

(63) ブロック塀の倒壊に伴う点群データによる 道路閉塞判定方法に関する一考察

梅原 喜政¹・塚田 義典²・田中 成典³・
上月 康則⁴・下鳴 恒彰⁵・平野 順俊⁶・大上 航平⁷

¹正会員 摂南大学講師 経営学部 (〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町 17-8)
E-mail: yoshimasa.umehara@setsunan.ac.jp

²正会員 摂南大学准教授 経営学部 (〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町 17-8)
E-mail: yoshinori.tsukada@kjo.setsunan.ac.jp

³正会員 関西大学教授 総合情報学部 (〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2-1-1)
E-mail: tanaka@res.kutc.kansai-u.ac.jp

⁴正会員 徳島大学教授 環境防災研究センター (〒770-8506 徳島市南常三島町 2-1)
E-mail: kozuki@tokushima-u.ac.jp

⁵正会員 株式会社日本インシーク 防災・ライフライン事業部 (〒541-0054 大阪市中央区南本町 3-6-14)
E-mail: shimonaru001@insiek.co.jp

⁶正会員 株式会社日本インシーク 技術本部 (〒541-0054 大阪市中央区南本町 3-6-14)
E-mail: hirano059@insiek.co.jp

⁷学生会員 関西大学大学院 総合情報学研究科 (〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2-1-1)
E-mail: k070620@kansai-u.ac.jp

我が国では、敷地を隔てる構造物にブロック塀が多用されている。倒壊事故を防ぐため、地方公共団体の一部では、ブロック塀の安全点検を積極的に呼びかけており、撤去や改修等が必要な場合に補助金を支給する助成制度を設けている。こうした背景のもと、著者らは、ブロック塀の維持管理を支援するため、道路管理の用途で利活用が進む点群データよりブロック塀の位置と安全性を判定する技術を開発してきた。本研究では、点群データからブロック塀の倒壊に伴う道路閉塞の判定技術を開発する。

Key Words: block wall, maintenance, point cloud data, road detection, roadblock

1. はじめに

我が国では、敷地を隔てる構造物にブロック塀が多用されている。ブロック塀は、コンクリートブロックや鉄筋、モルタル等で構成され、誰もが安価に設置できることから広く普及している。そのため、所有者が不明なブロック塀や、長年にわたって未点検のブロック塀が各所に点在する状況にあり、倒壊による危険性が指摘されている。2018年の大阪北部地震では、地震の影響で小学校のブロック塀が倒壊し死亡事故¹⁾が発生している。また、倒壊時に道路を閉塞し、人々の避難の阻害要因にもなる。このような状況下でさえ、ブロック塀の管理台帳等は整備が進んでおらず、どこにどれだけのブロック塀がある

かを正確に把握できていない。

そこで、徳島県では、ブロック塀の危険性を訴え、その補強や撤去を支援する取り組み²⁾を行っている。加えて、徳島大学では、県や市区町村の協力の下、国交省の提案するブロック塀の点検マニュアル³⁾に基づいた実地調査⁴⁾を進めている。しかし、ブロック塀は各所に点在するため、現行の実地調査では、調査員を現地に派遣する必要があり、短時間で広域をカバーするには限界がある。また、汚れやぐらつき等の定性的な評価に依存する項目が多く、全てのブロック塀を定量的かつ均一に評価することが難しい。

こうした背景のもと、著者らは、道路管理の用途で利活用が進む点群データに着目してきた。点群データは、

位置座標を保持する膨大な点の集合体であるが、各点は意味を持たない。そのため、既存研究⁵⁾⁶⁾では、人工知能等の機械学習を用いて、点群データからブロック塀の位置と、高さや傾き等の諸元情報を判定する技術を提案している。これにより、広域におけるブロック塀の簡易診断を実現し、管理台帳の整備の一助となることを実証した。この技術を活用することにより、ブロック塀倒壊時の影響分析が可能なが示唆されたものの、試行には至らなかった。そこで、本研究では、ブロック塀の倒壊による道路閉塞の判定手法を開発する。

