

計測点群データからの街路樹情報の抽出 と維持管理への応用

道川 隆士¹・森脇 健斗²・矢吹 信喜³・福田 知弘⁴・
原 圭史郎⁵・栗本 修滋⁶

¹非会員 大阪大学特任助教 環境イノベーションデザインセンター
(〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1)
E-mail: michikawa@ceids.osaka-u.ac.jp

²非会員 元大阪大学工学部 環境・エネルギー工学科

³フェロー会員 大阪大学教授 大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻

⁴正会員 大阪大学准教授 大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻

⁵正会員 大阪大学特任准教授 環境イノベーションデザインセンター

⁶非会員 大阪大学特任教授 環境イノベーションデザインセンター

本報では、車載型レーザースキャナーであるモバイルマッピングシステムで計測された市街地の点群データから街路樹の点群データを抽出する手法を提案する。提案手法の主な貢献は、道路沿いに存在する街路樹と、電柱や信号などの人工物を分類する手法を提案した点にある。本研究では、水平面に投影した点群の最小全域木のエッジの長さに基づく分類指標を提案する。この指標は、街路樹と人工物を分類するのに有効である。実験では、約87%の街路樹を抽出することに成功した。提案手法は、街路樹の維持管理の効率化に貢献することが期待できる。本報では、応用例として台帳作成システムおよび樹間評価システムを紹介すると共に、提案手法の維持管理応用の可能性についても議論する。

Key Words : roadside tree, mobile mapping system, point clouds, minimum spanning tree

1. はじめに

道路に沿って植えられた街路樹は、ヒートアイランド現象の緩和や CO₂ 吸収効果を始めた多様な環境改善効果を持つことが知られている¹⁾。そのため、都市部において積極的に導入されている²⁾。

街路樹の導入に伴い、その維持管理が大きな問題となっている。これは、街路樹が自動車の排気ガスが排出される劣悪な環境にあることから、通常の樹木と比較して衰弱しやすい環境にあるためである。衰弱した樹木を放置することで、災害時に倒壊を引き起こす可能性がある。これは、通行人への被害だけでなく、車両通行の妨害や、電線の断線など社会インフラが毀損される可能性を意味しており、管理する自治体にとって大きなリスク要因となっている。

街路樹の維持管理において問題となるのが、人材不足とコストである。一般的に樹木の管理業務は、樹木医などの有資格者が、診断対象となる樹木を外観の視認により絞り込み、絞り込んだ樹木に対して精密な診断を行う。この業務は、現地に赴くことで行うため、非効率である

だけでなく、紙ベースでの情報入力であるため、情報の散逸などの問題がある。IC タグなどの情報技術を用いることで効率的に診断を行う試み³⁾が進んでいるものの、基本的には、実地での検査が必要であるため、限られたリソースで検査するには限界がある。

本研究の目的は、従来手作業で行われていた街路樹管理を効率的に行うことである。本研究では、モバイルマッピングシステム(MMS: Mobile mapping system)を用いて、街路樹の幾何情報を一括して取得し、街路樹情報を抽出する手法を提案する。MMS とは、自動車にレーザースキャナーや GPS (Global positioning system), IMU(Inertial measuring unit)などを搭載した 3 次元計測装置であり、道路上を走行しながら周囲の物体の表面を点の集合(点群データ)として取得する。本研究では、この点群データから街路樹点群データを抽出する手法を開発し、街路樹の維持管理業務に利用することを目的とする。

提案手法は、大きく分けて、樹木や電柱といった柱状物体の抽出と分類による樹木の抽出に分けられる。柱状物体の抽出では、街路樹の幹が円柱に類似している点に着目し、点群データに含まれる道路や家屋といった不要

な要素を除去したあと、円柱状に分布した点群を見つけるとともに、近接する点群を柱状物体として抽出する。円柱状物体の抽出によって、街路樹の他に電柱や標識などの道路周辺にある人工物も同様に検知する。そこで、それらを樹木とそれ以外に分類する。分類は、点群を垂直方向に投影し、そのばらつきを評価することで行う。ばらつきは、投影した点群に対して最小全域木 (MST: Minimum Spanning Tree)⁹⁾を構築し、その長さを評価することで行う。最小全域木による評価は、従来手法と比較して、より明確に街路樹と人工物を分離できる特徴を持つ。本研究では、提案手法を、札幌市の市街地の MMS データに対して適用した結果についても述べる。

