

熟達度を視点としたテレビゲーム実施時の脳活動の分析

八田原 慎悟^{†1} 藤井 叙人^{†1} 長江 新平^{†1}
風井 浩志^{†2} 片寄 晴弘^{†3}

脳活動とテレビゲームの関係に注目した関連研究の多くで、テレビゲーム実施時に前頭前野の脳活動が低下することが報告されてきた。テレビゲームに限らず、メディアインタラクションにおいては年齢、熟達度、さらには嗜好や没入の度合いに応じて、ヒトへの影響に違いが生じると考えるのが自然であろう。本研究ではテレビゲームにおける熟達度に焦点を当て、2つのジャンル(シューティング、リズムアクション)のゲームを実施している際のヒトの脳活動を熟達者、中級者、初心者の3種類の条件でfNIRS(機能的近赤外分光法)によって計測し、比較、検討した。その結果、熟達者においては、テレビゲーム実施時に前頭前野の脳活動が上昇するという関連研究とは異なる状況が観測された。またゲームタイトル、ジャンルを変えた場合の熟達者の脳活動を計測した結果、熟達したゲームにおける脳活動が最も上昇するという結果を得た。

Analysis of the Brain Activity during Playing Video Games in Accordance with Mastering Level

SHINGO HATTAHARA,^{†1} NOBUTO FUJII,^{†1}
SHINPEI NAGAE,^{†1} KOJI KAZAI^{†2}
and HARUHIRO KATAYOSE^{†3}

There are many studies that focused on the relation between playing video games and brain activities. Most of the studies have reported that the brain activity deactivates at the prefrontal cortex in playing video game. However, it is natural to regard that the influence on human varies with player's age, attitude or mastery level. In this paper, we focus on the mastery level of the video game. We measured the brain activity at the prefrontal cortex with fNIRS (functional Near-infrared Spectroscopy) while beginners, intermediate players, and masters playing video games. We observed activation of brain activity at the prefrontal cortex while masters were playing the game that they have mastered. The activation of the prefrontal cortex of the masters was higher when they played their mastered game than those when they played non-experienced games or games of non-mastered genre.

1. はじめに

テレビゲームは、老若男女を問わず多くのヒトに親しまれており、家庭におけるエンタテインメントの一翼を担うに至っている。同時に、産業としても日本の重要な位置を占めるに至っており、社会的な影響は大きい。しかしテレビゲームによるヒトへの影響は詳しく分かっておらず、特に、メディアインタラクションとしての影響の視点をふまえた分析は急務となっている。

近年、テレビゲームと脳活動の関係に注目した研究も取り組まれるようになり、実施中および継続的に、脳活動、特に前頭前野の脳活動が低下するという報告がなされた。それ以降、「やる気の低下」「少年犯罪」などの社会問題にも関連させる形で、マスコミでも大きく取り上げられた。一方で、冷静な態度での研究も進められており、ゲームジャンル別分析^{1),2)}や、対人 vs. 対 CPU (Com) 条件の比較³⁾ など、より精緻な要因計画による脳活動計測事例が蓄積されつつある。

これらの要因のほかにも、テレビゲームと脳活動との関連を検討する際の要因としては、年齢、熟達度などがあげられる²⁾。テレビゲームに限らず、メディアインタラクションにおいては年齢、熟達度、さらには嗜好や没入の度合いに応じて、ヒトへの影響に違いが生じると考えるのが自然であろう。

本研究では、テレビゲームにおける熟達度に焦点を当てた脳活動計測事例について報告する。熟達度に関連した研究としてアマチュアと経験者という基軸での脳活動の比較実験を行ったものには川島らの研究²⁾があるが、これをはじめ、関連研究では経験者としてはいわゆる中級者が取り上げられることが多い。本研究では熟達者(対象ゲームの全国ランキング入賞者)、中級者(関連研究での経験者相当)、初心者(普段テレビゲームを実施せず、対象ゲームは未経験)を対象としてのテレビゲーム実施時の脳活動を比較・検討する。以下、2章で関連研究を紹介し、3章で熟達者、中級者、初心者のシューティングゲーム、リズムアクションゲーム実施時における脳活動計測状況、4章で、熟達者の「熟達したゲーム」、「熟達したジャンルの初めて実施するゲーム」、「経験の浅いジャンルのゲーム」実施時

^{†1} 関西学院大学大学院

Graduate School, Kwansai Gakuin University

^{†2} 関西学院大学理工学部ヒューマンメディア研究センター

Research center for human media, School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University

