水分量の推定が重要となる。本研究では、短波長赤外帯の反射率を使って水ストレス指標を検討したので報告する。

2. 反射率スペクトルと水分指標 NDWI

衛星リモートセンシングによって地表の水分を測定する原理を図-1 に示した。光は赤外帯になるに従って水分により吸収される。特に 1.4 と $1.8 \mu\text{m}$ 周辺に水による強い吸収帯がある。この性質を利用し、短波長赤外帯の反射率を利用した水分指標 NDWI と水ストレス指標の定義を検討した。図-2 に植生からの反射率スペクトルの温室内測定例を示した。 $2 \mu\text{m}$ を越えると、大気中の水蒸気による吸収によって大きなノイズが入ることが判り、水分指標として実用的でない。Gao (1996) は水分指標 NDWI (Normalized Difference Water Index) として近赤外波長帯を定義に用いたが、本研究では水分に対する感応度が高い短波長赤外を採用する。水ストレス指標 NDWI (正確には SIWSI) 指標は、Aster 衛星の波長帯を使って次のように定義される。

$$NDWI = \frac{\rho_3 - \rho_4}{\rho_3 + \rho_4} \quad (1)$$

ここに ρ_3 : 近赤外帯の反射率 ($0.76-0.86 \mu\text{m}$) ,

ρ_4 : 短波長赤外帯の反射率 ($1.60-1.70 \mu\text{m}$)

また、水分指標に関係する植生指標 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) は次のように定義している。

$$NDVI = \frac{\rho_3 - \rho_2}{\rho_3 + \rho_2} \quad (2)$$

ここに ρ_2 : 可視の赤色帯の反射率 ($0.63-0.69 \mu\text{m}$) ,

ρ_3 : 近赤外帯の反射率 ($0.76-0.86 \mu\text{m}$)

この短波長赤外帯の反射率について、Aster 衛星のバンド 4 ($1.60-1.70 \mu\text{m}$) によって松江市周辺を観測した例が図-3 である。観測日は 2001 年 8 月 3 日である。図中の市街における短波長赤外の反射率が大きい。植生のあ

