

視覚障害者の移動を支援する位置提示の実証実験

亀田 能成[†] 釜坂 一步[†] 一刈 良介[‡] 蔵田 武志[‡] 石川 准^{*}

[†]筑波大学 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

[‡]産業技術総合研究所 〒305-8560 茨城県つくば市梅園 1-1-1

^{*}静岡県立大学 〒422-8526 静岡県静岡市駿河区谷田 52-1

E-mail: [†] kameda@iit.tsukuba.ac.jp, s1620768@tsukuba.ac.jp

[‡] {r.ichikari, t.kurata}@aist.go.jp

^{*} ishikawa@u-shizuoka-ken.ac.jp

あらまし 我々は、視覚障害者に対する歩行移動を支援する研究に取り組んでいる。歩行による移動中に位置提示の支援を行うナビゲーションシステムを利用するために、利用者は、システムからの音声情報を聞き取り、それを現在の周辺状況にマッピングしながら記憶するとともに、自分をその周辺状況の中で定位させる必要がある。この3重のタスクをこなすことに対する負荷の高さへの検証を行えるようにするため、我々は、3重タスクを擬似的に体験できる実験環境をゲーミフィケーションの形で実装し、被験者実験を行った。本稿ではそのうち、実験環境の合目的性に関する議論と、実験に用いたシステムの構成法について報告する。

キーワード 足裏感覚フィードバック、音声フィードバック、歩行者、ナビゲーション、ゲーミフィケーション

1. はじめに

視覚障害者の自立移動支援に関する要望の一つとして、歩行時のナビゲーションが挙げられる。これを実現するための研究については、我々も含め、様々な研究が進められている。典型的なアプローチでは、現在位置および周辺に関する情報が、音声によって利用者に返される。こうした先端的取り組みが実現に向かって進んでいる。そこで、研究の次の段階として、視覚障害者が実際に歩行移動向けナビゲーションシステムを利用するときの負担についての議論が必要になる。

移動支援システムの利用時にかかる負担の要因は、大きく3つに分けられる。1つめはナビゲーションシステムからの音声情報を聞き取ることである（聞き取り）。2つめは、利用者の頭の中にある現在の周辺状況にその情報を当てはめて記憶することである（マッピング）。3つめは、周辺状況に対して自己位置を定位させることである（自己定位）。

特に、周辺状況を目視によって確認できない視覚障害者においては、自己定位にかかる負担が晴眼者に比べて高いと予想される。負担の大きさは被験者の特性と相関すると考えられ、その解析が容易でないことも予見される。

本稿では、視覚障害者のシステム利用時における負荷を調査するための実証実験環境の構築方法について提案と報告を行う。聞き取り・マッピング・自己定位が必要なタスクとして、AR巨人将棋というゲーミフィケーション環境における駒探しゲームを設計した。AR巨人将棋は2016年9月3日に静岡県静岡市のグランシップ（静岡県コンベンションアーツセンター）

にて11名の視覚障害者の協力のもと実施された。なお、本稿では実験の設計の合目的性に関する議論と、実験に用いたシステムの構成法について述べる。

視覚障害者にとって歩行を含むトレーニングは負担が大きいため、それを軽減するための取り組みが、ゲーミフィケーションの形で行われている[1][2][3][4]。AR巨人将棋を通じた本実証実験もまた、ゲーミフィケーションの形を取っているため、被験者は高いモチベーションで実験に臨むことができる。

2. 歩行中の視覚障害者への支援時の課題

視覚障害者のユーザエクスペリエンスを詳細に観察できるようにするためには、統制のとれた小規模な実験空間を用意し、その中で、歩行移動向けナビゲーションシステムを利用するのとほぼ同等のミッションを被験者に与えられることが望ましい。

本節では、ナビゲーションシステムの利用における3重のタスクである聞き取り・マッピング・自己定位が満たすべき要件について考察する。

(1) 聞き取り

システムからのフィードバックは全て音声によって行われる。そのため、実験空間内の歩行においても、移動地点に応じた情報提供が音声フィードバックで行われるべきである。実験空間内で被験者が行うミッションに対して、音声内容を理解することが利益に繋がり、理解できないときは不利益を被る形が必要である。

(2) マッピング

視覚障害者が街へ出るときは、その経路と目的地についてある程度の予備知識があることが普通である。

この状態に対応するため、実験空間内の地図は予め被験者が頭の中で構成できていることが望ましい。

その上で、歩行中にはナビゲーションシステムから様々な地点の追加情報が伝えられることになる。例えば、次の信号の色、経路の先での通行止めや障害物の情報などがこれに該当する。そこで、実験空間内でもミッション遂行中は、地点ごとに異なる状態記述があり、それを覚える必要があるものとする。

