

(29) 屋内における視覚障害者歩行支援のための 自己位置推定手法に関する研究

小川 達也¹・佐田 達典²・江守 央³

¹学生会員 日本大学大学院 理工学研究科社会交通工学専攻 (〒274-8501千葉県船橋市習志野台7-24-1)

E-mail:csta14005@g.nihon-u.ac.jp

²正会員 日本大学教授 理工学部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 日本大学助教 理工学部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

視覚障害者を対象とした屋内用歩行支援システムにおける自己位置推定手法の構築を行った。現在、開発研究されている屋内用視覚障害者歩行支援システムは、RFIDやBluetoothを用いるものが多いが、これら設置型機材を用いたシステムは、管理・運用の問題や自己位置推定精度の問題から実用化までには至っていない。そこで、レーザ距離計を4台を前後左右に照射し、壁面からの距離を取得することで自己位置推定が可能なことを示した。

Key Words : visually impaired, walkin support, Indoor Mobile Mapping System, laser dist meter

1. はじめに

現在、視覚障害者は国内に約31万人存在すると報告されており¹⁾、これらの人々に対する日常生活の様々な面での支援が必要とされている。政府による歩行支援としては、2006年にバリアフリー新法が施行され、段差の解消や視覚障害者誘導用ブロック（以下、点字ブロック）の敷設等が急速に進んでいる²⁾。しかし、点字ブロックは注意を示す点状ブロックと移動の方向を示す線状ブロックの2種類だけであり、情報提示能力に限界があると考えられる。このため、初めて訪れる場所では、点字ブロックの情報だけでは自己位置の把握や目的地にたどり着くことが困難である場合があると考えられる。従って、適切な歩行支援システムの構築が必要である。現在、研究開発がされている視覚障害者のための歩行支援システムとして、屋外ではGNSSやRFID、Bluetooth等設置型機材を用いるシステムの研究開発が進められ提供されてきている³⁾。しかし、屋内では、GNSS信号が受信できないため、設置型機材を用いるシステムの研究開発が多く進められてきているが、設置型機材の管理・運用の問題から、実用化までには至っていない⁴⁾。

本研究では、屋内における視覚障害者歩行支援システムを対象とし、設置型機材を用いることなく、レーザ距

離計を前後左右に照射し、壁面からの距離を取得することで自己位置を推定できるシステムを構築する。

2. 屋内における自己位置推定手法の提案

(1) 提案する自己位置推定手法の概要

本研究では、屋内をレーザスキャナで計測し、視覚障害者が持つ機材に、取得した3次元点群データを用いて3次元地図データを作成する。作成した地図データから壁面の平面位置を示す直線方程式を導出し、前後左右に取り付けたレーザ距離計4台から取得される距離データを用いることで、視覚障害者が持つ機材1つで自己位置を推定する手法を提案する。

(2) 自己位置推定手法

本研究における自己位置の推定手法は、まず、自己位置から壁面までの距離を前後左右に取り付けたレーザ距離計を用いて計測する。次に、レーザ距離計から取得した自己位置から壁面までの距離を用いて、壁面に対しての傾きを式(1)を用いて算出する（図-1）。

$$\cos \alpha = \frac{l_2}{d_1 + d_3} = \frac{l_1}{d_2 + d_4} \quad (1)$$

算出した傾きを用いて、式(2)より自己位置から壁面までの直角距離(d'_n)を算出する。

$$d'_n = d_n \cos \alpha_n \quad (2)$$

次に、点と直線の距離の公式を用いて、各壁面の直線方程式と壁面に対する直角距離から、前後左右それぞれ式(3)のように表すことができる。

$$a_n x + b_n y = d'_n \sqrt{a_n^2 + b_n^2} - c_n \quad (3)$$

前後左右算出した式から、まず、パターン1として前方に対応する式と右方に対応する式を式(4)のように行列を用いて自己位置座標を算出する。次に、パターン2として後方に対応する式と左方に対応する式を用いて自己位置座標を算出する。

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1 & b_1 \\ a_4 & b_4 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} d'_1 \sqrt{a_1^2 + b_1^2} - c_1 \\ d'_4 \sqrt{a_4^2 + b_4^2} - c_4 \end{pmatrix} \quad (4)$$

