

視覚障害者のための電子白杖システムの構築

○渡辺圭 (中央大) 片岡康平 ((株) アルメックス) 梅田和昇 (中央大)

Construction of an electronic white cane system for the blind

*Kei WATANABE (Chuo University),
Kouhei KATAOKA (ALMEX Inc.), Kazunori UMEDA (Chuo University)

Abstract— In this study, a small range image sensor is applied to a white cane which the blind uses and an electronic white cane system is proposed to support the blind's walk. A relative disparity map between a reference plane and a target is obtained with a small range image sensor, and whether an obstacle exists or not is recognized using the relative disparity map. Two methods to find an obstacle from a relative disparity map are proposed: plane fitting and application of Prewitt differential operator, and the former is adopted. Experiments show that the blind can avoid obstacles and walk using the proposed system.

Key Words: Small Range Image Sensor, Relative Disparity Map, Humanoid

1. 序論

視覚障害者が単独歩行する際には白杖を利用することが一般的である。しかし、白杖は知覚できる範囲が狭く、また物体に接触しなければ障害物があることを認識できない。これに対し、山本らは光学式距離センサをヘッドバンドに応用した距離情報提示装置を提案している [1]。しかし、このシステムは障害物との距離情報をアクチュエータによる振動に変換して頭部に刺激を与えているため長時間使用することはできない。また、村上らはレーザプロジェクタを用いて周辺の三次元環境を把握可能な電子白杖を提案している [2]。しかしこのシステムはスポット光を3点しか用いていないため分解能が粗く、シーンを密に計測することができない。我々は、マルチスポット光を用いた小型距離画像センサにより、簡便な手法で対象が平面であるかどうかを検出できる手法を提案している [3] [4]。本研究では、この手法を応用し、小型距離画像センサを搭載した電子白杖システムを提案する。本システムによって視覚障害者が知覚できる範囲が広がり、かつ非接触でも障害物が認識でき、歩行支援に役立てることができると考える。

2. 電子白杖システム

Fig.1 に電子白杖システムの構成図を示す。白杖のグリップ部に小型距離画像センサを搭載し、センサによって得た情報をノート PC (DELL Inspiron 700m) で処理する。障害物を検出すると、PC から Beep 音が鳴る仕組みになっている。小型距離画像センサはレーザプロジェクタ (Moritex SNF-519X), CCD カメラ (TOSHIBA IK-M41MR) によって構成され、レーザプロジェクタは対象物に対して 19×19 のドットマトリックス状のスポット光を投影する。シーンを CCD カメラで取得し、各スポット光を検出して重心を算出し、スポット光のズレ量を計測する。

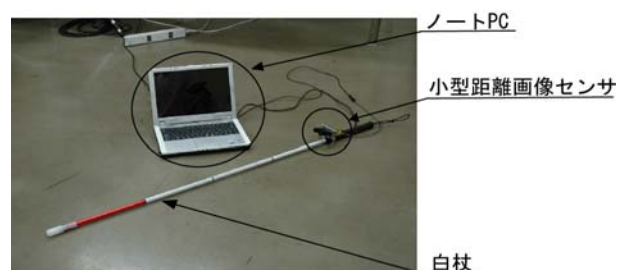


Fig.1 Electronic white cane system

3. 障害物検出手法

3.1 平面領域検出手法

平坦な基準平面を取得した際と対象を取得した際のスポット光の画像上における結像位置の差 (相対視差) を用いることで、平面領域を検出する [3] [4]。Fig.2 に床面とセンサの位置姿勢の関係を示す。基準平面を取得した時のセンサの位置姿勢をそれぞれ θ_0, ϕ_0, h_0 , 対象領域の値をそれぞれ θ, ϕ, h とすると、画像上のスポット光の視差 Δk は式 (1) のように表すことができる。

$$\begin{aligned} \frac{\Delta k}{b \cdot f} = & \left(\frac{\cos \theta \sin \phi}{h} - \frac{\cos \theta_0 \sin \phi_0}{h_0} \right) s \\ & + \left(\frac{\cos \theta \sin \phi}{h} - \frac{\cos \theta_0 \sin \phi_0}{h_0} \right) t \\ & + \left(\frac{\sin \theta}{h} - \frac{\sin \theta_0}{h_0} \right) \end{aligned} \quad (1)$$

b, f はセンサの基線長, 焦点距離であり既知である。式 (1) より、相対視差が s, t に対する平面となることがわかる。画像から得られた視差と各スポット光の座標値を用いて平面方程式を導出し、 θ, ϕ, h について解くとセンサの位置姿勢の移動量を求めることができる。

