

大爆走！オーディオレーシング： 音楽のパンニングを通じた方向提示による レーシング型オーディオゲームの提案

高 友康^{1,a)} 笥 康明^{2,b)}

概要：オーディオゲームとは視覚情報を用いずに音声のみでプレイするゲームジャンルである。今回筆者らは音のみを手がかりに遊ぶレーシングゲームを提案・実装する。これはゲーム内での音楽の連続的なパンニングをコース形状の手がかりとして用い、音の聞こえる方向へハンドルを操作することで走行が可能になる。さらに適切な難易度での体験のための走行補助などの設計を行った。本稿では、設計・実装の詳細と、オンライン展示および物理展示での様子について報告する。

1. はじめに

オーディオゲームとは、視覚を用いずに音情報を主な手がかりとしてプレイするゲームジャンルである。オーディオゲームは視覚障がい者を中心に以前より親しまれてきたが、視覚を前提とせず聴覚に集中してゲームをプレイするという新たな体験は、より幅広い層から楽しめるコンテンツとして近年注目を集めている [1][2][3]。

既にさまざまなオーディオゲームが提案・制作されているが、今回筆者らはレーシングゲームに代表されるようなバーチャル空間内の移動を伴うゲームに注目する。周囲を俯瞰できる視覚と異なり、音情報のみでは位置や周辺形状など空間的な情報の提示が難しく、従来のオーディオゲームでは、プレイヤーの行動の自由度を制限するなどの工夫でゲームを成立させてきた。これに対し本研究では、プレイヤーがより自由に空間的な移動・回転が可能なオーディオゲームの制作を試み、「大爆走！オーディオレーシング」と名づける画面のないレーシングゲームを提案する（図 1）。プレイヤーが自由に移動可能な状態でゲームを成立させるために、新たな誘導システムの設計・実装を行った。また、ゲームとしてのエンタテインメント性を向上させるため、音声実況や、サウンド演出の設計を行った。

本稿では、これらのレーシングゲームのシステム設計とサウンドデザインに関する知見をまとめ、オンライン展示、物理展示の 2 度の展示によって得られたフィードバックに



図 1 大爆走！オーディオレーシングをプレイする様子

ついて報告する。

2. 関連研究

オーディオゲームでは、音情報を元にゲームの世界観やルール、状況を把握させ、ゲームの体験を成立させるために、様々な工夫が施されている。例えば、野澤の開発した Screaming Strike[4] においては、左右と前方から接近する敵の足音を手がかりに敵との距離感と方向を推測し、敵をプレイヤーに十分に引きつけてから攻撃することで敵を倒す。また、マス目状の迷路探索ゲームである Audio Labyrinth [5] では、隣接した東西南北のマスの状況を効果音により把握し、記憶を頼りにゴールを目指す。これらはいずれも音の種類やタイミング、パンニング *1 による音像定位を手がかりとして遊ぶものである。しかし、Screaming Strike に

¹ 東京大学 大学院学際情報学府

² 東京大学 大学院情報学環

a) taka@xlab.iii.u-tokyo.ac.jp

b) kakehi@iii.u-tokyo.ac.jp

*1 ここでは特に、ステレオスピーカやヘッドフォンにおける、左右チャンネルの音量差により音像定位を連続的に変化させる技術を指す。

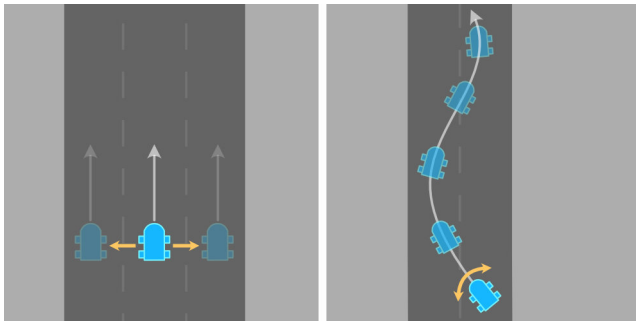


図 2 左：レーン方式での走行，
右：本研究で目指す自由な移動・回転を伴う方式での走行

においては、プレイヤーは移動・回転が制限されており、Audio Labyrinth においては、グリッドに沿った移動しかできない。ファーストパーソン・シューティングゲームのようにプレイヤーが自由に移動するようなゲームの場合、自分の位置や向き、周囲の敵やオブジェクトの方向や距離といった、空間的な情報を音のみで提示することが難しいという課題がある。そのため、プレイヤーの移動を伴うオーディオゲームでは、プレイヤーの視点を前方のみに固定したり、プレイヤーをグリッド状に沿ってのみ移動可能にするなど、プレイヤーの行動の自由度を制限することにより、ゲームシステムを簡素化し、ゲームを成立させている。

