

表 2 各被験者が参加した実験経路

被験者	R2	R4	R7	R8
ID91901	○		○	○
ID91902	○		○	○
ID92001		△	○	
ID92002		○	○	
ID92003			○	
ID92004		○	○	

※ △：途中で中断

指標の自動抽出：

(1) 安全性

突発的歩行動作を自他に危険を及ぼす「急な動作」として定義し、以下の5種類として分析した。

- 「急に歩行の向きを変える」
- 「急に立ち止まる」
- 「急に歩行の速度が変化（速く/遅く）」
- 「歩行がふらつく」
- 「障害物に接触」

障害物に接触すると回避行動として急な動作をするが、音声案内の有無とは独立した突発的歩行動作である。

突発的歩行動作の自動抽出は、PDR（原理的には、GPSやQZSSを用いることも可能）による位置の測位情報を用いて、その時間変化の变化率（加速度）の絶対値の閾値処理といった比較的単純な手法を用いた。具体的には、以下に示す通り、ルートを歩行中の被験者の加速度の絶対値の平均と分散に基づく閾値処理を行った。

閾値 = 加速度の絶対値の平均 + A * 加速度の絶対の分散

（注：誤検出率FPと未検出率FNに基づいて、係数A=18と設定した）

(2) 能率性

PDRにより計測された歩行距離と経路長の比、及びPDRにより計測された歩行速度の2つを能率性の指標とした。

(1) 安全性

本研究で試みた突発的歩行動作の自動検出方法の評価方法としてビデオを目視確認して検出した結果と比較した。目視確認の結果と比較すると、検出率（P）は約87.5%(98/112)、誤検出率（FP）は約16.2%(29/117)であった。図1に突発的歩行動作の自動検出を例示する。軌跡上の×印（赤）は自動抽出された突発的歩行動作、○印（青）は目視確認された突発的歩行動作を示している。

表3に各被験者の各経路における、ビデオを目視確認と比較した結果を示す。

(2) 能率性

表4に、各被験者の各経路における歩行距離、歩行距離と経路長の比、歩行に要した時間、および平均歩行速度を示す。

表 3 各被験者の各経路における突発的歩行動作結果

被験者	経路	P	FP
ID91901	R2	9/12	0/9
	R7	6/8	2/8
	R8	14/15	1/15
ID91902	R2	5/8	2/7
	R7	6/6	4/10
	R8	6/7	0/6
ID92001	R4	14/15	4/18
	R7	1/1	1/2
ID92002	R4	2/2	0/2
	R7	3/3	1/4
ID92003	R7	8/9	2/10
ID92004	R4	18/20	1/19
	R7	7/7	0/7

C. 研究結果

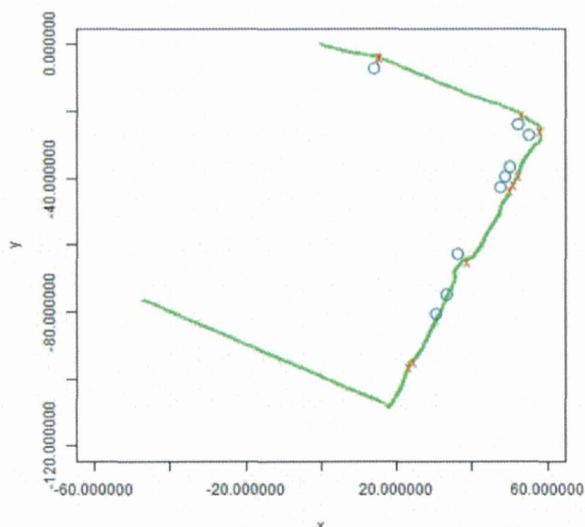


図1 突発的歩行動作の自動検出例

表4 各被験者の各経路における指標値

被験者	経路	歩行距離 (m)	経路 比	時間 (s)	歩行速度 (m/s)
ID91901	R2	229.03	1.05	285.57	0.805
	R7	255.81	1.16	289.24	0.884
	R8	234.04	1.16	359.76	0.651
ID91902	R2	254.27	1.17	413.04	0.616
	R7	237.33	1.08	308.49	0.769
	R8	207.87	1.03	317.9	0.654
ID92001	R4	340.94	1.76	557.17	0.612
	R7	220.66	1.00	234.03	0.943
ID92002	R4	205.25	1.06	198.49	1.034
	R7	226.18	1.03	189.25	1.195
ID92003	R7	220.7	1.00	418.49	0.527
ID92004	R4	211.17	1.09	474.62	0.445
	R7	220.14	1.00	261.9	0.841

D. 考察

安全性の指標については、今回用いた自動検出の方法によって、ビデオでの目視による方法の結果と近い結果を得た。ことから、今回用いた手法で、突発的歩行動作を自動的に検出できる可能性があることが分かる。

