

# バドミントンにおける打撃音拡張に関する研究

中村たいら<sup>†1</sup> 小川大地<sup>†1</sup> 梶本裕之<sup>†1</sup>

バドミントンをはじめとするラケットスポーツにおいて、ボールを打った際の打撃音はショットの印象を決定付ける重要な手がかりである。本稿では実際にバドミントンでスマッシュを打った際の音拡張を行い、その効果を調査した。その結果、打撃音を提示することによりショットの爽快感が増すことが示された。

## KODAMA AR : augment impact sound in badminton

TAIRA NAKAMURA<sup>†1</sup> DAICHI OGAWA<sup>†1</sup>  
HIROYUKI KAJIMOTO<sup>†1</sup>

The impact sound is very important clue that determines the impression of a shot in racket sports, including badminton. In this paper, we augment the impact sound when you hit the ball. And we investigate the effect. As a result, refreshing sensation become increase by presenting a impact sound.

### 1. はじめに

バドミントンをはじめとするラケットスポーツにおいて打撃音は球の速さ、回転量等の情報を知るための重要な要素である。とりわけプロフェッショナルの放つ強烈なスマッシュは心地よい打撃音を響かせる。一方初心者の打つスマッシュはスイートスポットをはずす、力を十分に伝えきれないといった理由から音が悪い。

音と人の感性の結びつきは強く、自動車や事務機器などの製品音や公共空間等を対象に様々な研究がおこなわれている[1][2]。このことから打撃時の音のみを変えることでショットの印象が変わる可能性が示唆される。スポーツの現場では心地よい打撃音の出るラケットやゴルフボールの研究開発が行われている[3][4]。しかしこれらの技術が用いられた製品を使っても、強力なショットを打つためには筋出力、身体の使い方、力の伝え方など課題が多く、初級者や中級者が実際にプロフェッショナルのような打撃音を出すことは困難である。

そこで我々はバドミントンにおける打撃音を拡張することで、プロフェッショナルのような強烈なショットを打った感覚が得られるのではないかと考えた。

音フィードバックによる感覚拡張によってスポーツのパフォーマンス向上を目指す研究が数多くされているが[5][6][7][8][9]、これらは本来聴覚以外で知覚している情報や聴こえないはずの音を可聴化しているという点で今回の音拡張とは異なる。

本研究は図 1 に示す打撃音拡張装置を用いて実際の打撃時の音を拡張し、プロフェッショナルの打球感を疑似的に体験することを目的とする。本稿ではその第一歩として打撃音を拡張する装置の試作と、打撃音を拡張することの

ショットの印象への影響を調査した。



図 1 打撃音拡張装置 (ラケット取り付けユニット)

Figure 1 Impact sound expansion unit

### 2. 打撃音拡張装置

本装置のシステム構成を図 2 に示す。本システムはラケット取り付けモジュール、PC、スピーカから構成される。ラケット取り付けモジュールには加速度センサ (ANALOG DEVICES 社製, ADXL377)、マイクロコントローラ (NXP 社製, mbed NXP LPC 1114)、bluetooth モジュール (Inter Solution Marketing 社製, Parani ESD200) が搭載されている。加速度センサによって打撃時の衝撃を取得し、PC に音再生のキューを送信することで打撃音拡張を行う。

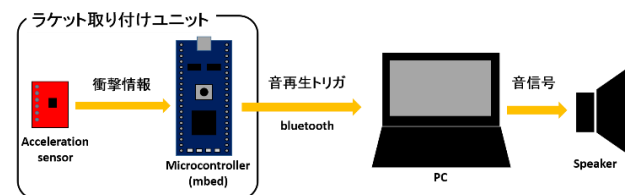


図 2 システム構成

Figure 2 System configuration

<sup>†1</sup> 電気通信大学  
The University of Electro-Communications

{n.taira, ogawa, kajimoto}@kaji-lab.jp

## 2.1 打撃検出

加速度センサを搭載したラケット取り付けユニットはラケットのグリップエンド部に装着した。テニスのスイング解析等に用いられるセンサ[10][11]も同様の位置に装着することから、この位置は既存のラケットに後から取り付けられ、使用中邪魔になりにくく加速度を取得できる位置であると考えられる。

