

TM 画像解析による森林樹冠密度分布と林齢情報の比較検討

環境リモートセンシング研究室 角山 智美
指導教官 力丸 厚、向井 幸男、高橋 一義

1. はじめに

地球規模での森林資源量の減少が問題化し、京都議定書等において対策が急がれている。同議定書における ARD 活動（新規植林・再植林・森林減少）の把握では、効率的な森林資源情報の正確な現況調査手法が求められている。

新潟県においては森林資源情報の把握手段として、県が作成した森林簿・森林基本図の情報に沿った森林 GIS（Geographic Information System: 地理情報システム）の導入が進められている。しかし、情報更新には多大な労力・時間・費用を要するため、申請箇所のみ更新が多く森林資源情報の正確な把握は難しくなっている。

2. 目的

本研究では効率的な森林管理情報収集手法の開発をめざし、森林 GIS とほぼ毎年観測されている衛星情報とを合成した森林資源情報把握手法の検討を行った。

リモートセンシングによる森林情報の現況を把握する手法として国際熱帯木材機関（ITTO：International Tropical Timber Organization）で利用されている森林樹冠密度（FCD：Forest Canopy Density）モデルを活用して森林樹冠密度分布を算出した。また、既存森林 GIS に記載されている項目から樹種および林齢情報を抽出し、リモートセンシングによる樹冠密度情報と対照・比較検討した。森林簿の樹種および林齢情報はリモートセンシングによる同項目の解析情報よりも信頼度が高い情報と考えられる。リモートセンシングによる現況情報は最新の森林状況を反映していると考えられる。リモートセンシングによる現況 FCD と GIS からの樹種・林齢情報を組み合わせて分析し、比較検討することにより両者の情報の整合・不整合を解析して、森林情報のより効率的な更新方法開発への可能性を探った。

3. 研究の流れ

図 1 のような流れで衛星データと森林 GIS 情報の比較検討を行った。

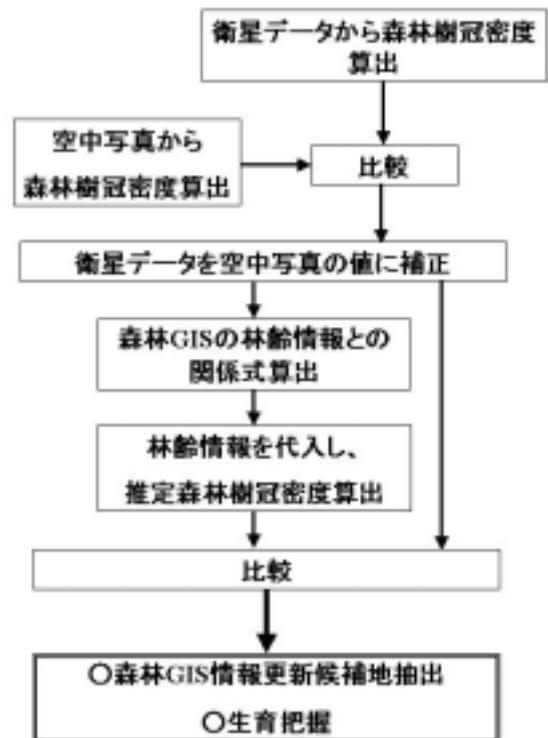


図 1. 研究の流れ

4. 解析対象領域と使用データ

解析対象地区を新潟県小千谷市の森林とした。なお、広葉樹などは雑木林として構成されている場合が多く林齢情報が正確でないと予想されるため単一樹種で一番多く分布しているスギ（図 2 参照）を対象とし、解析を行なった。

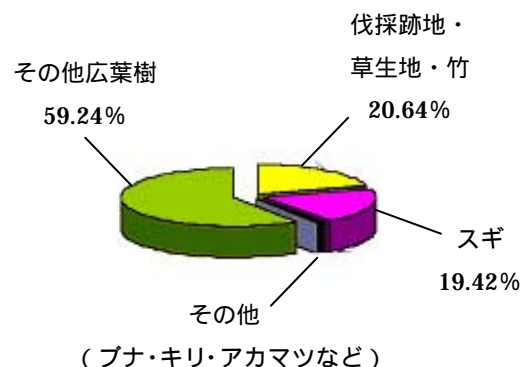


図 2. 小千谷市の樹種別森林面積割合（森林簿より）

4.1 衛星データ

衛星データは、1999年8月9日に撮影されたLANDSAT 7-TMの画像を用いた。

4.2 森林GISデータ

森林GISデータは、新潟県治山課森林計画係から提供して頂いた2000年度のものを使用した。

4.3 空中写真(デジタルオルソ)

