



MEcholocation

MEcholocation

小木曾直輝¹⁾, 阪井啓紀¹⁾, 酒井康希¹⁾
Ogiso Naoki, Sakai Hiroki, Sakai Kouki

1) 岐阜大学 (〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1)

概要: コウモリやイルカなどが行うエコロケーション(反響定位)は繊細な耳を持つ人間も舌打ち音の反響を聞くことで可能であるが, 一般の人にはエコロケーションをすることは難しいため, 代わりに目でボールの反射を見ることでエコロケーション体験を構築する. 具体的には, VR ヘッドセット上で暗闇を作り出し, 自身の舌打ち音をボールとして可視化する. そして, 体験者はそのボールの反射を見ることによって疑似的にエコロケーションを行う. また, 違和感をなくし, 実世界とのインタラクションを増すため, 実世界を撮影し 3D モデルとして用いる.

キーワード: エコロケーション, Lidar

1. はじめに

2015 年, 衝撃的なスピーチが動画サイト上に投稿された [1]. スピーチを行うダニエル・キッシュ氏は盲目であるが, 代わりに舌打ちの音の反響によって世界を「見ている」というのだ. これは, コウモリやイルカが超音波の反響を使い, 自身の位置を把握するエコロケーションにとても似ている. しかし, とても発達した耳を持つキッシュ氏と異なり, 目を用いる我々にはエコロケーションで世界を「見る」のは容易なことではない.

彼らのエコロケーションを何らかの形で体験することはできないか. 悩んだ末, 彼らが「耳で世界を見る」のなら, 反対に「音を可視化する」のはどうかという案にたどり着いた. 我々の企画は「目」で「エコロケーション」を組み合わせた「MEcholocation(メコロケーション)」である. 具体的には, VR ヘッドセット上で暗闇を作り出し, 自身の舌打ち音をボールとして可視化する. そして, 体験者はそのボールの反射を見ることによって疑似的にエコロケーションを行う. さらに, Lidar センサを用いて実空間をスキャンすることにより, 実世界上で壁を手で触ったり, 自身の足で移動したりとインタラクティブでリアルな体験をすることができる考えた.

本企画は以上の要素を踏まえ, 未だかつてない VR エコロケーション体験の構築方法を提示する.

2. 企画の新規性

VR ヘッドセットを用いて暗闇を作るというアプリケーション, ゲームは存在するが, いずれも暗闇を用いたホラーゲームである. 中にはエコロケーションを VR で体験するというキャッチコピーのホラーゲーム「Stifled」もあ

るが, 実際は音が発生すると画面上のすべての物体の輪郭が見えてしまうため, 我々の指すエコロケーションとは全くの別物である [2]. 一方, 「音の可視化」についても「ヴォイススキャン」など作品が存在するが, エコロケーションを体験する, 音が壁などにぶつかって反射するという考えのものは確認できなかった [3]. VR で作る暗闇と「音の可視化」をもとにしたエコロケーション体験を組み合わせた我々の「MEcholocation」は新しいカテゴリーの作品といえる.

3. 企画内容

企画は主に音を可視化する部分と 3D モデルを生成する部分に分かれている. そのため本節では音の可視化, 3D モデルの生成, 移動に分けて企画内容の説明を行う.

3.1 音の可視化

エコロケーションは研ぎ澄まされた聴覚を用いなければ難しいため, 音をボールとして可視化する. そのため, 体験者はヘッドセットをかぶると暗闇で音のボールのみ見えるようにしておく. 音のボールは Unity の物理演算によって, 壁などの物体にぶつかって反射するため, これを見ることで物体の位置や角度を把握することができる.