3. 屋内3次元点群計測実験

(1) 実験概要

日本大学理工学部船橋キャンパスの14号館1階を実験場(図-2)とし、屋内に人がいない環境下で、点字ブロックと視覚障害者の歩行に支障が出ると考えられる障害物及び壁面の形状を取得する屋内3次元点群計測実験を実施した。また、実験場は、多くの壁面がガラス面であることが特徴である。移動体計測システムは、Trimble Indoor Mobile Mapping System (TIMMS)を使用した。

(2) TIMMS

TIMMSとは、GNSS信号の受信できない環境下において、手動の手押しカートで空間情報を計測するものである。TIMMSのセンサ構成(図-3)は、IMU (POSLV, Applanix社)、ホイールエンコーダ、レーザスキャナ(TX5, Trimble社)、全方位カメラ(Ladybug, Point Grey社)、で構成される。センサの位置姿勢データは、IMUにより取得された加速度データ及び角速度データと、ホイールエンコーダから取得された移動距離データから推定される。さらに、IMUの蓄積誤差は往復法により、後処理で除去される。このシステムは、レーザスキャナにより、移動しながら移動軌跡の直交断面方向を360度ラインスキャンし、IMUとホイールエンコーダにより推定された位置姿勢データを加味することで、点群データを

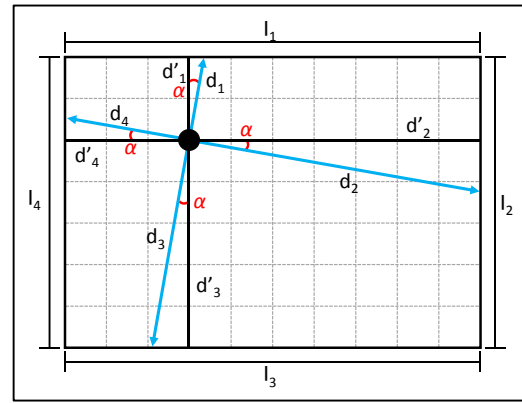


図-1 自己位置推定のイメージ

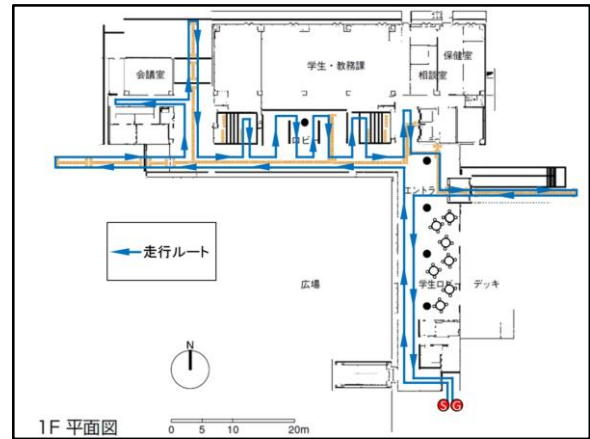


図-2 点群計測実験場の平面図

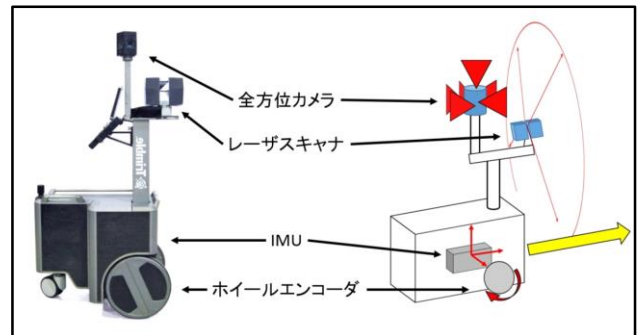


図-3 TIMMSセンサ構成



図-4 ノイズが多く含まれた点群データ

取得する．さらにキャリブレーションされた全方位カメラで撮影された画像から，点群データの各点に対応する色情報を付与する．位置姿勢の推定精度はIMUとホイールエンコーダ，測定範囲はレーザスキャナのスキャンニングレートに大きく依存し，出力される点群データ精度はこれらを結合した結果に依存する⁹⁾．

