

リモートセンシングを用いたスギ集団葉枯症林分の抽出に関する研究^{*1}齋藤英樹^{*2} ・ 野田 巖^{*2}

齋藤英樹・野田 巖：リモートセンシングを用いたスギ集団葉枯症林分の抽出に関する研究 九州森林研究 58：34-37, 2005 本研究の目的はリモートセンシングを用いてスギ集団葉枯症林分を抽出することである。スギ葉枯症は宮崎県で数年前から集団的に樹勢が衰える現象として観察されており、発生規模は数本から100ha以上のものである。対象地は大規模な被害が確認されている宮崎県清水岳周辺地域とした。データはTERRA/ASTERデータを用いた。まずスギの健全林分と被害林分からトレーニングデータを抽出して分離可能性について検討を行った。次に対象地域のスギ壮齢林分内でNDVIの閾値を用いる方法と分類を行うことで集団葉枯症林分の抽出を試みた。これらの結果、波長特性的にはスギの健全林分と葉枯症林分は分離可能であることが示された。NDVI閾値画像はヘイズの影響を受け、今回の解析では抽出は難しかった。分類では葉枯症林分が抽出され現地調査によって検証された。

This study aims to extract defoliated stands of Japanese cedar (*Cryptomeria Japonica*) by using remote sensing data. Defoliated stands of Japanese cedar have been observed in Miyazaki prefecture, JAPAN since several years ago. Damage scale was between several trees and over 100 ha. The study area is near Mt. Shimizudake, Miyazaki pref., JAPAN. TERRA/ASTER data acquired on 14 May 2004 was used in this study. Spectral profiles between healthy and damaged stand were compared to find critical bands for extracting damaged stand. Then extractions of damaged stand were attempted by NDVI threshold and classification method. As a result, In the damaged stand, spectral profile showed typical pattern; NIR was decreased and, RED and SWIR band were increased. Since NDVI was affected by atmospheric effect, it was difficult to extract damaged stand using NDVI thresholding image. Damaged forest could be extracted using Fuzzy Classification method. This result was assessed by the field investigation.

I. はじめに

宮崎県におけるスギ林の衰退は椎葉村と北川村において1998年に初めて確認され、これらは他の地域の被害とは異なるものとして報告された(讚井, 2001)。その後、被害は県北地域(讚井, 2003)、さらに県内全域や鹿児島、大分、福岡などの近県においても確認された(黒木, 2004, 讚井ら, 2004)。これらの被害は、当初梢頭部の2年生葉が春に枯死する、いわゆる葉枯症状を起こし、いったん発生すると終息することは少なく、連年発生し葉量が減少するため、樹冠付近に空隙が目立つようになる。さらに被害が進めば枯死へ至る場合もあり、これらは40年生前後の林分で顕在化するが、20年生前後から被害が見られることもあると報告されている(讚井ら, 2004)。この被害については、病害によるものという視点からの研究もなされているが、未だ原因は不明のようである(黒木, 2004)。

一方で、リモートセンシングを用いた森林衰退現象把握に関する研究では、赤外カラー空中写真を用いた大気汚染による森林衰退現象把握(中島, 1970)や、空中写真を用いた樹木活力評価(渡辺, 1975)が報告されている。これらの研究では、近赤外域の反射の減少によって樹冠面がくすんだ赤や白濁した色になる部分を抽出したり、マルチバンド写真濃度と樹木活力の関係を見る

ことによって森林衰退現象を捉えている。最近ではデジタル空中写真を用いてデジタル解析により森林衰退現象を評価する研究も行われている(Levesque, 1999, Haara, 2002)。衛星リモートセンシングでは、群馬県赤城山の広葉樹林を対象として二時期のランドサットTMデータからCVA法(Change Vector Analysis)を用いて枯死林分や、葉の着き方が異常な林分を抽出する研究(小谷, 1992)や米国イエローストーン国立公園を対象としてランドサットTMデータのブライトネス-グリーンネス空間上におけるロジボールパインの遷移過程と虫害による被害林分の位置関係を明らかにした研究(Price, 1998)が報告されている。また、衛星データを使った森林衰退現象把握の最小面積については、SPOT/HRVの場合で1-2haとの報告がみられる(Franklin, 2001)。これらの研究から、今回の森林衰退現象は、主な症状が樹冠部の葉の枯れであり、またある程度まとまった面積での被害が報告されているため、衛星データでの抽出が十分に可能と思われる。本研究の目的は、スギ葉枯症林分の反射スペクトル特性を把握し、それを利用して被害林分を抽出することである。