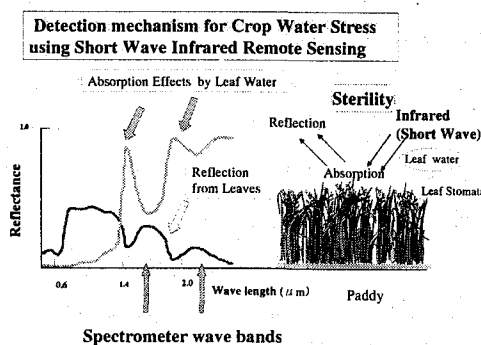


図-1 水分指標と水ストレスの利用波長

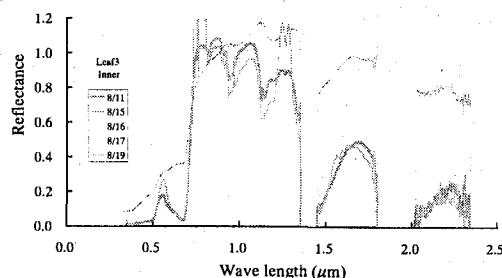


図-2 稲の葉からの反射率スペクトルの観測

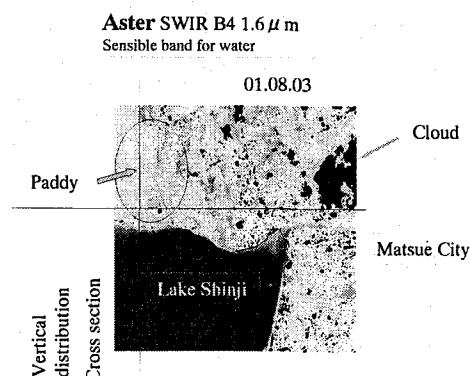


図-3 松江の水田における短波長赤外画像

る地域は小さく、水面では吸収されて最も小さい。地表の土地利用と反射率との関係を調べるために図-3 の縦断位置における短波長赤外帯の反射率分布を図-4 に示した。反射率は宍道湖の水による吸収を受け、最も低く 0.03 付近で一定である。岸に達すると人家や道路があるため 0.25 以上に高まる。北上すると水田地帯に入るため、浅い水面によって短波長赤外が吸収され、0.15 付近の小さな反射率となる。このように水分の多い土地被覆については吸収効果によって短波長赤外の反射率が小さいことが現地データによって確認することができる。この水分指標 NDWI（正確には SIWSI）の平面分布を図-5 に示した。植生が多いほど水分が多いことから、水分指標 NDWI は植生指標 NDVI と共に大きくなる。従って水分指標 NDWI と植生指標 NDVI との関係を図-6 に示した。松江市内の水田について、植生指標 NDVI が水分指標に及ぼす影響を調べた。同値の植生指標 NDVI に対して水分指標 NDWI が小さいことは、その植生が土壌水分の不足によって水ストレスを受けていることを意味する。砂地のために旱害を受けやすい斐川町の砂地の水田と、海外の強い旱害を受けるデータを追加する。乾季があって降水量の少ないタイ国の水田と、乾燥地帯である中国華北の小麦を対象に加えている。植生指標 NDVI が小さいことは植生が少ないことを意味する。植生は水分を多量に含むことから、指標 NDVI が小さいと水分指標 NDWI も小さくなる。また、植生指標 NDVI の大きな森林では、測定の原理から当然に水分指標 NDWI も大きい。水ストレスによって NDWI が小さくなることは、制御温室内の水稲について実験的に確認できている。植生域で大きな値になっている NDWI の値が、気象条件によって上下することが確認できれば、制御温室内ばかりでなく、現地について水ストレス指標として使えることが確認できる。図-6 によれば、水分指標 NDWI は植生指標 NDVI と共に蒸散が増すことから線形関係が認められる。この直線の勾配は一定の傾向をもっていることから、直線関係式の切片が水ストレスの指標 WSI として定義できる可能性を考えている。

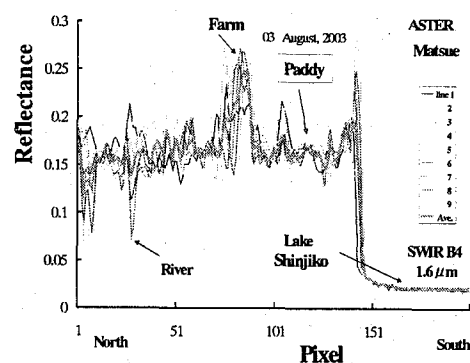


図-4 水田の短波長赤外の反射率特性

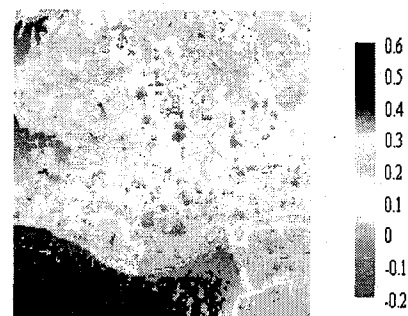


図-5 松江の NDWI の平面分布

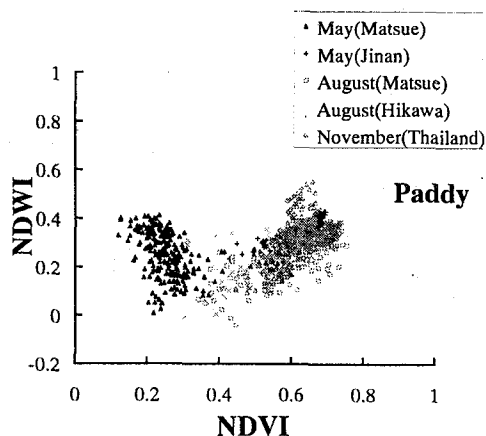


図-6 水分指標と植生指標との関係

6. おわりに

本研究では、植生からの蒸散や光合成による CO_2 の固定を抑制する気孔開度のモデル化を目的として、植生指標 NDVI や水分指標 NDWI の関係を水田について求め、水ストレス指標の定義を検討した。水分指標 NDWI と植生指標 NDVI は線形関係を持ち、水ストレスは、切片から定義できる可能性がある。この方法により気孔開度のモデル化をすることが今後の課題である。

参考文献

- 1) 金子大二郎：衛星利用型光合成モデルによる日本の水稲の CO_2 固定量推定，土木学会水工学論文集，50，printing，2006。
- 2) 金子大二郎・糸原俊広：GMS 日射量と世界気象データを用いた光合型穀物生産指標の中国への試験的適用，システム農学会 2005 年度春季シンポジウム・一般研究発表会要旨集，68-69，2005。
- 3) 金子大二郎：穀物収量モデルのための水稲葉面スペクトルの測定と水ストレス指標の検討，水文・水資源学会 2005 年研究発表会要旨集，86-87，2005。