

深度センサを用いた歩行支援システムの 小型化および障害物検知アルゴリズムの改良

前出隆智^{*1} 越智徹^{*1} 高先修平^{*2} 中西通雄^{*1}
Takatomo Maede^{*1} Toru Ochi^{*1} Shuhei Takasaki^{*2} Michio Nakanishi^{*1}

^{*1}大阪工業大学

^{*1}Osaka Institute of Technology

^{*2}株式会社豊國

^{*2}Toyokuni Co., Ltd.

Email : naka@is.oit.ac.jp

あらまし：深度カメラから得られた深度データとカラー画像をもとに、障害物が無い安全な進行方向を探索し、視覚障害のある利用者に音による歩行支援を行う。深度画像を区画に分割後、列ごとに障害物との距離を評価し、最も安全と評価した方向を音で利用者に報知する。今年度は障害物検知アルゴリズムの細分化による障害物検知処理の改善と利用者が安全に停止できる距離の最適化、ハードウェアの変更による小型化を行い、目隠しをした健常者に評価をしてもらった。この結果を報告する。
キーワード：深度センサ、歩行支援、報知音、警告音

1. はじめに

本研究は物体までの距離を測定できる深度カメラを用いて、障害物がない安全な進行方向を探索し、視覚に障害のある利用者に音で伝達して歩行支援を行う。本研究室では2014年度から株式会社豊國と共同研究を進めてきている。

本年度は、用いる深度カメラを ASUSTek Xtion PRO LIVE から Intel RealSense R200 に変更することにより、まずシステムの小型化を図った(図1)。

また前年度では障害物検知の際、画面を5×5区画に分割し、各区画の中央点で障害物判定を行っていた。しかし、区画内に細い障害物がある場合、プログラムの処理上、障害物の認識漏れが起こる問題があった。この認識漏れを極力減らすため、分割した区画内を探索し、最小値を返すように判定方法を変更し(図2)、上記の問題を解決する。開発言語にはC++を用い、将来的にLinux系の組み込みコンピュータに実装することを考え、Windows以外のクロスプラットフォームで動作させるlibrealsenseライブラリを用いた。プログラム行数は前年度のものも含め、全体で500行程度である。

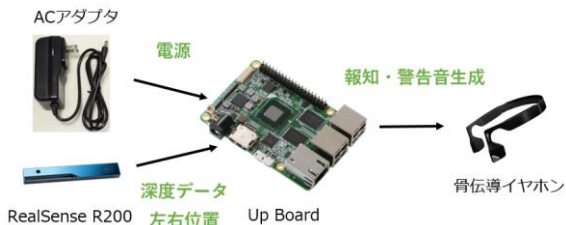


図1 システム構成

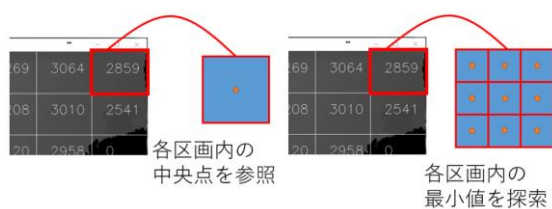


図2 アルゴリズム改善

2. システムの機能

2.1 安全な進行方向の検知

深度センサで取得したデータを5×5の区画に分割し、さらに3×3に分割した各区画内の最小値を調べる。1区画でも物体との距離が900mmを下回る区画を含む列は、安全でないと判断し、安全進路候補から除外する。その後残った列のうち、深度データの最小値が最も大きい区画を含む列を最も安全な列として、その方向を報知音で通知する。安全な列が1つも無い場合、警告音と音声によって前方に進路が無いことを知らせる。報知音、警告音の再生は、前年度研究の濃度ヒストグラム比較処理によって制御する⁽¹⁾。

2.2 障害物警告のしきい値の最適化

前年度の課題として、歩行しても壁や物体と接触せずに停止でき、過剰に警告音処理を行わない安全距離の最適値を求めることが挙げられた。

改良したシステムを用いて身長169~171cmの被験者3人に異なる歩行速度で壁に向かって歩いてもらい、各しきい値の停止距離を実測した(表1)。

この結果から、身長170cm前後の利用者はしきい値を900~1000mmに設定すれば、過剰に反応することなく安全に停止できる。田邊らによると身長差による歩行速度の差異が、安全な停止距離の観点から問題であるが⁽²⁾、利用者の身長から適切なしきい値を個々に設定すれば、この点は解消できると考える。

表1 実測結果

しきい値(mm)	歩行速度(mm/s)	停止距離(mm)	備考
700	786	衝突	
888	794	30.0	前年度のしきい値
900	833	40.0	
1000	746	70.0	
1200	725	40.0	敏感すぎ、利用者が戸惑った