衛星データから算出された森林樹冠密度の値および推定式の異常値検証のためのグランドトゥルースデータとして、小千谷市から提供していただいた空中写真のデジタルオルソ画像を用いた。デジタルオルソ画像とは航空機で撮影した写真の歪み補正を行なった1画素約16cmの高分解能なデジタルデータである。2000年7月23・24日に撮影されたものを使用した。

5. 衛星から算出した森林樹冠密度

森林樹冠密度(FCD)モデルとは、1画素900m²からなるLANDSAT-TMバンドデータを用いて、面的に解析することで森林樹冠密度(FCD)分布図を導出する手法である。植生・裸地・陰影・熱の4指標を抽出して植生密度および森林の正規化陰影指標を算出し、本研究においては、FCD-Mapper(樹冠密度解析セミエキスパートソフト)を用いて衛星データから森林樹冠密度の算出を行なった。算出結果を図4に示す。

B1~B7 TMバンド1~7に対応

$$B43 = B4 - B3$$

植生指標(AVI)

$$B43 < 0 \quad AVI = 0$$

$$B43 > 0$$

$$AVI = \sqrt[3]{(B4+1) \times (256-B3) \times B43} \quad (5.1)$$

裸地指標(BI)

$$BI = \frac{(B5+B3)-(B4+B1)}{(B5+B3)+(B4+B1)} \times 100 + 100 \quad (5.2)$$

陰影指標(SI)

$$SI = \sqrt[3]{(256-B1) \times (256-B2) \times (256-B3)} \quad (5.3)$$

熱指標(TI)

