

[研究助成 (C)]

eスポーツ熟練者の情報処理能力を司る神経機構の解明と
トレーニング法の開発

2237004

研究代表者
(助成金受領者)

東京大学 大学院総合文化研究科 博士後期課程

鄭 仁 赫

共同研究者

東京大学 大学院総合文化研究科 教授

中 澤 公 孝

[研究の目的]

eスポーツは「電子機器を用いて対戦する新しいスポーツ」と定義される（日本eスポーツ連合，2018）。eスポーツ産業はパソコン普及率の向上と共に年々発展してきた。この産業規模の拡大により，認知的なスキルを競うeスポーツプレイヤーは認知アスリートとして注目されている。そのため，スポーツ科学の観点からその特徴を調べる研究が進んでいる。

特に，長年eスポーツをプレイすることは人間の注意力や問題解決能力を向上させることで知られている（Thillier et al., 2023）。また，eスポーツ熟練者は優れた状況把握能力やプレッシャーを感じる環境下でも高い競技力を発揮できる（Sharpe et al., 2024）。これらの先行研究の結果から，eスポーツ熟練者は優れた認知機能（主に注意力や問題解決能力）をもっていることに加え，優れた競技力を有するアスリートであると言える。

しかし，従来の先行研究には3つの主な疑問点が存在する。疑問点その1) eスポーツ熟練者の優れた認知スキルの中で一つである「情報処理能力」を司る神経機構は未だに不明である。疑問点その2) 従来の研究では，単純課題のみを用いてeスポーツ熟練者の能力を検証していたため，単純課題で観察されたeスポーツ熟練者の特徴が実際のeスポーツプレイ中にも観察されるかについては検証の余地が残る。疑問点その3) eスポーツ熟練者が優れた情報処理能

力を持っているとすれば，それらに関連する能力を高めることでeスポーツプレイヤーの競技力を向上させることができるか。

以上の3つの疑問点を解決するため，本助成研究では，実際のeスポーツ環境下で熟練者の情報処理能力を司る神経機構を解明し，それらの能力に基づいたトレーニング方法を開発することを研究目的とした。これらの研究を通じて，eスポーツアスリートの競技力を向上させることができ，人間（eスポーツアスリート）と機械（eスポーツ）の調和を最大に引き出すことができる。

[研究の内容，成果]

本助成研究の目的を達成するため，計4つの研究を実施した。

研究1 eスポーツ熟練者特有の視覚情報処理能力（Jeong et al., 2024; *PLOS ONE*）

研究1では，Pupil-Labs社の視線測定装置を用いて，League of Legends（LoL）熟練者と初心者が実際のLoLをプレイする際の視線の動きを調べた。

11名のLoL熟練者と9名のLoL初心者に協力してもらい，練習ゲーム中の視線のばらつきと固視時間を測定した。また，敵を倒した数を用いて行動指標を評価した。その結果，LoLの熟練者は初心者より有意に多くの敵を倒すことに成功した（ $p<.001$ ）。この結果は，LoL熟

練者の方が初心者より高い競技力を持っていたことに加え、適切に熟練者と初心者を分けることができたことを示唆する。また、視線データにおいて、LoLの熟練者は練習ゲーム中に初心者より視線の横縦方向のばらつきが有意に大きく ($p < .05$)、固視時間が短かった ($p < .01$)。

eスポーツにおける大きい視線のばらつきと短い固視時間は優れた視覚情報処理能力を示す指標として用いられている (Jeong et al., 2022)。そのため、研究1の結果から、LoL熟練者は初心者より、画面上の広い領域から様々な視覚情報を素早く処理していることがわかった。また、eスポーツ熟練者が持つ特有の視覚情報処理能力が優れた競技力の根源であることが示された (図1)。研究1の結果は国際誌である *PLOS ONE* に受理された。

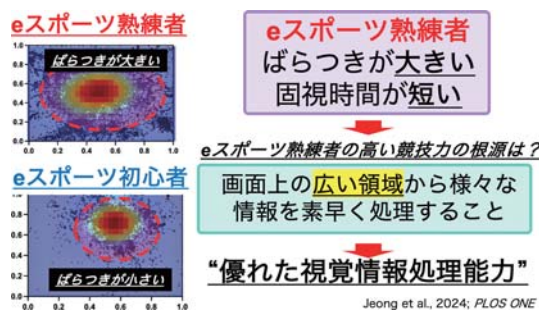


図1 実験1の結果の概要

研究2 eスポーツ内での状況別の視線制御能力 (Jeong et al., 2024; GamiFIN)