3. 評価

本学部4回生と院生の計6人に本システムを用いての実験とアンケートによる満足度評価を依頼した。実験では、図3のように目隠しと骨伝導イヤホンをした状態でいった。



図3 被験者

アンケート項目は、(1)歩行する上で障害物を回避できるか、(2)障害物との距離を感じられたか、(3)システムは持ち運びに適していたか、(4)感想・意見の4項目であり、(1)(2)(3)は4段階評価とした。図4に本実験で得られた結果を示す。グラフ内の数字は回答者数である。アンケート結果からシステムの可搬性については良い結果が得られたが、システムが安全な進行方向を正確に検知できていない、という課題が残った。原因としては取得したデータを処理する際に測定不能なノイズが多く含まれていたため、正確な報知ができなかったと考えられる。

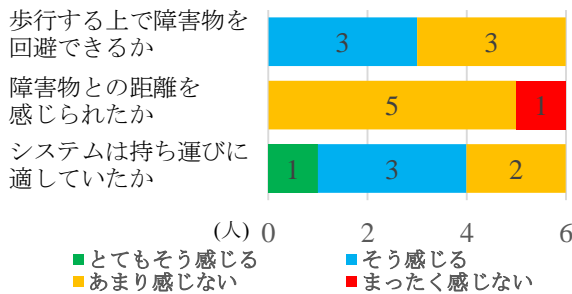


図4 アンケート結果

4. 今後の課題

4.1 R200を用いての安全進路探索

上記のアンケート結果からシステム面での不満が多い事がわかった。原因として、システムが安全進路を検知できず、進路を伝達できなかった事が挙げられる。安全進路を検知できなかったのは、R200を用いて取得した深度データにノイズが多く、データから正確な距離が算出できなかったことにある。

図5にXtionとR200の取得した深度データ比較を示す。Xtionで取得したデータが左図、R200によって取得したデータが右図である。データの黒点部分がノイズであり、物体までの距離が測定できていない。比較的XtionよりR200のデータに黒点部分が多いことが見て取れる。両カメラともに物体の距離測定法は「Light Coding」方式であり、測定方式に差異はないため、カメラ性能の差であると考えられる。問題解決法の一つとして、取得したデータのノイズ除去を行う必要がある。

Intelが開発したRealSense SDKに用意されているサンプルを用いてデータのノイズ除去を行った。図6がノイズ除去前とノイズ除去後の深度データである。画面右端のノイズの塊を除去できている。取得したデータのノイズ除去を行うことで検知精度の向

上が期待できる。

しかし、RealSense SDKのサポートOSはWindowsのみである。そのため1項で述べたlibrealsenseを用いた理由と食い違うため、本システムではRealSense SDKを用いなかった。

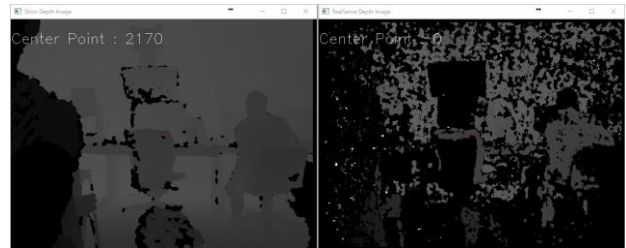


図5 深度データ比較

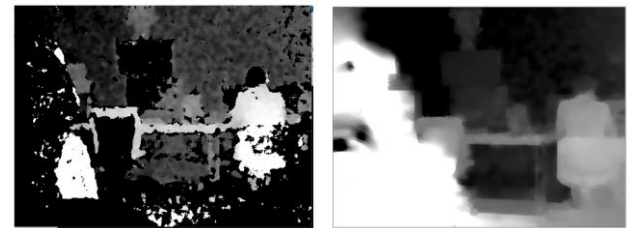


図6 左：ノイズ除去前 右：ノイズ除去後

4.2 Up Boardの電源

図1のシステム構成で示したUp Boardの電源であるが、ACアダプタ給電は持ち運びには適さず、Bluetooth接続も単体では不可である。そこでInFocusが販売している小型PC Kangaroo(図7)に変更した。

Kangarooはバッテリーを備えており、前年度のモバイルバッテリーやUp BoardのACアダプタなどで電源を確保する必要がない。またBluetoothも搭載しているため、Up Boardで挙げられた不満点を解消できる。

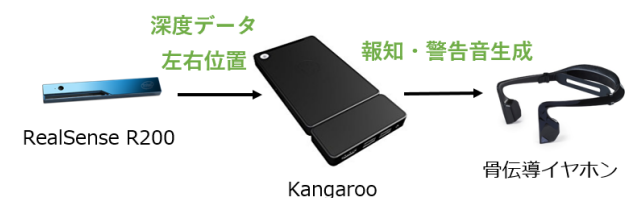


図7 Kangarooに変更したシステム構成

5. 結論

XtionをR200に変更した事によって、システムの小型化は達成できたが、安全な進路探索および伝達部分で不満の残る結果となった。R200での障害物検知精度の向上と安全な進行方向の判定法を見直す必要がある。

参考文献

- (1) 山本真平:「深度センサを用いた歩行支援システムの小型化および進行方向提示機能の追加」卒業研究論文 2016年1月
- (2) 田邊正明、森本剛史:「白杖の長さとは歩行速度・歩幅」、視覚障害リハビリテーション研究、3(1)、pp. 45-49、2013