^{†3} 関西学院大学理工学部

School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University

における脳活動状況について述べ、最後に考察を行う。

2. 関連研究

脳活動とテレビゲームの関係に注目した研究としては、開らがゲームジャンルによる脳活動への影響の差を調査している¹⁾。ジャンルはシューティングゲーム、リズムアクションゲーム、パズルゲームの3ジャンルを対象とし、テレビゲーム実施時の被験者の前頭前野の脳活動を計測している。その結果、すべてのジャンルにおいて前頭前野の脳活動が低下したと報告している。この脳活動低下の原因として「視覚情報をともなったシーケンシャルな運動の学習において、学習が進むにつれて前頭前野の脳活動が低下する」⁴⁾、「視覚刺激をともなった様々なタスクの実行時に、共通して正中前頭部付近の活動が低下する」⁵⁾という報告からテレビゲームというメディア固有の影響ではなく、単に視覚情報をともなう学習に起因する脳活動の変化を見ていた可能性があるかと考察している。

川島らはゲームジャンルによる脳活動への影響を、より多くのジャンルと他の遊びとを絡めて検討している²⁾。この研究では6つのジャンルのテレビゲームと他の遊びをしているときの被験者の前頭前野の脳活動を計測している。ジャンルはシューティングゲーム、格闘ゲーム、スポーツゲーム、RPG (Role-Playing Game)、アクションゲーム、リズムアクションゲームを使用し、他の遊びはカードゲーム(百人一首、トランプ、UNO)、手指運動遊び(けん玉、積み木、知恵の輪)、対戦型ボードゲーム(将棋、囲碁、オセロ)を使用している。その結果、テレビゲーム実施時の被験者の前頭前野の脳活動は他の遊びと比較して、ジャンルによる程度の差はあるものの低下傾向にあることを示している。また被験者の熟達度にも触れており、パズルゲームにおいて熟達度の違いにより、脳活動変化のパターンに違いが見られたと報告している。

玉越ら是对戦型のゲームにおける対戦相手が人間である場合とCPUである場合の差について検討している³⁾。格闘ゲームで対戦相手がCPUである場合、被験者から見える人間である場合、被験者からは見えない人間である場合について、被験者には対戦相手を教えずに前頭前野の脳活動を計測している。結果、相手が人間で、かつ見えている場合でのみ脳活動が上昇し、他の条件では脳活動の低下が観察された。玉越らは質問紙の結果と合わせて、この変化は対戦相手への認識によって起こるゲームに対する没入によるものではないかと推察している。

脳活動とテレビゲームの関係に注目した研究では以上にあげたものなどがあるが、ゲームにおける熟達度を厳密に定義し、焦点を当てた報告例はほとんどない。音楽⁶⁾、言語⁷⁾、将

棋⁸⁾などの領域においては、熟達度と脳活動の関係に焦点を当てた研究も実施されており、タスク実施における熟達者の特異な脳活動計測事例が示されている。これらの研究は、効率的な学習法の確立やメディアインタラクションの評価に向けての基礎研究として位置づけられる。

3. 実験1：熟達者、中級者、初心者のテレビゲーム実施時における脳活動

テレビゲームにおける熟達度の影響を調べるために熟達者、中級者、初心者のテレビゲーム実施時の脳活動を計測する。対象となるゲームタイトルの熟達者として全国ランキングの上位入賞者(2ジャンル、3名)を確保し、そこに中級者、初心者を加えた被験者群のテレビゲーム実施時の脳活動を計測する。

3.1 被験者

本実験では被験者を以下のように定義した。

- 熟達者 … 対象ゲームの全国ランキング上位入賞者
- 中級者 … 日常的にテレビゲームを実施し、対象ゲームについては1週間の訓練を実施
- 初心者 … 日常的にはテレビゲームを実施せず、対象ゲームについては未経験

条件を統制するために被験者は右利きの健全な成人男性とし、2つのジャンル(シューティングゲーム(ST)、リズムアクションゲーム(RA))のテレビゲームについてST熟達者1名、RA熟達者2名、中級者3名、初心者3名について計測した。STの熟達者は対象ゲームにおいて、全国1位のスコアを保持していた経験を持つ。中級者は学習による効果も見つかるため訓練前についても訓練前中級者として計測を行った。平均年齢は23.2歳(年齢幅:22~27歳,SD:1.23)である。被験者には実験内容について十分に説明し、同意を得たうえで実験を行った。

