

MR 技術を用いたオーディオゲームの試作

山田 千尋* 伊藤 彰教*

概要. HoloLens2 を用いて MR でのオーディオゲームのプロトタイプを試作し、評価実験を実施した。ゲーム内に見える仮想の壁を配置する。壁は手で触ると音になる仕組みになっておりプレイヤーは音を頼りにゴールへ向かうというオーディオゲームである。また Earcon の観点から効果音を制作し、プレイヤーにわかりやすい効果音を検討した。

1 緒言

HMD やスマートフォン等を利用した視覚表現についての厳密な用語定義は先行研究[1][2]に譲るとして、本稿では MR を「メガネ状のデバイスを用いた透過型ディスプレイを用いた視覚を中心とした表現手法」と簡易的に定義し、ここ数年「スマートグラス」と称して普及が再拡大したデバイスを念頭に議論する。AR, MR 研究ではその視覚表現を中心に研究が盛んだが、近年のデバイスではイヤホンではなく小さな開放型スピーカが両耳近くに設置されているものもあり、音響表現からの研究アプローチも現実的な状況になってきている。しかしこの観点からの研究はそれほど盛んではなく、何が研究課題として具体的に絞れるか自体が未調査な状況といえる。研究課題を先鋭化させるためには、視覚表現は「美麗」「現実感」「実世界に合わせる」といった試みは敢えて最小限にとどめた状態で、オーディオゲームに近い形式の実験刺激デザインが適していると判断した。そこで本稿では、エンタテインメント分野の代表格であるゲームを事例とし、MR 表現においてゲーム的なエンタテインメント表現を成立させるために、オーディオの側面からの研究課題を洗い出し整理するために実践的に探索した結果を報告する。

2 先行研究

インタラクティブメディアのひとつであるデジタルゲームの実践にはすでに多くの工夫がこらされている。映画音楽のような固定作品としてのコンテンツ音響設計とインタラクティブティやプレイヤー

判断に深く関連する音響設計を分けて考慮すべきという論説[3]を端緒として、ここ 10 年ほど多くの研究が重ねられ、ある程度の知見が体系的に蓄積[4]されつつある。他方「リニア vs インタラクティブ」という軸とは別に、視聴覚メディアにおける注意・教示の諸問題について、ゲームを題材にしつつもリニア/インタラクティブ軸とは別に包括的に議論したものが Jørgensen の研究[5]である。これらの知見はオーディオのみによるゲームデザインや「xR」とくられる視聴覚表現のサウンドデザインにも応用可能と考えられるが、上記を基盤とした研究論文はまだ質・量ともに従前と言える状況には至っていない。そこで本研究では、注意・教示を音でどこまで表現できるかを、敢えてデジタルツールを利用せずに実現する手法などについても研究[6]を進めている。Jørgensen が論じた多数の音の機能の中で、特に Icon とシノニムをなす"Earcon"を中心に据えた筆者らの先行研究は、音の知覚とエンタテインメント応用への基礎研究として開始したばかりであり、先行研究の理論研究を十分に実証したと言える段階ではないため継続中である。しかし「体を動かし音で判断する」という点では MR デバイスに共通するメディア特性もあるため、萌芽的研究としていち早く応用を試みることにした。

3 手法：プロトタイプングイテレーション

本予備実験では 3 つのプロトタイプを作成した。初めに作成したプロトタイプをプロトタイプ 1、プロトタイプ 1 での問題点を反映したものをプロトタイプ 2、プロトタイプ 2 をさらに反映させたものをプロトタイプ 3 とする。被験者が HoloLens2 を装着すると、ホログラムの壁が出現する。壁を手で触ると音が鳴り、聞こえる音を頼りに被験者自身がゴールだと思うものを探するという実験である。説明はあえて最小限にし、限られた情報から被験者がどのような行動をするのか観察する。

Copyright is held by the author(s). This paper is nonrefereed and non-archival. Hence it may later appear in any journals, conferences, symposia, etc.

