

## 全盲者のアクセシビリティに配慮した音だけで作図する地図エディタの評価

## Evaluation of Map editor for accessibility of blind users using only sound

○ 松尾政輝(筑波技術大学) 三浦貴大(東大 IOG) 坂尻正次(筑波技術大学)  
大西淳児(筑波技術大学) 小野東(筑波技術大学)

Masaki MATSUO, Tsukuba University of Technology  
Takahiro MIURA, Institute of Gerontology, The University of Tokyo  
Masatsugu SAKAJIRI, Tsukuba University of Technology  
Junji ONISHI, Tsukuba University of Technology  
Tsukasa ONO, Tsukuba University of Technology

**Abstract:** Visually impaired persons, including the author, have had to deal with barriers in computer games, which are extremely difficult to overcome, in order to play computer games. The author therefore decided to embark on the task of developing a game on his own, that could be enjoyed to the satisfaction of everyone, regardless of visual impairment. This report describes the sequence of events that led to the development of an action role playing game (RPG) that can be played by sighted and visually impaired persons alike, as well as the development process and the details of the finalized game.

**Key Words:** Visually impaired persons, map editor for blind computer users, inclusive game, inclusive application

## 1. はじめに

2016年4月からの障害者差別解消法の施行に伴い、様々な側面における合理的配慮の明示的な社会実装が求められている。このため、身体に不自由のある者の移動支援のために、視覚障害者を対象として、市街地や建物内における視覚代行のためのバリアフリー化がさらに進められている。しかし一方で、このようなバリアフリー状況に関する情報は、視覚障害者にとって入手しにくいことが多く、現地に行かなければ状況を把握するのは困難である。さらに、当事者自身が発信するための枠組みは整っていない。認定NPO法人ことばの道案内は「ことナビ」という、音声読み上げに対応した道案内サイトを公開している[?]。しかし、このためのコンテンツは限られており作成には手間がかかるため、グラフィカルな地図情報とのリンクなどは進んでいない。以上の状況から、視覚障害を持つ当事者自身が手軽に地図情報などを作成・共有できるシステムは存在しなかった。

一方で、筆者らは視覚障害の有無によらず誰でも遊ぶことのできるアクションRPG(Roll playing game)を開発してきた[?,?]. 開発当初、全盲者がこのようなゲーム開発を行う際の環境は整っていなかった。特に、全盲者がゲーム内の2次元平面地図をグラフィカルに編集できる地図作成ツールは存在しなかった。確かにこれまでも、視覚障害者が利用できる作図システムは存在していた。例えば関らが開発したWR-AOTSという聴覚空間認知訓練システムには、XMLを用いて訓練用地図が作成できる機能が内蔵されている[?,?]. また、大西らは、ベクトル要素と音情報を基に、視覚障害者が図形を認知したり作図したりできるシステムを開発している[?]. 大内らが汎用聴覚ディスプレイとともに開発したMental Mapperは、視覚障害を持つ当事者よりも、盲学校の教員のような支援者を対象としてグラフィカルに地図を作成できるツールである[?]. 渡辺らが公開しているtmacsは、視覚障害者向けの触地図をグラフィカルに作成可能である[?]. しかし、これらのシステムの使用にあたっては、プログラムに対する理解が必要であることや、事前の訓練がかなり必要であることなど、全盲者が用いるのは困難性があることが多い。また、そもそも全盲者ではなく支援者側の使用を想定しているケースが多い状況である。上記の事情から、筆者らはまず全盲者が利用できる地図作成ツールを開発した上で、アクションRPGを開発した。

ここで、この地図エディタは全盲である筆者の使用を当初想定して、ゲーム内の地図を作成するために開発されたものである。しかし、ゲーム内の地図も実空間の地図も、俯瞰図としては同様のものであると言える。このため、本エディタは現実世界での地図の作成にも利用できると考えられ、全盲者自身が地図情報を作図し発信するのに貢献できると考えた。

