

人間の可動域の制約を考慮したVR音楽ゲームの提案

住友 聡馬^{1,a)} 杉浦裕太¹

概要: VRを利用したエンタテインメントとして音楽ゲームがある。これは健康増進の目的としても期待されている。現状のVR音楽ゲームではシステム側がユーザに特定の動作を要求するので、その要求された動作をすることが困難なユーザにとっては不向きである。そこで本研究では人間の可動域に着目し、ゲーム性の変化無しにユーザ個人の腕の可動域に合った譜面を提供するVR音楽ゲームを開発した。譜面配置のインタフェースを球面にし、その半径や中心位置、使用範囲をカスタマイズできるようにすることで、腕の可動域を考慮した動作を要求する譜面を提供する。

1. はじめに

音楽ゲームはゲームジャンルの一種であり、エンタテインメントとして広く楽しまれている。その形態としては様々あり、ボタンでプレイするものや、特定の道具を使用するもの、体全身を使ってプレイするものがある。その中でも特にゲームプレイに身体動作を伴わせるものは身体運動機能維持や向上に対して有効だと考えられている。

近年、身体動作を伴う音楽ゲームとしてVR装置を用いて情報空間に没入した状態でプレイする音楽ゲームがある[1][2]。これらは、両手で握ったコントローラを振ったり動かしたりしてプレイするゲームスタイルで、家庭内でエンタテインメントとして楽しみながら日常的な運動もすることができる。しかし、現在ある身体動作を伴うVR音楽ゲームは、ゲーム側がユーザに特定の決まった姿勢や動作を要求し、ユーザはその動作をすることでゲームを進めることができる構造であり、その要求する動作を達成できないようなユーザにとっては優しくない。基本的に腕を全方向に動かすことが前提となっているものが多く、その条件を満たせないようなユーザはプレイすることができない。例えば、腕が不自由であまり上げることができない人は自分の上方に配置されている譜面をとることが困難である。起立状態前提のゲームは車いすを使用している人には優しくない。腕の長さが足りない小さな子供などは指定場所まで腕が届かないなどの問題がある。

本稿では、人間の腕の可動域に着目し、ゲーム性の変更に各人の腕の可動域に合わせたゲームプレイができるVR音楽ゲームを開発する。具体的には、ユーザの腕の可



図1 提案するVR音楽ゲーム（姿勢が変化してもプレイできる。左：着席時、右：起立時）

動域を考慮して音楽ゲームの譜面（以下、ノーツ）が提供されるシステムである。

2. 関連研究

身体動作を伴う音楽ゲームとして、バンダイナムコゲームズが提供している太鼓の達人[3]がある。これは主にアマチュアミュージック施設で稼働しているが、高齢者向けに楽曲や筐体を工夫しているものもあり、これらは老人ホームでも設置されている[4]。太鼓をバチでたたく動作を入力としており、エンタテインメントとして楽しみながら腕の運動ができる。しかし、プレイするには特定の施設に赴く必要があり、さらに、特別な筐体（装置）が必要となるので家庭内で手軽にできるものではない。家庭内でできるものとしてVRを利用した音楽ゲームであるBeatSaber[1]がある。これは両手に持ったコントローラを剣に見立て、前から飛んでくるノーツをバックミュージックに合わせて指定方向に斬るゲームである。斬る動作だけでなく左右に避ける動作も入力として存在し、ゲームを楽しみながら運動をすることができる。またユーザの伸長を設定することが

