

(9) 歩行者の屋内移動支援における点群データを用いた特徴点抽出と3次元モデルの作成

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: csma18009@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

現在、衛星測位技術や情報通信技術 (ICT) の進展により、高精度測位社会の実現が期待されている。しかし、屋内においては測位手法や3次元地図の未整備等、課題が残されており、建物内の設備情報に加えて、それらの位置情報が求められている。そこで本研究は、屋内型 MMS を用いて建物内の点群データを取得した。取得したデータより3次元地図整備の事前検討として、階層別屋内地理空間情報データ仕様書 (案) に従った3次元位置形状計測を行い、位置精度の検証を行った。その結果、衛星電波の受信できない環境下においてセンチメートル級の精度で位置情報検出が可能であり、歩行者の移動支援サービスへの活用も期待できることを示した。また、3次元モデルを作成することにより、点群の透過効果を避けた屋内空間の環境把握が可能であった。

Key Words: indoor mobile mapping system, point cloud data, indoor space, movement support

1. はじめに

東京オリンピック・パラリンピックが開催される2020年には、準天頂衛星等による衛星測位技術の環境整備、地理空間情報技術や情報通信技術 (ICT) の進展により、高精度の測位環境が整備された社会、「高精度測位社会」の実現が期待されている¹⁾。こうした未来の社会像を見据えつつ、世界に先駆けて屋内外の測位技術を活用した歩行者の円滑な移動支援や、適切な情報提供を可能とする様々なサービスを生み出すため、3次元地図や測位空間等の空間情報インフラの整備・活用に関する検討及び維持・更新が行われている。

サービス実現のため屋外では、衛星測位や MMS (Mobile Mapping System) 等の技術を活用した環境整備が進められている。しかし、衛星電波の受信できない屋内においては、統一的な測位手法はなく、各事業者等が作成しているフロアマップや構内図は設けられているが、空間の全体像が分かる共通の3次元地図の未整備等、課題が残されている。このような課題を解決すべく、2016年3月には、国土地理院より階層別屋内地理空間情報データ仕様書 (案)²⁾ (以下、本仕様書 (案)) が公開さ

れ、3次元計測技術を活用した屋内3次元地図の整備が進められている。しかし、本仕様書 (案) で規定される地図データは、屋内空間に係る建物の形状、設置物等を表現するデータが主であり、分類の定義や取得基準は示されているが、形状の詳細さや、位置精度に関しては記載がないことが課題として挙げられる。

3次元計測により得られる点群データは、地形を表現する際には点群をそのまま可視化するだけでもリアルな表現が可能である。一方で、屋内空間を表現すると、壁の背後にある物体が見えてしまうといった透過効果が発生してしまい、屋内空間を非常に把握しづらいといったことも課題とされている。

そこで本研究では、屋内型 MMS を用いて建物内の点群データを取得した。取得したデータから3次元地図整備の事前検討として、本仕様書 (案) で規定される地図データに従って計測対象物の抽出を行い、抽出したデータがどれほどの位置精度を有し、計測対象物の形状がどの程度表現可能であるのか検証を行う。また、点群データの3次元座標から屋内空間をモデル化し、その再現性から歩行者の移動支援等に点群データが活用可能であるか検討を行う。

2. 研究方法

(1) 実験概要

本研究では、ニコン・トリンブル社製の屋内型 MMS である Trimble Indoor Mobile Mapping System (以下、TIMMS) を使用した。2017年7月18日に図-1に示す日本大学理工学部船橋キャンパス測量実習センター1階を実験場所とし、屋内に人がいない環境下において、3次元地図整備のための障害物及び壁面・床面の点群データを世界測地系で取得する屋内3次元点群計測実験を実施した。実験場所は通路部の壁面の多くがガラス面であることが特徴であり、往復1回計測を行った。

(2) TIMMS

本研究で使用した屋内型 MMS である TIMMS のセンサ構成と性能を表-1に示す³⁾。TIMMS は全方位カメラ、レーザスキャナ、IMU (慣性航法装置)、DMI (走行距離計) 等で構成される。TIMMS は人が押しながら計測するシステムであることから、フロア間の移動が可能であり、手前にある物体が背後にある物体を隠して見えなくなる状態 (以下、オクルージョン) が発生した場合においても、データを統合することによって、オクルージョンによる欠損を補完した可視化が可能となる。

