

分担研究報告書

2．歩行評価指標の自動抽出

研究分担者 関 喜一 産業技術総合研究所 主任研究員

研究分担者 興梠 正克 産業技術総合研究所 主任研究員

研究要旨

歩行の安全性と能率性の評価指標は、視覚障害者の歩行訓練における訓練成果を客観的・定量的に評価する上で重要である。本分担研究では、本プロジェクトで開発した履歴記録システムによる歩行データを用いて、安全性と能率性を自動的に抽出する方法を検討した。その結果、加速度の閾値処理という比較的単純な処理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。また、実際の歩行距離と経路長の比、及び歩行速度の2つが能率性指標として有用であることも分かった。

A．研究目的

歩行の評価指標のうち、安全性と能率性の評価指標は、視覚障害者の歩行訓練における訓練成果を客観的・定量的に評価する上で重要である。

安全性と能率性については、昨年度までの研究成果では、記録したビデオを用いた目視確認で評価していた。

本分担研究では今年度は、本プロジェクトですでに初年度に既に記録済みの歩行データを用いて、安全性と能率性の指標を自動的に抽出する方法を検討した。

B．研究方法

装置：

詳細は初年度の報告書に記載の通りであるが、GPS ならびに PDR データの記録用に、SAMSUNG 社製 GALAXY S II（腰部に装着。加速度、ジャイロ、磁気センサを用いた PDR により相対測位）を用いた。

実験場所：

独立行政法人産業技術総合研究所つくば中央センター敷地内の4経路。表1に4経路の距離の長さを示す。

表1 各経路の長さ

	経路長 (m)
経路"R2"	218
経路"R4"	194
経路"R7"	220
経路"R8"	202

被験者：

実験の参加者は白杖使用者が4人、盲導犬使用者が2人、合計6人であった。なお、盲導犬使用者の2人と白杖使用者の内の3人は全盲で、残り1人は重度のロービジョンであった。

手順：

6名の被験者が参加した実験経路を表2に示す。

各実験の所要時間はおよそ5分から6分を要したが、被験者 ID92001 の R4 は約10分を要した上でゴールに辿り着く前に被験者の安全を考慮して実験を途中で中止した。

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、その時間変化の変化率(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

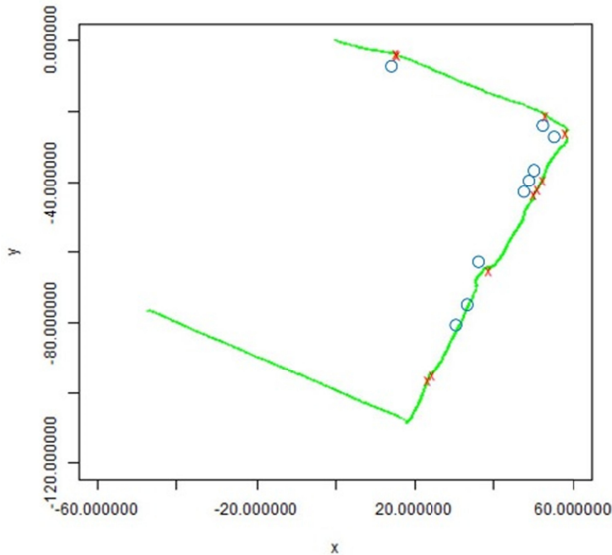


図 1 突発的歩行動作の自動検出例

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、通常のヒトの歩行速度が 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。