

視覚障害者のためのトイレ案内に関する研究 ～ 測域センサを用いた使用状況の判別 ～

○ 萩谷 優輝, 大矢 晃久, 滝沢 穂高 (筑波大学), 小林 真 (筑波技術大学)

Guidance in Toilet for the Visually Impaired ～ Recognition of Usage Status Using RIDAR ～

○ Yuuki HAGIYA, Akihisa OHYA, Hotaka TAKIZAWA (Univ. of Tsukuba), Makoto
KOBAYASHI (Tsukuba Univ. of Tech)

Abstract : People who are blind or visually impaired, such as amblyopia, are restricted in various behaviors compared to sighted people, especially in an unfamiliar environment. Therefore, we will conduct research on a system that supports guidance in toilets that are particularly inconvenient for visually impaired people. In this experiment, we measured the inside of the toilet with a range sensor and examined usage status recognition. We also checked the applicability of the system in several different toilet rooms.

1. 緒言

外界を認識する研究開発が盛んに行われており、外界を認識するためのセンサとして、カメラや測域センサが使用される。一方で、カメラは日照条件による変動の影響を受けやすい。測域センサはその計測原理から、物体の形状しか判別できないが、照明環境に左右されず高い計測精度をもち、暗闇においても計測が可能となる。さらに、物体までの正確な距離を計測することができる。また、測域センサはプライバシー保護の観点からも望ましいものであると考えられる。そこで、測域センサを用いた視覚障害者のためのトイレ案内に関する研究を考えている。

2. 研究目的

目の見えない人や弱視などの視覚障害者は、晴眼者に比べて様々な行動が制限される。例えば、晴眼者は電車内や映画館などで空席を見つけるといったことはごく当たり前に出てくるが、視覚障害者がそれらを行う場合には介助者による誘導などの支援を必要とする場合が多い。とりわけトイレにおいては、介助者が同姓ではない場合に単独で利用可能な場所を探す必要があり、困難を感じることも多い [1]。彼らの歩行に不可欠な白杖も、「利用できる場所」を探すために用いると他者に触れてしまう可能性が高いため、適していない。また排泄場所であることから直接触れて探すのも難しい。そこで、本研究はトイレに焦点を当て、視覚障害者に利用可能な場所を案内する支援システムに関する研究を行う。

3. 関連研究

本研究の先行研究 [2] として、3次元測域センサとベルト型振動デバイスを用いて視覚障害者の歩行補助と目的地までの誘導を目的とした研究がある。3次元測域センサで階段や障害物を検知するとともに自己位置推定を行い、障害物を回避しつつ安全に目的地まで誘導するシステムを提案している。本研究では、視覚障害者が特に不便を感じていたトイレにおいて誘導を支援する案内システムを提案することを目的とする。

品川 [3] らによると、見守りシステムにおいて、今までカメラが最も有効と考えられ、あらゆる場面で用いられている。カメラには、リアルタイムで多くの情報を確認することができる。しかし、カメラはトイレなどプライバシーの侵害にかかわる場所に設置することが困難である。また、被験者の精神的負担が生じる可能性も多い。

竹上 [4] は、超音波距離センサにより、周辺状況認知を目的として研究を行っている。超音波は聞き取ることが出来ない周波数の高い音波であり、超音波センサは20kHz以上の超音波を放出し、その反射波を受け取ることによって物体の有無や距離などを検知するセンサである。しかし、超音波センサは計測可能範囲が狭く、トイレのような広範囲の正確な判別を行うためには複数台設置する必要がある。

穆 [5] は、輝度分布センサを応用した高齢者見守りシステムの開発を目指している。輝度分布センサは、プライバシーを侵害せずに人物の状態検知するために提案されたセンサである。このセンサは、画像を使わず1次元輝度分布を直接取得することができ、その分布の状態を検知することにより人物状態の把握が可能となる。しかし、輝度分布センサは自然光を利用したセンサであるので、外乱光によっては検知不可能な場合があり、照明環境に左右され暗闇において計測できない問題がある。