点群データから街路樹の形状を抽出できたことによって、様々な応用が実現する。本報では、街路樹の点群データの応用例として、自動的な台帳作成支援および、街路樹間隔の評価を示すとともに、街路樹点群データの街路樹管理利用への可能性について論じる。

2. 関連研究

MMS など計測された点群データには、街路樹の他に道路や家などが含まれることから、それらを除去する必要がある。また街路樹は、その形状が点群データから周辺の物体を抽出する研究は、信号や電柱などの道路周辺の人工物の点検を目的として行われている。

点群データから街路樹をはじめとした物体を抽出する方法は、大きく分けてパターン認識や機械学習による手法と主成分分析を利用する方法がある。

前者のアプローチとして Yu らの手法⁹⁾があげられる。Yu らの手法は、セグメンテーションの結果に対してサンプルデータとパターンマッチングをすることで対象物体を抽出した。外村らは、局所領域から計算した特徴量をサポートベクトルマシン(SVM)に適用することで分類を行った。これらの手法は、教師データに結果が依存する。多様な種類の樹木が存在する場合それぞれに教師データを用意する必要がある。

後者のアプローチは、局所領域に対して主成分分析を行い、その分布をつかって物体の幾何学的な特徴を推定している。Bremer らは、異なる大きさの近傍点酒豪を用いた主成分分析の結果を利用して、市街地の点群データを地面、壁面、樹木、人工柱状物体などに分類する手法⁹⁾を提案した。しかし、パラメータの設定方法が不明のため、その信頼性は高くない。Yokoyama らの手法⁷⁾は、スムージングを行った点群に対して、局所的な領域における主成分分析結果をもとに、柱状物質度を評価する指標を算出し、円柱状物体の分類に利用している。しかし、実験では、樹木、とくに落葉した樹木と電柱などの柱状

物質の指標値に明確な違いがないことがわかった。そのため、これらに明確な区別をつけることが難しい。

3. 点群データからの街路樹点群データの抽出

(1) 概要

提案手法は、点群データを入力とし、個々の街路樹に相当する点群データを出力とする。図-1 に提案手法の概要を示す。

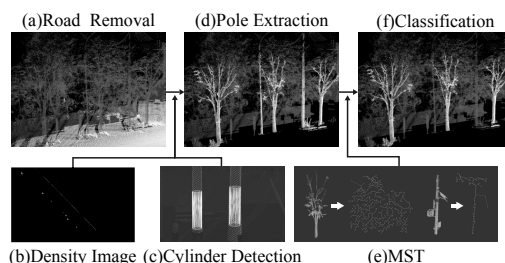


図-1 提案手法の概要

提案手法は、大きく分けて2つのステップからなる。最初のステップでは、点群データから柱状の物体を抽出する。これは街路樹の幹が円柱に近い形状をしているという観察に基づく。柱状物体を抽出するために、まず、道路の点群を除去する。次に、投影図(オルソ図)を用いて不要な点群を除去するとともに、円柱状に存在する箇所を検出し、それに接続する点群を抽出する。この時点では、柱状物体が、街路樹であるか、人工物であるかは不明である。次のステップでは、抽出した点群を街路樹と人工物に分類する。分類には、投影図の点群に対して最小全域木を構築し、その長さによって分類する。

以下、各節にて手法の詳細を述べる。

(2) 点群データからの道路除去

道路部の点群データは、基本的に平面状に分布し、その高低差は十分小さいことから、点群データをユーザ指定の $n \times m$ 個のグリッドに分割し、各セル $G_{i,j}$ の部分集合の点群の分布を評価することで道路を抽出する(図-2)。

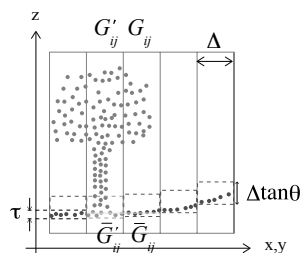


図-2 道路領域の判定

はじめに、明らかに道路面でない点群を除去する。レーザーセンサーの特性上、道路面を表す点群は、最下層に位置している。坂道の傾斜を考慮したとしても、最下層より一定の高さ以上にある点は、道路面であるとは考えられない。そこで、道路面候補となる点群の部分集合 $\overline{G_{i,j}}$ を式(1)の通り定義する。

$$\overline{G_{i,j}} = \{p_k | p_{k,z} - z^0 < \Delta \tan \theta, p_k \in G_{i,j}\}, \quad (1)$$

