

(13) 点群データを用いたブロック塀の危険度評価に関する基礎的研究

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

¹正会員 関西大学特別任命助教 先端科学技術推進機構 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35)
E-mail: y.umeha@kansai-u.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 水工計画・解析部
(〒541-0054 大阪市中央区南本町 3 丁目 6 番 14 号 イトウビル 4F)
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 丁目 6 番 14 号 イトウビル 4F)
E-mail: hirano059@insiek.co.jp

台風、地震、津波等の災害が多い我が国では、ブロック塀の倒壊による危険性が指摘されている。そのため、現在、ブロック塀の現状把握と点検が急務とされている。徳島大学では、県や市区町村の協力のもと、国交省の点検指標に基づいて実地調査を進めている。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、短時間で広域をカバーするには限界がある。著者らは、広域を計測した点群データからブロック塀を抽出する技術を開発し、実地調査の省力化に取り組んできた。そこで、本研究では、ブロック塀の抽出技術を発展させ、ブロック塀の点群データから危険度を評価する技術を提案する。

Key Words: maintenance, disaster prevention, risk assessment, block wall, point cloud data

1. はじめに

我が国では、敷地を隔てる構造物としてブロック塀が用いられている。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ており、安価に設置できることから広く普及している。しかし、コンクリートブロックを高く積み重ねて建造することから、構造上の脆弱性を抱えており、災害時に倒壊する危険が指摘されている。2018 年の大阪府北部地震¹⁾では、地震の影響で小学校のブロック塀が倒壊し、死亡事故が発生している。これに対して、大阪府内の高槻市や茨木市では、358 箇所に及ぶブロック塀等の構造物を対象に応急危険度判定を実施し、被災自治体の早期復旧・復興を支援²⁾している。しかし、ブロック塀は、市区町村が保有するもの以外にも、民間で管理されるものも多く、どこにどれだけ存在するかも正確に把握できていない状況である。加えて、鳥取県米子市では、周囲に危険を及ぼす恐れのあるブロック塀に対して必要かつ最小限度の措置を市が行える規定³⁾の施行を予定しており、ブロック塀の所在だけでなく、その危険度を把握する手段が求められている。

そこで、徳島大学では、徳島県や市区町村の協力のもと、全国建築コンクリートブロック工業会や国土交通省の提案するブロック塀の点検マニュアル⁴⁾に基づいた実地調査⁵⁾を進めている。しかし、現在の実地調査は現場に直接作業員を派遣する必要があるため、短時間で広域をカバーするには限界がある。そのため、ブロック塀の所在を効率的に把握し、高さや傾き等に基づき危険度を簡易に評価できる技術が切望される。

そこで、徳島大学では、徳島県や市区町村の協力のもと、全国建築コンクリートブロック工業会や国土交通省の提案するブロック塀の点検マニュアル⁴⁾に基づいた実地調査⁵⁾を進めている。しかし、現在の実地調査は現場に直接作業員を派遣する必要があるため、短時間で広域をカバーするには限界がある。そのため、ブロック塀の所在を効率的に把握し、高さや傾き等に基づき危険度を簡易に評価できる技術が切望される。

こうした背景のもと、著者らは、レーザスキャナやカメラ等の計測機器を用いて取得した点群データの中から、ブロック塀の点群データを抽出する技術⁹⁾を開発した。しかし、既存研究⁹⁾は、ブロック塀の危険度評価を対象としておらず、著者ら以外においても、同様の取り組みは見当たらない。

そこで、本研究では、既存研究⁹⁾によって抽出されたブロック塀の点群データから倒壊の危険度を評価する手法を提案する。これにより、効率的なブロック塀の調査手法が確立できる。

2. ブロック塀の危険度評価アルゴリズム

ブロック塀の危険度は、全国建築コンクリートブロック工業会や国土交通省が公表するブロック塀の点検マニュアル⁴⁾に基づいて判断されている。ブロック塀の危険度評価の主な項目を表-1に示す。この内、ブロック塀の厚さ、控え壁、基礎、ひび割れや鉄筋の有無は点群データから判断することが難しい。そこで、本研究では、ブロック塀の高さと傾きを対象として危険度を判定する。