そこで、本研究の目的を、全盲者が地図を作図できるエディタの創出に当たった改善指針の取得とする。本稿では、まず開発したゲームについて簡単に延べ、この際に作成した地図エディタについて述べる。その上で、筆者以外の視覚障害者によるこの地図エディタの評価結果について述べる。

## 2. アクセシブルアクションRPG「Shadow Rine」[?,?]

本ゲームは、晴眼者と視覚障害者がともに遊ぶことが可能な「触るアクションRPG」である。晴眼者は、従来のアクションRPGと同様に、画面上の情報を視認しつつ操作を行う。一方で視覚障害者は、聴覚情報や触覚情報を手掛かりに操作する。

本ゲームの基本的な操作は、従来のアクションRPGと同様、操作キャラクタを、2次元のフィールド上で上下左右に動かすことである。ユーザはこのフィールド上に配置された、壁などの侵入不可能地点を避け、様々な方法でゲーム進行を妨害しようとする敵キャラクタを倒しつつ、ゲームを進めていく。ゲーム画面の要素は視覚・聴覚・触覚のどの感覚のみでも確認できるように設計している。特に、聴覚情報のみを頼りに遊ぶ場合を想定して、多彩な効果音や音圧変化を用いて画面上の情報を提示している。また、触覚情報を頼りに遊ぶ場合は、ゲーム画面とリアルタイムに連動する点図ディスプレイを触りながらプレイする。

本ゲームはウェブサイト[?]等を通じて2014年2月9日より無償配布している。視覚障害者が楽しく遊べるアクションRPGとして国内外から注目され、公開以来2332回のダウンロードを記録している(2015年6月25日現在)。

## 3. 開発した地図エディタ「Audible Mapper」

### 3.1 地図エディタの概要

「Audible Mapper」は、全盲者のアクセシビリティ対応ができる地図作成ツールである。画面上のカーソル位置を音により伝え、キーボード操作によって2次元フィールドをグラフィカル



Fig.1 Drawing figures using the Audible Mapper. Red circles represent editor's cursors by blind users. Left: Room blocks were drawn. Middle: Partition wall was allocated. Right: More partitions and a treasure chest were positioned.

に作図／編集することが可能である。全盲者がスクリーンリーダ環境下で開発を行うに当たり，プログラム言語には Hot Soup Processor (HSP) を選定した [?]。本ツールは，全盲者自身が専用の命令を覚えることなしにグラフィカルに編集でき，彼らが効率的に作図できる。

本地図エディタを使って，全盲者が作図している状況を Fig. 1 で説明する。まず，地図の四方を壁で囲う (Fig. 1 左図)。この時，囲いの一部を削除し，入り口を作成する。次に，描きたい地図をイメージし，仕切り (壁や障害物等) を配置する (Fig. 1 中央図)。最後に宝箱等のオブジェクトを配置する (図 1 右図)。このように外枠のような大まかな箇所から作図し，細かな箇所をあとで作図するという流れで，二次元平面地図の作成が可能である。

### 3.2 操作方法

本地図エディタの基本的な操作は，キーボードによる。方向キーを使ってカーソル位置を移動させ，英数字キーによってオブジェクトを自由に配置できる。配置できるオブジェクトには，壁や水辺，溶岩流，宝箱，扉等のオブジェクトがある。

カーソル移動の際は範囲選択も可能であり，選択範囲にあるオブジェクトをまとめて処理することもできる。範囲選択の開始地点で Shift キーを押しながらカーソルを動かし，キーを離すと四角形の領域で範囲選択ができる。この領域に対して一括処理が可能であり，同一のオブジェクトを追加したり，同一のオブジェクトを変更したり，あるいはまとめて削除することもできる。

キーボードを使用して操作できる一方で，弱視者や健常者が利用することを想定し，マウスを使用して描画することもできるようにした。マウスポインタを使用してカーソル位置を移動させ，左クリックによりオブジェクトを配置できる。配置するオブジェクトの種類は，マウスホイールを回転させることで切り替えることができる。範囲選択はドラッグ操作で行う。左クリックしたままドラッグすることで四角形で範囲選択ができ，この領域に対し同一オブジェクトの追加・変更・削除が可能である。

