

衛星データを用いた人工林生育状態の 判定システムの構築に関する基礎的研究

谷川 寛樹¹・長谷川 渚²・小上 幸代³・法眼 利幸⁴

¹正会員 和歌山大学助教授 環境システム学科 (〒640-8510 和歌山市栄谷930番地)

E-mail: tanikawa@sys.wakayama-u.ac.jp

²学生会員 和歌山大学大学院 システム工学研究科 (〒640-8510 和歌山市栄谷930番地)

³学生会員 和歌山大学 環境システム学科 (〒640-8510 和歌山市栄谷930番地)

⁴和歌山県農林水産総合技術センター林業試験場 (〒649-2103 和歌山県西牟婁郡上富田町生馬1504-1)

手入れの行き届かない人工林は、健全性を失い、本来もつ多様な機能を十分に発揮できない現況にあり、適切かつ持続可能な人工林の維持管理が必要不可欠となっている。本研究では、広範囲を観測することが可能である衛星データを用い、人工林を効率的に管理するため、人工林生育状態を判定するためのシステム構築を目指し、1) 土地被覆状態の把握、2) 人工林生育状態別分布図の作成および面積推計、3) 人工林生育状態別分布図の評価を行う。現地調査データと衛星データ (Landsat5/TM, Landsat7/ETM+, ASTER/VNIR) を比較することで判定を用い、その判定精度についての検討を行った。

NDVIを用いて人工林を生育状況別に判定した結果、研究対象地域の和歌山県印南町において、人工林のうち62% (2001年, Landsat7/ETM+) が健全であると判定された。検証の結果、生育状態の判定精度は66%であったが、特に北斜面と斜面角度31~40度の地点に誤判定が偏っていることが確認された。

Key Words: remote sensing, man-made forest, forest management system, Landsat/EM/ETM+, ASTER/VNIR

1. はじめに

1972年、米国航空宇宙局 (NASA: National Aeronautics and Space Administration) より、初めての地球観測衛星 (ERTS, 後のLandsat1号) が打ち上げられてから、30年以上の歳月が経過している。現在では多種多様な地球観測データ (以降、衛星データと呼ぶ) が提供されるようになってきた。地球規模で、適時かつ同時に観測が可能である衛星データは、海域などの水質環境監視、広域の植生調査、都市環境調査、国土防災など、私たちの生活環境を解析する不可欠な情報源として認識されるようになってきた。また、衛星データを用いたリモートセンシング技術の利用は、人が入れない場所や危険地域の計測など、労力面からも極めて有効であると考えられ、さまざまな解析に用いられるようになった。

森林・林業分野では、森林の分布と資源内容の把握、森林の伐採および被害調査などに衛星データを利用している¹⁾。近年では、画像分解能・解析精度の向上や、観測波長帯の細分化が実現し、森林・林業分野における衛星データの有効利用、実用化を目指した研究がなされている。

一方、近年、わが国の林業をとりまく状況は厳しく、外材輸入の増加に伴う国産材需要の減退、材価の低迷による間伐材の林地放置、高齢化に伴う労働力不足による間伐実施率の低下が全国的に見受けられる。手入れの行き届かないスギ・ヒノキ人工林 (以下人工林と呼ぶ) は、健全性を失い、本来の木材生産機能が低下するだけでなく、付帯していた多様な公益的機能を十分に発揮できない可能性がある。適切かつ持続可能な人工林の維持管理が必要不可欠となっている。

和歌山県では森林の約6割²⁾ が人工林である。統計情報²⁾ によると人工林の蓄積量は年々増加し、量的資源は充実しつつあるように見える。しかし、実際に県内の山林に入ると表土が流出し、瘦身の木々が今にも倒そうになっている地点を容易に見つけることが出来る。

ここで、本研究で取り扱う「人工林の健全性」について整理する。人工林はその名の通り建材生産等のために植林されたものである。つまり本来の目的からすると、健全な人工林とは、手入れが行き届き、良質な材の生産を続ける林を指す。また、付帯する公益的機能まで考慮した場合、健全な人工林とは、豊かな生態系を育みつつ良質な材を生産する林を指す。衛星データや現地調査、

