

衛星画像を利用した2004年台風18号による苫小牧市民有林の風倒被害把握

菅野正人・阿部友幸

はじめに

2004年9月7日、大型で非常に強い台風18号が九州の長崎付近に上陸しました。台風はその後強い勢力を保ちながら日本海を北東に進み、8日早朝から昼過ぎにかけて北海道の広範囲を暴風域に巻き込みながら日本海の西海上を北上しました。この台風18号により、猛烈な風が全道を襲い、社会生活に大きな影響を及ぼすとともに、広範囲の森林に幹折れ、根がえりなどの被害を及ぼしました。森林被害の全容把握は約1か月におよぶ現地調査により行なわれ、森林被害区域面積は全道で約37,000ha、その内訳は国有林が14,000ha、民有林が23,000haでした。市町村別の被害面積は、苫小牧市が7,396ha、千歳市が3,028haであり、この2市で全道の被害区域面積の約3割を占めました。

このような風倒被害が発生した場合、現地調査による被害把握は林道をふさぐ倒木等によって困難になるため、広範囲な被害を面的に把握するには衛星画像や空中写真を利用したりリモートセンシング技術が有効です。今回の報告では、災害発生から約1週間後に撮影されたSPOT2号衛星画像を利用して民有林の風倒木被害の把握を試みるとともに、解像度が比較的低い(分解能20m) SPOT2画像によりどのような風倒被害が把握可能であったか、また、解析結果は現場で活用できたかについて調査を行いました。本研究の目的は、国内において突発的に発生する風倒被害に対して衛星画像が災害把握にどのように貢献できるかを検討し、解析結果を現場へ提供しつつ、衛星画像の解析技術の実利用を目指すことです。

解析の対象地と使用した衛星画像

衛星画像の解析を行う対象地は台風により大規模な被害を受けた苫小牧市の民有林約11,637haとしました(図-1)。SPOT2画像でどの程度の被害が把握できたかについての検証は、今回の台風で大きな被害を受け、被害箇所について比較的精度の高い現地調査データを有していた同市の大規模森林所有者である王子製紙社有林(以下王子山林とする)のうち衛星画像で解析できた1,218haを対象に行いました。

衛星画像は2004年9月16日撮影のSPOT2号衛星マルチカラー画像(緑、赤、近赤外の3バンド、分解能20m、撮影範囲60km×60km)で、解析できた面積は9,889ha(全体の85%)です。使用したSPOT2衛星画像を図-2に示します。被害前の森林データは北海道が管理している2003年末時点の森林GISデータを使用しました。解析精度の検証に使用した被害箇所のデータは、北海道が現地調査により小班毎の被害面積、面積被害率をまとめた2004年10月6日時点の被害報告データを使用しました。そのほか、今回の調査対象地において2004年9月15日撮影のQuickBird衛星画像(Multi分解能2.4m、撮影範囲16.5km×16.5km)が入手できたことから、風倒被害箇所の目視判読などに利用しています。



