

3次元点群データを活用した バリア検出手法の提案

奈良部 昌紀¹・佐田 達典²・江守 央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: csmal18009@g.nihon-u.ac.jp

² 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

³ 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

2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会の開催を契機とした共生社会等の実現を図り、改正バリアフリー法が2018年11月に施行された。これにより、高齢者や障害者など全ての人々が安心して移動できる環境の実現を目標として、駅等におけるバリアフリールートの最短化・複数化が義務付けられた。しかし、既存の空間すべてを改修してバリアフリー化することは困難であり、ハード面の対策に加えて、ICT等を積極的に活用した支援策が必要とされている。一方、近年ではMMSによる3次元点群データの活用が注目されている。MMSは道路及び周辺の点群データを効率的かつ網羅的に取得可能であり、点群データからバリア情報のデータ整備が可能であれば、歩行者移動支援への活用が期待できる。そこで本研究では、MMSにより取得した点群データを用いて歩行者の障害となり得る段差や勾配を簡易的に検出する手法を構築し、バリアフリー化の促進に活用可能であるか検討した。

Key Words: 3D point cloud data, walking space, movement support, application

1. はじめに

2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会の開催を契機とした共生社会等の実現を図り、全国におけるバリアフリー化を一層推進するために総合的な措置を講ずることを目的として、「高齢者、障害者等の移動等の円滑化の促進に関する法律の一部を改正する法律案（改正バリアフリー法）が2018年11月に施行された¹⁾。これにより、高齢者や障害者など全ての人々が安心して移動できる環境の実現を目標として、駅等におけるバリアフリールートの最短化・複数化が義務付けられることにより、著しく長距離・長時間の移動を余儀なくされるケースは改善すると考えられている。しかし、公共交通機関や建築物、公共施設のバリアフリー化を推進するためには、多大な時間や莫大な費用がかかる。このため、歩行者空間の一体的な整備を進めるためには、ハード面の対策に加えて、ICTを積極的に活用したソフト面の支援策が必要とされており、歩行者空間の状況を的確に把握することが求められている。

一方、近年では計測技術の進展により、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）として広域に空間を取得できる。点群データは、計測対象物の表面形状を点群で正確に表現でき、道路の基盤情報として道路台帳等に活用されつつある。そこで国土交通省では、歩行者移動支援の基盤となる「歩行者空間ネットワークデータ等整備仕様案²⁾」を公表し、歩行者空間における歩道等の段差や勾配などのバリア情報を含んだ歩行者経路の空間配置および歩行者経路の状況を表すデータの収集・整備を進めている。そのため、ここで点群データを活かして歩行者空間ネットワークデータを整備できれば、データ整備の早期実現に寄与できる。

そこで、本研究ではMMSから取得した点群データを用いて歩行者空間ネットワークデータを自動的に整備する手法を構築し、歩行者空間における歩道の段差や幅員、勾配などの情報を均質かつ効率的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. 点群データを用いたバリア検出手法の提案

本研究では点群データを用いて歩行空間のバリア情報を検出する手法として、図-1に示すフローにしたがって検討を行う。歩行空間のバリア情報を均質かつ効率的に検出するため、手順 2～手順 4 の作業を自動化するアプリケーションを構築し、現地の歩道路面状況と比較することによって、バリア評価を行う。提案手法の開発環境には Visual Studio 2017 (Microsoft 社) を使用し、点群処理には RiSCAN PRO (RIEGL JAPAN 社)、バリア情報の可視化には ArcGIS (ESRI ジャパン社) を用いた。

(1) 点群データのフィルタリング

MMS で取得した点群データは、歩行空間以外の周辺の点群データも含んでおり、バリア情報の検出を短時間に効率的に行うためには、歩道路面付近のデータのみとするフィルタリングを行う必要がある。そこで、RiSCAN PRO を用いて歩道路面付近のデータのみとするフィルタリングを行い、分析区間を作成する。RiSCAN PRO は、点群データが持つ位置情報や反射強度値を利用したデータの表示や編集及び処理を行うことが可能である。今回の解析ではデータ量を削減するため、搭載カメラの画像データは除いて処理を行う。

また、本研究で使用する点群データは、10m×4m のエリアを分析区間として作成し、地物や上空に存在する電線などは除外して歩道路面付近のデータのみとするフィルタリングを行う。

