

神奈川工科大学

先進 e スポーツ研究センター

研究報告

第 1 号

2021 年度

目次

・e スポーツ環境に適した競技コンテンツ作成および配信に関する研究

情報ネットワーク・コミュニケーション学科	塩川茂樹
情報メディア学科	上田麻理
情報ネットワーク・コミュニケーション学科	岩田一
情報ネットワーク・コミュニケーション学科	丸山充
情報ネットワーク・コミュニケーション学科	瀬林克啓
情報工学科	谷代一哉

・A I ×聴覚活用によるスポーツトレーニング技術の開発と実践

情報メディア学科	春日秀雄
情報メディア学科	上田麻理
情報工学科	田中哲雄
ロボット・メカトロニクス学科	高橋勝美
情報ネットワーク・コミュニケーション学科	塩川茂樹
協力者：外部資金課・硬式野球部監督	新田晃司
協力者：企画入学課・硬式野球部コーチ	二神洋二郎

e スポーツ環境に適した競技コンテンツ作成および配信に関する研究

研究者名：情報ネットワーク・コミュニケーション学科	塩川 茂樹
情報メディア学科	上田 麻理
情報ネットワーク・コミュニケーション学科	岩田 一
情報ネットワーク・コミュニケーション学科	丸山 充
情報ネットワーク・コミュニケーション学科	瀬林 克啓
情報工学科	谷代 一哉

1. 研究の目的

コンピューターゲーム、ビデオゲームを使った対戦をスポーツ競技として捉える際の名称として定義される e スポーツは、これまでアメリカ、韓国、中国等の海外を中心に活発に普及していたが、近年では国内でも急速に普及し始め、国内市場も 2022 年には約 100 億円に達する見込みである。2019 年の茨城国体では文化プログラムに採用されたほか、経済効果や集客拡大等による地域活性化を期待し、自治体による e スポーツのイベント誘致や主催も活発化している。特に COVID-19 の影響により屋外活動や大人数での活動に制限が設けられている現状において、老若男女問わず、場所や時間の制約を受けることなく、また他者との接触がなくても実施可能な e スポーツは、新しいスタイルのスポーツとして今後ますます定着していくものと考えられる。実際、2020 年度の鹿児島国体は COVID-19 感染の影響を受けて 2022 年に延期となったが、全国都道府県対抗 e スポーツ選手権 KAGOSHIMA はオンライン大会として開催された。

このように e スポーツの普及は目覚ましいものの、そのプラットフォームを支える技術はまだ発展途上にある。例えば競技の側面にとらえた場合の勝敗成績等の公平性に関する問題や、ゲームとして扱った場合の長時間プレイすることによる依存症問題や視力・指に及ぼす身体的影響、あるいはイベントとしてみた場合の経済効果など、情報技術から経済、医療まで幅広い分野において多くの解決すべき課題を有している。本研究の目的は、ICT 技術を活用することで、上述した e スポーツ用コンテンツに関する諸問題の解決を図ることである。特に情報指向型ネットワーク技術、センシング技術、音響技術を駆使したコンテンツ配信プロトコルの開発を目的とする。

2. 研究の必要性及び従来の研究

「先進 e スポーツ研究センター」では、e スポーツが抱える課題について精力的な調査を行ってきた。これらの調査の過程で、様々な分野に関連する多くの課題の中から、e スポーツ競技の公平性を保つためには競技コンテンツの低遅延配信や同期配信がとても重要であ

るという点、および競技力向上のためのトレーニング手法が確立していないという点に着目した。

そして、競技コンテンツ配信の高効率化のために、情報指向型ネットワークを活用できないかという着想およびセンシング技術や音響技術を競技力向上のためのトレーニングに活用できないかという着想に至った。特に、研究者がこれまでに行ってきた情報指向型ネットワークにおけるデータ管理・送信技術やセンシング技術、音響技術の研究成果は、そのまま e スポーツ競技コンテンツ配信に関する課題解決に適用できないものの、基礎となるアイデアをはじめこれまでの経験や成果が生かせるのではないかという点が、本研究における課題設定の着想の経緯にある。