プレイヤーの移動を伴うオーディオゲームの中でも、本研究では特に、空間の移動がゲームの主な目的であるレーシングゲームに着目する。まず、既存のレーシングゲームの中から、代表的な作品として Top Speed 3 [6] を取り上げる。このゲームにおいては、プレイヤーの視点は常にコースに対して並行な正面方向に固定された状態であり、左右のカーソルキーを押すことでレーンを跨ぐように左右に並行移動する方式を採用している（図 2 左）。ここではこれを便宜上レーン方式と呼ぶ。この方式は Blind Drive [7] においても採用されており、オーディオゲームのレーシングゲームにおける定番の走行方式となっている。Top Speed 3 においては、音声により次のカーブの方向が予告され、その方向へハンドルを操作することによりコースを走行し、Blind Drive においては、障害物である他の車の走行音がステレオの左右から聞こえ、それを避けるようにハンドルを操作することで、コースを走行する。プレイヤーの操作を直進と左右への平行移動のみに制限し、ゲームシステムを簡素化しているレーン方式では、プレイヤーの操作や誘導、コース上のオブジェクトの提示が容易であるという利点はあるが、プレイヤーの回転が制限されていることにより、プレイヤーがゲームのバーチャル空間を移動しているという感覚を得づらいという課題がある。

これに対し本研究では、ゲームのバーチャル空間をプレイヤーが自由に移動・回転可能なレーシングゲームの実現を目指す（図 2 右）。これにより、プレイヤーの行動を制限することなく、プレイヤーに自分の位置や向き、周囲のオブジェ

クトや進むべき方向を音情報により提示し、バーチャル空間内を移動する感覚を高めることをねらう。

3. 大爆走！オーディオレーシング

3.1 ゲームの概要

今回提案する「大爆走！オーディオレーシング」では、プレイヤーはヘッドフォンを着用し、キーボードまたはハンドルコントローラを使用してプレイする。これは、ヘッドフォンから聞こえる誘導音を主な手がかりとしながら、平面座標空間内を連続的に移動・回転しながらゴールを目指すレーシングゲームである。誘導音は音の左右のステレオパンニングによる音像定位により提示され、プレイヤーはそれを追いかけるようにハンドルを操作することで、事前に設計されたコースに沿った走行をする。ビデオゲームにおけるレーシングゲームと同様、コースには一定の幅があり、コースから外れた場合にはプレイヤーの走行速度が減少するペナルティを設ける。また、誘導音に加え、音声実況による状況説明やコース上に配置したオブジェクトの効果音など、様々な種類の音情報を提示することにより、ゲームの状況把握やプレイヤーによる自由な走行を支援する。

3.2 設計方針

平面座標空間を用いたレーシングゲームでは、プレイヤーはより高い自由度を持った走行が可能になるが、音情報のみで予め作成されたコースに沿った走行することは難しくなる。プレイヤーに現在の状況を把握させ、進むべき方向の情報を提示することを第一の課題とし、その上で、ゲームをよりエンタテインメントとして楽しめるものにするを第二の課題とする。これらを実現する上で、必要な機能をゲーム内の様々な種類の音を複合的に用いたサウンドデザインを行う。

今回、ゲーム内では以下の種類の音を用いた。

- 音楽
- 音声（ボイス）
- 走行による効果音（オフロードの走行音、風切り音、エンジン音など）
- コース上のオブジェクトが発する音（観客の歓声、ライオンの鳴き声など）

