

NEXT>>AR めいろの提案と方向規制の特徴分析

藤井誠貴¹, 掛田康介², 小野峻輔², 田邊基起³,
天満誠也², 奥村宏平⁴, 中道上^{2,4}

概要: 近年, イベントなどで段ボールやエア―遊具といった様々な形で巨大迷路が楽しられている. しかし, フィジカル空間においては道順が固定されており, 繰り返し遊ぶ場合, 迷路のような数あるパターンから最適解が発見されたゲームは, 「飽き」が生じてしまうという問題がある^[1]. 遊ぶごとに道順を変更することができる巨大迷路「AR 迷路」が提案されている. 「AR 迷路」では壁位置に AR オブジェクトを表示しているため「5x5_Cuboid」環境では 24 枚の AR マーカーが必要となる. 本研究では, 壁位置ではなくマス位置に進行可能な方向を示す方向規制型 AR 迷路「NEXT>>AR めいろ」を提案する. これにより, AR マーカーの数を 16 枚に減らすことが可能である. 158 名が体験した結果, 「NEXT>>AR めいろ」の平均クリア時間は 1 分 09 秒となり, 楽しさの評価の平均は 0 から 10 までの 11 段階評価で 8.34 という高い評価が得られた.

1. はじめに

近年, イベントなどで段ボールやエア―遊具といった様々な形で巨大迷路が楽しられている. しかし, フィジカル空間においては道順が固定されており, 繰り返し遊ぶ場合, 迷路のような数あるパターンから最適解が発見されたゲームは, 「飽き」が生じてしまうという問題がある^[1]. そのため, 遊ぶごとに道順を変更することができる「みえないめいろ」^[2]が提案されている. この「みえないめいろ」では実際に壁は設置されておらず, スマートフォンの迷路アプリ(Clear Labyrinth)上に壁が表示される. スタート時には迷路の壁は表示されておらず, アトラクション内を探索し, 利用者のスマートフォンが柱の間の壁位置に接近すると迷路の壁が画面上に現れる.

巨大迷路といったエンターテインメントをはじめ, 避難行動などの人間行動を計測する環境として 5x5_Cuboid が提案されている^[3]. 5x5_Cuboid 環境はプラスチック段ボールで作られた 25 本の柱を持ち, センサーや AR, VR 等の技術を組み合わせたエンターテインメント環境が実現されている.

本研究では, 壁位置ではなくマス位置に進行可能な方向を示す方向規制型 AR 迷路「NEXT>>AR めいろ」を提案する. 「NEXT>>AR めいろ」は 4 本の柱に囲まれたマスの中央に AR マーカーを設置する方向規制型 AR 迷路である. 実証実験を行い, 楽しさや難しさについて評価する.

また, 方向規制による特徴を明らかにするため, 通常の「壁迷路」とともにスクリーン上に投影した平面迷路での比較実験を行う.

2. AR 迷路について

AR 迷路は 5x5_Cuboid 環境と AR マーカーによって構成される. 本研究で提案する方向規制型 AR 迷路については



図 1. 「5x5_Cuboid」を用いた迷路環境

2.3 節に詳述する.

2.1 5x5_Cuboid 環境

エンターテインメント空間における人間行動を計測するための環境として, 5x5_Cuboid が提案されている^[3]. 5x5_Cuboid 環境を図 1 に示す. 5x5_Cuboid は, プラスチック段ボールで作られた 25 本の柱を持つ環境である. 5x5_Cuboid では, 迷路の壁は取り除かれており, 基点となる迷路の柱だけが配置されている. 5x5_Cuboid を従来の巨大迷路として使用する場合は, 柱と柱の間に壁を配置することによって巨大迷路環境を実現することが可能である.

2.2 先行研究の AR 迷路

田邊ら^[4]の AR 迷路では, 図 2 に示すように, 柱と柱の間の壁位置に AR マーカーを設置するため, 24 枚の AR マーカーおよび AR マーカーから表示させる AR オブジェクトを必要とする. また, AR マーカーを読み取った際の AR 迷路オブジェクトには, 壁や橋が用いられていた. 橋の AR オブジェクトは通行可能な場合は通れる橋が表示され, 通行できない場合は壊れた橋が表示される.