研究1を通じて、eスポーツ熟練者は優れた視覚情報処理能力を持っていることがわかった。しかし、eスポーツ内での状況は様々であり、状況別に求められる視線制御能力が異なるのかについて調べていなかった。また、状況別に求められる視線制御能力を明らかにすることで、eスポーツ内での状況に応じたトレーニング方法を開発できると考えた。そこで、研究2では、LoL内での試合状況を5つのカテゴリーに分類し、視線制御能力を状況別に比較した。試合状況は以下の4つの状況に分類した。

状況1) キャラクターを移動させるシーン

状況2) 敵と対戦を行うシーン

状況3) AIによって操作されるものと対戦するシーン

状況4) 相手のプレイを観察するシーン

また、LoLプレイ時の視線のばらつき、関心領域と固視時間を試合状況別に測定した。

その結果、LoL熟練者は中級者と比べて、プレイ状況に関わらず視線分布が大きく ($p < .01$)、固視時間が短かった ($p < .01$)。また、熟練度と中級者ともに、1つの情報に集中する場面 (状況2) より、全体の流れを掴む場面 (状況1と4) において、視線の分布が広がった ($p < .001$)。これらの結果から、広い視線分布でeスポーツプレイ中の全体の流れに注目することが、eスポーツにおける高い競技力の源泉となることが示された。また、複数の情報に同時に集中する必要がある場面では、熟練度に関わらず、他の場面よりも広い視線分布が観察されたことから、状況別に求められる視線制御能力が異なることが示された。これらの結果から、eスポーツプレイヤーのためのトレーニング方法を開発する際には、eスポーツ内でのシーンの特性を反映させる必要があると結論づけた (図2)。研究2の結果は国際誌である *GamiFIN* に受理された。

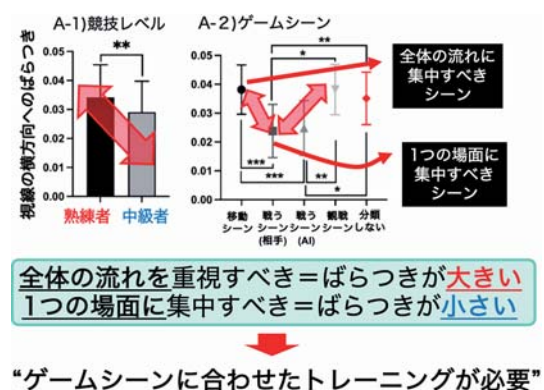


図2 実験2の結果の概要

研究3 eスポーツ熟練者特有の神経機構について (Jeong et al., 2024; *Neuroscience Letters*)

研究3では、160ch脳波計を用いてeスポーツ種目の中で一つである一人称シューティングゲーム(FPS)のプレイヤーの脳活動を実際のeスポーツに類似した環境下で調べた。9名のFPSゲーム熟練者と8名の中級者を対象とし、eスポーツプレイ中における大脳皮質の活動を計測した。また、計測された皮質活動からパワースペクトル密度(PSD)を算出し、行動指標である反応時間と正確性との関連性を調べた。

研究3の結果、FPSゲームの熟練者は中級者と比べて、課題中の前頭葉におけるdelta(1-4 Hz)とtheta(4-8 Hz)のPSDが有意に低かった($p < .05$)。また、課題中の正確性が高いほど、deltaとthetaのPSDが低かった(Kendal's Tau: -0.33 , $p < .05$)。前頭葉の低いdeltaとthetaのPSDは優れた持続的注意を反映しているため(Palaus et al., 2017; He et al., 2021)、研究3の結果は、高い持続的注意はFPSゲーム熟練者の特徴であり、優れた競技力の根源であることが示された。

また、側頭葉のdelta波において、FPSゲームの熟練者の方が中級者より有意にPSDが低かった($p < .001$)。低い側頭葉のdelta波のパワーは高いターゲット探知能力を示していることから(Bledowski et al., 2004)、FPSゲームの熟練者は高いターゲット探知能力を持っていることがわかった。