情報指向型ネットワークの研究は、サーバやパソコンなど移動を伴わない端末より構成される静的ネットワークを対象としたものと、スマホや車をはじめとする IoT デバイスなど、移動を前提とする端末より構成される動的ネットワークを対象としたものに分かれる。前者に対しては NICT が実用化のためのオープンソースソフトウェアを公開するなど、多くの機関が勢力的に研究を行っている。申請者も対象としている動的ネットワークの研究に関しては、シミュレーションや理論を基にしたものが中心であるが、モバイルネットワーク技術の発展に伴い、実験研究も少しずつ増え始めている。

e スポーツに関しては、例えば競技時の視線やコントローラ操作による指動作を解析する人間工学的アプローチや、競技時間とゲーム依存症の関連調査といった医学的アプローチなど、多方面で研究が進み始めているが、情報ネットワーク分野においては、まだ大きな研究成果は上がっていないのが現状である。また、フィジカルスポーツにおいて音の重要性は認識されているが、e スポーツに対しては未知の要素が多くこれから発展する研究分野である。センシングに関しては e スポーツでも様々な動作解析研究が行われているが、競技力向上のためのコンテンツ開発までは至っていないのが現状である。

3. 期待される効果

ICT 技術は e スポーツにおいてその核となる競技コンテンツにかかわる重要な要素である。競技コンテンツは競技者自身がその競技のために必要とする競技用コンテンツと、競技観戦者に提供する観戦用コンテンツに分かれるが、前者の競技用コンテンツは競技の公平性を担保できるように各競技者へ提供されなければならない。しかしながら、現在のインターネットでは、遅延等の問題から十分な公平性が担保されないという課題がある。

例えば国内競技者が海外競技者と競技をする際、競技用コンテンツを提供するサーバの所在地により、競技前に優劣がついてしまうなどの不公平が生じることが分かっている。また、チームで行う競技においては、競技用コンテンツが各メンバーに届く時刻同期のずれが競技に影響を及ぼすこともある。したがって、e スポーツを通常のフィジカルスポーツと同様に国内外問わず地球規模で開催できるようにするためには、これらの

課題の早急な解決が望まれる。また、後者の観戦用コンテンツはeスポーツの普及に欠かせない要素であり、センシングや音響効果を駆使した高臨場感コンテンツの開発やSNSを駆使した効果的なコンテンツ配信などが期待される。これらの要望・期待に対して本研究成果がはたす貢献度は極めて高い。

4. 研究の経過及び結果・評価

本研究では「eスポーツ環境に適した競技コンテンツ作成および配信に関する研究」という課題に対して、下記の3つの項目を中心に検討を行った。

①競技コンテンツ配信の遅延や同期のずれが競技に及ぼす影響の検証

②競技コンテンツ配信に適したコンテンツ管理・配信プロトコル

③センシング・音響・SNS技術を活用した競技コンテンツ開発および配信

以下に、各項目に関して今年度の成果を述べる。

①については、カーレーシング競技の一つであるProject Cars2において、オンライン競技を実施する際にネットワーク遅延を付加した場合の競技への影響を検証した。その結果、100ms程度の遅延から対戦相手の車の動きが不自然になり記録に影響を及ぼし始めることや、500ms以上の遅延では公平な競技が担保できない事などが明らかとなった。本成果に関して2件の口頭発表を行った。

②については、情報指向型ネットワークにおいて、コンテンツの速度と信頼性を向上させるために、最適なコンテンツ配信端末を決定するアルゴリズムの提案を行った。提案手法では、状況に応じて1台もしくは2台のコンテンツ配信端末を決定し、2台の場合には半分ずつのコンテンツ配信をさせることで配信速度を向上できることを示した。本成果に関して2件の口頭発表を行った。