(2) バリア評価用データの作成

歩行空間のバリア情報の検出は点群データのグリッドデータ化を行い、作成したバリア評価用データを用いて行う。グリッドデータ化とは、点群データを等間隔に分割したグリッドに投影し、その個々のグリッドの中央にグリッド内に含まれる点群データの標高の平均値を Z 座標として与える手法である。中央の X 座標、Y 座標は平面直角座標系で与える。X 軸は、座北に向う値を正とし、Y 軸は、X 軸に直交する軸として東に向う値を正とする。Z 軸の向きは X 軸、Y 軸に対し鉛直上向きを正とする。また、各グリッドの大きさは作成するアプリケーション上で任意の大きさに設定することが可能であり、各グリッドに標高の平均値を格納する。

(3) グリッドデータ内の標準偏差とレンジによる評価と隣接グリッドのデータ比較による評価

標準偏差による評価は、バリア評価用データの各グリッドに含まれる標高の標準偏差を算出することによってグリッド内に存在する段差や凹凸などの有無を判断する。標準偏差は、データの散らばり具合を示す値であるため、

標準偏差の値が大きい場合は段差や凹凸がグリッド内に存在する可能性があり、標準偏差の値が小さい場合は、平坦であると考えられる。また、レンジによる評価は、各グリッド内に存在する標高の最大値と最小値の差を算出し、その差から「歩道の一般的構造に関する基準」³⁾ (以下、本基準) の内、歩道縁端部の段差、縁石などの基準を有効数字 2 桁でどの地物であるか判別する。図-2(a)に標準偏差とレンジによる評価を示し、表-1 に本基準を示す。

隣接グリッドによる評価は、処理対象グリッドと 45° ずつ分割した 8 つの隣接グリッドの標高の平均値を比較したときの最大標高変化率から勾配の大きさを判断する。勾配は、処理対象グリッドから標高変化率が最大となる最急上り勾配とする。傾斜方位は、斜面が向いている方位であるため、最急上り勾配が x 軸となす角と 180° 逆向きが傾斜方位となる。そのため、解析を行う分析区間の横断勾配、縦断勾配の傾斜方位がどの方位にあるのかを確認することで、最急上り勾配から本基準を満たしているか評価を行う。傾斜度、傾斜率、傾斜方位の算出手法と傾斜方位データセットの各グリッドの値を図-2(b)に示す。

(4) バリア検出の評価検証

第 2 章 3 節で検出したバリア情報を GIS を用いて可視化する。本研究では歩行空間ネットワークデータの整備に向けた活用を図るため、検出したバリア情報から歩行空間の現況がどれだけ把握可能であるか明らかにする。また、図-3は構築したアプリケーションの解析画面である。点群データを読み込むことにより手順 2～手順 4 が自動で処理され出力される。グリッドデータ化を行う際のサイズは入力することで任意の値で処理が可能であり、現地の状況に応じた分析が可能となる。処理速度は、25cm²あたり約 10 点含まれる点群データで、100m×4m の歩道を処理した結果、約 10 分で解析が可能である。



図-1 提案手法の処理手順

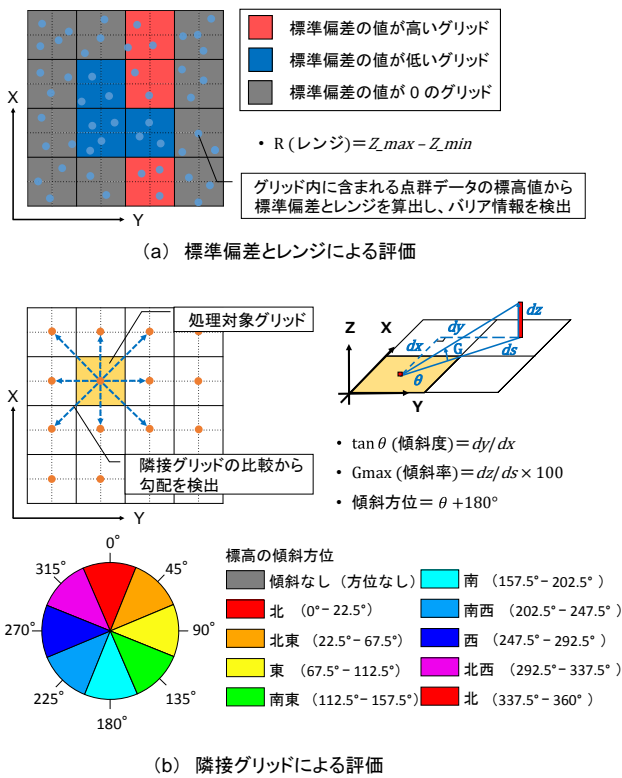


図-2 バリア評価の提案手法

表-1 歩道の一般的構造に関する基準⁴⁾

項目	基準
① 歩道の有効幅員	2m以上
② 車道に対する歩道の高さ	5cm
③ 歩道の横断勾配	2%以下
④ 歩道の縦断勾配	5%以下
⑤ 歩道に設ける縁石の車道に対する高さ	15cm
⑥ 横断歩道に接続する歩道縁端部の段差	2cm
⑦ 視覚障害者誘導用ブロックの設置箇所	—