ただし、 $p_{k,z}$ は、 p_k のz座標値、 z^0 は、 $G_{i,j}$ に含まれる点群の最小z座標値、 Δ はグリッド間隔、 θ は最大傾斜をそれぞれ表す。本論文では $\theta = 30\text{deg}$ で固定している。

$\overline{G_{i,j}}$ が道路面であるかの判定は、 $\overline{G_{i,j}}$ を構成する点に関する分散共分散行列の最小固有値 λ_0 および λ_0 に対応する正規化された固有ベクトルが式(2)、式(3)に示す2つの条件を満たすかで行う。

$$\lambda_0 \leq \tau, \quad (2)$$

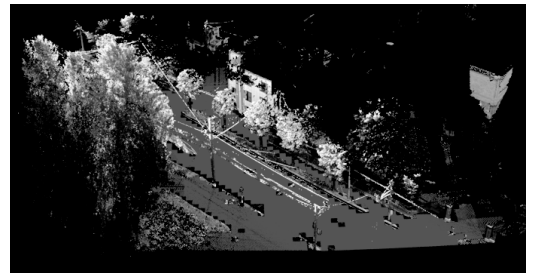
$$|(\bar{\mathbf{v}}_0, (0,0,1)^T)| \geq \cos \theta, \quad (3)$$

ただし、 τ はユーザ指定のパラメータ、 $\langle \cdot, \cdot \rangle$ は内積をそれぞれ表す。式(2)は、 $\overline{G_{i,j}}$ を平面としてみた場合の法線方向($\bar{\mathbf{v}}_0$)の分散が十分小さいことを評価している。本研究では、 $\tau = 0.05\text{m}$ で固定している。式(3)は、法線の向きとの鉛直方向とのズレを評価している。例えば、建物の壁を道路と誤認識しているケースを式(3)で除外する。

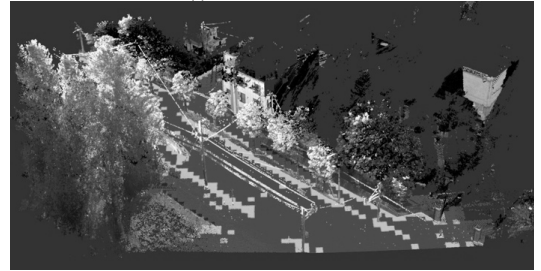
分類の結果、図-3(a)の赤い点群が示す通り、大部分の道路面が抽出できた一方、一部のセルの検出に失敗する。これは、街路樹などの非平面物体が、セルに含まれることで、点群の平面性が失われるためである。このような点群は、個々の街路樹に分離する際に支障となるため、平面部に相当部分は検出し、除去する必要がある。本手法では、道路面と判定されたセルの道路面情報を伝播させることで、道路面と判定されなかったセル $G'_{i,j}$ から道路面に相当する点群 $\overline{G'_{i,j}}$ を、式(4)を用いて抽出する。

$$\overline{G'_{i,j}} = \{p_k | |p_{k,z} - \text{avg}(N)_z| < h, p_k \in G'_{i,j}\}, \quad (4)$$

ただし、 $\text{avg}(N)$ は、 $G'_{i,j}$ に隣接するセル N の平均座標値、 h は、路面と判断する許容量で、 $h = 0.1\text{m}$ である。これは、歩道と車道の段差から算出した。 $\overline{G'_{i,j}}$ に含まれる点群数が $G'_{i,j}$ の50%以上だった場合は、さらに隣接セルへ伝播させる。以上の処理を行った結果を図-3(b)に示す。黄色の点群が本手法で分類した結果である。図が示す通り、道路面のほとんどを検出できていることが確認できる。ここで検出された点群は、明らかに街路樹ではないので除去する。



(a) 初期抽出結果



(b) 最終結果

図-3 道路領域検出結果

(3) 円柱状物体の抽出

本ステップでは、道路面を除去した点群に対して円柱状の点群を抽出する。これは、街路樹の幹が円柱に近似できるという観察に基づく。点群データから任意の3次元の円柱を抽出することは計算量の面で問題があるため、本手法では、Linvyら⁹⁾が行った、投影図を用いた街路樹が存在しそうな箇所の絞り込みにより計算量を削減する。