図-1 調査地の概要

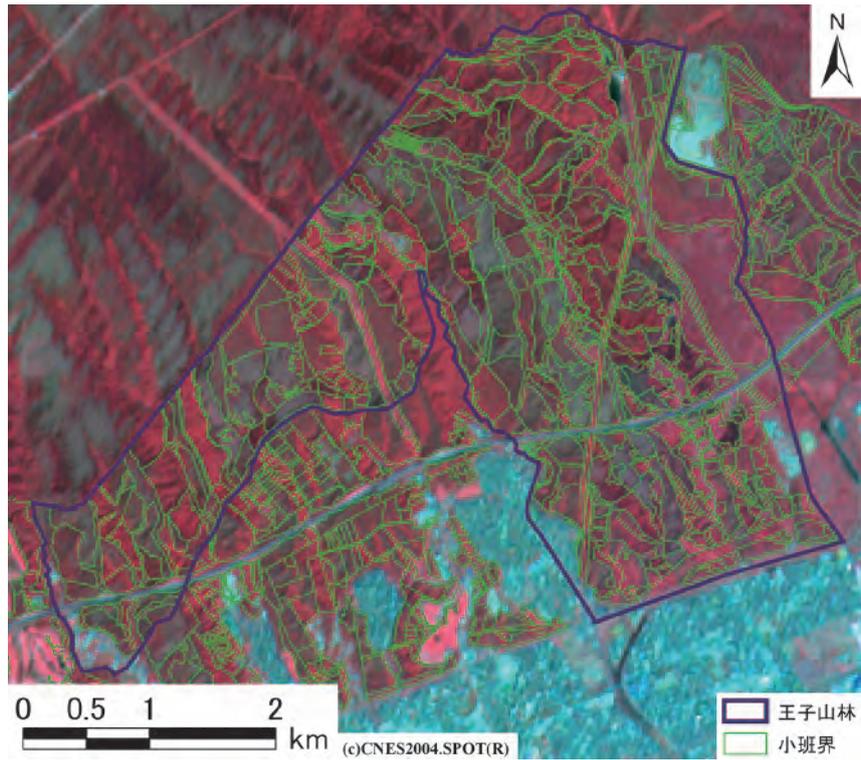


図-2 SPOT2号衛星画像

解析手法

被害箇所把握のフローチャートを図-3 に示します。本研究にて使用したSPOT衛星画像には、可視光線の緑 (BAND1) と赤 (BAND2), 近赤外線 (BAND3) の反射データが格納されており, そのデータを用いて, 以下の解析手法により風倒被害箇所を推定しました。

- 1) 衛星画像の地図上における位置を明らかにするための幾何補正を行う。
- 2) 衛星画像の各バンドの反射輝度データから以下の式にしたがってNDVIを計算する。

$$NDVI = (BAND3 - BAND2) / (BAND3 + BAND2)$$

NDVI(Normalized Difference Vegetation Index)は正規化植生指数と呼ばれ, 植生の分布状況や活性度を示す指標であり, 正の大きい数字になるほど植生が濃いことを示す。