過去の枯損記録、森林簿といった限られた資料を元にした場合、上記に示した広義の人工林の健全性をすべて評価することはきわめて難しい。人工林の衰弱は数多くの要因によって引き起こされるが、その直接的要因は土壌・地形・気象などであり、保育管理遅れの林分はその影響をより大きく受け、乾燥被害による枯死木の発生に至ると考えられる。そこで本研究では、人工林の乾燥被害を健全性の一面を示す指標として着目し、その分類のためのケーススタディを行った。具体的には、和歌山県にて1994・1995年の夏期におこった異常乾燥に耐えた林分を「健全な林分」と定義し、枯死木の発生に至った林分を「健全でない林分」と定義した。さらに、枯死木の割合により、軽度、中度、重度に分類した（3章参照）。本研究において「健全な人工林」と定義した林分には、不適地に植栽されて衰弱した林分や保育管理の遅れから衰弱している林分も含まれていることを留意されたい。

具体的には、図-1の通り、衛星データを用いることで、県域レベルで人工林を管理するシステム構築のための基盤データの整備を目指し、1) 土地被覆状態の把握、2) 人工林生育状態別分布図の作成および面積推計、3) 人工林生育状態別分布図の評価を行う。

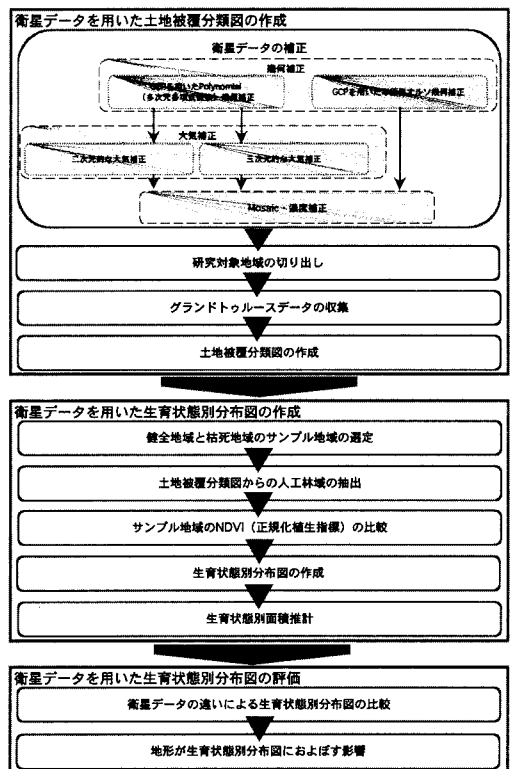


図-1 研究手順

2. 衛星データを用いた土地被覆状態の把握

(1) 研究対象地域と衛星データの概要

1994年、1995年夏期の高温少雨気象により、和歌山県中部地方を中心に、和歌山県各地でスギ、ヒノキ人工林の急激な枯死被害が発生したとの報告がある³⁾。1995年11月29日、12月12日、和歌山県林業試験場などが、枯損林分について目視調査と林内調査を実施した。調査地域の一つであった和歌山県日高郡印南町（図-2）の切目川流域の人工林は、他地域よりも大規模な枯死被害が広がっていることが明らかになった⁴⁾。これらの調査により、同町の人工林については、枯死被害発生当時の被害状況から、その後の生育状態に関する詳細な情報が整っている。一方、同町周辺を観測する衛星は枯死被害の起こる以前から、多種類・複数時期の衛星データを入手可能である。以上より、本研究では、和歌山県日高郡印南町を研究対象地域に選定し、現地調査データと衛星リモートセンシングデータを用いた枯損林判定に関する解析を行う。解析に用いた衛星データは、将来自治体によるシステム構築を考慮し、低コストかつ一般的に入手可能なものとし、表-1に示す通り、Landsat5/TM、Landsat7/ETM+およびASTER/VNIRを選定する。

