

# 街路樹の樹形管理に向けた点群計測方法の比較

榎本 碧<sup>1</sup>・増澤 諭香<sup>2</sup>・福島 宏文<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所（〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34）

E-mail: enomoto-m@ceri.go.jp

<sup>2</sup>正会員 国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所（〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34）

E-mail: masuzawa-s@ceri.go.jp

<sup>3</sup>正会員 国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所（〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34）

E-mail: fukushima-h2ym@ceri.go.jp

街路樹は多様な機能を持ち、公共空間の景観や環境に寄与する一方で、強剪定によってその機能が低下することがある。強剪定は樹形の崩れや樹勢の衰退を招き、結果として維持管理の負担増加にも繋がる。剪定が必要とされる主な理由には、建築限界との干渉、信号や標識の視認性確保、電線などの占用物との競合等があるが、維持管理コストの制約により剪定間隔が長期化し、一度の剪定で短く切り詰める強剪定が行われる傾向にある。持続可能な街路樹管理には、無理な剪定を避けるため、樹木ごとに適切な生育空間を確保し、地域特性や道路環境に適した樹形を維持することが重要である。本研究では、積雪寒冷地における街路樹の樹形変化や生育空間を把握し、強剪定や環境条件が街路樹に与える影響を明らかにするために、LiDARの有効性を検証した。また、街路樹管理の現場で樹高・樹冠などの定期的なデータ収集を簡易に行う手法として、LiDARの選定条件や計測方法についても検討を行った。

**Key Words:** street tree, management, LiDAR, tree form, point cloud

## 1. はじめに

街路樹は、公共空間の景観向上、緑陰形成、ヒートアイランド緩和、炭素固定など、多様な機能を有する重要な道路施設である<sup>1)</sup>。しかし、これらの機能は適切な維持管理によって初めて発揮される。特に、街路樹管理における剪定は、街路樹の機能と健全性に直接影響を与える重要な要素である。しかし、建築限界の確保や道路附属物や占用物との競合、落葉対策等により、強剪定が行われることが多く、街路樹管理上の課題となっている<sup>2)</sup>。強剪定は、景観や緑陰等の街路樹の機能を低下させるだけでなく、樹形の崩れや樹勢の衰退を引き起こし、長期的には維持管理の負担を増大させる<sup>3)</sup>。適切な街路樹管理を実現するためには、各樹種の生育特性と必要な生育空間を正確に把握することが不可欠である。

北海道において街路樹に使用される樹木の生育変化に関する研究は、北海道林業試験場による成長曲線に関する研究がある<sup>4)</sup>。これは、北海道内の緑化樹（街路樹とは限らない）のデータベースと、そこから成長曲線を抽出したものである。しかし、実際の街路樹の生育は植栽

基盤条件や、日照や風条件、周辺施設の被圧など限定的な環境にも左右される。また、定期的に剪定を受ける場合に、既報の成長曲線が一致するか検証が必要である。

本研究では、LiDAR (Light Detection and Ranging) による街路樹の生育変化の分析と樹形管理の有効性を検証する。特に、積雪寒冷地における街路樹の生育変化を効率的かつ簡易に把握し、街路樹管理の効率化を図るために、従来の手法では取得に時間がかかる樹高や樹冠のデータを効率的かつ簡易に取得する方法を提案し、街路樹管理の現場での実用性を検討する。

樹木計測におけるLiDARの利用について、熊崎による庭園や保存樹木を対象とした研究で精度、点群からの3Dモデル化手法など詳しく述べられている<sup>5)</sup>。一方、街路樹は、道路に沿って一定間隔で列状に並ぶ植栽配置や剪定頻度や強度など、庭園とは異なる植栽環境にある。また、専門的に管理する人材の不足等の課題へ対応するため、より簡易にデータを収集していくことも必要である。例えば、街路樹では都市空間での計測となるため、UAV (ドローン) の利用は難しいが、庭園環境では課題とされた沿道建物を利用した自己位置推定や点群合成

時の精度が見込めるため、バックパックやハンディ型のLiDARの運用も可能と考えられる。

## 2. 街路樹管理における樹形管理の必要性

### (1) 街路樹の多面的機能と樹形の重要性

街路樹の多様な機能を考える上で、樹形は重要な要素である。道路景観に関する印象評価において、緑量だけでなく、樹形や管理状態も選好性に影響を与える<sup>9)</sup>。また、緑陰機能においては、樹冠(枝張りの面積)が主要な指標となる。さらに、管理上も剪定位置を判断する際に、建築限界との関係を考慮し、主幹から枝がどのように伸びるか、幹から枝張りがどれくらい広がるかといった樹形の特徴を考慮する必要がある。