### 3.3 音による確認方法

カーソルの現在地点を把握させるにあたっては，現在地点に応じて提示する音を変えている。カーソルの左右方向の位置情報提示には，音圧の左右差を用いており，音像定位により画面の横方向の座標を把握できる。また，カーソルの上下方向の位置情報提示には音圧変化を用いており，画面の縦方向の座標を把握できる。このように提示音を頼りにカーソル位置を移動させ，地図全体をたどることで，全体像を効果音のみで把握することが可能である。なお，カーソル位置が変化した際の音圧変化は，Hafterら，Yost らの報告を参考にして左右の音圧差を 2 dB 以上 [?, ?]，Miller らの報告を参考に上下方向は 1 dB 以上 [?] とした。

また，配置したタイルによって異なる効果音が再生されるようにしている。カーソルを重ねた位置にあるオブジェクトに対応した音が鳴ることで，現在のオブジェクトが何か，新たに配置した



Fig.2 The example figure including 3 obstacles and entrance.

オブジェクトは何か，削除したオブジェクトが何かを把握できる。さらに，カーソルを動かした際画面中央の座標が把握できるように，縦方向または横方向の中央にカーソルが当たった時，専用の効果音で知らせるようにした。

描画できる地図のサイズや配置可能なオブジェクトの種類は，任意で変更することができる。さらに，作成した地図については，地図エディタでの独自データ形式のみならず，CSV (Comma-separated value) や BMP 形式での保存も可能とした。

## 4. 地図エディタの評価実験

このエディタによる状況把握・作図が，様々な視覚障害者や健常者にとって利用可能かを確認するために，簡易的な評価を行った。

### 4.1 実験参加者

弱視者 5 名，全盲者 2 名，健常者 1 名の合計 8 名が本評価に参加した。このうち男性が 7 名で，女性が 1 名 (弱視) である。年齢層は 20 代?40 代であった。

### 4.2 評価実験の流れ

実験の前に画面を提示しての練習，画面提示なしでの練習をさせた。画面を提示してでの練習の際，全盲者は点図ディスプレイを用いた。この練習の際，実験参加者は，正方形，長方形，枠囲い等の基本図形を描画した。これらの描画の後，簡単な室内図を聴覚情報のみを頼りに作図させた。提示した室内図について，Fig. 2 に示す。作成された図については，壁の配置位置，大きさ，角のは 3 点で評価した。また，作図時間やキーストローク数についても計測した。この後，各参加者は自由に作図する時間が与えられた。一通り作図が終わった後，5 段階評価で音による位置把握のしやすさ，操作性等を問うアンケートを行った (5 : かなり良い ←1 : かなり悪い，とした)。

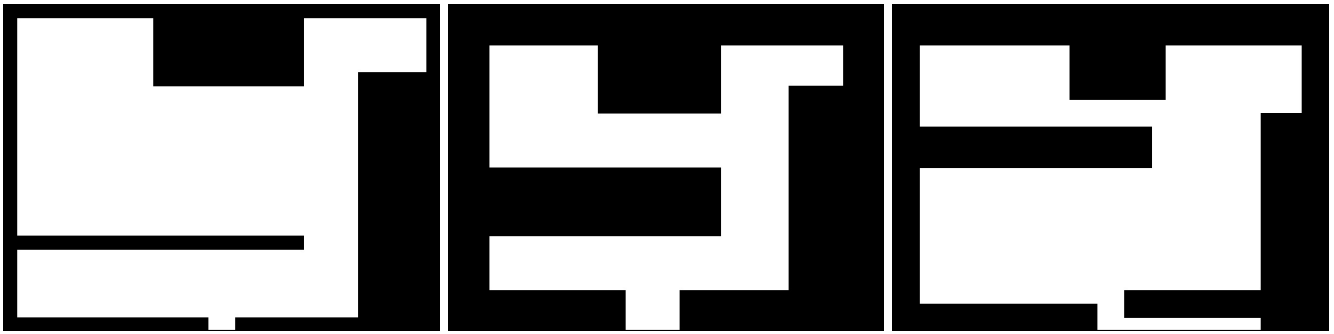


Fig.3 Result of the drawing by the participants. Left figure: blind person, medium figure: weak sighted person and right figure: sighted person.