これらの研究結果から、注意力やターゲット探知能力を向上させるトレーニングがeスポーツプレイヤーの競技力の向上に貢献できる可能性が示された(図3)。また、研究3の結果を国際誌であるNeuroscience Lettersに投稿し、受理された。

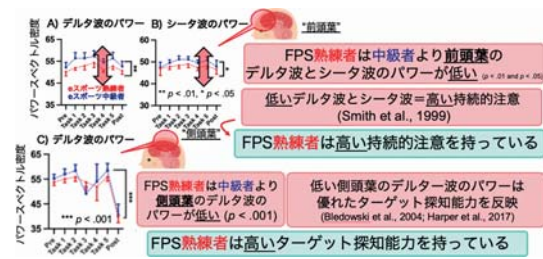


図3 研究3の結果の概要

研究4 eスポーツプレイヤーに特化したトレーニング方法の開発 (Jeong et al., 2024; *Computers in Human Behavior* 誌での査読中)

研究1-3を通じて、eスポーツ熟練者は優れた視覚情報処理能力と注意力を持っていることが明らかになった。そこで、視覚情報処理能力と注意力を向上させるトレーニングを通じて、eスポーツプレイヤーの競技力(主に反応速度や正確性)を向上させることができると考えた。

そこで、研究4では注意力(実験1)と視線制御能力(実験2)を強化するトレーニングを実施し、そのトレーニングがeスポーツプレイヤーの競技力向上に寄与するかを検証した。実験1の注意力トレーニングでは、トレーニング群は3ch脳波計を着用し、頭頂葉の活動に合わせた音フィードバックを受けた。注意力に関連する皮質活動が高いほど、低い周波数帯の音を提示した。実験参加者はランダムに振り分けられた10名のトレーニング群と11名のシャム群の参加者(計21名)に協力してもらった。実験1のシャム群には、皮質活動および視線の位置とは関係のない偽のフィードバックを提示した(図4の上段)。

実験2の周辺視トレーニングでは、トレーニング群には視線の位置が画面の中心から離れた際に警告音を提示し、周辺視で物を見る能力の向上を図った。また、実験2では、11名のトレーニング群と10名のシャム群の参加者に参加してもらった。実験2のシャム群にはフィードバックを提示しなかった(図4の下段)。



図4 研究4の実験様子

両実験の結果、トレーニング群はシャム群より反応時間が有意に短くなった（注意力トレーニング：Mdn = -27 ms, 範囲：-73.3 ms ~ +19.3 ms, $p < .05$ ；周辺視トレーニング：Mdn = -49 ms, 範囲：-155.4 ms ~ -19.2, $p < .01$ ）。シャム群の反応時間は有意に変化しなかった（全て $p > .05$ ）。この結果は、科学的根拠に基づいたトレーニングがeスポーツプレイヤーの競技力を向上させる可能性を示した（図5）。

また、研究4の結果を論文としてまとめ、人間-コンピュータ相互作用（HCI）分野におけるトップレベルの国際誌である *Computers in Human Behavior* に投稿中である。