II. 方法

(1) 使用データと対象地

^{*1} Saito, H., and Noda, I. : Study on the extraction of defoliated stands of Japanese cedar (*Cryptomeria Japonica*) by using remote sensing technique

^{*2} 森林総合研究所九州支所 Kyushu Research Center, FFPRI Kumamoto 860-0862

衛星リモートセンシングデータとして2004年5月14日取得のTERRA/ASTER（以後ASTERデータと称する）を用いた。ASTERデータの幾何補正には、国土地理院発行の数値地図25000（地図画像）を用いた。またトレーニングエリア選定には、宮崎県林業技術センターの黒石氏作成のスギ葉枯症被害分布を参照した。

研究対象地は、宮崎県の清水岳周辺地域とし、衛星データを国土地理院発行の2万5000分の1地形図の、「胡麻山」、「諸塚」、「宇納間」、「上椎葉」、「清水岳」、「田代」、「日向大河内」、「神門」、「坪谷」の範囲に切り出した。この際、リサンプル法には三次量み込み内挿法を用い、地図投影法はUTMとした。

(2) 現地調査

現地調査は、画像解析前（2004年5月27日）と解析後（2004年9月14日）に2回行った。解析前の調査では宮崎県林業技術センターより情報をいただいた被害地の位置確認を行った。被害後の調査では、ASTERデータから抽出された被害地について実際に現地を訪れ目視によって確認した。

(3) マスク画像

今回使用したASTERデータには、ヘイズの影響を強く受けている部分があったため、この部分を取り除くマスクを作成した。スギ葉枯症が対象であったので、スギ林をあらかじめ抽出してスギ林マスクを作成した。この際、被害が中・壮齢林に集中していることを考慮し、若齢林は含めなかった。実際の解析範囲は、対象地からこの二つのマスク領域を取り除いた部分とした。

(4) トレーニングエリア選定

トレーニングエリア選定には、解析前の現地調査によって位置確認した部分から、ASTERデータの判読により均質な部分を選んで行った。こうして得られたトレーニングデータより、健全林分と被害林分のデジタルナンバーを等分散性の検定を行った後、t検定により検定した。トレーニングエリアは、健全林分、被害林分それぞれ2321, 375ピクセルずつ選んだ。

(5) NDVI 閾値画像

(1) 式よりNDVI（正規化植生指数）を求め、トレーニングデータの平均値と標準偏差から閾値を決定し、被害地を示すNDVI 閾値画像を作成した。

$$NDVI = (NIR-RED) / (NIR+RED) \quad (1)$$

ここでNIRは近赤外域およびREDは可視赤色域のバンドをしめす。

(6) ファジークラスタリング画像

上記で示した解析範囲でファジークラスタリング法による画像分類を行った。クラスターへのラベリングは各クラスター内のNDVI値やクラスター間距離を参考にカラー合成画像（フォールスカラー）を参照しながら行った。

Ⅲ. 結果

(1) 被害林分の反射スペクトル特性

図-1は、健全林分と被害林分のトレーニングエリアの各バンドのDN値の平均値と標準偏差である。被害林と健全林分のDN値についてWelchの方法でt検定を行ったところ、すべてに波長帯およびNDVIにおいて有意差が見られた。特に被害林分のDN