4. 測域センサ

本研究では、トイレにおける 2 次元データを取得するために、測域センサとして北陽電機社製の URG-04LX を使用することとした。Fig.1 に URG-04LX の外観を、Table1 に URG-04LX の仕様を示す。今回使用する URG-04LX は比較的安価であり、1 スキャンにかかる時間は 100ms 程度であり、視覚障害者のトイレ内案内に関して必要な情報を取得するには十分な点群数を取得することが出来ると思われる。



Fig. 1: URG-04LX の外観

Table 1: URG-04LX の仕様	
項目	仕様
大きさ	W:50[mm] × D:50[mm] × H:70[mm]
重量	160[g]
水平走査角度	240[度]
計測可能距離	4[m]
水平走査速度	10[Hz]
計測点数	682[個]

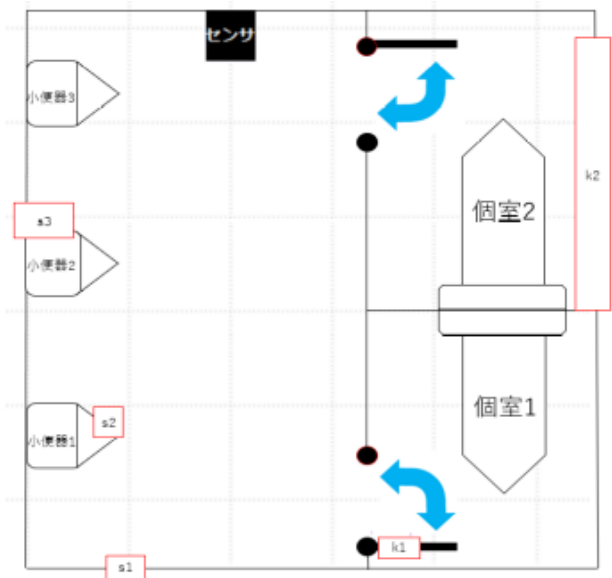


Fig. 2: トイレの見取り図

5. 研究方法

トイレにおける計測の実際の環境を調べるため、筑波大学総合研究棟 B 10F の Fig.2 のようなトイレにおいて計測を行った。計測の結果、比較的是っきりとした点群がみられた Fig.2 上部の奥側の壁にセンサを設置した。人がいない場合の環境を Fig.3 に、人がいる場合 (小便器 1・2・3 使用) の環境を Fig.4 に示す。小便器 2・3 については、人間の足の代わりに布を巻き付けた円筒を置いている。また、人がいない場合にセンサから得られる 2 次元点群を Fig.5 に、人がいる場合 (小便器 1・2・3 使用) の 2 次元点群を Fig.6 に示す。これらの図において、センサは原点の位置に図中の下方を向いて設置しており、赤い四角の枠は使用中かどうかを判断する範囲を示している。この結果からトイレの利用者が 1 名の場合だけでなく、複数人がトイレを使用した場合の判別も行えるものと考えられる。