3.3 走行に必要な情報の提示

コースに沿った走行をする上で必要な情報は、進むべき方向の提示と、プレイヤーとコースの位置関係である。今回はまず進むべき方向を、誘導音と音声による補助によって提示した。そしてプレイヤーとコースの位置関係については、まずプレイヤーがコースの内・外のどちらを走行しているかを走行時の路面の音から、プレイヤーがコース内の左右どちらに寄って走行しているかを風切り音、そして音声による補助によって提示した。

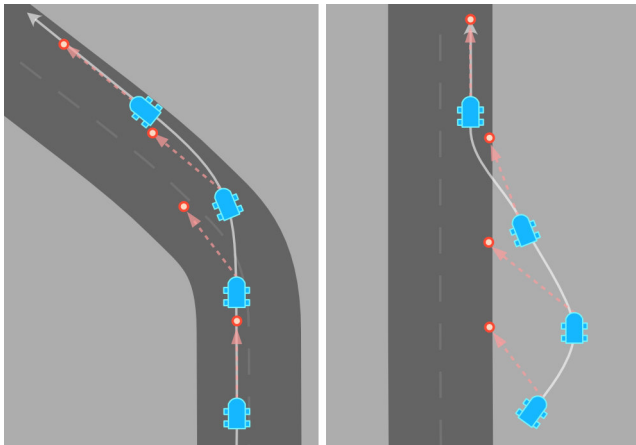


図 3 左：誘導音によるカーブ走行，
右：誘導音によるコース外からの復帰

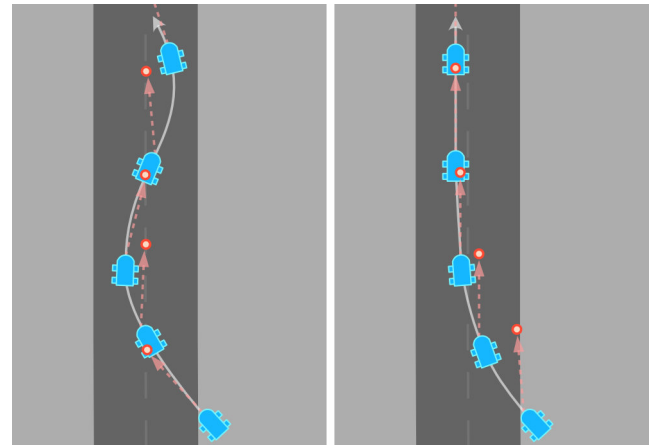


図 4 左：常にコース中央へ誘導する方式
右：常にコースに並行に誘導する方式

3.3.1 進むべき方向の提示

● 誘導音

本作品では、プレイヤーの進むべき方向を誘導音により提示した。誘導音はプレイヤーの現在地を元に推奨される進行方向を、パンニングによる連続的な音像定位により提示する。プレイヤーがその音の方向を追いかけるようにハンドルを操作することで、コースに沿った走行を実現した(図 3)。今回はテストプレイを通して、ゲームの設定上最大時速 90 km/h で走行するプレイヤーに対し、現在地からコースに沿って 60 m 進んだ地点の方向を、推奨する進行方向として設定した。

このシステムを用いて実際にコースを走行したところ、誘導音がコース上のどの位置を指し示すかということは、プレイヤーの走行経路に大きな影響を与えることがわかった。誘導音の指し示す地点がプレイヤーに近いほど、プレイヤーは蛇行を頻繁に繰り返す、一方で遠いほど蛇行の頻度は下がるが、カーブへの反応が遅くなり、曲がりきれずにコースアウトすることが多く見られた。また、当初プレイヤーを常にコース中央へ誘導するように、誘導音の指し示す地点をコース中央に設定したところ、コースが直線の時にもプレイヤーは蛇行を繰り返すように走行した(図 4 左)。そのため、音情報だけで状況を把握するプレイヤーにとっては、直線のコースであるにも関わらず、左右交互にカーブが連続しているように錯覚するという課題があった。そこで、プレイヤーがコース外にいる時はコース内へ誘導し、コース内にいる時は常にコースに平行な方向へ誘導するように、誘導音の指し示す地点を制御した(図 4 右)。

● 音声による予告

誘導音により進むべき方向を提示することはできたが、誘導音のみを頼りにコースの形状を把握することは難しかった。そこで音声によって、これから迫るカーブや直線などのコースの情報を事前に予告することとした。Top Speed 3 においても本作品と同様に音声による予告が採用されているが、「右カーブ」「左に急カーブ」など、カーブ

