

災害復旧の助けになる衛星リモートセンシング

阿部友幸・菅野正人

はじめに

森林は、強風による風倒害（写真－1）、雪害や大雨による斜面の崩壊など、常に自然災害の脅威にさらされています。ひとたび発災すれば、森林管理者は緊急の対応を迫られます。たとえば風倒害では、木材が劣化する前に被害木をサルベージ（搬出）するなどの対処が必要です。こうした復旧の計画を立案するためには、早急に被害の全貌を把握することが必要です。しかし被災範囲は、通常数 km から数十 km 四方と広大なうえに、倒木や林道崩壊により核心部へのアクセスが阻害されるため、現地踏査には多大な労力が伴います。

このような時に、強力な武器となるのがリモートセンシングです。ヘリコプター、航空機や人工衛星などから広範囲を一度に撮影し、被害の全貌を把握するのです。特に、衛星リモートセンシングでは 100～200km 四方を一度に撮影できるので（図－1）、災害発生の初動期における全貌把握に向いています。道総研林業試験場では、十数年にわたって噴火、豪雨による山地災害や森林風倒害といった大規模自然災害に際して、被害の全貌把握を行い、国、北海道や市町村の担当部署に情報提供を行ってきました。これらのうち、最近発生した森林風倒害に対応した事例を紹介します。

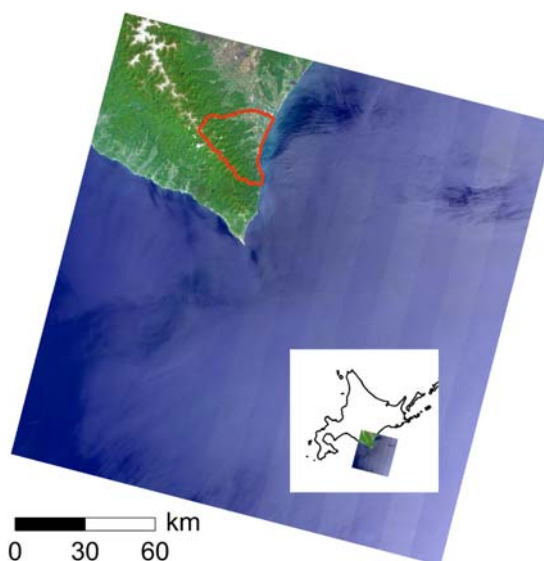


写真－1 羊蹄山麓トドマツ林の風倒害
2015年10月19日撮影

広尾町の森林風倒害

2016年4月17日夜から18日の朝にかけて、発達した低気圧が北海道を通過し、道南と十勝地方を中心に西南西の暴風をもたらしました。これにより生じた停電、列車の運行停止や建物の倒壊が市民生活に大きな影響を及ぼしたほか、大規模な森林風倒害が発生しました。十勝の広尾町では、最大瞬間風速が30m/sを超える（最大で41.5m/s）暴風が4時間以上にわたって吹き荒れ、トドマツは幹折れ害、カラマツは根返り害を被りました。北海道全体の被害実面積1,091haのうち、広尾町のみで1,013haという甚大な被害となりました（北海道水産林務部森林整備課、2016年5月18日時点）。

広尾町は、現地踏査によって8月頃までには大まかな被害把握を終えていました。しかし、同町では残った未踏査域の被害把握、復旧業務の効率化、また未曾有の風倒害を記録として残すために、被害全貌を把握した地図を作りたいとの意向を示しました。これを受