3.2 実験環境とゲームタイトル

テレビゲームにはRPG、アクション、アドベンチャーなど数多くのジャンルが存在する。本研究では時間の制約があり、かつゲーム中のタスクが被験者に関係なく一定であるゲームジャンルとしてSTとRAを選択した。この実験にはSony Computer Entertainment社製PlayStation2上で動作するゲームを用いた。STにはタイトー社製HOMURA(コントローラはアーケードコントローラを使用)を用い、RAにはコナミ社製beatmaniaIIDX 5th style-new songs collection(コントローラはbeatmaniaIIDX専用コントローラを使用)を用いた。本実験に用いたSTではプレイヤーが自機となるキャラクタを操り、画面上部から飛来する敵および敵弾をかわしながら、攻撃をしていくことが目的となる(図1)。RAでは

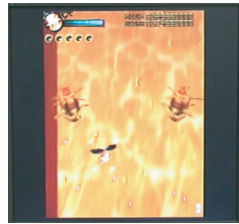


図 1 ST 画面例

Fig.1 Example screen of shooting game.

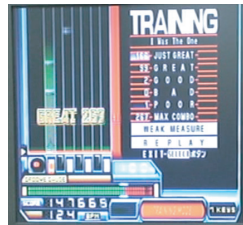


図 2 RA 画面例

Fig.2 Example screen of rhythm action game.

画面上部から曲のリズムに合わせて落下してくるバーが、画面下部に位置する判定部に到達するタイミングにあわせてバーに対応するキーを押すことが目的となる(図2)。

3.3 fNIRS 計測

fNIRS とは生体に対して非常に高い透過性を持つ近赤外光の特徴を利用して、頭部に近赤外光を照射し、屈折を繰り返しながら透過してきた光を分析することによって血液に含まれる酸素化ヘモグロビン (oxy-Hb), 脱酸素化ヘモグロビン (deoxy-Hb) の増減を計測する手法である。特徴として非侵襲、身体をほぼ拘束なしの普段に近い状態で計測が可能であることがあげられる。本研究ではテレビゲームを普段の状態で行っている際の脳活動を計測するために fNIRS を脳機能計測手法として選択した。

この実験では fNIRS 計測システム (OMM-2001, 島津製作所製) を用い、酸素化ヘモグロビン (oxy-Hb), 脱酸素化ヘモグロビン (deoxy-Hb), ヘモグロビン総量 (total-Hb) の変化の相対値を測定した(図3)。測定部位は前頭前野とし、脳波計測国際 10-20 法における Fpz を基点に 24 チャンネル(図4)で測定した(図5)。サンプリングレートは 10 Hz と

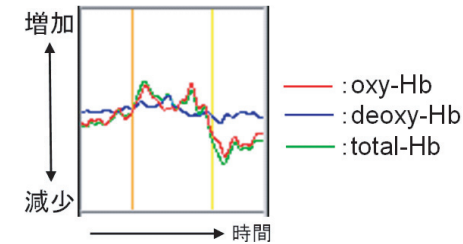


図 3 計測波形例

Fig.3 Example of a measurement wave.

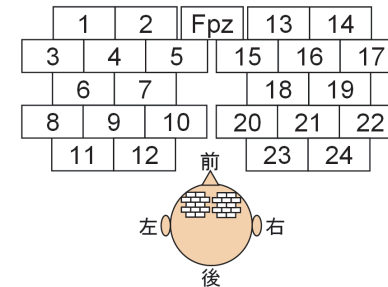


図 4 測定部位とチャンネル配置

Fig.4 Measurement area and channel placement.

した。

3.4 実験手続き

実験前に、被験者に対して実験内容を説明し、実験参加への同意を得た。その後、被験者に対し実験を行った。実験要因として以下の2つを設定した。

- 要因1: 熟達度(初心者, 訓練前中級者, 訓練後中級者, 熟達者)
- 要因2: ゲームジャンル(ST, RA)

図6に実験の流れ, および実験のタイムラインを示す。1試行は240秒間のタスク(課題遂行時間)の前後に30秒間の安静時間(前レストおよび後レスト時間)を含めた300秒間とし、各条件を3試行ずつ行った。それぞれのテレビゲームに慣れてもらうため、およびゲームシステムを説明するために、1試行と同じ時間の練習をさせた後、fNIRSの計測装置を装着、計測を開始した。タスクの開始, および終了の指示はモニタに表示するととも



図 5 実験風景
Fig. 5 The scene of experiment.