③についてはProject Cars2において、音響の有無による競技への影響やスタートの反応について調査を行い、競技上級者と初級者で音響の有無の影響に違いが生じることなどを明らかにした。またリズムゲーム競技において、音響やネットワーク遅延の有無が競技に及ぼす影響について定量的な評価を行った。さらに、一人称視点シューティング(FPS)競技について、ネットワーク環境や音響環境が競技に及ぼす影響を調査し、公平な競技を担保するために必要な条件を明らかにした。本成果に関して5件の口頭発表を行った。

5. 今後の計画

今後は以下の2点にかんして検討を進める予定である。

① 音響・視線およびネットワーク環境が競技に及ぼす影響評価

実際のeスポーツ競技用ネットワークに対して疑似的にネットワーク環境を変化させることで生じる遅延や同期のずれが競技に及ぼす影響を具体的に検証する。また、画面に対する視線の動きや競技の種類に応じたコントローラを操作する指・腕・身体の動

作および音響が競技中の各判断や操作に与える影響についても具体的に検証し、高誰もが無理なく実施できる競技開発のための基礎データを取得する。

② AI を活用した e スポーツ競技のログ解析

競技の種類に応じた様々なログ（例えばカーレース競技を対象とした場合アクセルワーク、ハンドル操作、ブレーキ操作、コース取り等）を AI の活用により詳細に解析する。そして競技力と各要素の相関抽出や競技内容から競技者の特定を行う手法を検討する。これらの成果は競技者の特性に応じて競技をサポートするシステムの開発につながると考えている。

6. 研究成果の発表

口頭発表 9 件

1. 塩川茂樹，篠原楓，及川健太，“マルチパスを利用した ICN コンテンツ取得に適したプロバイダ決定”，電子情報通信学会複雑コミュニケーションサイエンス研究会，2022 年 3 月
2. 塩川茂樹，上田麻理，岩田一，“ネットワーク環境や音響が e スポーツ競技に及ぼす影響調査”，革新的無線通信技術に関する横断型研究会，2021 年 10 月
3. 塩川茂樹，上田麻理，岩田一，春日秀雄，“FPS における聴覚情報の活用”，日本音響学会 2022 年春季研究発表会，2022 年 3 月

他 6 件

A I × 聴覚活用によるスポーツトレーニング技術の開発と実践

研究者名：情報メディア学科	春日 秀雄
情報メディア学科	上田 麻理
情報工学科	田中 哲雄
ロボット・メカトロニクス学科	高橋 勝美
情報ネットワーク・コミュニケーション学科	塩川 茂樹
協力者：外部資金課・硬式野球部監督	新田 晃司
企画入学課・硬式野球部コーチ	二神 洋二郎

1. 研究の目的

日本独自の競技力向上メソッドを獲得するために、音と動きの定量化と音を用いたトレーニングアプリを開発することが本研究の目的である。ここでは、選手の優れたプレーの際に発生する音が、そうでないときに発生する音と異なるという点に着目する。音の違いは、経験豊富な選手やトレーナーであれば感覚的に分かるかとされているが、その違いを定量的に評価した研究はこれまでに行われていない。そこで、うまい選手の動き、または、うまいプレーを画像解析によって分析し、そのときに発生する音の音響特性を解析し、その関係を定量的に評価する。そこから音響的物理量を含むスポーツデータをデータベース化を行い、AI を用いてスポーツ分析を行う。

本研究では、選手の動きに併せた音響特性を解析することを第一の目的とする。そして、その音響特性の解析情報を競技力向上に役立てるために、音を用いたトレーニングアプリを開発することを第二の目的とする。なお、本学で新たに立ち上がった e スポーツプロジェクトに合わせて、リアルスポーツだけでなく e スポーツトレーニングにも活用できる技術開発も行う。