¹ 慶應義塾大学

^{a)} acch-taiko-0827@keio.jp

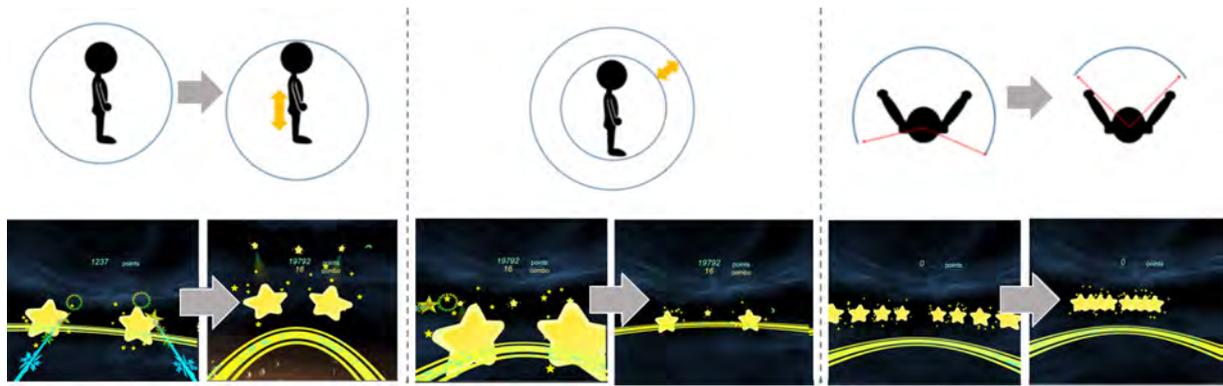


図 2 制御パラメータ（左：中心位置，中央：半径，右：使用面）

でき、それに合わせたノーツを提供している。しかし、腕の長さや可動限界などは設定することができず、あまり腕を上げることや動かすことができないユーザには不向きである。別の VR 音楽ゲームとして Airtone[2]がある。こちらはノーツがバックミュージックに合わせて前から飛んでき、その場所にコントローラを合わせて振ったり、ボタンを押したりして遊ぶゲームである。正面の円上に譜面が配置されるので BeatSaber 以上に腕を振り回す必要があり、VR ならではのエンタテインメント性や身体運動性が高い。しかし腕を前方で振り回すことが前提となっているゲームデザインなので万人ができるゲームデザインだとは言い難い。

エンタテインメント以外の音楽ゲームの使用例として GenVirtual[5]がある。これは AR を利用したもので音楽療法に使用される。AR 画面上に表示されたオブジェクトに手をかざすインタラクションで、身体動作に障害があるユーザでも使用できるデザインとなっている。またその上、音楽療法で必要となる要件（創造性、注意力、記憶力、計画、集中力、即応力、聴覚と視覚の知覚、運動協調、8つのスキルの向上の促進）を満たすことも考慮している。リハビリテーションの使用例として MusicGlove[6]がある。これは、脳卒中で手が不自由になったユーザ向けのリハビリテーション装置であり、各自でするリハビリテーションのモチベーション向上として、手袋型のコントローラを入力とした音楽ゲームが提案されている。手のリハビリテーションに必要な動作を音楽ゲームの入力とすることで、プレイと同時に必要な動作をすることができる。この他にも、脳卒中患者の上半身のリハビリテーションの継続意識の向上を音楽ゲームで図る研究もある [7]。このように、現状の身体動作を伴う音楽ゲームはエンタテインメント性が高くゲーム本来の目的は達成している。またリハビリテーションなどの健康目的で実施されていることも多い。一方で、個々のユーザの可動域制約に着目した研究は少ない。そこで本研究では各人の腕の可動域に着目し、それに合ったノーツを提供する VR 音楽ゲームを開発する。

3. 可動域を考慮した VR 音楽ゲーム

本提案は、人間の可動域に合わせてノーツの配置がカスタマイズ可能なシステムである。人間の腕の可動域が肩を中心とする球上であることに着目し、本研究で開発した VR 音楽ゲームでは、ノーツの配置が自分自身を中心とする球面上となるゲームとして設計した。この球の中心位置、半径、使用面を制御可能とし、ユーザごとに設定できるようにすることで腕の可動域に対応したノーツを提供することを試みる。

3.1 制御パラメータ

可動域に対応した制御パラメータとしては、ノーツが配置される中心位置、半径、使用面があり、具体的にどのような制御が可能か以下に記す。

球の中心位置制御：球の中心位置の変更は、ユーザの腕の高さに対応する。ユーザは球の中心座標を変更することで、ノーツ全体をノーツ配置のレイアウトの変更なしに平行移動できる。例えば球の中心を上方にすると、全体的に上方で腕を動かすノーツ配置になり、下方にするとその逆となる。基本的には球の中心をユーザの腕の高さに合わせることで、各ユーザの高さに最適な譜面配置を提供する。
球の半径制御：球の半径の変更は、ユーザの腕の長さや伸びに対応する。球の半径を変更するとノーツ配置の奥行を変更できる。半径を大きくするとノーツ配置もそれに対応して奥となり、腕を伸ばしてゲームをプレイできるようになり、逆に小さくすると自分の近くで腕を動作させるゲームプレイスタイルとなる。各ユーザの腕の伸縮限界に応じた球の半径を設定することにより、腕の長さや伸びに最適な譜面配置を提供する。