投影図の各ピクセル (x, y) には、その領域に含まれる点群 $I_{x,y}$ から計算した密度画像 $\rho_{x,y}$ が格納される(式(5))。

$$\rho_{x,y} = \sum_{p_i \in I_{x,y}} w(p_{i,z} - z^0), \quad (5)$$

$w(h)$ は2値化関数で、 $w(h) \leq H_d$ の場合は1を、それ以外は0を返す。図-4(a)に、計算した投影図を示す。各ピクセルの画素値は、投影図内の画素値の最大値によって正規化した。図から、垂直に点が計測されている物体、例えば樹木や信号、壁などの輝度値が高く、枝葉などは点数が少ないため、輝度値が低いことが確認できる。この画像に対して、閾値 e で2値化することで街路樹がある領域を絞り込む(図-4(b))。

絞り込んだ点群に対してRANSAC法⁹⁾によって円柱を当てはめて柱状物体を抽出する。RANSAC法で円柱を抽出するのに必要なパラメータは7個であり、このパラメータを算出するために、サンプリングでは、任意の2点の座標値および、その法線ベクトルからパラメータを決定し、スコアを計算する。パラメータに対するスコアは、円柱面からの距離が $\lambda_c = 0.015\text{m}$ 以下の点数を用

いる。図-5に抽出した結果を示す。抽出した円柱を白色のワイヤフレームで表示している。

この方法は、街路樹のような柱状物質の他に、ブロック状になった壁面の門を抽出する場合がある。このような結果を除外するために、点群が、円柱面上に乗っている領域を評価する。円柱状物体の場合は、点群が十分円柱面上にあるのに対し

て、壁などは一部分しか乗らない。

実験では、閾値 θ_c は100-150 degが適切であるという結果を得た。



(a) 投影図 (b) 2値化結果

図-4 投影図の生成

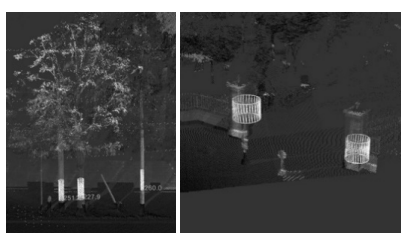


図-5 円柱フィッティング結果

得られた円柱に沿って柱状物体が存在することがわかったが、点群自体は、分離されていないため、円柱当てはめ結果を用いて、柱状物体を分離する。始めに、 z 方向に圧縮率 λ_z で圧縮した点群に対して、2点間の距離が r_z 以内の頂点間にエッジを追加してグラフ構造(Riemannian グラフ¹⁰⁾)を生成する。このグラフに対して、各円柱から λ_c 以内の点群を初期シードとして、領域拡張法を用いることで、クラスタリングを行う。これにより、樹木が隣接して、枝葉が重なるような箇所はおおよそ中間で分離できるになる。図-6に柱状物体を分離した結果を示す。図中の色が異なる点群がそれぞれ柱状物体と認識された点群データである。

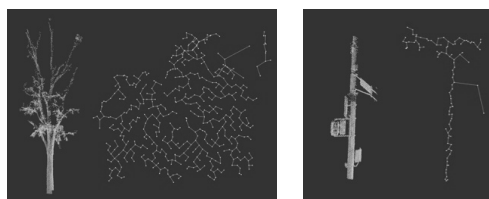


図-6 柱状物体抽出結果

(4) 最小全域木を用いた柱状物体の分類

前節で述べた抽出方法で抽出できるのは、円柱状の形状を含む物体であり、その中には、街路樹だけでなく、電柱や信号なども含まれる。本節では、これらを街路樹とそれ以外に分類する方法について述べる。

街路樹は、幹を中心として、均等に広がっている。一方、電柱などの人工物の広がり是不均一である。本手法では、その広がりを投影した点群の最小全域木(Minimum spanning tree)のエッジの総和 L を評価することで定量的に評価する。各点群データに対して、0.3 m 間隔のグリッドでサンプリングし、点密度を均一にする。次に、円柱の中心から半径1.5[m]内の点群を用いて、最小全域木を作成する。最小全域木の生成には、Kruskalのアルゴリズムを利用する。生成された最小全域木のエッジの操作を計算することで分類の指標とする。図-7に作成した最小全域木を示す。街路樹と電柱とは、その長さに明確な違いがあることがわかる。実際に複数の点群データに対して指標を計算した結果を図-8に示す。比較のため、Yokoyama らの pole-like object(PLO)指標⁷⁾と比較したところ、PLOは、指標の範囲が、樹木と人工物との間で重なっているのに対して、提案手法は、人工物と街路樹間で明確に分離できていることが確認できる。