*東京工科大学

4 段階ごとに得られた課題

4.1 プロトタイプ 1

予備実験をするにあたって、最初に作成したプロトタイプである。学生 11 人に評価実験を実施し、知見を得た。

4.1.1 プロトタイプ 1 の設計

縦 3 メートルの壁を左右に配置し、横 4 メートルの壁を正面奥と背後に配置した。また、1.5 メートル先に横 1 メートルの壁を配置した。正面奥の壁をゴールに設定しており、ゴールに手を触れるとスタート地点まで導くように意図したピンク色のパーティクルが道しるべとして出現する（図 1）。

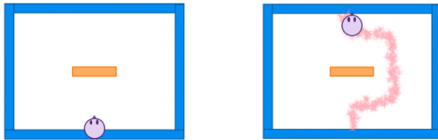


図 1. プロトタイプ 1 の設計（左図：ゴールの壁に触る前、右図：ゴールの壁に触った後）

左右の壁と 1.5 メートル先の壁に触れると A が再生され、ゴールである正面奥の壁に触れると B が再生される。またゴールした後にピンク色のパーティクルが出現するが音は再生されない（図 2）。

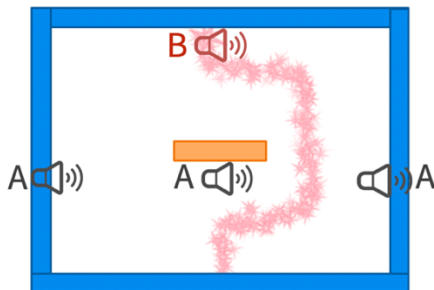


図 2. プロトタイプ 1 の音の配置

4.1.2 プロトタイプ 1 で得られた課題

ピンク色のパーティクルはスタート地点に戻る道しるべの意味で配置したが、被験者の視線より下に配置したことにより出現後すぐには視界に入らず、遠くから見回した時に初めて視界に入った被験者が多かった。そのことから道しるべの意図が理解できない被験者が多かった。道しるべに気づいた被験者のほとんどはの上を辿ってスタート位置に戻った。パーティクルはただの装飾と捉えた被験者もいれば、道しるべということは分かったが辿る先に何もないので意味がわからなかった、という被験者もいた。

4.2 プロトタイプ 2

プロトタイプ 1 での問題点をもとに改良を行い、2 人の被験者に評価実験を実施した。

4.2.1 プロトタイプ 2 の設計

道しるべの先にゴールとなる球体のオブジェクトを設置した（図 3）。

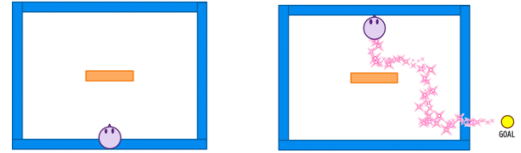


図 3. プロトタイプ 2 の設計（左図：ゴールの壁に触る前、右図：ゴールの壁に触った後）

新たにゴールを設置したため、プロトタイプ 1 ではゴールだった正面奥の壁をチェックポイントに変更し、鳴る音は B から B'に変更した。B'の音は、音色はノコギリ波とし、テンポ 97 の 8 分の 3 拍子で、C4, F4, A4, C5, A4, E4 というメロディ的な効果音である。また新たに設置したゴールに触れると B が鳴るような変更をした。プロトタイプ 1 での道しるべの意味がわからない、道しるべに気づかない、という意見に基づき、道しるべが出現したと同時に距離によって定位や音量が変化するウィンドチャイムの音 (C) を追加した。また、よりゴールに近づいていることを示唆するために、ゴールに近いところに C'を追加した。C'はシンセパッドの音で、これも C と同様に距離によって定位や音量が変化する（図 4）。

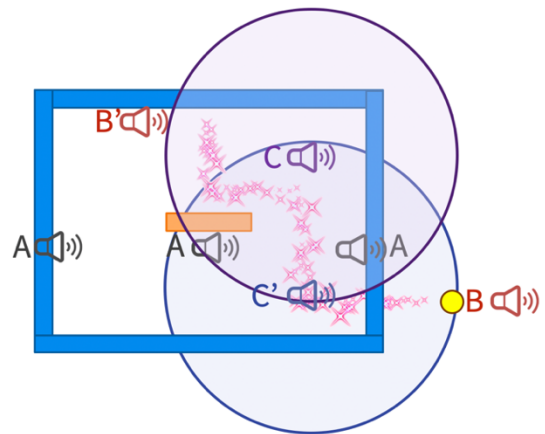


図 4. プロトタイプ 2 の音の配置

4.2.2 プロトタイプ 2 で得られた課題

C と C'の音が混ざってあたかも一つの音であるかのように聞こえてしまった。そのことから段階的に音を変えたい場合は、同じような音色に統一すべきであると判断した。また、C と C'の音量の増減に関しては Unity 上での設定で広い範囲で大きな音で鳴らすようにしたため、音源の位置の特定がしばらく状態になっていた。そのため、道しるべと同時

