

## 画像情報と振動を活用した視覚障害・高齢者向け歩行支援システムの試作と評価

岩崎 和希\*, 山崎 悟史\*\*

簡易な画像処理法と振動を活用し、容易な操作性、簡素なハード構成からなる視覚障害及び高齢者向け歩行支援システムを提案、試作した。点字ブロックの存在を認識するために、回転補正とテンプレートマッチング法を組み合わせた簡易な画像処理法を提案、実装した。計算機シミュレーションより提案システムに用いるパラメータ最適値を決定し、ハードウェア実装評価により試作システムの有効性を確認した。

### Evaluation and development of a walk supporting system using Simple Image Processing and Vibration for Visually Impaired and Elderly Humans

Satoshi Yamazaki, Kazuki Iwasaki

In this letter, we proposed and evaluated a walk supporting system using a simple image processing and vibration for visually impaired and elderly humans, which has easy operation and simple hardware devices. To find braille blocks we proposed and implemented a simple image processing including rotation compensation and template matching. First we determined the parameter optimal values used for the proposed system, next we confirmed the effectiveness of our system using hardware implementation.

#### 1. まえがき

厚生労働省の平成18年身体障害児・者実態調査結果[1]によると、日本における身体障害者のうち、約8.9%にあたる31万人ほどが視覚障害者である。しかし、弱視を隠す人や途中失明など、実際にはこの統計値よりも多いと推定される。一方、現在の日本は超高齢化社会に向かっており、総人口の約3割が60歳以上である[2]。近年、交通バリアフリー新法等により、障害者や高齢者が快適に社会生活を送れるような環境設備が進められている。その一策として、全国的な視覚障害者誘導用ブロックの設置が進められている。視覚障害者誘導用ブロックには、図1(a)に示す進行を促す進行ブロックと、図1(b)に示す注意や警告を表すブロック(以降、「点字ブロック」と称す)がある。しかし、点字ブロックを判別することは困難な場合も多く、未だ重大な事故につながるケースも見受けられる。以上、視覚障害者および高齢者の歩行支援を目的としたシステムの開発が強く望まれている[3],[4]。

以降、本論文の構成は以下の通りである。まず2.

で従来の諸研究を概説し、次に3.で提案方式について述べる。4.で計算機シミュレーションにより提案法に用いるパラメータ値を決定し、5.でハードウェア実装による評価を行う。6.は結論である。

#### 2. 従来の諸研究

これまでに、多くの視覚障害者や高齢者の歩行支援システムが提案されている[5] - [7]。文献[5]では、視覚障害者などの交通弱者が街道などを独力で移動するために、ノートPCやCCDカメラなどから構成されるシステムが提案されているが、リュックにノートPCを背負う必要があるため、肉体的な負荷や携帯性の点が懸念される。文献[6],[7]では、誘導ブロック等に埋め込まれたRFIDを用いて視覚障害者を誘導案内するシステムを提案しているが、至る所にRFIDを埋め込む必要がある等、公共的な支援が必要となる。また、音声ガイドンスにより注意喚起を促しているが、視覚障害者にとって、僅かな環境音も視覚障害者にとっては重要な情報であると思われる。

† 旭化成株式会社

†† (独)沼津工業高等専門学校制御情報工学科

### 3. 提案方式

提案方式では、視覚障害者によって重要な聴覚を防がず、振動を活用して(使用者の触覚に訴えることで)、点字・進行ブロックの存在を知らせる。簡易な画像処理法と振動を活用し、容易な操作性、簡素なハード構成からなる視覚障害及び高齢者向け歩行支援システムを提案する。ここで、点字、進行ブロックの存在を認識するために、回転補正とテンプレートマッチング法を組み合わせた簡易な画像処理法を提案、実装する。

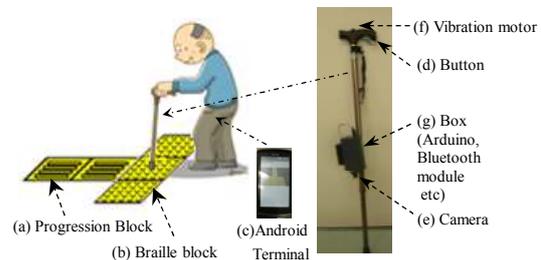


Figure1 Proposed system.