$$L = 0.1238 + \left(\frac{1.4362}{255}\right) \times Q_{cal} \quad (5.4)$$

$$TI = \frac{1260.56}{\ln(60.776/L + 1)} \quad (5.5)$$

Q_{cal} : デジタル濃度値

L : 分光放射輝度(mW/cm²・sr・μm)
NASAの温度軸正式に準拠²⁾

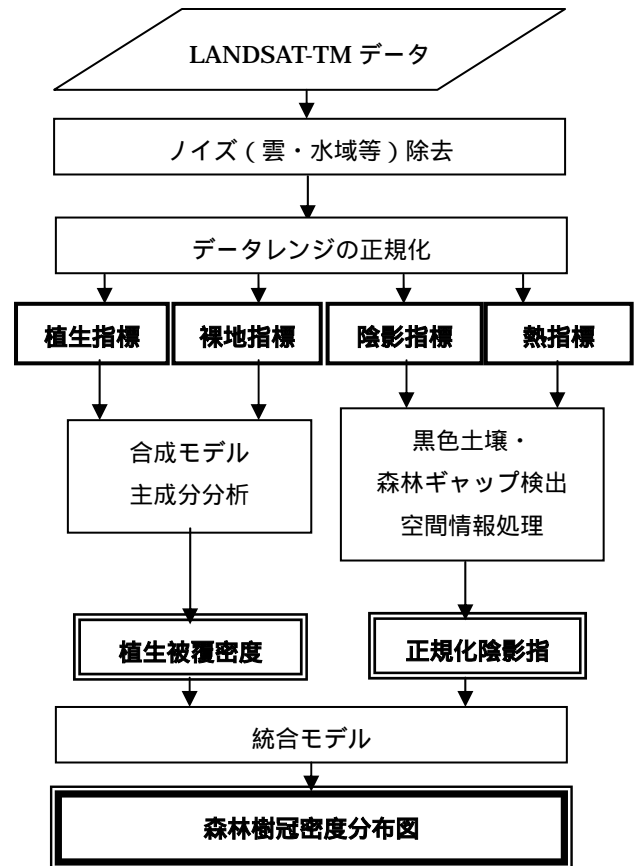


図3. FCD算出の流れ



図4. 小千谷市域におけるスギの森林樹冠密度分布状況

6. 空中写真から算出した森林樹冠密度

衛星データから算出された森林樹冠密度の検証を空中写真を用いて行なった。

6.1 空中写真からの森林樹冠密度算出方法

サンプル地区を抽出し、空中写真から森林と判断された箇所を塗りつぶし、塗り潰し箇所がサンプル面積中に占める割合を空中写真における森林樹冠密度と判断した。

6.2 衛星データとの比較

衛星データから算出された森林樹冠密度と空中写真から算出された森林樹冠密度の関係を図5に示す。

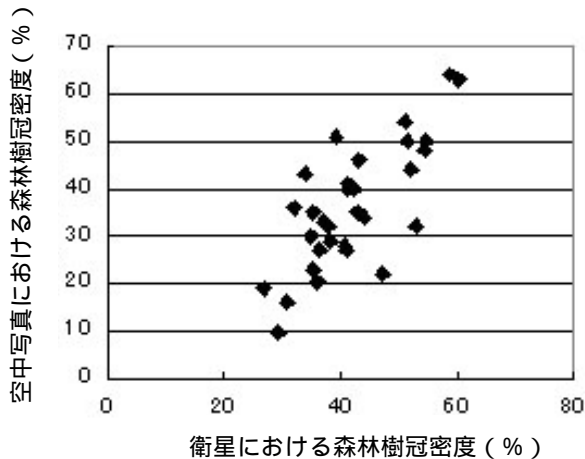


図5．衛星と空中写真における森林樹冠密度

相関係数 0.757 となり、両者の間に高い正の相関が確認された。よって、衛星から算出された森林樹冠密度は現況の森林被覆度を反映している。

ここで、図5から一次回帰式(式6)を導き、衛星から算出された森林樹冠密度を空中写真から得られた森林樹冠密度に補正した。

$$FCD_{air-photo} = 1.138 \times FCD_{satellite} - 11.638 \quad (6.1)$$

$FCD_{air-photo}$: 空中写真から算出された森林樹冠密度

$FCD_{satellite}$: 衛星データから算出された森林樹冠密度

7. 森林 GIS データによる林齢情報

新潟県では、市町村や各森林組合にも県が保有している森林資源情報を電子データとして有効に活用してもらうため、平成 10 年度より市町村森林 GIS の展開が図られた。その森林資源情報として樹種・森林面積・材積・用途など今まで森林簿に記載されていた約 60 項目の情報が、森林基本図と同じ施業界単位で入力されており、その一つとして林齢がある。

8. 森林樹冠密度と林齢情報の比較

8.1 検討方法

GIS のベクターデータを衛星画像の解像度と同じ 1 画素 30m のラスターデータに変換し、FCD と林齢の比較を行った。施業界は 900m² 未満の範囲も多く存在するため、1 画素に対応する施業界が複数存在する場合、最大面積を持つ施業界の林齢情報がその画素の画素値となるよう変換した。図6の場合、破線内(30m 四方)の林齢は 14 年となる。

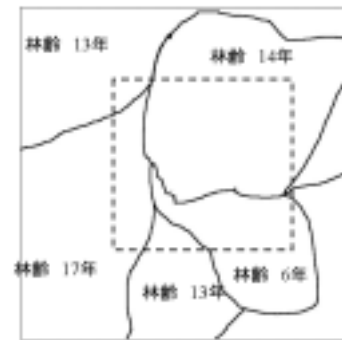


図6．ラスター変換

8.2 解析林齢幅の設定

森林樹冠密度の計算結果を図7に示す。森林樹冠密度の分散が大きくなったため、現況の森林情報を反映していると考えられる森林樹冠密度と林齢の大まかな関係を導き出すために、林齢について移動平均を算出した。この際、移動平均を算出する期間として森林 GIS の更新される期間の目安である 5 年を選んだ。結果を図7に示す。

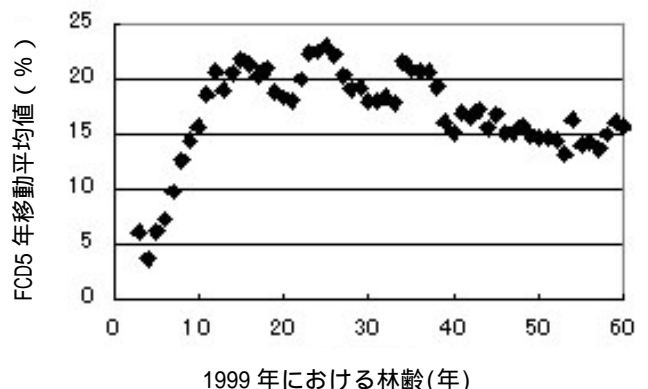


図7．林齢と5年移動平均樹冠密度の関係

林齢が約 20 年を過ぎたあたりから、森林樹冠密度の変化の林齢に対する感度がなくなっていることを示している。この変化は、ほぼ森林の葉量の経年変化と一致しており、本研究では森林樹冠密度と林齢の関係式を算出する範囲をスギの成長段階に対応する林齢約 20 年までの若年林とした。20