提案手法の処理フローを図-1に示す。提案手法は、ブロック塀単位の点群データを入力し、高さと傾きを出力する。なお、ブロック塀単位の点群データの抽出技術の詳細は、既存研究⁹⁾を参照されたい。また、本研究は、広域の道路空間の計測に適した Mobile Mapping System⁷⁾（以下、MMS）で計測された点群データを対象とする。

(1) 点群データのフィルタ機能

MMS の点群データは、走行軌跡や搭載レーザ毎に計測誤差を含んでおり、すべての点群データを対象に解析した場合、点にばらつきが生じ、正確な高さや角度の算出が難しい。そこで、本機能では、走行軌跡及びレーザIDに基づいて、点群データを洗練する。

a) 走行軌跡及びレーザIDに基づく絞込処理

本処理では、点群データに付与されている走行軌跡IDとレーザIDを計数し、それぞれ最も点数の多いIDの点群データのみを抽出する。

b) 点群データ回転処理

本処理では、図-2に示すとおり、点群データを内包するバウンディングボックス（以下、BB）の平面面積が最も小さくなる角度に回転することで、ブロック塀の点群データがXY軸に沿うように補正する。

(2) 高さ判定機能

本機能では、ブロック塀の点群データからZ座標の最大値と最小値を算出し、その差を高さとする。

表-1 既存の点検項目

点検項目	判定基準
高さ	・塀の高さは2.2m以下か
厚さ	・塀の厚さは10cm以上か（塀の高さが2m超2.2m以下の場合は15cm以上）
控え壁	・塀の長さ3.4m以下ごとに、塀の高さの1/5以上突出した控え壁があるか
基礎	・コンクリートの基礎があるか
傾き	・塀に傾きがないか
ひび割れ	・塀にひび割れがないか
鉄筋	・塀の中に直径9mm以上の鉄筋が、縦横とも、80cm間隔以下で配筋されており、縦筋は壁頂部および基礎の横筋に、横筋は縦筋にそれぞれかぎ掛けされているか ・基礎の根入れ深さは30cm以上か（塀の高さが1.2m超の場合）

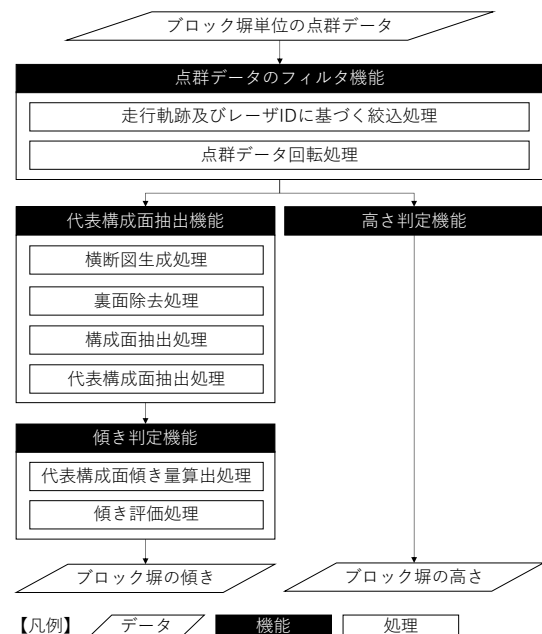


図-1 処理フロー

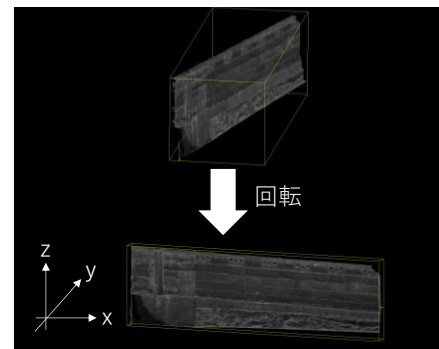


図-2 点群データ回転処理

(3) 代表構成面抽出機能

MMS では、ブロック塀全体を限なく計測できるとは

限らない。特に、道路に面していない範囲（以下、ブロック塀の裏面とする。）は、ブロック塀がレーザ光を遮蔽するため、点群データを取得できない。一方、交差点付近のブロック塀や透かしブロックを有するブロック塀は、部分的に裏面まで計測できている場合がある。また、土台（擁壁）等の上に設置されているブロック塀は、土台とブロック塀を分離する必要がある。