#### 3.1. 処理概要

利用者における本システムの使用フローを示す。

- Step1. 杖を持つ視覚障害者や高齢者が歩行している。
- Step2. 対象者が足の裏で点字ブロックかどうかわからない場所で立ち止まる。
- Step3. 利用者が杖に装着されたボタン(図 1(d))を意識的に押す。
- Step4. 装着された小型カメラ(図 1(e))で画像が撮影される。

Step5. 点字ブロックの存在が認識された場合、振動モータ(図 1(f))の振動を通じて対象者に気づかせる。Step4 で撮影された画像は、杖に装着したマイコン(Arduino[8])から無線モジュール(Bluetooth[9])を介して、無線で携帯端末(Android[10])に送信され、そこで画像処理される。これらのデバイスは、一つの箱に内蔵されている(図 1(g))。

#### 3.2. 処理詳細

対象画像内から、テンプレート画像を探す手法としてテンプレートマッチング法[11]がある。それはアルゴリズムが単純という利点をもつ反面、対象画像の回転やスケールなどに対応していない欠点を有す。本研究ではこの欠点を補うために、テンプレートマッチング処理前の対象画像に対し、回転補正処理を施す。図 2 に提案システムにおける処理フローを示す。

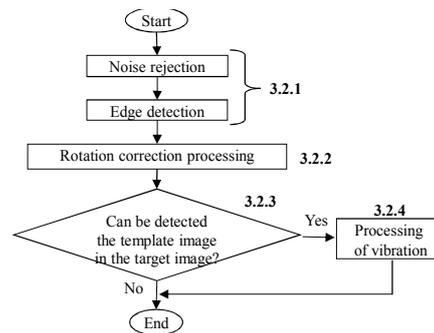


Figure2 Processing flow in the proposed system.

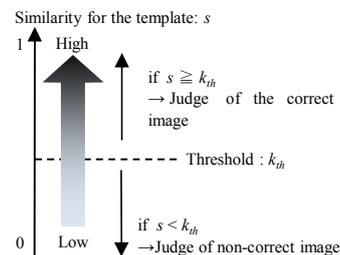


Figure3 Relationship between the similarity  $s$  and the threshold  $k_{th}$

変換、確率的 Hough 変換の 2 種類を検討、評価する。以下、「2 種類の Hough 変換」とは、標準的および確率的 Hough 変換を示す。

#### 3.2.3 テンプレートマッチング処理

テンプレート画像が対象画像の一部にどれだけ類似しているかを示す評価値(類似度  $s$ )を導入し、それが閾値  $k_{th}$  以上であれば、テンプレート画像と同一画像と判定する。ここで、テンプレート画像と同一の画像が含まれる対象画像を正解画像、含まれていない対象画像を非正解画像と呼ぶ。一般に、閾値  $k_{th}$  を低くすると類似度  $s$  が低くても正解画像と判断してしまうため、非正解画像の検出率が上がる。逆に、閾値  $k_{th}$  を高くすると、類似度  $s$  が高くても非正解画像と判断するため、正解画像の検出率が下がる。そのため、最適な閾値を設定する必要がある。上記で述べ

た類似度  $s$  と閾値  $k_{th}$  の関係を図 3 に示す。本提案は、類似度  $s$  を正規化相関係数マッチング手法[11]により算出する。

2 種類の Hough 変換後に取得した類似度  $s$  を用いて、取得した画像がテンプレート画像と同一かどうかを判定するアルゴリズムを提案する。ここで、画像 A を標準的 Hough 変換により補正が行われた画像、画像 B を確率的 Hough 変換により補正が行われた画像と定義する。以下、3 つの場合に分けて、具体的な判定方法を示す。

**Case1.** 画像 A, B ともに類似度  $s$  がどちらも閾値  $k_{th}$  以上の場合: 対象画像内にテンプレート画像と同じ物があると判定する。

**Case2.** 画像 A, B ともに類似度  $s$  がどちらも閾値  $k_{th}$  以下の場合: 対象画像内にテンプレート画像と同じ物がないと判定する。

**Case3.** 画像 A (B) の類似度  $s$  が閾値  $k_{th}$  以上、かつ、

画像 B (A) が閾値  $k_{th}$  以下の場合: 画像 A の類似度を  $s_A$ , 画像 B の類似度を  $s_B$  とし、式(1)に示すように各々の類似度  $s$  に重み  $\alpha$  を付けて計算し、新たな類似度  $s_{av}$  を算出する。  $s_{av}$  が  $k_{th}$  以上であれば、テンプレート画像と同一画像が対象画像内に存在すると判定し、閾値  $k_{th}$  以下であれば、テンプレート画像と同一画像が対象画像内に存在しないと判定する。