能率性の指標については、PDRにより計測された歩行距離と経路長の比、及び歩行速度の

2つを指標とした。経路比は、途中で実験を中断したID92001のR4を除き、ほぼ20%増未満に抑えられていることが分かる。また中には100% (=無駄のない歩行を行った) という実験結果も得られた。歩行速度は、通常ヒトの歩行速度が4 km/h = 1.2 m/sであるのに対して、今回の結果は0.4~1.2 m/sの範囲にあった。このことは、今回の実験が、通常歩行の1/3の速度の低効率の歩行から、通常歩行程度の高効率の歩行までが存在していたことを意味する。

本実験では音声案内中かどうかの評価を手動で行っているが、スマートフォンベースのシステムでは音声ガイダンスの履歴ログが取得可能であるため、それをを用いて音声案内中・直後かどうかを自動で検出し、突発的歩行動作の自動検出結果と合わせて、同様の評価を完全に自動化が可能かどうかを検証することができるようになる。

また、音声案内中の突発的歩行動作の発生頻度への影響とは別に、音声ナビの存在が突発的歩行動作の発生頻度にどう影響するかという視点で分析する必要もある。なぜならば、使用者の状況認識と音声ナビの状況認識が異なり「音声案内が無い」事が突発的歩行動作を誘発する事を確認している。例えば、使用者は曲がり角があると認識している時に、音声案内が無い事で戸惑い突発的歩行動作を誘発する事がある。

ビデオの目視ではどう見ても急な動作に見えるが未検出の例もあった。これはフェイント技術と同類の動作で上半身は大きく動いた様に見えるが、重心はそれほど動いていない動作が原因と考える。この仮説の確認方法は、センサを上半身に付ける事で可能と推測するが実用面を考慮すると持ち運ぶ・装着する機器の数は増やしたくない。

盲導犬が使用者の意図とは異なり突然向きを変えた事で使用者が引っ張られる事で急な動作が発生する。盲導犬が先行動作としてゆっくりと方向を変えるので、ビデオ目視では、動作が予測できる事で急な動作の印象を受けない。この問題に対しては盲導犬にもPDRなどのセンサを装着してもらう事で自動分析でも対応可能と考える。今後は盲導犬の歩行データをPDRで取得する事を検討している。四足歩行での移動をPDRで測定(ADR: Animal Dead

Reckoning) が可能になれば、屋内での家畜管理やペットの見守りなどの用途への展開も大いに期待される。

慎重になるなどして普段の歩幅と較べて歩幅が小さくなると PDR が歩行検出に失敗して、移動しているのに PDR では止まっていると判断される。この状態の時に通常の歩幅に戻ると、突然歩行が検出され、結果的に突発的歩行動作として誤検出される。この問題に対しては、GPS や QZSS 等のセンサを用いた SDF (センサーデータフュージョン) で対応することが可能になると考えている。

現在は 5 種類の突発的歩行動作を一括して抽出しているが、今後は各種の動作に切り分けて抽出する事に取り組む。本稿の手法では「歩行がふらつく」事は検出できていない。特に、音声案内と突発的歩行動作の発生頻度の関係を自動的に分析する為に、障害物への接触に起因する突発的歩行動作の切り分け抽出を可能にする事を目指す。

さらに、他の評価指標である正確性の計算に関しても自動化を行っていく。これらを実現する事で、場所や時間に依存しない訓練と支援の実現に向けての研究をさらに進めていくことが可能となるであろう。

E. 結論

本稿では、安全性と能率性を自動的に抽出する方法を検討した。

安全性については、視覚障害者の歩行における安全性の指標に関連する突発的歩行動作 (旧不規則動作) を、自他にとって危険な 5 種類の急な動作として再定義し、突発的歩行動作の発生頻度と音声案内の有無の関係を分析し直した。その結果、比較的単純な手法で突発的歩行動作を検出することにより安全性指標を自動的に検出できる可能性があることが分かった。

昨年度まではビデオを目視で確認して行っていた突発的歩行動作の抽出の自動化に関して説明した。本稿の手法では、検出率は約 87.5%、誤検出率は約 16.2%であった。また、どのような時に未検出・誤検出かを例を示し、その対応法を考察した。突発的歩行動作の自動抽出に関

して残された課題は 5 種類の突発的歩行動作の切り分け抽出である。

また能率性については、PDR で計測された歩行距離と経路長の比、及び歩行速度の 2 つが有用であることも分かった。今回の実験では、経路比 100%~120%の範囲を観測し、また速度は 0.4~1.2 m/s を観測した。

