

令和5年度 第3回
歩行空間の3次元地図ワーキンググループ 議事概要

1. 開催日時等

日 時：令和6年1月30日（火） 13：00～15：00

場 所：リファレンス西新宿大京ビル貸会議室 S506 会議室（オンライン参加併用）

[構 成 員]

有 識 者：佐田 達典 日本大学理工学部交通システム工学科 教授

田中 圭 日本大学経済学部 専任講師

中村 良介 国立研究開発法人産業技術総合研究所

人工知能研究センター 総括研究主幹

岩崎 秀司 一般社団法人社会基盤情報流通推進協議会 理事

自 治 体：東京都 建設局 道路管理部保全課

静岡県 デジタル戦略局

関係省庁：国土交通省 道路局 企画課 評価室

国土交通省 国土地理院 企画部 地理空間情報企画課

事 業 者：LOMBY 株式会社

ソフトバンク株式会社

株式会社マップフォー

株式会社 ZMP

[オブザーバー]

関係省庁：経済産業省 商務・サービスグループ 物流企画室

国土交通省 都市局 都市政策課

事 業 者：WHILL 株式会社

[事 務 局]

国土交通省 政策統括官付

2. 議事概要

(1) 議事

1) 多様な3次元点群データの整備及び活用について

【1) に対するご意見および質疑応答】

- ・ 点群統合に関して、計算時間の観点から地物を抽出し ICP アルゴリズムでマッチングしたという話であるが、ICP 以外のアルゴリズムは検討したか。
- ・ 第2回ワーキングにおいても報告したが、点群統合の6つの手法について、メリットとデメリットを踏まえ検討した結果として、ICP 系アルゴリズムによる統合を行った。

第 2 回ワーキングでは、ベースとする点群がドリフトしてしまうと統合が難しいのではないかという意見をいただいたが、点群全てを統合するのではなく、ベースとなる点群に小さな範囲で点群を重ね合わせる方法であれば対応可能であると考えた。また、ICP 系アルゴリズムによる点群統合は、反復処理を続けることによる計算時間の遅さがデメリットであったが、重ね合わせる点群間で目星となるサンプル箇所が存在する場合、移動量のみを計算して合体させることにより処理時間の短縮を図っている。

- ロボット走行を行う場合、事前走行を行い自分の LiDAR で 3 次元地図を整備する方法が考えられる。一方で、今回の実証のように道路を計測した MMS 点群が存在し、歩道はバックパック型スキャナ等により計測する方法も存在する。1 台のロボットのみでの走行ならば、前者の方法がスピード・コストの面で良いと考えられるが、複数種類のロボットがそれぞれ走行するならば、後者の方がコストバランスが良く、データの相互利用性の観点からも良いと考えられる。このような事前の 3 次元地図の整備について、コストバランスの検討は行ったか。もしくは今後の検討予定はあるか。
- 第 2 回ワーキングで意見をいただいた競争領域と協調領域の区分に関連する意見であるが、国土交通省が競争領域と協調領域の区分を提示することは難しい。社会全体としてコストがかかるという問題については、現時点で確たる答えはない状況である。3 次元点群データを整備することのインセンティブに関しては、各自治体で計測されている公共測量等のデータをいかに活用するかという視点でスタートしており、ロボット事業者側のメリットとしてはロボットが走行可能な環境が整備されることによる事業の拡大が考えられる。また、自治体側のメリットとしてはデータの取得・整備によってロボット事業者等が参入しやすくなり、地域の魅力が向上することが考えられる。
- 車載 MMS 点群や台車搭載 MMS 点群をベースとした点群の統合手法を検討したという説明であったが、車載 MMS 点群や台車搭載 MMS 点群の計測がない地域においても、今後自動走行ロボットが走行を試みる可能性がある。その際の 3 次元地図の整備には、地方整備局が計測した MMS 点群を活用する案があるものの、現時点では、地方整備局は基本的に直轄国道の計測しか行っていないと考えられる。したがって、ベース点群データが計測されていない直轄国道以外の道路における 3 次元地図の整備についても想定する必要がある。その際、バックパック型スキャナやスマートフォン LiDAR により計測された点群データをどのように 3 次元地図整備に活用するか、例えば、航空写真や航空レーザー等による位置合わせ等の手法についての検討は行っているか。
- 3 次元地図の整備時には、一部 MMS 点群のない領域も想定して整備している。
- そのような領域も、ベース点群として使用可能な MMS 点群が計測済みの部分から位置合わせするという理解であった。
- バックパック型スキャナ等で計測した点群データは、GCP で補正を行うことで精度