2. 本研究の位置付け

本研究の将来展望を含めた全体構想を図-1に示す。フェーズ1では、点群データや画像データ等のセンシングデータを用いて、ブロック塀の点検及び安全度評価の方法論を確立することを目指し、フェーズ2では、本技術の普及を目指して、センシングデータに適した点検・判定マニュアルの仕様化を行う。フェーズ1のブロック塀の抽出や安全度の評価は、既に一定の研究成果を得ている。これらの知見を応用し、本研究は、ブロック塀倒壊時の道路閉塞の判定手法を提案する。

処理フローを図-2に示す。提案手法は、ブロック塀単位の点群データ、Mobile Mapping System⁷⁾ (以下、MMS) で計測された全体の点群データとその走行軌跡を入力とする。そして、道路幅や未閉塞幅の情報を持つ走行軌跡を出力する。道路閉塞の判定は、表-1に示すとおり、道路構造令⁸⁾で規定される道路の利用形態とその占有幅に従う。

3. 道路閉塞アルゴリズム

提案手法では、走行軌跡と点群データを用いて道路面とブロック塀を判定し、ブロック塀に面した道路の幅を推定した後、ブロック塀の高さに基づき、倒壊時の道路閉塞の可否を判定する。本アルゴリズムは、点群データのフィルタリング機能と道路閉塞判定機能で構成する。

(1) 点群データのフィルタリング機能

a) 走行軌跡のフィルタリング処理

MMSの走行軌跡の点列は、GNSS (Global Navigation Satellite System) の測位誤差によりばらつきが生じている。本処理では、走行軌跡の点列を時系列順に解析し、一定距離 T_{filter} ごとに間引くことでばらつきを軽減する。

b) 地盤点の抽出と横断側線の生成処理

本処理では、MMSにより計測された点群データより、

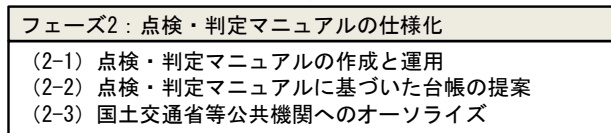
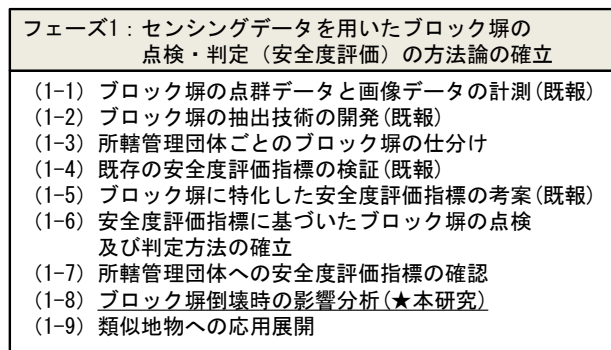


図-1 将来展望を含めた全体構想

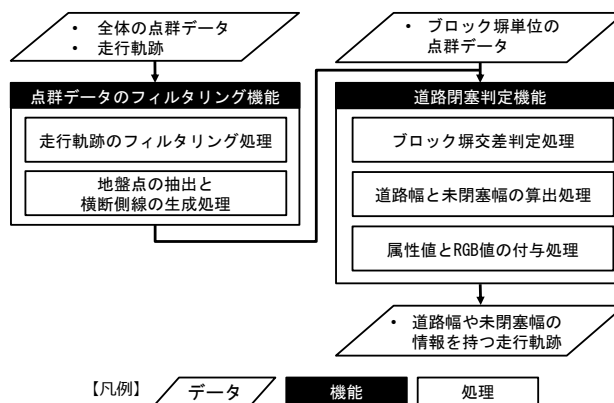


図-2 処理フロー

表-1 道路構造令の規定

多様な利用形態	占有幅 (m)
乳母車を押して歩く	0.75
傘を差して歩く	1.00
両手に荷物を持って歩く	1.00
車いすを押して歩く	1.00
視覚障害者が盲導犬と歩く	1.50
二人で話しながら歩く	1.50~2.50
ウィンドウショッピング	1.50~2.00
家族四人で並んで歩く	3.00