今後は、今回は報告出来なかった正確性に関する評価指標の計算の自動化と合わせて取組む予定である。

指標抽出を自動化する事で被験者へのフィードバックが迅速に可能になる。触地図・触軌跡図の自動印刷システムと組み合わせる事で、視覚障害者が自分一人で歩行の質を確認しフィードバックを通してスキルアップする環境の実現のステップになる。また、これらの分析結果を遠隔地にいるトレーナーと共有する事で、場所や時間に依存しない訓練と支援の循環の実現を目指すステップとなるであろう。

Ⅲ. 研究成果の刊行に関する一覧表

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
奥野 敬丞, 蔵田 武志, 関 喜一, 興梠 正克, 石川 准	Smartphone-based Talking Navigation System for Walking Training	身体知研究会第21 回研究会予稿集(人 工知能学会)	SKL-21-03	pp. 12-15	2015

IV. 研究成果の刊行物・別刷

Title

Smartphone-based Talking Navigation System for Walking Training

Authors

Keisuke Okuno, AIST, Japan, E-mail: k.okuno@aist.go.jp, Phone: +81-29-861-1566 (Presenter and contact person)

Takeshi Kurata, AIST, Japan, E-mail: t.kurata@aist.go.jp, Phone: +81-29-861-5789

Yoshikazu Seki, AIST, Japan, E-mail: yoshikazu-seki@aist.go.jp, Phone: +81-29-861-6716

Masakatsu Kourogi, AIST, Japan, E-mail: m.kourogi@aist.go.jp, Phone: +81-29-861-2264

Jun Ishikawa, University of Shizuoka, Japan, E-mail: ishikawa@u-shizuoka-ken.ac.jp, Phone: +81-54-264-5325

Abstract

We report on a development of smartphone-based talking navigation system, tactile map/trajectory creation system, and analysis of irregular motions in experiments with visually impaired pedestrians.

Section 1. Introduction

A variety of navigation applications for sighted pedestrians has been developed, as the popularity of smartphones grows. If such a device could be equipped with interfaces suitable for visually impaired pedestrians, it would become popular also among them, as it would provide them with increased senses of their surroundings [1].

Walking is known to comprise O & M (Orientation and Mobility) [2]. We have been advancing the research in order to assist both trainers and trainees on walking training and to realize quantitative evaluation on O and M skills for the training [3]. In the research, we deepened the qualitative understanding of relationship between the navigation system and a cane or guide dog. We also found out that obtained sensor logs by the navigation system and other wearable devices would quantitatively represent improvements of O & M skills. The evaluation indices included accuracy, safety, efficiency and anxiety.

However, in the last experiments [3], a specialized talking navigation system was used and participants of the experiments needed to carry several other devices for measuring sensor values and for recording them. It is possible to have a smartphone-based navigation system that have all functions other than to measure EEG and heart rate. The smartphone can have functions such as positioning, route guidance, distance/direction/landmark notification, and logging positions/motions and the guidance during walking.

Thus, in this paper, we report a development of a smartphone-based navigation system. We also report a map/trajectory creation system with which trainees can understand routes in advance and their accuracy of walking trajectories taken in experiments against desired routes. In addition, we discuss about analysis of irregular motions observed in the last experiments [3].

Section 2. Smartphone-based Talking Navigation System

First we introduce a smartphone-based talking navigation system, quipped with function to measure positions and motions during walking, with audio guidance and logging ability.

Hardware consists of a smartphone with 9 axis sensors (acceleration/gyroscope/electronic compass) such as Nexus 5 by SAMSUNG, and QZSS (Quasi-Zenith Satellite System) receiver by CORE CORPORATION. This enables audio navigation based on measurement of relative positioning by PDR [4], absolute positioning by GPS and high precision absolute positioning by QZSS. The talking navigation system is designed to work without, if needed, QZSS, considering limited operational time of a QZSS satellite.

Software is developed considering distribution and promotion of the software in the future. We adopted Free Open Source Software for Geospatial (FOSS4G) for development of the talking navigation system and map/trajectory creation system that will be explained in the next section. The OpenStreetMap (OSM) [5] is used to describe map information as much as possible.

Map and routes data are stored in a database using PostgreSQL and PostGIS [6]. A route search engine, pgRouting [7] working with the database, is used by the smartphone to search route from current and starting position to a goal. The OpenLayers [8], which is the map displaying library utilizing javascript and MapServer [9] that is a WebGIS engine, realizes displaying map information on the screen.

A TTS (Text to Speech) engine for Android, DocumentTalker, developed by the Create System Development Corp is used. Audio guidance is realized by the TTS using text, which is created based on result of route search gained through the pgRouting. Positioning program integrates data of PDR, GPS and QZSS to calculate position. All the calculation related to PDR is also performed on the smartphone.

