

画像処理と触覚提示を用いた横断歩道誘導器の開発

Development of crosswalk navigator with image processing and haptic projection

○ 大西謙吾(東電大) 浅見拓哉(東電大)

Kengo OHNISHI, Tokyo Denki University

Takuya ASAMI, Tokyo Denki University

Abstract: To enhance the social inclusions of person with visual impairment, we target to develop a portable navigation system to assist the translation of visual information at crosswalk for better estimation of traffic condition. Object of this research is to test image processing algorithm under actual usage condition. A prototype wearable device with USB video camera, microcontroller, head-mount display and portable battery was assembled to test the adequateness of the image processing software in a field test where the subject walked on the sidewalk with multiple crosswalks in front of a train station. Furthermore, vibration presentation mockup was assembled and a fundamentally test was conducted to decide the parameters for haptic projection interface.

Key Words: Crosswalk navigator, Visual impairment, Image processing, Haptic projection

1. はじめに

視覚障害者の社会参加が重要視されるに伴い、単独外出支援の必要性が増している。視覚障害者は道路横断時に必要な視覚情報を補うために音響式信号機や盲導犬を用いるが、音響式信号機は騒音問題から夜間早朝は停止する時間的な制限、盲導犬は支援期間に限りがあるなどの実用上の制限がある。この問題に対し、視覚障害者の道路横断支援の研究では塩山ら(1)が画像処理技術を用いて、横断歩道検出ならびに歩行者信号検出のアルゴリズムを報告している。ただし、既存研究では実使用環境での評価が十分ではないため技術的課題が明らかでない。

そこで、本研究では実用的な横断歩道誘導器システムの構築を目標とし、視覚障害者に聞き取り調査を行った。音響式信号機がなく通り慣れていない交差点においては横断方向やタイミングが不確かなまま渡ったり、雨などで音の判別が困難な状況においては接近車両の確信がないまま渡ったりするとの実例があることを確認した。そこで、視覚障害者の単独外出時の安全な道路横断を誘導するデバイスとして、交差点内の情報抽出から情報伝達までを考慮した低コストで小型軽量の携帯式歩行誘導器の開発を目的とする。本稿では試作機を用いた横断歩道検出システムの評価実験について述べる。

2. 歩行誘導器

身体に装着した小型カメラの画像を画像処理技術を用いて道路横断時の歩行を誘導する情報を抽出し、視覚障害者に触覚情報として伝達可能なシステムの開発を技術課題とする。道路横断時に歩行を誘導する情報として、カメラ画像から横断歩道位置と歩行者信号状態の2点を抽出し、使用者にリアルタイムで伝えるシステムを開発する。まず、眼鏡に取り付けた小型カメラから画像を取得し、横断歩道や歩行者信号の検出を可能にする。そして、情報伝達手段は手首に装着する振動通知システム、さらに手指腹部に点字1字分(2*4)を出力する点字通知システムとする。小型軽量で且つ低コストで試作機を製作し、システムの実用評価を行うことを目的に、画像処理から触覚提示まで行える小型ボードコンピュータ Raspberry Pi を選定し、市販のカメラ等を用いた試作機を製作した(Fig.1参照)。なお、晴眼者でのフィールドテストにおいて安全を確保することを前提として、試作機にはヘッドマウントディスプレイを接続し

た。歩行状況やシステムが検出した停止位置は画像で記録するとともに、フィールドテストにおいては視覚で被験者に呈示することとした。電源にはスマートフォン用のモバイルバッテリーを用いた。