Fig. 3: 人がいない場合の環境



Fig. 4: 人がいる場合 (小便器 1 ~ 3 使用) の環境

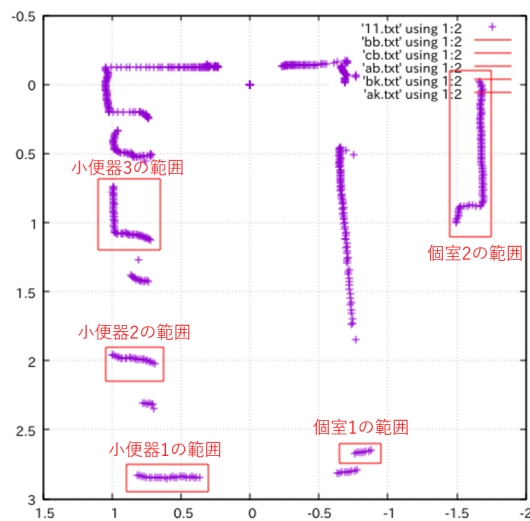


Fig. 5: 人がいない場合の2次元点群

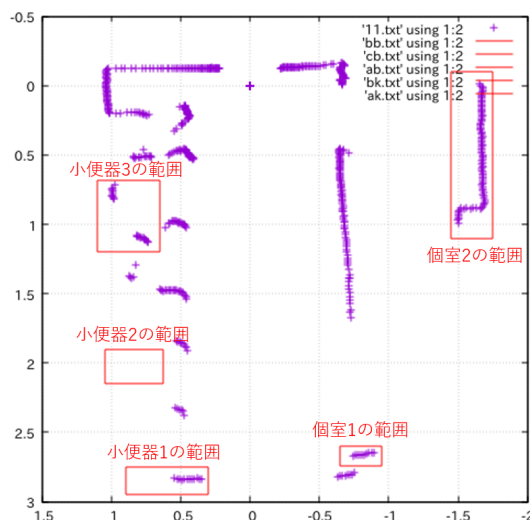


Fig. 6: 人がいる場合 (小便器 1 ~ 3 使用) の2次元点群

使用状況の判別を行うためには、Fig.7 のようにはっきりとした差分が確認できる A(足)、または B(壁) に判別範囲を設定する必要がある。人が立っていれば A の範囲に人の足の点群が表れると同時に、人の足の陰になって壁の B の範囲の点群が消失する。A, B の範囲に点群があるかないかで、判別の状況は Table2 に示すように三つのパターンがある。A の範囲を用いた場合、点群があれば使用されていることがわかるが、ないからといって使用されていないとは限らず、Table2 に示すわからない場合においても案内してしまうことになる。一方で、B の範囲を用いれば、点群があれば使用されていないことは確実となる。本研究では、空いているところへ案内する観点から B の判別範囲を用いることとし、Fig.4 と 6 の赤枠に示すように設定した。この枠内の点群数が予め設定したしきい値より多ければ未使用、少なければ使用中と判断する。

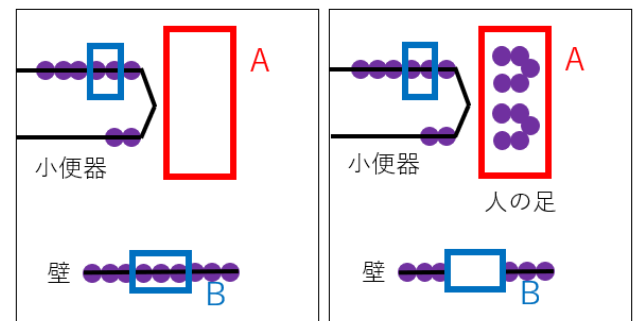


Fig. 7: 判別範囲 A・B と人がいない場合 (左) と人がいる場合 (右) に得られる点群のイメージ

Table 2: 判別の状況:3 パターン

	範囲 A	範囲 B
使用されている	あり	なし
分からない	なし	なし
使用されていない	なし	あり

小便器については、人感センサの範囲とされている 40cm 以内の判別を目指す。Fig.8 のように便器の人感センサから体 (胸部) までの距離 20cm-40cm に着目した計測を行った結果を Table3 に示す。○は全ての便器において正しく判別された場合、△は未使用の便器において使用中と判別されたものがある場合、×は使用中の便器において未使用と判別されたものがある場合を表している。Table3 には、判別範囲として小さい範囲と大きい範囲を設定した場合の結果を示している。これらと比較した結果、大きい範囲の方が○が多く、より正しく判別が行えることが分かった。範囲の大小のイメージを Fig.9 に示す。

