

学 位 論 文 題 名

Analysis of Surface Albedo of Wetland with
Landsat TM Data and a New Estimation Model
— A Case Study in Kushiro Mire, Hokkaido, Japan —

（ランドサット TM データと新しい推定モデルを用いた
湿原アルベドの解析－北海道・釧路湿原を例として－）

学位論文内容の要旨

地球の全陸域における湿原面積は不明であるが、湿原と強いかかわりを持つ泥炭地の面積は全陸域の 2%を占めると言われている。多くの場合、湿原は泥炭地に成立しており、泥炭地は地球温暖化物質であるカーボンを有機質の形で固定し、堆積している。しかし、環境の変化にともない、温暖化物質のシンクからソースへと大きく変化する可能性を持っており、環境管理が難しく、かつ、重要な地域である。この湿原の環境を大きく左右している現象は、地表面の水・熱収支であり、そのバランスが変化すると植生なども変化し、泥炭土壌の分解も促進される可能性がある。その地表面の熱収支に強く影響を与えているのが、地表面アルベドである。このように重要な意味を持つ地表面アルベドであるが、今までは衛星データによる広域的な推定には、まだ大気層の透過過程とセンサの測定波長が限定されているという問題が存在している。これらの問題を受け、本研究では大きく分けて2つのことを目的とする。1.衛星データを用いたより精度の高い地表面アルベドの推定方法を開発すること。2.衛星データを用いた地表面アルベドの算定精度を評価すること。

本研究は6章で構成されている。

第1章では、衛星データによる広域的に湿原をモニタリングする意義と衛星データによる地表面アルベドを推定の重要性について述べるとともに、その際の推定モデルの問題点を明らかにし、本研究の目的と位置づけ及び本論文の構成について述べた。

第2章では、研究の進め方とその方法について述べている。リモートセンシングデータの解析精度の向上にはグラントゥールズが重要である。そのためには現地調査が不可欠である。本研究では主として次の3つの現場観測を行った。（1）高層湿原・低層湿原・ハンノキ林において、2個の日射計を1組として互いに反対方向に設置し、10分間隔の日射量・反射量を同時に測定し、アルベドを計算する。（2）衛星データによる植生のスペクトル特性は大気の影響を受ける。その影響の程度を明らかにするために、ランドサット TM センサーがカバーしている波長範囲とよく対応している FPR-2000 スペクトルラジオ

メータを用いて、高層湿原・低層湿原・ハンノキ林における植生の反射スペクトルを測定する。(3) 波長補正の式を求める為に、LI-1800 スペクトルラジオメータを用いて、湿原における主要な植生の短波長側、長波長側及び全波長側のアルベドを現場で測定し、波長補正式の係数を求める。衛星データの解析に関しては、原則として衛星観測と現場測定が同時に行ったデータを使った。

第3章では、本研究で開発した大気補正法について述べている。本研究の大気補正法は Chen and Ohring の惑星アルベドと地表面アルベドの間の直線相関関係に基づき、さらに ランドサット TM センサーに適用できるように修正した方法である。Chen and Ohring の方法でのパラメタリゼーションは日射全波長を対象にしたものであり、そのまま狭帯域の ランドサット TM データには適用できない。そのため、このパラメタリゼーションを ランドサット TM 波長域の狭帯域太陽常数を単位とする表現に変換する必要がある。また、本研究では、大気の影響が可視領域・赤外領域においてそれぞれ異なる為に、大気補正もそれぞれ行った。可視領域においては、path radiance・レーリー散乱及びオゾンの吸収による影響を除去する。赤外領域においては、水蒸気の吸収による影響のみを除去する。また、本研究では、現地でスペクトルラジオメータを用いて測定した反射量に大気補正を施した値を衛星センサーでの反射量の測定値から減じたものとして path radiance を推定した。path radiance は波長が長いほど小さくなっている。バンド 1 での path radiance は 0.292mW cm^{-2} で、衛星センサーに入った総量の 38.2% を占めている。バンド 2 での path radiance は 0.070mW cm^{-2} で、衛星センサーに入った総量の 12.2% を占めている。バンド 3 での path radiance は 0.016mW cm^{-2} で、衛星センサーに入った総量の 4.9% を占めている(96年8月26日のデータを例とした)。一方赤外線領域ほぼゼロになった。

第4章では、本研究で開発した波長補正法について述べている。ランドサット TM のセンサーが持っている波長帯域は狭帯域であるため、求めるアルベドもこの波長域に対応する狭帯域アルベドとなる。そのため地表面熱収支の研究に利用するための日射全波長域のアルベドを求めるための波長補正が必要となる。本研究では LI-1800 スペクトルラジオメータを用いて、湿原における主要な植生の短波長側、長波長側及び全波長側のアルベドを現場で測定し、測定結果を波長補正方程式に入れて、波長補正式係数を求めた。従来の研究と異なり本研究では反射側から波長補正式の係数を決定する方法を採用した。

