

三次元測域センサを用いた盲人用立体視覚補助システム -三次元情報の取得-

上田 達朗 川田 浩彦 大矢 晃久 油田 信一 (筑波大)

Visual Assist System Using SOKUIKI Sensor for Blind People - Acquisition of Three-Dimensional Information -

*Tatsuro UEDA, Hirohiko KAWATA, Akihisa OHYA, Shin'ichi YUTA (University of Tsukuba)

Abstract— The purpose of this research is to give blind people the information of the environment around them. A person has 3D scanner and a note PC while walking. The scanner scans environment and the note PC analyze the environmental data. After analyzing, the PC tells environmental information to the human by synthesized voice. This paper first introduces the outline of the whole system. Secondly, this paper describes the 3D scanner which we developed experimentally and the method of scanning 3D environment. The scanner consists of a super small sized laser range finder (SOKUIKI sensor), a slipping and a motor. In our scanning method, the sensor rotates unlimitedly to get 3D range data at high speed so that range data are measured relatively uniformly even if the human walks.

Key Words: SOKUIKI Sensor, Visual Assist, 3D Scanning

1. はじめに

近年、生活弱者のための環境に対するアクセシビリティの向上に注目が集まっている。道路の点字ブロックや階段の替わりとなるスロープ、歩行を補助するための手すり等、生活弱者のための生活環境改善が見られる。しかし、それらの改善は一部の限定した範囲に留まっており、全体としては生活弱者にとって生活しにくい環境であるのが現状である。

特に環境の視覚的情報を持たない視覚障害者にとっては、通常的生活環境の中にも多くの危険が潜んでいる。階段などの段差や壁等にある突起、電柱等、健常者にとっては危険ではなくとも彼らにとっては危険となり得る。これらを回避するために彼らは白杖で障害物を探索しながら移動し生活している。しかし、白杖のみでは環境中の全ての障害物を発見することは困難である。

これまで、視覚障害者の行動を支援するシステムとして盲人用ガイドロボット [1][2] の研究が盛んに行われてきた。これらの多くは人間がロボットにつかまり、ロボットが人間を誘導するというものである。しかし、このようなシステムでは人間の片手もしくは両手が塞がってしまい、さらに移動できる範囲がロボットの走破性に依存してしまうことが問題として挙げられる。また、白杖に超音波センサ車輪等を取り付けて環境の情報を取得し人間をナビゲートするシステム [3] も研究されているが、こちら片手が塞がってしまうし、白杖と超音波センサだけでは環境中の障害物等を全て検出することはできない。

これらの問題点を踏まえて、我々は測域センサを用いた 3D スキャナによる盲人用立体視覚補助システムを提案する。本システムでは視覚障害者が 3D スキャナと計算機を装着し、環境の三次元情報を取得する。そして、計算機により三次元情報から環境中の障害物や危険区域を抽出し音声で視覚障害者に伝える。これによって、彼らは周囲の視覚的な情報を音声によって得

ることができる。本システムではスキャナを体に装着するため、人間は両手を自由に使うことができる。そして、三次元スキャナによって環境全体の情報を取得するので環境中の全ての障害物を検出することができる。本稿では、盲人用立体視覚補助システムの概要と試作した 3D スキャナと三次元情報取得の方法を説明する。

2. システム概要

我々が提案するシステムの概要を Fig.1(a),(b) に示す。Fig.1(a) に示すように、人は胸部に 3D スキャナを装着し、バッグにノート型等の小型 PC を持ち歩く。そして Fig.1(b) に示すように、スキャナは人の前方の環境を常にスキャンし続け、得られた三次元情報を PC に受け渡す。PC は受け取った情報から障害物や危険区域の位置や大きさ、範囲を推定し、それらをイヤホンを通して音声によって人間に伝える。本システムを実現するための技術的課題を以下に挙げる。

1. 正確な環境の三次元情報の取得
環境中の障害物や危険区域を発見し、その正確な位置や大きさを人に伝えるためには、正確な環境の三次元情報が必要である。
2. 3D スキャナの自己位置・姿勢推定
発見した障害物や危険区域と人間との相対的な位置関係を知るためには、人間に対するスキャナ自体の姿勢を推定しなければならない。
3. 計測結果から障害物や危険区域を抽出
得られた環境情報から障害物や危険区域を抽出しなければならない。

