

視覚障害者向け案内システムの実証的評価 Evaluation of Guidance System for Visually Disabled

深澤 紀子†
松原 広†
Noriko Fukasawa
Hiroshi Matsubara

水上 直樹†
土屋 隆司†
Naoki Mizukami
Ryuji Tsuchiya

1. まえがき

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の開発が進められている([1],[2])。しかしこれらのシステムが多くの利用者に真に受け入れられ、日常的な移動の支援ツールとして定着可能かどうかについては、十分な検証は行われていない。このようなシステムの社会的受容性の評価のためには、システムの便益(有用性)や継続利用した場合の適応性を含めたユーザビリティに関する検証が不可欠である。この検証のためには、単発の評価試験だけでは不十分であり、特定の被験者に継続的にシステムを利用してもらい、その行動変化を観察、分析する必要がある。またこれまでに開発されたシステムは、特定の駅や商店街等、比較的狭い均一の地理的エリア内の移動の支援を対象としており、公共交通を使って発地点から着地点まで移動する際の通しの案内や、鉄道駅と周辺商店街のシームレスな移動における案内等は対象外であった。我々はこのような広範囲にわたる移動全般を支援するシステムを開発し、視覚障害者を被験者とする単発利用の実証実験において、システム有用性や利用意向の高さを確認した([3])。しかし上記のような継続利用によるシステムの受容性評価のためには、実際の使用場面に近い条件下での繰り返し利用による評価が望まれる。以下ではまず、このシステムの概要について述べた上で、鉄道による駅間移動を含む環境でのシステム継続利用による評価試験と、その結果得られたシステムのユーザビリティに関する知見について報告する。

2. システムの概要

図1に示すとおり、本システムは利用者が持ち歩く携帯端末装置と専用の白杖、誘導ブロックの下に埋め込まれる RFID (Radio Frequency Identification) タグの3つを基本構成とする。RFID に書き込まれた場所 ID は、白杖に内蔵した読取装置によって読み取られる。場所 ID を読み取った白杖は、それを携帯端末装置に無線で送信する。携帯端末装置はその場所 ID と、内蔵されている地図データを基に、利用者の現在地に関する情報を割り出し、音声で提供する。さらに利用者が携帯端末装置に音声で行きたい場所を告げると、携帯端末装置は利用者の現在地から目的地までの最適経路を計算し、音声で誘導する。誘導ブロックに埋め込む RFID は、134.2kHz の FSK および 125kHz の AM-PSK のいずれも長波帯に属する 2 種類のタグが提案されており、白杖の読取装置はこのいずれにも対応している。また携帯端末と杖の間のデータ通信には Bluetooth を使用している。

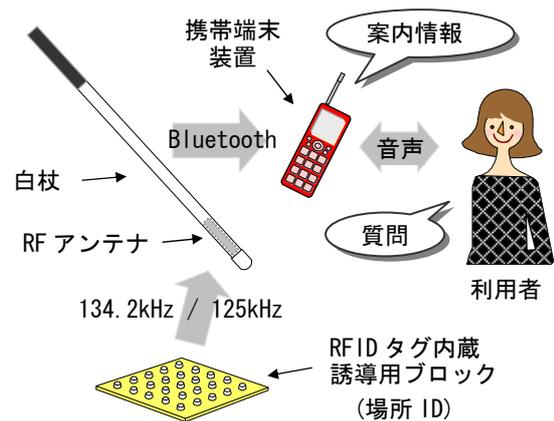


図1 システムの構成

本システムは、「3番線ホームです」「改札の前です。右手に券売機があります」等その場所に関する情報を提供する場所案内と、目的地を設定することにより「目的地まで80mです」「右に曲がり10m直進」等の誘導をする誘導案内、利用者からの質問に応じてその場所の情報を提供する現在地案内等の機能を有する。場所案内では同じ場所であっても、利用者の進む方向によって適した内容の案内をすることができ、また誘導案内では道を間違った場合には修正する案内をすることができる。さらに利用者の属性や嗜好を登録することで、例えば、階段を極力使わないルートを案内することも可能である。

