

(24) センシングデータを用いた ブロック塀の維持管理に関する構想研究

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

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 摂南大学講師 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非会員 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 イトゥビル4F)

E-mail: shimonaru001@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。そこで、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。一方、建設コンサルや測量会社では、レーザやカメラ等のセンシングデータの利活用が進んでいる。しかし、ブロック塀に着眼した取り組みは極めて少ない。その一要因は、センシングデータでは指標に沿った点検ができない項目があるためである。そこで、本研究では、センシングデータに適した簡易点検指標を作成し、ブロック塀の維持管理を高度化する取り組みを構想する。

Key Words: maintenance, block fence, point cloud data, deep learning, feature extraction

1. はじめに

我が国では、敷地を隔てるための構造物として、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、モルタル等からなり、安価に設置できることから広く普及している。

しかし、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。例えば、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、道路を塞ぎ、人々の避難を阻害することも問題である。さらに、その状況下でさえ、ブロック塀の管理台帳等は整備されておらず、どこにどれだけのブロック塀があるかも把握できていない状況である。このことから、現在、ブロック塀の現状把握と点検が急務とされている。

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。

一方、建設コンサルタント会社や測量会社では、国土の維持管理の効率化を図るため、レーザやカメラ等のセンシングデータの利活用が盛んである。こうしたセンシングデータは、地物の3次元形状や色情報等を精緻に把握できるため、路面性状調査⁵⁾や道路附帯構造物の点検⁶⁾等、様々な利活用に期待が集まっている。しかし、現在の対象地物は、橋梁、トンネル、舗装、附属物(立体横断施設、道路標識、照明)が主であり、ブロック塀に着眼した取り組みは極めて少ない。その一要因は、センシングデータではブロック塀の内部構造や基礎までは測れず、指標に沿った点検ができないためである。加えて、

ブロック塀は、管轄が国、都道府県、市区町村、個人と多岐に渡ることもあり、統一的な点検指標や管理台帳が存在しないことも要因の一つである。

そこで、本研究では、センシングデータに適した安全度評価指標を考案し、ブロック塀の維持管理を高度化する取り組みを構想する。

2. 研究の全体像

本研究の全体像を図-1に示す。フェーズ1では、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。特に、フェーズ1では、計測したセンシングデータからのブロック塀の抽出や、安全度の評価、所轄管理団体の仕分け技術を開発する。

従来と本研究の点検フローを図-2に示す。従来の方法では、調査範囲にある全てのブロック塀を点検する必要があるが、本研究では、計測データからブロック塀の所在や安全度を簡易的に把握できるため、現行指標³⁾に基づいた詳細な点検を危険なブロック塀のみに集中できる。そのため、ブロック塀の維持管理の省力化及び高度化に寄与できる。さらには、防災マップや避難経路の見直しにも活用できる。

(1) ブロック塀の点群データと画像データの計測

本研究では、ブロック塀に適したセンシングデータの計測手段を確立する。中でも、3次元形状を把握できる点群データと色情報を把握できる画像データを本研究の対象とする。広範囲のセンシングデータを計測する手段としては、Mobile Mapping System⁷⁾（以下、MMS）が一般的である。しかし、MMSは計測機器の運搬基盤として車両を用いているため、狭小な道路の計測ができない課題がある。そこで、本研究では、狭小な道路でも計測できるMMSを開発する。

(2) ブロック塀の抽出技術の開発

本研究では、道路空間を計測した広域の点群データからブロック塀を抽出する技術を開発する。計測した点群データは、ブロック塀以外にも様々な道路地物が含まれている。そこで、点群データを幾何特性に基づいて道路地物ごとに切り出す。そして、深層学習を用いて切り出した点群データからブロック塀を認識する。