Landsat 8 data courtesy of the U.S. Geological Survey. 2016.5.29 撮影

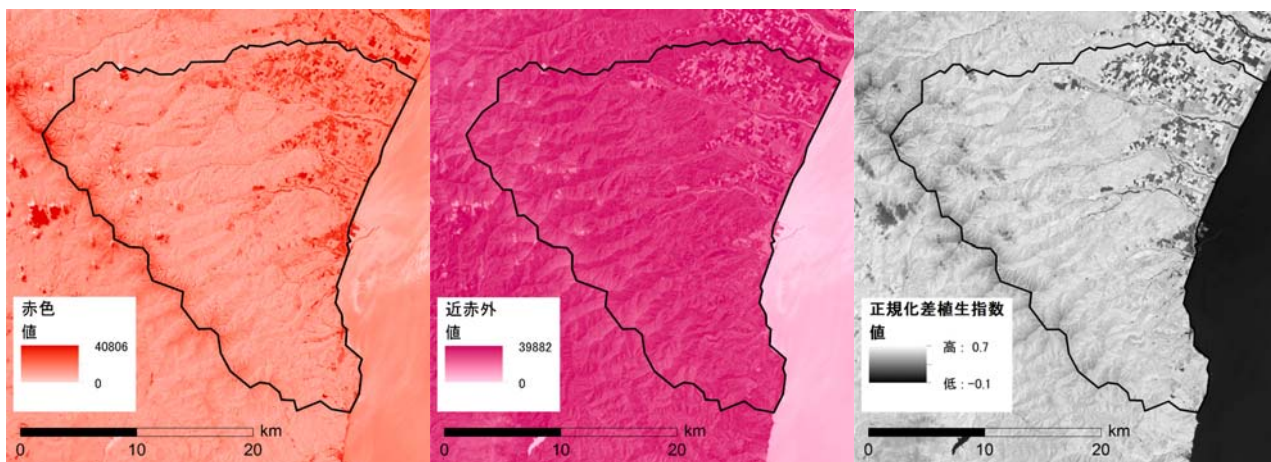
図－1 Landsat 8 衛星画像の位置と範囲
赤線で囲った領域が解析対象の広尾町

けて林業試験場は、衛星リモートセンシング技術によって被害推定図を9月頃に作成しました。

被害推定図

巻末の図-4が、広尾町の民有林における風倒害の被害推定図です。海岸林や海岸に近い防風林などでの被害が大きかったことが分かります。作成には被災からひと月あまり後のLandsat 8衛星画像を使用しました(図-1)。Landsat 8はアメリカ地質調査所(U.S. Geological Survey)が運用している地球観測衛星で、16日に1度の間隔で、地球上の全ての場所を撮影しています。撮影範囲が170×183kmと広く、広尾町全域(約30km四方)を一度に収めることができるため、今回の森林風倒害のような大規模災害の全貌把握に適しています。

Landsat 8の空間解像度は30mと粗いため、空中写真のように地物の形状を視認して森林の状態を判読することはできませんが、色調の違いによって被害を推定することができます。Landsat 8は、人間が見ることの出来る青・緑・赤の光のほか、近赤外線・中間赤外線・熱線を加えた合計11波長域の電磁波(光)の測定によって地表面を観測しています。なかでも赤と近赤外線の波長域は、森林の状態に応じて鋭敏に反応します。この原理を利用することにより、被害推定図の作成が可能になります。今回は、赤と近赤外線の波長域画像を合成した正規化差植生指数(Normalized Difference Vegetation Index) *NDVI* 画像を使用しました(図-2)。



Landsat 8 data courtesy of the U.S. Geological Survey. 2016.5.29 撮影

図-2 Landsat 8の単波長域画像と正規化差植生指数の画像

左：赤波長域，中：近赤外線波長域，右：正規化差植生指数 *NDVI*

参照データ

*NDVI*は、-0.1から0.7程度の値になりました(図-2右)。一般的には、*NDVI*値が大きいほど植生の活性が高いと推定できます。今回の例でいえば、風倒被害地であれば小さく、健全な森林であれば大きくなると考えられます。ただし *NDVI* 画像(図-2右)から、被害程度に応じて赤・黄・青の色分けをする(図-4)には、「これより小さい値は典型的な被害地である」、「これより大きい値は健全な森林と言って良い」というように、*NDVI* 値と被害の程度との対応を明らかにしておく必要があります。