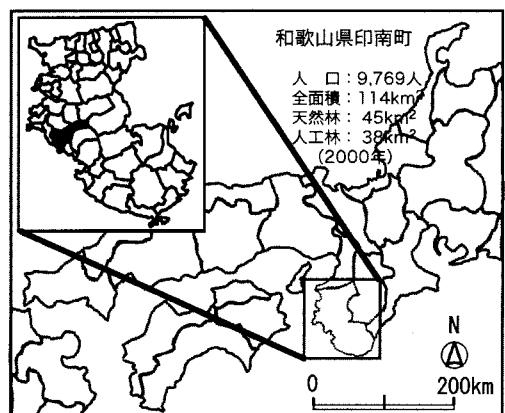


図-2 研究対象地域

表-1 衛星データ緒元

衛星/センサー	観測時期				地表分解能
	年	月	日		
Landsat5/TM	1995	8	4		30m
	2000	10	4		
Landsat7/ETM+	2000	8	25		
	2001	4	22		
ASTER/VNIR	2002	4	2		15m
	2003	9	19		
	2003	6	8		

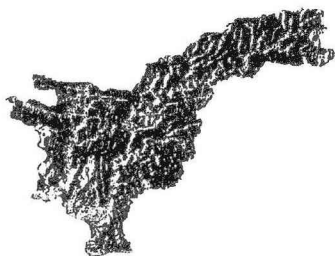


図3 研究対象地域の True Colour 画像
(1995 年 Landsat5/TM)

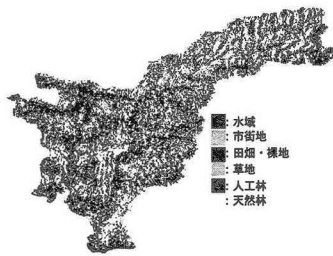


図4 土地被覆分類図
(1995 年 Landsat5/TM)

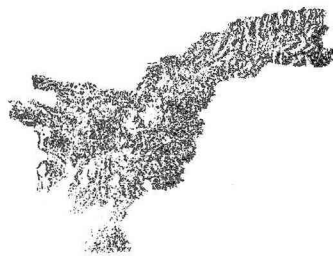


図5 人工林域の抽出
(1995 年 Landsat5/TM)

(2) 衛星データの補正

a) 幾何補正 (参考文献5) , 6) , 7)

衛星データには、データ収集時の衛星の姿勢の変化、地球の自転、地表面の比高などのさまざまな要因による幾何学的歪み (位置的歪み) が含まれており、衛星データ上に表現される地表面の物体の位置は、実際の位置とは異なったものになっている⁵⁾。本研究では、幾何学的歪みを除去するためにGCP (Ground Control Point : 地上基準点) を用いた幾何補正を行う。用いた手法は、一般的な「Polynomial (多次元多項式変換) 幾何補正」と山岳地帯のような起伏のある地形を考慮した「単画像オルソ幾何補正」の2種類である^{6), 7)}。幾何補正には、衛星データ、地図データ、標高データを用いる。

b) 大気補正 (参考文献6) , 7) , 8) , 9)

気象条件や太陽高度の変化によりもたらされる大気状態の変化は、地表物体からの光の反射特性に影響を与える。これらは、衛星データ中の対象物や地表面の真のスペクトル特性を覆い隠し、異なる時期やセンサ間での直接の衛星データ比較を困難にする⁹⁾。本研究では、このような大気中の障害を取り除くために、大気の放射伝達をMODTRAN4モデル⁸⁾によりシミュレートして大気の補正を行う。MODTRAN (Moderate Resolution Transmittance) とは、アメリカのAir Force Geophysics Laboratoryにより開発された大気補正プログラムで、ドイツのGEOSYSTEMS社⁸⁾がリモートセンシング分析ソフトウェアと連携させたATOCOR⁸⁾を開発している。ATOCORにより、類似したスペクトル特性をもつ異なるセンサで取得された画像同士の比較・解析が可能になる⁹⁾。本研究では、ATOCORを用い、滑らかな地形に対して有効な二次元的な大気補正と、山岳地帯のような起伏のある地形を考慮した三次元的な大気補正の2種類の方法で大気補正を試みた。大気補正には、衛星データ、標高データ、視程データを用いる。2種類の補正結果を目視により比較した結果、研究対象地域は起伏が激しい地形のため、地形の影響による反射を考慮した三次元的な大気補正が有効であると判断した。補正を施した衛星データと行政界ベクタデータを重ね合わせ、研究対象地域を切り出す。1995年Landsat5/TMから研究対象地域を切り出した画像を図-3に示す。