図 4, 図 5 にスマッシュ打撃時と素振り時のラケットの加速度の変化を示す。なおラケットと加速度センサの各軸との対応は図 3 のとおりである。



図 3 ラケットと加速度センサ軸の対応  
Figure 3 Racket and acceleration axis

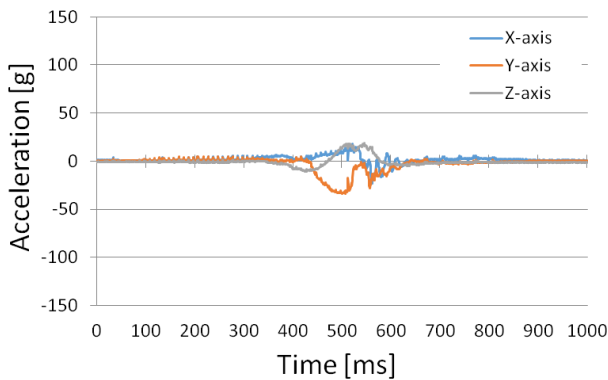


図 4 スイング時の加速度  
Figure 4 Acceleration (Swing)

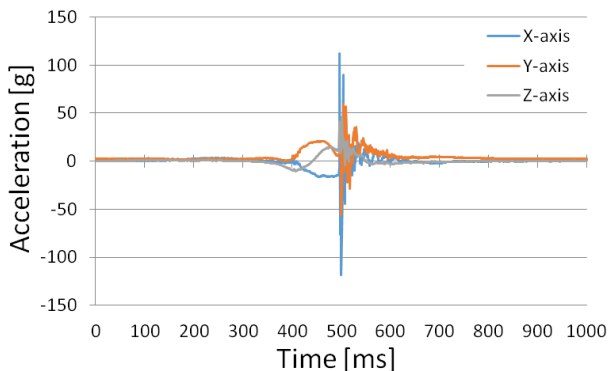


図 5 スマッシュ時の加速度  
Figure 5 Acceleration (Smash)

これらのデータから、打撃検出の閾値として X 軸の±50G の値を採用した。

## 2.2 遅延

本システムの打撃検出から音出力までの遅延は 93[ms]である。Bluetooth 通信による遅延がおよそ 50[ms], PC での音再生までの遅延がおよそ 40[ms]である。

Zampini らの調査[12]によると、人の触聴覚刺激の時間的ずれの許容範囲は 44.3~81.6[ms]である。このことから本システムの打撃検出から音出力までの遅延は知覚できる可能性が高い。一方で実際に屋内でバドミントンをプレイする場合、通常反響音が聞こえるので、この遅延は反響音として解釈されて自然さは損なわれない可能性もあるため、今回はこのセットアップで実験を行った。

## 2.3 提示音

提示音として強烈なスマッシュ音(Sound A), 打ちそこない音(Sound B)の二種類を用意した。両者は実際に上級者にスマッシュを打ってもらい録音した。打ちそこない音はフレームで打った際の音である。音データの長さは Sound A が 795[ms], Sound B は 162[ms]である。

## 3. 実験

バドミントンラケットでシャトルを打った際、聴覚刺激を提示することで、ショットの印象が変化するか調べる実験を行った。

### 3.1 実験環境

打撃音拡張装置、ラケット、シャトルを用いて実験を行った。聴覚刺激はフルレンジスピーカ (AURA SOUND 社製, NSW2-326-8A) を被験者の右斜め前方に配置し提示した。音量は被験者の耳の位置で Sound A が 94.0[dB(A)], Sound B が 90.4[dB(A)]だった。実際にスマッシュを打った際の音量は 87.1[dB(A)]であるので、今回提示した聴覚刺激は実際の打撃音をかき消せる音量だと考えられる。

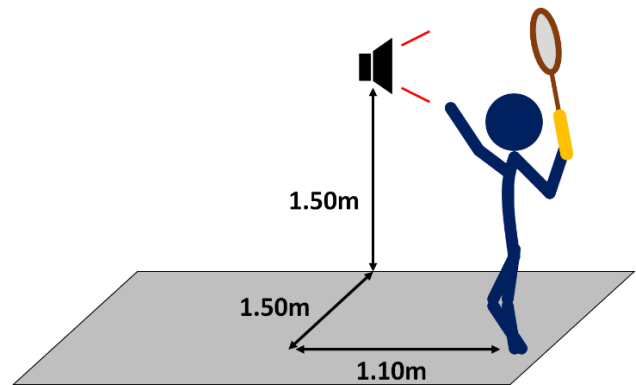


図 6 スピーカ位置  
Figure 6 The position of the speaker

### 3.2 実験手続き

被験者には打撃音拡張装置つきラケットを把持させ、スピーカからの距離が一定となるよう着けた床の目印の位置に立たせた。実験者が被験者の左前方からシャトルを手投げトスし、その球を被験者は前方に向かって打ち返した。

