

3D点群データを用いた幹断面凹凸を有する樹木の抽出

鉄道総合技術研究所 正 ○進藤 義勝 正 内藤 直人 正 馬目 凌
正 藤原 将真 正 布川 修

1. はじめに

鉄道沿線で発生する自然災害の中で倒木災害の件数は最も多く、倒木する可能性が高い樹木を抽出し、事前に対応することが求められている。倒木の危険性を評価するひとつの方法として、樹木医による樹木診断が挙げられるが、鉄道沿線全ての樹木に対する実施を想定した場合、多くの時間と費用が見込まれる。そこで、上記の代替手法の開発を目的として、3D レーザースキャナーにより危険樹木の抽出方法の作成に取り組んでいる。本稿では、3D レーザースキャナーにより取得した点群データを用いて、樹木の幹断面から機械的に倒木の危険性が高い樹木（以下、危険木とする）を抽出できるアルゴリズムを開発することを目標に、樹木診断で危険木と判断された幹断面に凹凸を有する断面の抽出方法について検討した。

2. 3D点群データの取得

現地調査箇所は、過去に倒木災害が発生した箇所周辺の延長約4km間の4区間と、延長約4.9km間の3区間の合計7区間である。調査範囲は線路からの離隔20mまでを対象とした。測定は、軌道内および軌道から約10~20m離れた斜面内からバックパック型3Dレーザースキャナー（株式会社竹谷商事社製3DWalker）（以下、3Dレーザーという）により3D点群データを取得した。図1に3Dレーザーによる測定状況を、表1に3Dレーザーの仕様を示す。



図1 3Dレーザーによる測定状況

表1 3Dレーザーの仕様

型番	PX-80
搭載レーザーセンサー数	約300,000点/秒
スキャン点数	16
最大到達距離	100m
距離精度	約3cm
スキャン範囲	全方位360°
カメラ	カラー、250°
サイズ	高さ280mm×直径170mm
重量	約3.2kg

3. 樹木診断による危険木の変状種別

7区間の現地調査箇所を樹木医が調査し、倒木危険木を抽出した。樹木医により危険木と診断された樹木本数は、3Dレーザーで取得した7区間の樹木本数全体の3.8%（2,412本中91本）であった。表2に危険木の変状種別を示す。変状種別は、樹木診断の判定理由から分類しており、1本の樹木に対して変状理由が複数ある場合は、危険木への影響が大きいと想定されるものをその樹木の変状種別とした。また、幹断面に凹凸を有するものと、そうでないものに変状種別毎に分類した。その結果、幹断面が凹凸を有する変状種別の割合は、危険木と判定された樹木の40.7%（91本中37本）であった。

4. 幹断面の作成方法#

取得した3D点群データについて、樹木高さ方向に一定間隔で幹断面を作成した。幹断面を作成する際、1本の樹木に対して取得した地表面から約15mまでの点群データを、高さ方向に一定の間隔のブロックに分け、そのブロック内の点群をひとつの水平断面上に投影したものを幹断面とした。また、断面に混在する幹以外の葉などの点群は、視認により除去した。得られた高さ方向一定間隔の幹断面に対し、最小二乗法による楕円方式フィッティングを行い、楕円曲線に対する点群の標準偏差を断面ごとに求めた。

表2 危険木の変状種別

変状種別		本数	
幹断面に凹凸を有するもの	溝腐れ	6	37
	開口空洞	22	
	樹皮欠損	3	
	幹の軸方向に亀裂	6	
それ以外のもの	腐朽	9	54
	枯損木	28	
	幹へのツル食い込み、巻きつき	4	
	幹二股部が入皮状態	2	
	傾斜木	11	
計		91	

キーワード 倒木, 3D点群データ, 鉄道

連絡先 〒185-0034 東京都国分寺市光町2-8-38 TEL 042-573-7263 FAX 042-573-7398

5. 検討結果

ここでは、危険木1本とその近傍の危険木以外の樹木1本（以下、健全木とする）について検討した例を示す。本検討では幹断面作成間隔 25cm とした。

図2に危険木と健全木それぞれの楕円に対する幹断面の標準偏差の高さ方向の分布を示す。検討した樹木高さは、危険木で約 15.1m、健全木で約 15.9m の範囲である。図3に高さ 1.15m~1.40m のブロックより作成した図が示すように、幹の凹凸が確認出来た。危険木では $H=0.3\sim 1.5\text{m}$ に凹凸があり、これを含む6断面中5断面において幹の凹凸が作成断面から確認出来た。この6断面の標準偏差は、凹凸が確認できたものは 0.016、0.020、0.020、0.014、0.011 であり、凹凸が確認出来なかったものは 0.029 であり、どちらも実際に凹凸がない断面よりも比較的大きな標準偏差となっている（図2）。

次に凹凸箇所抽出の際の注意点として以下に3点述べる。図4のように凹凸がないにもかかわらず、標準偏差が大きくなる断面も存在した。これは、点群がフィッティング楕円からばらつくためである。これは、3D レーザーの測定誤差や幹以外のデータが一部介入したことによると想定するが、今後詳細に分析していく予定である。その他、標準偏差が著しく小さくなっている断面が確認されており、樹木高さが概ね $H=9\text{m}$ 以上の断面（図5）では、幹断面が視認できず、フィッティング楕円が実際のものとは大きく異なっている。この理由として、高さが高くなるにつれて、3D レーザーが枝や葉などにより遮られることで樹木上方まで十分に点群を取得出来なかったため、本来の幹断面のフィッティング楕円を形成出来なかったと推定する。さらに樹木高さ $H=9\text{m}$ 未満においても、標準偏差が著しく小さい箇所が認められた（図6）。これは、幹以外のデータを除去する際、除去しきれなかったためフィッティング楕円を形成出来なかったと考えられる。