- 3) 3つのバンドの反射輝度データとNDVIを合成する。

- 4) 現地調査結果などから, 土地被覆が明らかな場所をトレーニングエリアとして設定する。設定したトレーニングエリアの土地被覆は以下のとおりである。

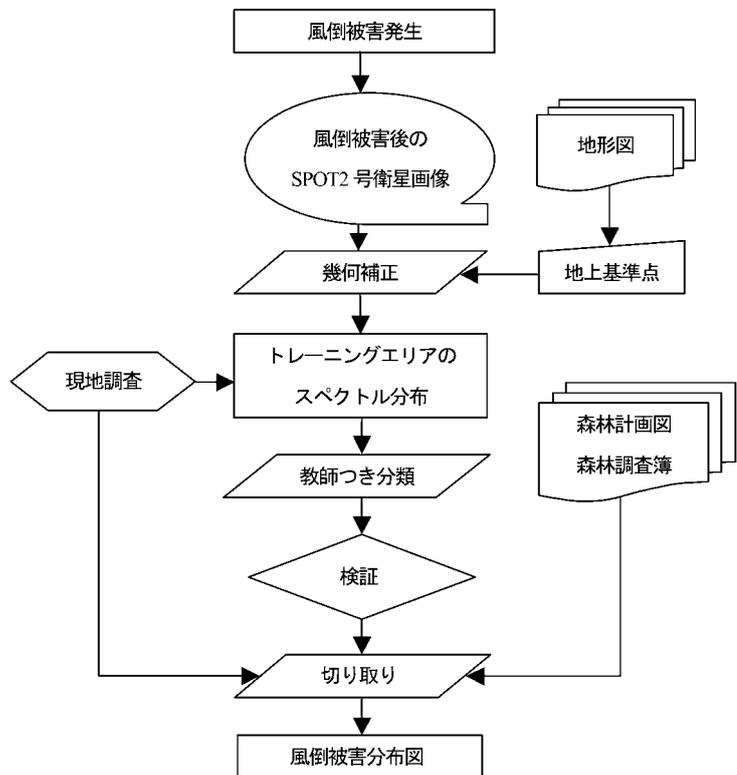


図-3 解析のフローチャート

- a 被害 (風倒)
 - b 森林 (広葉樹)
 - c 森林 (針葉樹)
 - d 草地 (ゴルフ場など)
 - e 都市, 裸地, 道路
 - f 水面 (海, 湖, 河川など)
 - g 田, 畑
- 5) 上記のトレーニングエリアの反射輝度データおよびNDVIをもとに画像全体の土地被覆を分類する。このトレーニングエリアのデータをもとに分類する手法を教師付き分類と呼ぶ。トレーニングエリアの反射輝度データとNDVIの分布は図-4のとおりで、被害箇所では近赤外バンドとNDVIが小さくなり、赤と緑バンドが高くなった。
- 6) 被害に分類された箇所を民有林の区域で切り取る。民有林の区域のうち無立木地および10年生以下の造林地を解析対象から除外する。
- 7) 上記結果から小班ごとの森林被害面積と面積あたりの森林被害率を算出する。
- 8) 1ha以上の小班を対象に衛星画像の解析結果と被害報告データを比較し、どのような被害形態が把握可能であったか検証する。
- 9) 解析結果を関係する行政機関および王子山林に提供し、王子山林の管理者に解析結果の活用に関して聞き取り調査を行う。

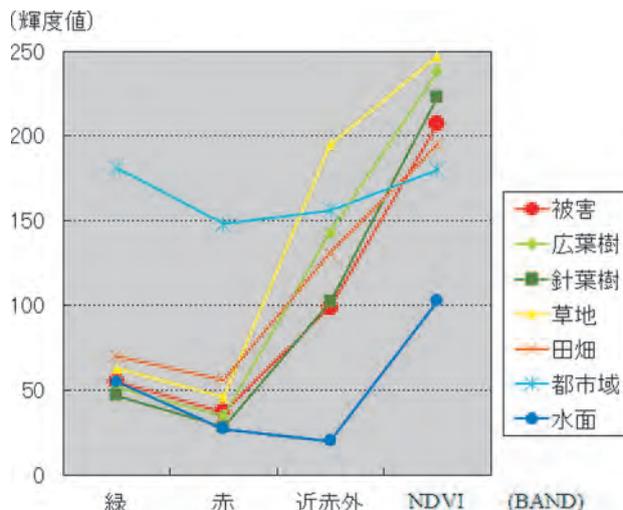


図-4 トレーニングエリアのスペクトル分布

衛星画像による風倒被害の推定結果

衛星画像の解析による被害箇所把握は発生から約 1 か月後の10月上旬に行うことができました。画像解析による被害推定図を図-5に、表-1に解析結果と被害報告データを示します。苫小牧市の民有林全体について見ると、画像解析ができた面積約9,889haに対し、解析被害面積(解析による被害面積)は1,122haであり、被害報告面積(報告による被害面積)954haに比べて大きくなりました。