Section 3. Tactile Map and Trajectory Creation System

In the experiment [3], tactile maps were used so that participants were able to understand the routes in advance. Tactile trajectories were shared with participants after each trials, in order to provide them with feedback of accuracy and degree of deviation of their taken routes. Based on interviews in the last experiment [3], we consider the feedback with tactile trajectory as an important and valuable method that helps participants to understand their performance instinctively.

Now, we briefly explain how tactile map and trajectory creation system works. OSM data, such as roads and buildings, is created by using JOSM (Java OpenStreetMapEditor) [10]. Then, Maperitive [11] is used for drawing bitmap images, based on the OSM data and positioning data from such as GPS and PDR. Finally, we create a tactile map/trajectory from the bitmap image printed on a paper with foaming agent, by using PIAF (a 3D copy machine by Amedia Corporation). It is important that this tactile trajectory creation system would enable us to provide an instant feedback to participants. It is because that tactile trajectory can be created only after obtaining trajectory data from an experiment, while tactile map can be prepared in advance.

Section4. Irregular Walking Motions during the Talking Navigation

Using the result from the last experiment [3], we analyzed relationship between number of observed irregular walking motions and timing of audio guidance made by the talking navigation system. In the last experiment, we found that percentage of audio guidance made was 40% against entire walking time period.

We manually counted number of the irregular motions by observing recorded videos. We defined five irregular motions as “Sudden change of direction while walking”, “Sudden stop”, “Staggering”, “Sudden change in speed”, and “making contacts with obstacle”.

As a result, frequency of irregular motions occurred during audio guidance was 1.6 times per minute, and 0.5 times per minute otherwise. We found a statistically significant difference between two cases, $p=0.041$, by using Wilcoxon signed-rank test.

The interview in the last experiment [3] shows that the cognitive load for mobility is relatively low for walking with a guide dog as compared to walking with a cane. It leads to a hypothesis that pedestrian with a guide dog have more spare cognitively to manage the talking navigation.

However, there was no statistically significant difference found between walking with a guide dog and walking with a cane. Mann-Whitney U test between pedestrian with a guide dog and with a cane on entire walking time period is $p=0.138$, and the test on time period having audio guidance is $p=0.347$. There is a tendency that participant walking with a guide dog has lower frequency of having irregular motions, but we need further experiments with increased number of trials to make any conclusion.

Section 5. Discussion and Conclusion

In this paper, we reported a development of smartphone-based navigation system and map/trajectory creation system for walking training of visually impaired pedestrians. We also discussed about relationship between number of observed irregular walking motions and timing of audio guidance made by the talking navigation system.

参考資料

From a discussion in section 4, we can hypothesis that there are strong relationship between audio guidance and irregular motions, and we have learned that it is important to consider content of audio guidance and timing when to provide audio guidance, and how these relate to quality of walking training. A remaining problem is to detect irregular motions automatically. If it is realized, the analysis of relationship between audio guidance and irregular motions would be done more efficiently.

We are designing evaluation indices such as accuracy (micro & macro), safety and efficiency (micro & macro), and a method to calculate scores of the indices automatically as well as methods to provide feedbacks of walking performance, including tactile map with his own trajectory. Then, we plan to conduct further experiment using all the system explained in the paper.

謝 辞

本研究は、厚労省科研「白杖歩行・盲導犬歩行・同行援護歩行に対応したマルチモーダル情報処理技術に基づく訓練と評価の循環支援」プロジェクトの一環として行われた。

References

- [1] T. Kurata, M. Kourogi, T. Ishikawa, Y. Kameda, K. Aoki, and J. Ishikawa: "Indoor-Outdoor Navigation System for Visually-Impaired Pedestrians: Preliminary Evaluation of Position Measurement and Obstacle Display", ISWC2011, pp.123-124, 2011.
- [2] B. B. Blasch, W. R. Wiener and R. L. Welsh, Foundations of Orientation and Mobility 2nd Ed., 1977.
- [3] T. Kurata, Y. Seki, M. Kourogi, and J. Ishikawa: "Role of Navigation System in Walking with Long Cane and Guide Dog", CSUN2014, 2014
- [4] M. Kourogi and T. Kurata, "Personal Positioning Based on Walking Locomotion Analysis with Self-Contained Sensors and a Wearable Camera", ISMAR2003, pp.103-112, 2003.
- [5] OpenStreetMap: <http://www.openstreetmap.org/>
- [6] PostGIS: <http://www.postgis.net/>
- [7] pgRouting: <http://pgrouting.org/>
- [8] OpenLayers: <http://openlayers.org/>
- [9] MapServer: <http://mapserver.org/>
- [10] JOSM: <http://josm.openstreetmap.de/>
- [11] Maperitive: <http://maperitive.net/>