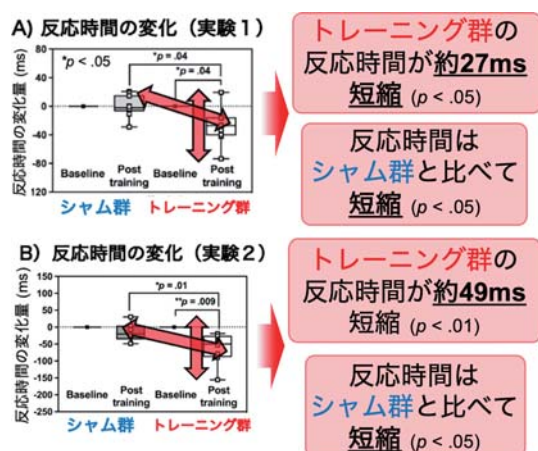


図5 研究4の結果のまとめ

まとめ・総合議論

研究1-3を通じて、eスポーツ熟練者の優れた競技力を裏付ける特有の情報処理能力を観察できた。これらの特徴はeスポーツ内での競技力と有意な相関を示したことから、高い視覚情報処理能力と注意力がeスポーツにおける高い競技力を発揮するための鍵であると結論づけた。研究4では、視線制御能力と注意力を向上させるためのトレーニングを開発し、その効果検証を実施した。その結果、eスポーツ内での正確性を落とすことなく、反応時間を短縮させることができた。これらの研究成果を通じて、人間（eスポーツプレイヤー）と機械（eスポーツ）の調和を一層深めることができた。これらの研究成果は研究代表者が博士後期課程在学中に達成できた成果であり、大学からの高い評価を受け、首席に相当する一高記念賞の受賞に繋がった。また、本申請研究を通じて得られた知見は、今後eスポーツ現場でのトレーニングや一般の認知症予防に応用できる可能性を有しており、幅広い分野への波及効果が期待される。

[成果の発表、論文など]

原著論文

1. **Jeong I.** Kudo K, Kaneko N, Nakazawa K (2024) Esports experts have a wide gaze distribution and short gaze fixation duration: A focus on League of Legends players. *PLoS One* 19(1): e0288770. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0288770> (査読あり)
2. **Jeong I.** Kaneko N, Takahashi R, Nakazawa K (2024) High-skilled first-person shooting game players have specific frontal lobe activity: Power spectrum analysis in an electroencephalogram study. *Neuroscience Letters*. Vol 825: 137685. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.neulet.2024.137685> (査読あり)
3. **Jeong I.** Kim D, Kaneko N, Nakazawa K (2024) Gaze control ability of League of Legends players in various game situations: perspectives from solo-ranked match. *GamiFIN*. Page 1-9. <https://ceur-ws.org/Vol-3669/paper1.pdf> (査読あり)

国際学会での発表

4. **Jeong I.** Kaneko N, Kim D, Takahashi R, Iwama

- S., Dohata M., Ushiba J., Nakazawa, K. "Does bio-feedback training improve the performance of esports players?; Development of training methods based on gaze movements and cortical theta-alpha activity" *Esports Research Network Conference (ERNC 2024)*, London, UK, November 2024 (採択済み, ポスター発表)
5. **Jeong I.** "Revealing the superior behavioral and neurological characteristics of high-skilled esports players and develop the training method for them" *8th Annual International GamiFIN Conference 2024*, Ruka, Finland, April 2024 (口頭発表)
 6. **Jeong I.** Kim D, Kaneko N, Nakazawa K, "Gaze control ability of League of Legends players in various game situations: perspectives from solo-ranked match" *8th Annual International GamiFIN Conference 2024*, Ruka, Finland, April 2024 (口頭発表)
 7. **Jeong I.** Kaneko N, Nakazawa K, "Proposal for a new training method in esports using EEG feedback" *The 53rd NIPS International Symposium*, Okazaki, Japan, February 2024 (ポスター発表)
- 国内学会で・セミナーでの発表
8. **Jeong Inhyeok.** 『eスポーツ選手のパフォーマンス向上を目指したトレーニング方法の開発』, 「第36回愛知・名古屋eスポーツ研究会 (一般社団法人 愛知eスポーツ連合主催)」, 名古屋, 2024年9月 (口頭発表, **招待あり**)
 9. **鄭仁赫**, 金子直嗣, Kim Donghyun, 高橋涼吾, 岩間清太郎, 堂畑茉由, 牛場潤一, 中澤公孝, 「バイオフィードバックトレーニングはesports選手のパフォーマンスを向上させるか? ~視線制御と大脳皮質の活動に着目したトレーニング法の開発~」, 『第18回 Motor Control 研究会』, 大阪, 2024年8月 (ポスター発表)
 10. **鄭仁赫**, 高橋涼吾, 金子直嗣, 堂畑茉由, 中澤公孝, 『eスポーツプレイヤーのパフォーマンスと筋活動の相関関係について』, 日本デジタルゲーム学会第14回年次大会, 大阪, 2024年2月 (ポスター発表)
 11. **鄭仁赫**, 延藤巧真, 金子直嗣, 加藤貴昭, 中澤公孝, 『実際のeスポーツプレイ場面におけるeスポーツ熟練者の視線制御能力について』, 2023年度運動神経科学研究会, 長野, 2023年8月 (口頭発表)
- 受賞
12. 令和7年度東京大学一高記念賞 (総合文化研究科)