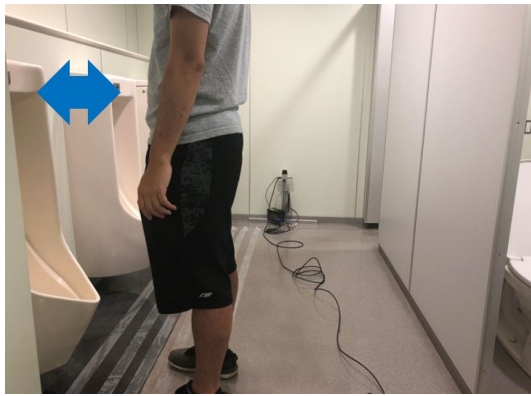


Fig. 8: 立ち位置における計測

Table 3: 判別可否 (立ち位置を変えた場合)

	範囲 (小)	範囲 (大)
小便器 1[20cm] 使用	○	○
小便器 1[30cm] 使用	○	○
小便器 1[40cm] 使用	×	○
小便器 2[20cm] 使用		○
小便器 2[30cm] 使用		○
小便器 2[40cm] 使用	×	
小便器 3[20cm] 使用		○
小便器 3[30cm] 使用	○	○
小便器 3[40cm] 使用	×	
小便器 1[20cm]・2[20cm] 使用	○	○
小便器 1[20cm]・2[30cm] 使用		○
小便器 1[20cm]・2[40cm] 使用	×	×
小便器 1[20cm]・3[20cm] 使用	○	○
小便器 1[20cm]・3[30cm] 使用	×	○
小便器 1[20cm]・3[40cm] 使用	×	
小便器 2[20cm]・3[20cm] 使用	○	○
小便器 2[20cm]・3[30cm] 使用	×	○
小便器 2[20cm]・3[40cm] 使用	×	○
小便器 1・2[20cm]・小便器 3[20cm]	○	○
小便器 1・2[20cm]・小便器 3[30cm]	○	○
小便器 1・2[20cm]・小便器 3[40cm]	×	○

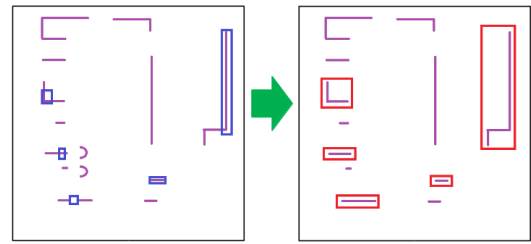


Fig. 9: 判別範囲のイメージ (青:小さい範囲 赤:大きい範囲)

次に、センサの再配置等のズレにより正しく判別が行えるか検討した。小さい範囲であると、Fig.10 のように点群が枠からはみ出し、ズレに対応できないことがあったが、大きい範囲では問題は生じなかった。センサを 10 回配置し直した時の計測結果を Table4 に示す。最上段は、予め設定したしきい値を示しており、いずれの場合もこの値を上回っていることから、正しく判別を行えることが確認できた。

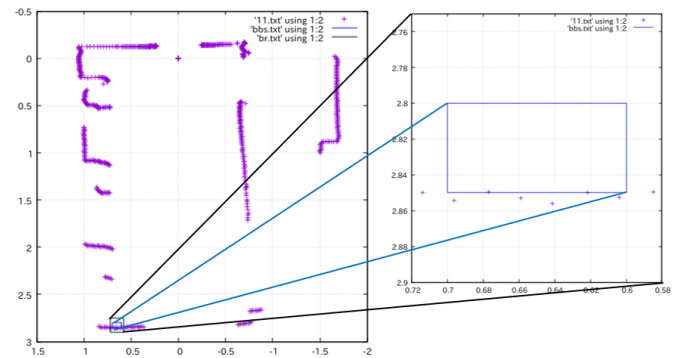


Fig. 10: 再配置等のズレに対応できていない場合

Table 4: 判別可否 (配置し直した場合)