(3) 衛星データを用いた土地被覆分類図の作成

a) グランドトゥールースデータの収集 (参考文献6) , 7)

土地被覆分類を行うためには、衛星データの観測と同時点、あるいは同時期と見なせる地上の状態を調査する (グランドトゥールースを行う) 必要がある。グランドトゥールースにより収集された情報は、2. (3)b) で行う土地被覆分類図の作成に用いる。本研究では、衛星データが観測された時期にグランドトゥールースを行っていない場合は、以下のように情報収集を行う。

- ・被覆状況が現在と比較し変化していない地点については、GPS (Global Positioning System) を用いて、位置情報と被覆状況を収集する。
- ・被覆状況が変化している地点については、衛星データが観測された同時期の航空写真、地図データ、記録文献と現地の状況と照合し、情報を収集する。

b) 土地被覆分類図の作成

グランドトゥールースにより収集された情報をもとに分類項目の特徴空間を定義したトレーニングデータ (教師) を利用し、最尤法を用いて教師付き分類を行い、土地被覆分類図を作成する。1995年に撮影されたLandsat5/TMを用いて作成された土地被覆分類図を図-4に示す。分類項目を、水域、市街地、田畑・裸地、草地、人工林、天然林の6項目とする。また、人工林域のみを抽出した画像が図-5である。

c) 分類結果の検証

2. (3)b) で作成した土地被覆分類図について、被覆分類結果と現地の被覆状態が一致しているか否かを検証する。土地被覆分類図から検証地点を無作為に抽出し、現地の状態との整合性をみる。その結果、表1にあげた衛星データを元に作成した被覆分類図において、65~75%程度の分類精度が得られた。

2001年以降の衛星データから作成された分類図に関しては、航空写真と重ね合わせを行うことにより、現地調査では危険で林内に入ることの出来なかった地点の検証も行う。

分類図から算出された人工林と天然林の面積割合と、統計資料 (森林・林業および山村の概況)¹⁰⁾ から得た人工林と天然林の面積割合を比較する。その結果、統計

資料との差は、5%程度であった。

補正方法の違いによる分類図を比較した結果、GCPを用いたPolynomial幾何補正と、三次元的な大気補正を行った衛星データから作成した分類図の精度が良いと確認された。よって、以降の解析では、各衛星データに対し、これらの補正を施し解析に用いる。

3. 人工林生育状態別分布図の作成および評価

(1) 生育状態別分布図の作成および分布結果の検証

a) 健全地域と枯死地域のサンプル地域の選定

生育状態別分布図を作成するためには、土地被覆分類でのグラントゥールース (2. (3)a)) と同様、人工林の健全/枯死といった状況を含む情報収集が必要である。

ここで、1章でも述べた通り、本論文における健全な人工林とは、乾燥被害木を含まない人工林のことである。このような人工林は、土壌状態が良好で、適地適木*の概念のもとに植林され、継続的に良質材生産のための手入れ**を行っている場合が多い。

*適地適木の概念：木の特性として、スギは肥沃で適潤な土壌を好み、ヒノキは谷筋、沢筋、凹地など、土壌水分の多い場所は不向きである。

**継続的な手入れ：下刈りは植栽してから3~4年間は6月頃と8月頃に2度¹¹⁾ 行い、7~8年間は年に1度¹²⁾ 行う。枝打ち第1回目の間伐の前後、また無節材の生産では胸高直径10cmに達する前¹²⁾ に行う。間伐は、1回目は12~13年後、2回目は20年後といった具合に10年おきに平均残存木の約20%程度¹²⁾ の間伐を行う。

一方、本論文における健全でない人工林とは、乾燥被害木を含む人工林のことである。このような人工林は、木材としての価値が低くなるだけでなく、雪害や風害、病虫害などで壊滅的な被害を受ける恐れがある¹¹⁾。また被害発生前は、地表面に光が十分に届かず下草が生えず表土がむき出しになっているが、上木のスギ・ヒノキの枯死に伴ってむき出しの地表面に雨滴が直接当たり、枯死木の根系の腐朽と相まって土砂崩れの危険性が増す。