1 株式会社アクティス
2 福山大学工学部情報工学科
3 福山大学工学研究科
4 アンカーデザイン株式会社

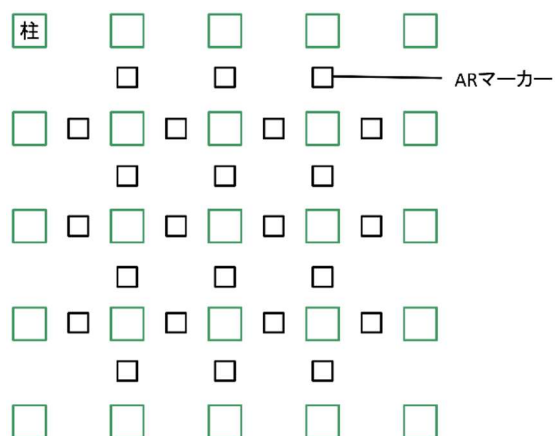


図2 先行研究のAR迷路のARマーカー配置図

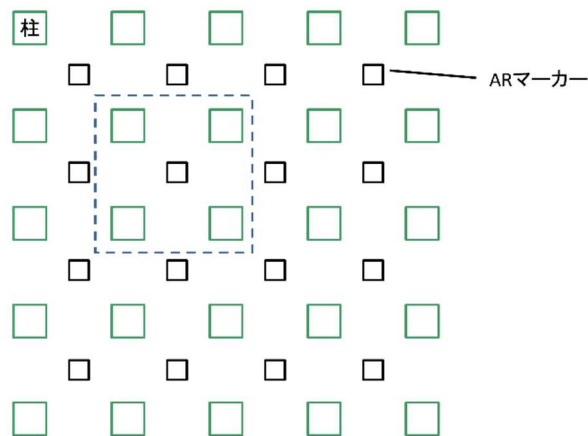


図3 方向規制型AR迷路のARマーカー配置図

2.3 方向規制型AR迷路の提案

提案するAR迷路は、図3のように4本の柱に囲まれたマスの中央にARマーカーを設置する方向規制型AR迷路である。本研究における「方向規制」とは、道路標識をもとにすると規制標識の指定方向外進行禁止にあたる。方向規制型AR迷路では、図3に示すように、同じ移動経路のままARマーカーの枚数を16枚に減らすことが可能である。表示するARオブジェクトは小野ら^[5]の研究で提案された矢印型ARオブジェクトのデザインを用いる。通行可能な方向には矢印が表示されるが通行できない方向には何も表示されない。スタートからゴールまでは必ず進行可能な矢印が表示される。

3. 方向規制型AR迷路探索実験

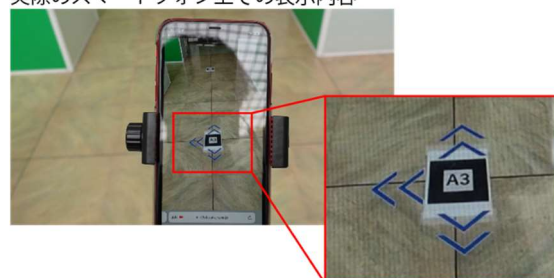
2024年10月20日に福山大学学園祭の中で158名に方向規制型AR迷路探索実験を行った。実験中に使用したスマートフォン上での表示の様子およびスマートフォンの画面内に表示されるARオブジェクトを図4に示す。

実験ではクリア時間を計測し、計測後に楽しさ、難しさのアンケートを行った。楽しさ、難しさのアンケート結果を表1に示す。迷路の平均クリア時間は1分09秒となり、楽しさの評価の平均は0を楽しくない、10を楽しいとした0から10までの11段階評価で8.34という高い値となり、難しさの評価の平均は0を簡単だった、10を難しかったとした0から10までの11段階評価で3.58と低い値となった。

4. 壁迷路との比較による「方向規制」の特徴分析

本研究では、方向規制型AR迷路「NEXT>>ARめいろ」を提案している。方向規制による特徴を明らかにするため、通常の「壁迷路」との比較実験を実施した。本比較実験では、主に「壁迷路」と「方向規制を用いた迷路」のそれぞれの特徴に着目した。そのためARを用いた実空間での実施ではなくスクリーン上に投影した平面迷路での比較実験

実際のスマートフォン上での表示内容



表示されるARオブジェクト

図4 実験で使用したスマートフォン上の表示内容

表1 方向指示型AR迷路探索実験のアンケート結果

	楽しさ	難しさ
0	0人	21人
1	0人	15人
2	1人	20人
3	1人	30人
4	4人	15人
5	11人	25人
6	6人	8人
7	27人	13人
8	28人	5人
9	7人	2人
10	73人	4人
平均	8.34	3.58

を行った。本実験で利用する迷路ではAR技術を用いないため、「NEXT>>めいろ」と定義する。またNEXT>>めいろの中で1方向のみ進行方向を示したものを「NEXT>>めいろ1方向」と定義する。本研究の方向規制は道路標識の規制標識の指定方向外進行禁止を参考にしており、それをもとに「NEXT>>めいろ」を作成している。道路標識では1方