(3) 自己定位

マッピングでも述べた通り、周辺の地図は予め被験者が頭の中で構成済みであるとする。これに対し、自分がその地図中のどこに位置するかを理解する必要がある。このことを自己定位と呼ぶ。実験空間は小さいため、通常の歩行に比べると、実験空間内での自己定位は簡単である可能性がある。

3. AR 巨人将棋

3.1. ゲームフィクションとしての枠組み

我々は、歩行移動向けナビゲーションシステムの利用を模した小規模空間での実験のデザインとして、AR 巨人将棋を用意した。

AR 巨人将棋では、将棋の盤面が床に広がっていて、マス1つが大凡一人分の立ち位置に相当する。盤面は格子状に並んだマスで構成される。

将棋としては詰将棋を考え、被験者は詰将棋の解答経験がある者に今回は限定する。これにより、周辺状況の地図に相当する盤面と駒台については、普段から正確に頭の中で想定できる者が実験に取り組むことになる。なお、大きさを考えて、AR 巨人将棋では、本来の9×9の将棋盤のサイズに対して、5×5の盤のみを考え、各マスの呼び名は将棋での棋譜での呼び方と一致させる。駒台については、盤の横に盤のマスと同じ大きさのマスをも5つ用意し、上から詰めて1つのマスに1つの駒を配するものとする(図1)。

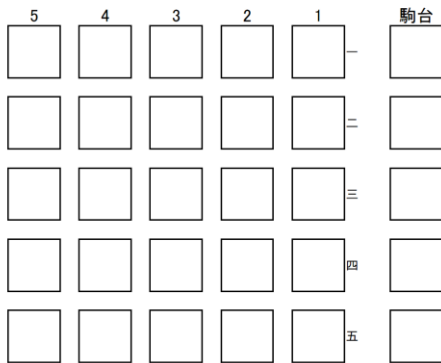


図1 AR 巨人将棋の盤面

実験空間内では、1つのマスは1辺90cmの正方形の人工芝で表される。人工芝は40cmの間隔を空けて配置される。実験会場の全容を図2に示す。



図2 AR 巨人将棋の実験空間

AR 巨人将棋のゲームは、以下のような手順で行われる。

- Step1. プレーヤはRFIDリーダ付の靴(図3)を装着。
- Step2. 駒台の上(図2の右上の椅子が3脚並んでいる部分の前)に立ち、コマ探し開始を宣言(図4)。
- Step3. 盤面上を自由に行動し、駒を探す。
- Step4. 盤上の全ての駒を探し当て、その全ての駒の配置を記憶できたら、探索終了をプレーヤは宣言する。記憶内容を確認し、出題と一致していたらコマ探しは終了となる。
- Step5. 出題内容に対して、詰将棋の解答の棋譜を答える。



図3 RFIDリーダ付の靴

答えられなくとも、開始後10分経った時点でゲーム終了となる。また、歩行中に安全領域を出た場合は、音声による警告を発し、最後に通過したマスまでプレーヤを戻す。安全領域は図2の実験空間中で赤色のテープで区切られた範囲である。

本ゲームフィクションが巨人将棋と名付けられた理由は、マスのサイズが人の大きさに相当するため、この盤サイズで将棋を指すのはヒトよりずっと大きいであろう、と想像されるためである。

会場での参加者には晴眼者もいるため、図2のような映像に、ゲームの進行状況がCGで重畳して表示した内容がゲーム進行中は会場に提示されていたため、ARがその名称に付加された(図4の壁面)。



図 4 ゲーム開始位置

3.2. 被験者の位置測位

視覚障害者は、通常、街中への外出では、経路と目的地をあらかじめ決めている。AR 巨人将棋でこれに相当するのが、駒探しである。狭い実験空間に複数の目的地が密集するため、検出と見分けが付けやすいよう、技術的工夫が AR 将棋では成されている。

あるマスに足が届いたことが足裏感覚でわかるよう、各マスは 90cm 四方の人工芝で表されている。さらにその中央 30cm 四方の下には厚さ 2mm の合成ゴムでできた RFID タグシートが敷かれており、さらにその下に厚さ約 10mm のソフトクッションが配置されている(図 5)。RFID タグの ID は全て、盤面の各マスと 1 対 1 に対応付けられている。人工芝の中央部 30cm 四方の少し盛り上がった柔らかい部分に RFID リーダ(GOV 社製 Tecco) 付の靴(右足)を載せると、リーダーは RFID タグの ID を読み取り、バイブレーションすることでプレーヤに ID が正しく読み取れたことを伝える。同時に、Bluetooth 通信でシステム PC にその ID 情報を伝達する。システム PC 側では盤面のマスとの対応関係を調べ、会場内のスピーカーを通じて、当該マスの名称と、そこに駒が存在する場合はその駒の情報を、合成音声でプレーヤに伝える。AR 巨人将棋で用いている RFID タグシートは広域検出に特化したもので、アンテナは 18cm 四方の大きさがあり、それを含む 30cm 四方のシート上にリーダーが来た場合のみ検出が行われる。