枯死被害の状況を把握するために、1995年に和歌山県林業試験場などが枯死地域の目視調査および林内調査⁹⁾ を実施した。この調査では、地域内を巡回し、造林木の生育、枯損林分の立地環境、その地理・地形状況、周辺の二次林の枯損状況などについて調査を行った。さらに、林内調査において、斜面における枯損の発生部位により枯損林分を3分類し(表-2)、各分類項目の林分について立木調査を行った。

本研究では、和歌山県林業試験場による調査⁹⁾ に加え、

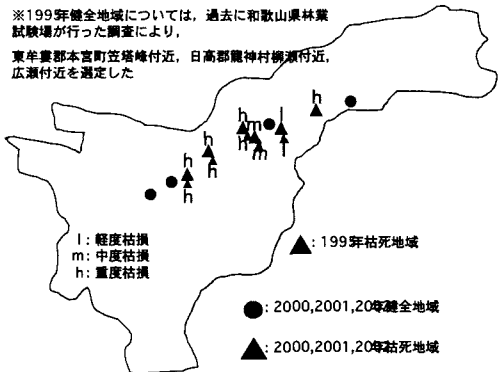


図-6 サンプル地域

表-2 枯損分類⁹⁾

枯死地域	枯損率(%)	枯損タイプ
軽度枯損	20%以下	谷筋の林縁が枯損
中度枯損	20~70%	屋根部・モザイク枯損、 基岩である頁岩の露出
重度枯損	70~100%	全面枯損

同試験場と協力し現地調査を行い、衛星情報による判定の基準となる人工林健全・枯死地域を抽出する(図-6)。ここで、1995年分は、試験場の調査結果を用い、2000-2002年分について、同様の判断基準により、各年、現地調査を実施し、健全・枯死地域の調査を行った。

b) サンプル地域のNDVI(正規化植生指標)の比較

植生の分布状況や活性度を定量化するための植生指標のひとつにNDVI(Normalized Difference Vegetation Index: 正規化植生指標)がある。NDVIは-1~+1までの値をとり、植生の密度が増すにつれて大きな値をとる。NDVIは植物の生育状態を知る手がかりになると考えられており、以下の式により算出することができる。

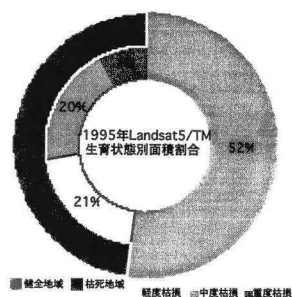
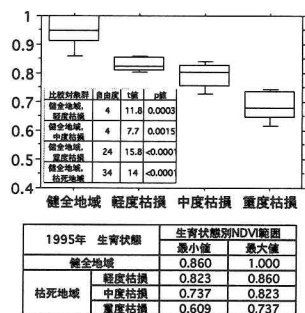
$$NDVI = (IR - R) / (IR + R)$$

ここで、IR: 近赤外バンド, R: 赤バンド(可視光域)である。

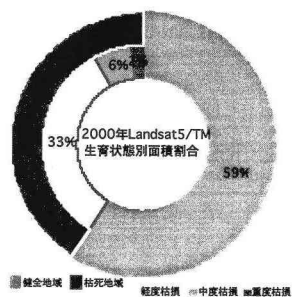
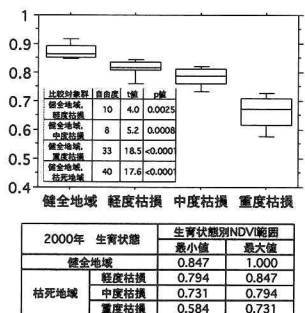
本研究では、現地調査から抽出した健全地域と枯死地域のサンプル地域について、両地域の比較をNDVIにより行い、t検定により検証を行う。その結果、図-7に示すように、健全地域と枯死地域(軽度枯損、中度枯損、重度枯損)には有意差が確認された。