樹木は樹種ごとに固有の樹形を持ち、円柱型、卵型、歪型、円錐型、枝垂型などがある。街路樹剪定ハンドブック<sup>7)</sup>では、街路樹管理において、剪定による樹木への負担を最小限に抑え、樹木本来の自然な姿を保つために、これら固有の樹形を活かした矯正型自然樹形での剪定方法が示されている。

### (2) 強剪定の課題と適切な樹形管理の必要性

実際の街路樹管理では、剪定の頻度と強度、剪定する枝の選び方などが樹形に大きな影響を与える。例えば、強剪定を繰り返し受けたシナノキでは、樹形が本来の形とは異なり、不定芽からの萌芽や徒長枝の発生により、枝の伸び方や幹、枝の太さなどのバランスが崩れる。また、剪定以外にも、道路附属物との干渉によって樹形が変化することもある<sup>2,3)</sup>。

街路樹は道路空間という制約のある場所に植栽されて

いるため、剪定により、本来の樹形から道路空間に適した大きさに収める必要がある。照明、信号機、沿道の建物、交通標識、電線・通信線、電柱などの道路附属物、占用物との競合、落葉対策などによる強剪定(過度な切り詰め剪定)に加え、北海道などの積雪寒冷地では、剪定事業者の作業平準化や冬期の除雪作業などから、落葉前の不適切な時期に過度な剪定が行われることがある。

そのため、現場において適切な剪定管理を実現するためには、樹木ごとの生育特性に基づいた剪定方針の確立、樹種ごとの適切な剪定の実施、技術・技能に優れた剪定技術者の活用、道路管理者が簡易に評価できる管理目標樹形の設定、目標樹形に基づいた剪定の実施などが必要である。これらにより、道路管理者と剪定技術者間で剪定の適切さについて共通理解を持ち、剪定の評価基準を明確にすることが可能となる<sup>8)</sup>。街路樹剪定士などの剪定に関する実務資格制度では、樹木生理に関する知識や剪定技術の実技評価に加え、樹木の目標樹形や適切な剪定期、頻度に関する維持管理の知見も評価される<sup>9)</sup>。東京都や札幌市、国土交通省関東地方整備局などでは、中心部や一部路線を対象に目標樹形による管理が実施されている主体もあるが<sup>10)</sup>、本来は全ての街路樹に対して、適した樹形で管理されることが望まれる。しかし、多くの自治体では、道路管理者に樹木に対する専門的な知識を有する者が少なく、剪定後の樹形を客観的に評価できる剪定基準が存在しないため、剪定の評価は「剪定の有無」のみに基づき、「適切さ」に基づく評価が十分に行われていないという課題がある。本研究では、こうした課題に対して、LiDARで計測したデータから樹形や剪定の評価が可能かを検証することとした。

表-1 計測機材の仕様と特徴

形式	計測密度	計測速度 (点/秒)	計測距離 (m)	重量 (kg)	計測方法
据え置き型	中密度(3段階)	200万	~130	5.35	三脚で固定, 1本ずつ3点からスキャン
全方向ハンディ型	高密度(2段階)/緩歩	42万	~25	0.78	歩行により点群データ取得
一方向ハンディ型	中密度/緩歩	8万	~200	2.3	歩行により点群データ取得
参考) タブレット型	緩歩	非公表	~5	0.47	アプリケーションにより拡張可



写真-1 計測の様子

### 3. 研究方法

#### (1) 使用機器

本研究では、街路樹の計測に適した地上からの計測機器として、3種類のLiDAR機器を比較検討した。具体的には、360度計測可能な据え置き型と全方向ハンディ型、および1方向のみ計測可能なハンディ型を使用した。これらの機器の仕様と計測方法を表-1に、計測の様子を写真-1に示す。

#### (2) 調査概要

研究対象地は、札幌市が管理する4種2級道路の街路樹がある120m区間とした(図-1、写真-2参照)。道路構成は、片側2車線の道路幅約25m(歩道含む)、歩道幅約6mである(図-2、図-3参照)。沿道には、オフィスビル、駐車場、コンビニ、会社事務所、戸建住宅等が隣接している。

計測対象の街路樹は、シナノキ9本、オオバボダイジュ2本、ハリエンジュ(ニセアカシア)1本の合計12本である。樹齢は航空写真から約40~50年と推定されるが、樹高や生育状況から植え替えの形跡も見られ、各樹木の正確な樹齢は不明である。

計測は以下のスケジュールで実施した：

- A) 据え置き型：2022年11月(落葉後)、2024年5月(剪定後の開葉前)の2回
- B) 全方向ハンディ型：2022年11月(落葉後)の1回
- C) 1方向ハンディ型：2024年5月の1回