街路樹 電柱
図-7 投影図の最小全域木による分類

4. 計算結果

本研究では、提案手法をプログラムとして実装し、MMS で計測した北海道札幌市の市街地の点群データに対して適用した。抽出結果を図-9に示す。図の白い円柱のワイヤフレームが柱状物体抽出結果、赤く描画された点群が街路樹データをそれぞれ表す。電柱などの人工物と街路樹を区別できていることが確認できる。

実際に、目視で確認した結果と比較したまとめを表-1に示す。目視で確認した123本の街路樹に対して、提案手法は121個の点群クラスを街路樹として抽出した。このうち、87%に当たる108個の街路樹点群データを正しく抽出できた。一方、13個を誤認識するとともに、15本の街路樹を抽出し損なっている。

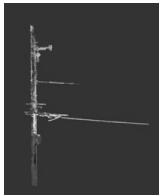
									
PLO	92	81	61	62	52	53	63	63	36
MST	3	8	12	15	32	36	42	62	170

図-8 Plane-like object 指標との比較

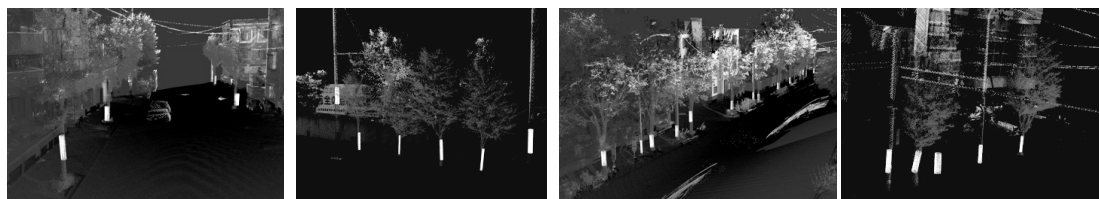
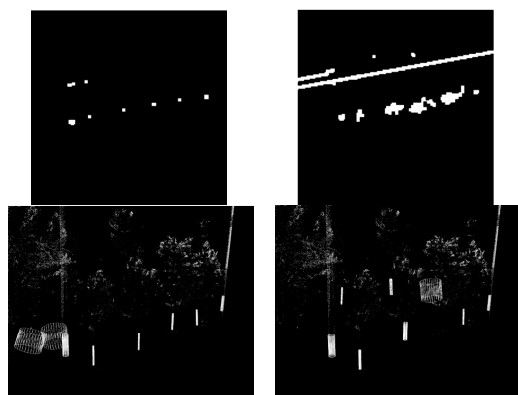


図-9 街路樹抽出結果

表-1 抽出結果

Ground truth	123
Num. of extracted clusters as roadside trees	121
True Positive	108
False Positive	13
# missed trees	15

誤判定の原因は、大きく分けて2つある。一つは、投影図生成時の2値化によるものである。図-10に例を示す。計測密度などにより、個々の樹の投影図の密度は異なるため、単一の閾値では、樹幹の点群と全て抽出することは困難である。その結果、不要な点群が残り、円柱抽出ができなくなる。もう一つの原因は、円柱の設置状況によって分類で失敗する場合である。図-11の中心付近にある電柱は、2本固まって配置されている。提案手法では、これを1本のオブジェクトとして認識してしまうため、最小全域木のエッジの総和が大きくなり、街路樹と判定されてしまう。



閾値 50

閾値 15

図-10 パラメータによる抽出結果の違い



図-11 失敗例

提案手法の主な制限事項は、手法が高木の抽出を想定しており、それ以外の樹木の抽出は想定していない点である。例えば、植え込みなどの検出は、不可能である。また、高木であったとしても塀などで隠れている場合は失敗する可能性が高い。これは、円柱抽出の際に、十分な数の点群が必要であるためである。

5. 街路樹点群データの維持管理への応用

(1) 概要

提案手法によって抽出した街路樹の点群データは、様々な街路樹管理業務に利用出来ることが期待できる。本節では、抽出した点群データを利用した応用例を示すとともに、街路樹の点群データ利用の可能性について論じる。