(3) 基準点測量

TIMMS は屋内に設置した基準点上で標定を行うことで、取得した点群データを世界測地系に変換して表現できる。世界測地系で表現することによって、屋内外測位のシームレス化を図ることが可能である。世界測地系で座標系を取得するため、図-1に示す屋外の基準点を用いて屋内に基準点を設置する測量を行った。地点103を基準局としてGNSS測量により、地点104、251、252の座標を取得した。その後、TSを使用して地点252から屋内の基準点311、312、313を測量し、座標値を算出した。

(4) 階層別屋内地理空間情報データ仕様書 (案)

本研究では本仕様書 (案) に従った分析を行う。本仕様書 (案) は歩行者の移動支援等を目的に整備した地図が共用できるための「相互運用性の確保」と、それを「効率的に作成・維持するための標準的な手法の確立」を目的として作成された¹⁾。地下街等の公共的屋内空間を主対象とし、階層別の地理空間情報データに関わる一般的な地図データの仕様について規定するものである。規定されるデータは、それらの利用者が地図を利用・作成する際に必要となる基盤的な情報が示されている。地図データは屋内空間に係る建物の形状、設置物等を表現するデータであり、取得する地物などを代表する点やある場所の位置を特定するために利用される。



図-1 基準点の位置 (Google Earth より作成)

表-1 TIMMS のセンサ構成と性能

機種名	TIMMS
センサ構成	
測定範囲	0.6m~130m
測定速度	448,000点/秒
範囲誤差	±2mm
ビームの広がり角	0.19mrad

3. 計測結果

(1) 点群データの特性

実験の結果を図-2に示す。TIMMS による計測は搭載されたレーザスキャナからレーザ光を照射し、レーザが返ってくるまでの時間を測定してデータを取得する。今回の計測では、壁面にガラスが多く使用されていることから、レーザ光がガラスによって屈折し、正しく反射せずにデータが取得されたことや、全方位カメラもガラス面の影響を受け、色情報が正しい位置に付与されない現象やノイズが多く検出された。そのため、全方位カメラで取得した色情報を除き、レーザスキャナで取得した点群データを反射強度値からグレースケールに変換することによって、ガラスによる影響を緩和し、境界線が明瞭に判別可能であった。

また、図-3は床面の点群分布例である。点群は計測対象物の表面上に付与しており、計測密度はレーザが照射されなかった箇所を除いて1cm²あたり最大で10点、少ない箇所においても3点照射されている。それにより、床面と壁面の変化点や、階段や出入口等の計測対象物の形状を正確に認識することが可能である。

(2) 地図データの抽出

本仕様書(案)における地図データは、屋内空間に係る建物の形状、設置物等を表現するデータであり、分類の定義や取得基準は示されているが、形状の詳細さや、位置精度に関しては記載がない。本研究では、実験により取得した点群データから本仕様書(案)に規定されている地図データのうち、階段の抽出を行った。

本仕様書(案)で要求される階段の取得基準は、乗降口と踏み段の取得である。点群データからの抽出は RIEGL 社製の解析ソフト RiSCAN PRO を使用した。RiSCAN PRO は点群データが持つ xyz 座標値、反射強度値、RGB 値を利用したフィルタリングや、ノイズの削除を行うことが可能である。この機能を利用して階段の抽出を行った。

階段の抽出結果を図-4 に示す。抽出した階段はオクルージョンによる欠損が存在したが、TIMMS による計測は走行ルートを往復 1 回計測していることから、往路と復路のデータを統合することによって、欠損部分を補完した可視化が可能であった。そのため、本仕様書(案)に規定される情報項目を満たした抽出が可能である。したがって、TIMMS により測定した点群データは、オクルージョンによる欠損が存在している箇所においても、データを統合することによって計測対象物の形状の認識が可能であり、地図データとして活用が可能であった。次に、本仕様書(案)は位置精度に関する記載がないため、正確な位置精度を有しているのか評価を行った。

4. 解析結果

(1) 位置精度の評価(階段)