使用球面の制御：使用球面の変更は、ユーザの腕の可動角度に対応する。上下左右への腕の可動角度を設定し、その角度内で定義される球面上にノーツを配置することによりユーザの腕の可動角度に対応した譜面配置を提供する。

具体的には元々使用球面外に配置されているノーツは範

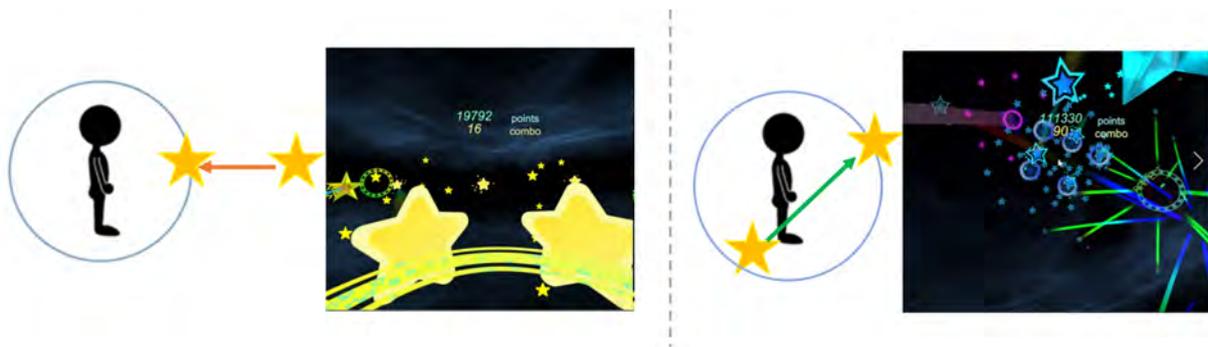


図 3 ゲーム画面 (左:奥から手前にくるノーツ, 右:手前から奥に行くノーツ)

囲内に配置し直す, または自動で判定するノーツに置き換える。

3.2 ゲームデザイン

実際のゲームデザインを記す。本音楽ゲームでは前述した球面を2つ用意している。1つの球面に対しては奥から手前に向かってノーツが飛んでくる。この球面に対する入力動作としてはたたく, 指定方向に腕を動かす, 指定場所に腕を持っていく, の3種類がある。また, もう一つの球面に対しては手前から奥に向かってノーツが飛んでいく。この球面に対する入力動作として指定場所をコントローラのトリガーを押して撃つ, 撃った後トリガー長押し, 長押ししつつ指定場所に移動, の3種類がある。また, どちらの球にも腕で避けるノーツが存在し, 計7種類のノーツが存在している。腕の運動を取り入れつつ, 上下左右の球面を利用したVRならではのエンタテインメント性を取り入れたゲームデザインとしている。ゲーム装置としてはOculus Rift sを使用しており, Head Mounted Display (以下, HMD) を頭に装着し, 両手にコントローラを持った状態でプレイする。また, 前述した球の設定の変更により, 着席状態, 起立状態関係なしにプレイできる。

4. 動作検証

本動作検証では, 球の制御パラメータを変更することでゲームプレイ時の腕の動作範囲が変化することを確認した。ノーツ配置の球の中心位置, 半径, 使用面をそれぞれ変更し, 実際に音楽ゲームをプレイした時の両手の動きをプロットした。検証はUnity上で行い座標系もUnity環境を基準としている(X軸:正面方向右を正, Y軸:正面方向上を正, Z軸:正面方向奥を正)。検証の際は曲, ノーツ数, 実験参加者全て同じ条件で行い, プレイ時間は約90秒, 総ノーツ数は412個であった。被験者は本論文においては著者であり, 音楽ゲームのプレイ経験がある身長165cmの男性である。また, ゲームプレイは起立状態で行った。