(2) 街路樹台帳の自動生成

街路樹は、自治体などの管理主体が台帳を用いて管理している。台帳には、植栽位置、幹の直径、樹高などの他に写真などが付与されている場合もある。これらの

情報取得には、トータルステーションなどの計測機器を用いることが多いが、各樹木に対して計測をしないといけないため、非効率である。一方、MMSは、レーザースキャナーから見える範囲に限定されるものの、道路沿いの広範囲な空間を計測出来ることから、効率的に計測出来る。

図-12(a)に、MMSから取得した点群データから抽出した街路樹の位置をGoogle Maps (<https://maps.google.com>)に反映させた例を示す。街路樹の位置は、MMSから出力された情報を用いて緯度経度からなる座標系に変換し、各街路樹の位置を赤色のピンで表示させた。図-12(b)に対応する点群データの投影図を示す。地図へのマッピングでは、GPSのエラーにより、全体的に平行移動分のズレがあったが、全ての点をずらすことで正しい位置にマッピングできた。幹の直径は近似になるが、樹高や樹冠底面は該当する点群と道路面との差を計算することで計算できる。

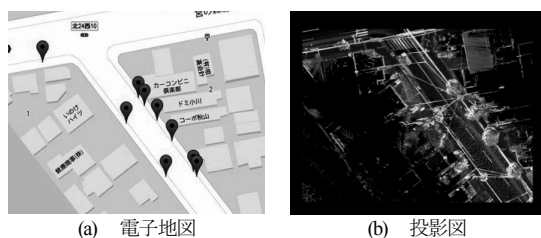


図-12 街路樹台帳の自動生成への応用

(3) 植栽設定基準支援

街路樹の植栽位置や間隔といった植栽設定は、管理主体によってその基準が定義されている。例えば、東京都江東区は、幅員3m以上の歩道には、高さ5m以上の樹木を8m間隔で植栽し、2.5-3.0mの歩道には、高さ2.5-5.0mの樹木を6m間隔で植栽するという基準を決めている¹¹⁾。このような植栽基準は、快適な道路環境の提供と共に都市景観の形成に貢献する。一方、道路環境の急激な変化により、植栽基準を新規に設定することがある。この時、MMSで計測した点群データを利用すれば、現地に出向かなくとも植栽基準を設定出来る。

本研究では、街路樹の間隔を点群データから評価し、ユーザ指定の条件を満たしているかを可視化するシステムを構築した。図-13に作成したシステムを示す。システムでは、街路樹間隔を 8.5 ± 1.0 mとし、その基準から外れる街路樹間隔を赤で強調表示した。間隔を評価する基準となる点は、円柱当てはめ時の中心点を利用した。街路樹を抽出できていればこのような評価は、自動的に行えるだけでなく、パラメータ調整による対話的な可視化が実現し、利用者の意思決定を円滑にできることが期待できる。



図-13 植栽設定基準支援

(4) 議論

MMSで計測出来る点群データは、走行地点から見える範囲以外は取得できないため、2車線から計測できるよう分離帯に植えられた街路樹を除いて、おおよそ全体の半分強の点群しか取ることができない。そのため、正確な街路樹の形状は取得できず、抽出した街路樹の点群データの使用方法としては、樹高や、幹の直径といった簡単なものに限られる。もし詳細な幾何データが必要な場合は、固定式レーザースキャナーを使えばある程度解決するものの、計測の手間はMMSと比較すると大きい。一方、樹高や幹の半径は、MMSから得られる点群データから容易に取得出来ることから、MMSデータは、包括的な検査用途では非常に有効な手段である。例えば、精密な診断を行う前の外観診断などにおいてMMSのデータが有効になると考えている。

また、MMSの利点である効率的な計測は、自然物の経年変化の追跡に有効である。通常MMSは、道路標識やトンネル壁面のような人工物を計測することが多く、経年変化の追跡も数年に一度であることが多い。一方街路樹をはじめとした自然物は、年々成長するだけでなく、季節によっても落葉などでその形は大きく異なる。短い時間間隔で同じ地点を計測すれば、その差分から街路樹による道路標識遮蔽や、安全面での評価が出来ると考えられる。ただし、MMSが普及していない現在においては、計測コストがボトルネックとなるため、実用化には課題が多い。

6. まとめと今後の展望

本報では、MMSによって計測された市街地の点群データから街路樹を自動的に抽出する手法を提案した。提案手法は、点群データから抽出した街路樹や電柱などの柱状物体の点群データに対して、最小全域木を用いた指標を用いて街路樹とそれ以外に分類した。この指標は、

