

ナラ枯れ被害を早期に発見するためのリモートセンシング技術活用の研究

国土交通省近畿地方整備局六甲砂防事務所 木下篤彦、神野忠広
兵庫県立人と自然の博物館 服部 保
アジア航測株式会社 ○岩間基巳、金 宗煥、細見温子、鈴木淳司

1. はじめに

近年、カシノナガキクイムシ（以下「カシナガ」とする）の集団侵入によるナラ枯れ被害が全国的に広がりをみせている。兵庫県においても、北部の但馬地域を中心に被害が発生していたが、徐々に南部へ拡大し、平成 22 年には、六甲山系でも初めて被害が確認された。六甲山系ではグリーンベルト整備事業により、コナラを中心とした土砂災害に強い樹林の育成整備を行っており、ナラ枯れ被害に対し、積極的な対策を講じることが求められている。

ナラ枯れの被害現状の把握のため航空写真判読や NDVI 等の活用は既に被害先進地において用いられているが、本研究においては航空写真や衛星画像による画像解析、航空レーザ測量データ（以下「LP データ」とする）による地形解析など、早期にナラ枯れ被害を発見するためのリモートセンシング技術の活用可能性について検討を行った。

2. 検討内容および解析結果

ナラ枯れ被害の把握においては、被害発生の危険性が高い場所を絞り込み、その範囲を中心に調査を行うことで、早期の被害把握が可能と考えられる。

このため、LP データを用いて、ナラ枯れの被害が発生しやすい立地条件等について解析を実施するとともに、航空写真および衛星画像を用いた画像解析を実施し、ナラ枯れ被害の把握手法について検討を行った。

2.1. LP データを用いたナラ枯れ被害危険箇所の検討
2.1.1. 解析方法

六甲山系において平成 22～23 年にナラ枯れ被害が確認されたコナラ 16 本（枯死木及び被害木（カシナガの穿孔は受けているが枯死していない木）、以下両者を「被害木等」とする）の立地条件の地形と林分構造について 10m メッシュの LP データを用い、解析を行った。解析指標は既往知見によりナラ枯れの被害の発生との関係性が指摘されている項目とした（表 1）。

表 1 解析項目と関連する既往知見

解析項目	関連する既往知見
標高	・発生当初は 300m 前後に集中する ・150～350m で被害発生率が高い
傾斜	・急傾斜地ほど被害が発生しやすい
樹高	・大径木に被害が多い
疎な林分	・カシナガは光に対する正の走性があり、林内の光条件に左右される
森林 gap	

2.1.2. 解析結果

被害木等が立地する地形条件では、何れも標高 200～300m に位置しており、この傾向は既往の知見と合致した。また傾斜は 20～40 度に分布し、平坦地での発生はなかった。林分構造では、被害木等の DBH は 20.7cm 以上であり、樹高と DBH の関係から樹高データから DBH20cm 以上のコナラの分布を把握した。なお、大

径木分布の把握には、樹高データを用いた。樹高と DBH の関係においては尾根における高止まり現象（尾根部は生育条件が悪く、樹高が約 10m を超えると樹高は伸びないものの DBH は肥大成長する）が想定されたことから現地調査により地形条件と樹高・DBH の関係を把握し、樹高データから DBH を求める際にその結果を反映して推定した。また林内の光環境に影響する疎な密度の林分、森林 gap や登山道等と被害木等の距離は実績値から、疎な林分、森林 gap の周囲 40m が被害を受けるおそれのある範囲であるという結果が得られた。