なお、本研究は『音』と『スポーツ』という学生が興味を持ちやすいテーマを扱っており、プロジェクト研究などの PBL 教育に取り入れて学生による研究活動の促進する効果も期待できる。

2. 研究の必要性及び従来の研究

2021 年開催の東京オリンピック・パラリンピックをキックオフとして、日本では国を挙げてスポーツ政策が推進されている。スポーツ庁では「国際競技力の向上」を目的として、平成 27 年度から様々な「競技力向上事業」を実施している。例えば、『ハイパフォーマン・サポート事業』では世界の強豪国に競り勝ち、確実にメダルを獲得することができるようスポーツ医・科学、情報による専門的かつ高度な支援が行われている。しかしながら、現状のハイパフォーマン・サポート事業には、聴覚（音）の視点が組み込まれていない。我

が国の国際競技力の向上には他国との差別化を図った上で、日本独自の要素技術を展開することが必須であると考え、そこで、本研究ではハイパフォーマンス・サポート事業にも組み込まれておらず、これまでほとんど着目されてこなかった音・聴覚に着目し、AI 技術と音・聴覚の視点を取り入れた日本独自のトレーニングシステムの構築を行う。

スポーツ選手はしばしば競技の出来不出来を、感覚的に音を用いて表現することがある。例えば野球では、良いバッティングができた時に「良い音（打球音）がする」と言う。現在 MLB で活躍している大谷翔平選手に関するニュースでも、「(バッティングの) 音が違う」と評されている。このように、競技能力の違いが音に現れるのは明らかであるが、音とスポーツを科学的に研究した例はこれまでない。国際的な舞台で活躍できる日本のスポーツ選手の競技力向上のためにも、諸外国との差別化は必要である。音を活用した日本独自の新しいトレーニングシステムを構築することができれば、競技力向上のための差別化を図ることができる。

視覚障害者スポーツの一つであるブラインドサッカー競技においては音の減衰量（音圧レベル差）をトレーニングすることによって距離把握能力の向上効果が確認された。健常者においても、球技における聴覚情報の利用方法に経験年数やポジションによって異なることが統計的に明らかになった。つまるところ、『スポーツ選手は無意識に音を利用している』のである。そこで、本研究では選手が利用している聴覚情報の音響特性と競技動作の動きの関係を、AI を用いて解析し定量化した上で、音（聴覚情報）をトレーニングに取り入れた新しいトレーニングシステムの構築を行い、聴覚（音）という新しい視点から競技力向上を目指す。

これまでも画像処理によってスポーツ選手の動きを解析する試みは行われているが、それらは基本的に身体の動きだけを解析するものである。運動に付随して発生する音の情報を動作に関連付けて解析する手法については十分に研究されていない。また、音を用いたトレーニングシステムやトレーニングアプリの開発については世界的にも行われていない。

3. 期待される効果

本研究では、選手の競技中の動き、または、トレーニング中の動きと、打球音・衝撃音のような動作に対応して発生する音を計測する。まずは、動きと音のデータの適切な計測方法を調査し、その後、選手の動きと音のデータを収集する。それから、動きと発生した音との定量的な関係を、AI を用いて分析する。そして、分析結果を競技力向上に活かすための音を使ったトレーニングシステムおよびアプリケーションを開発する。

本研究では、パーソナルトレーニングで活用できるようなシステムを構築することを目標としている。スマートフォンのような身近な機器で撮影・録音した映像から選手の動作の定量的な評価を得ることができれば、選手は自分自身で解析のためのデータを収録することができるため、パーソナルトレーニングの質を向上させることができる。

また、音による動作の定量的な評価をトレーニングに活かすだけでなく、競技中に発生す

音を聞き分けることで競技力を向上させる効果も期待できる。例えば、打球音からボールの方向を大まかに予想できるようになるといった効果である。この場合、聴覚情報の聞き取り力を高める訓練によって競技力を向上させることができるようになる。聴覚トレーニングを含んだ新しいトレーニングシステムを構築するために、本研究による音響的側面と動きの解析は必須である。また、聴覚情報の聞き取り力はeスポーツでも重要である。聴覚トレーニングはeスポーツトレーニングでの活用も期待できる。