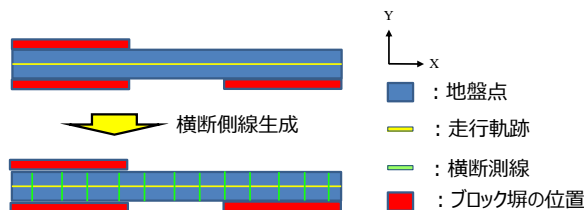


図-3 横断側線の生成処理

Cloth Simulation アルゴリズム⁹⁾を用いて、地盤点の抽出を行う。そして、図-3に示すとおり、フィルタリング後の

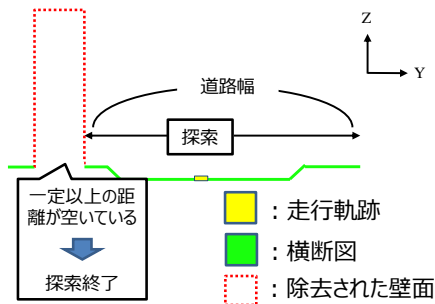


図4 道路幅の算出

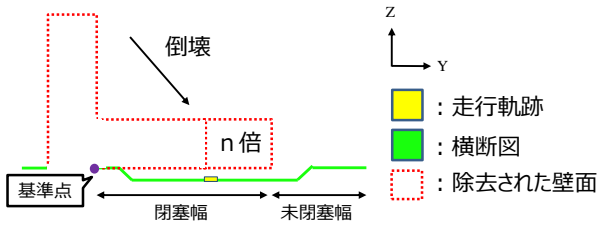


図5 未閉塞幅の算出

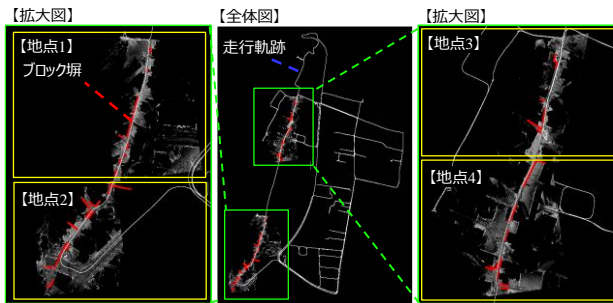


図6 実験対象エリア

走行軌跡の構成点に対して、横断側線を生成する。

(2) 道路閉塞判定機能

a) ブロック塀交差判定処理

本処理では、横断側線に対して、ブロック塀との交差判定を行う。そして、交差した場合に、道路幅と未閉塞幅の算出処理を行う。

b) 道路幅と未閉塞幅の算出処理

本処理では、まず、図4に示すとおり、横断側線に基づき横断面を生成する。次に、走行軌跡点の直下に存在する横断面上の点を取得し、その点からブロック塀の構成点までの連続性を探索する。点間距離が閾値を超えた場合、探索を終了する。これにより、道路幅を算出する。最後に、図5に示すとおり、ブロック塀の高さに倒壊倍率 T_{ratio} を乗算した値を閉塞幅とみなし、道路幅から引くことで未閉塞幅を算出する。なお、道路の両側にブロック塀が存在する場合は、それぞれのブロック塀の高さを加算して未閉塞幅を算出する。