が大きく向上するため、MMS 点群が未計測の場合は GCP 補正を行った点群データをベースにすることを考えている。しかし、直轄国道については MMS 点群の整備が進んでいることに加え、自治体においても ICT 戦略の策定により MMS 点群の計測が進んできているため、MMS 点群をベース点群とする手法で、3 次元地図の整備が可能な地域が増えていくことを想定している。

- 航空レーザーを用いて位置合わせすることは難しいか。
- 航空レーザーで測定した点群データは点密度が低くターゲットとなる地物を探ることが難しいため、多様なセンサーで歩道を計測した点群等の位置合わせのために使用するの現時点では難しいと考えている。
- 航空レーザー単体だと位置合わせに使えないという問題は、航空レーザーと航空写真を組み合わせて利用する等、手法の組み合わせによって解決できないか。3 次元地図の整備普及のために今後検討すべきであると考えている。
- 組み合わせを含めた手法については、引き続き検討する。
- スマートフォン LiDAR で計測した点群データを航空レーザーと写真を用いて補正するという方法は、点群の位置合わせという点では可能ではないかと感じる。高さや点密度という点では課題があるものの、静岡県でも航空レーザーを用いた位置合わせを検討したことがあり、点群データの方向のずれを航空レーザーで補正するという手法は検討に値すると考える。
- 今回、地方整備局の MMS 計測点群データを利用しているということだが、この成果は各地方整備局に整備された簡易 MMS のデータなのか、業務において別途計測された MMS データなのかどちらか。
 - 今回使用している MMS データは、各地方整備局で数年前に調達した MMS データである。
 - 超高密度 MMS データほどの点密度がなくても、今回の手法に適用できるということか。
 - 実証時には位置合わせに苦労した。歩道上の点群密度が低く、計測時期が夏季のため、草木が茂っている箇所で見られず欠損が多く見られた。開発した点群統合ツールでの位置合わせが困難だったため、手動による位置合わせを行った。
 - 静岡県が業務で MMS を使用し点群データを計測する際には、点密度は 400 点/m² 以上取得することとなっている。ロボット事業者によると、各地方整備局の簡易 MMS により計測された点群データは 400 点/m² 程の点密度に達しないということだが、それでも問題がないのか。
 - 車道上の点群密度は問題がないが、歩道上は点群密度が低くなってしまいうので、複数車線あるうちの一番歩道側の車線を走行した MMS の計測データを使用した。車道の中央線に近い車線を走行して取得したデータと歩道上の点群データを統合することは難しいと感じている。

- ・今回様々な点群データで検証を行ったのはとても意義深いと考える。
- ・今回の実証によると、自動走行ロボットの走行要件とバリア情報の抽出要件を同時に満たす計測方法は台車搭載 MMS のみということか。その場合、現状では行政が保有する点群データを活用するのではなく、新規に計測を行う必要があるが、台車搭載 MMS による計測を誰が担当するのかについて見通しはあるか。仮にロボット事業者が新規に計測を行うとすると、歩道上の点群データが欲しい行政側がロボット搭載 LiDAR の高性能化に対して補助を出し、事業者はデータをオープンデータとするという仕組みが成り立つのではないか。
- ・整備する 3 次元地図がロボット走行とバリア情報抽出の両方で利用可能であるのが理想だが、どの程度の精度で利用可能か未知の状態です 3 次元地図の整備をスタートしており、今回、ロボット走行に使用可能な 3 次元地図が整備できたというのは、1 つ大きな成果であると考えている。バリア情報の抽出に関しては、カメラやセンサーの性能向上や計測手法の工夫等、課題となる部分がある。今回は計測手法単体について検討したが、バリア情報抽出に対して点群データが利用可能かどうかについては、車道を走行した MMS と歩道で計測したスマートフォン LiDAR 等の計測手法の組み合わせにより抽出の精度を向上できる可能性がある。また、バリア情報の抽出を応用し、道路のデータを収集したい道路管理者に対して、抽出可能なデータの種類を提案できると考える。まずは、簡易 MMS 等の点密度が低いデータをベースとした場合でも、自動配送ロボット走行に活用できる 3 次元地図が整備できるという点を押し出していききたい。
- ・自治体としては、業務として MMS による計測を行うことが多くなってきたものの、基礎自治体で点群データを計測することは現段階では難しい。その場合、地方整備局が道路パトロールを行う際に簡易 MMS を用いて道路を隈なく計測してもらうか、もしくは、自治体に簡易 MMS を貸し出し、自治体による日々の道路パトロールの中で点群データも取得するという仕組みが有効ではないか。
- ・いただいた意見も含め、点群データを整備する仕組みについて引き続き検討していく。
- ・今回、川崎市という大きな自治体で実証を行ったとのことで、フィルタリングの除去対象物も多かったと思われる。フィルタリングにおける手作業の時間はどの程度かかったか。
 - ・今回はデータサイズ 600MB ごとに点群を分けたため、処理時間は 1 分未満と短時間で処理できたと考えている。
 - ・自ら iPhone の LiDAR により計測した点群でフィルタリングを行った際に、非常に大変であった。その際は、色情報よりも点密度や高さを精度良く取得したかったため、早朝にデータを計測することでフィルタリングの手間を減らすことができた。除去漏れや過剰除去を防いだり、手作業を減らしたりするためには計測時間帯を変える

