

## 5. LIDAR を用いた森林冠雪害の検出

田口 仁, 臼田裕一郎, 福井 弘道

### 1. はじめに

冠雪害は、森林域で発生する自然災害の 1 つである。大雪のために、材木の枝や葉に付着した冠雪が肥大し、その重さで樹幹が大きく曲がり、幹折れや根返り等によって致命的被害を招く(岩坪, 新田, 1984)。日本では、戦前から冠雪害による被害が発生しており、特にスギやヒノキなどの針葉樹が多大な被害を受けてきた。最近では、間伐などの管理が十分に行き届いておらず、形状比(樹高/胸高直径)が高い人工林が数多く存在しているため、林分が冠雪害に対して脆弱化しているという問題もある。

冠雪害が発生した場合、復旧作業や、森林保険の適用のため、被害箇所の正確な把握が求められ、現状では現地調査による被害箇所の把握が行われている。一方、冠雪害は樹種の分布や地形等に影響されるため、被害箇所は比較的分散して発生する。従って、現地調査のみでは網羅的な被害箇所の把握は困難である。また、被害箇所は樹木が不安定な状態で折損や曲折している場合があるため、調査に危険が伴う場合がある。そのため、リモートセンシング技術を用いて、冠雪害を検出することは、有効な被害調査手段の 1 つであると考えられる。

従来の倒木による被害箇所検出に関する研究として、光学センサの画像データを用いた事例(Mukai and Hasegawa, 2000)や、合成開口レーダを用いた事例(Green, 1998)、各種リモートセンシングデータによる検出結果を比較した事例(Schwarz et al, 2003)がみられる。冠雪害による幹折れや根返り等は、高さ方向に急激な変化をもたらすため、LiDAR データから得られる高さ情報は、倒木被害の検出に有効である。

筆者らは、LiDAR データを用いて 2002 年 1 月上旬に岐阜県美濃北部や飛騨南部で発生した冠雪害による被害箇所の検出を行った。

### 2. 冠雪害検出手法

冠雪害で幹折れや根返りが発生した箇所は、表面形状が凹となる。Figure.1 に模式図を示す。この図で表面形状が凹となる箇所は、ギャップと呼ばれている。そこで筆者らは、DSM と DEM を用いてこのギャップを抽出することで、冠雪害の検出を行うことを検討した。なお、類似的な研究として、倒木被害検出を目的とはしていないが、LiDAR データを用いてギャップ抽出を行った事例がある(Koukoulas and Black, 2004)。

今回、LiDAR データは岐阜県が 2004 年春季から夏季にかけて全県で取得したデータを使用した。このデータは、冠雪害の発生から 2 年以上経過して取得されたものであるが、現地調査や 2004 年夏季に撮影された空中写真による判読から、冠雪害による倒木域が確認できたため、冠雪害の検出に差し支えないと判断した。対象地は郡上市美並町とした。