向に規制することが多いため、1 方向のみに規制した「NEXT>>AR めいろ 1 方向」を作成した。

「壁迷路」「NEXT>>めいろ 1 方向」「NEXT>>めいろ」のスタート地点からゴール地点までの探索時間を調査するため、大学生 125 名に探索時間計測実験を実施した。

4.1 実験タスク

実験タスクは「壁迷路」5 パターン、「NEXT>>めいろ 1 方向」5 パターン、「NEXT>>めいろ」5 パターンの計 15 パターンの探索時間を計測する実験を実施した。実験はスクリーンに迷路を映す形で実験タスクを行った。実験は 90 名と 35 名に対して実施し、合計 125 名に実施した。今回の実験では経路長 9 マスを対象とした。練習用迷路 3 パターンを表 2 に示す。スタート地点は S であり、ゴール地点は G である。

以下の順で実験を行う。

- (1) 今回行う探索実験について知るための練習として最短経路が同じ「壁迷路」「NEXT>>めいろ 1 方向」「NEXT>>めいろ」を用意し、スタート地点からゴール地点まで探索を行う。
- (2) 「壁迷路」のスタート地点に指を置きストップウォッチをスタートさせゴール地点に着いたらストップウォッチをストップし、探索時間をアンケートに記入する。
- (3) 「NEXT>>めいろ 1 方向」のスタート地点に指を置きストップウォッチをスタートさせゴール地点に着いたらストップウォッチをストップし、探索時間をアンケートに記入する。
- (4) 「NEXT>>めいろ」のスタート地点に指を置きストップウォッチをスタートさせゴール地点に着いたらストップウォッチをストップし、探索時間をアンケートに記入する。
- (5) 2～5 の手順を 5 回行う。
- (6) 「壁迷路」と「NEXT>>めいろ 1 方向」を比較した場合の感想と壁迷路」と「NEXT>>めいろ」を比較した場合の感想についてのアンケートを行う。

4.2 実験結果

迷路ごとの探索時間の平均、分散、標準偏差、中央値の結果を表 3 に示す。また、探索時間結果の箱ヒゲ図を図 5 に示す。表 3 より、「壁迷路」と「NEXT>>めいろ 1 方向」の平均探索時間には差がほとんどなく、「壁迷路」と「NEXT>>めいろ」の平均探索時間には差があることがわかる。図 5 より、「壁迷路」と「NEXT>>めいろ 1 方向」はほとんど同じばらつきであることがわかり、「NEXT>>めいろ」は「壁迷路」と比較してばらつきが大きいことがわかる。

4.3 「壁迷路」と「NEXT>>めいろ 1 方向」の平均値の差の検定結果

「壁迷路」と「NEXT>>めいろ 1 方向」との探索時間の平均値の差の検定を行った結果、図 5 に示す通り、 $p>0.1$ であることが明らかとなり、条件間に有意な差は得られな

表 2 練習用迷路 3 パターン

壁迷路
NEXT>>めいろ 1 方向
NEXT>>めいろ

った。この原因は、今回行った探索実験環境が、スクリーンに映し出した迷路の全体図を見渡せるものであったため、「壁迷路」ではゴール地点までのすべての壁の位置を、「NEXT>>めいろ 1 方向」ではゴール地点までのすべての方向規制を見渡せたことから、これらの平均探索時間が短く、かつほとんど差がなかったと考えられる。

「NEXT>>めいろ 1 方向」と「壁迷路」は同程度の時間で移動可能な誘導型迷路であり、2 つの迷路の標準偏差は小さいことが明らかとなった。このことから「NEXT>>めいろ 1 方向」は避難誘導に適用することで個人差による避難時間の差を減らせることが考えられる。

表 3 探索時間の平均（秒），標準偏差，中央値

迷路の種類	平均	標準偏差	中央値
壁迷路	3.28	2.09	2.73
NEXT>>めいろ 1 方向	3.35	1.84	2.81
NEXT>>めいろ	6.23	4.16	5.46