また常に最適な案内を実現するためには、案内データを最新に保つための動的ダウンロード、および駅を移動した場合の地図データの円滑な切替等の機能が必要とされる。図2に示すように、本システムでは新たな駅の場所IDを

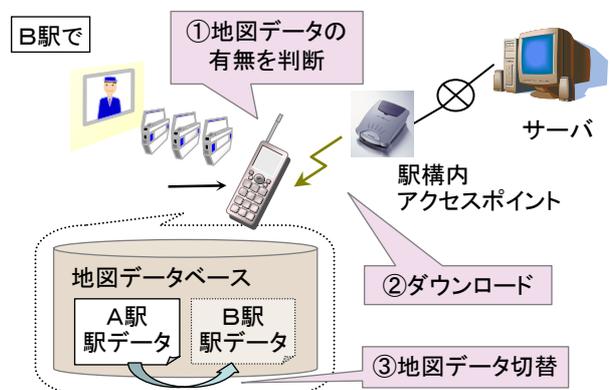


図2 データダウンロードのしくみ

† (財) 鉄道総合技術研究所, RTRI



図3 携帯端末装置および白杖

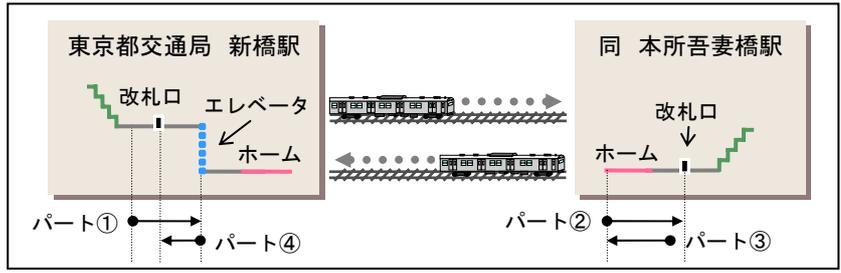


図4 実験エリア概略図

読み取った場合、Bluetooth を用いてセンターサーバと通信を行うことにより、これを実現している。地図データの切替は、①当該駅の地図データの有無またはバージョンの確認を行い、②データが無いまたはバージョンが古い場合にはサーバからデータをダウンロードし、③当該駅の地図データに切替えるという手順で行われる。

開発したシステムの携帯端末装置および白杖の写真を図3に示す。携帯端末装置は市販されている携帯電話機と同等のサイズ・重量であり、白杖は長さ 107cm~127cm (市販品と同等)、重量は内蔵する乾電池込みで約 300g である (市販の杖は 100g~500g)。

3. 評価試験

3.1 実験概要

実験は東京都交通局浅草線の新橋駅および本所吾妻橋駅にて実施した。実験エリアの概略図を図4に示す。新橋駅の改札外のコンコースを出発地点、本所吾妻橋駅の改札口を目的地点とする往路、本所吾妻橋駅の改札内のコンコースを出発地点、新橋駅の改札口を目的地点とする復路の2ルートである。誘導案内機能実験での一行程の歩行距離は、列車による移動およびエレベータによる垂直移動の距離を除き、片道で新橋駅約 70m、本所吾妻橋駅約 30m である。

また実施日は平成 18 年 12 月 14 日から平成 19 年 1 月 18 日までの間の平日計 8 日間であり、実験時間は 10:00-12:30

あるいは 13:30-16:00 の時間帯である。

3.2 被験者

被験者は全盲もしくはそれに近い視力で、日常的に単独で街中を歩行している視覚障害者 2 名である。うち 1 名は鉄道を日常的に単独利用しており、もう 1 名は鉄道の単独利用経験がほとんど無い。両名のプロフィールを表 1 に示す。