論文タイトルをここに書く．以降の奇数ページには自動的に挿入される．

に出てきた音にも関わらず、被験者は C と C' はただの装飾的な音ではないかという認識をした．ゴールとして配置した球体のオブジェクトが直径 10 センチメートルほどの大きさだったため被験者の視界に入り辛く、すぐにゴールのオブジェクトに触れることはなかった．また、オブジェクトの最初の見え方にも問題があった．スタート位置が壁に直面している状態だと遠近感が失われ、空間の認識がしづらいということがわかった．視覚情報や空間情報が分かりづらいことによって被験者に余計な負荷がかかり、音に集中することができないことに加え、空間を認識できずに壁を通り抜けて全く違うところに行った．

4.3 プロトタイプ 3

前後左右を壁で囲まれると空間の認識が難しくなるため、背後の壁は取り除いた．スタート地点の正面に大きな壁を置くと、視界がすべて壁でおおわれて空間の認識ができなくなってしまう．そのためスタート地点の角度を斜めにし、壁のへりを見せることによって全体的な空間を認識させることができた．また、模様のない壁の前に立った時、視界全体が一色に覆われ何を見ているのかが理解できなくなる．これを改善するために壁に幾何学模様のテクスチャを張り、何が見えているかの認識をできるようにした．以上の改善を施し、プロトタイプ 3 では学生 9 人に評価実験を実施した．

4.3.1 プロトタイプ 3 の設計

縦 3 メートルの壁を左右に、横 4 メートルの壁を正面奥に配置した．また被験者の 1.5 メートル先の正面に横 0.4 メートルの壁を配置した．また、被験者の初期位置は正面の壁に対して垂直に配置するのではなく、壁のへりが見えるように斜めに配置した．壁の配置を図 5、実際に HoloLens2 で見えている様子の画像を図 6 に示す（図 5）、（図 6）．

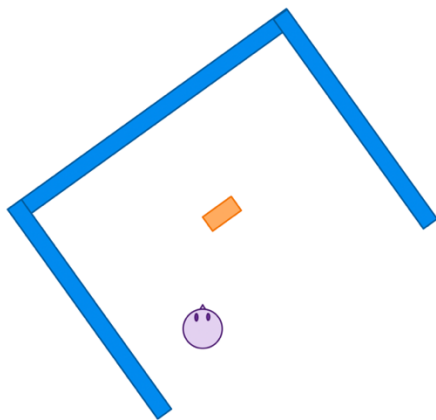


図 5. プロトタイプ 3 の壁の配置.

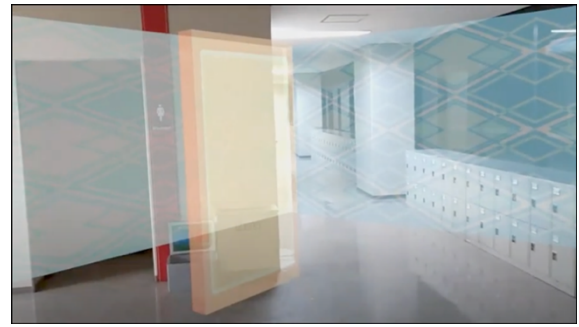


図 6. 実際の見え方.

4.3.2 プロトタイプ 3 のサウンドデザイン

左右に置かれた壁と 1.5 メートル先の壁に触ると衝突音を意図した効果音が再生される（この効果音を A と表記する）．A は、テンポ 97 の 8 分の 3 拍子で、G♭1, C1 を 32 分音符にしたもので、使用した波形はノコギリ波である．正面奥の壁に触れるとゴールを意図した効果音が再生される（この効果音を B と表記する）．B は、テンポ 97 の 8 分の 3 拍子で、C4, F4, A4, C5, A4, E4, を 32 分音符、最後に F4 を付点 8 分音符で伸ばしたメロディのような効果音である．使用した波形はノコギリ波である．正面奥の壁がゴールということを示唆するためにウインドチャイムの音がループで再生されている（この音を C と表記する）．C は目に見えないオブジェクトから音源を再生しており、Unity の 3DAudio を利用して近づくと音量が上がり、遠ざかると音量が下がることに加え、前後左右で定位が変わり、どの方向から音が鳴っているかがわかるようになっている．音の鳴らし方を図 3、使用した音の詳細を表 1 に示す（図 7）（表 1）．