各機種の計測設定は以下の通りである：

- A) 据え置き型：計測密度を「中」に設定
- B) 全方向ハンディ型：計測密度を「高」に設定し、通常歩行より緩速で計測
- C) 1方向ハンディ型：計測密度の設定は1種類のみ

計測は路線の両側を徒歩で移動しながら行い、位置補正のため路線両端の2点を基準点として計測した。調査では、点群データの計測のほか、各機種の計測時間(外業)、データ処理時間(内業)を記録し比較した。データ処理には点群の合成、ノイズ除去を含み、各機器メーカー提供のソフトウェアを使用した。

分析では、計測結果の特徴を比較し、実用的な運用方法について考察した。また、点群データから剪定位置や生育長の特定などの分析が可能か検証した。なお、機材ごとの計測設定や歩き方等による計測精度の違いについては、先行研究<sup>1)</sup>で詳細に報告しているので参照されたい。

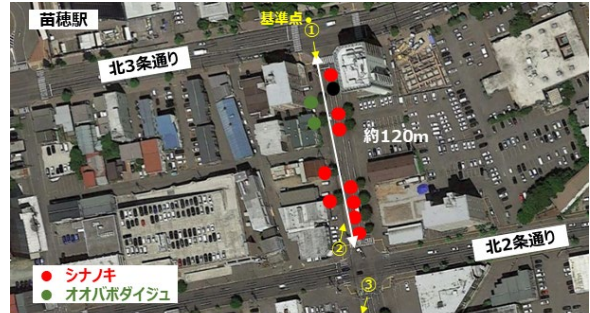


図-1 調査対象地



写真-2 調査対象地(北→南方向)



図-2 横断面図(北→南方向)

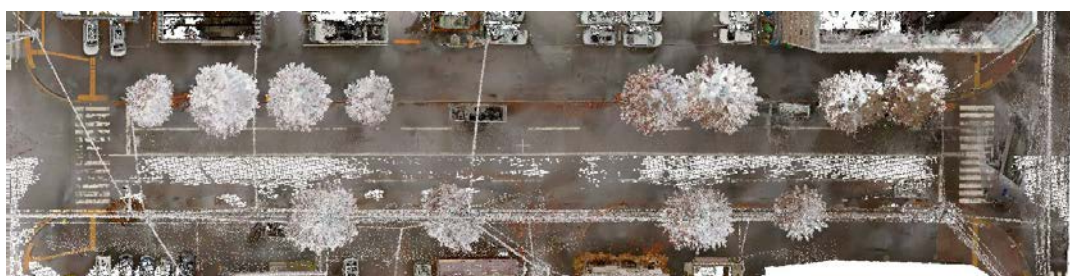


図-3 断面図(左側が北方向)

## 4. 調査結果

### (1) 樹高・樹冠および樹形に関するデータの比較

同路線を3種類のLiDARで計測した結果を図-4に示す。なお、図-4は、点群の表示サイズ最小とし、1/1000程度の断面図に出力した。

#### A) 据え置き型：

最も精度が高く、樹高や樹冠の計測において誤差が最も少なかった。高圧線の架線も明確に捉えることができた。

#### B) 全方向ハンディ型：

高さ方向の精度がA)に比べて低く、樹高について30cm程度のばらつきが見られた。ただし、樹高計の計測値よりは精度が高かった(詳細は文献12))。機器の使用における計測距離が25mであるため、高木の樹高計測には留意が必要である。高圧線の架線は、ソフトウェア上で拡大すれば判別能だが、点群の得られる精度は