年前後で飽和していることから、2次式で回帰し二乗誤差がもっとも少なかった18年までを解析対象範囲とした。

8.3 計算結果

林齢18年までを拡大したFCDと林齢の関係と林齢に対するFCDの回帰式を図8に示す。

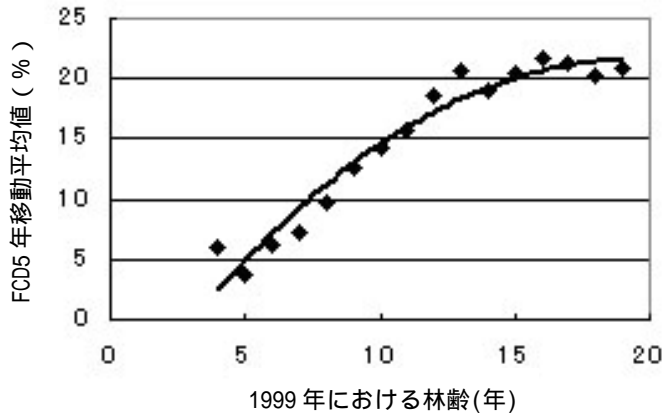


図8. 若年林における林齢と5年移動平均森林樹冠密度の関係

相関係数: **0.942**

$$\text{回帰式 } y = -0.0813x^2 + 2.975x - 5.6494$$

(8.1)

x : 林齢 (年)

y : 森林樹冠密度 (%)

平均二乗誤差: **1.754**

9. 空中写真を用いた検証

9.1 差分画像の作成

8.3で得られた推定式に、若年林において森林GISに記載されている林齢情報を代入し、推定森林樹冠密度分布マップを作成した。この結果と衛星データから算出された森林樹冠密度分布マップを比較検討するために、差分画像を作成した。この差分が大きい地域は、現況と森林GIS記載情報とが大きく異なる地域であり、更新候補地であると考えられる。衛星は1画素900m²のため、現況を正しく反映されているのか不確かである。よって、衛星で得られた値と実際の状況が正しく反映されているか確かめるために、解像度の高い空中写真のデジタルオルソ画像を用いて検証を行なった。

9.2 空中写真での現況検証結果

9.1で得られた差分画像における更新候補地と判別された地域における空中写真との検証結果を記す。

1) FCD = 0

未申請の伐採地・草地などである。差分の大きい地域だけでなく、林齢の若い地域においてFCD=0と判断された地域は、草地や伐採地・生育不良であると判断された。

2) 衛星から算出されたFCD >

回帰式から算出されたFCD

草地等の影響でFCDが高く算出される。下草やブッシュなどにより1画素あたりの影の値が高くなるため、林齢よりもFCD値が高くなる。人工林において、木は良好に生長を促すために下草刈り・間伐等の処理を行なわなくてはならない。よって、森林簿更新とともに森林の正しい処理を行なわなくてはならない。

3) 差分差が入り混じった地域

画素の大きさに対し、施業界の大きさが小さい場合や画素内に含まれる道などの影響を受けることにより、裸地指標の値が高くなりFCDの値が小さくなる。

10. 結果の考察

8.2より森林樹冠密度は、森林の葉量に大きく関係していることがわかった。

また、図8の結果より衛星データから算出された森林樹冠密度の5年間の移動平均を回帰分析した場合、若年林の森林樹冠密度と林齢との間に0.942と高い相関が確認された。この回帰情報は大局的な傾向を示しており、推定式を求めることができた。

林齢情報は、本来植林の申請により森林簿に記載されている。しかし植林後の経過情報の収集は容易ではないため、植林後森林簿情報の信頼性は必ずしも高くない。各施業界での森林樹冠密度値と林齢値からの回帰推定値との残差が、各施業区の実体を示す貴重な情報となる。この実体を搾り出すことにより、森林GISだけではわからない現況森林情報を得ることができた。

11. 今後の展望

本研究成果により、森林簿のなかでも信頼性の高い林齢情報と衛星からの計測精度の安定している森林被覆密度情報を比較検討することで、信頼性のより高い森林GISの森林資源情報への更新が可能となることが期待される。