3. 三次元測域センサ

3-1 測域センサ

前述したように、盲人用立体視覚補助システムには環境の正確な三次元環境情報が必要である。本システムに用いる 3D スキャナは、さらに以下のような条件

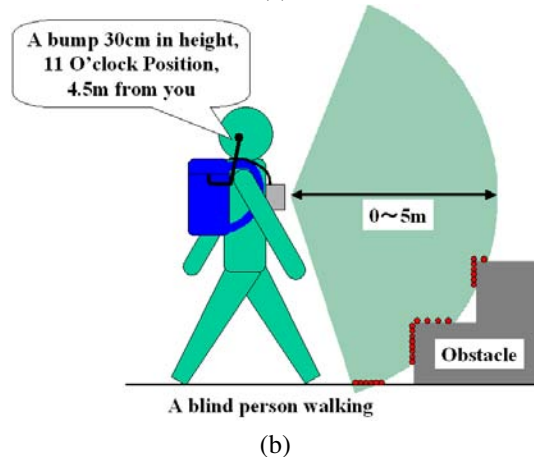
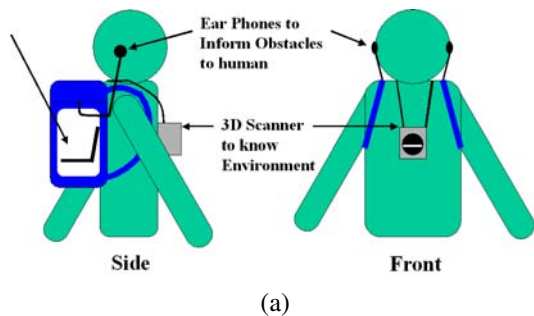


Fig.1 Visual Assist System for Blind People (a)Human Having the System, (b)Usage of the System

を満たす必要がある。

1. 素早い計測
2. 小型軽量

周囲の環境情報を得ることができるセンサとしてはカメラがある。しかし、カメラ画像は周囲の明るさや照明条件によって変化し、さらに画像に特徴がなければ物体を抽出することができない。また被写体との正確な距離を求めることが困難であるため、本システムのセンサとしては適さない。そこで我々は北陽電機社製の小型の光走査型レーザ距離計である測域センサ URG-04LX[4]を用いることとした。

レーザ距離計は照明条件等に影響されることがなく、また環境中の物体との正確な距離を直接計測することができる。測域センサ URG-04LX の外観を Fig.2 に示す。このセンサは重量が約 160g、サイズが 50 × 50 × 70[mm] と小型軽量である。そして、検出距離が 0.02m から 4m、測距分解能 1mm、走査角度 240 度、角度分解能 0.36 度走査時間 100ms である。またスキャン¹終了後、同期信号を出力する。

3.2 三次元計測の方法

本節では環境の三次元計測の方法、および三次元駆動機構について述べる。測域センサは二次元平面の距離データを計測することしかできない。測域センサを用いて環境の三次元計測を行うためには、スキャン面を三次元的に移動させることが必要である。本研究で

¹本稿では測域センサのレーザが 360 度回転し計測を行うことをスキャンと呼び、1 スキャン中の各方向の計測点の距離を計ることを計測と呼ぶ。



Fig.2 SOKUIKI Sensor URG-04LX

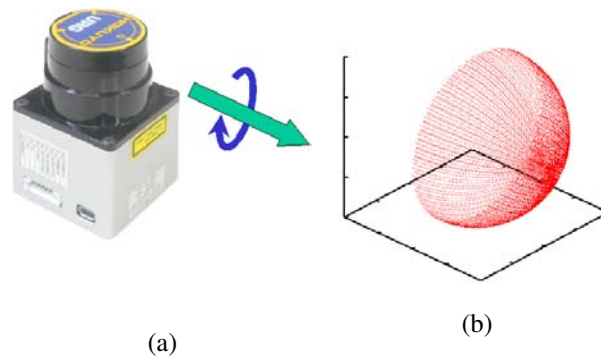


Fig.3 Scanning Method: (a)Rotating Method, (b)Measurement Density Distribution

はセンサのスキャン面を回転させることで、三次元計測を行う。回転方法は数種類あるが [5][6]、Fig.3(a) のように回転軸が地面に並行になるようにセンサを回転させることとした。計測点の分布は Fig.3(b) のようになる。