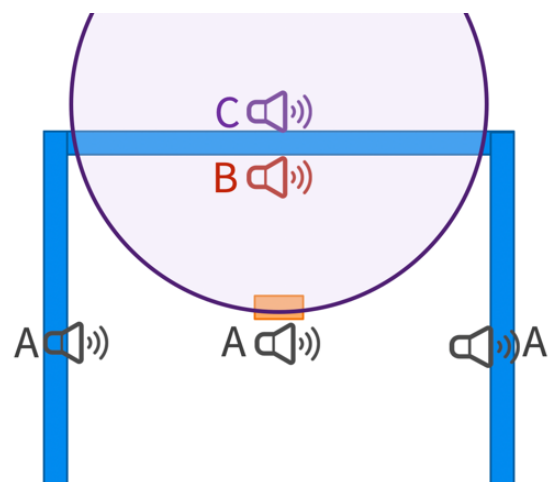
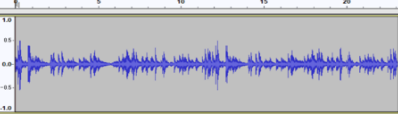


図 7. 音の配置.

表 1. 使用した音の詳細.

A	
B	
C	ウィンドチャイムの音 

5 プロトタイプ3の結果

本研究を通じて最終段階であるプロトタイプ3では、障害物を触った際のAの音は、全員が「触ってはいけない」、「障害物」、「ハズレ感」、「ダメージを受けている」、「ゴールではない」、などのネガティブな認識をしていた。ゴールした際に再生されるBに関しては全員がゴールの音だと認識していた。ゴールの壁が近くなると聞こえるCは大体の被験者は「ゴールに近づいているような、何か意味のある音」という認識していた。向きによって定位や音量の変化に気づいたことによって、意味のある音だと認識した被験者もいた。定位の変化や音量の増減がわかりづらければ装飾的な意味に取られることがプロトタイプ2でわかっている。またCを聞いて何を示しているのかわからない被験者は1名いた。

6 結言

本研究ではMRにおける音響デザイン上の研究課題を探索するため、音の表現がより際立つことを念頭にオーディオゲームを制作した。ユーザの定性的な評価を得てプロトタイピングのイテレーションを行い、MRで視覚表現を適切に補助あるいは先導するサウンドデザインについて調査した。本研究での結果に限定すれば、Earconとして拡張現実空間内に配置して適切に機能させるためには「顔を振り返らせる注意を引く音」「ポジティブ／ネガティブな結果を明示してユーザに次の動作の判断をさせる音」「装飾性の音と機能性の音」の重要性が他の視聴覚メディア以上に重要であることが明らかになった。「リニア vs インタラクティブ」軸に限らず重要な点であることを論述している[5]とも概ね整合性がとれており、筆者らが本研究では詳細に詰めていない機能についても示唆される結果となった。

これらの要因には、音響特性・音響表現技法・視覚との関連・注意／集中のメカニズムなど多数が考えられるが、本研究前にはそれらが整理できていなかった。このため本稿では定量的な行動実験や印象評価実験には至っていないが、ここで得られた知見をもとに、要因の整理と個別要因による定量的な実験を計画しMRでのサウンドデザイン、特にエンタテインメント表現に向けた実証研究へと発展させる予定である。

参考文献

- [1] P. Milgram, H. Takemura, A. Utsumi, F. Kishino, Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum, *Proc. SPIE 2351, Telemanipulator and Telepresence Technologies*, doi: 10.1117/12.197321, 2015.
- [2] S. Mann, T. Furness, Yu Yuan, J. Iorio, Z. Wang, All Reality: Virtual, Augmented, Mixed (X), Mediated (X, Y), and Multimediated Realit, *ArXiv*, abs/1804.08386, 2018.
- [3] K. Collins, *Game Sound*, MIT Press, 2008.
- [4] K. Collins, B. Kapralos, H. Tessler (eds.), *The Oxford Handbook of Interactive Audio*, Oxford University Press, 2014.
- [5] K. Jørgensen, *A Comprehensive Studio of Sound in Computer Games*, Edwin Mellen Press, 2009.
- [6] 山田千尋, 伊藤彰教, 音によるユーザ誘導実験アナログゲームの試作, 第10回日本デジタルゲーム学会年次大会予稿集, pp.247-250, 2020.