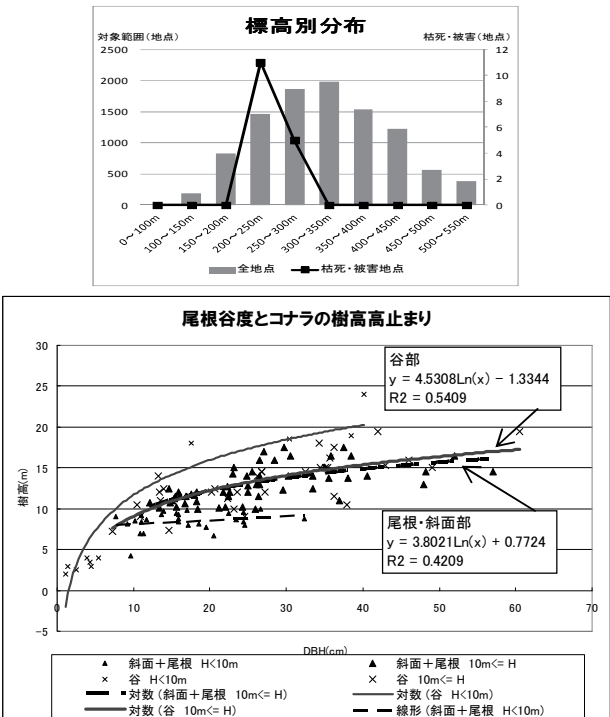


図 1 LP 解析結果

2.2. 航空写真および衛星画像を用いたナラ枯れ被害把握手法の検討

2.2.1. 画像解析方法

まず、ナラ枯れ被害が確認された地点周辺において、現地調査により、ナラ枯れ被害木等と被害を受けていない健全木について確認調査を行った。次に、これらの樹木を航空写真（12cm×12cm 解像度）および衛星画像上（2m×2m 解像度）で特定し、各々の樹木について、画像解析を行った。解析項目は、下記の指標である。

$$\text{NDVI (正規化植生指標)} = (\text{NIR}-\text{R})/(\text{NIR}+\text{R})$$
$$\text{RVI (単純比植生指標)} = \text{NIR}/\text{R}$$
$$\text{NWI (ナラ枯れ指標)}^{1)} = -\text{NDGI} \times (\text{NDVI} + \text{NDGI})$$
$$\text{NDGI} = (\text{G}-\text{R})/(\text{G}+\text{R})$$

R: 赤、G: 緑、NIR: 近赤外

今回の解析に用いた光学マルチバンド衛星の

「WorldView-2」は、Rededge と呼ばれるバンドを含む計 8 バンドを有し、かつ地上分解能 2m の高分解能衛星であり、対象木の樹冠が特定できれば、現地調査結果と関連づけて単木レベルの解析が可能である。

通常のマルチスペクトルセンサの近赤外バンドが受け持つ波長域は 760~900nm であるが、WorldView-2 は Rededge (705~745nm) と近赤外 1 (770~895nm) に分けることができる。Rededge はナラ枯れ過程においてクロロフィル吸収帯の反射率が変化し、その結果スペクトルの形状や傾きが大きく変動することから枯死木・被害木・健全木の活性度の変化との関連性についても検討を行った。

2.2.2. 画像解析結果

航空写真の画像解析結果、近赤外バンド(675-850nm)と赤バンド(590-675nm)を用いた NDVI と RVI は閾値を設けることで枯死木の抽出指標として有効であった。しかし、赤バンドと近赤外バンドに加えて緑バンド(500-650nm)も用いる NWI では抽出が困難であることがわかった。DMC センサは、緑バンドと赤バンドの分光感度が重なる領域があり、NWI は枯死木の抽出に不向きであったと考えられる。

次に衛星画像についても前述の指標画像を作成し、さらに Rededge バンドを用いた指標画像についても検討を行った。指標画像を評価する前に、健全木と被害木および、枯死木を対象に、スペクトルの特性を把握した(図 2)。短い波長では健全木と枯死木および被害木の違いが明らかではないが、Rededge 付近では、健全木に比べて、枯死木の反射率が明らかに小さいことがわかる。被害木については、健全木と比べて比較的反射率が小さい傾向ではあるが、明らかな違いは認められなかった。

このスペクトル特性の把握結果から、衛星画像の NDVI (図 4) および RVI について、近赤外域と、近赤外域に変えて Rededge を用いて解析を行った。その結果、閾値を設けることで両者ともに枯死木の抽出が可能であることがわかった。しかし、被害木については健全木との明らかな違いは認められなかった(図 3)。