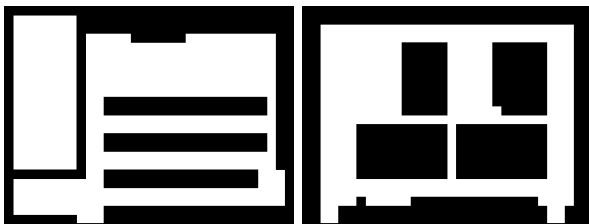


Fig.4 Example figures that participants drew freely. Left and right figures are the maps of a convenience store and a seminar room, respectively.

### 4.3 結果と考察

#### 4.3.1 地図エディタにより作図された地図

作図結果の一例を，Fig. ??に示す．提示した基本図形の室内図について，作図者全員が正しく再現することができていた．なお，経過時間，ストローク数，1秒辺りのストローク数については，視覚障害状況，オーディオゲームや触知図の経験度合いごとの有意差は認められなかった．ただし，本実験に参加した全盲者はオーディオゲームの経験がない者であった．オーディオゲームの経験がある全盲者の場合は，よりスピーディに操作できる可能性がある．

ただし，実験中の参加者の作業を観察するに，本実験において特にスピーディに操作していた者では，自分の作図したものを確認する回数が少なかった．逆に，ゆっくり作業していた者では，確認回数やオブジェクト削除回数が多かった．彼らの中には，真ん中にオブジェクトを配置する際，端からのマス数を数えている者もいた．なお，大まかな形状については，作業時間による差は確認できなかった．一方で，手本に対する正確さという観点では，作業時間が長いほど，ドット単位での正確さが上がった．

一方で，作成するものの形状（枠や塗りつぶしなど）に応じて，1秒辺りのストローク数の大きさに有意差が確認された ( $p < 0.05$ , ANOVA)．特に，枠のときや塗りつぶしの際などには，他の場合と比較してストローク数が有意に増加していた ( $p < 0.05$ , Tukey-Kramer)．これは，特にゆっくり作業していた者での確認・オブジェクト削除回数が影響した可能性がある．

なお，自由作図の際に作成されたものの例を Fig. ??に示す．図中ではコンビニエンスストアの棚の配置や演習室の机の配置の作図結果を載せた．どちらも概観をうまく再現できていると思われる．これ以外にも，学内の食堂，校舎などの配置や宿舎における間取りなどが作図された．

#### 4.3.2 アンケート結果

エディタの操作の簡便性については平均で 4.5 (SD: 0.5)，操作方法の覚えやすさは平均で 4.63 (SD: 0.7) と評価された．その他の全般的なエディタの操作性については，平均で 4.0 を超え

る結果となった．また，このエディタが全盲者にとって必要かという質問に対しては，平均で 4.63 (SD: 0.5) という結果が得られた．

一方で，画面上のカーソル位置把握については，平均で 3.5 前後を超える程度であった．左右方向（音圧左右差）の分かりやすさは平均で 4.0 (SD: 1.1)，上下方向（音圧変化）の分かりやすさは平均で 3.6 (SD: 1.2) という結果となった．画面上のカーソル位置と音空間上のカーソル位置の対応付けについては，平均で 3.4 (SD: 0.9) という結果であった．なお，音楽に携わっている者や Audio Game の経験のある者では，音による情報提示についての評価値が高い傾向がみられた．

自由記述内容を見ると，画面上部の音が小さい領域について作図操作が難しいことや，作りかけの状況が分からなくなってきてしまうという意見があった．一方で，音のみで作図してから書いたものとの比較する練習を行うことで精度を上げられるのではないかと，という意見があった．このため，練習のためのチュートリアルなどがより細かに実装されることで，作図を行いやすく出来ると考えられる．その他，円形等四角形以外のオブジェクトも使いたいという意見が寄せられた．本研究では線による描画しか行わせなかったが，曲線などの描画機能の実装も将来的な検討課題である．