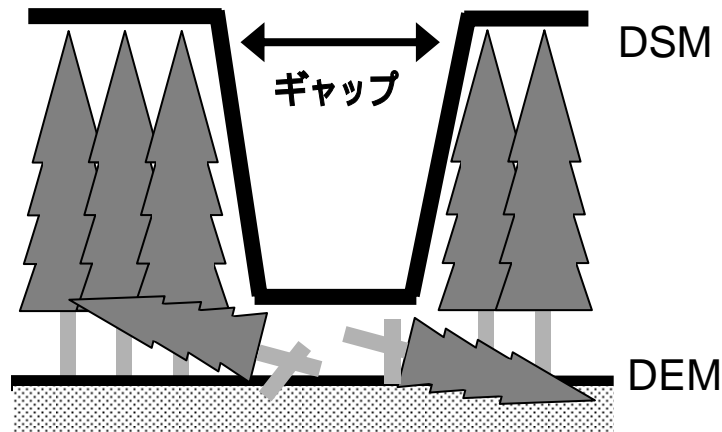


Figure.1 冠雪害発生箇所における DSM と DEM の模式図

冠雪害検出のフローを Figure.2 に示す。ポイントデータである LiDAR データは、林小班のポリゴンデータを用いてマスキング処理を行い、あらかじめ森林域のみを抽出した。続いて、マスキング処理した LiDAR データに対し、フィルタリング処理を行い、DSM を作成した。今回、DEM はあらかじめこの LiDAR データを使用して作成された、岐阜県所有のデータを使用した。DSM の作成には、あらかじめメッシュを作成し、各メッシュに入るポイントパルスの高さの最大値を、そのメッシュの高さとして作成した。なお、メッシュのサイズは 1m としたが、メッシュ内にポイントが入らない場合は、メディアンフィルタを使い、値を周辺画素から埋めることにした。

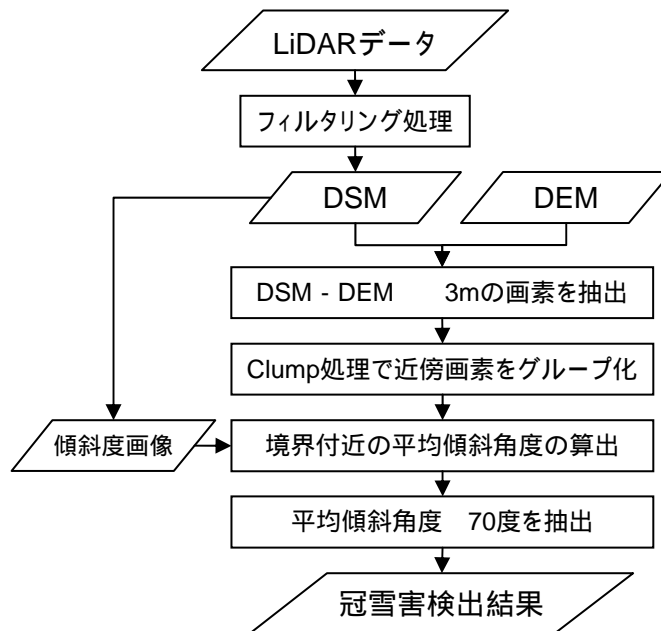


Figure.2 冠雪害検出の流れ

次に、作成した DSM と DEM の差分を求め、倒木箇所は地盤高より高くなることを考慮し、差が小さい画素を抽出した。閾値は試行錯誤が必要だが、現地調査等から差が 3m 以下の画素を抽出することにした。そして、抽出された画素を、Clump 処理によってグループ化した。なお、数画素程度は DSM 作成過程でのエラーやノイズが含まれていると判断し、5 画素を閾値として除去することにした。次に、高さが急に変化することを考慮するため、グループ化した画素の境界に隣接する画素の平均傾斜角を、DSM から作成した傾斜度画像から集計した。この集計した平均傾斜角は、現地調査等から 70 度を閾値として設定し、それ以上の画素を被害箇所とした。

### 3. 検出結果と考察

Figure.3 に、作成した DSM と検出結果を示す。随所に検出箇所が見られる。被害発生前(1999 年)と発生後(2004 年)に撮影された空中写真で確認したところ、多くの検出された箇所が冠雪害による被害であることが確認できた。Figure.4 には、3 箇所を拡大した結果を空中写真と併せて示す。1 箇所目( )は、まとまった被害として対象地の中で面積が最大の箇所(約 1570 平方メートル)だった。2 時期の空中写真でも倒木が確認でき、倒木域は DSM でもギャップとして表現され、倒木域として検出されていることが確認できた。2 箇所目( )は、冠雪害の発生した箇所の北に、樹高の低い箇所がある(破線の円)が、今回の手法では誤検出された。このような箇所は、LiDAR データのみでは分離が困難であると考えられ、光学センサのデータ等を併用する必要がある。3 箇所目( )は、中心部にまとまって冠雪害が発生しており、良好に検出されたことが確認できた。