本論文では、幾何特性による地物の切り出し技術と、深層学習によるブロック塀の認識に向けた学習データの作成状況の詳細を次章以降にて詳述する。

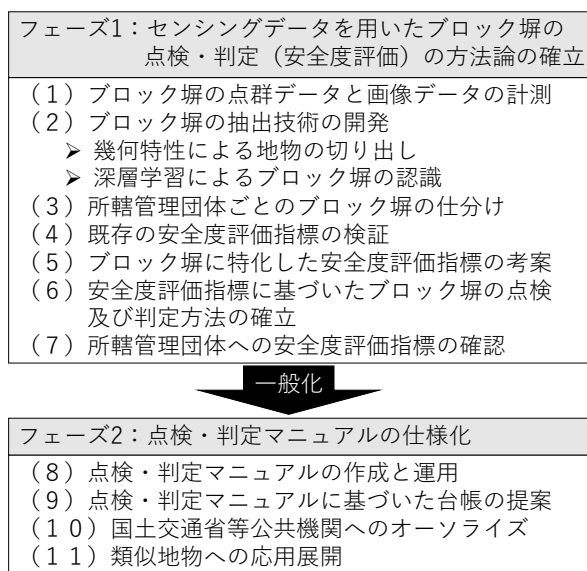


図-1 本研究の全体像

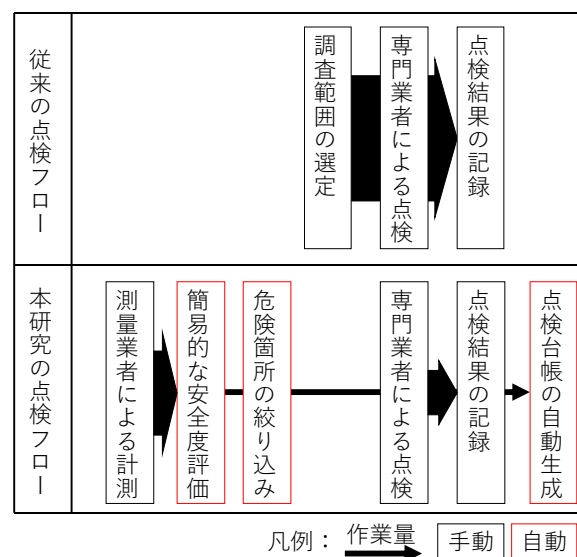


図-2 点検フロー

(3) 所轄管理団体ごとのブロック塀の仕分け

ブロック塀は、管轄が国、都道府県、市区町村、個人と多岐に渡る。そこで、本研究では、抽出したブロック塀を官民境界等の地図情報を参考にして所轄管理団体ごとに仕分ける技術を開発する。これにより、所轄管理団体毎に適切な情報提供が可能となる。

(4) 既存の安全度評価指標の検証

国交省では、ブロック塀の安全度評価指標³⁾を提案し、ブロック塀の所有者へ点検を促している。また、徳島大学では、徳島県や建築士会の協力の下、安全度を4段階で評価する方法を考案している。そこで、本研究では、センシングデータで、これら既存の安全度評価指標にどの程度対応できるかを明らかにする。

(5) ブロック塀に特化した安全度評価指標の考案

センシングデータでは、内部構造や基礎が計測できないため、従来の点検指標³⁾では、対応できない項目がある。そこで、本研究では、従来の点検指標³⁾を参考に、センシングデータに適した安全度評価指標を考案する。

(6) 安全度評価指標に基づいたブロック塀の点検及び判定方法の確立

本研究では、考案した安全度評価指標に基づいてブロック塀の点群データから自動で点検及び安全度を評価する技術を開発する。

(7) 所轄管理団体への安全度評価指標の確認

ブロック塀の安全度の評価後は、所轄管理団体への通知が必要である。加えて、ブロック塀の所轄管理団体は多岐に渡っており、それぞれで適切な評価結果の提示方法を選択する必要がある。そこで、本研究では、所轄管理団体が安全度評価結果を確認するときの適切な提示方法を検討する。

(8) 点検・判定マニュアルの作成と運用

本研究では、考案した安全度評価指標に基づいてセンシングデータを用いたブロック塀の点検・判定マニュアルを作成する。そして、実現場での運用試験を行うことで有用性を評価する。

(9) 点検・判定マニュアルに基づいた台帳の提案

ブロック塀には、統一的な点検指標や管理台帳はなく、適切に管理されていない。そこで、本研究では、点検・作成マニュアルに基づいた台帳を提案する。そして、センシングデータから自動的に生成する方法についても検討する。

(10) 国土交通省等公共機関へのオーソライズ

本研究では、作成した点検・判定マニュアルを国土交通省等の公共機関へ提案する。点検・判定マニュアルの仕様化により、全国におけるブロック塀点検の契機となることで、倒壊による死亡事故を未然に防ぎ、ブロック塀の管理責任の所在を明確にすることが可能である。

(11) 類似地物への応用展開

ブロック塀以外に、倒壊による危険性のある地物は多々存在する。例えば、玉垣や石柵、石柱等が挙げられる。そこで、本研究では、ブロック塀と同様に倒壊による危険性のある他の地物へも応用展開する。

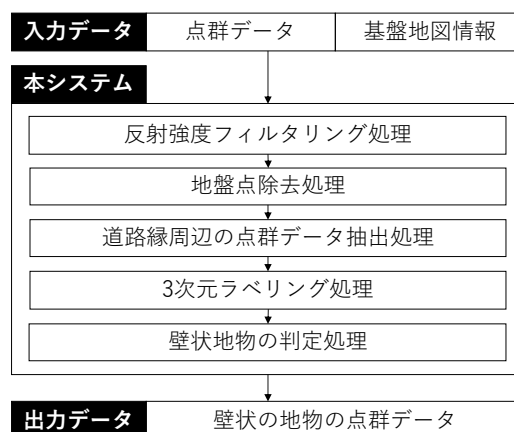


図-3 処理フロー



図-4 徳島県和田島地区の現地調査データの一例

3. 幾何特性による地物の切り出し技術

(1) アルゴリズムの概要

本研究では、道路空間を計測した点群データから道路地物を切り出す手法を提案する。提案手法は、基盤地図情報⁹⁾に基づいて、点群データを道路縁周辺に絞り込み、残った点群データから壁状の地物を抽出する。提案手法の処理フローを図-3に示す。