c) 属性値とRGB値の付与処理

本処理では、算出した道路幅と未閉塞幅に基づき走行

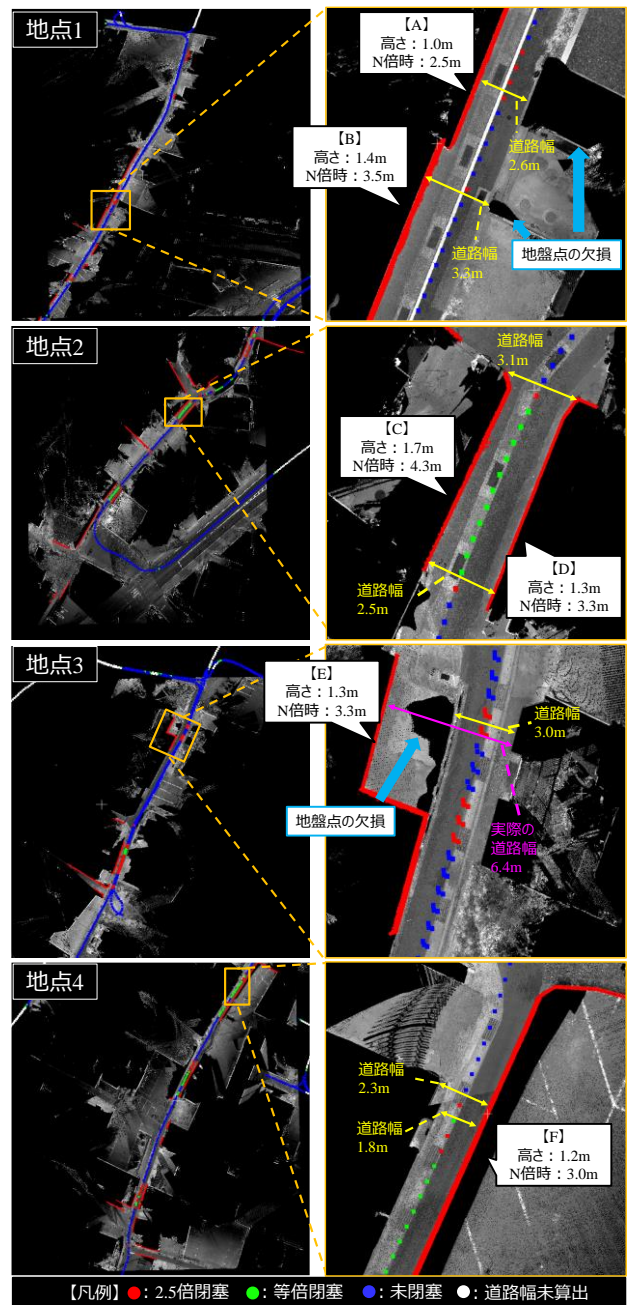


図7 閉塞予測結果

軌跡点に属性値とRGB値を付与する。閉塞判定は、未閉塞幅が閾値 T_{width} 以内かどうかを条件とする。属性値は、道路幅、等倍ブロック塀倒壊時の道路幅残余、倒壊倍率 T_{ratio} 、ブロック塀倒壊時の道路幅残余とする。RGBは、 T_{ratio} の値で閉塞する場合は赤色、等倍で閉塞する場合は緑色、未閉塞の場合は青色、道路幅未算出箇所は灰色を付与する。

4. 実証実験

(1) 実験内容

本実験では、徳島県津田地区を(図6)を対象に

MMS で計測した全点群データと走行軌跡、そして点群データから抽出した計 82 地点のブロック塀を使用する。表-1 に示す道路構造令規定を参考に、閉塞判定距離（以下、基準値）を示す T_{win} は、歩行者一人分の幅である 1.0m とする。また、国土交通省が公開するブロック塀等の耐震診断義務付け対象化の資料³⁾に基づき T_{ratio} は 2.5、 T_{filter} は 1.0m とする。精度評価は、まず広域の点群データを地点 1 から地点 4 に分割する。次に、ブロック塀が存在する箇所（図-6 中 A から F）を選定し、道路幅からブロック塀の高さを引いた未閉塞幅を算出する。そして、未閉塞幅と提案手法にて算出した閉塞予測の結果を比較する。

(2) 結果と考察

提案手法の判定結果を図-7 に示す。

地点 1 のブロック塀 A の高さは 1.0m である。ブロック塀 A に面する道路幅 2.6m の箇所は、未閉塞幅が 0.1m となり基準値 1.0m を下回るため、2.5 倍閉塞と正しく判定できている。道路幅 2.6m より広い箇所は、未閉塞と正しく判定できている。ブロック塀 B の高さは 1.4m である。ブロック塀 B に面する道路幅 3.3m の箇所は、未閉塞幅が 0.0m となり基準値 1.0m を下回るため、2.5 倍閉塞で正しく判定できている。道路幅 3.3m より広い箇所は、未閉塞と正しく判定できている。