c) NDVIを用いた生育状態別分布図の作成

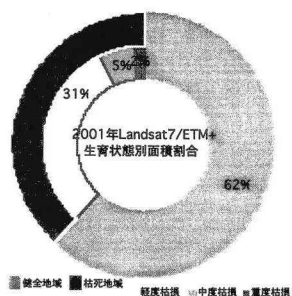
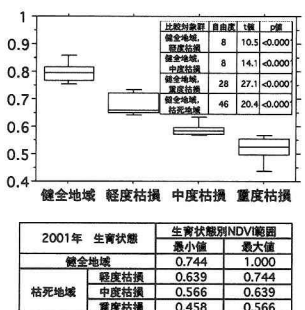
生育状態別分布図を作成するために、生育状態ごとに分けたNDVIの範囲を設定する。生育状態別NDVIの範囲は、健全地域、枯死地域の軽度枯損、中度枯損、重度枯損とする。サンプル地域から得られた健全地域と枯死地域のNDVIの分布を用いて、NDVIの最大値・最小値を各



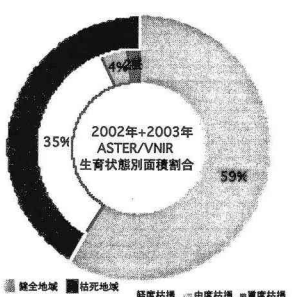
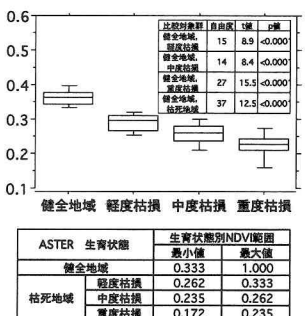
(a) 1995年 Landsat 5/TM



(b) 2000年 Landsat 5/TM



(c) 2001年 Landsat 7/ETM+



(d) 2002年 + 2003年 ASTER/VNIR

図-7 サンプル地点における NDVI

図-8 人工林生育状態別分類図

図-9 人工林生育状態別面積

生育状態別に算定し、判定に用いる範囲を設定する（図-7）。図-8に作成された生育状態別分布を示す。

d) 衛星データを用いた生育状態別面積推計

3. (1)c) で作成された生育状態別分布図（図-8）をもとに生育状態別の面積推計を行う。Landsat5/TM（1995年8月4日撮影）、Landsat5/TM（2000年10月4日撮影）、Landsat7/ETM+（2001年4月22日撮影）、ASTER/VNIR（2002年4月2日、2003年6月19日および9月19日撮影）を用い生育状態別分布図の作成を行い、生育状態別の面積割合を算定した（図-9）。

同じ衛星同士の結果を比較してみると、1995年と2000年のLandsat5/TMを用いた解析結果では、実際の状況に同じく、生育状況に改善が見られ、健全地域は52%から59%へと拡大している。同時に重度枯損と判定された地域も7%から2%へと減少している。さらに枯損ランクの内訳も、重度、中度枯損より、軽度枯損が多くなり改善が見られる。

一方、2000年から2003年における異なる衛星同士（Landsat5/TM、Landsat7/ETM+、ASTER/VNIR）による結果を比較してみると、健全地域はLandsat5/TM 2000年：59%、Landsat7/ETM+ 2001年：62%、ASTER/VNIR 2002+2003年：59%と若干ばらつきはあるものの概ね一致している。2000年から2003年の間は干害による大きな枯死被害は起こっていない。同様に、枯死地域について比較を行ってみると、重度枯損が2%でほぼ一致しており、そのほか中度枯損、軽度枯損とも、その比率に顕著な差は見られなかった。

(2) 解析結果の検証

a) 現地調査との照合結果

Landsat7/ETM+（2001年4月22日撮影）により作成された生育状態別分布図について、2001年8月から9月にかけて行った現地調査結果と比較し検証を行う。当時の調査は、枯死被害が広がっていた切目川沿いに行われ、GPSにより位置情報と人工林の生育状況を記録したものである。調査地と本研究の解析結果を重ね合わせ、このうち100地点の照合結果を図-10に示す。