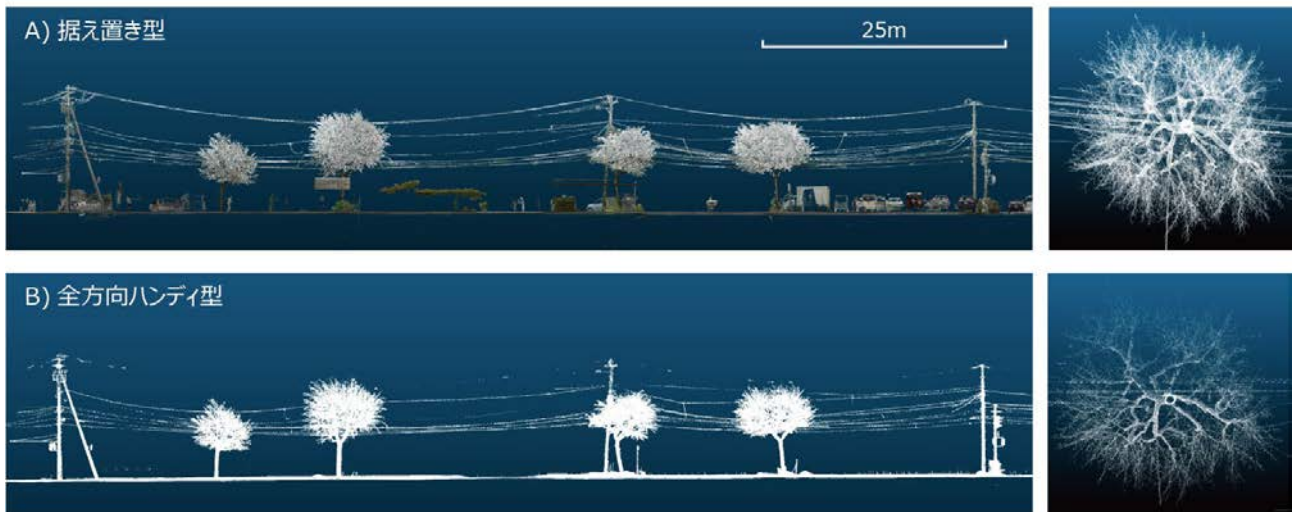
A) より低い。

#### C) 一方向ハンディ型：

樹高の計測結果はB)と同程度であった。計測精度は、既往研究<sup>12)</sup>と計測時期、計測方法が若干異なるため単純な比較はできないが、本調査結果ではA),B)より低かった。これは歩行しながらの計測であり、1秒当たりの点群計測数がA),B)と比べると少ないためである。一方、機器の仕様の計測距離200mであるため、樹木頂部や高圧線はB)よりも点群を取得できたため、樹高の計測結果に大きな違いが見られなかったと考えられる。なお、輪郭のぶれが大きい、樹形は概ね捉えることができた。

点群データの特徴として、細部を見た時に最も点群のぶれが大きく、ノイズも多いため、ノイズ処理の方法の検討が重要になる。今後は、C)一方向ハンディ型の精度に関して、対象樹木を増やし、計測時の歩行方法やレーザーのあて方、データ処理等を含めた追加の検証が必要である。

### 2022年11月 落葉後



### 2024年5月 剪定後

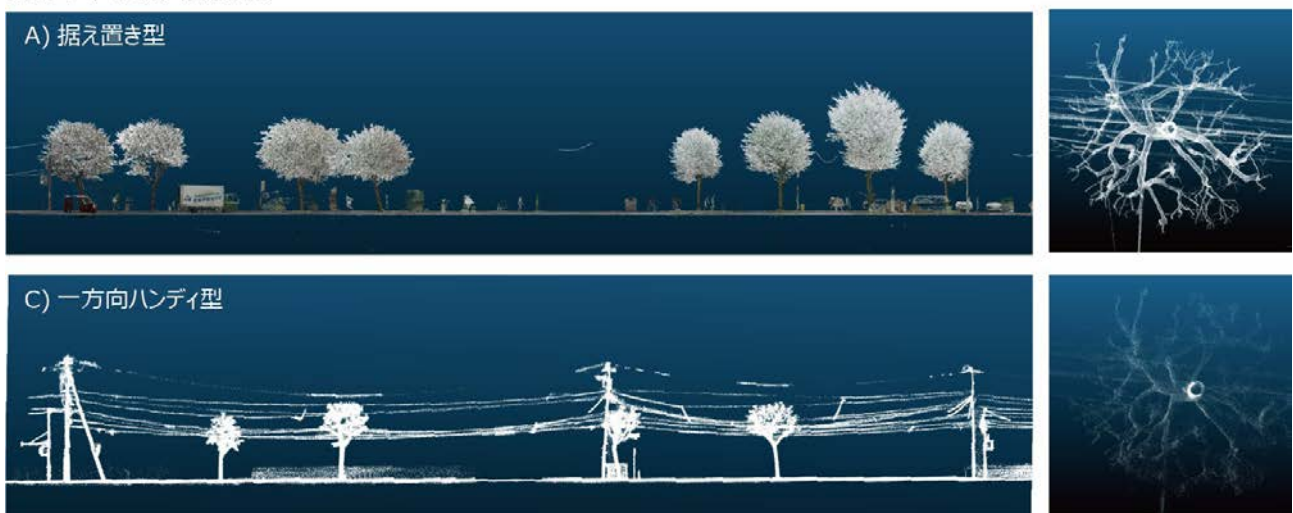


図-4 点群データの縦断および横断の投影図の比較

## (2) 剪定位置およびその後の伸長状況の把握

剪定の適切さの評価のために、剪定位置の特定や徒長枝の有無、懐枝と呼ばれる細かな枝の有無などを判別できるか検証した。図-5 に点群の一部を拡大し、画像として出力したものを示す。

