

音響樽による二者間バーチャル卓球システムの開発*

☆永井篤¹, 沼上祥子², 池田雄介³, 渡邊祐子¹, 伊勢史郎^{1,4}, 上野佳奈子^{2,4}
 (¹東京電機大, ²明治大, ³早稲田大, ⁴JST,CREST)

1 はじめに

境界音場制御の原理[1]に基づき開発を進めてきた没入型聴覚ディスプレイ装置“音響樽”は高精度な音像定位を提供し、かつ再生音場において受聴者の頭部運動および身体動作が可能であるという特徴を有する。またインターネットを介して音響樽を接続することで遠隔地と音場共有システムへの応用が可能である[2]。そこで、これらの特徴を活かし、音響樽で再現された仮想音空間上で卓球を行うことができるバーチャル卓球システムを開発した[3]。このバーチャル卓球システムは娯楽装置としての用途に加え、視覚障害者が楽しみながら音に対する感覚を磨き、学習できるシステムとしてもその有用性が期待できる[4]。本稿では、ネットワークを介することでバーチャル卓球を遠隔地にいる二者間で行う二者間バーチャル卓球システムを開発し、本システムが音像定位能力の訓練に有効であるか心理実験により検討する。

2 システム概要

二者間バーチャル卓球システムは、2つの音響樽をインターネットで接続することで、遠隔地に存在する二者がバーチャル卓球を行うことを可能にする。システムの構成をFig.1に示す。図中、音響樽内に着座したプレイヤーの手と頭の骨格情報(位置)を音響樽内に設置したKinectを用いて検出し、2つの位置の相対関係をパラメータとして打球動作を検出する。打球動作はプレイヤーが打った位置と打った方向によって分類され、自分側

のゲームエンジンに送られ、分類された動作に対応する方向に向かってボールが遠ざかる音が再生される。同時に、打球動作情報はインターネットを介して相手側のゲームエンジンに送信され、その動作に最適な方向情報を有する近づいてくる音が相手側の音響樽内で再生される。再生された音の打球動作に応じてプレイヤーが交互に打球動作を行うことにより卓球のラリーが実現される。

3 評価実験

3.1 目的

二者間バーチャル卓球システムを用いることでボールの転がる音に対する定位能力が向上するか検証する。また先行研究で開発したコンピュータ相手に行うバーチャル卓球システムと本稿におけるシステムの心理的印象の違いについて主観評価により検討する。

3.2 実験準備

バーチャル卓球システムに使用するサウンドボールの打球音、すなわち自分の打球音(遠ざかる音)と相手の打球音(近づいてくる音)のそれぞれの条件について、打球の始点(打点)と終点それぞれ左、正面、右(L,C,R)の各3方向ずつ計9方向を3回ずつ、計54種類の音源を収録した。

3.3 実験手順

まず音像定位実験1を実施した。被験者は正常な聴覚を持つ9名(男性7名、女性2名)であり、実験は東京電機大学に設置された音響樽で実施した。刺激音として相手の打球音(近づいてくる音)を使用し、刺激音の提示回数は9方向×3種類の計27試行であった。

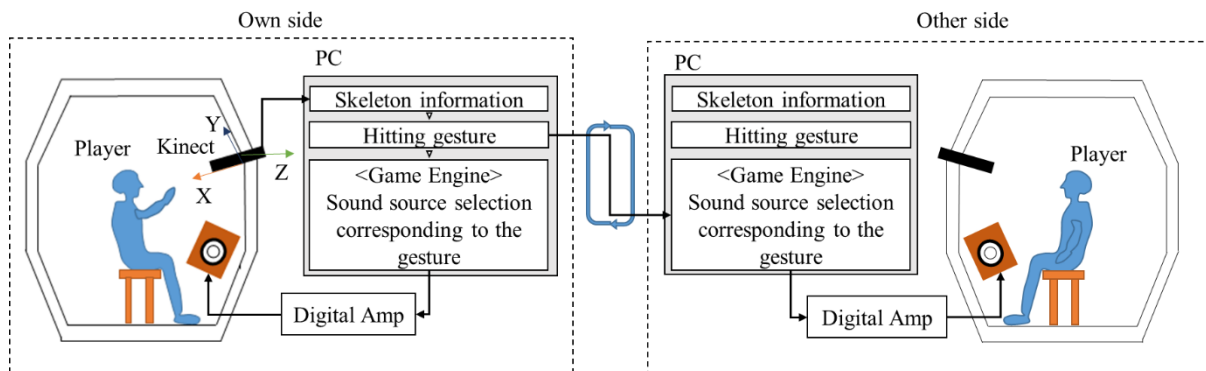


Fig1.二者間バーチャル卓球システムの構成

*Development of virtual table tennis between the two persons for sound cask, by ¹NAGAI Atsushi, ²NUMAKAMI Shoko, ³IKEDA Yusuke, ¹WATANABE Yuko, ^{1,5}ISE Shiro and ^{2,4}UENO Kanako (¹Tokyo Denki univ, ²Meiji univ, ³Waseda univ, ⁴JST,CREST).

