

画像から再構成した3次元点群による歩行空間形状評価の試行について

可児建設(株) 正○可児憲生 Abdalrahman Elshafey

環境風土テクノ(株) 本田陽一 須田清隆

立命館大学 横山隆明 建山和由

1. 目的

都市において歩行者が利用する良質な歩行空間の整備は、住みやすさや市街地の活性化など街の魅力向上に欠かすことのできない取り組みである。景観や回遊性の向上、地域の空間特性に応じた歩道の整備など様々な取り組みが行われているが、一方で段差や急な勾配、狭隘な歩道なども残されている実態がある。さらには整備後の経年変化による段差の発生など、路面の変状なども問題となりつつある。このような段差等はバリアフリーの観点からも解消されていくべきものであるが、まずはその存在を調査し、把握していく必要がある。また、そういった歩行空間内におけるハザード情報を提供することも必要である。

そこで、歩行空間の物理的なハザードを写真画像による3次元点群モデル再現により抽出し、マップ化することを目的とした調査を行った。

2. 方法

(1) 撮影

画像による3次元点群の再構成では UAV 等を利用した上空からの撮影画像を用いることが多い。しかし、2cm以上の段差は車いすの通行やベビーカーの利用の障害となるとされ、このスケールの精度の点群が再構成できる画像を上空から撮影することは困難であり、また歩道上で UAV を飛行させることもできない。そこで、歩道の細部が十分に把握できる、人の目線高さからの撮影を徒歩により行った。

撮影は昼間に行う必要があり、都市部では歩行者も多いことから歩行者の妨げとならないようアクションカム、ベビーカーカメラ等により 4K 動画を歩行しながら撮影した。撮影した動画フレームを画像に切り出し、3次元点群再構成に用いた。

(2) 座標およびスケールの設定

再構築された点群は一般にノンスケールのため、スケールおよび絶対座標は別途与える必要がある。既知の座標点がない場合にはあらたに測位計測を行う必要があるが、ここでは RTK-GNSS を用いることにより、1cm程度の精度を確保した。また、その処理にはオープンソースの CLOUDCOMPARE を用いた。

(3) 3次元点群再構築

オープンソースの COLMAP を利用して3次元再構築を行った。画像からの3次元再構築には多くの計算時間を要する。今回使用したパソコンでは1000枚の4K画像からの再構成に24時間から48時間以上かかることもあった。長大な歩道を対象とする際、すべてを一括でモデル化することは困難であることから、いくつかの領域に画像を区分して再構築を行った。また、歩行者や自動車(交差点)の映り込みが点群再構成を妨げるため、クラスター分類によるマスキング処理を事前に行った。

(4) 座標の歪み補正

地上からの撮影ではそれぞれの画像で撮影できる範囲は限られる。また、対象に対して限られた方向からしか撮影できないこともあり、再現された点群モデルには歪み誤差が生じることがある。そこで、①剛体変換 (cloudcompare の align 機能) で座標とスケール変換する、②GNSS 測点または補正済の隣接モデルと補正対象モデル間のずれ量 (ベクトル) を数点~十数点計測する、③ずれ量の測定点と点群の各点の間の距離の関数でずれ量を重みづけして補正する、とする手順により点群座標の補正を行った。

キーワード 歩行空間、写真計測、3次元点群

連絡先 〒485-0041 愛知県小牧市小牧 5-711 TEL 0568-77-5355 FAX 0568-75-0668

(5) 断面図、平面図、歩行空間ネットワーク等の作成

断面図は再構築した点群から 2.5D デローニ三角形を形成し、任意平面との交線を計算して得た。平面図は点群を手動でトレースした。歩行空間ネットワークは点群をトレースするとともに、縦断面図や段差の面的分布図を利用して作成した。

(6) 形状評価 (ハザード抽出)