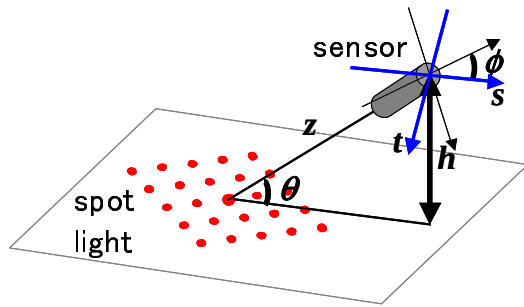


Fig.2 Position and orientation of a small range image sensor for the floor

3.2 障害物検出手法

二つの障害物検出手法を提案し、比較する。障害物に用いた $26 \times 50 \times 26 [mm^3]$ の直方体の箱を Fig.3 に示す。Fig.4 に平面上に置かれたこの箱の相対視差画像を示す。

(1) 平面あてはめ

得られた相対視差画像に対して平面をあてはめ、残差によって相対視差画像を評価する。得られた残差の最大値が閾値より大きければ、そのシーンに障害物があるとみなす。Fig.5 に、Fig.4 の相対視差画像に対して平面あてはめを行って得られた残差分布を示す。

(2) Prewitt 微分オペレータ

得られた相対視差画像に対して Prewitt 微分オペレータを適用し、平面と障害物との間に生じるエッジの強さを評価する。Fig.6 に、Fig.4 の相対視差画像に対して Prewitt 微分オペレータを適用して得られたエッジ強度の分布を示す。

3.3 障害物検出手法比較実験

上記で紹介した、二つの障害物検出手法を比較する。Fig.7 に平面あてはめ、Fig.8 に Prewitt 微分オペレータの障害物の有無における評価値を示す。10 回の計測に対する双方の標準偏差をまとめた結果を Table 1 に示す。Fig.9 に障害物の有無による評価値の比を示す。Fig.10 に画像一枚を処理するのに要する処理時間を示す。Table 1, Fig.10 より二つの手法で評価値の標準偏差、処理時間に顕著な差は現れなかった。一方、Fig.9 より、障害物の有無による評価値の比は平面あてはめが Prewitt 微分オペレータの約 9 倍の値を示した。以上より、平面あてはめを障害物検出手法に用いる。

Table 1 Standard deviation of evaluation value of two methods with an obstacle

standard deviation[pixel]	Without obstacle	With obstacle
Plane fitting	0.026	0.274
Prewitt	0.030	0.281

4. 障害物回避実験

以上で提案した障害物検出手法を利用して、電子白杖を用いた障害物回避実験を行なった。視覚障害者を



Fig.3 Obstacle

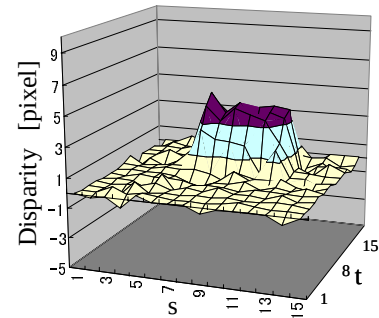


Fig.4 Relative disparity map with an obstacle on the floor

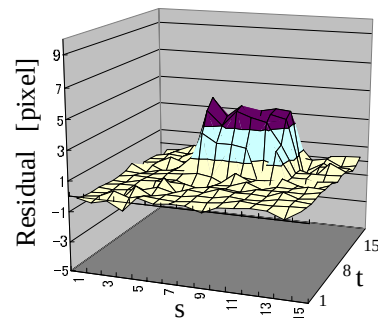


Fig.5 Residuals in plane fitting to Fig.4

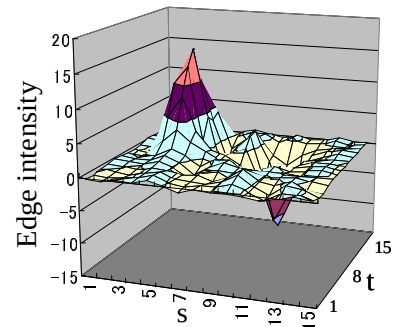


Fig.6 Edge intensity with Prewitt differential operator to Fig.4

想定した被験者が、Fig.11 のように床面上の障害物を回避し歩行する実験を行った。Fig.12 に実験風景を示す。スポット光が障害物にあたり、相対視差画像による残差が閾値を超えると、PC から Beep 音が鳴り、被験者は Beep 音が鳴ると障害物を認識して立ち止まり、障害物が存在しない歩行経路を探す。実験の結果、被