の方向と大まかなカーブの曲率を提示することのみでプレイヤーを誘導していた。しかし、状況が絶えず変化し続けるレーシングゲームにおいて、これらの言語情報でプレイヤーを誘導するには、即時性が低く、情報量が少ないという問題があった。そこで、本作品では予告の音声実況をあくまで誘導音の補助として使用し、「まもなくカーブ」「まもなく急カーブ」「しばらくは直線」などの言葉を用いて、カーブや直線の存在と大まかなカーブの曲率を知らせる役割を持たせた。この予告はカーブに入る約 2 秒前に行われる。この際、あえてカーブの方向を伝えないことで、プレイヤーが誘導音により集中し、正しいハンドリング操作が行えるように設計した。

3.3.2 コースに対する自己位置把握

● 路面の走行音によるコース外の提示

コースに対してプレイヤーがどのような位置を走行しているかを把握するために、まずプレイヤーがコースの内と外、どちらを走行しているかを提示する。本作品では、コース外を走行時に、車が砂利道を走行する音を再生することで、プレイヤーがコース外に出ているということを提示した(図 5 左)。さらに、コースの左右どちらにコースアウトしているかを示すため、コースアウト時に「左にコースアウトしてしまった」など、音声実況を補助的に用いて方向の提示を行った。

● 風切り音によるコース内の左右位置の提示

一方で、コース内を走行している時、プレイヤーがコース内の左右どちらに寄って走行しているかを提示することも必要である。今回は、プレイヤーがコース内の左右どちらかに寄った状態で走行している時に、コース外に障害物の存在を予告させるような断続的な風切り音を再生した(図 5 右)。これにより、プレイヤーにコース内での左右位置の提示を行うと共に、コースアウトの可能性が高いことを示す手がかりとした。

● 音声実況によるコーナリングのフィードバック

カーブを走行時に、プレイヤーはカーブの内側を走行するほ

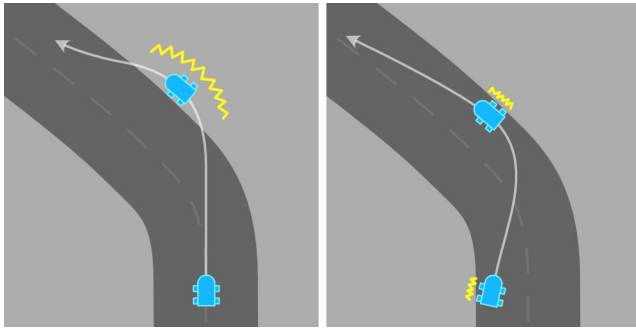


図 5 左：コース外を提示する路面走行音，
右：コース内の左右位置を提示する風切り音

ど短時間でカーブを走り抜けることができ、外側を走行するほどカーブを走り抜けるのに時間がかかる。これはレーシングゲームにおけるタイムを上げるための重要なテクニックである。これを可能にするために、カーブでのコーナリング時にプレイヤーがどの位置を走行しているかを提示する必要がある。本作品では、音声実況により「インコースを攻めたカーブ」などの言葉で、コーナリング時のプレイヤーの位置を提示した。これにより、プレイヤーはコーナリング時の自己位置を把握しやすくなり、タイム短縮の手がかりとなると期待する。

3.4 サウンドデザイン

ゲーム全体をエンタテインメントとして、より楽しめる体験とするために行ったサウンドデザインについて以下に述べる。

3.4.1 誘導音に適する音色の選択

誘導音を鳴らす上で、何の音を選択するかは体験に深く関わる要因であり、ここでは以下の2つの要件を備えた音楽を採用した。1つは、誘導音は絶えず鳴り続けて方向を提示し続ける必要があるため、持続的であり、かつ不快でない音が望ましい。もう1つは、非物語世界 (non-diegetic sound) の音ということである。物語世界の音 (diegetic sound) ^{*2}は、音の方向・音量を元にオブジェクトの空間的な位置を推測するなど、ゲームの世界観を把握するための重要な手がかりとしての役割がある。そのため、ゲームを成立させるために、物語世界の音を誘導のためにパンニングさせると、ゲーム世界のリアリティが損なわれてしまう。従ってゲーム成立のための加工処理には、非物語世界の音を採用することが世界観を壊さないためのサウンドデザインとして重要であると考え、非物語世界の音である音楽を誘導音として用いることとした。