次に凹凸箇所抽出の際の注意点として以下に3点述べる。図4のように凹凸がないにもかかわらず、標準偏差が大きくなる断面も存在した。これは、点群がフィッティング楕円からばらつくためである。これは、3D レーザーの測定誤差や幹以外のデータが一部介入したことによると想定するが、今後詳細に分析していく予定である。その他、標準偏差が著しく小さくなっている断面が確認されており、樹木高さが概ね $H=9\text{m}$ 以上の断面（図5）では、幹断面が視認できず、フィッティング楕円が実際のものとは大きく異なっている。この理由として、高さが高くなるにつれて、3D レーザーが枝や葉などにより遮られることで樹木上方まで十分に点群を取得出来なかったため、本来の幹断面のフィッティング楕円を形成出来なかったと推定する。さらに樹木高さ $H=9\text{m}$ 未満においても、標準偏差が著しく小さい箇所が認められた（図6）。これは、幹以外のデータを除去する際、除去しきれなかったためフィッティング楕円を形成出来なかったと考えられる。

高さが高くなるにつれて、3D レーザーが枝や葉などにより遮られることで樹木上方まで十分に点群を取得出来なかったため、本来の幹断面のフィッティング楕円を形成出来なかったと推定する。さらに樹木高さ $H=9\text{m}$ 未満においても、標準偏差が著しく小さい箇所が認められた（図6）。これは、幹以外のデータを除去する際、除去しきれなかったためフィッティング楕円を形成出来なかったと考えられる。

6. まとめ

樹木医が危険と判定した木について、3D 点群データから作成した断面を楕円でフィッティングした際の標準偏差は、凹凸を有する断面はその他の断面より大きい標準偏差を示す傾向が確認できた。その一方で、凹凸のない断面でも点群にばらつきのある断面は標準偏差が大きくなること、樹木高さ約 $H=9\text{m}$ 以上の断面では点群数が少なく正確なフィッティング楕円を形成しにくいこと、幹以外の点群が断面に多く介入した場合、フィッティング楕円を形成することが難しいことが挙げられる。今後は、より適切な高さ方向の断面作成間隔や水平断面上に投影する投影幅を検討し、幹断面のみを自動で作成できる手法の開発を進めるとともに、1本の樹木に対して倒木の危険性が高いものを区別できるように取り組む。

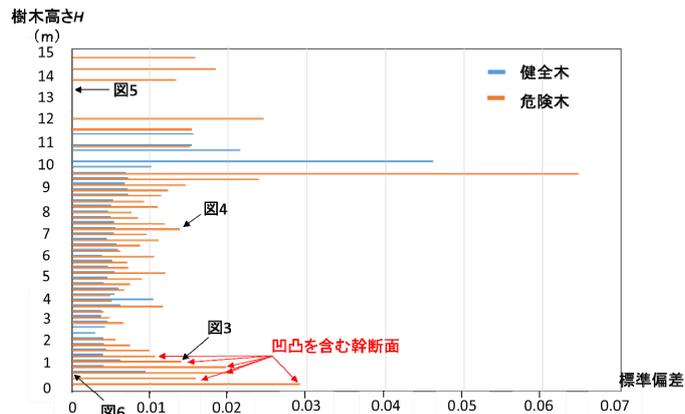


図2 危険木と健全木それぞれの楕円に対する幹断面の標準偏差の高さ方向の分布

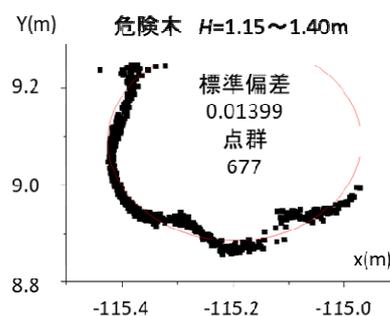


図3 凹凸を有する作成断面

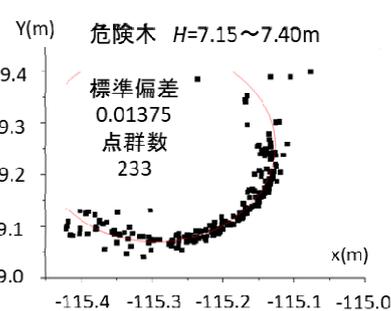


図4 標準偏差が大きい作成断面

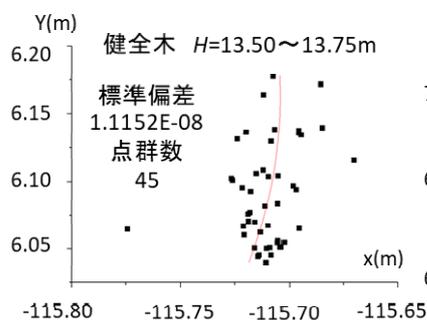


図5 $H=9\text{m}$ 以上の楕円が形成できない作成断面

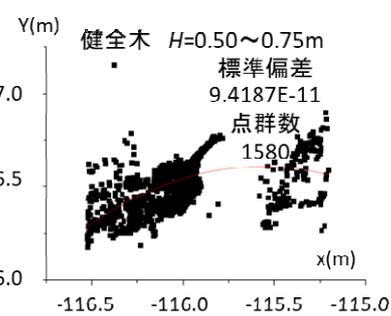


図6 $H=9\text{m}$ 未満の楕円が形成できない作成断面