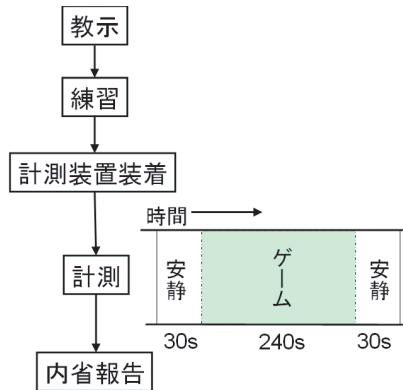


図 6 実験 1 の流れ
Fig. 6 Flow of Experiment 1.

にアラームが鳴るようにした。安静時間中はモニタに注視点を表示し、そこに注目させた。測定を終えた後、実験に対する内省を聴取した。その後、対象ゲームのパフォーマンスを計測するための試行を実施し、スコアを記録した。

3.5 データ処理

fNIRS から oxy-Hb , deoxy-Hb , total-Hb の 3 種類のデータが得られるが、本研究では脳の神経活動と正の相関がある⁹⁾と報告されている oxy-Hb を分析の対象とした。

fNIRS によって計測されたデータは Hb 変化の相対値であるため、測定された oxy-Hb データの前処理を以下の手順で行った。まず fNIRS によって計測された oxy-Hb データに対して各チャンネル内で標準化 (平均を 0, 分散を 1 にする) を行い, z-score を算出した。そ

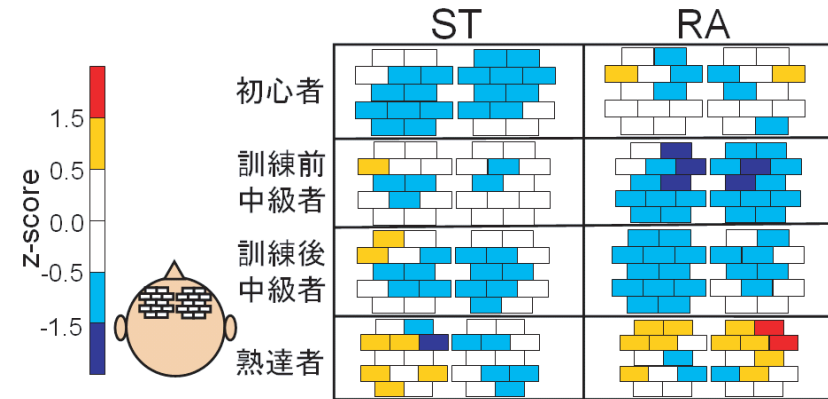


図 7 実験 1 の結果：タスクによる oxy-Hb の変化
Fig. 7 Result of Experiment 1: oxy-Hb activation by task.

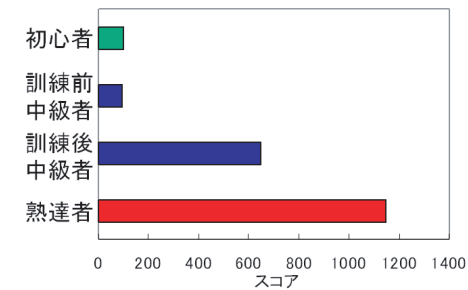


図 8 実験 1 の結果：ST のパフォーマンス
Fig. 8 Result of Experiment 1: performance of shooting game.

うで、前レスト時間の oxy-Hb の平均値とタスク時間内の oxy-Hb の平均値の差分をタスクによる変化量と定義した。

3.6 結果

実験結果を図 7, 図 8, 図 9 に示す。図 7 は「3.5 データ処理」において定義した変化量 (タスクによる oxy-Hb の増減を z-score 化したもの) を色により表したものである。赤系統の色が oxy-Hb の上昇を、青系統の色が oxy-Hb の減少を示している。黒で囲まれた枠 1 つ 1 つが各条件の前頭前野の活動を表しており、中心より左側が左前頭前野、右側が右前

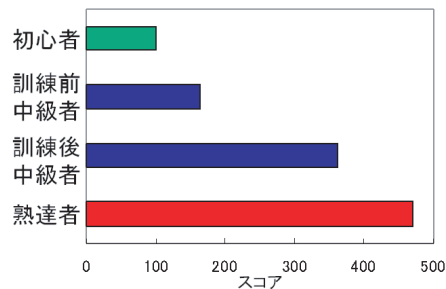


図9 実験1の結果：RAのパフォーマンス

Fig.9 Result of Experiment 1: performance of rhythm action game.