第5章では、計算結果とその精度の評価・考察し、さらにその応用例について述べている。本研究で開発した波長帯分割の大気補正と波長補正法を利用して、衛星データからのアルベドの計算値と現地で日射計を用いた実測値との比較を行った。その結果、パスラジアンズ補正を行わなかった場合の 20.3%、波長補正なしの場合の 14.5%、波長分割と波長補正なしの場合の 10.2% の平均誤差が本研究で開発した補正方法では 2.7% に押さえることができた。また本研究による結果と比較することにより、過去の方法はアルベドを過小評価していたことが明かとなった。推定結果の空間的な応用として、釧路湿原の植生表面アルベド分布図を作製した。この図を見ると、水のアルベドが一番小さく $0.014\sim 0.072$ で、次は市街地 $0.072\sim 0.137$ 、ミズゴケ $0.147\sim 0.165$ 、ハンノキ林 $0.165\sim 0.174$ 、スゲ $0.174\sim 0.182$ 、ヨシ $0.182\sim 0.191$ の順に大きくなっている分布パターンを示した。さらなる広

用例としては植生の生長パターンの違いを利用して、本研究で推定した多時期の地表面アルベドを用いて、植生区分への試みを行った。その結果は、衛星データによるより精度の高い植生区分の可能性が高いことを示唆している。また、本研究では、衛星データから日アルベドを推定する一次回帰式を高層湿原と低層湿原 2 地点でのほぼ 5 年間の日射計データから求めた。

最後に、第 6 章で全論文を総括している。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 小 野 有 五
副 査 教 授 平 川 一 臣
副 査 教 授 堀 口 郁 夫 (農学部)
副 査 助 教 授 高 橋 英 紀

学 位 論 文 題 名

Analysis of Surface Albedo of Wetland with Landsat TM Data and a New Estimation Model — A Case Study in Kushiro Mire, Hokkaido, Japan —

(ランドサット TM データと新しい推定モデルを用いた
湿原アルベドの解析—北海道・釧路湿原を例として—)

多くの場合、湿原は泥炭地の上に成立しており、泥炭地は地球温暖化物質であるカーボンを含む有機質の形で固定し堆積している。しかし、環境の変化にともない、地球温暖化物質のシンクからソースへと大きく変化する可能性を持っており、環境管理が難しく、かつ重要な地域である。この湿原の環境を大きく左右している現象は、地表面の水・熱収支であり、そのバランスが変化すると植生も変化し、泥炭土壌の分解も促進される可能性がある。その地表面の水・熱収支に強く影響を与えているのが、地表面アルベドである。このように重要な意味を持つ地表面アルベドであるが、衛星データによる広域的な推定には、大気層の透過過程における誤差の補正と衛星センサーの測定波長が限定されているという問題が存在していた。

そこで本研究では次の2つを目的とした。(1)衛星データを用いた、より精度の高い地表面アルベドの新しい推定方法を開発する。(2)その新しい推定方法で得られた地表面アルベドを現地観測データと比較し精度を評価する。

本研究は北海道東部の釧路川流域に発達した釧路湿原を対象とし、衛星データとしてはランドサット TM データを用いその7波長帯のうち熱赤外部を除く6波長帯を使用した。湿原内の地表面アルベドの実測は高層湿原・低層湿原・ハンノキ林において、

最も長い地点で 1993 年以來 5 年間の連続観測を行った。また、ランドサット TM データの波長域と対応する FPR-2000 スペクトルラジオメータと広範囲な波長域を連続的に測定できる LI-1800 スペクトルラジオメータを用いて、上記の 3 つの湿原植生タイプごと、季節ごとに地表面反射スペクトルを測定し、衛星データの大気補正法、衛星センサーにより限定された狭い波長帯から全波長帯の値に変換する波長補正法の開発に使用した。

本研究では大気補正法として Chen and Ohring(1984)の方法を基に、新しく波長帯を可視領域(パ斯拉ジアンズ・レーリー散乱・オゾンの吸収が影響)と赤外領域(水蒸気が影響)に分けて算出する波長分割法と、衛星データの不連続で狭い波長帯でのアルベドを連続的で広範囲のアルベドに変換する波長補正法を開発し、算定結果を実測と比較した。その結果、パ斯拉ジアンズ補正を行わなかった場合の 20.3%、波長補正なしの場合の 14.5%、波長分割と波長補正なしの場合の 10.2%の平均誤差が本研究で開発した補正方法では 2.7%に押さえることができた。

この新しく開発したランドサット TM データによる地表面アルベドの推定方法により、現実に近い湿原表面アルベドの算定が可能となり、それをもとに釧路湿原のアルベドマップを作製した。また、アルベド算定値の誤差がかなり改善されたことから、多時期のデータの重ね合わせが可能となり植生区分への利用の可能性も認められた。

審査員一同は、これらの成果を高く評価し、また大学院課程における研鑽や取得単位なども併せ、申請者が研究者として誠実かつ熱心であり、博士(地球環境科学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと判定した。