3.1.1 舌打ち音の検知

音の検知には Quest2 内蔵のマイクを用いる. 我々は Unity でテストを行ったところ, 図 2 のように舌打ちには普段発する言葉とは全く異なった波形を持つことを発見した. 図 2 は, Unity でマイクから拾った音の波形データをグラフ化したものである. 音の波形データは Unity の

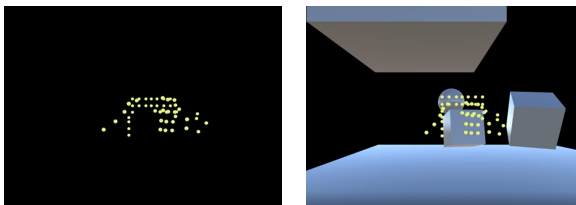


図 1: Mecholocation のイメージ図. 左のような画面を見ながらゲームは進行する. 右の図のように 3D スキャンした物体があり, ボールはその形に応じて反射をする. 右のような形を把握できればエコロケーションできたこととする. 実際は静止画ではなく, VR ヘッドセットにより 360° ボールを見渡せるため, 幾分容易にエコロケーションが行える.

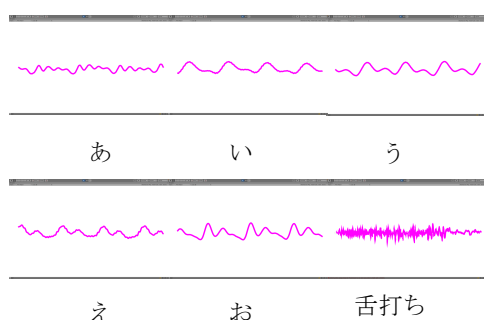


図 2: 母音と舌打ち音の波形の違い

API を用いて配列に入れて取得した. また, ここでは見やすいようにその配列情報を横軸に等間隔に並べ線で繋いで折れ線グラフにした. これを利用して舌打ちのみを検出することができないかと試行錯誤したところ, およそ舌打ちのみを取得することに成功した. 以下は実装したプログラムの手順を簡潔に示したものである.

1. 1 シーケンス 1024 個のデータを時系列に 8 等分する.
2. 8 等分されたデータからそれぞれの最大値を出す.
3. 上記の 8 個の値の分散を計算.
4. 分散がある閾値を超えたものを舌打ちとする.

3.1.2 ボールの発射と減衰

舌打ち音を検知したら, 始点は体験者の口の位置に設定し, 始点を中心に同一球面上発射する. また, 舌打ち音には周波数や音圧(音の大きさ)といったパラメータが存在するが, 今回はマイクで得た音圧によってボールの大きさを変えることとする. さらに, VR ヘッドセットの正面方向との角度の差が大きくなるごとにボールの大きさを小さくする. これは経験則により同じ声の大きさ, 同じ距離でも正面にいる方が聞こえやすく, 横, 後ろにいくに従って音が小さくなることを再現するためである. また, 初期案ではボールの周波数から, ボールの特性を変える案も出ていたが, キッシュ氏の舌打ち音は基本的に周波数が一定で

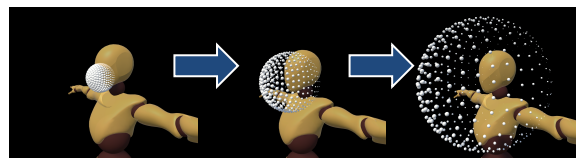


図 3: 声の大きさとボールの発射の同期. 左の図の通り VR ヘッドセットの正面方向との角度の差が大きくなるごとにボールの大きさを小さくする. 右の図は Unity 上で実際に同一球面上に広がるようにプログラムしたものである.

あり, 周波数の特性を考慮していないように感じたので実装しなかった.

また, 音は減衰する. 今回音圧をボールの大きさに見立てたため, 音圧に比例してボールが小さくなるという形で減衰を再現した. 人間の声は点音源と仮定すると音圧は,

$$l2 = l1 - 20 \log_{10} \frac{r2}{r1} \quad (1)$$

となる[5]. ただし, マイクでの音圧を $l1(\text{dB})$, 音圧を求めたい地点での音圧を $l2(\text{dB})$, マイクまでの距離を $r1(\text{m})$, 音圧を求めたい地点までの距離を $r2(\text{m})$ としている.