3.3 評価方法

ISO9241-11:1998 (JIS Z 8521:1999) や ISO13407:1999 (JIS Z 8530) において、ユーザビリティは「特定の利用状況で、特定のユーザによって、ある製品が、指定された目標を達成するために用いられる際の有効さ、効率性、ユーザの満足度の度合い」と定義されている。本システムにおいては「鉄道の利用場面において、全盲の視覚障害者が、本システムを用いて目的地まで単独で移動する際の有効さ、効率性、利用者自身の満足度の度合い」と解釈できる。さらに前述の規格で、有効性は「ユーザが指定された目標を達成する上での正確さ、完全性」、効率は「ユーザが目標を達成する際に正確さと完全性に費やした資源」、満足度は「製品を使用する際の不快感のなさ、及び肯定的な態度」と定義されている。一般的に有効性は課題の達成率やエラー率などで、効率は課題達成までの時間、満足度は主観的な記述や質問紙などを用いて測られる。

よって本実験では、①有効性の指標として目的地まで単独で移動できた割合、②効率としてシステムを利用して移動した時の歩行速度、③満足度としてストレス感と本システムに対する満足度に関する 5 段階評価とした。また色々な対象物に対して、評価が可能な簡便なツールであると言われているシステムユーザビリティスケール (System Usability Scale : SUS) を用いた。

4. 実験結果

4.1 有効性

新橋駅と本所吾妻橋駅間の往復の移動ルートを 4 つのパート (図4参照) に分け、それぞれのパートにおいて、実験者の介助なしに目的地に到達した割合を表2に示す。

記録不備等を原因とする評価対象外データを除き、のべ 52 回うち、システムの不具合がなく、単独で移動が成功したのは 33 回であった。それ以外の 19 回のうち、システムの不具合が発生したのが 18 回であった (ホーム縁端において安全確保のために介入したケースが 19 回のうち 3 回

表 1 被験者プロフィール

	被験者 A	被験者 B
年齢	63	66
視力	左右：全盲	左：光覚 右：全盲
白杖での単独歩行経験	20 年以上	50 年以上
単独での外出頻度	毎日	毎日
単独での鉄道利用頻度	0 回/週	3,4 回/週
歩行訓練	無し	自己流, 盲学校で訓練有
主な鉄道利用線区	—	東西線, 丸ノ内線
ホームからの転落経験	無し	2 回
普段の単独歩行内容	徒歩通勤	鉄道通勤
初めての場所でも単独で行くか	単独で行くことはない	人に聞きながら行くことがある
携帯電話、モバイル機器使用	使用しない	携帯電話 (通話のみ)
その他	バスは単独で利用	光覚は移動には利用しない

表 2 各パートの目的地到達率 (到達回数/試験回数)

パート	①	②	③	④
被験者 A	4/7	4/7	4/7	6/7
被験者 B	3/6	2/6	5/6	5/6

あった)。システムが正常に動作している場合、被験者がブロックから外れたり、ルートの間違ったりしても、本システムの誘導案内機能を活用することで目的地に到達することが出来ていた。

4.2 効率性

目的地までの移動に要する時間、すなわち効率の側面から本システムの効果を評価することを目的として、本システム利用時の歩行速度を求めた。評価データとしてシステムの利用には一応慣れたが、まだ移動ルートを記憶していない試験 2 日目の値を求め、この値と、慣れた場所におけるシステムを用いない場合の単独歩行速度と比較した。被験者 A は通常歩行速度、システム利用時の歩行速度共に 0.7m/sec、被験者 B は通常歩行速度、システム利用時の歩行速度共に 0.9m/sec であり、両名ともシステムの利用による歩行速度の差は見られなかった。

また、利用者が本システムに求める移動の効率性 (=歩行速度、目的地までの所要時間等) のレベルを表 3 より選択してもらった結果は、被験者 A がレベル 2、被験者 B がレベル 3 であった。

4.3 満足感

(1) 満足感とストレス感

本システムに対する満足度を表 4 に示す 5 段階で評価してもらった。結果を表 5 に示す。またシステム利用時のストレスを表 6 に示す 5 段階で評価してもらった。結果を表 7 に示す。