ことも有効であると考えられる。

- ・今回の検証においても、朝に取得しているデータに関しては、ノイズの映り込みが少ない。また、ハンディ型 LiDAR の点群データでは、ノイズの映り込みが多いデータであっても、フィルタリングにより歩行者や自転車をきれいに除去することができる。しかし課題としてあったように、スマートフォン LiDAR で傾斜している道を計測した場合、今回の検証のように高さ情報に基づきノイズ除去するプログラムでは、ノイズが除去できない部分がある。加えて、今回検証を行った川崎駅周辺には平坦な道が多かったため、傾斜がある道の点群データでの検証も課題と考えている。
- ・スマートフォン LiDAR で点群データを計測する場合、点群取得と同時に撮影・蓄積される写真データを SfM にかけて二次的に点群データを作成するという方法も考えられる。この写真データについては、デジカメで別途撮影した方が精度は良いと思う。写真データを SfM にかけて整備した点群データは、スマートフォン LiDAR で計測する点群データよりも、点密度はかなり高くなる。SfM で作成した点群データを今回の統合に組み込むという方法は有効か。
- ・有効だと考えるが、点群の点密度に関しては、今回使用した iPhone 13 Pro では LiDAR だけではなく Visual SLAM でも点群を生成するため、ハンディ型 LiDAR よりも高密度な点群データを生成できた。
- ・フィルタリングツールは何を使用しているか。
 - ・オープンソースであるが、主に PCL を使用している。
- ・車載 MMS は点群をきれいに取得できているが、台車搭載 MMS はデータにがたつきが見られる。スマートフォン LiDAR で計測した点群データは、思いのほかきれいに取得できている。このような計測手法ごとの特徴を捉えて、適切に活用していくことが重要であると感じた。

2) 歩行空間ナビゲーションデータプラットフォーム（ほこナビ DP）について

【2) に対するご意見および質疑応答】

- ・ほこナビ DP の仕組みにおいて、今までのオープンデータサイトと異なる面白い部分として、データ登録者がデータ利用者にもなり得る点があげられる。例えば、ロボット事業者がデータ登録者として、取得した点群データを登録してベース点群で位置合わせを行い、データ利用者として、自身が登録したデータを使用するといった使い方が考えられる。自身や他事業者が登録した点群データがフィルタリング・統合され、再び自社や他事業者が使用可能となるようなほこナビ DP の循環システムについて、今後の活用可能性をロボット事業者にお聞きしたい。また、議事（1）の報告にあった通り、スマートフォン LiDAR で計測した点群でも、ベース点群で位置合わせを行えば自動配送ロボットの自己位置推定処理に使用可能である。したがって、ロボット事業者がスマートフォン LiDAR で点群を取得し、ほこナビ DP 上でベース点群での位置合わせを行うと

いう方法であれば、今までの計測方法より低コストでロボット走行のための 3 次元地図を整備可能となることが期待できる。以上のことも、データの登録・利用のサイクルを円滑に回す要因となるのではないか。