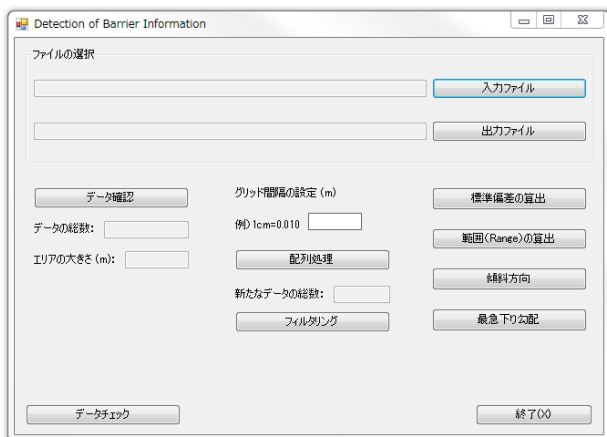


図-3 アプリケーションの解析画面

3. 検証結果

第 2 章に示した提案手法によるバリア検出を行うため、MMS で取得した点群データから歩道路面付近のデータのみとするフィルタリングを行い、分析区間を作成した。今回、分析を行う区間は図-4 に示す車両乗り入れ部の切り下げである。まず、計測した点群データの精度を明らかにするため、実測値と手動で点群データより求めた解析値の比較を行った。実測値は、現地でそれぞれの地点を 5 箇所計測をした平均値とする。

実測値と解析値を比較した結果、平均較差は歩道縁端部の段差は 0.004m、縁石は 0.005m となり、歩行空間ネットワークデータ等整備仕様書の計測精度である高さ ±1cm 以下を満たしていた。また、勾配についても、横断勾配が 0.14%、縦断勾配 A が 0.24%、縦断勾配 B が 0.18% となり、こちらも計測精度である勾配 ±1cm を満たしていることから計測した点群データは歩行空間ネットワークデータ等整備仕様書の要件を満たしており、このデータを用いてバリア評価を行う。

(1) グリッドデータ内の標準偏差とレンジによる評価

グリッドデータ内の標準偏差による評価は、分析区間に 0.05m の大きさに分割したグリッドを投影し、グリッド内に含まれる Z 座標値を用いて標準偏差を算出した。算出した標準偏差を ArcGIS 上で可視化した結果を図-5 に示す。各標準偏差は色相の違いで表現されており、高い値を示す箇所を赤色、低い箇所を灰色で表現している。解析の結果、縁石に関しては色相差から検出が可能だったものの、歩道縁端部の段差は歩道面と同じ色相で表現されており、検出が困難であった。これは、車両乗り入れ部の切り下げによる勾配が、高さ方向のバラつきに影響しているためではないかと推察できる。そこで、レンジによる評価を行い、分散の拡がりから歩行空間の現状を明らかにする。

図-6 は各グリッドデータ内のレンジによるバリア検出を行った結果である。表-1 の本基準から有効数字 2 桁で各グリッド内の最大値と最小値の差からレンジを算出し、その高低差からバリア検出を実施した。その結果、本基準に示す項目と歩行空間の現状を色相差から表現することが可能であり、歩道縁端部の段差と縁石を検出することができた。したがって、例えば縁石などの地物は、分析区間が計測精度を満たしている場合、レンジを算出することにより把握できることがわかった。

(2) 隣接グリッドのデータ比較による評価

第 2 章 3 節で示したバリア検出手法より、傾斜方位、傾斜度、傾斜率を算出した。隣接グリッドのデータ比較から傾斜方位は、横断勾配が西、縦断勾配 A が南西、縦

断勾配Bが北西の方位とわかる。また、最急上り勾配は色相の違いで、高い値を示す箇所を赤色、低い箇所を灰色で表現しており、本基準を照らし合わせることでバリアフリー基準を満たしているか分析を行った。その結果を図-7に示す。

図-7より、色相差から縦断勾配A、縦断勾配Bともに本基準に照らしてバリア検出が可能であった。しかし、切り下げによる波打ちの箇所がバリアフリーを満たしていないとされており、歩道全面に対応した分析を行うためには、歩道の構造に考慮する必要があると考えられる。