従来の測域センサを用いた三次元計測の多くでは測域センサのスキャン面を一定の速度で低速回転(約 5rpm 程度)させて計測を行っていた。この方法で三次元計測を行う場合の計測点の密度の変化を Fig.4(a) に、それを正面から見たものを Fig.4(b) に示す。Fig.4(b) の数字は計測点群が計測された順番を表している。Fig.4 から分るように、計測点の分布は二つの方向から徐々に広がっている。しかし、この方法を用いてスキャナを人に装着して、人が移動しながら環境を計測した場合、計測点の分布に偏りができてしまう。

そこで我々は、測域センサのスキャン面を一定の速度で高速回転(約 60rpm)させて計測を行うこととした。この場合の計測点の密度の変化を表したものが Fig.5 である。Fig.5(b) から分るように、計測点の分布は多方向から計測点広がっていることが分る。この方法ならば人の移動による計測点の偏りを軽減することができる。

Fig.6(a) に回転機構を示す。モータには maxon 社製の DC モータを使用している。そして回転軸には Fig.6(b) に示すツバメ無線社製のスリップリング SRG-1-6 を取り付けてあり、センサへの電源供給ケーブルやデータ転送用の USB ケーブルなどセンサに接続されているものは全てスリップリングを介して接続されている。そのため、センサを無限回転させることが可能となっている。また、センサの回転角度はモータからのエンコー

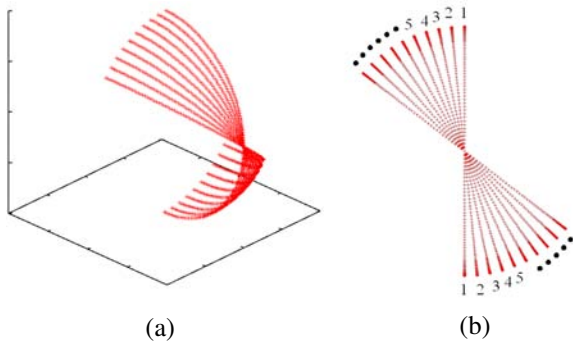


Fig.4 Rotating Slowly: (a) Measurement Points Density with the Sensor Rotating Slowly, (b) 2D Measurement Points Density with the Sensor Rotating Slowly

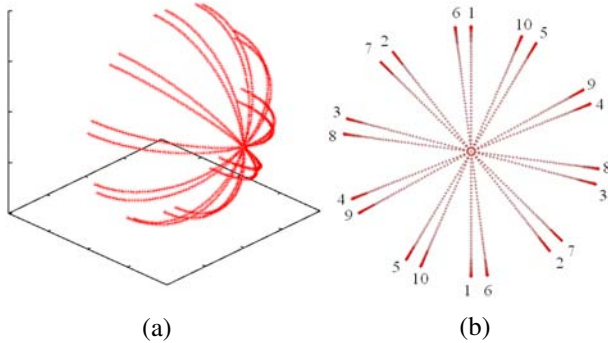


Fig.5 Rotating Fast: (a) Measurement Points Density with the Sensor Rotating Fast, (b) 2D Measurement Points Density with the Sensor Rotating Fast

ダ値から我々が開発した姿勢推定モジュール [7][8] を用いて推定する。姿勢推定モジュールは 5ms 毎にセンサの回転角度を更新する。

三次元測域センサの構成を Fig.7 に示す。測域センサは無限回転駆動機構によって回転する。測域センサと PC、姿勢推定モジュールと PC は USB で接続されている。PC から要求があった場合、それぞれが距離データとセンサの姿勢を PC に送る。同期信号に関しては次節で説明する。