1 試行目は音なし条件でスマッシュを 10 球打ち、2 試行

目は音あり条件で 10 級スマッシュを打った。この時 1 試行目のショットの印象を 4 として 2 試行目が何点かを 7 段階リッカートスケールで回答した。これを 1 セットとし、Sound A、Sound B の 2 セット行った。順序効果を考慮して被験者ごとに Sound A と Sound B の提示順はランダムとした。

被験者には次の 4 つについて回答させた。

- Q1. ショットの爽快感
- Q2. ショットの主観的速さ
- Q3. ラケット面の中心に球が当たっているかどうか
- Q4. 体験全体の自然さ

被験者は 6 名 (男性, 21-25 歳) であった。なお今回の被験者は全員バドミントン経験一年未満の初心者である。

### 3.3 実験結果

音なし条件でのスマッシュを 4 としたときの、各音あり条件におけるショットの印象を 7 段階リッカートスケールで回答させた結果を図 7、図 8、図 9、図 10 に示す。

緑色のボックスは第三四分位数から中央値、薄緑色のボックスは中央値から第一四分位数を表し、赤色のラインは中央値を表す。縦軸は各設問に対する被験者の回答、横軸は各音条件を表す。

実験結果よりショット音を誇張することによって爽快感が向上することが示唆された。またショットの速さの主観的評価も向上する可能性が示された。一方シャトルの当たっている位置知覚では効果が見られず、体験全体の自然さは不自然となることが示唆された。Sound A と Sound B に関する大きな違いは表れなかった。

内観報告として「音が鳴っている方が気持ちよかった」、「ショットに応じて音量が変わるといいと思った」、「シャトルの当たった位置は普段やっていないから分からない」、「スピーカの位置が気になる」、「時間遅れが気になる」、「時間遅れは分からなかった」、「とても楽しかった」などの意見があった。

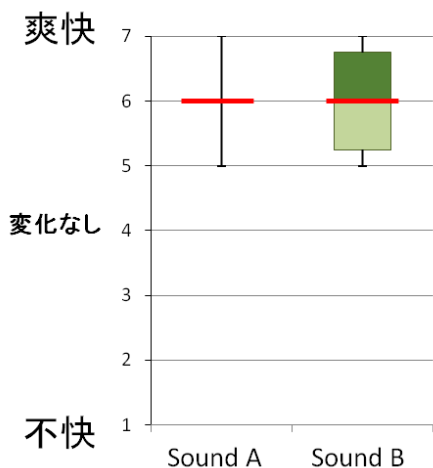


図 7 被験者の回答 (爽快感)

Figure 7 The results of Q1

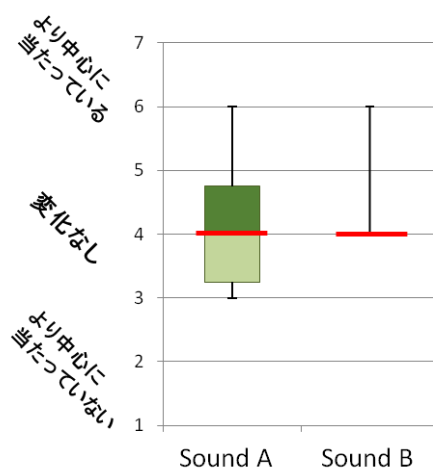


図 9 被験者の回答 (中心に当たっているか)

Figure 9 The results of Q3

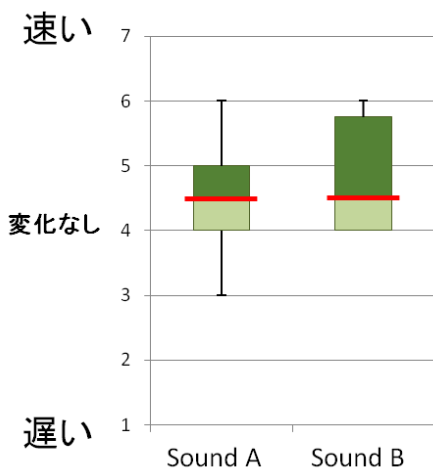


図 8 被験者の回答 (速さ)