頭前野に対応している。初心者，訓練前中級者，訓練後中級者は被験者3名の平均を，ST熟達者は1名，RA熟達者は2名の平均データを示している。図8，図9はそれぞれSTとRAにおけるパフォーマンス（スコア）を，初心者を100として正規化し表示したものである。ただし，スコアの数値は熟達度と比例するものではなく，同程度のスコアであれば同程度の熟達度と見なすことができるものであることに留意されたい。

- 記録したスコアは熟達者，訓練後中級者，初心者の順に熟達度が高いほど高得点であった。
- 初心者，中級者では，関連研究におけるテレビゲーム中のoxy-Hbと同じく減少が確認された。しかし本研究における熟達者ではoxy-Hbの上昇が見られた。
- RAにおいて訓練前中級者と訓練後中級者を比較した場合，訓練前の方が著しいoxy-Hbの減少が確認された。

3.7 考察

記録したスコアが熟達者，訓練後中級者，初心者の順に熟達度が高いほど高得点であったことから熟達度の差をパフォーマンスの面からも確認できた。

関連研究^{1)~3)}ではテレビゲーム実施時に脳活動の低下が報告されていたが，本研究の熟達者ではoxy-Hbの上昇が確認された。

ST熟達者は内省報告で，実施中の初心者，中級者との差として，熟達者が対象となるテレビゲームに対して熟達する過程で作り出した高得点をとるための「正解ルート」を想起しながら実施していると報告している。このことからST熟達者におけるoxy-Hbの上昇はDobbinsらが報告した，エピソード記憶の想起時に起こる左前頭前野における活動の上昇¹⁰⁾である可能性がある。

RA熟達者は内省報告で，実施中の初心者，中級者との差として，実施中は音楽を能動的に楽しみながら聞いていると報告している。RA熟達者におけるoxy-Hbの上昇はNakamuraらの研究に示される音楽聴取時における脳活動の上昇¹¹⁾である可能性が考えられる。

以上のことから熟達者は，中級者，初心者とは違ったゲームに対する取り組み方をしており，これが脳活動の上昇に関係している可能性が示唆された。

RAの中級者において訓練前と訓練後を比較した場合において，訓練前の方がoxy-Hbの著しい減少が確認されたことについて，その原因としては訓練による慣れ，またはテレビゲームの実施に訓練前ほどの集中が必要なくなったからではないかと推察される。

4. 実験2：熟達者のジャンル，タイトル別ゲーム実施時における脳活動

3章の実験ではテレビゲーム実施時における熟達者の脳活動が上昇することが確認できた。実験2では熟達者における熟達の及ぶ範囲を検討するためにゲームタイトル，ジャンルを変えた場合の熟達者の脳活動を調査する。

熟達者において，「正解ルート」を知らないSTや，初めて聞く曲，初めて扱うコントローラでのRAを実施しているときの脳活動を計測する。ST熟達者に対し，熟達したST，熟達したジャンル（ST）の初めて実施するST，経験の浅いジャンルであるRA，RA熟達者に対し，熟達したRA，熟達したジャンル（RA）の初めて実施するRA，経験の浅いジャンルであるSTを実施させ，fNIRSを用いて脳活動を計測，検討した。

4.1 被験者

前述のST熟達者1名（23歳），RA熟達者2名（23歳，26歳）に対し，実験した。被験者には実験内容について十分に説明し，同意を得たうえで実験を行った。

4.2 実験環境とゲームタイトル

本実験には，Sony Computer Entertainment社製PlayStation2上で動作するゲームを用いた。ST熟達者に対して，熟達したゲームは実験1と同じHOMURAを用い，熟達したジャンル（ST）の初めて実施するSTにはディースリー・パブリッシャー社製SIMPLE2000シリーズVol.37 THEシューティング-ダブル紫炎龍（コントローラはアーケードコントローラを使用），経験の浅いジャンルであるRAには実験1で使用したbeatmaniaIIDX 5th style-new songs collectionを用いた。RA熟達者に対して，熟達したゲームは実験1と同じbeatmaniaIIDX 5th style-new songs collectionを用い，熟達したジャンル（RA）の初めて実施するRAにはコナミ社製pop'n music 10（コントローラはpop'n music専用コントローラを使用），経験の浅いジャンルであるSTには実験1で使用したHOMURAを用

