

[別紙 2]

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 鷹尾 元

地球観測衛星による地球環境の観測は、林業、林学分野においても、人跡少ない遠隔の森林を同時広域的に、定期的に、そして自動的に観測し、照査・監視できる手法として、その利用に大きな努力が払われてきた。これまでに行われてきた研究開発はおびただしいものである。最初の観測衛星打ち上げより 30 年以上が経過した現在、これら研究開発の成果が実用化に結びついたかと問うと、残念ながらその例は少ない。これは、観測技術自体が未熟であった点に加え、その利用技術の開発に当たり潜在的利用者と研究開発者との調整が執られなかった、特に実用的利用者が最も重視するであろうデータの取得可能性、継続性について、開発者があまり意識を払わなかったことが原因である。

この点を踏まえ、本研究は、1)変化量ではなく管理者により親しみのある現存量として既往の森林管理諸元を表す、2)対象地の地域特有の生態系および気候に立脚した、3)最も取得可能性が高くかつ生物季節的に安定している季節のデータを用いた森林管理のための観測・照査システムの開発を行うことを目的としている。

研究対象は北方林で、地球温暖化により地球上で最も気温上昇が激しいことが予想され、集積した炭素を一気に放出することや気候変化による植生変化、森林火災多発による森林破壊、さらにはそれらの気候変動へのフィードバック等が懸念されている地域である。

用いる衛星画像は、冬の積雪期画像で、このような画像はこれまで積雪調査以外には森林関係でもほとんど用いられていない。北方林では一般的に夏に降水量が多く、光学衛星の観測可能性は冬に高い。積雪期には林床が雪という単一の媒体に覆われて構造が単純化し、衛星からも観測しやすい。

そこで、まずロシア極東ハバロフスク市近郊の森林を対象として、時系列衛星画像によ

る伐採など森林攪乱の監視手法を開発した。光学センサーを用い当地で数年おきに定期的に植生を観測するためには、晴天率に鑑み冬の積雪期が唯一の観測可能季節である。そこで、同一地域で積雪期に撮影された1980年から1999年までの5つのシーンをを用い、さらに比較のために夏期の画像も一部用いた。可視単バンド画像と Tasseled Cap 変換の Wetness 指標は安定した結果を得られた。夏期画像では、植生指数などが攪乱直後から不安定または急激な変化により攪乱後経過年数との線形な関係を見せないのに対し、Wetness 指標は単調かつ適度な回復を見せ、20年ほどの長さでは攪乱後経過年数の指標となりうることを示唆した。このように、積雪期画像はこの地において唯一定期的に実用可能な光学衛星画像であるばかりでなく、積雪期画像自体も植生観測する上で非常に有効なデータであることが明らかになった。

次に、同じくロシアのヤクーツク市周辺において、永久凍土上のカラマツ林の監視手法の開発を行った。ここではまず、対象地内に存在する様々な遷移段階のカラマツ林の林分構造を把握するために、多点で林分調査を行い、文献による値も含めて、その相対成長関係を解析した。その結果、火災や伐採などの攪乱を受けた直後や更新不良地を除き、胸高断面積合計は立木サイズによらず約 $25 \text{ m}^2/\text{ha}$ でほぼ一定となり、地上部現存量の成長は非常に遅く、かつ成長に連れて相対幹距が低下し相対的に疎林へと移行することが確認された。さらに、カラマツ林の地上部バイオマスは胸高断面積合計と平均樹高、または胸高断面積合計と立木本数密度とによりよく推定されることが明らかになった ($R^2 = .82 - .84$)。

その結果を踏まえ、積雪期画像上の森林からの反射を解析した。雪面反射は可視光の波長では幹枝や影に比べ際立って高く、中間赤外域ではほとんど影に近くなる。幹枝は波長を通じて反射率が低く、影は最も暗い。これら地上に投影される3つの要素(雪面、幹枝、影)の比率は立木の量の変化によりその比率が変化すると考えられる。そのような三次元的な反射構造があることを前提として、胸高断面積合計、地上部現存量、成長段階としての平均胸高直径などと積雪期画像との統計的関係を明らかにして、広域での推定を行った。さらに、落葉期ではあるが相対成長関係を用い衛星画像から葉面積指数を推定したところ、夏期画像からの植生指数による推定よりも、精度が高かった。

以上、本論文は、対象地におけるデータ取得可能性を検討し、それに基づき得られる画像の特徴を利用して地域の森林情報を抽出し、森林内の相対成長関係や画像情報と森林情報との間の統計的関係を援用することにより、北方林の管理に特有の森林調査・モニタリング手法を開発したもので、審査委員一同は、本論文が博士(農学)の学位論文として価値あるものと認めた。