(3) 実験結果

実験の結果，計測環境下にガラス面が多くあったため，色情報が正しい位置に付与されない現象（図-4）やノイズが多く検出された．しかし，レーザスキャナで取得された反射強度値をモノクロの色情報に変換することで，ガラス面の多い環境下でも正確に対象物を識別（図-5）できることがわかった．

今後，主要な平面の平面位置を示す直線方程式を導出する．



図-5 反射強度値をRGB値に変換した点群データ

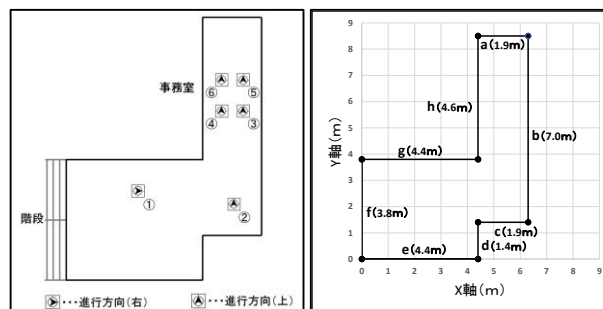


図-6 自己位置推定実験場の平面図

4. 自己位置推定のための基礎実験

(1) 実験概要

構築した自己位置推定方法により，推定可能か検証するため，日本大学理工学部船橋キャンパスの7号館2階フロアを実験場とし，屋内に人がいない環境下において，巻尺により計測した空間のローカル座標内で自己位置推定を実施した（図-6）．なお，歩行すると考えられる6箇所を選定し，実験を実施した．自己位置推定機器（図-7）は，レーザ距離計4台を前後左右に取り付けたものを自作し用いた．

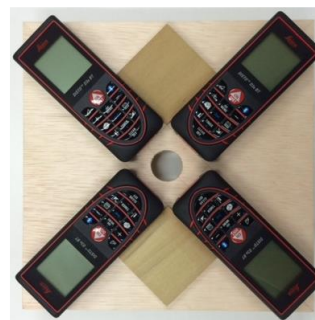


図-7 自己位置推定機器

表-1 自己位置推定結果（1）

点名	計測回数	レーザ距離計による実測値				計算値（面に対して直角）				照射面数
		前	右	後	左	前	右	後	左	
1	1回目	3.970	2.839	2.313	0.978	3.959	2.831	2.307	0.975	4面
	2回目	4.082	2.92	2.368	0.996	4.082	2.92	2.368	0.996	4面
	3回目	4.077	2.931	2.382	0.993	4.077	2.931	2.382	0.993	4面
2	1回目	2.169	1.095	1.095	3.078	—	—	—	—	3面
	2回目	5.988	0.979	0.969	5.314	5.969	0.976	0.966	5.297	4面
	3回目	5.998	0.972	0.965	5.322	5.982	0.969	0.962	5.308	4面
3	1回目	1.556	0.623	4.292	1.381	—	—	—	—	3面
	2回目	3.064	0.585	4.027	1.295	3.032	0.579	3.985	1.281	4面
	3回目	2.990	0.574	3.962	1.277	2.946	0.565	3.903	1.258	4面
4	1回目	2.986	1.275	3.986	0.576	2.949	1.259	3.936	0.569	4面
	2回目	3.015	1.294	4.023	0.581	2.975	1.277	3.970	0.573	4面
	3回目	3.050	1.290	4.040	0.594	3.024	1.279	4.006	0.589	4面
5	1回目	1.994	0.575	4.965	1.279	1.967	0.567	4.898	1.262	4面
	2回目	2.094	0.596	5.147	1.324	2.094	0.596	5.147	1.324	4面
	3回目	2.049	0.597	2.283	1.321	—	—	—	—	3面
6	1回目	1.976	1.276	4.986	0.579	1.950	1.259	4.921	0.571	4面
	2回目	2.038	1.324	4.815	0.602	—	—	—	—	3面
	3回目	1.981	1.288	5.017	0.582	1.971	1.281	4.991	0.579	4面