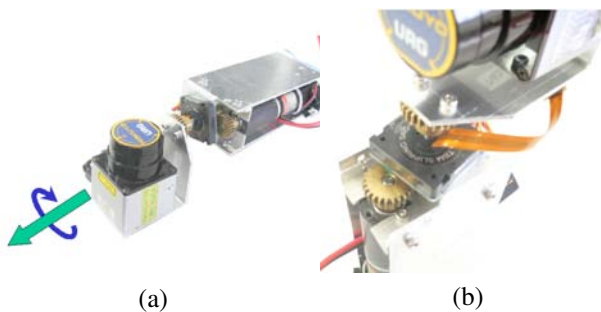


Fig.6 3D Scanner: (a)Unlimied Rotating Device, (b)Slipping

3.3 時間整合の方法

三次元測域センサによって測域センサを回転させながら環境を正確に計測する場合、各計測点が計測された瞬間の測域センサの回転角度を知る必要がある。し

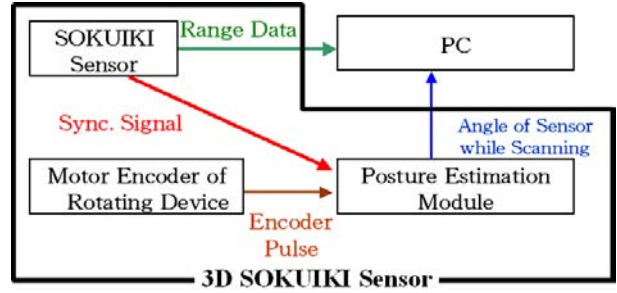


Fig.7 Structure of the 3D SOKUIKI sensor

かしセンサはスキャン終了後、ある時間をおいてから距離データを転送するため、センサがスキャンを行った正確な時間帯は分からない。そのため、各計測点が計測された瞬間のセンサの回転角度も知ることができない。しかし測域センサ URG-04LX はスキャン終了直後に同期信号を発信する。この同期信号を Fig.7 に示すように、姿勢推定モジュールが受け取ることで、センサがスキャンを終了した正確な時刻が分かる。そしてスキャンが終了した時刻が分かれば、各計測点一つ一つが計測された時刻とその瞬間の回転角度を求めることができる。この手法を用いれば、三次元測域センサを高速で回転させても正確な計測を行うことができる。

4. 計測実験

前章までに説明した三次元測域センサを用いて、Fig.8(a) に示す実験環境で三次元計測実験を行った。三次元測域センサは地面から 1150mm の高さに設置し、無限回転機構を約 50rpm で回転させスキャンを行った。Fig.8(b) は計測を初めてから 2 秒後の計測結果、Fig.8(c) は 5 秒後、Fig.8(d) は 10 秒後の計測結果である。見やすさのために天井の計測データは表示していない。図からも分かるように、センサの計測点の密度が段々と濃くなっている。これによって計測中の計測点の疎な部分と密な部分の差を軽減することができる。

5. まとめと今後の課題

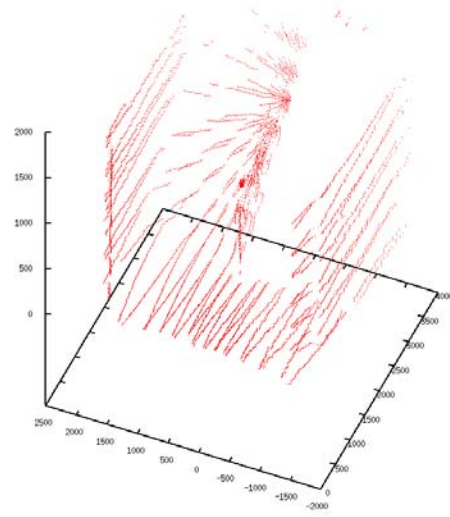
本稿では三次元測域センサを用いた盲人用立体視覚補助システムの概要とそれに使用する三次元測域センサの試作機の説明とその計測実験結果について述べた。測域センサを素早く回転させることにより、正確な環境の三次元情報を取得することができることを示した。