3.2 3D モデルの生成

実世界をスキャンするには Lidar センサを用いる. Lidar センサは iPhone 12 Pro などに備え付けられているものを使う. 「3D Scanner App」というアプリケーションを用いれば, データが 3D モデルへの再構成に十分かどうかも確認しながら, 撮影することができる[4].

なお, この際開始位置と開始方向になんらかの印をつけておく. そして, アプリ内でスキャンしたデータを「obj」形式でエクスポートし, Unity に実装する. 以上の流れは図 4 の通りである.

3.3 移動

エコロケーション体験をリアルに感じてもらうため, コントローラ操作ではなく, 自身の足で移動する. アプリケーション内でも歩行に同期して, プレイヤーが移動するため, 壁や物体との距離は実世界と同期し続ける.

4. システム構成

本企画は, 複数のデバイス, ソフトウェアを用いることとなる. 全体のシステム構成図は図 5 の通りである.

5. 準備と体験の流れ

本企画は, 汎用性があり, 3D スキャンする場所を変え



図 4: 3D モデルの生成と Unity への実装

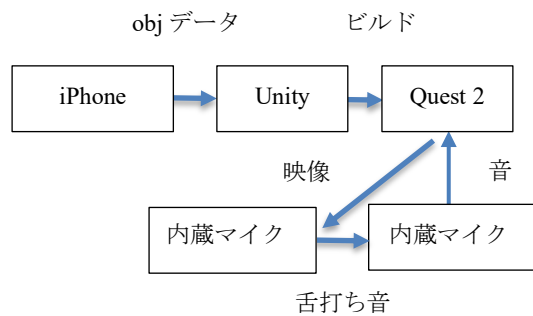


図 5:全体のシステム構成図

ることで多くのシチュエーションを体験できる。今回はスタート地点、ゴール地点を扉と設定する。準備、体験の流れは以下のようである。

1. 部屋の 3D スキャン
 2. Unity に 3D モデルをインポートし Quest2 にビルド
 3. スタート地点の扉を閉めておき、ゴール地点の扉を開けておく
 4. スタート地点の扉の前で VR ヘッドセットを体験者にかぶってもらい、部屋に入ってもらう
 5. 可視化された音を見ながら空間を把握し、ゴール地点である扉を探してもらう
 6. ゴール地点のあらかじめ開けておいた扉から外に出ることができたら体験終了
6. むすび

人間は経験的に、主に視覚を使い空間を把握する。それにより、健常者である人々は盲目であることが不自由であ

ると考えるが、盲目であることは、必ずしも不自由になることではない。彼らは舌打ち音と耳を用いて世界を「見る」ことが可能だからである。

本企画では、目を用いてエコロケーションを疑似的に体験する方法について提示した。この企画では、Lidar センサや VR ヘッドセットなど近年素晴らしい発展を遂げたデバイスを用いることでより、感覚的にエコロケーション体験を行うことが可能である。

近年、障害者に対する差別について議論されることも多い。我々は本企画を通して、障害者が健常者の能力を超える一つの事例を提示する。そして、同情より尊敬することで差別が解消されていくことを切に願う。

参考文献

- [1] TED, "How I use sonar to navigate the world".
https://www.ted.com/talks/daniel_kish_how_i_use_sonar_to_navigate_the_world, (参照 2022-05-29).
- [2] Sony, "Stifled".
<https://www.jp.playstation.com/games/stifled-ps4/> (参照 2022-05-29)
- [3] ピース株式会社, "Voice Scan".
<https://www.voicescan.jp/> (参照 2022-05-29)
- [4] Laan Labs, "3D Scanner App".
<https://3dscannerapp.com/> (参照 2022-05-29)
- [5] チャールズ・E・スパークス, 荒井隆行: 音入門 聴覚・音声科学のための音響学 1999