$$s_{av} = s_A \times \alpha + s_B \times (1 - \alpha) \quad (1)$$

以下、式(1)の  $\alpha$  の算出方法について述べる。まず、正解画像の検出率が高いほうが望ましく、非正解画像の非検出率が高いほうが望ましい。そこで、正解画像の検出率を  $D_c$ , 非正解画像の検出率を  $D_n$  とし、式(2)に示す評価値  $E$  を導入する。検出率とは、テンプレートマッチング処理を行った際、全体処理枚数に対して、対象画像を正解画像と判定した割合である。

$$E = D_c \times (1 - D_n) \quad (2)$$

2 種類の Hough 変換各々を施した場合において、式(2)による評価値  $E$  を算出し、それぞれを  $E_s, E_p$  とする。それらをもとに、式(3)より重み  $\alpha$  を求める。

$$\alpha = E_s \div (E_s + E_p) \quad (3)$$

重み  $\alpha$  の具体的な数値は、まずコンピュータシミュレーションによってある閾値  $k_{th}$  を決定し、そのデータをもとに求める。詳細を 4.2.2 にて述べる。

### 3.2.4 振動発生処理

マイコンから振動モータへ信号を送り、モータを振動させる。この振動により、利用者に点字ブロックの存在を知らせる。振動時間は、ソフト(運用)にて任意

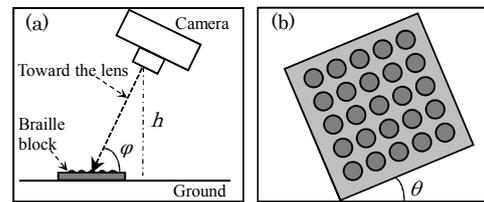


Figure4 Simulation model. (a) Outline. (b) Seen from the lens.

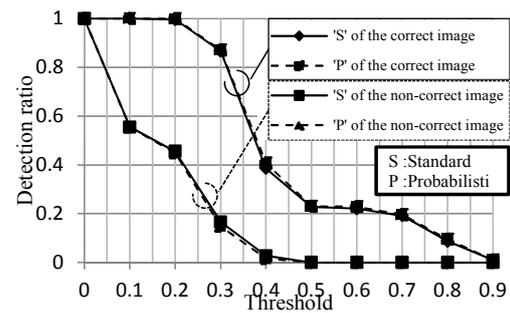


Figure5 Relationship between detection ratio and the threshold  $k_{th}$

時間を設定可能とする。

## 4. 計算機シミュレーション評価

### 4.1. シミュレーション結果

図 4 にシミュレーションモデルを示す。本論文では、 $h$ : 固定(1m),  $\phi$ : 固定( $90^\circ$ ), 評価に用いた点字ブロック画像: 約 7000 枚である。2 種類の Hough 変換を適用した場合の平均処理時間、最大処理時間、最小処理時間、類似度平均を測定した。各々の結果を表 1 に示す。ここで、3.2.3 で述べた内容をもとに、閾値  $k_{th}$  と重み  $\alpha$  を決定する。2 種類の Hough 変換の各類似度  $s$  に対して、閾値  $k_{th}$  を 0 から 0.9 まで変化させた場合の検出率を図 5 に示す。閾値  $k_{th}=0.3$  における評価結果を表 2 に示す。閾値  $k_{th}$  として 0.3 を採用した理由は、4.2.2 にて述べる。表 2 の結果を式(2), (3)に代入して、重み  $\alpha$  は約 0.50 となる。

### 4.2. 考察

#### 4.2.1 両 Hough 変換の特性比較

平均処理時間は、標準的 Hough 変換に比べて確率的 Hough 変換の方が短い。一方、最大処理時間に関しては確率的 Hough 変換の方が短い。これらは文献[11]で述べられている事実と合致する。平均類似度は両 Hough 変換ともほぼ同等であり、処理時間に関しては、平均して確率的 Hough 変換の方が短いことから、本提案においては、確率的 Hough 変換が適すと判断される。