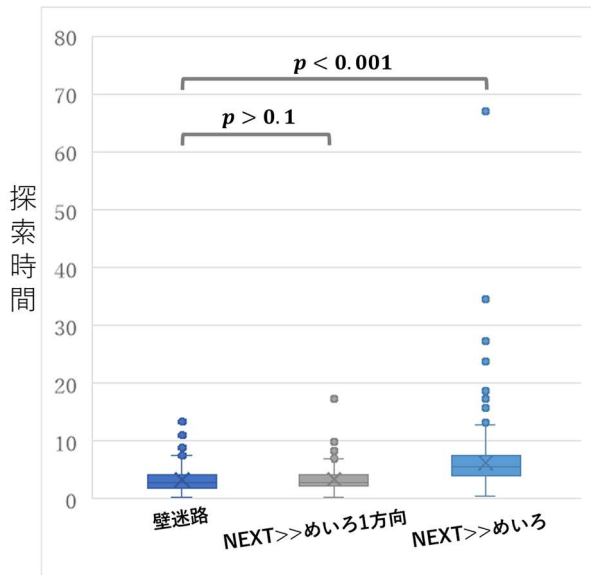


図 5 迷路ごとの箱ヒゲ図

4.4 「壁迷路」と「NEXT>>めいろ」の平均値の差の検定結果

「壁迷路」と「NEXT>>めいろ」との探索時間について、平均値の差の検定を行った結果、図 5 に示す通り、 $p < 0.001$ であることが明らかとなり、条件間に有意な差が得られた。すなわち「NEXT>>めいろ」は探索時間が「壁迷路」よりも有意に長いことがわかる。

実験参加者の「NEXT>>めいろ」の平均探索時間は長く、標準偏差は大きく、「壁迷路」と比較し差が大きい要因について考察する。「NEXT>>めいろ」は選択できる経路が複数あり、全体図がわかっても正確な経路を把握することが難しいため、「壁迷路」と比較して「NEXT>>めいろ」は平均探索時間が長く、標準偏差は大きいことが明らかとなった。すでに探索時間が長い場合エンターテインメント性が高いことが明らかとなっている^[4]。このことから「NEXT>>めいろ」は「壁迷路」と比較してエンターテインメント性が高いと考えられる。

5. おわりに

本研究では、壁位置ではなくマス位置に進行可能な方向を示す方向規制型 AR 迷路「NEXT>>AR めいろ」を提案した。これにより、AR マーカーの数を 16 枚に減らすことが可能である。158 名が体験した結果、「NEXT>>AR めいろ」の平均クリア時間は 1 分 09 秒となり、楽しさの評価の平均は 0 から 10 までの 11 段階評価で 8.34 という高い評価が得られた。

また方向規制による特徴を明らかにするため、スクリーン上に投影した平面迷路での通常の「壁迷路」との比較実験を実施した。経路長が 9 マスで最短経路が全て異なっている「壁迷路」「NEXT>>めいろ 1 方向」「NEXT>>めいろ」の迷路をそれぞれ 5 パターン用意した。実験の結果「壁迷路」「NEXT>>めいろ 1 方向」は、ほとんど同じ平均探索時間であり、標準偏差も小さいことが明らかとなった。

「NEXT>>めいろ」は、「壁迷路」と比較して平均探索時間が長く、標準偏差は大きいことが明らかとなった。これらの結果から「NEXT>>めいろ 1 方向」は避難誘導に適用することで個人差による避難時間の差を減らせることが考えられ、「NEXT>>めいろ」はエンターテインメント性が高いことが考えられる。

今後の課題として、今回の実験では全体図がわかったうえで解いているため「壁迷路」「NEXT>>めいろ 1 方向」は実空間での探索より短い時間での探索が可能となっていたことが考えられるため、実空間で探索を行って「壁迷路」「NEXT>>めいろ 1 方向」「NEXT>>めいろ」の研究を進める。

謝辞 本研究は、株式会社アクティスの共同研究プロジェクトおよび公益財団法人サタケ技術振興財団の助成を受けた。

参考文献

- [1]長嶋一真，森田純也，竹内勇剛：「知的好奇心に駆動された環境学習の認知モデリング」，人工知能学会，2020.
- [2]藤井誠貴，中道上，渡辺恵太，小滝泰弘：「みえないめいろ」：「壁認知型の巨大迷路システム」，情報処理学会インタラクション 2017 論文集.
- [3]田邊ら，：「人間行動計測環境「5x5Cuboid」の提案と AR 迷路オブジェクトの検討」，エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2023 論文集，Vol.2023，pp.321-324，2023.
- [4]田邊ら，：「5x5Cuboid を用いた AR 迷路での探索時間とエンタテインメント性の比較」，情報処理学会インタラクション 2024 論文集，No.3B-21，pp.1161-1166，2024.
- [5]方向規制型 AR 迷路の提案と矢印型 AR オブジェクトの検討，小野峻輔，掛田康介，田邊基起，天満誠也，藤井誠貴，中道上，The 26th IEEE Hiroshima Section Student Symposium，査読有り，pp.268-269，2024 年 11 月.