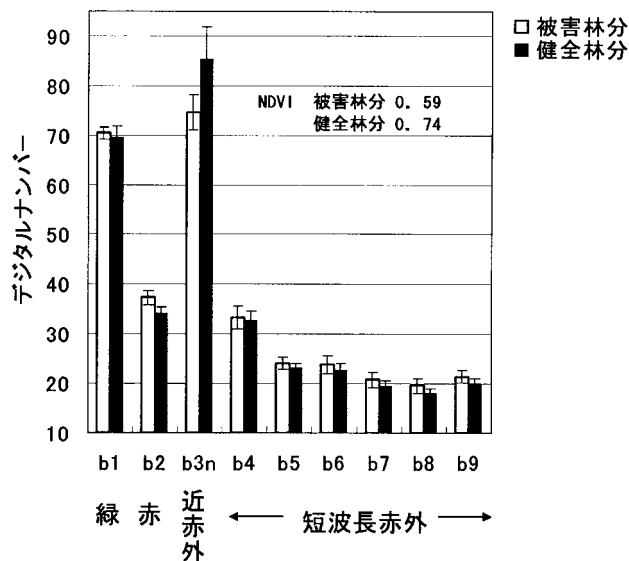


図-1. 被害林分と健全林分の反射スペクトル

値が、近赤外域のバンド3において健全林分のそれより12.5%下回っていた。赤のバンド2ではDN値が9.2%大きくなっていた。この違いを反映してNDVI値は健全林分では0.74であったのに対し、被害林分では0.59であった。

(2) 被害地抽出

図-2にNDVI閾値画像による被害地分布を示す。今回の解析では閾値は0.63とした。この画像において、検証エリアにおける被害地抽出は、4カ所のうち1カ所では確認できなかった。また画像中央右側に多くの被害地が検出されたが、原画像を調べたところヘイズの影響が残っている場所であった。

図-3はファジークラスタリング分類によって抽出された被害地分布である。この結果は解析後の現地調査の結果4カ所で被害地と一致したもののやや被害地域が大きめであった。ただし、NDVI閾値画像で見られたヘイズの影響がある部分で誤判定は見られなかった。

Ⅳ. 考察

DN値で見た被害林分の反射スペクトル特性では健全林分と比較して近赤外域のバンド3でDN値で減少、可視赤色域のバンド2で増加という森林衰退では典型的に見られるパターンを示した(Franklin, 2001)。可視青色域のバンド1と短波長赤外域のバンド4における差はわずかであったが、短波長赤外域でもバンド5以降では4-8%の増加が見られ、葉の水分状態を反映しているものと考えられる。NDVI値は20%も減少しており、健全林分と被害林分の識別には十分な差と思われたが、NDVI閾値画像では思ったほど明瞭に両者を分離することができなかった。原因として、ヘイズの影響が考えられる。特に、可視赤色域のバンドはヘイズの影響を受けやすくNDVIは、小さめの値となる。このため、ヘイズの影響を受けている部分では、健全林分を被害林分と誤判定していた。一方で、ファジークラスタリング分類では、こうした誤判定が少なく、かつ検証エリアでも被害が確認された。これは、ヘイズの影響の少ない短波長赤外域の情報を含めた反射スペ

クトルパターンによって分類がなされたためと考えられる。今回ファジークラスタリングに着目した理由は、森林衰退は一義的に被害林分と健全林分に分けられるものではなく連続的な被害度としてとらえられるものであると考えたからである。また、教師付き分類については、実務上トレーニングデータ無しでの被害林分

抽出が好ましいと考え、今回の研究では検討しなかった。

本研究の結果、スギ葉枯症林分の ASTER データ上での反射スペクトル特性が典型的な森林衰退林分と同様であり、既存の手法による被害地抽出の可能性が示唆された。しかし実際には、ヘイズの影響による誤判定が問題となった。この問題を避けるにはヘ