### 5. おわりに

視覚障害者が，音情報を頼りにしてキーボード操作を用いて 2次元平面地図を作図できる地図エディタを開発した．また，この地図エディタが，様々な視覚障害者や健常者にとって利用可能かを確認するために，簡易的な調査を行った．この結果，どの実験参加者も視覚障害状況や触地図やオーディオゲームの経験などによらず簡単な作図ができた．このエディタは元来，視覚障害者・晴眼者が分け隔てなく遊べるアクション RPG を全盲者が開発するに当たって作成されたツールであった．ただ，本エディタは開発者本人以外の視覚障害者でも，地図作成するのに有用であると分かった．一方，音によるカーソル位置把握をさせるためには，さらなる改善が必要であると分かった．

今後の課題は，本結果を踏まえて，視覚障害者がより効率よく地図描画ができるよう，この地図エディタの改善を進めることである．さらに，本地図エディタを応用し，現実に存在する地形や，目的地までの経路を描くことができるかを検証していく．また，視覚障害者が独力でゲーム開発するための統合開発環境の整備も，今後行いたいと考えている．

### 6. 謝辞

本研究は JSPS 科研費 (26285210, 15K04540, 15K01015, 15K16394) 及び筑波技術大学競争的教育研究プロジェクト事業の助成を受けています．また，簡易調査並びにゲーム制作にご協力頂いた方々に感謝いたします．

## 参考文献

- (1) 認定 NPO 法人 ことばの道案内「ことナビ」, <http://www.kotonavi.jp/>
- (2) 松尾 政輝, 坂尻 正次, “音と触覚により視覚障害者も利用可能なバリアフリーゲームの開発,” 筑波技術大学テクノレポート, 21(1), pp:76-80, 2013.
- (3) 松尾 政輝, 坂尻 正次, 三浦 貴大, 大西 淳児, 小野 東, “視覚障害者のアクセシビリティに配慮したアクション RPG: 全盲者向け開発環境とゲーム本体の開発,” 日本バーチャルリアリティ学会誌, 21(2), 2016. (to Appear)
- (4) 関 喜一, “視覚障害者の音による空間認知の訓練技術ーリハビリテーション現場での実用化に向けてー,” シンセシオロジー, 6(2), pp: 66-74, 2013.
- (5) Y. Seki, T. Sato, “A Training System of Orientation and Mobility for Blind People using Acoustic Virtual Reality,” IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng., 19(1):95-104, 2011.
- (6) 大西 淳児, 小宮 厚一, 小野 東, “音とベクトルによる図形学習のための形状認識方法について”, ,” 筑波技術大学テクノレポート, 18(2), pp:29-34, 2011.
- (7) 大内誠, 岩谷幸雄, 鈴木陽一, 棟方哲弥, “汎用聴覚ディスプレイ用ソフトウェアエンジンの開発と音空間知覚訓練システムへの応用,” 日本音響学会誌 62(3), pp: 224-232, 2006.
- (8) tmacs next generation, <http://tmacs.info/creator/> (cited: 2016/06/28)
- (9) Shadow Rine, <http://www.mm-galabo.com/sr/> (cited: 2016/06/28)
- (10) HSP TV!, <http://hsp.tv/>
- (11) E. R. Hafter, R. H. Dye, J. M Nuetzel, H. Aronow, “Difference thresholds for interaural intensity,” J. Acoust. Soc. Am., 61, pp:829-834, 1977.
- (12) W. A. Yost, R. H. Dye, “Discrimination of interaural differences of level as a function of frequency,” J. Acoust. Soc. Am., 83, pp:1846-1851, 1988.
- (13) G. Miller, “Sensitivity to changes in the intensity of white noise and its relation to masking and loudness,” J. Acoust. Soc. Am., 19, pp:609-619, 1947.