

身体運動と相互作用する三次元音場再生システムの構築

-バーチャル卓球の開発に向けた基礎実験-

☆福井誠人^{1,4}, 小林まおり^{1,4}, 上野佳奈子^{1,4}, 小笠原圭祐^{2,4}, 宮寺真之介^{3,4},
池田雄介^{3,4}, 渡邊祐子^{3,4}, 伊勢史郎^{3,4}, (¹明大, ²京大, ³東京電機大, ⁴JST・CREST)

1 はじめに

我々は、音響樽(境界音場制御の原理[1])に基づいて開発された三次元音場再現システム[2])を用い、身体運動に応じて音場が応答するシステムを構築し、バーチャル卓球システムの開発を進めている[3]。音情報のみでゲームを行う卓球システムは、娯楽としてだけでなく、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期待できる。音を手がかりに、バーチャルな卓球を行うには、打球の動きがわからなければならない。音響樽における音像定位の精度は高く[4]、バーチャル卓球に必要な性能を満たすと考えられる。本研究ではシステム実現に向けた基礎検討として、視覚障害者用卓球の球(以下、サウンドボール)が転がる音を呈示し、音響樽で知覚可能な球の移動経路の定位精度を確認することを目的とする。同時に、学習が定位精度に及ぼす影響についても検証した。

2 定位実験概要

2.1 刺激音の収録・作成

刺激音は、サウンドボール(Nittaku,NB1121)を使用して、防音室で収録した。刺激音は80個の無指向性マイクロホン(頂点)に配置したC80 フラワーレン構造のマイクロホンアレイで収録した。収録図を Fig.3 に示す。球の始点位置は3点、終点位置は5点とし、等間隔に配置した。収録音に再現音場の伝達関数の逆フィルタを畳み込み、刺激音を作成した。音

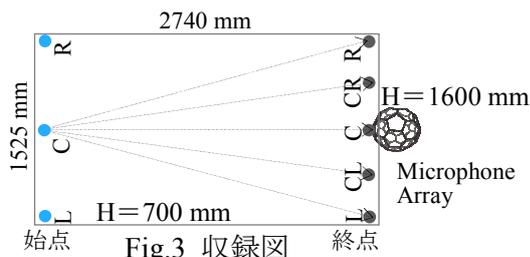


Fig.3 収録図

圧レベルは全条件頭部中心位置で 62 dB($L_{A,Fmax}$)に調整した。

2.2 実験方法

予備実験において、初めて聞く刺激音から球の位置を知覚することは難しい場合が多いことが示唆された。そこで、実験は学習プロセスを取り入れて進めることとし、始点・終点位置を段階的に増やすことで難易度を操作した4つの実験レベルを設定した(Table.1)。レベル1はより容易な試行として、刺激音の最後にラケットに当たる音を呈示した。

被験者の課題としては、球筋が聞き分けられるかを知るため、樽内に呈示した卓球の球の始点および終点の組み合わせを9(レベル1~3)あるいは15(レベル4)の選択肢から選択させた。ただし、レベル1・2・4は終点が正しければ正答と扱った。レベル1~3は、1セッション18試行(各方向3回)、レベル4では、30試行(各方向2回)とした。試行間間隔を5秒とし、その間に回答するよう求めた。各レベルで正答率が80%に到達した場合には、次のレベルに進み、80%未満の場合には誤答した呈示方向の刺激を再度呈示して、同レベルのセッションを再度行った。レベル1~3では正答率が80%に到達するまで繰り返したが、レベル4については正答率に関わらず3セッションで打ち切った。実験は、明治大学音響樽(スピーカ:FOSTEX FE103En)で行い、聴覚正常な11名(男性6名,女性5名)が参加した。

Table.1 各 Level 条件における呈示パターンと正答条件

レベル	呈示パターン			正答とした条件
	始点	終点	パターン数	
1	L,C,R	L,R	6	終点の正解
2	L,C,R	L,R	6	終点の正解
3	L,R	L,C,R	6	始点・終点の正解
4	L,C,R	L,CL,C,CR,R	15	終点の正解

*Development of the 3-D sound field reproduction system interacting with body action - Basic experiment for development of the virtual table tennis system. by FUKUI Masato^{1,4}, KOBAYASHI Maori^{1,4}, UENO Kanako^{1,4}, OGASAWARA Keisuke^{2,4}, MIYADERA Shinnosuke^{3,4}, IKEDA Yusuke^{3,4}, WATANABE Yuko^{3,4}, ISE Shiro^{3,4} (¹Meiji univ., ²Kyoto univ., ³Tokyo denki univ., ⁴JST・CREST)

3 実験結果・考察

各セッションにおける各被験者の正答率および、全被験者の平均正答率を Fig.4 に示す。また、レベル 2・3・4 の各呈示方向に対する知覚された方向の頻度を Fig.5a・b・c に示す。レベル 1・2 では、1セッション目で全被験者の平均正答率が 80%以上であり、2セッション目までで、全ての被験者が 80%を超えた。このことから終点 L・R の判断は容易であったことが伺えるが、レベル 1・2 では始点位置の知覚が右寄りに回答される傾向がみられた。