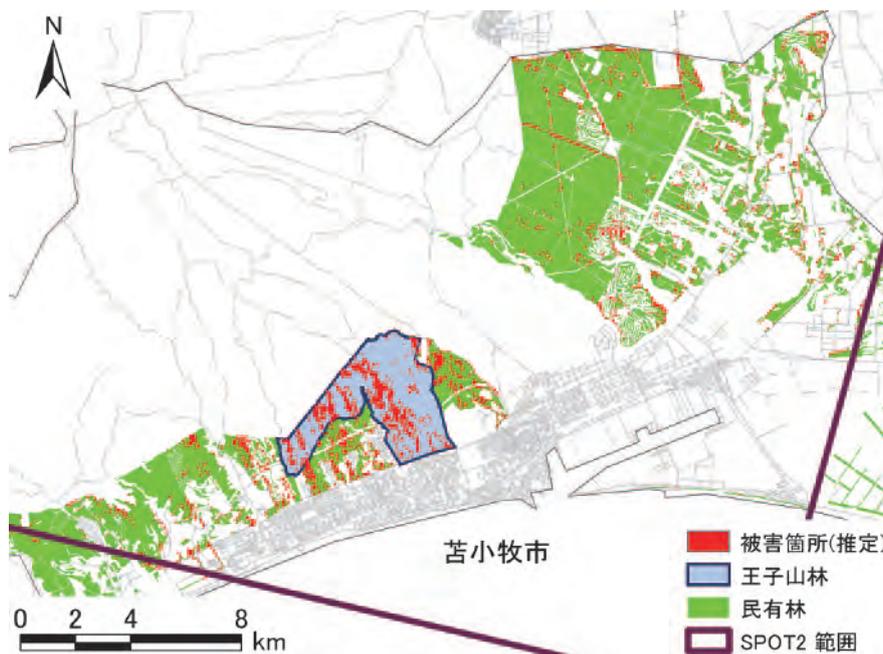


図-5 苫小牧市の風倒被害分布図

表-1 苫小牧市における風倒被害面積

	私有林面積 (ha)	解析した面積 (ha)	解析被害面積 (ha)	被害報告面積 (ha)
苫小牧市	11,637.00	9,889.00	1,121.72	953.88
うち王子山林	1,321.92	1,218.48	329.52	322.95

王子山林についてみると画像解析ができた面積1,218haに対し、解析被害面積は330haで、被害報告面積323haとほぼ同じ結果となりました。図-6に王子山林周辺の被害推定図を示します。緑線が小班界、黄線が被害の報告された小班、画像解析による被害箇所を赤で示しました。図-6 ④はアカエゾマツ人工林が数ha以上の規模で一斉倒壊した箇所(図-7)、王子山林の北側に隣接する国有林においても同様の被害形態が多く見られました。これらの大規模一斉倒壊については把握可能でした。一方、図-6 ⑤のバンクスマツ人工林のように曲がりや部分的な倒壊(図-8)については把握が困難でした。