Figure 8 The results of Q2

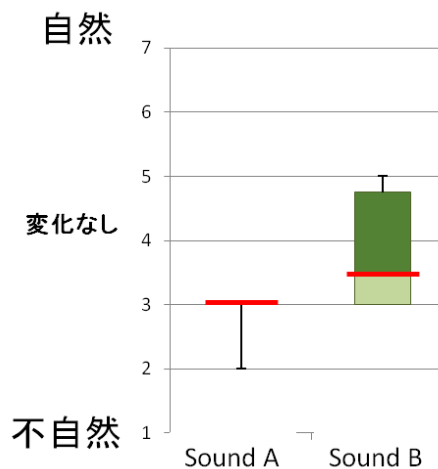


図 10 被験者の回答 (自然さ)

Figure 10 The results of Q4

## 4. 考察

バドミントンの打撃音を拡張することでショット自体の印象を変化させることができると考えられる。Sound A と Sound B の差が表れなかったことに関しては、音量の問題が考えられる。今回は実際のスマッシュ音と比べどちらの音も十分大きな音を提示したため、Sound B が当たり損なった際の音として認識されなかった可能性が考えられる。提示する音に関しては音量、音質、音のモデリングをするか否か等再検討の余地がある。

今回の実験は被験者が全員バドミントン初心者だったため、ショット自体の速さ、シャトルの当たった位置まで注意が向かなかった可能性がある。今後バドミントン経験者を対象に再実験を行う予定である。

システム全体の時間遅れに関しては、個人差があるものの概ね知覚可能な遅延が発生していた。この遅延が体験全体の自然さを損なう主な原因だと考えられる。今後システム自体を改良し遅延低減を目指す

## 5. 結論

本稿ではバドミントンショット時の音を拡張することでショットの印象が変化するかを調査した。その結果打撃音を提示することでショットの爽快感が向上することが示唆された。

今後は打撃音拡張に適した音選定、バドミントン経験者に対する再実験、打撃音の反響音に対するアプローチを試みる。

## 参考文献

- [1] 戸井武司：快音設計と事務機器への応用。音響誌, vol.64, no.9, pp.571-575, (2008)
- [2] 岩宮眞一郎：音のデザイン（総説）。音響誌, vol.68, no.1, pp.19-24, (2012)
- [3] Sound filter, YONEX:  
<http://www.yonex.co.jp/badminton/innovation/#tec29>
- [4] 林田亘平, 真下啓之, 中山雅人, 西浦敬信, 山下洋一, 石井秀幸：打撃音を考慮したゴルフボール開発のための快適音印象の分析と打撃音と物理特性の関連分析。電子情報通信学会論文誌 A 96(8), 520-528, (2003)
- [5] Shoichi H, Seiichiro I, Fumihiko K, Hironori M, and Makoto S.: Realtime Sonification of Center of Gravity for Skiing. AH'12, Proceedings of the 3rd Augmented Human International Conference, No. 11, (2012)
- [6] 太田憲, 梅垣浩二, 室伏広治：小型センサを用いたハンマー投のトレーニング サイバネティック・トレーニングを目指して。スポーツ工学 (JSEA 機関誌, 特集北京オリンピック), 4,(2009)
- [7] Chiari, L, Dozza, M, Cappello, A, Horak, F. B, Macellari, V, and Giansanti, D.: Audio-biofeedback for balance improvement: An accelerometry-based system. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 52(12):2108–2111, (2006)
- [8] Hummel, J, Hermann, T, Frauenberger, C, and Stockman, T.: Interactive sonification of german wheel sports movement. In Proceedings of ISON 2010, 3rd Interactive Sonification Workshop, pages 17–22, (2010)
- [9] 高井秀明, 西條修光, 楠本恭久：アーチェリー実射中の心拍音の傾聴が心理・生理的状态とパフォーマンスに及ぼす影響, スポーツ心理学研究, 36(1), pp.13-22, (2009)
- [10] Zepp Tennis Swing Analyzer, Zepp: <http://www.zepp.com/tennis/>
- [11] Smart Tennis Sensor SSE=TNIS, Sony:  
<http://www.smarttennissensor.sony.co.jp/>
- [12] Zampini, M, Brown, T, Shore, D. I, Maravita, A, Röder, B, Spence, C.: Audiotactile temporal order judgments. Acta psychologica, 118(3), 277-291, (2005)