その上で、メロディ、ベース、リズム楽器を含む音楽全

^{*2} Bordwell[8] らによって提唱された映画音楽に関する概念で、物語世界の音は環境音や登場人物の声のような物語の中で自然に発生し、登場人物にも聞こえている音であり、一方で非物語世界の音はBGMのような、物語を演出するために付与される音であり、物語外の我々にのみ聞こえるものである(図6)。この概念はゲームサウンド研究の文脈においても用いられている。

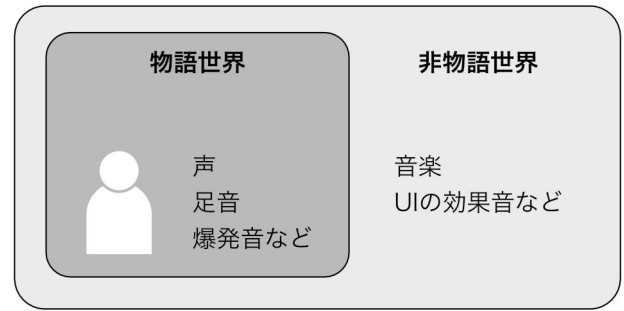


図 6 物語世界・非物語世界の音

体を誘導音として用いると、パンニングによる音量の変化が大きく、聞き取りが簡単になる一方で、音のバランスに不自然さが生まれる問題があった。そこで、BGMとして利用する音楽の一部のメロディのみを誘導音として使用することにより、音楽を構成する様々なパートの中から一部分のみを集中して聴き取る難しさというゲーム性と、音のバランスの良さの両立を試みた。

3.4.2 音声実況

Top Speed 3をはじめとする既存のレーシングゲームにおいて、音声にはカーブの予告など、プレイに最低限必要な情報のみを提供するナビゲータとしての役割のみが与えられていた。これに対し、本作品では音声をレースの実況として用いた。プレイに必須な情報だけでなく、周囲の情景などを感情豊かに解説させることで、プレイヤーがより楽しみながら体験に没入できるよう工夫を行った。

3.4.3 コース上の音オブジェクト

本作品では、コースを4種類の特色あるエリアに分割した。それぞれの世界観をより把握しやすくするために、各エリアに応じた音オブジェクトを配置した(図7)。例えば、ジャングルエリアにはライオンやゴリラ・鳥類の鳴き声を配置した。これらの音オブジェクトは、プレイヤーが走行時に周囲の世界観を把握し想像する手がかりとしてだけでなく、距離減衰やドップラー効果など、音の物理特性を再現した音響効果を作り出す上でも機能し、リアリティのある移動体験を作り出す。また、コース上の音オブジェクトは、誘導音を聞き取りづらくする障害物としても機能しており、エリアごとにゲームの難易度を調整する役割を持たせた。

3.4.4 周囲の環境と共に移り変わる音楽

世界観の異なるエリアを順に走行する本作品では、メロディの聞き取りを阻害することなく世界観を変化させることが必要である。そこで、レース中の音楽を、コース全体を通して一貫したメロディを繰り返しながらも、エリアごとに楽器編成や曲調のアレンジがシームレスに遷移するよう実装した。これはゲームサウンド研究において、インタラクティブ・ミュージックの縦の遷移と呼ばれ[9]、音楽の流れを断ち切らずに、音楽が提示する世界観の切り替わり