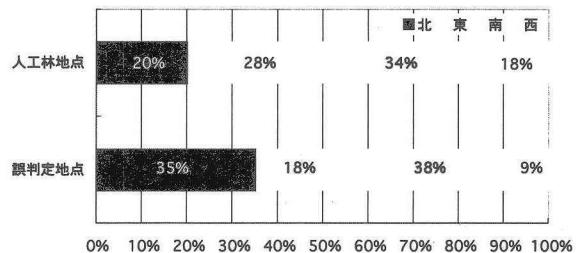
健全地域については34地点中26地点が分析結果と実際の状況が一致した。枯死地域については、軽度枯損：34地点中19地点、中度枯損：14地点中10地点、重度枯損：18地点中11地点が実際の状況と一致した。

b) 生育状態別分布における誤分類の要因について

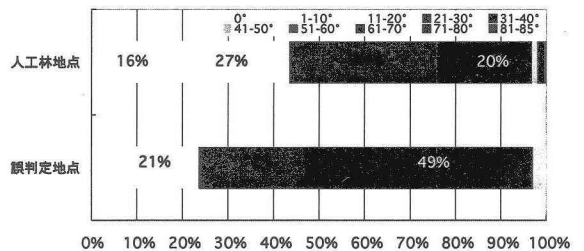
Landsat5/TM（2000年）、Landsat7/ETM+（2001年）、ASTER/VNIR（2002年+2003年）による生育状況別分布を目視により比較すると、急峻な山間部を中心に局所的な分布状況に違いが確認された。その要因としては、観測センサの違いや、衛星ごとの観測時期・季節の違い、反射



図-10 現地調査との照合結果



(a) 斜面方向



(b) 傾斜角

図-11 誤判定の要因

の違いなどが考えられる。

そこで、3. (2)a) で確認された、生育状態別分布図の結果と実際の状況が一致しなかった34地点について、地形による影響を「斜面方向」「斜面角度」にわけて分析する。生育状態別分布図と実際の状況を比較して誤分類が起こった地点における斜面方向と斜面角度の割合を比較する。その結果を図-11(a), (b)に示す。各グラフとも上段が解析を行った地域の人工林全体における斜面方向および斜面角度の割合、下段が誤分類のみの地点における割合である。斜面方向について見ると、誤分類が起こった地点は北斜面が多くなっていることが分かる。斜面角度については、特に斜面角度31~40度において誤った判定が多いことが分かる。これらを考慮して、正判定地点と、北斜面かつ斜面角31~40度の誤判定地点のNDVIに差が見られるかどうかt検定により平均値の差を分析した。その結果、

健全地域：平均差 0.019, 自由度 21, $t=2.852$, $p=0.0096$

枯死地域：平均差 0.025, 自由度 12, $t=3.386$, $p=0.0054$

となり、それぞれ統計的な有意差があることが確認された。つまり、人工林の生育状態が同じであっても、斜面方向や斜面角度が判定精度に影響を及ぼしていることが確認された。より信頼性の高い生育状態別分布図を作成するためには、斜面角度と斜面方向を考慮した、現地データの収集および衛星データの補正が必要になると考えられる。

4. まとめ

本研究では、効率的に人工林管理を管理するため、その基盤情報の整備として、乾燥被害にあった枯死木を指標として、衛星データを用いた生育状態の判定を行った。具体的には、1) 土地被覆状態の把握、2) 人工林生育状態別分布図の作成および面積推計、および、3) 解析結果の評価を行った。

本研究で得られた結果を以下に整理する。

- ①衛星データに対して、山岳地帯のような起伏のある地形を考慮した三次元的な大気補正を施し、補正精度の向上を行うことができた。
- ②衛星データを用いて土地被覆分類を行い、人工林域を抽出し、人工林面積を算出することができた。
- ③現地調査から健全地域と枯死地域のサンプル地域を抽出し、枯死地域については枯損タイプ別に軽度枯損、中度枯損、重度枯損と3分類した。
- ④サンプル地域についてNDVIの反射特性を利用して比較を行ったところ、健全地域と枯死地域のNDVIに有意差があることが確認された。枯損タイプ別に3分類した枯死地域の軽度枯損、中度枯損、重度枯損におけるNDVIにも有意差があることが確認された。
- ⑤NDVIを用いて、生育状態別NDVI範囲を設定した。さらに、生育状態別NDVI範囲をもとに人工林生育状態分布図を作成し、面積推計を行うことができた。
- ⑥生育状態別分布図の評価を行い、判定を誤った要因のひとつには斜面方向と斜面角度の影響が関係あることが分かった。特に、北斜面と斜面角度31~40度の地点では誤判定の反応が顕著に現れた。