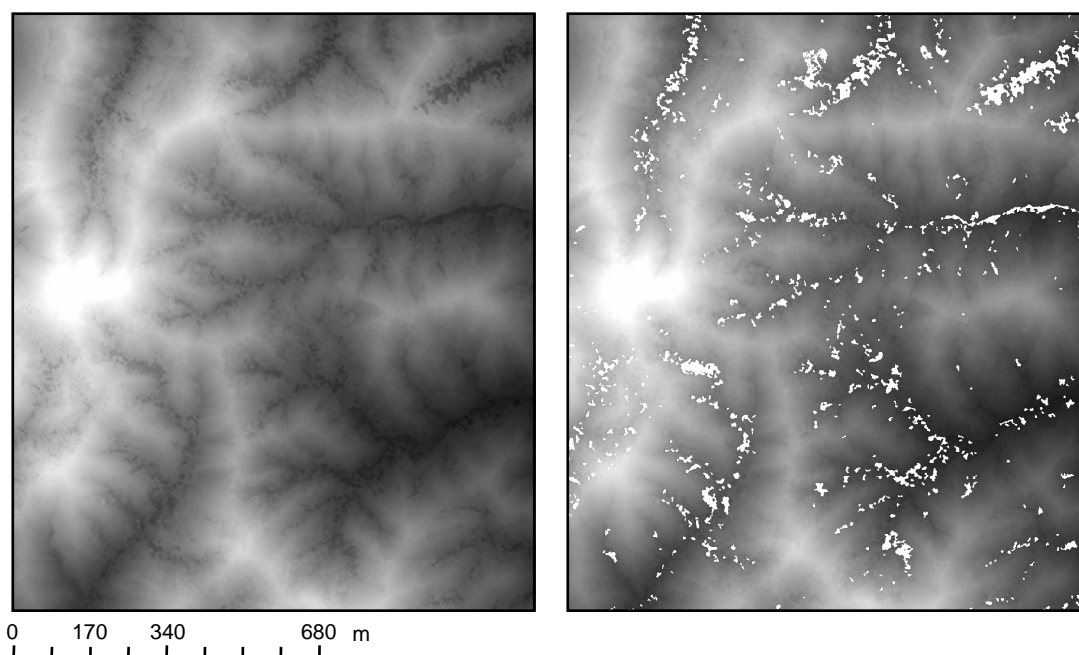


Figure.3 DSM と冠雪害検出結果(白)