現地の状態と、その位置情報をセットにしたデータを、参照データと言います。参照データは、現地踏査



写真-2 広尾町のカラマツ激害林分

2016年4月22日撮影

や精細な空中写真などの判読によって取得します。空中写真等が得られる見込みがなかったため、被災直後の4月22日に現地踏査を行いました。特に写真-2のような「激害」地について、GPSで位置を測っていきました。

現地踏査は、時間の都合により対象地の一部でしか行えなかったため、別の参照データの利用も検討しました。被害前(2014/8/28)と後(2016/5/29)のLandsat 8画像を見比べてみますと、森林が健全だとか、被害をうけている等の様子は判読できませんが、「緑から茶色に変化した」という色調変化が識別できます(図-3)。

森林伐採などによる変化である可能性もありますが、風倒害によってそのような変化が起きたことが現地踏査によって確認できていたので、緑から茶色へ変化した場所は全て今回の暴風によって風倒害をうけた(激害)と仮定することにしました。また緑として残っている部分は、実際には少々の被害を受けているかもしれませんが、「無被害」と仮定しました。

最後に、私有林GISデータを活用して対象を広尾町私有林の針葉樹人工林に限った上で、「激害」と「無被害」箇所のNDVI値を数十地点ほどで読み取り、「激害」と「無被害」区分のNDVI値の範囲を決めました。また両区分の間のNDVI値の範囲を「中害」として区分しました。



Landsat 8 data courtesy of the U.S. Geological Survey.

図-3 被害前後のLandsat8画像

Landsat8画像のBand 4, Band 3, Band 2を赤, 緑, 青に割り付けたカラー画像(人の視覚に近い色表現)青線区画は針葉樹人工林を表す(私有林GIS, 北海道)

左:被災前2014/8/28, 右:被災後2016/5/29

推定図の正確度と活用方法

被害推定図の正確度と活用方法について、広尾町に聞き取りを行いました。現地の情報が足りなかったため、推定図の正確度の検証は行っていませんでしたが、提供した被害推定図の被害分布は、広尾町が独自に把握した風倒被害地の分布と非常に良く一致している、とのことでした。被害推定図は、森林所有者への説明のほか、未踏査地域での森林風倒害の発見、事業着手の順位付けなど復旧計画の立案に活用されました。

今回の被害推定図の作成では、参照データとしてLandsat 8画像の被害前後の「見た目」の変化を利用しました。現地の確かな情報に基づかないので客観的手法とは言えないかもしれませんが、被害推定図は、現地情報が足りないからこそ作成するものです。実用のうえでは、最初は客観性の低い参照データも活用して被害推定図を作成し、必要があれば、徐々に明らかになってくる現地情報を追加しながら改訂する、という手順が望ましいと考えられます。