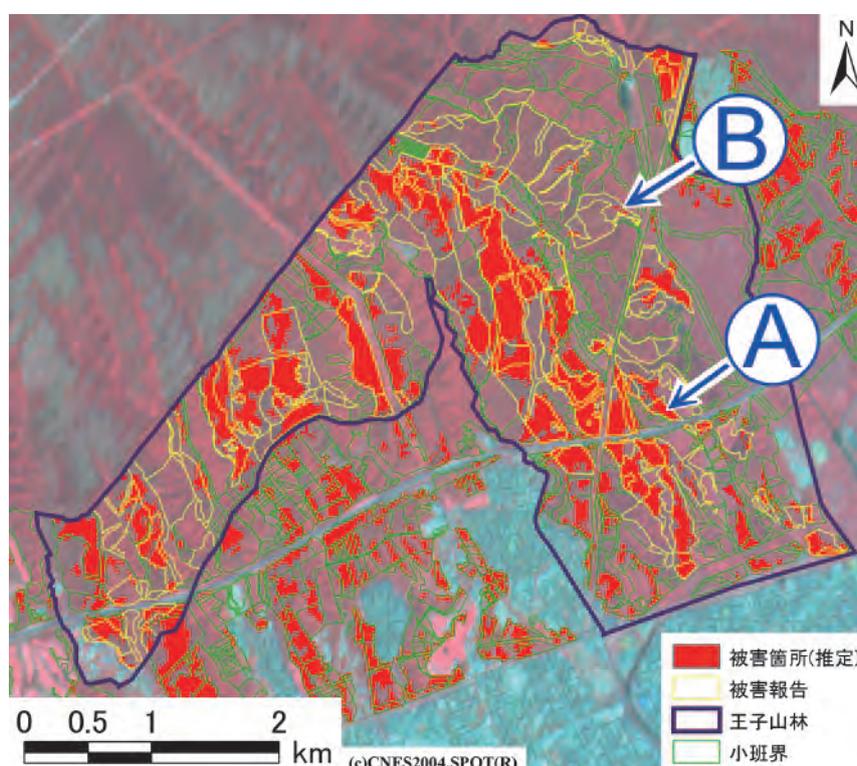


図-6 王子山林の風倒被害分布



図-7 大面積が一斉倒壊したアカエゾマツ人工林 (図-6の④)



図-8 部分的に被害を受けたバンクスマツ人工林 (図-6の⑤)

図-9は被害報告データの小班のうち1ha以上の人工林について、被害報告面積と解析被害面積による面積被害率をグラフにしたものです。図-9①は人工林の大規模一斉倒壊箇所であり、画像解析により被害が把握できました。図-9②は被害報告面積で100%近い被害があると報告されながら、画像解析で被害として推定できなかった箇所です。図-9③は現地調査で把握できていない箇所が、画像解析から被害として推定された箇所にあたります。図-9④に該当する被害報告データ80%以上で画像解析の被害率30%以下は10小班あり、うちバンクスマツ林が5小班でした。一般的にバンクスマツ林については生育が不良で広葉樹が多く侵入する傾向があり、QuickBird画像では侵入広葉樹の残存が目視で確認できますがSPOT2画像では確認できませんでした。このような部分的な被害はSPOT2画像では分解能の不足から把握できませんでした。

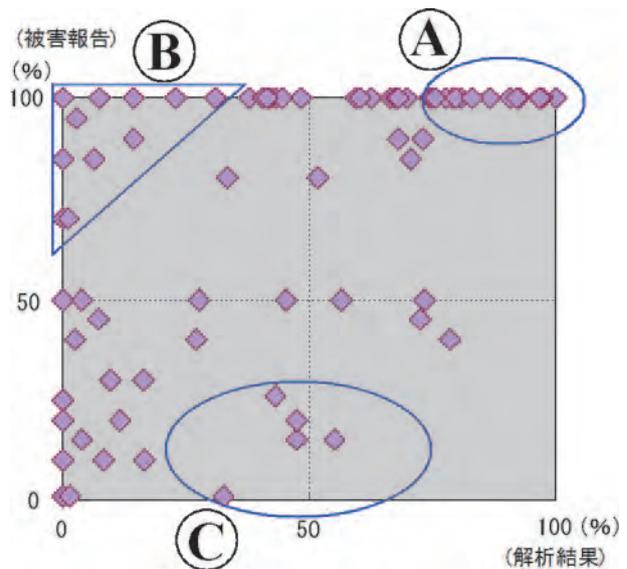


図-9 被害報告と解析結果との関係

解析結果に関する聞き取り調査の結果

10月中旬、王子山林を管理している王子木材緑化㈱に、被害推定図や衛星画像に林小班を重ねた図面を印刷媒体として提供するとともに、解析結果の提供手法や現場での活用に関して聞き取り調査を行い、以下の意見を得ることができました。

- 1) SPOT2衛星は部分的な被害や0.2ha以下の小面積被害は把握しきれていないが、人工林に多く見られた数ha以上が一斉倒壊した大面積被害については、おおむね把握できており、王子山林における被害の全体像が十分に確認できる。
- 2) 被害の実態把握は発生後速やかに行なわなければならないが、現地調査は道路をふさいでいる被害木を整理しながら行うこととなり、被害をすべて把握するには、多くの時間と労力を必要とする。解析結果により被害の全体像を把握でき復旧対策のための基礎資料として十分に活用できるが、提供は早いほど望ましく、災害復旧などにおいて活用の場が広がる。
- 3) 画像判読用として提供された衛星画像について、分解能の高いQuickBird画像は被害箇所の目視判読にも利用可能だが、色調においては、フォールスカラー画像（森林域を赤で強調）よりも、トゥルーカラー画像（森林域が緑）の方が被害を判読しやすい。