従来手法と比較して人工物と街路樹を分類するのに有効である。実際に、札幌市の市街地を対象とした評価では、87%の街路樹を抽出できたことを確認した。また、得られた街路樹情報を利用した維持管理業務への応用例を示すとともに、維持管理業務に点群データを利用することの可能性を示した。

今後の展望としては、抽出精度の向上があげられる。ただし、全ての街路樹を、本手法または類似手法で取得することは難しいと考えられることから、ユーザによる最小限の入力を許すことで、効率的に取得する方法が重要になると考えられる。その中では、森のように複数の樹木が重なっているような箇所の抽出も必要になると考えられる。また、点群データを利用した維持管理への応用分野の開拓も今後の課題としてあげられる。

謝辞：本実験に使用したデータは、北海道大学大学院情報科学研究科デジタル幾何処理工学研究室およびアジア航測株式会社から提供されたものである。

参考文献

- 河野仁：ヒートアイランド対策のための街路樹の配置，日本建築学会大会学術講演梗概集（近畿），pp.693-694，2005.
- 国土交通省 国土技術政策総合研究所：わが国の街路樹 VII，< <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryounn/tnn0780pdf/ks0780.pdf>>，2014。（2015/02/16 参照）
- 矢吹信喜，芦田雄太，福田知弘，道川隆士：“NFC 準拠 IC タグを用いた街路樹の情報管理システムの開発”，土木学会論文集 F3(土木情報学),Vol. 70, No. 2, pp. 1_177-1_184, 2014.
- Joseph. B. Kruskal：On the Shortest Spanning Subtree of a Graph and the Traveling Salesman Problem, Proceedings of the American Mathematical Society, Vol. 7, No. 1, p. 48-50, 1956.
- Y. Yu, J. Li, H. Huan, D. Zai, C. Wang：Automated extraction of 3D trees from mobile LiDAR point clouds, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-5, pp.629-632, 2014.
- M. Bremer, V. Wichmann, M. Rutzinger：Eigenvalue and graph-based object extraction from mobile laser scanning point clouds, ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume II-5/W2, pp.55-60, 2013.
- Hiroki Yokoyama, Hiroaka Date, Satoshi Kanai, Hiroshi Takeda：Detection and Classification of Pole-like Objects from Mobile Laser Scanning Data of Urban Environments, International Journal of CAD/CAM, Vol 13, No 2, pp.31-40, 2013.
- Yotam Livny, Feilong Yan, Matt Olson, Baoquan Chen, Hao Zhang, Jihad El-Sana：Automatic Reconstruction of Tree Skeletal Structures from Point Clouds, ACM Transaction of Graphics - Proceedings of ACM SIGGRAPH Asia 2010, Volume 29, Issue 6, 2010.
- Martin A. Fischler, Robert C. Bolles：Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography, Comm. of the ACM 24, Vol. 24, pp.381-395, 1981.
- Hugues Hoppe, Tony DeRose, Tom Duchamp, John McDonald, and Werner Stuetzle：Surface reconstruction from unorganized points. In Proceedings of the 19th annual conference on Computer graphics and interactive techniques (SIGGRAPH '92), 71-78, 1992.
- 江東区街路樹充実連絡会：江東区内における街路樹充実計画，< <https://www.city.koto.lg.jp/seikatsu/douro/gairoju/gairoju.html>>，2010。（2015/02/16 参照）。（2015.8.28 受付）

EXTRACTION OF ROADSIDE TREES FROM POINT CLOUDS AND ITS APPLICATION TO MAINTENANCE

Takashi MICHIKAWA, Kento MORIWAKI, Nobuyoshi YABUKI, Tomohiro FUKUDA,
Keishiro HARA and Shuji KURIMOTO

This paper introduces a method for extracting point data of roadside trees from scanned points by mobile mapping systems. Our technical contribution of this problem is to classify point data of pole-like objects into trees and other artificial objects such as utility poles and traffic signs. Our idea is to introduce a new metric defined by total length of minimum spanning trees of point set project onto horizontal plane. This metric works well for classifying natural and artificial objects. Indeed, our experimental results shows about 87 % trees can be extracted from point clouds. We also shows several applications for efficient management of roadside trees including automatic building of inventory of trees and evaluation of tree intervals.