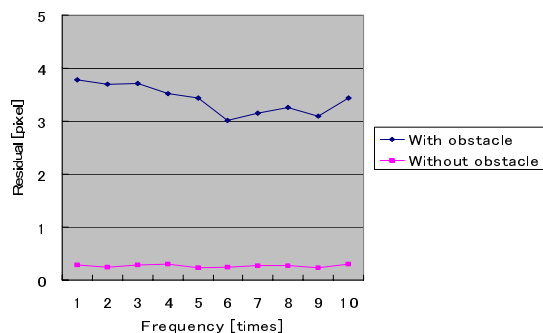


Fig.7 Evaluation value in plane fitting

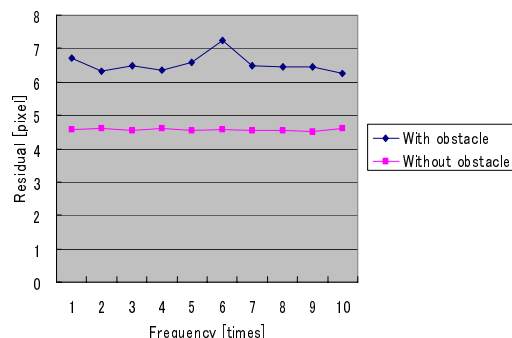


Fig.8 Evaluation value with Prewitt differential operator

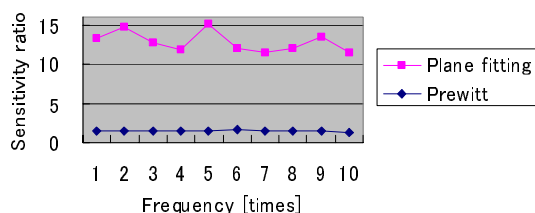


Fig.9 Sensitivity in obstacle detection

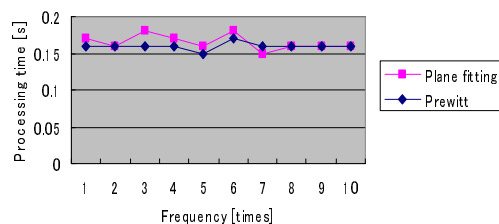


Fig.10 Processing time per a image

験者が障害物を認識し、回避することができた。しかし、センサを床面に対して傾けすぎたり、床面から遠くなりすぎると、誤認識を起こした。これは画像上のスポット光像が大きくなりすぎたためと考えられる。

5. 結論

本論文では小型距離画像センサを用いた電子白杖システムを提案した。相対視差画像から平面領域と障害物を判別する手法を適用し、被験者が障害物を認識し、回避しながら歩行可能であることを示した。今後は電子白杖システムを用いて、本システムが屋外でも有効

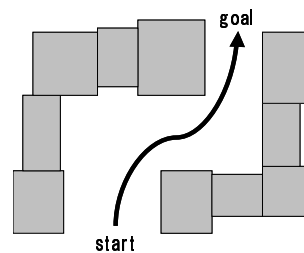
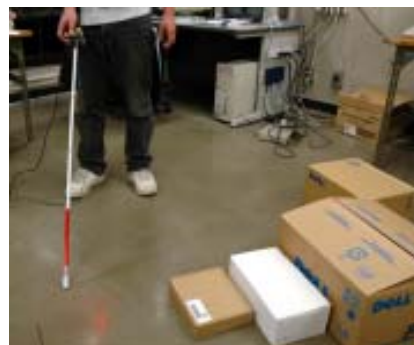


Fig.11 Walk path



(a) Without obstacle



(b) With obstacle

Fig.12 Experimental scene

であるかを検証する必要がある。また、現在本システムでは、障害物を検出すると、被験者にはPCのBeep音によってその情報が伝達される。今後、被験者の周辺の環境によって、Beep音が聞こえないといった事態を回避するため、伝達手段をBeep音などによる聴覚情報から、モーターなどの振動による触覚情報に変える必要がある。

参考文献

- [1] 山本元司他: "視覚障害者外出支援のための距離情報提示装置", 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'04 講演論文集, 1A1-H-57, 2004.6.
- [2] 村上満佳子他: "視覚障害者のための状況推定を導入した電子白杖の構築", システム制御情報学会論文誌, Vol.16, No.6, pp.287-294, 2003
- [3] Kazunori Umeda: "A Compact Range Image Sensor Suitable for Robots", Proc. 2004 Int. Conf. on Robotics and Automation, pp.3167-3172, 2004.4.
- [4] 山崎敏和他: "小型距離画像センサにより得られる相対視差画像を用いた平面領域検出～二足歩行ロボットへの応用～", 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'04 講演論文集, 2P1-H-49, 2004.6.