以上より、点群データからブロック塀の高さと傾きを正確に算出するためには、表-2 に示す3パターンに対応しなければならない。そこで、本機能では、傾き算出の対象とする代表構成面を推定する。

a) 横断面図生成処理

本処理では、図-3 に示すとおり、点群データの BB の長辺に沿って一定間隔で横断面図を生成する。

b) 裏面除去処理

本処理では、図-4 に示すとおり、一定標高で横断面図を分割する。そして、各層で表面と裏面の間隔（以下、計測幅）を確認し、幅が閾値以上であれば裏面を除去する。裏面は、計測幅の midpoint から左右に分割し、点数の少ない側とする。

c) 構成面抽出処理

本処理では、まず、図-5 に示すとおり、一定標高で横断面図を分割する。次に、下層から順に、点の計測幅と各層の midpoint 位置の変化量が閾値以内であるかどうかを条件として、その合致を確認する。このとき、これら条件に合致しない層を除去する。最後に、条件に合致した層を確認し、連続する層を一つの構成面として統合することで、横断面図から複数の構成面を抽出する。

d) 代表構成面抽出処理

本処理では、複数の構成面から、傾きの算出対象とする代表構成面を抽出する。生成された構成面それぞれについて面積を確認し、面積が最大となる構成面を代表構成面として抽出する。

(4) 傾き判定機能

本機能では、代表構成面から傾き量を計算し、その計算値に基づいてブロック塀の傾き有無を判定する。

a) 代表構成面傾き量算出処理

本処理では、まず、代表構成面の構成点から近似平面を生成する。次に、近似平面の法線ベクトルを算出する。最後に、法線ベクトルと XY 平面に対して水平なベクトルのなす角を算出し、傾き量とする。

b) 傾き評価処理

本処理では、各横断面図の代表構成面の傾き量を 0.5 度間隔のヒストグラムで集計する。そして、一定角度以上の傾き量がある場合に傾き有りと判定する。

表-2 正確な評価に配慮が必要なブロック塀の分類

No.	分類
1	土台の上に設置されているブロック塀
2	部分的に裏面が計測されたブロック塀
3	笠木や透かしブロックにより水平部が計測されているブロック塀

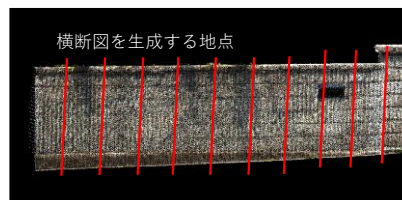


図-3 横断面図生成処理

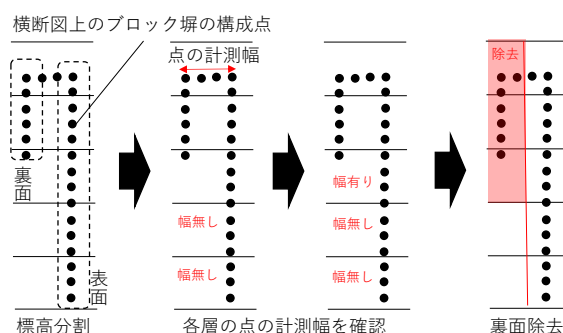


図-4 裏面除去処理

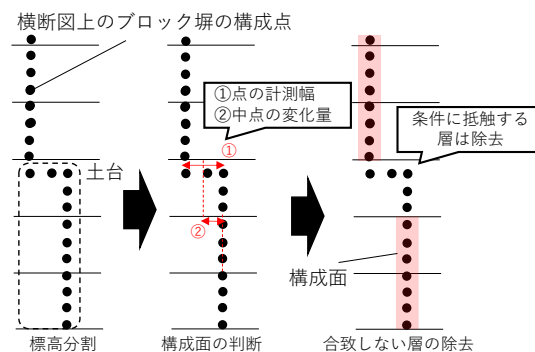


図-5 構成面抽出処理

3. 実証実験

本実験では、提案手法を用いて、様々な形状のブロック塀の点群データからどの程度危険度を評価できるかを確認する。

(1) 実験条件

本実験では、MMS で取得した徳島県下の点群データから、表-2 の分類に該当するデータを1つずつ無作為に抽出し、提案手法の有効性を確認する。ブロック塀の高さの最確値は、実地調査データとする。

