

テレビゲーム実施時の熟達者と非熟達者の脳活動の分析

八田原 慎悟^{†1} 藤井 叙人^{†1} 長江 新平^{†2}
風井 浩志^{†3} 片寄 晴弘^{†4}

脳活動とテレビゲームの関係に注目した研究では、テレビゲームプレイ中に前頭前野の脳活動が低下することが報告されている。しかし今までの研究ではゲームにおける熟達度に焦点を当てた報告例はほとんどない。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)のゲームをプレイしている時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, テレビゲームプレイ時に前頭前野の脳活動が上昇するという先行研究とは異なる知見が得られた。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いて脳活動が最も上昇するという結果を得た。

An analysis of the brain activity during playing video games: comparing master with not master

SHINGO HATTAHARA,^{†1} NOBUTO FUJII,^{†1} SHINPEI NAGAE,^{†2}
KOJI KAZAI^{†3} and HARUHIRO KATAYOSE^{†4}

There are many studies that focused on the relation to brain activity and the video game. These studies report that brain activity deactivate in playing the video game. But it is hardly considered about master level of the video game.

In this paper, we pay attention to the master level of the video game. We measure brain activity of the prefrontal area with fNIRS(functional Near-infrared Spectroscopy) while beginners, intermediate players, and masters playing video games.

As a result, we found that brain activity of master increase. It is a different result from a precedent study. In changing the game soft and genre, the brain activity of master most increase while master playing the mastered game.

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、その社会的な影響は大きいと言える。しかしテレビゲームによるヒトへの

の影響は詳しくわかっておらず、特に、インタラクションの視点を踏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との関連性に注目した研究も取り組まれるようになり、テレビゲームプレイ中に前頭前野の脳活動が低下するという現象が相次いで報告された。このことは「やる気の低下」「少年犯罪」等の社会問題に関連してマスコミでも大きく取り上げられたが、一方で、比較的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⁾ 等、より精緻な条件における脳活動計測事例が蓄積されつつある。

最近では、アマチュアと経験者という基軸での脳活動の比較実験も始められつつある²⁾ が、熟達という事項を厳密に取り扱おうとする研究は、現時点ではほとんど例を見ない。本稿では、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。従来研究において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かったが、ここでは熟達

†1 関西学院大学大学院理工学研究科
Graduate School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University
hattahara@ksc.kwansai.ac.jp

†2 関西学院大学大学院文学研究科
Graduate School of Humanities, Kwansai Gakuin University

†3 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

†4 関西学院大学理工学部
School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University

者(対象となるゲームの全国ランカー)、中級者(従来研究での経験者相当)、初心者(普段テレビゲームをせず対象となるゲームは未経験)を対象としてのゲームプレイ時の脳活動計測事例を紹介し、議論を行う。以下、第2章で先行研究を紹介し、第3章で熟達者、中級者、初心者それぞれのシューティングゲーム、リズムアクションゲームプレイ時における脳活動計測状況、第4章で、熟達者の「熟達したタイトル」、「熟達したジャンルの熟達していないタイトル」、「経験の浅いジャンル」プレイ時における脳活動状況について述べ、最後に考察を行う。

2. 先行研究

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⁾。ジャンルに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、テレビゲームプレイ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、全てのジャンルにおいて前頭前野の脳活動が低下していると報告している。この脳活動の低下の原因として「視覚情報を伴うシーケンシャルな指の運動の学習では学習後に脳活動が低下する⁴⁾」ということからテレビゲームというメディア固有の影響ではなく、単に視覚情報を伴うシーケンシャルな運動の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時の被験者の前頭前野の脳活動を計測している。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、他の遊びとしてカードゲーム(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、テレビゲームプレイ時の被験者の前頭前野の脳活動はその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。この結果からテレビゲームは被験者の脳に興奮状態ではなく、リラックスした状態をもたらしていると言及している。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、脳活動の変化のパターンに違いが見られたことも報告している。