4.1 中心位置の変化による腕の動作の様子

球の中心位置を, 被験者頭部を基準とし, 下方向(Y軸負の方向)に移動させた。移動距離は頭部から0.4m, 0.8m, 1.2mであり球の半径, 使用面は一定とした。プロットの色は順に赤, 青, 緑である。また, 被験者の頭部の初期位置をバツ印で示した。図4, 5より, 球の中心位置の上下により, 腕の動作範囲も上下していることがわかる。また, 腕の伸ばす距離や, 上下以外の動作範囲は大きな変化が無いこともわかる。

4.2 半径の変化による腕の動作の様子

半径を0.5m, 1.0m, 1.5mと変化させ, 中心位置, 使用面は一定とした。プロットの色は順に赤, 青, 緑である。また, 被験者の頭部の初期位置をバツ印で示した。

図6, 7より腕の伸ばす距離が変化していることがわかる。また腕の上下左右方向の動作範囲には大きな変化が無いこともわかる。

4.3 仕様面の変化による腕の動作の様子

球の使用面を上下左右45度, 90度, 120度で定義される球面に変化させ, 中心位置, 半径は一定とした。プロットの色は順に赤, 青, 緑である。また, 被験者の頭部の初期位置をバツ印で示した。図8, 9より, 腕の移動範囲が変化していることがわかる。また, 図9右より腕の伸ばす距離に大きな変化が無いことがわかる。さらに図9左においてY座標の値が0.75mから1.0m付近に集中していることから腕の高さの基本位置に大きな変化が無いことがわかる。

5. 課題と今後の展望

本検証では球の制御パラメータの変更により, ゲーム側の要求する腕の可動範囲が変更可能であることがわかった。現状, この制御パラメータは手動で設定している。しかし, 本来は各人の腕の可動域に対して自動で決定されることが望ましい。よって今後は予め入力された可動域から最適な制御パラメータを自動で決定できる機能を実装する

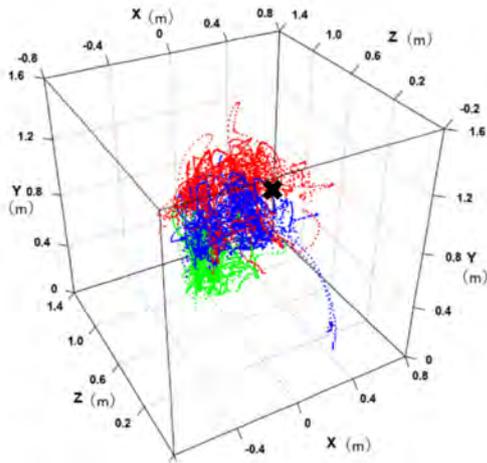


図 4 中心位置の移動による腕の動きの変化 (3次元)

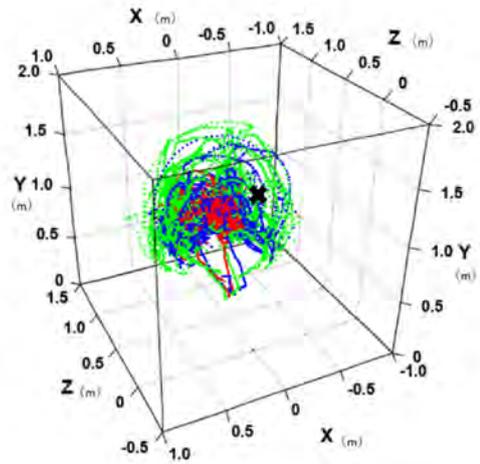


図 8 使用球面の変化による腕の動きの変化 (3次元)

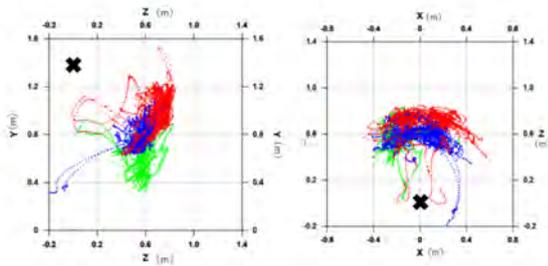


図 5 中心位置の移動による腕の動きの変化 (左:側面, 右:上空)