地点 2 は、ブロック塀 C とブロック塀 D に挟まれた道路が評価対象である。ブロック塀 C の高さが 1.7m、ブロック塀 D の高さが 1.3m、道路幅が 3.1m であることから、未閉塞幅が 0.1m となり基準値 1.0m を下回るため、等倍閉塞が正解である。走行軌跡点の色を確認すると、緑が付与されているため、正しく判定できている。しかし、道路幅が 2.5m の箇所では、等倍閉塞が正解のところ、2.5 倍閉塞と誤判定された。これは、横断側線が片側のブロック塀とのみ交差したためである。ブロック塀の端部は、評価対象から除外することも一案と考える。

地点 3 のブロック塀 E の高さは 1.3m である。ブロック塀 E に面する道路幅 6.4m の箇所は、地盤点に欠損が生じたことから、道路幅が 3.0m と誤推定され、未閉塞幅が基準値 1.0m を下回り、2.5 倍閉塞と誤って判定された。一方、地盤点の欠損が少ない箇所は、青色で示すとおり、未閉塞と正しく判定できた。地盤点抽出の精度が道路幅の推定に大きく影響を与えるため、今後は地盤点抽出のパラメータを点群データの特性に応じて自動的に設定することが有効と考えられる。

地点 4 のブロック塀 F の高さは 1.2m である。ブロック

塀 E に面する道路幅 2.3m の箇所は、2.5 倍時に未閉塞幅が基準値 1.0m を下回るため、2.5 倍閉塞と正しく判定された。また、道路幅が 1.8m の箇所では、等倍時に未閉塞幅が基準値を下回るため、等倍閉塞と正しく判定された。

以上より、地盤点を良好に抽出できた場合には、提案手法を用いて道路閉塞を正しく推定可能なことが実証できた。

5. おわりに

本研究では、点群データからブロック塀の倒壊に伴う道路閉塞の判定技術を提案した。そして、実証実験により、提案手法の有用性を実証した。今後は、地盤点の抽出精度の向上に取り組むと共に、走行軌跡の点列に基づく横断図の生成処理のパラメトリック解析と、より広範なエリアを対象とした精度検証を実施する予定である。

参考文献

- 1) 国立研究開発法人 建築研究所：2018 年大阪府北部の地震で被害を受けた補強コンクリートブロック塀を対象とした被害要因調査報告，2018.
- 2) 徳島市：徳島市危険ブロック塀等耐震化事業，<https://www.city.tokushima.tokushima.jp/smph/kurashi/house/house_keikaku/buroku.html>，（入手 2020.10.22）.
- 3) 国土交通省：ブロック塀等の安全対策について，<<https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/blockshei/>>，（入手 2022.6.8）.
- 4) 上月康則，杉本卓司，山中亮一，丸山聖人，小川宏樹，河村勝，井若和久，岡本隼輔：津波避難経路の安全性向上のためのブロック塀対策の取り組みと課題について，土木学会論文集 B2（海岸工学），土木学会，Vol.74，No.2，pp.I_421-I_426，2018.
- 5) 梅原喜政，塚田義典，田中成典，上月康則，下鳴恒彰，平野順俊：点群データを用いたブロック塀の自動抽出に関する研究，土木学会論文集 F3（土木情報学），土木学会，Vol.77，No.2，pp.I_161-I_173，2021.
- 6) 梅原喜政，塚田義典，田中成典，上月康則，下鳴恒彰，平野順俊：点群データを用いたブロック塀の高さと傾きに基づく危険度判定に関する研究，土木学会論文集 F3（土木情報学），土木学会，Vol.78，No.2，pp.I_113-I_121，2022.
- 7) 日本インシーク社：MMS，<<https://www.insiek.co.jp/business/technology/ict/mms.html>>，（入手 2022.6.8）.
- 8) 国土交通省：道路構造令規定の抜粋，<https://www.road.or.jp/technique/pdf/07_kouzou22.pdf>，（入手 2022.6.8）.
- 9) Zhang, W., Qi, J., Wan, P., Wang, H., Xie, D., Wang, X. and Yan, G.: An Easy-to-Use Airborne LiDAR Data Filtering Method Based on Cloth Simulation, *Remote Sensing*, MDPI, Vol.8, No.6, pp.501-509, 2016.