### A) 据え置き型：

樹冠内部も計測でき、前回の剪定痕や枝の分岐、不定芽の萌芽、徒長枝の発生などを明確に判別できた。前回剪定からの伸長量も推定可能であった。

### B) 全方向ハンディ型：

樹冠外側の剪定痕は判別可能だが、樹冠内側の剪定位置や不定芽の萌芽の判別は困難であった。ただし、不定芽から枝が伸びている部分は点群数が多く、色の濃淡から剪定痕の位置を推定できた。樹冠内部のオクルージョン（陰になって点群が取得できない部分）が多いため、重なり合った不定芽の数の正確な判別は難しかった。

C) 一方向ハンディ型については、本研究では剪定後の調査だったため、計測精度の検証と併せて、細部の分析については次年度以降、更なる検証が必要である。

なお、全ての機器において、フリーソフト Cloud Compare の 3DForest プラグイン<sup>13)</sup>を使用することで、路線全体データから複数樹木の樹高を一括で計算することが可能であった。樹高や樹冠データの取得、また樹形を簡易に確認する方法として、現場における汎用性は B) や C) のハンディ型が高いと考えられる。

## 5. まとめ

本研究では、都市部の街路樹管理における LiDAR の有効性と運用方法について検討した。LiDAR 技術は、レーザー光を利用して高精度な距離測定を行うことができ、樹木の詳細な形状や樹高、枝葉の生育状況を把握するために非常に有用であることが確認された。

特に据え置き型 LiDAR は、点群の計測精度が高く、風などの環境要因の影響を受けにくいいため、詳細な樹木データの取得に非常に適している。このデータは、成長曲線の算出や見本樹形の蓄積などに活用できる。一方、

### A) 据え置き型



### B) 全方向ハンディ型



図-5 点群データによる剪定位置の確認

ハンディ型 LiDAR は、精度の面では据え置き型より低いものの、運用面での利便性が高く、街路樹の日常的な点検や樹形管理においては十分な性能を発揮すると考えられる。このように、それぞれの機材の特性を考慮し、目的に応じた LiDAR の選定と運用方法の検討が必要である。

樹木の生育状況や都市計画におけるデータ活用を視野に入れると、取得した 3次元点群データの処理、保存、管理方法が今後の重要な課題として残されている。国土交通省や東京都等が進めている 3次元点群データの要件の整理や取得・統合手順の整備が進むことで、道路や都市開発等の分野で取得したデータの相互利用が可能となり、より効率的で効果的な街路樹管理が実現できると期待される。特に重要なのは、樹木の生育データを長期的に蓄積し、それを基に環境変化に対応した樹形の分析や生育の特徴を把握することである。これにより、適切な樹種剪定や維持管理計画を策定していくことが可能となる。

## 参考文献

- 1) 一般社団法人日本道路協会：道路緑化技術基準・同解説 改訂版，2016.
- 2) 榎本碧，増澤諭香，松田泰明：道路占用物による街路樹管理の課題と改善策，第 66 回（2022 年度）北海道開発技術研究発表会，2023.
- 3) 榎本碧，増澤諭香，松田泰明：剪定強度の違いによる街路樹の生育への影響，第 65 回（2021 年度）北海道開発技術研究発表会，2022.
- 4) 山田建四：樹木画像データベース，光珠内季報，No.133，北海道立総合研究機構，pp.6-9，2004.
- 5) 熊崎理仁：TLS 点群データを用いた 3D 樹木モデルの構築と応用，博士論文，2020.
- 6) 上田真代，松田泰明，小栗ひとみ：街路樹の景観機能と管理状態に関する評価について，第 56 回（平成 26 年度）北海道開発技術研究発表会，2015.
- 7) 一般社団法人日本造園建設業協会：街路樹剪定ハンドブック，2023.
- 8) 上田真代，小栗ひとみ：街路樹の剪定管理について，寒地土木研究所月報 第 745 号，2015.
- 9) 野村：美しい街路樹景観を創る剪定技術：樹木の良好な生育と美しい街路樹景観を実現するための適切な剪定技術と街路樹剪定士制度，道路，no.298，pp.15-19，2018.
- 10) 例えば，札幌市：札幌市街路樹基本方針，2018.
- 11) 榎本碧，増澤諭香，福島宏文：街路樹管理への点群データの利用可能性の検証，第 67 回（2023 年度）北海道開発技術研究発表会，pp.911-914，2024.