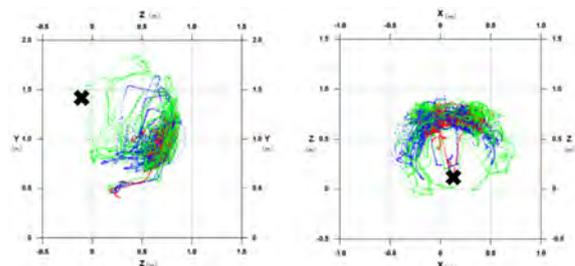


図 9 使用球面の変化による腕の動きの変化 (左:側面, 右:上空)

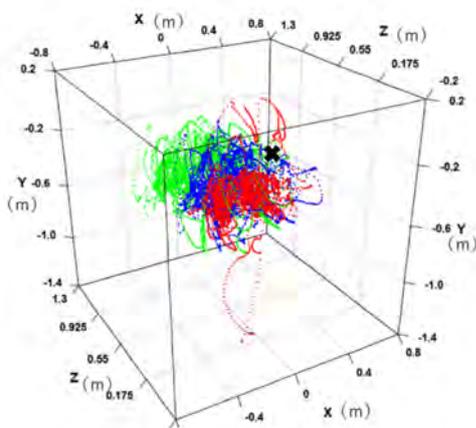


図 6 半径の変化による腕の動きの変化 (3次元)

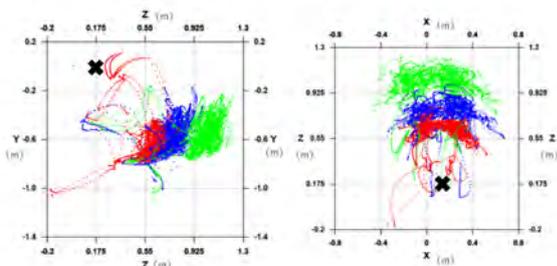


図 7 半径の変化による腕の動きの変化 (左:側面, 右:上空)

必要がある。例えば、中心位置は可動域の上下の中央値、半径は腕の最大距離少し手前、使用球面は腕の可動角度最大値少し手前とするなどが考えられる。これについては今後、実装と検証をしていきたい。また、ノーツ配置を球面上にすることにより、次のノーツがどこに配置されるのか認識しにくいという課題もあり、次のノーツがどこに配置されるのか予測できるゲームデザインが必要となる。

6. おわりに

本稿では各人の腕の可動域に着目し、その可動域を考慮した譜面を提供する VR 音楽ゲームを提案した。譜面配置を球面にし、球のパラメータを変更することで、ゲームプレイ時の腕の動作範囲を変更することができる。今後は各人の腕の可動域に対して球の設定を自動で行う機能を実装することが課題である。

謝辞 本研究は JST AIP-PRISM JPMJCR18Y2 の支援を受けたものです。

参考文献

- [1] Games, B.: beat saber, Beat Games (online), available from (<https://beatsaber.com/>) (accessed 2019-07-18).
- [2] GAMES, A.: Air Tone, AMG GAMES (online), available from (<http://airtone-vr.com/>) (accessed 2019-07-18).
- [3] Inc, B. N. E.: 太鼓の達人, BANDAI NAMCO Entertainment

ment Inc (オンライン), 入手先 (<https://taiko-ch.net/>) (参照 2019-07-18).

- [4] Inc, B. N. E.: 高齢者向けリハビリテインメントマシン「太鼓の達人 RT～日本の心～」を開発・発売, BANDAI NAMCO Entertainment Inc (オンライン), 入手先 (<https://www.bandainamcoent.co.jp/corporate/press/namco/50/50-031.pdf#search='%E5%A4%AA%E9%BC%93%E3%81%AE%E9%81%94%E4%BA%BART'>) (参照 2019-07-18).
- [5] Ana Grasielle Dionisio Correa, Gilda Aparecida de Assis, M. D. N. I. F. R. D. D. L.: Genvirtual: An augmented reality musical game for cognitive and motor rehabilitation, *2007 Virtual Rehabilitation*, pp. 1-6 (2007).
- [6] Nizan Friedman, Vicky Chan, D. Z. M. B. D. J. R.: MusicGlove: Motivating and quantifying hand movement rehabilitation by using functional grips to play music, *2011 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, pp. 2359-2363 (2011).
- [7] Frederike van Wijck, Don Knox, C. D. G. C. G. A. R. M.: Making music after stroke: using musical activities to enhance arm function, *Annals of the New York Academy of Sciences*, pp. 305-311 (2012).