図 7 音オブジェクトを配置したコース

や盛り上がりの変化を表現することが可能である。

3.5 インタフェース

従来のオーディオゲームはPC用のキーボードで遊ぶものが大多数を占めているが、本作品では身体的なインタラクションによる直感的な操作を実現するため、キーボードだけでなくハンドルコントローラでのプレイも実装した。キーボードでの操作時は、スペースキーを押すことでプレイヤーは前方へ加速し、カーソルキーの下で減速する。左右のカーソルキーをそれぞれ押すことで、一定の速度でプレイヤーの向きを左右に回転させる。一方で、ハンドルコントローラでの操作時は、足元のアクセルペダルとブレーキペダルをそれぞれ踏み込むことで加速・減速し、ハンドルを左右に回転させることで、プレイヤーの向きを左右に回転させる。ペダルの踏み込みの量や、ハンドルの回転量に比例して、加速・減速の量や、プレイヤーの左右回転の速度を加減することができる。キーボードと比べて、ハンドルコントローラを用いた操作では、連続的なステアリング操作が可能になり、特にカーブでの操作性に優れる。また、ハンドルコントローラの振動機能を用いて、エンジンの振動や路面状況による車の振動などを付与し、プレイヤーの状況把握の手がかりとした。

3.6 実装

以下に実装についてまとめる。

本作品の制作にあたって、ゲームエンジンUnityを使用し実装を行った。まず、プレイヤーが操作する車として、アクセルとブレーキによる加速と減速、ハンドルにより左右に回転する機能を持った車オブジェクトを実装した。また、プレイヤーが車の速度を把握する手がかりを示すために、エンジン音の音量とピッチを現在の移動速度に応じて変化させる制御を行った。コースはunityのシーンビュー機能を用いて、平面座標空間上に作成し。コース幅は60m、コースの全長は5000mとして設計した(図7)。また、音のパニングの制御には、Unity標準のステレオパニング機

能を用いた。

3.7 その他の工夫

上記の他に、プレイ体験を改善するために行った工夫として、以下の3点を挙げる。

まず、本作品にはプレイヤーの運転を補助するアシスト機能を実装した。これはプレイヤーの向きをゆるやかに誘導音の方向へと修正するものである。これにより難易度を調整し、展示で初めてオーディオゲームを体験するプレイヤーにも楽しめる工夫を施した。

次に、多数の効果音や音楽、音声を同時に再生するため、音同士がかき消し合うマスキング効果も大きな課題であった。そこで、効果音や楽器ごとに使用する周波数帯域を棲み分けることで、マスキングを軽減させた。

最後に、レースのタイムと順位はゴール後に音声実況により報告する。また、各エリア間には中間ポイントを設置し、その時点での順位と、先行する車とのタイム差を通知するようにした。今回は簡易的に、予め設定された他の車の仮想タイムと比較することで、プレイヤーの順位やタイムの差を決定している。

4. 展示と体験者の様子

4.1 オンライン展示「東京大学制作展」

2020年7月にオンライン上で行われた「東京大学制作展」において、「大爆走！オーディオレーシング」を初めて展示した。オンライン展示であるため、プレイヤーは自身のPCとキーボードを用いて本作品を体験した。この展示では、チュートリアルコースと単純なサーキットコースのみを作成した。また、2020年11月に行われた同展示では、ラップ実況を用いたコースの追加や、コース選択メニューの実装、そして体験後に自身の走行した経路をモニタ上に表示する機能の実装などを行った。

4.2 物理展示「AUDIO GAME CENTER +」

2021年6月に銀座ソニーパークで行われた展覧会「AUDIO GAME CENTER +」において、改良を加えた本作品の展示を行い、23日間の会期中に約2500人の来場者が本作品を体験した。この展示では、「東京大学制作展」での課題を踏まえ、ハンドルコントローラを用いた操作方法の他、エリアごとに音オブジェクトを配置した一本道のコースを作成し、カーブ時にはプレイヤーのコーナリングがインコースとアウトコースのどちら寄りを通じたかを通知する音声実況を追加した。

4.3 展示で得られたフィードバックと考察

オンライン展示を通して、「メロディを追いかけるシステムは分かりやすかったが、実際にプレイするとかなり音楽



図 8 「AUDIO GAME CENTER +」での展示の様子

に集中する必要がある、楽しかった」「実況のおかげでコースアウトなどの状況が分かりやすかった」などの感想が寄せられ、誘導音と音声実況によるシステムに対してのポジティブな反応が確認できた。一方で、「実況の声が気になり、誘導音よりも言葉による指示に従ってしまう」「カーブ時にどの程度曲がれているかが分かりづらい」などの感想も寄せられ、音声実況で知らせる予告の情報量とカーソル操作によるカーブの操作性という二点の課題が明らかになった。