#### 4.2.2 閾値 $k_{th}$ および重み $\alpha$ の設定

まず、閾値  $k_{th}$  を決定する。図 5 より、正解画像の検出において、閾値  $k_{th}$  が 0.3 から 0.4 にかけて検出率が急激に下がっている。 $k_{th} = 0.3$  での正解画像の検出率は約 87% であるが、 $k_{th} = 0.4$  での検出率は約 40% であることから、本評価においては、閾値  $k_{th} = 0.3$  と設定する。次に、重み  $\alpha$  を求める。確率的 Hough 変換の評価値  $E_p$  と標準的 Hough 変換の評価値  $E_s$  がほぼ等しいことから、式(3)より重み  $\alpha$  は約 0.5 と算出される。

### 5. ハード実装評価

携帯端末、マイコン、無線モジュール、振動センサなどを実装したシステム外観を図 6 に示す。ここで、図 6 は、杖に付けられた箱(図 1(g))の中身を示している。3. で述べた提案アルゴリズムを携帯端末に組み込み、さらに、点字ブロック検出を検出した際は、携帯端末画面にて、その旨のメッセージ、および、2 種類の Hough 変換による類似度と各々の補正後画像を表示させる機能を実装した。振動時間を約 6 秒で設定し、図 1 のような状況にて、振動測定器などを接続し評価した所、正常動作を確認した。その結果を図 7 (携帯端末画面)、図 8 (振動時間の測定結果) に示す。図 8 より、振動時間はソフト設定値(6 秒)と一致したことから、試作システムの有効性が実証された。

### 6. むすび

簡易な画像処理法と振動を活用し、容易な操作性、簡素なハード構成からなる視覚障害及び高齢者向け歩行支援システムを提案、試作した。計算機シミュレーションより、提案システムに用いるパラメータ最適値を決定し、ハードウェア実装評価により試作システムの有効性を確認した。今後、様々な状況で更なる実証評価を行い、画像処理の高速化、振動時間の最適化などを検討する必要がある。

Table1 The results in the two Hough transform.

Hough transform	Average processing time (msec)	Maximum processing time (msec)	Minimum processing time (msec)	Average similarity
Standard	86.54	781	15	0.454
Probabilistic	76.96	141	31	0.45

Table2 Evaluation results ( $k_{th} = 0.3$ )

Hough transform	Detection rate in correct image ( $D_c$ )	Detection rate in non-correct image ( $D_n$ )	Evaluation value ( $E$ )
Standard	0.87	0.17	0.73 ( $E_s$ )
Probabilistic	0.87	0.15	0.74 ( $E_p$ )

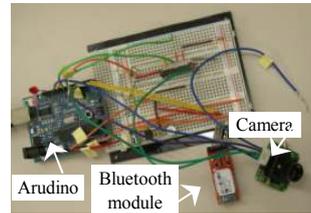


Figure 6 Overview of an implemented system.



Figure 7 Output information on terminal screen.

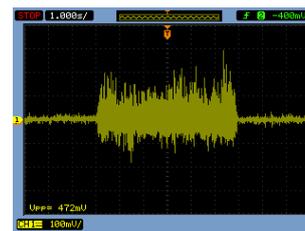


Figure 8 Measurement result of vibration time.

### 参考文献

- [1] 厚生労働省, “平成 18 年身体障害児・者実態調査結果,” pp3-11, 2008.
- [2] 世界保健機関, “World Health Statistics 2012”, 2012.
- [3] 矢入(江口) 郁子, 猪木 誠二, “高齢者・障害者の移動を支援するユビキタスシステム研究と成果の技術移転,” 情報処理学会論文誌, Vol.48(2), 770-779 (2007-02-15), 1882-7764.
- [4] 小場 久雄, “視覚障害者向けシステム設計方法の検討,” 情報処理学会研究報告. HI, ヒューマンインタフェース研究会報告 96(48), 15-20, 1996.
- [5] 和賀 宗仙, 村田 優, 田所 嘉昭, “視覚障害者のための白線・横断歩道検出と誘導法,” 電子情報通信学会技術研究報告 WIT 102(738), pp19-24, 2003.
- [6] 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.

- [7] 鶴沼宗利, “RFID を用いた歩行者の経路誘導 : 視覚障害者向け道案内システム,” 情報処理, Vol.45, No.8, pp.918-922, 2004.
- [8] <http://www.arduino.cc/>
- [9] <http://www.android.com/>
- [10] <http://www.bluetooth.org/tpg/listings.cfm>
- [11] Gary Bradski, Adrian Kaebler, 松田晃一, “詳解 OpenCV”, オライリー・ジャパン, 2009.