反射強度フィルタリング処理では、ブロック塀の反射強度が周辺の点と比較して高い傾向があることに着目して、反射強度の低い点を除去する。

地盤点除去処理では、Cloth Simulation⁹⁾を用いて、地盤点を除去する。これにより、地盤点で繋がった地物同士が繋がらずに分離した状態となる。

道路縁周辺の点群データ抽出処理では、ブロック塀が道路縁にあることに着眼し、基盤地図情報の道路縁周辺の点群データを抽出する。

3次元ラベリング処理では、点群データ間の3次元ユ

ークリッド距離に基づいてラベリング処理を行う。これにより、点の集まりごとにラベルを付与でき、地物ごとの点群データに分割できる。

壁状地物の判定処理では、分割した点群データの平面性を判定し、壁状の地物を抽出する。壁状地物の判定は、点の法線ベクトルを確認し、Z 軸に対して垂直に近いベクトルが連続するかどうかを確認する。

(2) 実験概要

本研究では、幾何特性による地物の切り出し技術により、正しくブロック塀を切り出しているかを確認する。本実験では、実地調査で記録したブロック塀を正解データとして、提案手法で抽出した地物と比較する。そして、適合率、再現率、F 値で地物の切り出し精度を評価する。なお、対象区域は、徳島県和田島地区とする。実地調査で記録したブロック塀の一例を図-4 に示す。

(3) 結果と考察

実験結果を表-1 に示す。表中 F 値を確認すると、0.41 と低い結果となった。しかし、提案手法は、壁状の地物を抽出する特性上、生垣や家屋の壁等を多く含むことが想定されるため、適合率が低下することは自明である。そこで、再現率を確認すると、0.90 と高い精度でブロック塀を抽出できることがわかった。なお、ブロック塀の抽出漏れの原因は、実地調査時に記録したブロック塀の一部について、MMS がその周辺を走行しておらず、点群データとして計測できていないためであった。以上のことから、提案手法は精度良くブロック塀を切り出しており、今後深層学習を適用することで、道路空間全体からブロック塀を認識できる可能性を確認できた。

4. 深層学習に用いる学習データの作成

(1) 学習データの作成手順

本研究では、幾何特性に基づいて切り出された地物から、深層学習によりブロック塀を認識する。深層学習は、認識対象の学習データを事前に準備する必要がある。

そこで、本研究では、徳島県と奈良県内の点群データからブロック塀を手動で抽出する。

(2) 学習データの作成結果

ブロック塀を抽出した結果、徳島県では 2,202 個、奈良県では 3,104 個のブロック塀を学習データとして作成できた。今後は、ブロック塀の認識モデルの構築を行い、幾何特徴により切り出された点群データから深層学習を用いてブロック塀を認識する。

表-1 実験結果

適合率	0.27
再現率	0.90
F 値	0.41

5. おわりに

本研究では、安全度評価指標に基づいたブロック塀の点検技術と、センシングデータに適した点検・判定マニュアルにより、ブロック塀の維持管理を高度化する方法について検討した。中でも、広域の点群データからブロック塀を含む地物を切り出す技術を提案し、実証実験により、その実現可能性を確認した。加えて、深層学習に必要な十分な量の学習データを収集した。今後は、切り出された点群データから、深層学習によりブロック塀を認識する技術を開発することで、本研究の全体像を遂行する予定である。

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，<http://www.city.tokushima.tokushima.jp/smph/kurashi/house/house_keikaku/buroku.html>，（入手 2020.6.1）。
- 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 2020.6.1）。
- 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) 森石一志，中村博康，渡邊一弘：三次元点群データを用いた新たな路面評価手法の検討，土木学会論文集 E1（舗装工学），土木学会，Vol.69，No.3，pp.I_9-I_16，2013。
- 6) 新垣仁，島村潤，谷口行信：幾何モデル当てはめによる柱状構造物のたわみ判定手法の検討，電子情報通信学会技術研究報告，電子情報通信学会，Vol.114，No.90，pp.79-84，2014。
- 7) 株式会社パスコ：MMS（モバイルマッピングシステム）で道路 3 次元計測，<<https://www.pasco.co.jp/products/mms/>>，（入手 2020.6.1）。
- 8) 国土地理院：基盤地図情報サイト，<<https://www.gsi.go.jp/kiban/>>，（入手 2020.6.1）。
- 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.501-522, 2016。