3. 考察

今回ナラ枯れが発生した斜面は南西~西向き斜面で、既往知見で言われるカシナガの光に対する正の走行性からは逆の斜面から発生した。しかし、被害木等の位置について LP 解析を実施した結果、標高や傾斜、また林分構造との関係では既往知見が示す地形条件、林分条件に一致する結果が得られた。カシナガの行動様式を考える上で、光に関する情報として、斜面方位よりも餌となる大径木のコナラが分布し、また疎な林分として立木密度の低い林や gap が存在する林分が被害に遭いやすい条件であると考えられる。

画像解析においては、航空写真、衛星画像ともに、NDVI 画像を用いることによって、枯死木の抽出が可能であることが明らかとなった。しかし健全木と被害木との違いは、Rededge などの特徴的な波長域による解析でも明確に分類することはできなかった。これは、現地調査において葉緑素(クロロフィル)量を計測した結果、被害木は、健全木との間に明らかな差が見られなかったことから、活力面では被害木と健全木は、同等のものであったと考えられる。

4. おわりに

ナラ枯れの被害が発生しやすい立地条件等の把握とナラ枯れ被害の早期発見の可能性を検討するために、LP 解析および画像解析を行った。対象とした被害木等の本数が少なかったが、LP 解析における既往知見と立地環境の関係性においていくつかの指標の示唆が得られたことで、被害発生範囲の絞り込みが可能となった。

また画像解析においては、NDVI と RVI の閾値を設けることで被害が把握できることが明らかとなった。高解像度の航空写真と広範囲を同時に観測できる衛星画像はそれぞれの特性があるが、いずれにおいても枯死木の把握には有効であることが分かった。

さらに LP データと画像解析を併用することで、広域の範囲においてナラ枯れ被害の範囲を絞り込み、被害箇所の把握を効率的に行う上で有効であることが分かった。今後、サンプル数を増やして検討を行い、より被害把握の精度を向上させていくことが望まれる。

参考文献・資料

1)宇都宮昭ほか(2010): 可視/近赤外ハイパースペクトルデータに基づくナラ枯れ指標 NWI に関する研究、写真測量とリモートセンシング、Vol.49, No.5, pp.294-309

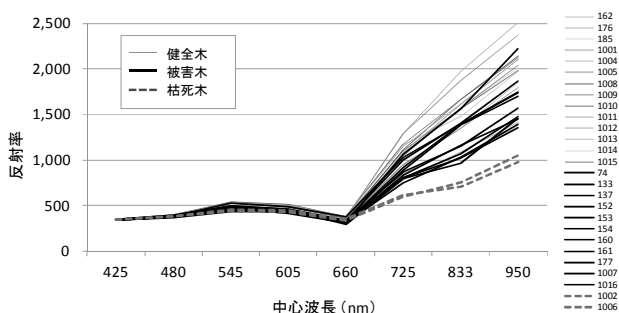


図 2 被害状況による分光反射特性の違い

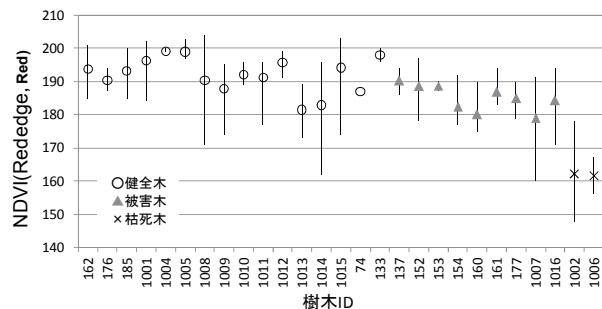


図 3 Rededge バンドを用いた NDVI

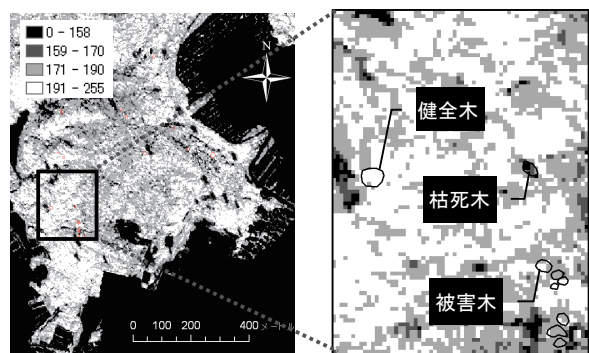


図 4 Rededge バンドを用いた NDVI 画像