(2) システムユーザビリティテスト

被験者 A および B のユーザビリティスケールの結果および得点を図 5 に示す。

4.4 システムへの適応性

今回の試験では、行動観察とヒアリング結果から以下のような習熟効果があったと推定される。

- ①分岐部の一つ前の RFID タグで右左折の指示をされると、予め曲がる方向に白杖を出し、ブロックを検出しようとする。また分岐部であることを感じたら、白杖でブロックを探し、システムからの案内を得ようとする。
- ②ルートを逸れて迷った時や、本来あるべき案内がなかった時に、その場から動けなく(動けなく)なるのではなく、ブロックを検出し、それに沿って移動するという行動が試験中盤からみられるようになった。

②にあるように、本システムを 1 回体験しただけの視覚障害者では、自分が必要とする適切な案内がされない場合に、動けなくなるケースがよくみられる。しかし繰り返し利用することで、この戸惑いが解消される可能性が示唆された。また被験者 A からのヒアリングによると、試験前半では案内を聞くことに意識を集中するため、移動時に心理的な余裕がなかったが、試験後半にはシステムに対する信頼感が生じ、心理的に余裕が生まれたとのことであった。視覚障害者の単独歩行を支援するシステムが環境に関する入力情報を補うとしても、システム利用時の視覚障害者の情報処理能力に余裕がなければ負の結果が生じる可能性があるため、この点は今後も慎重に検討を続ける必要がある。

今回、鉄道を単独では利用しない視覚障害者(被験者 A)に本システムを利用してもらった。この被験者は日常的に誘導用ブロックをそれほど利用していないが、本システムを利用することで、目的地まで移動することが出来、

表 3 システムに求める効率性レベル

レベル	内容
1	どれほど時間がかかってもよい
2	ゆっくり慎重に移動しているときと同じ
3	慣れた場所での単独移動と同じ
4	慣れた場所での単独移動よりは速く
5	晴眼者の歩行と同レベル

表 4 システム満足度の評価基準

評点	内容	回答の基準
1	大いに不満	全く使わない
2	やや大きく不満	使わないかもしれない
3	2と4の中間	ぎりぎり許容範囲
4	やや大きく満足	使いたい
5	非常に満足	ぜひ今すぐにも使いたい

表 5 被験者によるシステム満足度

	評価	コメント
被験者 A	4	最初の頃は反応がスムーズにいかないので「3」
被験者 B	4	システムが確実に素早く反応し、白杖がもう少し軽ければ「5」

表 6 システム利用時ストレスの評価基準

評点	内容	回答の基準
1	非常に大きなストレスを感じた	いくら便利でも使いたくない、全く許容できない程のストレスを感じた
2	やや大きなストレスを感じた	使うのをやや躊躇わせるような、許容範囲にあるとは言いがたいストレスを感じた
3	2と4の中間	ストレスは感じるが、ぎりぎり許容範囲に入っている
4	それほど大きなストレスは無かった	ストレスを感じないということはないが、許容範囲である
5	ストレスは全く無かった	利用中に不安感、イライラ、精神的疲れなどはまったく感じなかった

表 7 被験者によるストレス評価

	評価	コメント
被験者 A	4	最初の頃であれば、もう少し大きなストレスを感じていたので「3」
被験者 B	4	特になし

RFID タグを読み飛ばした場合でも自力で補正可能であることが確認できた。本システムが誘導案内に関する情報を与えることで、間接的にホームからの転落防止を始め、外出時の安全性向上に大きく寄与する可能性が高い。しかしその一方で、被験者 A がホーム縁端警告ブロックから線路側に大きく踏み出すケースが、試験日程全般に認められた。従って鉄道を単独で利用するために、本システムを視覚障害者に与えれば済むという問題ではなく、ホームでの安全な移動に特化した経験や歩行訓練を積むことが望ましいと思われた。