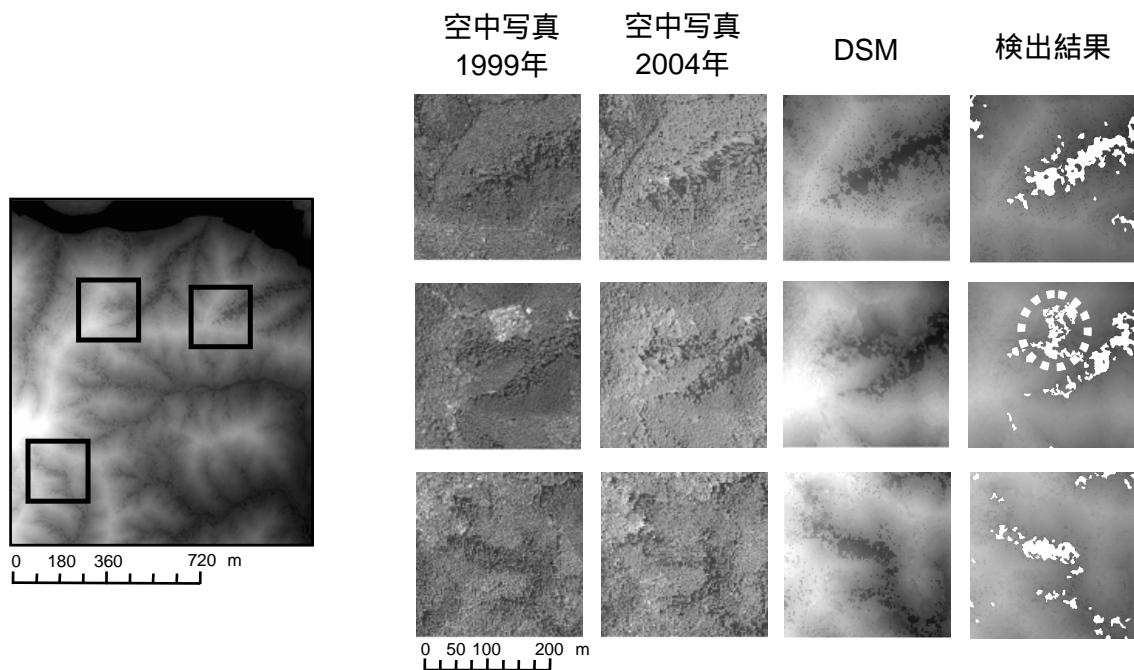


Figure.4 冠雪害検出結果の拡大

#### 4. おわりに

今回、LiDAR データから作成した DSM と DEM を用いて、冠雪害によって倒木や根返りして発生したギャップを抽出することで、被害検出を行った。その結果、冠雪害で倒木した箇所の検出に、LiDAR データは有効であることが示唆された。ただし、今回は見られなかったが、ギャップを抽出するアプローチでは、はじめから立木密度が粗な林分で誤検出される可能性があるため、森林施業によって間伐や皆伐がなされた林分では誤検出される可能性がある。また、Figure.4 における のような樹高の低い林分でも、誤検出される可能性がある。従って、伐採や間伐等の施業の履歴を照らし合わせつつ、被害域の検出が必要である。さらに、このような高さデータは、土地被覆が不明であるため、樹高の低い林分などでは誤検出となりうる。この問題については、航空機搭載型センサや高解像度衛星画像などの光学センサのデータを併用することで、精度の高い自動検出方法を実現できる可能性があり、今後の課題としたい。また、最近ではステレオペアの空中写真を用いて、デジタル写真測量の技術によって容易に DSM を作成できるようになっており、空中写真 DSM による倒木被害検出可能性についても検討の余地がある。

現在のところ、LiDAR データは時系列で得られていないため、本論では 1 時期のみで検出手法を検討した。今後、継続的に LiDAR データを取得していくことが可能となれば、風倒害や冠雪害による倒木被害だけでなく、間伐や皆伐などの森林施業の検出にも役立つことが期待できる。今後、LiDAR データは森林資源量の把握のみならず、森林被害のモニタリングのためにも、継続的に取得されていくことを期待したい。

本研究は、慶應義塾大学 SFC 研究所ジオインフォマティクスラボラトリと岐阜県森林科学研究所の共同研究「高解像度リモートセンシングと森林 GIS による森林管理システムの開発」の一環として行われたものである。

#### 参考文献

岩坪五郎, 新田隆三, 1984. 気象災害 - 雪, 森林保護学(四手井綱英編), pp.42-52, 朝倉書店, 東京.

Green, R. M., 1998. The sensitivity of SAR backscatter to forest windthrow gaps. *International Journal of Remote Sensing*, 19(12), pp.2419-2425.

Koukoulas, S., and Blackburn, G.A., 2004. Quantifying the spatial properties of forest canopy gaps using LiDAR imagery and GIS. *International Journal of Remote Sensing*, 25(15), pp.3049-3071.

Mukai, Y. and Hasegawa, I., 2000. Extraction of damaged areas of windfall trees by typhoons using Landsat TM data. *International Journal of Remote Sensing*, 21(4), pp.647-654.

Schwarz, M., Steinmeier, C., Holecz, F., Stebler, O. and Wagner, S., 2003. Detection of windthrow in mountainous regions with different remote sensing data and classification methods. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 18(6), pp.525-536.