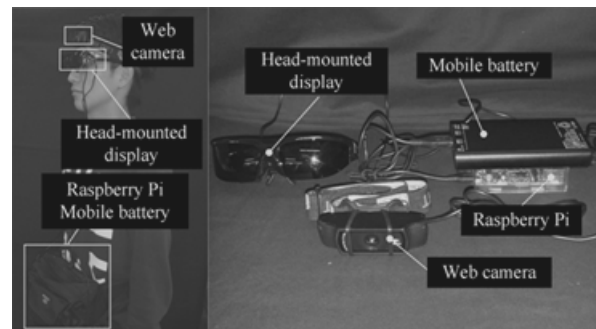


Fig. 1 Experimental test bed device

3. 処理遅延の影響に対するフィールドテスト

画像処理・判定ソフトウェアである横断歩道検出システムは Raspberry Pi のエミュレータ環境下で調整をおこない横断歩道の検出確度が先行実験のオフラインの PC 環境下⁽²⁾と同等となることを確認した(Table 1 参照)。そこで試作機に搭載した横断歩道検出システムの実証実験として、実使用環境の経路を歩行し、横断歩道の検出、及び実験者の停止が可能かを調べた。その評価として、処理の遅延による使用者の停止タイミングへの影響が十分小さいとし、試作を装着した被験者にてフィールドテストを行った。

実験は先行実験としてノート PC にて実施した経路歩行実験時に歩行した、人通りの少ない団地のある駅付近の複数の横断歩道のある歩道(0.7km)とし、この経路の往復路(A,B)を対象とし、被験者は晴眼者1名、冬期の晴天時、13:30~15:00で実施した。試作機は前章に用いた機材を用い、横断歩道検出システムは横断歩道を検出した場合、ヘッドマウントディスプレイ上に検出を示す文字を表示し、被験者はその文字を確認して停止することとした。遅延の影響を評価するため、被験者は可能な限り1.0m/sの速さで停止の指示まで歩き、被験者の停止位置と横断歩道間の距離をコンパックスで測定した。なお、横断歩道検出システムの検出範囲が横断歩道手前0.5~5mの範囲となるようエミュレータ環境下で設定したことから、横断歩道-停止位

置間距離がこの範囲内であれば処理遅延による影響は無視しうるとして、範囲内で停止した横断歩道数と方向した経路に存在する横断歩道数の比で処理遅延の影響を評価した。

フィールドテストの横断歩道-停止位置間距離を Table 2 に示す。2 経路中の全 9 箇所の横断歩道を歩行したうち 8 箇所 (88%) の横断歩道を 0.5~5m の間で検出し、実験者を停止させられた。停止失敗は経路 A 横断歩道 3 (Fig.2.参照) が検出に失敗したため、実験者を停止させられなかった。

以上より検出に失敗した横断歩道はあったものの、劣化の少ない横断歩道は 0.5~5m の範囲で実験者を停止させた。検出に失敗した横断歩道は白線劣化が著しく、経路歩行実験時にも検出を失敗した条件であった。以上より Raspberry Pi の処理遅延は実使用環境において主機能に問題がないことが示唆された。

Table 1 Detection condition

Processing device	Raspberry Pi
Image size	320*240 [pixel]
Number of template image	2
FPS of videos	7.51[FPS]
Max size of template image	111*66 [pixel]

Table 2 Table title

	Route A [m]	Route B [m]
Crosswalk 1	1.54	2.73
Crosswalk 2	1.65	2.17
Crosswalk 3	Failure	1.27
Crosswalk 4	1.52	1.46
Crosswalk 5		2.54



Fig. 2. Crosswalk A-3 which the system failed to discriminate

4. 振動提示条件の基礎実験

触覚による情報提示装置の有用性検証として、被験者の右手関節背部に装着した腕時計の下に振動モータを設け、Raspberry Pi からの信号でモータを駆動する。振動提示時間が長くなると単位時間あたりに伝達できる情報量が減るため、短いことが望ましい反面、短くなりすぎると知覚されない可能性もある。このことから、振動提示時間に応じた知覚成功率と知覚応答時間を調べた。