本研究において「健全な人工林」と定義した林分には、不適地に植栽されて衰弱した林分や保育管理の遅れから

衰弱している林分が含まれている。人工林管理における「林分の健全性」という言葉の定義および、これらの区分については、今後も検討を続けてゆきたい。そのうえで、今後の課題として、人工林の生育状況をより高精度に特定するためには斜面方向や斜面角度などの地形の影響考慮し、補正や現地調査の細分化を行う必要がある。具体的には、生育状態の判定スケールに用いたNDVIについて、斜面方向別、斜面角度別に分類し、細分化した基準を作ること、より高精度の解析を実現することができるとであろう。また、作成された分布図と種々の地理情報データ（土地利用図、地質図、地形図、標高など）を融合利用することで、人工林の枯れた要因を特定できる可能性がある。

謝辞

本研究は、和歌山県農林水産総合技術センター林業試験場より貴重な資料を提供して頂くとともに、萩原進氏には現地調査を含めて広範囲に渡りご指導を頂きました。また、株式会社ESRI Japanの仁和亮氏にも貴重なアドバイスを頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 大林成行：人工衛星から得られる地球観測データの使い方、pp.47, (財)日本建設情報総合センター, 2002.
- 2) 和歌山県農林水産部緑の雇用推進部林業振興課：森林・林業および山村の概況, pp.10, 2004.
- 3) 和歌山県農林水産総合技術センター 林業試験場：林業センターだより第45号, pp.3, 1996.
- 4) 和歌山県農林水産総合技術センター 林業試験場：日高県事務所管内の造林木の枯損についての調査報告書, 1995.
- 5) 大林成行, 小島尚人：最新実務者のためのリモートセンシング, フジテクノシステム, 第4-5章, 2002.
- 6) 加藤正人ほか：森林リモートセンシング, 日本林業調査会, 第5-6章, 2004.
- 7) Leica Geosystems GIS & Mapping : ERDAS FIELD GUIDE Sixth Edition, ESRI ジャパン株式会社, 2003.
- 8) GEOSYSTEMS : ATCOR - Haze Reduction, Atmospheric Correction and Shadow Removal -, <http://www.geosystems.de/atcor/>
- 9) ESRI ジャパン株式会社 : ATCOR2 for ERDAS IMAGINE, http://www.esri.com/products/imagene_addon/ad_atcor.html
- 10) 和歌山県農林水産部緑の雇用推進部林業振興課：森林・林業および山村の概況, 1995, 2000, 2001, 2002, 2003.
- 11) 社) 全国林業改良普及協会：間伐のしおり, 1998.
- 12) 真柴孝司：ニューフォレストーズ・ガイド「林業入門」, 社団法人 全国林業改良普及協会, pp.92-108, 1996.

STUDY OF THE CLASSIFICATION OF MAN-MADE FOREST BASED ON SATELLITE IMAGERY

Hiroki TANIKAWA, Nagisa HASEGAWA, Sachiyo KOGAMI and Toshiyuki HOGEN

The Japanese forestry industry has been significantly affected by increases in low-price timber imports and by a diminishing work force. This has had a direct impact on the level of maintenance of the coniferous forests. Poorly maintained coniferous forests lose their ability to produce timber and their resistance to natural disasters. To inform on new management systems man-made forests are classified into 4 types, "Sound", "Lightly blighted", "Medium blighted" and "Heavily blighted". This classification is based on the normalized difference vegetation index (NDVI) and the data is on-site investigation. Satellite data of Landsat5/TM, Landsat7/ETM+ and ASTER/VNIR was used to establish the classification in Inami in Wakayama Prefecture. The results, with 66% accuracy indicate that sound man-made forest accounts for 62% of all man-made forest in Inami.