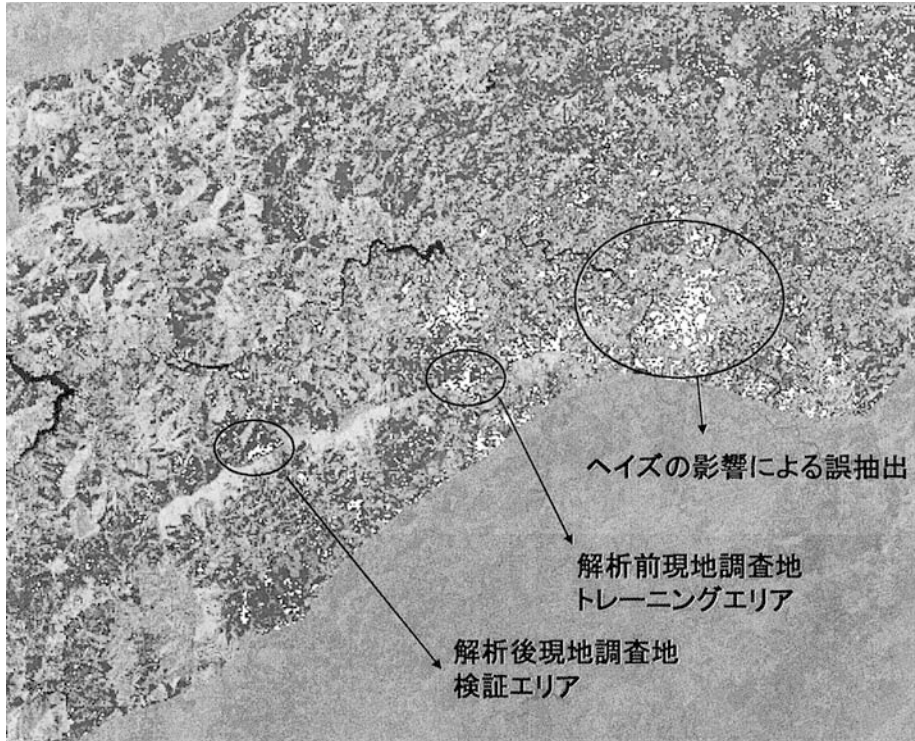


図- 2. NDVI 閾値画像による被害地 (白が被害地)

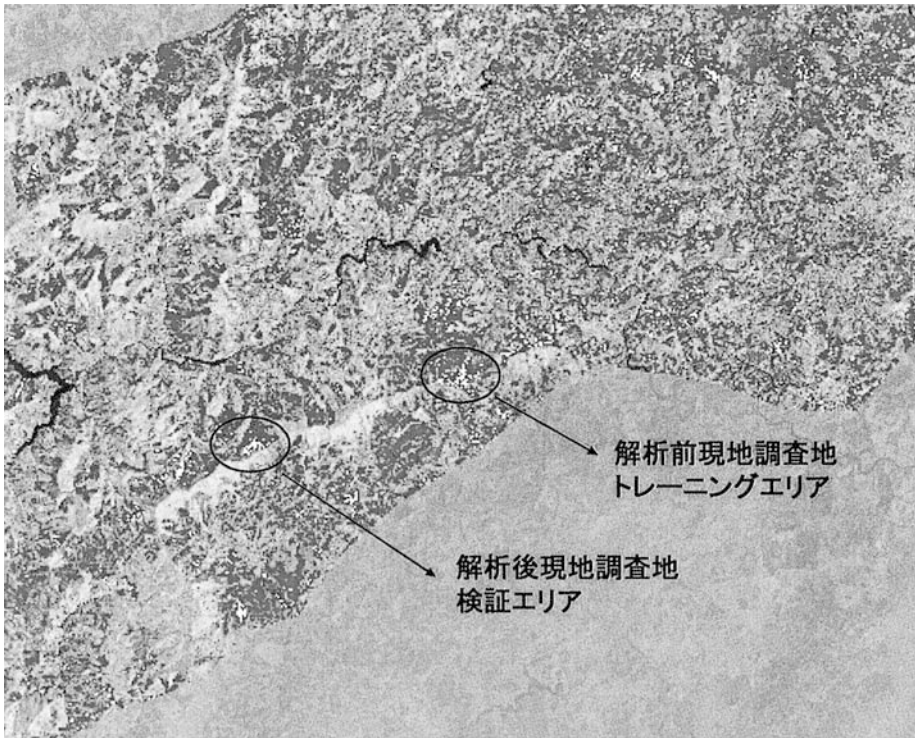


図- 3. ファジークラスタリング分類による被害地 (白が被害地)