レベル 3 の 1セッション目では正答率に被験者間で差がみられたが、3セッション目までに全被験者が 80%以上の正答率に達した。このことから、レベル 3 程度の難易度であれば、数回の練習試行を経て学習し、始点・終点のほぼ正しい知覚ができるようになることが示された。始点・終点別に誤答の傾向をみると、始点の知覚では、レベル 2 と同様に右寄りに回答される傾向がみられた。ただし、終点 C の場合では、始点知覚が特定の方向に偏っているわけではなかった。また、終点の知覚でも、右寄りに回答される傾向がみられた。

レベル 4 では、全被験者の平均正答率は 50%程度であり、3セッション間で正答率の違いはみられず、知覚精度の向上は確認されなかった。始点・終点位置共に、右寄りに回答される傾向があり、特に始点 C ではより顕著であった。

全レベル通じて、始点が呈示した位置よりも右寄りに判断され、終点においても呈示方向を増やすことで右寄りに偏る傾向がみられ、この点については今後検討が必要である。

4 まとめ

本研究では、サウンドボールの移動経路について定位実験を行い、音響樽で可能な知覚精度の検討を行った。実験結果から始点、終点位置が共に 3 点程度であれば、ほぼ正しい知覚が可能であることがわかった。本実験では身体運動を行っておらず、知覚された位置に手を動かし、球を打ち返すという相互作用を実現できるかは、別途検討が必要である。今後は、身体動作の認識方法、身体動作に応じた打球音の呈示方法について検討を進め、視覚障害者の娯楽となりうるシステムの実装を行う予定である。

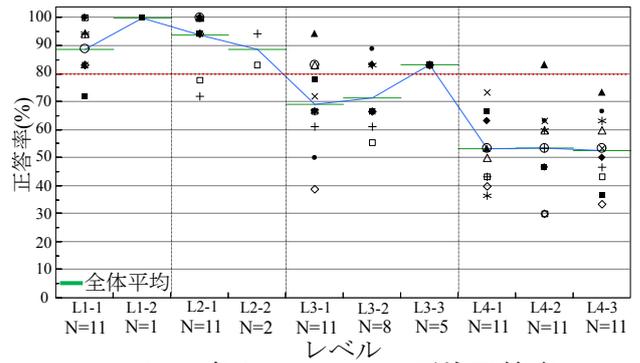
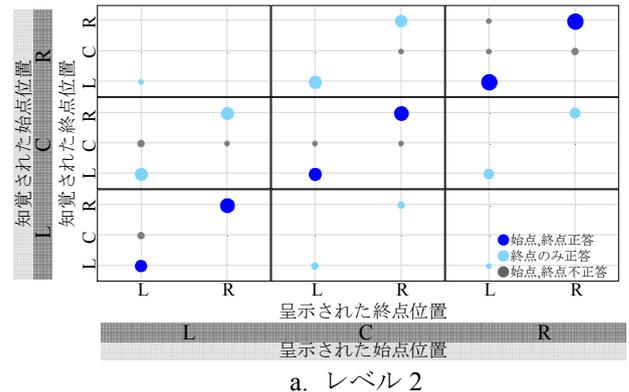
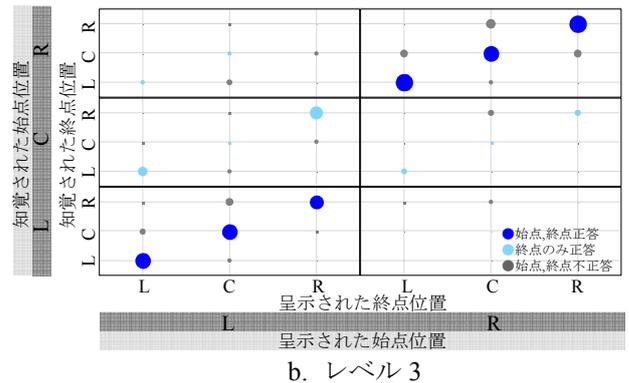


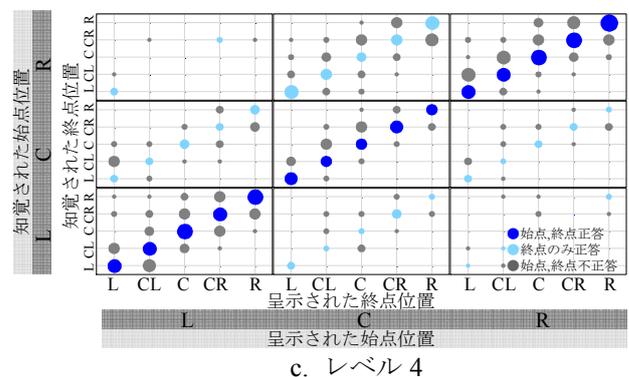
Fig.4 各セッションの平均正答率



a. レベル 2



b. レベル 3



c. レベル 4

Fig.5 各呈示方向に対する知覚された方向の頻度

参考文献

- [1] 伊勢, 日本音響学会誌, 706-713, 1997.
- [2] 伊勢, 音講論(秋), 3-5-13, 2011.
- [3] 小笠原他, 音講論, in press.
- [4] 山下他, 日本音響学会誌, 719-720, 2013.