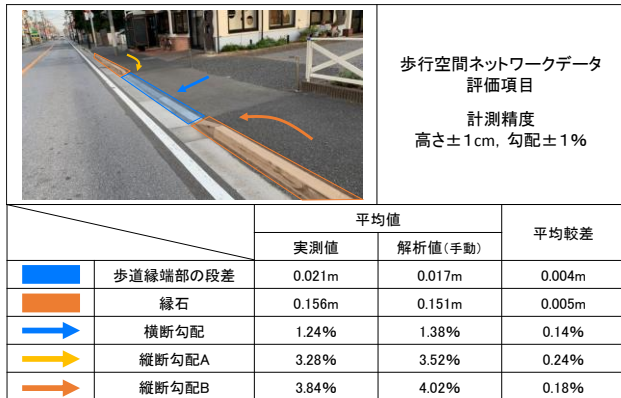


図-4 分析区間の概要

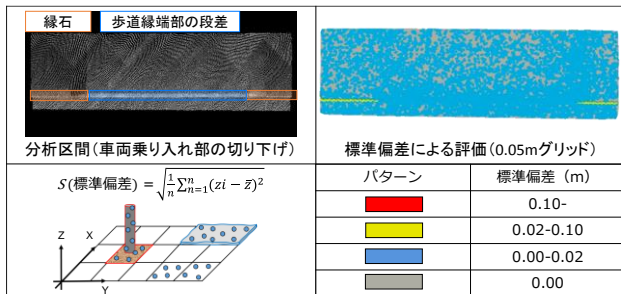


図-5 グリッドデータ内の標準偏差によるバリア評価

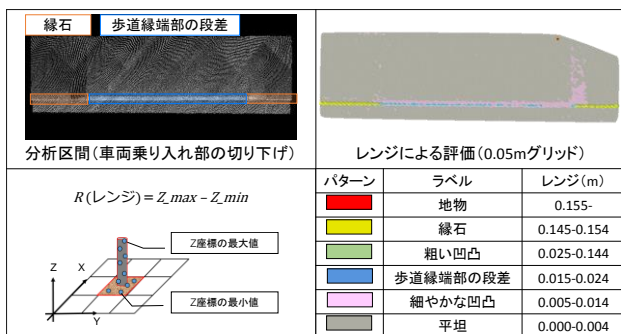


図-6 グリッドデータ内のレンジによるバリア評価

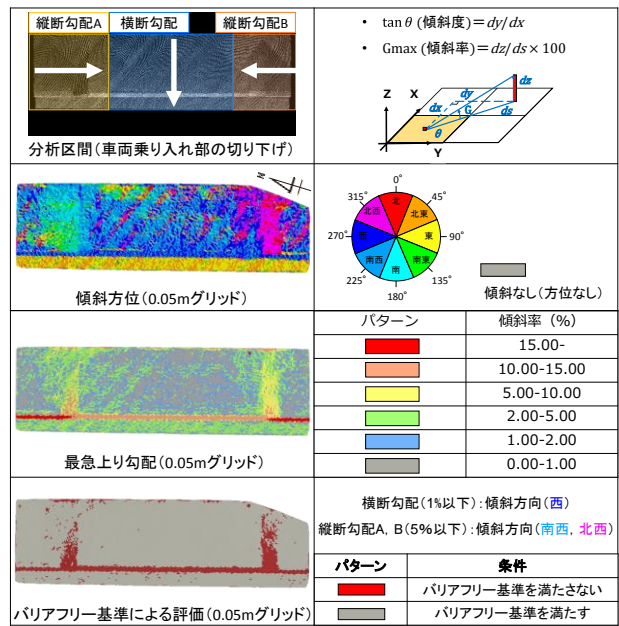


図-7 隣接グリッドのデータ比較によるバリア評価

4. おわりに

本研究では、歩行空間における段差や凹凸、勾配などの情報を高精度かつ効率的に把握するため、点群データによる歩道路面のバリア検出手法について検討を行った。その結果、点群データをグリッドデータ化し、提案手法を自動化するアプリケーションを構築することで本基準に照らして歩行空間を評価することができた。また、ArcGIS上に可視化したバリア情報は、点群データの位置情報を適応しているため、位置情報を地図上に可視化し、歩行空間ネットワークデータの整備に向けた情報として利用可能であると考えられる。今後は、検出したバリア情報と現地の歩道路面状況の比較を進め、様々な歩道の構造に対応した分析を進める予定である。

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) 国土交通省：高齢者、障害者等の移動等の円滑化の促進にか案する法律の一部改正する法律案要綱，平成 30 年法律第 32 号，<<https://www.mlit.go.jp/common/001221113.pdf>>，（入手 2019.9.1）。
- 2) 国土交通省 政策統括官付：歩行空間ネットワークデータ等整備仕様案，2018 年 3 月，<<http://www.mlit.go.jp/common/001244374.pdf>>，（入手 2019.6.1）。
- 3) 国土交通省：「歩道の一般的構造に関する基準」，<<http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha05/06/060203/03.pdf>>，（入手 2019.6.1）。