(2) 結果と考察

提案手法により算出したブロック塀の高さと実地調査データとの比較結果を表-3に示す。表-3に示すとおり、平均 0.09m の精度で高さを算出できることがわかった。また、分類 No.1～No.3 のブロック塀の傾きの確認結果を図-6～図-8 に示す。分類 No.1 (図-6) では、土台部分を除き、ブロック塀に該当する部分の点群データのみを対象として、角度を算出できていることがわかった。分類 No.2 (図-7) では、ブロック塀の両面が計測されている場合でも、裏面を除去することで、表面の点群データから角度を算出できることがわかった。分類 No.3 (図-8) では、笠木により水平部が計測されている場合においても、水平部を避けて角度を算出できることがわかった。

以上の結果から、提案手法は、様々な形状を有するブロック塀においても、高さや傾きを算出できることがわかった。

表-3 高さの比較結果

分類 No.	提案手法	実地調査	差分
1	1.78m	1.69m	0.09m
2	1.36m	1.43m	0.07m
3	1.00m	1.12m	0.12m
平均	—	—	0.09m

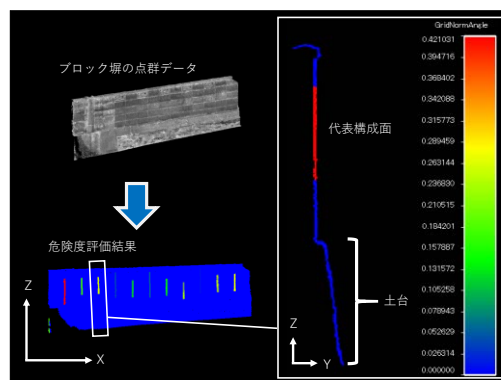


図-6 分類 No.1 の危険度評価結果

4. まとめ

本研究では、点群データを用いたブロック塀の危険度評価手法を考案した。そして、実証実験により、様々な形状を有するブロック塀においても、高さや傾きを評価できることを明らかにした。しかし、サンプリングでの評価であったため、広域での評価実験や傾きの定量的な判定精度が評価できていない。そこで、今後は、追加実験を実施することで、提案手法の有用性を評価する。また、本研究で対象外とした点検項目の効率的な点検方法を考究する。

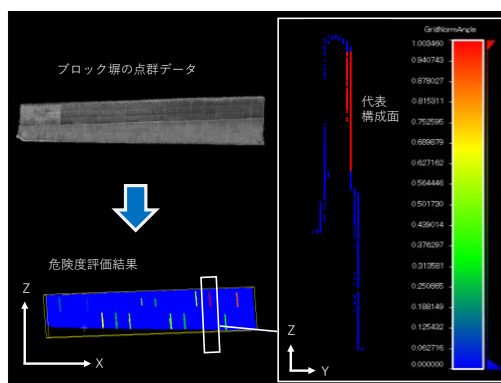


図-7 分類 No.2 の危険度評価結果

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) 国土交通省：平成 30 年大阪府北部地震への派遣，<<https://www.mlit.go.jp/river/bousai/pch-tec/activity/achievements/pdf/h3006.pdf>>，（入手 2021.06.14）。
- 3) 米子市：米子市建築物等の適切な管理に関する条例を令和 3 年 6 月 29 日に施行します，<<https://www.city.yonago.lg.jp/33846.htm>>，（入手 2021.6.14）。
- 4) 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 2021.6.14）。
- 5) 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），Vol.74，No.2，pp.I_421-I_426，2018。
- 6) 梅原喜政，塚田義典，田中成典，上月康則，下鳴恒彰，

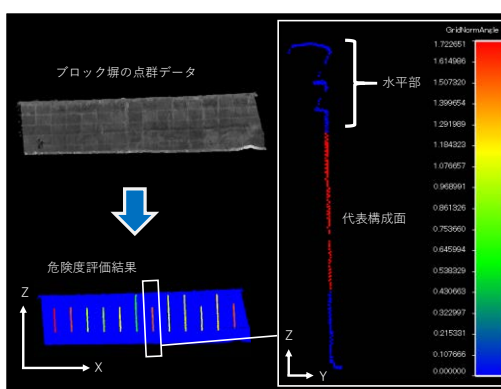


図-8 分類 No.3 の危険度評価結果

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），Vol.77，No.2，pp.I_161-I_173，2021。

- 7) 日本インシーク社：MMS，<<https://www.insiek.co.jp/business/technology/ict/mms.html>>，（入手 2021.6.14）。