- ・事業者間での点群データの共有については以前から検討していたが、共有のプラットフォームが無い点が課題であったため、今回のデータプラットフォームプロトタイプは興味深いものであった。自動配送ロボット毎で独自に使用する 3 次元地図は整備可能だが、現状は緯度経度を合わせる等、他システムとの連携が取りにくいいため、データプラットフォーム上で他の点群データと連携しキャリブレーションされた 3 次元地図が入手できるならば面白い。フィルタリングの機能についても、事業者独自で手作業でのフィルタリングを行うことは大変なので、プラットフォーム上で機能が提供されれば、処理を一部プラットフォーム側で行えるという点で、一社だけで使用する場合にも使いやすい。また、点群データの最適な点密度等は、ルート設定時、ロボット走行時、ロボットの種類によって異なってくる。様々な利用場面やロボットの種類に対応する上で、データプラットフォーム上に点密度の変換機能もあると使い勝手が良い。
- ・G 空間情報センター等、他オープンデータプラットフォームとの連携も検討してほしい。
- ・他のオープンデータプラットフォームとの連携に関して、プラットフォームはなるべく乱立しないでほしい。各自治体では現在、AIGID が運営している自治体版オンライン電子納品システム『My City Construction』を用いた納品を進めている。自治体や納品事業者としては、複数プラットフォームへの登録が必要となることは望ましくなく、業務で取得した点群データがプラットフォームに反映されない可能性も高まる。そこで、AIGID と連携の上、『My City Construction』ポータルサイトにほこナビ DP へのリンクを貼る等、データ登録の入口は 1 つとすることを検討してほしい。また、国のオンライン電子納品システム等があれば、同様に連携するのが良いと考える。
- ・日本測量調査技術協会の運営の下、どの事業者がどの自治体の業務で航空レーザー測量を行ったかを地図上にエリア表示するポータルサイトが存在する。例えば今回の能登半島地震に関しても、石川県が令和 2 年度と 4 年度に航空レーザー測量を行ったということをポータルサイト上で参照することができた。ほとんどの測量事業者は日本測量調査技術協会に所属していると予想されるので、そのポータルサイトに点群データの登録を行うのはどうか。ユーザーからすると、データ登録が必要なプラットフォームが乱立することにより、データの登録忘れが起こる可能性がある。
- ・今回の報告はプロトタイプであり、内部機能を先行で検討中である。本格運用の際には他プラットフォームとの連携等の外部機能も必要となるため、いただいた意見をもとに検討したい。
- ・3 次元地図整備システムのツールは、データ管理者が使用するイメージか。

- ・現時点では、システムの利用者について明確な想定は無い。データ登録者とデータ運用管理者とデータ利用者は、一体であることも考えられる。また、統合処理は専門的な部分も含まれるため、一般の自治体職員では扱いが難しく、作業を委託することも想定される。
- ・データ登録者が、データをアップロードする前に、どのようなフィルタリング処理が行われるか事前に確認できると、アップロードして良いデータかの判断ができる。データ運用管理者の負担軽減にも繋がるため、ツールを公開された方が良い。
- ・ほこナビ DP は、自治体が地域の魅力を上げるための支援ツールとしての運用をベースとするが、使い道は幅広く考えられるため、仕組みを含めて検討したい。また、PC が使用できる自治体職員であれば、講習会等で使用方法を教えることで操作できると考えている。講習会の開催等を含めて、今後の運用を検討したい。
- ・公開する際に、メタデータ等の文字情報だけでなく、サムネイルがあると利用者がすぐにデータを把握しやすい。点群データを PC 画面に表示させる処理には時間が掛かるため、事前に画像があると良い。
 - ・数個のデータ程度であれば、10～20 秒程度でデータの概形を表示し、拡大するとデータを詳細化して表示できるよう階層構造を持たせている。
- ・G 空間情報センターとの連携や、全てのデータが 1 箇所からダウンロードできる仕組みが検討されると、普及に繋がると考えられる。
- ・データを公開する場所は集約されている方が、管理の面でも良い。また、ロボット向けに必要な統合処理やフィルタリングは、API 連携の機能を実現するという面において、このようなシステムが構築されることは有効だと感じた。
- ・データを統合させる際の特徴物は、手動で指定している部分があるが、今後技術が進展すれば自動化が可能な領域だと考えられる。データの登録者がアップロードした点群情報から、紐付けられた精度情報をもとに、ベース点群とするデータの指定やデータ統合の順番を決定できるようになると思う。自動化率が上がることで、データ運用管理者の作業が最終データの目視確認のみで済み、負担軽減と実用性の向上に繋がると思う。
 - ・今回は初期のプロトタイプだが、技術の進展状況を見ながら改良していきたい。
- ・商店街の歩道を整備・データ化する際に、自分のお店の前のデータをアップロードしてもらおう等、手作り感のある身近な取り組みから実施すると良いのではないかと。商店街にとっても、歩行者や障害者が来れることや、ロボットが通行できる等のアピールに繋がると、インセンティブになるのではないかと。技術面のみならず、ソフト面の柔軟な発想も必要になると思う。

以上