

車いすの走行位置決定への 三次元点群データの活用可能性

八木澤 柊斗¹・江守 央²・佐田 達典³

¹ 学生会員 日本大学大学院 理工学研究科交通システム工学専攻
(〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1)
E-mail: cssh20017@g.nihon-u.ac.jp

² 正会員 日本大学准教授 交通システム工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1)
E-mail: emori.hisashi@nihon-u.ac.jp

³ 正会員 日本大学教授 交通システム工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1)
E-mail: sada.tatsunori@nihon-u.ac.jp

わが国では少子高齢化が進み、将来的に移動制約者の割合増加が見込まれている。そのため国土交通省では、測位技術や情報データ等により構成される歩行者移動支援サービスの普及を目指している。本研究では、この構成要素の情報データのうち歩行空間ネットワークデータに着目している。過去の研究により、点群をグリッドデータ化し、グリッドサイズに配慮することで三次元点群データを用いてバリアの検出を行うことが可能と示されたため、本研究では車いすの移動に際して制約条件を与えた場合でも三次元点群データが活用可能であるかの検証を行う。過去の研究によると三次元点群データをグリッドサイズ 0.050 m とすることで正確にバリア検出が可能とされたが、車いすを対象とする際には、車いすのサイズに合わせたグリッドサイズに設定することが必要となる。グリッドサイズが変化すると、検出精度の低下が見込まれるため、車いすに対応した条件にすることでバリアの検出が可能であるかの検証を行う。

Key Words: *Barrier-free, 3D point cloud data, Mobile mapping system, Pedestrian space network data, wheelchair*

1. はじめに

わが国では、少子高齢化が年々進行しており、令和元(2019)年10月1日現在、総人口1億2,617人に対して、65歳以上の人口は、3,589万人であり、総人口に占める65歳以上人口の割合(高齢化率)は28.4%となっている。この状況が継続すると令和47年(2065)年には、高齢者が約2.6人に一人の割合となることが推測されている¹⁾。このような中、国土交通省では歩行者移動支援サービスの普及を目指している。歩行者移動支援サービスとは、様々な場面における利用者の情報ニーズに応え、バリアフリー対応の移動経路や施設の情報等を提供するサービスである²⁾。例えば、個人の身体的状況やニーズに応じて、段差や急勾配、幅員の狭い経路等を避けたバリアフリー経路の検索や経路検索が可能となる。歩行者移動支援サービスには、位置特定技術・情報端末・情報データの3要素が必要とされており、特に、情報データとは地図データ・施設データ・歩行空間ネットワークデータ等

で構成されており、この情報データが不足しているといわれている。

一方、近年では、技術革新により Mobile Mapping System: 移動計測車両測量システム(以下、MMS)などを用いると1秒間に100万点程度の高精度な3次元点群データ(以下、点群データ)を取得することが可能である。MMSは道路台帳やメンテナンス、防災等幅広い分野で活用されている。以上のことから国土交通省では、「歩行空間ネットワークデータ等整備仕様案(2017年3月版)」を公開し、歩行空間ネットワークデータの整備を推進している³⁾。これにより、歩行空間における段差や勾配、幅員等のバリア情報の収集が進められている。

過去の研究では、歩行空間ネットワークデータに関する研究が行われ、点群データを用いた様々なバリア検出手法が検証、提案されてきた。渡辺らは点群データとデジタル道路地図データを組み合わせて、歩行空間ネットワークデータのリンクトノードを生成する手法を提案した⁴⁾。また、江守らは、歩道計測型MMSで取得した点

群データを用いて、バリアの有無を簡易的に表現することが可能であることを示した⁵⁾。また、奈良部らは独自のアプリケーションを作成し、点群データを用いて国土交通省が規定しているバリア基準を満たした精度でバリア検出が可能であると示した⁶⁾。しかし、歩行者移動支援サービスは様々なニーズに対応しているため、様々なニーズを想定した検証が今後は必要である。

そこで、本研究では車いす利用者を想定し、MMS から取得した点群データを用いて、縁石や路面状況が高精度に把握することが可能であるか検証することを目的とする。

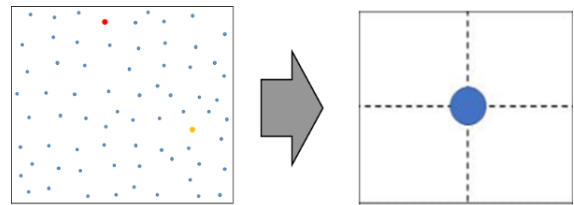
2. 点群データの処理方法

取得した点群データを点群解析ソフトである Cloud Compare にて、歩道部分の切り出しを行う。グリッドデータ化には奈良部らの手法を用いる⁶⁾。奈良部らはグリッド内に含まれる点群データのうち、Z 値の最大値と最小値の差（レンジ）をグリッド中央に与える手法（図-2）を提案し、隣接するグリッドを比較することで、バリア情報を歩行空間ネットワークデータの要求精度を満たして取得できることを示した。