本システムの目的は三次元測域センサを人に装着し、人が歩行しながら環境をスキャンする。そして、得られた環境情報から障害物や危険箇所を抽出し、それを音声で人に伝えることである。そのためには三次元測域センサ自体の位置や姿勢を推定する必要がある。センサは人に装着されているため、三次元空間中の位置と姿勢を推定しなければならない。今後は三次元測域センサにジャイロと加速度センサ、そして地磁気センサを三次元測域センサに取り付ける。そしてロケット等の位置や姿勢計測に用いられている慣性航法で位置と姿勢を推定する予定である。

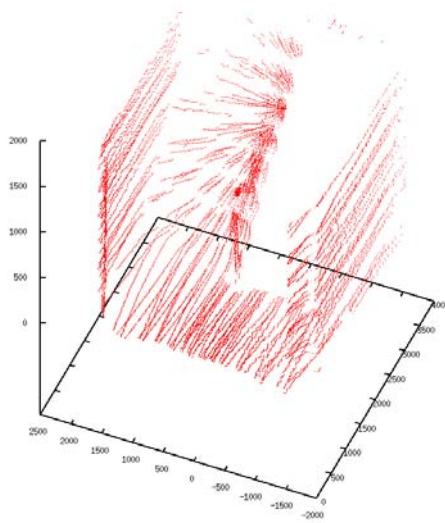
参考文献



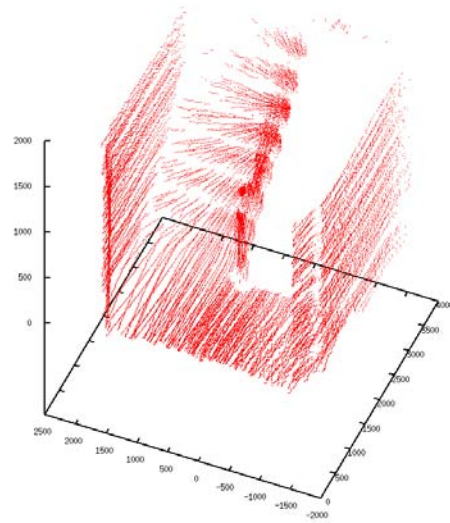
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig.8 Scanning Experiment: (a) Experimental environment, (b) Scanning in 2 sec, (c) Scanning in 5 sec, (d) Scanning in 10 sec

- [1] Lacey, Gerrard and Kenneth Dawson-Howe : "Evaluation of Robot Mobility Aid for the Elderly Blin" Proceedings of the Fifth International Symposium on Intelligent Robotic Systems, Stockholm Sweden 1997
- [2] Kentaro Iwatsuka, Kazuhiko Yamamoto, Kunihito Kato : "Development of a Guide Dog System for the Blind with Character Recognition Ability" crv, pp. 401-405, 1st Canadian Conference on Computer and Robot Vision (CRV'04), 2004.
- [3] Sung Jae Kang, Young Ho-Kim, In Hyuk Moon : "Development of an Intelligent Guide-Stick for the Blind" Proceeding of the 2001 IEEE International Conference of Robotics & Automation, Seoul Korea 2001
- [4] Hirohiko Kawata, Toshihiro Mori, and Shin'ichi Yuta : " Design and Realization of 2-Dimensional Optical Range Sensor for Environment Recognition in Mobile Robots", Journal of Robotics and Mechatronics pp.116-120 (April 2005)
- [5] Oliver Wulf and Bernardo Wagner : "Fast 3D Scanning Methods for LaserMeasurement Systems", Proceedings 2003 International Conference on Control Systems and Computer Science (July 2003)
- [6] Hartmut Surmann, Kai Lingemann, Andreas Nuchter and Joachim Hertzberg : "A 3D laser range finder for autonomous mobile robot" Proceedings of the 32nd International Symposium on Robotics, pp. 153 - 158, 19-21 April 2001
- [7] 上田達朗, 川田浩彦, 富沢哲雄, 大矢晃久, 油田信一 : "移動測域センサ-走行中も正しい計測が可能な移動ロボット用測域センサシステム-" 第6回 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門学術講演会 予稿集, 2D2_1, 2005
- [8] 上田達朗, 川田浩彦, 富沢哲雄, 大矢晃久, 油田信一 : "無限回転機構を用いた三次元測域センサ" 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス部門学術講演会 講演論文集, 2P1-C16, 2006