地図データの抽出結果から、階段について位置精度の評価を行った。図-5 に解析画面の一例を示す。オクルージョンによる欠損が存在する箇所は解析の対象外とし、階段の幅や蹴上げ等それぞれ 19 ヶ所計測を行った。検出結果を表-2 と図-7 から図-9 に示す。実測値と解析値の平均較差は、蹴上げと踏み面は 0.010m 以内となったが、階段の幅は 0.026m であり、センチメートル級の精度で位置情報の検出が可能であったが、階段の幅に関しては誤差が目立つ結果となった。これはガラス面のノイズと点群データの重複が影響していると考えられる。3 節(1)項で述べたように今回計測した点群データはガラスによるノイズが発生しているため、ガラス面付近に存在している階段の幅の右側には点群データのバラつきが見られた。また、オクルージョンによる欠損を補完するため往路と復路のデータを統合したのから解析を行ったため、一部データが重複していることから、点群データに厚みが発生し、誤差の要因になったと考えられる。

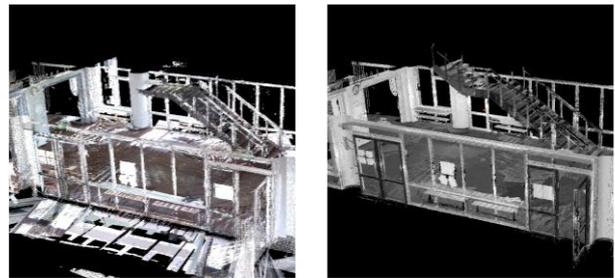


図-2 色情報表示(右)と反射強度値表示(左)の比較

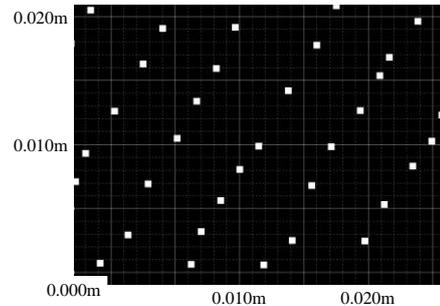


図-3 床面の点群分布例



図-4 点群データ統合による比較(右:統合前,左:統合後)

また、視覚障害者の移動を想定した場合、肘を曲げた状態で自由に手の届く領域を通常作業域⁴⁾と呼び、男女ともに約 30cm と言われている。今回の計測では、視覚障害者が手を触れることによって空間を把握できる較差内で位置情報検出が可能であり、歩行者の移動支援サービスへの活用が期待できると考えられる。

(2) 3次元モデルの作成

本研究では、Trimble 社製の 3 次元モデリングソフトウェアである SketchUp を用いて 3 次元モデルを作成した。点群データはデータの取得は容易であるが、膨大なデータ量になってになってしまうことが課題として挙げられる。そのため、モデリングを行うことでデータ量を削減でき、扱いやすくすることができる。3 次元モデルを作成するため、点群データをレイヤ毎に分けて読み込みを行った。レイヤ分けした点群の特徴点繋ぎ合わせることでモデリングを行う。結果を図-6 に示す。3 次元モデルを作成することにより、点群の透過効果を避けた屋内空間の環境把握が可能であった。

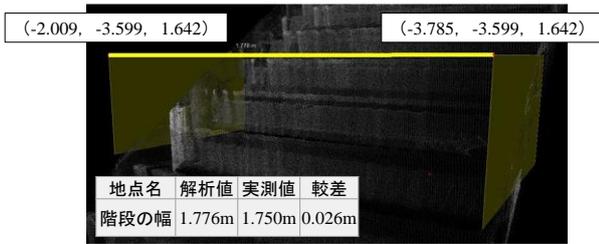


図-5 位置精度の評価例 (階段の幅)

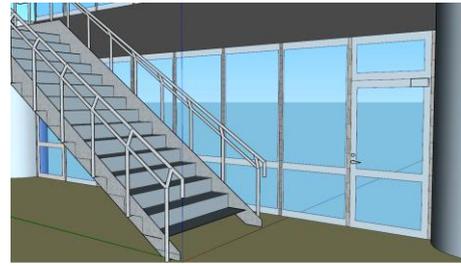


図-6 作成した3次元モデル

表-2 位置精度の検出結果 (階段)