MMS で点群データを取得する場合、対象とする場所以外の点群や搭載されている 360° カメラによる画像データ等、必要としないデータも取得される。本研究では、歩道の路面状況を高精度に把握することを目的としているため、周辺の建物や電線等の余分なデータを取り除き、路面のデータのみとするフィルタリングを行う。また、画像データについても RGB 値による分析は行わないため、データ量を削減するために、あらかじめ画像データも取り除く。その後、図-1 の手順 2 と手順 3 に示すようにバリア評価用点群データとして、グリッドデータ化を行う。



図-1 点群データの処理方法⁶⁾



$$R(\text{レンジ}) = Z_{\text{max}} - Z_{\text{min}}$$

図-2 レンジによるグリッドデータ化

グリッドデータ化を行う際のグリッドサイズは、本研究で対象としている車いすの前輪幅 (2.5cm) と後輪幅 (3.5cm) , また国土交通省により規定されている車いすの車体幅 (70cm) ⁷⁾ を用いる。車いすが走行する上で地面と接する前後輪の車輪と走行する際に車いすが歩道を占有すると考えられる車体幅にグリッドサイズを設定することで、本研究を車いすのルート案内等へ発展させることを視野に入れ、検証を行う。

点群データのグリッドデータ化後は、点群を ArcGIS 上で色相差によって、歩道の路面情報の把握を行う。ArcGIS 上での色相差は、国土交通省で定める「移動円滑化のために必要な道路構造に関する基準を定める省令」⁸⁾ に合わせて設定する。最小を 0.001m 以下とし、路面の細かい凹凸を想定した 0.005m 以下、段差や舗装ブロックの浮きを想定した 0.020m、縁石を想定した 0.150m 以下、街灯や外壁を想定した 1.000m 以下に設定した。

3. 検証結果

(1) 対象とする車いす

現在、一般的に使用されている車いすには、自走式車いす、介助式車いす、コンパクト車いす、電動車いす等種類やメーカーによって様々なサイズや特徴が存在する。そこで本研究では、松永製作所製の自走式車いす（写真-1）を想定した検証を行う。前輪幅が 2.5cm、後輪幅が 3.5cm のスチール製の自走式車いすである。



図-3 対象とする車いす

(2) 対象とする歩道

本研究では、MMSにより点群データを取得するため、オクルージョンが少なく、歩道路面の点群データが取得されていることを前提に対象地を模索した。また、過去の研究でマウントアップ型の歩道での縁石の形状取得が行われているため、歩道形状及びフラット型かセミフラット型である箇所を選定した(図4)。

本研究で選定した歩道はセミフラット型の歩道で、路面が透水性舗装となっている箇所である。そのため、縁石の高さが車道側と歩道側で異なる値となっているため、車道側から取得した点群データの場合、車道側と歩道側で精度に影響がみられることが推測される。また、路面においても、平坦ではなく、細かい凹凸として色相の違いが現れることが推測される。



図4 対象とする歩道

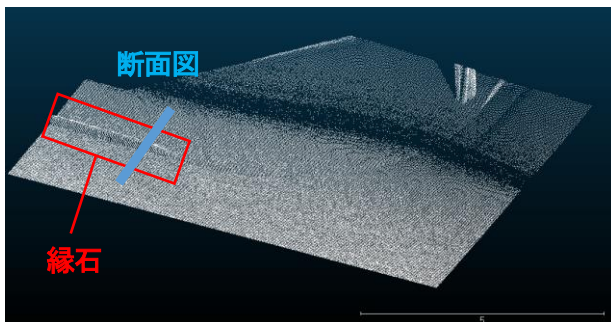


図5 対象路面の点群データ

(3) レンジによる路面形状の取得

本研究で設定した 0.025m, 0.035m, 0.700mのレンジごとに色相で路面状況を表現した(図-6)。レンジが大きいとグリッド内に存在する地物が大きく街灯や外壁があり、レンジが小さいとグリッド内に大きな凹凸がなく平坦であることがわかる。また、図-7は各グリッドサイズの範囲別の割合を表しており、図-7の円グラフ内の色と図4のレンジごとの色は同じである。

図-6によると、0.025mグリッドでは平坦部とされる箇所においても、0.035mグリッドでは、細かい凹凸として

表現されている箇所が存在することがわかる。これは、グリッドサイズが大きくなると一つのグリッドに含まれる点群数が増え、外れ値や一部の凹凸の影響を受けてしまうためであると考えられる。車いすの走行位置を考える上で、細かい凹凸であっても快適性を考慮すると避けなければならないため、0.025mグリッドの方が走行位置を判断しやすくなると考えられる。0.700mグリッドについては、グリッド内の点群数が大幅に増えたことで、実際の路面状況とは大きく異なる結果となった。今回のような狭い範囲での表現の場合、グリッドサイズが大きい場合には不向きであることがわかった。