	点群の個数	判別可否
使用判別のしきい値	13 15 40 5 50	-
使用なし (1 回目)	26 23 61 8 99	○
使用なし (2 回目)	26 24 60 8 99	○
使用なし (3 回目)	26 24 60 8 99	○
使用なし (4 回目)	27 23 60 8 99	○
使用なし (5 回目)	27 23 60 9 98	○
使用なし (6 回目)	27 23 61 8 98	○
使用なし (7 回目)	27 23 61 8 99	○
使用なし (8 回目)	27 24 61 9 97	○
使用なし (9 回目)	28 23 60 8 98	○
使用なし (10 回目)	28 23 60 9 97	○

さらに、本方式の適用可能性を検討するため、異なる配置のトイレにおいて計測実験を行った。Fig.11-13 に示す筑波大学内のトイレ、3F 棟 1F、3B 棟 4F、及び総合研究棟 B 1F において同様に実施した。いずれにおいても概ね正確な判別を行うことができた。しかし、総合研究棟 B 1F のトイレの入口側の個室でのみ正しく判別を行えなかった。2 次元点群を Fig.14-15 に示す。これは、トイレの材質や広さが問題と考えられる。



Fig. 11: 筑波大学 3F 棟 1F のトイレ



Fig. 12: 3B 棟 4F のトイレ



Fig. 13: 総合研究棟 B 1F のトイレ

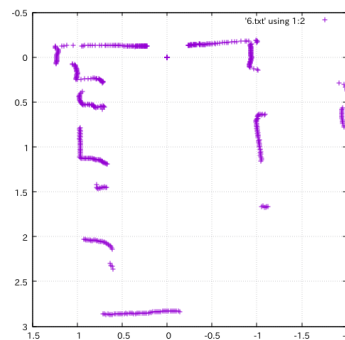


Fig. 14: 総合研究棟 B 1F のトイレ (個室 1 のみ使用)

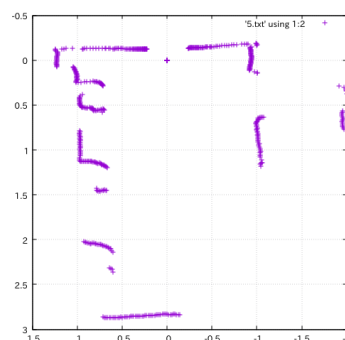


Fig. 15: 総合研究棟 B 1F のトイレ (個室 2 のみ使用)

6. 結言

本研究では、視覚障害者のためのトイレ内案内を目的としている。今回の実験では、トイレにおいて、センサで測定した際、どのように点群が計測されるか確認した。さらに、トイレにおける状況の判別方法の実装評価、及び異なるトイレでの実験を行った。今後の展望として、トイレ内でセンサをどこに配置するかや、どの程度広いトイレまで対応可能か等について検討していきたい。

参考文献

- [1] 高井 智代, 石田 秀輝: “ 視覚障害者の公共トイレ使用実態調査 ”, 日本建築学会計画系論文集, 2001; 544: 133-140.
- [2] 諏訪部 純: “ 3 次元測域センサを用いた視覚障害者誘導システムの開発 ”, 筑波大学大学院システム情報工学研究科修士論文, 2016.
- [3] 品川 佳満, 橋本 勇人: “ 人間性へ配慮した高齢者見守りシステムの開発-高齢者のプライバシー・抵抗感に視点をのいた意識調査 ”, 川崎医療福祉学会誌, 2001; 11(1): 199-204.
- [4] 竹上 健: “ 視覚障害者のための超音波距離センサによる周辺状況認知の基礎的研究 ”, 埼玉学園大学紀要 (人間学部篇) 第 10 号, 297-307
- [5] 穆 盛林: “ 非接触型センサによる高齢者見守りシステムの開発 - 超音波センサと輝度分布センサの応用 - ” ライフサポート 27 巻 4 号, 2015:118-123