表-2 自己位置推定結果（2）

点名	計測回数	巻尺計測による座標値		パターン1の結果		パターン1の誤差		パターン2の結果		パターン2の誤差	
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	1回目	2.300	2.800	2.297	2.783	0.003	0.017	2.357	2.841	-0.057	-0.041
	2回目			2.292	2.791	0.008	0.009	2.350	2.848	-0.050	-0.048
	3回目			2.302	2.796	-0.002	0.004	2.360	2.853	-0.060	-0.053
2	1回目	5.300	2.400	—	—	—	—	—	—	—	—
	2回目			5.270	2.367	0.030	0.033	5.329	2.427	-0.029	-0.027
	3回目			5.277	2.362	0.023	0.038	5.336	2.422	-0.036	-0.022
3	1回目	5.700	5.400	—	—	—	—	—	—	—	—
	2回目			5.727	5.401	-0.027	-0.001	5.668	5.342	0.032	0.058
	3回目			5.729	5.415	-0.029	-0.015	5.670	5.355	0.030	0.045
4	1回目	5.000	5.400	5.032	5.428	-0.032	-0.028	4.973	5.368	0.027	0.032
	2回目			5.029	5.427	-0.029	-0.027	4.970	5.367	0.030	0.033
	3回目			5.039	5.414	-0.039	-0.014	4.981	5.355	0.019	0.045
5	1回目	5.700	6.400	5.729	6.411	-0.029	-0.011	5.670	6.352	0.030	0.048
	2回目			5.728	6.392	-0.028	0.008	5.671	6.335	0.029	0.065
	3回目			—	—	—	—	—	—	—	—
6	1回目	5.000	6.400	5.034	6.430	-0.034	-0.030	4.974	6.370	0.026	0.030
	2回目			—	—	—	—	—	—	—	—
	3回目			5.032	6.435	-0.032	-0.035	4.973	6.376	0.027	0.024

(2) 実験結果

自己位置推定実験結果を表-1、表-2に示す。実験の結果、レーザ距離計から照射されたレーザ光が4面に照射された場合では、自己位置推定結果と巻尺計測による座標値を比較したところ、最大0.060m、最小0.001mの誤差となり、センチメートル級の精度で推定可能であり、自己位置推定が可能であることが確認された。

しかし、レーザ光が3面に照射された場合では、構築したアルゴリズムでは自己位置推定が不可能であった。

5. おわりに

本研究では、GNSS信号の受信できない屋内において、ガラス面のある屋内でも、反射強度値を用いることで3次元点群データを取得することに問題がないことが確認された。また、構築した自己位置推定アルゴリズムを用いることで、レーザ距離計から照射されたレーザ光が4つの壁面に照射された場合と限定的ではあるが、自己位置推定が可能であることが確認できた。

今後は、TIMMSにより計測した点群データを用いて主要な壁面の平面位置を示す直線方程式を導出するとともに、自己位置推定実験を行う。さらに、レーザ光が3面に照射された場合の自己位置推定方法の構築を行う。また、自己位置から周辺の障害物や目的地までのルートを示すプログラムの作成を行う予定である。

謝辞：実験にご協力いただきました株式会社ニコン・トリンブルの塩崎周様に、心より謝意を表します。また、自己位置推定アルゴリズムの構築にご協力いただきました株式会社フィールドテックの村山盛行様、清水哲也様に、心より謝意を表します。

参考文献

- 1) 内閣府 共生社会政策統括官：障害者白書平成 19 年度版，pp.184，2007.
- 2) 内閣府 共生社会政策統括官：障害者白書平成 21 年度版，pp.168-169，2009.
- 3) 石川准，兵藤安昭：GPS による視覚障害者歩行支援システムの開発，電子情報通信学技術研究報告，Vol.104，pp.51-56，2005.
- 4) 後藤浩一，松原広，深澤紀子，水上直樹：駅環境における携帯端末を用いた視覚障害者向け情報提供システム，情報処理学会論文誌，Vol.44，No.12，pp.3256-3268，2003.
- 5) 鈴木慶太，中村有貴，藤井雅弘，渡辺裕，伊藤篤：携帯電話を用いた屋内環境向け視覚障害者歩行支援システムの開発，電子情報通信学技術研究報告，Vol.109，pp.7-12，2009.
- 6) Trimble 社：Applanix,SOLUTION,TIMMS
<<http://www.applanix.com/solutions/land/timms.html>>,(入手 2015.6.20).