イズの影響の少ないシーンを選定し、かつ精密な大気補正が必要である。これは2時期のデータによるCVAを用いた方法でも同様と思われる。しかし、我が国では森林観測に適した5月や6月には雲に覆われることが多く、その濃度が一樣ではないヘイズの影響を取り除くのは容易ではない。冬期は比較的好条件のデータが取得されるが、特にスギの場合赤変現象を起こしているため、スギ林の活力を監視するのに最適な時期とはいえない。さらに冬の画像では太陽高度が低いため地形の影響を大きく受けるという問題点がある。現実的には、多少ヘイズの影響が残るシーンを利用せざるを得ないのが現状である。ヘイズの影響が残るシーンを用いた場合、図-2に示されるようにNDVI閾値画像による手法では誤判定が生じることが明らかとなったが、ファジークラスタリング分類による手法は比較的ヘイズの影響を受けにくいことが示唆され、ヘイズの影響が残るシーンの利用可能性が示された。しかし一方で、今回のような教師無し分類ではクラスタのラベリングには、現地に関する情報を持っていることや、リモートセンシング画像の判読に関する技術が不可欠である。

今後の課題として、検証エリアを増やして結果の妥当性についてさらに検討を進めるとともに、よりヘイズの影響を受けにくい判読手法や指標の適用の検討を行う必要がある。また、今回対象としなかった若齢林の被害を抽出するために、スギの成長過程によるスペクトル変化の把握を行っていくことも重要である。

V. 結論

本研究により以下のことが明らかとなった。

- 1) スギ葉枯症林分では健全林分と比較し、可視赤色域の反射率が増加し、近赤外域の反射率が減少していた。これを反映しNDVIの減少が見られ、NDVI閾値画像による被害林分の抽出可能性が示唆された。
- 2) NDVI閾値画像では、ヘイズの影響を受けている部分の健全林分が被害林分と誤判定された。

- 3) ファジークラスタリング分類によってヘイズの影響がある程度軽減された被害マップが作成され、現地調査における検証によって妥当性が示された。

引用文献

- Franklin, S. E. (2001) Remote Sensing for Sustainable Forest Management, LEWIS PUBLISHERS, 407pp.
- Haara, A. Nevalainen, S. (2002) Forest Ecology and Management 160:97-107.
- 小谷英二ほか (1992) 日林論103:129-130.
- 黒木逸郎 (2004) 林業みやざき2004-7:10.
- 黒木逸郎・讃井孝義 (2004) 日林九支研論57:233-234.
- Lévesque, J. King, D. J. (1999) REMOTE SENSING AND ENVIRONMENT 68:112-124.
- 中島巖 (1970) 森林航測83:3-7.
- Price, K. P. Jakubauskas M. E. (1998) INTERNATIONAL JOURNAL OF REMOTE SENSING VOL.19 NO.8:1627-1632.
- 讃井孝義・西村五月 (2001) 日林九支研論54:103-104.
- 讃井孝義 (2003) 林業みやざき2003-7:10-11.
- 讃井孝義・黒木逸郎 (2004) 日林九支研論57:235-238.
- 渡辺宏 (1975) 林業技術399:14-17.

謝辞

解析前の事前調査には宮崎県林業技術センターの讃井孝義氏に同行して頂き、スギ葉枯症に関する情報をいただいた。またトレーニングエリア選定に当たっては同センターの黒木逸郎氏作成の被害分布図を参照させて頂いた。記して感謝の意を表す。またこの研究は、森林総合研究所運営交付金プロジェクト(課題番号:200305)の補助を受け、実行された。

(2004年10月23日 受付;2005年1月5日 受理)