一方で、物理展示では、「キーボードで体験した時と比べて、コーナリングでの曲がり具合を想像しやすくなった」「ジャングルのライオンやゴリラの鳴き声の中を通り過ぎる時に疾走感を感じた」などの感想が聞かれ、システムの改良により、操作性や臨場感が向上したことが確認された。一方、レース中の音の種類が増えたことで、音声実況や効果音によりメロディの音がかき消され、メロディを聴き取ることが難し過ぎるという感想も寄せられた。様々な音を使用するほど、より臨場感を感じさせたり周囲の状況を伝えることができる反面、音同士が互いをマスキングし合い、必要な音が聞き取りづらくなる問題が大きくなるという課題が明らかになった。その他、展示会場には友人や家族と来場していた体験者も多く、ゲームの状況をプレイしていない来場者に提示する手法も今後検討していきたい。また、視覚障がい者のプレイヤーが、プレイ開始直後にハンドルコントローラでの操作方法に戸惑う様子が観察されるなど、インターフェースや操作の習熟も考慮に入れる必要がある。

期間中に、プレイ毎にスタートからゴールまでに要したタイムを集計したところ、平均タイムは4分37.5秒であった。複数回繰り返しプレイすることで上達するプレイヤーも見られ、期間中の最速記録は3分51.7秒であった。

5. おわりに

本研究では、座標空間内を自由に移動可能なオーディオゲーム「大爆走！オーディオレーシング」を用いて、音のパンニングによる方向提示システムをはじめとした様々な機能の試作と提案を行った。またオンラインおよび物理展示を通して、レーシングゲームとしてのプレイヤーの反応やフィードバックをまとめた。

今後、自己位置の把握や疾走感の提示がどの程度作用していたのかについては、ユーザスタディ等を行い、定性的・定量的な評価を行う必要がある。また、今後多人数での対戦プレイを想定した場合、他の音をかき消さずに、いかに他のプレイヤーの位置を提示するかという点も解決すべき課題である。

謝辞 コンテンツ作成に協力いただいた開元宏樹氏、増田菜々氏、論文執筆のための議論に協力いただいた渡辺啓介氏に感謝する。また、本研究の一部は、公益財団法人 中山隼雄科学技術文化財団の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Johnny Friberg and Dan Gärdenfors. Audio games: New perspectives on game audio. In *Proceedings of the 2004 ACM SIGCHI International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology, ACE '04*, p. 148–154, New York, NY, USA, 2004. Association for Computing Machinery.
- [2] Tiffany Tong, Daniel Zingaro, and Steve Engels. Design guidelines for audio-based game features. In *Proceedings of the First ACM SIGCHI Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play, CHI PLAY '14*, p. 443–444, New York, NY, USA, 2014. Association for Computing Machinery.
- [3] Michael Urbanek and Florian Güldenpfennig. Celebrating 20 years of computer-based audio gaming. In *Proceedings of the 14th International Audio Mostly Conference: A Journey in Sound, AM'19*, p. 90–97, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery.
- [4] 野澤幸男・オーディオゲームセンター. Screaming Strike. <https://audiogame.center/>, 2018. (Accessed on 27/07/2021).
- [5] 杉崎信清, 大塚勇哉, 金田はる菜, 中村友海. Audio Labyrinth. <https://jawsdays2019.jaws-ug.jp/session/1798/>, 2019. (Accessed on 27/07/2021).
- [6] Playing in the Dark. Top Speed 3. <https://www.playinginthedark.net/topspeed3/>, 2011. (Accessed on 27/07/2021).
- [7] Lo-Fi People. Blind Drive. <https://blinddrivegame.com/>, 2021. (Accessed on 27/07/2021).
- [8] D.Bordwell, S.Janet, and K.Thompson. *The Classical hollywood cinema.Film style and mode of production to 1960*. Routledge, London, 1985.
- [9] 岩本翔. ゲーム音楽演出を進化させるインタラクティブミュージックと音楽的ゲームデザイン. <http://cedec-kyushu.jp/2019/session/31.html>, 2019. (Accessed on 27/07/2021).