バイブレーションが適切に伝わるようにするため、プレーヤの足のサイズに合わせて実験用の靴のサイズを変更する。図 3 に示すように 3 足用意してあるのは、サイズ違いに対応するためである。



図 5 人工芝裏面の RFID タグ(左)とクッション(右)

3.3. ゲーム実行の様子

AR 巨人将棋は 2016 年 9 月 3 日に静岡県静岡市のグランシップ(静岡県コンベンションアーツセンター)にて 11 名の視覚障害者の協力のもと実施された。被験者は弱視ないし全盲であり、失明時期は先天性から後天的まで分かれ、年齢層も 23 歳から 73 歳と幅広い。歩行形態については、図 6,7,8 に示すように、ガイドヘルパーに基づく歩行、白杖による歩行、および単独歩行に分けられる。なお、ガイドヘルパー付の歩行では、ガイドヘルパーは方向に関する指示をプレーヤから受け取って案内するものの、マスの存在の有無や駒情報については一切情報提供しない条件としている。

3.4. 3重のタスクへの対応

本節では、AR 巨人将棋においてプレーヤが駒探しというミッション遂行中に行ったタスクが、街中での歩行支援ナビゲーションシステム利用時にかかる 3 重のタスクと対応がとれているか議論する。

聞き取りについて：AR 巨人将棋ではイベントという開催形態をとったことから、プレーヤ以外の観覧者にも情報共有するため、音声フィードバックをプレーヤ近くのウェアラブルスピーカではなく、会場内設置のラウドスピーカから行った。会場の音響がよくなく残響が大きい部屋であったため、実験後の聞き取り調査では音声内容の聞き取りに普段以上の注意力が必要であったという意見が寄せられていた。この点は、今後の開催において改善すべきであろう。なお、視覚障害者がよく用いる読み上げソフトウエアで合成音声を用意したため、声質や読み上げの癖による聞き取りにくさはなかったと考えられる。

マッピングについて：プレーヤごとに詰将棋の問題を変えていたため、盤面上に配置されたコマ数が違う状況であった。被験者は全員詰将棋には慣れているため、通常であれば盤上で全ての駒の配置を覚えるのに慣れている。そのため、コマ数と盤面全体を覚えることの難易度とに相関はあまりないと考えられる。

自己定位について：プレーヤによって大きな差が見られた。実験空間中の盤面配置とスタート位置の説明には時間をかけ、十分な認識が成されていたはずであ

るが、プレーヤーによっては、全てのマスを通過して
 みることに難しいというケースが観察された。この
 ことが、3重のタスク実行による負荷の高さの為なのか、
 別の要因に依るものなのか、今後、実験データの解析
 を通じて明らかにしていく必要があると考える。

4. おわりに

本稿では、歩行による移動中に位置提示の支援を行
 うナビゲーションシステムを利用するとき視覚障害
 者が担う負荷を、実証で明らかにできる環境の構築方
 法について述べた。我々がゲーミフィケーションの形
 で用意したAR巨人将棋では、小さい実験空間ながら、
 街中でのナビゲーションシステム利用時に生じるタ
 スクを似た形で再現し、それに対する利用者の振る舞
 いが観察できた。

AR巨人将棋は、イベント主催の静岡県立大学の倫
 理規定に則って実施された。

本研究の一部は、JST-RISTEXの研究課題「多世代共
 創による視覚障害者移動支援システムの開発」(代表：
 関 喜一)の支援を得て行われた。また、実験の実施に
 当たっては、静岡県立大学の大石寛子氏が多大な貢献
 をされた。ここに謝意を表す。

文 献

- [1] Y. SEKI, "Effect of velocity and time-step on the continuity of a discrete moving sound image," *Advances in Acoustics and Vibration* 2014, Article ID 950463, 2014.
- [2] K. Ishibashi and S. Kita, "Probability cueing influences miss rate and criterion in visual searches," *i-Perception*, vol.5, no.3, pp.170-175, Jul.2014.
- [3] Y. Seki, T. Sato, "A training system of orientation and mobility for blind people using acoustic virtual reality," *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, Vol. 19 Issue 1, pp.95-104, 2011.
- [4] 松田雄祐, 渡辺哲也, "点字ディスプレイを用いた触覚ゲームの開発," *信学研報 WIT*, WIT2012-35, vol.112, no.426, pp.13-17, Feb. 2013.



図 6 ゲーム実行の様子 (ガイドヘルパー)



図 7 ゲーム実行の様子 (白杖)



図 8 ゲーム実行の様子 (単独歩行)