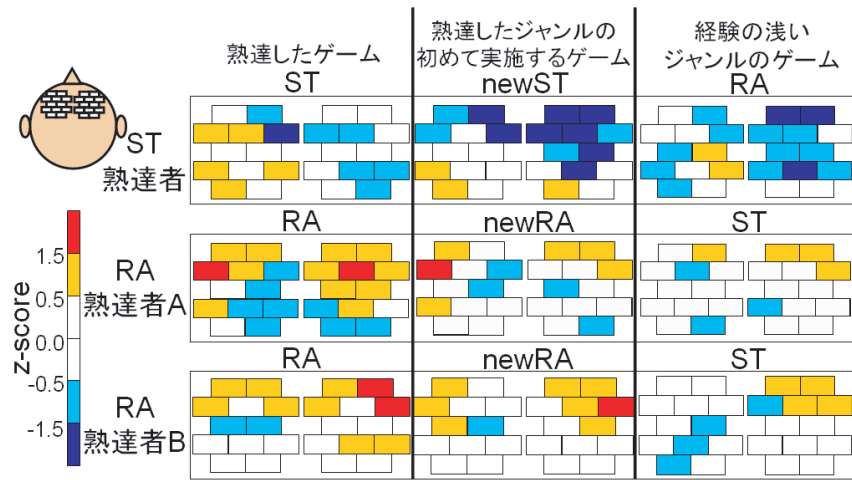


図 10 実験 2 の結果：タスクによる oxy-Hb の変化
Fig. 10 Result of Experiment 2: oxy-Hb activation by task.

いた。

4.3 実験手続き

計測には実験 1 と同じく fNIRS を用いた。実験前に、被験者に対して実験内容を説明し、実験参加への同意を得た。その後、被験者に対し実験を行った。実験要因として以下の 2 つを設定した。

- 要因 1：熟達しているジャンル（RA，ST）
- 要因 2：ゲームへの熟達度（熟達したゲーム，熟達したジャンルの初めて実施するゲーム，経験の浅いジャンルのゲーム）

実験の流れ，およびタイムラインは実験 1 で使用した図 6 と同じものを使用した。

4.4 データ処理

データ処理は実験 1 と同じ方法を使用した。

4.5 結果

実験結果を図 10，図 11，図 12 に示す。図 10 は図 7 と同じくタスクによる oxy-Hb の増減を示したものである。図 11 は ST 熟達者の熟達したゲーム（ST）と経験の浅いジャンルのゲーム（RA）のパフォーマンスを，図 12 は RA 熟達者の熟達したゲーム（RA）と経

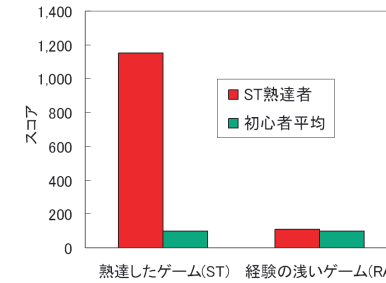


図 11 実験 2 の結果：ST 熟達者のパフォーマンス
Fig. 11 Result of Experiment 2: performance of shooting game master.

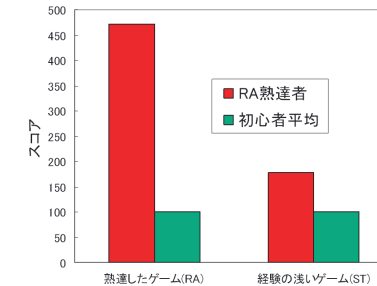


図 12 実験 2 の結果：RA 熟達者のパフォーマンス
Fig. 12 Result of Experiment 2: performance of rhythm action game master.

験の浅いジャンルのゲーム（ST）のパフォーマンスを経験の浅いジャンルのゲーム実施時の初心者の平均点数を 100 として正規化し，表示したものである。RA 熟達者については 2 名の点数はほぼ同じであり，その平均値を表示している。

- 記録したスコアにおいて，熟達者は経験の浅いジャンルのゲームにおいてほぼ初心者平均と同じ程度であった。
- ST，RA 熟達者ともに熟達したゲームにおいて最も oxy-Hb が上昇した。
- ST 熟達者では熟達したジャンルの初めて実施するゲーム，経験の浅いジャンルのゲームにおいて oxy-Hb が減少傾向であった。その中でも熟達したジャンルの初めて実施するゲームにおいてより著しい oxy-Hb の減少が確認された。