4.5 結果のまとめ

被験者 2 名に対するケーススタディではあるが、システムを長期的に利用してもらいユーザビリティ評価を実施した結果、以下の点が明らかになった。

- ①システムの不具合等の原因により、目的地に到達できない場合が見られたが、基本的な本システムの有効性が確認できた。

	【被験者A】					【被験者B】				
	まったく そのとおり でない		まったく そのとおり			まったく そのとおり でない		まったく そのとおり		
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1) このシステムをしばしば使いたいと思う	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2) このシステムは不必要なほど複雑であると感じた	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) このシステムは容易に使えらと思った	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4) このシステムを使うのに技術専門家のサポートを必要とするかもしれない	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) このシステムでは、さまざまな機能がよくまとまっていると感じた	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6) このシステムでは、一貫性の無いところが多くあったと感じた	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) たいいてのユーザは、このシステムの使い方を素早く学べるだろうと思った	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8) このシステムはとても扱いにくいと思った	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) このシステムを使うのに、自分は自信があると感じた	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10) このシステムを使い始める前に多くのことを学ぶ必要があると感じた	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	合計 27 点、SUS スコア=42.5					合計 37 点、SUS スコア=42.5				

図5 システムユーザビリティテスト結果

- ②移動の効率性（システム利用時の被験者の歩行速度）に関しては、実用上、問題のないレベルにあるものと推察された。
- ③被験者のシステムに対する満足度は「実際に使いたい」と思う程度に高く、本システムに対する肯定的な態度が確認された。
- ④RFID タグを読み飛ばすことが随所にみられたが、自力で目的地に到達するための行動補正が可能であることが確認された。これはブロックを日頃あまり活用しておらず、かつ、鉄道を単独で利用していない被験者でも同様であった。
- ⑤ホーム上の安全な移動という点では、利用者がホームでの移動に特化した歩行訓練や経験を積むことが望ましい。
- ⑥鉄道を単独で利用していない被験者は、本システムを3,4回繰り返して利用することで、心理的な余裕が生まれると報告した。
また今回の実験では、過去の実験と比較してシステム応答率が低かった。その原因として主に以下の2点が考えられる。
- ①RFID タグの敷設方法：RFID は金属に隣接すると通信距離が極端に短くなる特徴がある。本実験エリアにおけるRFID タグ敷設工事は駅のリフレッシュ改良工事の中で行われ、一部では既存床の上に新規床を貼るという施工方法が採用された。既存床の一部に補強目的のため金属を含有したタイルが使用されていた箇所があり、その上に敷設されたRFID タグの通信距離が短くなったため、システムの反応に影響したと考えられる。
- ②電波的干渉：今回の実験エリアでの測定は実施していないが、列車走行に伴う10MHz以下の周波数域の電波雑音は、レールや架線を伝播するため、列車が測定点付近を通過する前後数分から十数分にわたって観測される。この電波雑音がシステムの無線通信に影響を及ぼしている可能性も考えられる。この問題についてはRFID タグの基本性能実験等を行い、鉄道環境に適した通信方式を検討する必要がある。

この2点以外にも実用化の段階においては、杖や携帯端末の構造分析等を行った上で、システムを実装する必要があると考えられる。

5. おわりに

視覚障害者向け案内システムについて、鉄道による駅間移動を含む連続した移動環境において、継続試験を実施し、試験結果とそれにより得られたシステムのユーザビリティ評価についてまとめた。全般的にシステムの提供する機能に関しては、被験者から好意的な評価と高い利用意向が示されており、視覚障害者の単独行動の支援を実現するツールとしての期待が高いことが確認できた。このことにより、本システムに代表されるような情報機器を用いた案内システムの実用化が、視覚障害者の行動パターンを大きく変える可能性があることが示唆された。一方ではシステム動作の安定性や、危険を伴うプラットフォーム上での移動に関する課題が確認された。今後はこれら課題の検証とともに、実用化に向けたさらなる技術開発、案内コンテンツの精査に関する検討を進めていく予定である。

参考文献

- [1] 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)
- [2] Ikeda, Y. and Mori, N, Research on Needs and System Configuration of Pedestrian ITS, 8th ITS World Congress, Australia, (2001.10)
- [3] 深澤紀子, 水上直樹: 視覚障害者向け情報提供システムの実証的評価, 情報処理学会第25回高度交通システム研究会(ITS), 熊本, (2006.06)