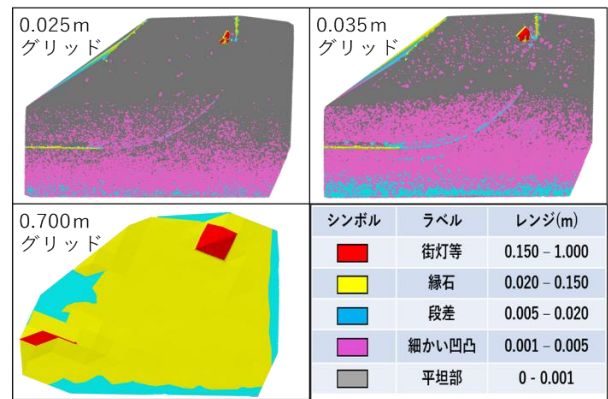


図-6 レンジによる路面の形状

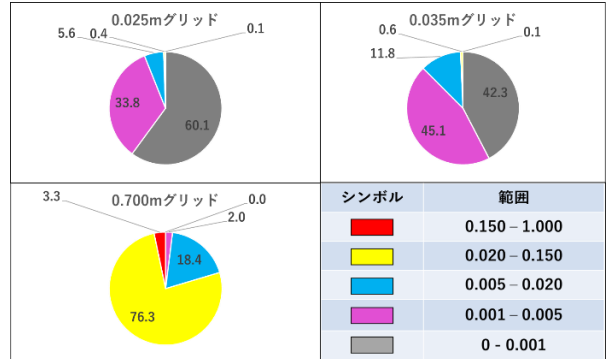


図-7 範囲別の割合

(4) グリッドサイズごとの精度評価

次に図-5の縁石の断面図から、実測値と解析値の比較を行い、国土交通省で示している要求精度 $\pm 1.0\text{cm}$ を満たす精度であるか検証を行う。図-8は各グリッドサイズの断面図である。

0.025mグリッドにおいては、縁石の車道側と歩道側の両方で実測値と解析値の較差が $\pm 1.0\text{cm}$ 以内に収まった。しかし、0.035mグリッドにおいては、車道側では較差が $\pm 1.0\text{cm}$ に収まったものの、歩道側では収まらなかった。0.035mグリッドの断面図を見ると、縁石の歩道側の一部が欠けていることがわかる。これは、オクルージョンによって、縁石の歩道側の一部が欠けているため、精度が

低下したと考えられる。また、0.035m グリッドは、図-6、図-7において、細かい凹凸の割合が増加していたが、断面図を確認すると、0.025mと0.035mの平坦性に大きな違いは見られなかった。

0.700m グリッドにおいては、縁石の有無を判断することができなかった。レンジによる路面形状の表現においても、0.700mは適していないことがわかったため、路面の詳細な形状把握には、適していないことがわかった。



図-8 グリッドサイズごとの断面図

4. おわりに

本研究では、バリア検出する際のグリッドサイズを車いすのサイズに合わせて検証を行った。勾配がなく、セ

ミフラット型の歩道において、車いすのサイズに合わせてバリアの検出を行うと、前輪幅である0.025mのグリッドサイズがバリアの表現、計測精度ともに適していることがわかった。また、歩道形状によっても計測精度が左右されることもわかった。今回の検証では車いすの車体幅に合わせた0.700mグリッド路面形状の把握には適さなかったが、車いすの走行位置やルート提案を行う上では、必要な数値であると考えため、今後の検討が必要である。今後の課題として、さらに歩道形状や周辺地物等の条件を変化させた場合でも、同様な結果が得られるかを検証する必要がある。また、複数のルートを準備し、様々な条件のルートから車いすの快適性や安全性が高いルートを提案する手法の検討を行う予定である。

謝辞： 実験に協力をいただいた株式会社ニコン・トリンブルの岩上弘明様に心より謝意を表す。

参考文献

- 1) 内閣府：令和2年版高齢社会白書
https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2020/gaiyou/02pdf_indexg.html (入手日付：2020.9) .
- 2) 国土交通省：バリアフリー・ナビプロジェクトの概要
<https://www.mlit.go.jp/common/001213091.pdf> (入手日付：2020.9) .
- 3) 国土交通省：歩行空間ネットワークデータ等整備仕様書
<http://www.mlit-go.jp/common/001244374.pdf> (入手日付：2020.9) .
- 4) 渡辺完弥・今井龍一・田中成典：点群座標データ及びデジタル地図を用いた歩行空間ネットワークデータの整備に関する基礎研究，土木学会論文集F3（土木情報学），pp.150-pp.161，2011.
- 5) 江守央・佐田達典・岡本直樹，岩上弘明：歩道計測型MMSを用いた歩行空間のバリア評価手法，土木学会論文集F3（土木情報学），pp.175-pp.181，2016.
- 6) 奈良部昌紀・佐田達典・江守央：歩行空間ネットワークデータの整備に向けた3次元点群データによるバリア検出手法の提案，土木学会論文集F3（土木情報学），pp.123-pp.131，2019.
- 7) 国土交通省：第4章 基本寸法等
<https://www.mlit.go.jp/common/001179685.pdf> (入手日付：2020.9) .
- 8) 国土交通省：移動円滑化のために必要な道路構造に関する基準を定める省令
<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/banierfree/content/001341214.pdf> (入手日付：2020.9) .