4. 研究の経過及び結果・評価

本研究の前段階として視覚障害者のためのスポーツ（ブラインドサッカー）で聴覚訓練により競技力が向上することを確認した。また、バレーボール等の様々なスポーツ競技における音響特性を解析した。さらに、スポーツ選手が音を競技に活用していることを明らかにするために、野球・テニス・サッカーといった球技で競技者に対して Web アンケートを実施した。そこで、競技中に発生する音が競技者にどのような影響を及ぼしているのか、どのような情報を与えるか、どう活用したいかを調査した。また、音と画像の関係を客観的に評価する手法を開発するために、運動時の音楽の効果を姿勢推定ライブラリである OpenPose を用いて解析した。そして、音と競技能力の関係を解析するために、野球における動作解析と音響解析を行った。

今年度は、野球の打球音の音響学的特徴を明らかにするため、守備位置の違いに着目した音響計測を実施した。内野・外野で聴取する打球音の音圧差が実験によって確認された。また、周波数成分の違いを確認した。その後、特に外野の守備位置の違いに着目した音響計測も実施した。レフト・センター・ライトの3地点における打球音を収録し、相違点を分析した。その結果、浮き球とそうでない打球の音響的特性や聞こえ方が異なることを確認した。

また、eスポーツにおける聴覚情報の利用傾向や影響の有無を調査した。レースゲームで経験者と未経験者を対象に聴覚遮断時と音ありの2条件でラップタイムを計測し、全体的に音ありのほうが反応しやすいという傾向を確認した。その傾向は、経験者のほうが強いことも確認した。これにより、eスポーツにおいてもタイミングを計るような場面では聴覚情報が重要であることが確認された。

音を利用した競技環境の改善に関する研究として、野球における音響ARシステムを用いた歓声等の付加の実験を行った。KAIT スタジアムに設置された11台のスピーカーから人工的な歓声を流し、選手のモチベーションを高めることができた。人工的な歓声にはタイミングの違和感を覚える選手も多かったため、違和感を低減し品質を向上させる必要があることが明らかになった。

5. 今後の計画

今後の展望としては、まずAIを用いた分析・解析の強化が挙げられる。本学でも特に力を入れているスポーツである野球を対象とした研究を発展させることを目指す。選手の経

験年数や能力等と『音』や『動き』をデータベース化し、打球の方向・距離・種類などを判別、または、音から体格などのパーソナリティを判別することを目指す。

また、競技場面・指導場面での手がかりとしての音を「音響的物理量」に変換する。感覚的なものを『物理量』に変換し、競技や練習にフィードバックすることを目指す。音をうまく利用したプレイが可能になることが最終的な目標である。

6. 研究成果の発表

査読付き国際会議 3 件

- 1) Mari Ueda, SANTOS, Eiji Izumi, Yoshiki Fukunaga, Hideo Kasuga, Tetsuo Tanaka ,
“Auditory training system for improvement of auditory perception ability in blind soccer” , Inter noise 2021.
- 2) Satoshi Mihar, Mari Ueda, “Effects of differences in speaker performance on sports performance -Behavior analysis using OpenPose-” , Inter noise 2022.
- 3) Ryouhei Futamura, Mari Ueda, “Differences in acoustics characteristics of hitting sounds in baseball games” , Inter noise 2022.

口頭発表 13 件

- 1) 春日秀雄, 磯川昇汰, 二村亮平, 新田晃司, 塩川茂樹, 田中哲雄, 上田麻理, “野球における歓声等の環境音が選手に与える影響その 2 ー無観客試合での音響 AR とタイミングー”, 日本音響学会 2021 年秋季研究発表会

他 12 件