被験者は刺激音に対して知覚した打球経路を回答用紙に記入した。

音像定位実験1の終了後、被験者は他者(対戦者)と自由に打ち合う二者間バーチャル卓球システムを使用しラリー訓練に参加した。被験者には、ラリー中、相手の打球音の終点と自分が打ち出す始点で一致した動作をするように教示し、一致しなかった場合は間違っただけを知らせる教示音を提示した。また対戦者が打ち出す方向を間違えた場合は被験者に相手が間違えたことを知らせる教示音を提示した。ラリー訓練中の会話は転がる音の受聴の妨げとなるので禁止したが、それ以外の行動には制約を設けず、自由にラリー訓練に参加してもらった。

ラリー訓練の終了後、被験者は音像定位実験2を行った。この実験の手続きは先の音像定位実験1と同じであった。

次に、音像定位実験2の終了後、被験者はコンピュータ対戦型の一人用バーチャル卓球システムを体験し、その後でアンケートに回答した。アンケート項目は以下の通りである。

- より楽しさを感じたのはどちらですか
 - より頑張ろうと思ったのはどちらですか
- 質問に対して回答は[一人システム/二人システム]から選択する。

4 実験結果

4.1 定位実験

ラリー訓練の前後に実施した音像定位実験の正答率の平均値を算出した。その結果をFig.3に示す。それぞれ58.8[%] (SD=16.2), 70.8[%] (SD=13.7)であった。ラリー訓練が音像定位能力に与える影響を検討するために、訓練前後の音像定位の正答率について対応のあるt検定を行った。その結果、ラリー前後の正答率の平均値に有意差が見られた($t(9)=2.41, p<0.05$)。

次に各呈示方向に対する回答方向の分布を図4, 5に示す。図よりボールの終点位置を正しく回答しているが、始点の判別はやや困難であったことが確認できる。

4.2 心理評価

2つのシステムに対する心理的印象を比較したアンケート結果を図6に示す。図より従来システムに比べ、本稿で開発した二者間のバーチャル卓球システムは楽しさと意欲の両方の印象評価において高く評価されたことが確認できる。

5 まとめ

2つの音響樽をインターネット接続した二者間バーチャル卓球システムを構築し、システムを用いることで受聴者の定位精度が向上することを確認した。また、従来システムより本システムはプレイヤーが楽しみながら定位訓練できることが示唆された。

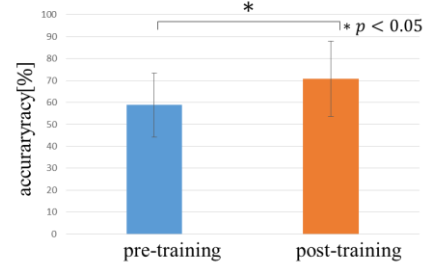


Fig3. ラリー前後の音像定位の正答率

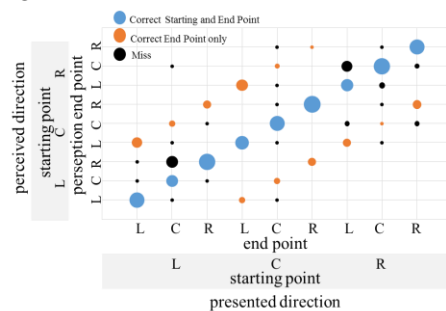


Fig4. 提示方向別の回答結果(ラリー前)

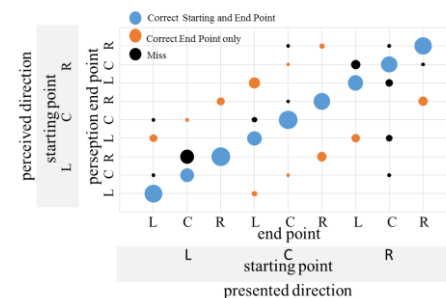


Fig5. 提示方向別の回答結果(ラリー後)

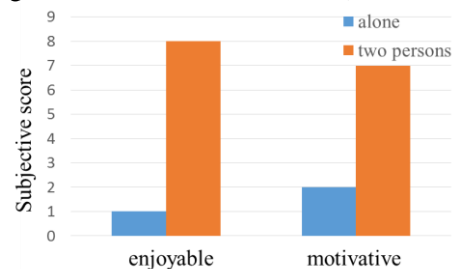


Fig6. 印象評価アンケート結果

参考文献

- [1] 伊勢, 音学誌 53 (9), 706-713, 1997
- [2] 伊勢, 音講論(秋), 3-5-13, 2011
- [3] 小笠原, 音講論(秋), 715-716, 2013.
- [4] 福井, 音講論(秋), 717-718, 2013.