実験装置は Raspberry Pi、振動モータとモータ駆動回路、記録装置、タクトスイッチ回路、直流安定化電源から構成し、被験者は提示振動を知覚した場合、タクトスイッチ回路のスイッチを押し、振動モータに印加時とスイッチ応答時の時間差を知覚応答時間として記録装置で測定した。さらに、振動提示開始から次の振動提示開始までの間にスイッチ応答波形が立ち上がれば成功と判断し、振動提示回数に対する成功数の割合を知覚成功率とした。

振動提示条件の効果的な範囲を調べるため、振動提示時間は 100~1000ms まで 100ms 間隔で 10 段階に設定した。なお、被験者には全 10 段階の振動提示時間を事前に複数回提示し慣れさせ、振動間隔は 2.0~7.0s まで 0.5s 間隔で 11 段階を設けた。予測のもとと応答しないよう伝えると

もに、事前練習とは異なり振動間隔を不規則な順で提示した。また、基礎実験とするため、振動モータを取り付けた腕はテーブルの上に置き、振動は触覚のみで知覚するように、被験者はアイマスクとイヤマフを装着して実験を行った。

被験者は成人晴眼者 10 名(性別：男性、年齢：平均 22.8 ±SD1.40 歳)、試行は各実験協力者 3 回、応答計測は 1 分間とした。実験は参加の同意が得られた被験者に対し実施した。振動提示時間毎の知覚成功率と応答時間を Fig.3 に示す。全被験者の平均知覚成功率は 96.3 ±SD3.15%、平均応答時間は 418 ±SD84.0ms であった。200~1000ms までの振動提示時間では 100%の知覚成功率が得られたが、100ms では全 30 回の総提示回数のうち計 11 回が知覚に失敗した。応答時間は全振動時間のうち最も早い応答が 290ms で最も遅い応答が 770ms であった。なお、平均応答時間は個人間にばらつきがあり、平均値と最遅値との差が 99.3ms あった。以上の結果から、振動提示時間 100ms のみ知覚成功率が 63.3%であることから振動通知システムの振動提示時間は 200ms 以上とすることが実用上必要となる。また、知覚応答時間についても振動提示時間が 200~900ms においてはその平均値ならびに最大・最小値にばらつきがないことが確認された。

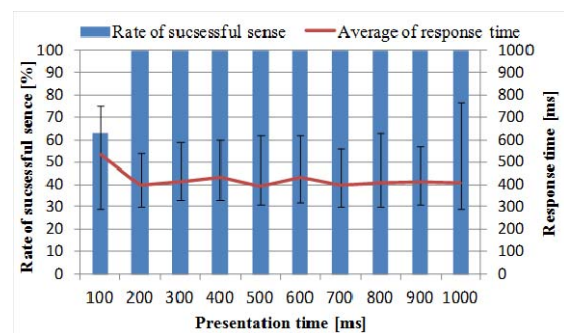


Fig. 3. Rate of successful sense and response time by each presentation time

5. まとめ

横断歩道における視覚障害者歩行誘導器の開発を目的に、横断歩道検出システムを開発し、実験用試作機を用いたフィールドテストにて実用性の調査実験を行った。経路歩行実験と処理遅延の影響調査実験から、開発した横断歩道検出システムが実用可能範囲内であることが示唆された。また、振動提示条件の基礎実験にて、視聴覚が封じられた状態で触覚のみで手関節部で知覚できる振動の振動時間を調査し振動提示時間 200~900ms が望ましいことを確認した。今後は、実使用環境のような聴覚等の振動知覚に影響が及ぶ条件について更なる実験を検討する。

参考文献

- (1) T.Shioyama, H.Wu, N.Nakamura and S.Kitawaki, "Measurement of the length of pedestrian crossings and detection of traffic lights from image data", Measurement Science and Technology, Vol.13, pp.1450-1457 2002
- (2) T.Asami, K.Ohnishi, "Crosswalk location, direction and pedestrian signal state extraction system for assisting the expedition of person with impaired vision", 10th France-Japan congress 8th Europe-Asia congress on Mechatronics 2014, pp.285-290, 2014