4.6 考察

熟達者のスコアは，経験の浅いジャンルでは，初心者平均と同程度であった。このことが

ら、熟達者はテレビゲーム全般ではなく、特定のゲームにだけ熟達していることが分かった。

ST, RA 熟達者ともに熟達したゲームにおいて最も oxy-Hb が上昇した。これは ST, RA 熟達者が熟達したゲームに対して行っているのは開らの主張する「視覚情報をとまなうシーケンシャルな指の運動」¹⁾ではなく、ゲーム時間内に可能な限り得点を得るための情報処理である可能性がある。

ST 熟達者においては熟達したジャンルの初めて実施するゲーム、経験の浅いジャンルのゲームにおいて oxy-Hb の減少が確認された。これはテレビゲームによって脳活動が低下すると報告した関連研究に合致する。これに対して熟達したゲームでのみ oxy-Hb が上昇していることから ST 熟達者は、熟達したゲームについて特異な情報処理をしているのではないかと推察される。ST 熟達者は内省報告で熟達したジャンルの初めて実施するゲームの実施時に各種攻撃の威力、各敵が持つ撃墜点数、可能な限り敵を倒すための順序など非常に高度な分析をしていたと報告している。ST 熟達者における熟達したジャンルの初めて実施するゲームの実施時に確認された著しい oxy-Hb の減少はこの分析によるものではないかと考えられる。

熟達したジャンルの初めて実施するゲーム、経験の浅いジャンルのゲームにおいて、ST 熟達者では oxy-Hb の減少が観察されたのに対して、RA 熟達者では若干の oxy-Hb の上昇が見られた。この現象は、2名の RA 熟達者に共通して観察されたことから、RA 熟達者は ST 熟達者にはない情報処理を行っていることが考えられる。ただし、RA 熟達者においても、熟達したゲームにおいて最も強く oxy-Hb が上昇していることから、熟達したゲームに対して他のゲームとは異なる情報処理を行っていると考えられる。

5. 検 討

関連研究においては、テレビゲーム実施時のヒトの前頭前野の活動は低下するという事例が多く報告されてきた。しかし、今回の実験では、テレビゲームをしているときの前頭前野における脳活動は中級者、初心者においては低下するのに対し、熟達者においては上昇するという結果がとらえられた。また、熟達者は熟達したゲームにおいて脳活動が最も上昇することが確認された。ST 熟達者の熟達したジャンルの初めて実施するゲーム、経験の浅いゲームについては中級者に近い脳活動状況が計測された。

今回の実験によって得られた結果は、熟達者は熟達したゲームに対して特異な情報処理を行っており、「熟達」に至るどこかの時点で情報の処理の仕方が切り替わるということを示唆している。諏訪は、スポーツの上達過程における得点の伸びの分析と徹底的なプロトコ

ル解析から熟達過程の分析を行っている¹²⁾。我々の今後の研究の展開としても、熟達者が「熟達したジャンルの初めて実施するゲーム」に熟達していく過程を脳機能計測、パフォーマンス推移、プロトコル解析、操作の動作解析を併用する形で分析することで熟達に対するさらなる理解につなげていく計画である。

熟達者は熟達に至るために必要な要件として「分析、および訓練を重ねれば点数が上がることをあげており、「それがモチベーションを維持する要件である」と報告している。このことから熟達に至るために必要な要件には課題の難易度とスコアの上昇という努力と報酬の関係性が関与している可能性が考えられる。この要因の分析も今後の課題である。

今回の実験では、熟達者については、3名のみを協力者として実験をとり行った。テレビゲームと脳活動の関係についての定説に対しての反例を得たとはいえ、知見というにはデータ数が不足している。熟達した実験協力者の確保は容易ではないが、今後、熟達被験者の数を増やして実験を行っていく予定である。

6. ま と め

関連研究の多くで、テレビゲーム実施時のヒトの脳活動は低下するという報告がなされていた。これに対し、今回の一連の実験により、熟達者においては熟達したゲームの実施時に前頭前野の脳活動が上昇するということが確認された。テレビゲーム熟達者は、中級者、初心者と比較して、当然のことながら高得点をあげている。すなわち、テレビゲームというメディアインタラクションにおいて、脳活動とパフォーマンスに対して熟達度という要因が作用することが今回の研究で明らかになった。また、今回の研究はメディアインタラクションの評価における脳活動計測の意義を示すものと考えられる。