3次元点群の法線ベクトルや勾配から路面の傾斜分布マップを作成した。段差は一定半径内の点群の標高を2階層にクラスタ分けし、各クラスタの平均の差異により評価した。

3. 試行結果

(1) 調査対象

東京都心部の歩道を対象とした。歩道は道路両側にあり、総延長は約600mであった。調査対象時期は2019年5月である。

(2) 撮影画像

歩道部で歩行者の映り込みは避けられないが、路面を中心に撮影して顔は入らないよう配慮した。交差点では特に信号待ちと青信号に合わせて横断する多数の人が写りこむことが避けられない。そのため、AIによる画像クラスター分類で歩行者と自動車の領域を抽出したものが図1である。



図1 クラスタ分類の例
(人物、自動車に網掛け)

(3) 点群再構成

3つの領域に分け点群を再構成した。使用した画像は各2000枚程度である。すべての点群を重ねた結果を図2に示す。

(4) 形状評価

図2および図3に点群から推定した勾配および段差の分布を示す。車いすの移動に支障となりうる急勾配や段差の多い領域を確認することができる。ただし、段差には勾配成分も含まれており、注意が必要である。

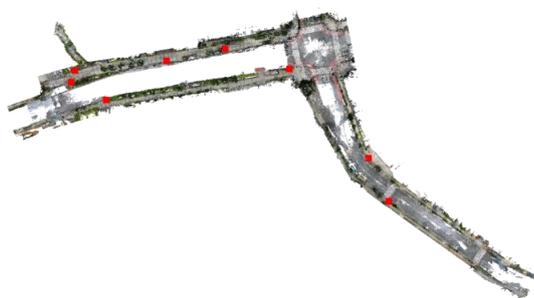


図2 得られた点群 (赤点はGNSS測位点)

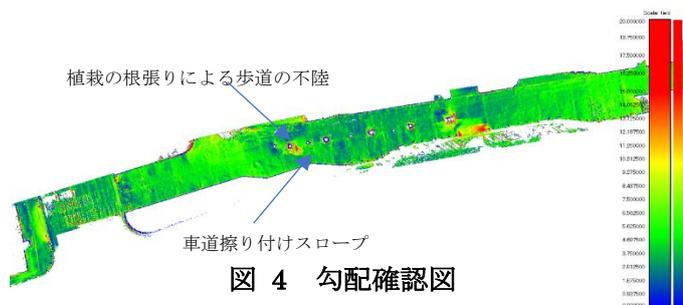


図4 勾配確認図

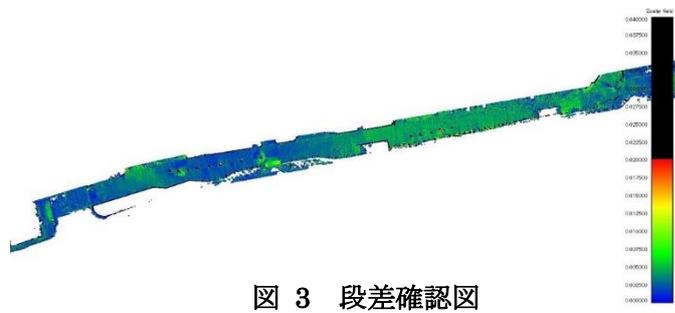


図3 段差確認図

4. 課題と今後

画像から3次元点群を再構成し、歩行空間の形状評価を行った。そのなかで以下の課題が抽出された。①テクスチャの変化が乏しいところ(新設アスファルト、金属面等)の再現が困難、②長大領域では歪み補正が必要、③撮影方法(特に方向)が点群精度に影響する、④ノイズを勘案すると段差等を計測する場合には個別の点間距離ではなく、ある程度まとまった領域間で統計的な処理が必要、⑤十分な精度の点群を得るまでには複数回の試行計算が必要になることがあり計算時間を要する。一方で、汎用的なカメラ、パソコンおよび安価なRTK-GNSS機器(2セットで8万円程度)を用いて形状評価に資する3次元点群を低コストで得られるメリットは大きいと考えられる。今後はより効率的な処理方法、精度の向上方法、一般的な展開を可能とするマニュアル整備などの開発に取り組んでいきたい。なお、本研究は、国土交通省建設技術研究開発助成制度『中小建設業を対象とした映像を活用したIoT施工法(Visual-Construction)』の研究成果を活用している。