風倒被害把握における衛星画像解析技術の活用について

SPOT2衛星画像解析による被害面積が被害報告データに比べて大きくなったのは、衛星画像では現地調査で到達できない箇所を被害として把握したこと、現地調査は人の手をかけた人工林を優先的に調査するため、天然林の被害が見過ごされる傾向があることが原因として考えられます。

本研究では、被害箇所の把握に教師付き分類を使用しました。トレーニングエリアの設定によって解析結果が変化する不安定さがある一方で、経験を積むことにより解析精度を上げることが可能です。解析精度を高めるためのトレーニングエリアの取得方法についてさらなる検討が必要と考えます。

被害箇所の把握に台風前後の衛星画像を利用する手法もあり、実際に取り組みましたが台風前の画像

に薄くかかっていた雲の影響で森林管理の現場の人たちにとって重要な箇所が被害として把握できませんでした。そのため本研究では、台風発生前のデータは北海道が管理している森林GISデータを使用しました。現況との相違があると指摘されますが、森林GISデータは、小班の位置、面積、森林の種類、林齢等が記録されている森林管理者にとって重要なデータであることから、森林管理の現場を対象に解析結果を提供する場合には、森林GISデータの活用が有効であると考えます。

これまでに衛星画像を利用した風倒被害把握は試みられていますが、本研究は被害発生直後から解析を試み、林分把握はできるが単木識別は難しい衛星画像（分解能20m）が、風倒被害の把握にどの程度利用できるかどうかについて明らかにしたことは大きな意義があったと考えます。また、SPOT2号衛星では曲がりや部分的な被害については把握が難しかったものの、人工林の多くで見られた数ha以上の一斉倒壊については十分に把握が可能でした。今後、同様の大規模な被害が発生した際に、SPOT2号衛星以上の分解能を有する衛星画像が入手できれば被害把握に有効利用できると考えます。

現場での活用については、大規模な森林被害を把握できるだけでも、現地調査にかかる労力を大幅に軽減できる点で意味があると考えます。被害報告は、「激甚災害に係る森林災害復旧事業事務取扱要領第6」の規定により災害収束後1ヶ月以内に報告する必要があることから、より早期の情報提供を行うことが重要と考えられます。そのため、衛星が被害箇所を早期に撮影すること、利用できる衛星画像を早く検索できるようにする対応が必要と考えられます。

解析結果の提供において衛星画像を重ね合わせる場合、リモートセンシングの専門家が利用する頻度の高い森林域が赤で表示される“フォールスカラー表示”よりも、森林管理の現場にとっては森林域が緑で表示される“トゥルーカラー表示”の方が現地との対応が取りやすいため、より多くの情報を画像から得られやすいようです。森林管理の現場に解析結果を提供する場合、重ね合わせる衛星画像は実際の色に近い表示（森林域が緑）を採用した方が良いと考えます。

おわりに

被害発生から約1週間後に撮影されたSPOT2号衛星画像が風倒被害把握に利用できるかどうかは、この時点でも被害の全体像が明らかになっていなかったこともあり、確信が持てませんでした。解析を進めていくうちに、今回の台風で多く発生した数ha以上の一斉倒壊については、20m程度の分解能の衛星画像が風倒被害の全体像をつかむ点からも有効であることが実証できました。今後は、解析結果を早期に提供する体制づくりや、より多様な被害形態を把握するための解析精度の向上が課題です。

(森林環境部環境グループ)