	階段の幅		蹴上げの高さ		踏み面の幅	
	実測値 (m)	解析値 (m)	実測値 (m)	解析値 (m)	実測値 (m)	解析値 (m)
平均値	1.752	1.775	0.184	0.183	0.296	0.287
平均較差	0.023		0.001		0.009	
最大較差	0.026		0.015		0.018	

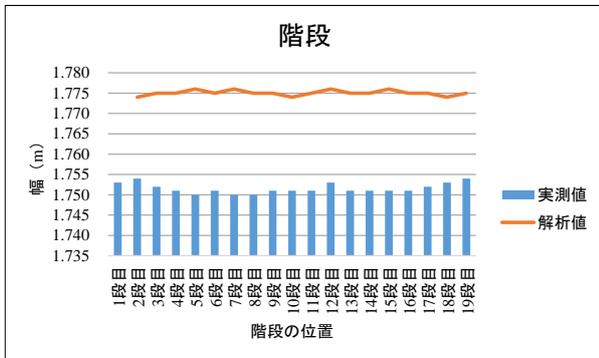


図-7 実測値と解析値の比較 (階段の幅)

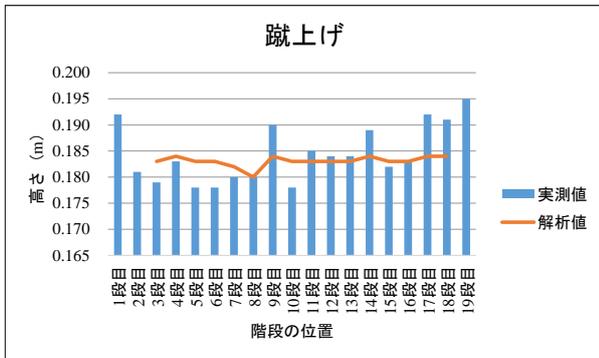


図-8 実測値と解析値の比較 (蹴上げ)

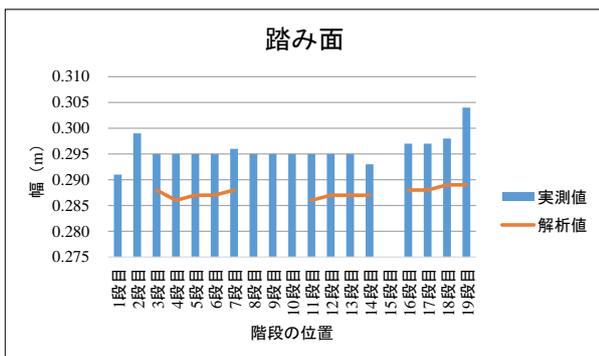


図-9 実測値と解析値の比較 (踏み面)

5. おわりに

本研究では、3次元地図整備の事前検討として、本仕様書(案)に基づいて3次元位置形状計測を行い、以下のような結果を得た。

- 取得した点群データから色情報を除き、反射強度値からグレースケールに変換することで、建物内設備の有無や形状を認識することが可能である。
- センチメートル級の精度で位置情報検出が可能である。
- 点群データから3次元モデルを作成することで、データ量を削減でき、点群の透過効果を避けた屋内空間の環境把握が可能である。

以上のように、点群データは屋内空間の3次元整備に適用可能であり、歩行者移動支援サービスへの活用が期待される。

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：高精度測位社会プロジェクト、
<http://www.mlit.go.jp/kokudoseisaku/kokudoseisaku_tk1_000091.htm>, (入手：2018.3.31) .
- 2) 国土地理院：階層別屋内地理空間情報データ仕様書(案), 平成29年3月改訂版(暫定),
<<http://www.gsi.go.jp/common/000192202.pdf>>, (入手：2018.3.31) .
- 3) Applanix：TIMMS Datasheet, <https://www.applanix.com/downloads/products/specs/TIMMS_Data_Sheet_2017.pdf>, (入手：2017.8.1) .
- 4) 日本建築学会：建築設計資料集成, 拡張編, 人間, 丸善, 2003.1.