今後は、熟達者を熟達者たらしめているものが何か、また、どのようなプロセスを経て熟達に至るのかを得点の伸びと操作の動作解析をあわせて検証していく。また、年齢や性別を考慮したうえで、より多くの被験者を対象として検討を進めていく予定である。

参 考 文 献

- 1) 開 一夫, 松田 剛: インタラクティブゲームにおける脳血流変化, 株式会社キャラ研スカラシップ研究発表 (2002).
- 2) 川島隆太, 泰羅雅登: テレビゲームの脳への影響についての基礎的研究, 中山財団リポート, Vol.13, pp.9-16 (2005).
- 3) 玉越勢治ほか: fNIRS を用いた対戦型ゲームのエンタテインメント性の初期的検討, 第3回エンタテインメントコンピューティング抄録 (2006).

- 4) Sakai, K., Hikosaka, O., Miyauchi, S., et al.: Transition of brain activation from frontal to parietal areas in visuomotor sequence learning, *Journal of Neuroscience*, Vol.18, pp.1827–1840 (1998).
- 5) Shulman, G.L., Fiez, J.A., Corbetta, M., et al.: Common blood flow changes across visual tasks: II. Decreases in cerebral cortex, *Journal of Cognitive, Neuroscience*, Vol.9, pp.648–663 (1997).
- 6) Hund-Georgiadis, M. and Von Cramon, D.Y.: Motor-learning-related changes in piano players and non-musicians revealed by functional magnetic-resonance signals, *Exp. Brain Res.*, Vol.125, pp.417–425 (1999).
- 7) Tatsuno, Y. and Sakai, K.L.: Language-Related Activations in the Left Prefrontal Regions Are Differentially Modulated by Age, Proficiency and Task Demands, *Journal of Neuroscience*, Vol.25, pp.1637–1644 (2005).
- 8) 羽生善治, 伊藤毅志, 松原 仁: 先を読む頭脳, 新潮社 (2006).
- 9) Hoshi, Y., Kobayashi, N. and Tamura, M.: Interpretation of nearinfrared spectroscopy signals: a study with a newly developed perfused rat brain model, *Journal of Applied Physiology*, Vol.90, pp.1657–1662 (2001).
- 10) Dobbins, I.G., Foley, H., Schacter, D.L., et al.: Executive Control during Episodic Retrieval: Multiple Prefrontal Processes Subserve Source Memory, *Neuron*, Vol.35, pp.989–996 (2002).
- 11) Nakamura, S., Sadato, N., Oohashi, T., et al.: Analysis of music brain interaction with simultaneous measurement of regional cerebral blood flow and electroencephalogram beta rhythm in human subjects, *Neuroscience Letters*, Vol.275, pp.222–226 (1999).
- 12) 諏訪正樹: 身体知獲得のツールとしてのメタ認知言語化, *人工知能学会誌*, Vol.20, pp.525–532 (2005).

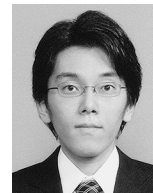
(平成 20 年 3 月 24 日受付)

(平成 20 年 9 月 10 日採録)



八田原慎悟 (正会員)

2007 年関西学院大学工学部卒業。現在、関西学院大学大学院理工学研究科修士課程。研究テーマ「テレビゲームによるヒトへの影響」。



藤井 叙人 (正会員)

2007 年関西学院大学工学部卒業。現在、関西学院大学大学院理工学研究科修士課程。研究テーマ「テレビゲームにおける戦略学習」。



長江 新平 (正会員)

2007 年関西学院大学文学部卒業。現在、関西学院大学大学院文学研究科修士課程。研究テーマ「オブジェクトと視覚的注意」。



風井 浩志 (正会員)

1998 年関西学院大学大学院文学研究科博士課程単位取得退学。現在、関西学院大学工学部ヒューマンメディア研究センター専門技術員。日本心理学会、日本生理心理学会、日本視覚学会等の会員。博士 (心理学)。



片寄 晴弘 (正会員)

1991 年大阪大学大学院基礎工学研究科博士課程修了。工学博士。イメージ情報科学研究所、和歌山大学を経て、現在、関西学院大学工学部教授。ヒューマンメディア研究センターセンター長。音楽情報処理、感性情報処理、HCI の研究に従事。科学技術振興機構 さきがけ研究 21「協調と制御」領域研究者。科学技術振興機構 CREST「デジタルメディア (略称)」領域 CrestMuse プロジェクト研究代表者。電子情報通信学会、人工知能学会各会員。