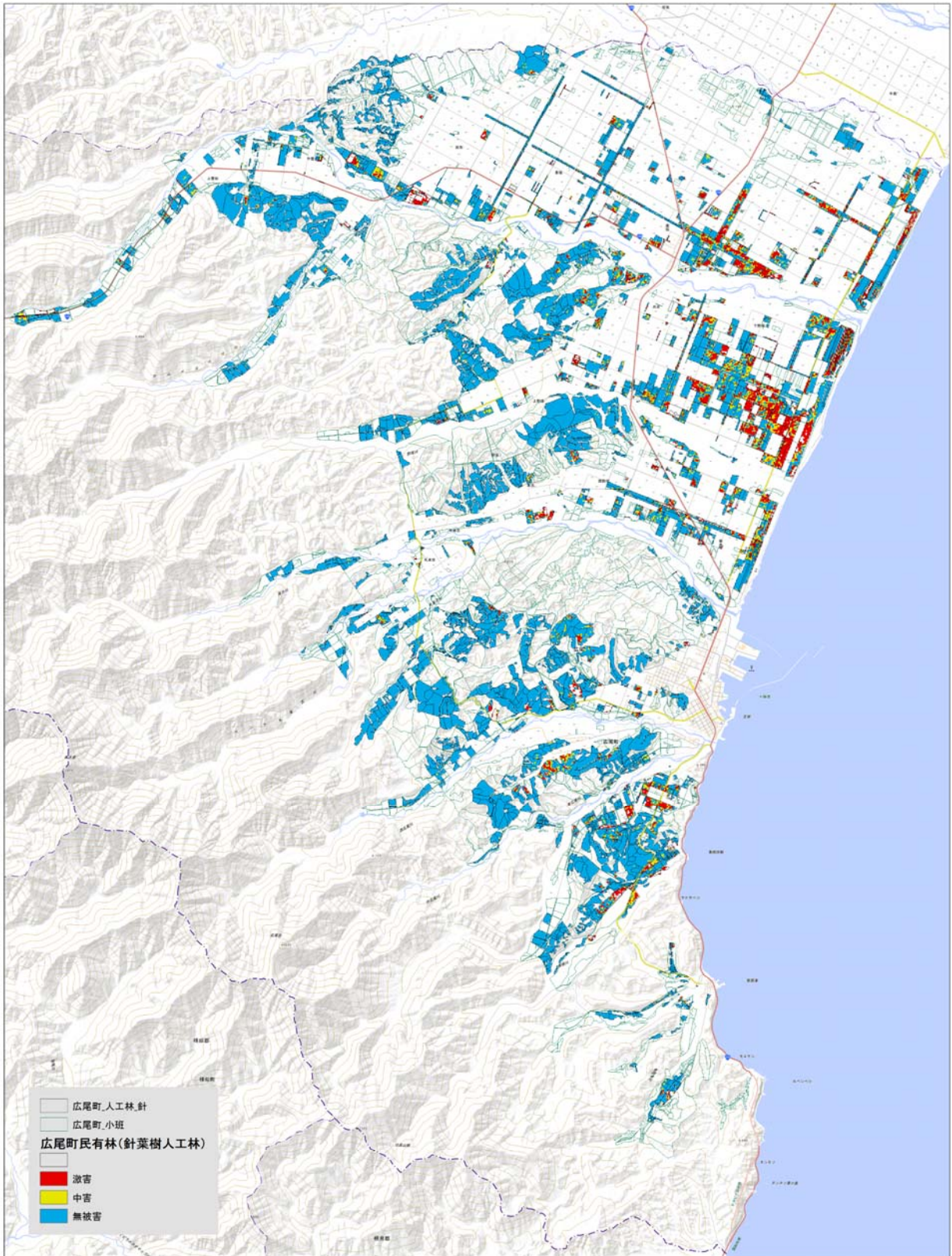
おわりに

衛星リモートセンシングは、多くの人にとって使いやすい技術になりました。今回利用したLandsat 8画像や、より解像度の高いSentinel 2衛星(欧州宇宙機関, ESAが運用)の画像は、インターネット経由で撮影直後から無料で入手できるようになりました。有償ですが、比較的安価な商用衛星画像もあることから、これらを上手く活用すれば、多くの場合で被害把握ができると考えています。

風倒害のような大規模災害は、今後も発生すると思われます。災害に際して、衛星リモートセンシングの利用を検討される場合は、まずはご相談ください。北海道立総合研究機構の技術支援制度(<http://www.hro.or.jp/support/index.html>)が利用できます。

(森林環境部環境グループ)

2016.4.18 風倒害推定図 (広尾町民有林)



LANDSAT 8 data courtesy of the U.S. Geological Survey. 2016.5.29 撮影
背景に地理院タイル (<http://maps.gsi.go.jp/development/ichiran.html>) 使用

図一 4 発達した低気圧の暴風 (2016. 4. 17-18) による広尾町における森林風倒害の推定図
民有林 GIS データによって広尾町民有林の針葉樹人工林のみを切り抜き、被害推定図を作成した