Matsudaらはテレビゲームを普段プレイする機会

が多く、また影響を受けやすいであろう子供の前頭前野の脳活動について報告している⁵⁾。子供の年齢は7歳から14歳で、8人の子供についてfNIRSを用いて脳機能を計測している。その結果、子供においても前頭前野の脳活動が低下すると報告しており、この低下を年齢やテレビゲームのパフォーマンスではなく、テレビゲームに必要とする集中から来るものと推察している。

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、被験者から見えている人間である場合、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。本文献では質問紙の結果と合わせて、この増減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挙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を焦点に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。

3. 熟達者、中級者、初心者のゲームプレイ時における脳活動

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プレイ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ランカー(2ジャンル、それぞれ1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プレイ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 … 対象となるテレビゲームの全国ランキングの上位ランカー
- 中級者 … 日常的にテレビゲームをプレイし、対象となるテレビゲームについては1週間の訓練を実施
- 初心者 … 日常的にはテレビゲームをプレイせず、対象となるテレビ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常な成人



図 1 ST 画面例

Fig.1 Example screen of Shooting Game

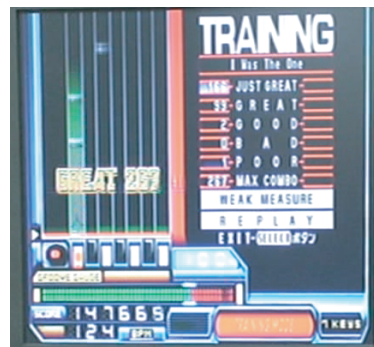


図 2 RA 画面例

Fig.2 Example screen of Rhythm Action Game

男性とし、2つのジャンル(シューティングゲーム, リズムアクションゲーム)のテレビゲームについて熟達者各1名, 中級者3名, 初心者3名について計測した。シューティングゲームの熟達者は対象となるゲームにおいて、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るため訓練前についても訓練前中級者として実験を行った。平均年齢は22.8歳(年齢幅: 22 ~ 27歳, SD :0.97)である。被験者には実験内容について十分に説明し、同意を得た上で実験を行った。

3.2 実験環境とゲームタイトル

本研究には数多く存在するゲームジャンルの中から時間の制約があり、また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シューティングゲーム(ST)とリズムアクションゲーム(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及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バーに到達するタイミングにあわせて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中に含まれる酸素化ヘモグロビン(oxy-



図 3 fNIRS 計測システム (OMM-2001, 島津製作所製)

Fig.3 fNIRS system(OMM-2001, SHIMADZU)

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で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プレイしている時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, 図3)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4)。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5)で測定した(図6)。サンプリングレートは10Hzとした。

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

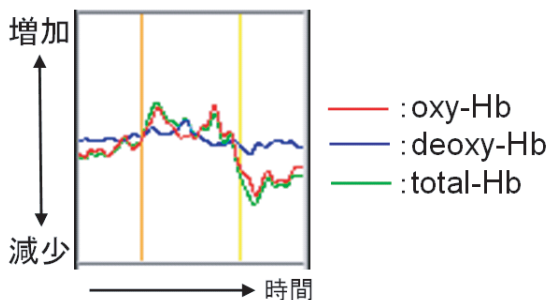


図 4 計測波形例

Fig. 4 Example of a measurement wave

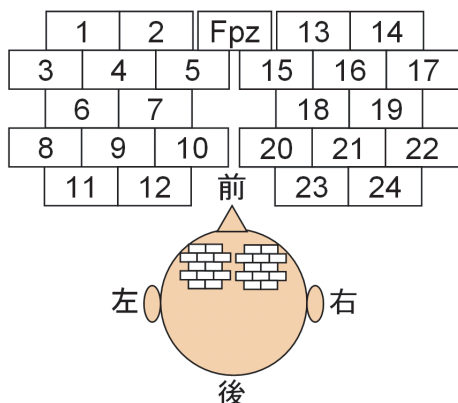


図 5 測定部位とチャンネル配置

Fig. 5 Measurement area and channel placement



図 6 実験風景

Fig. 6 The Scene of Experiment

中級者，熟達者)

- 要因 2 : ゲームジャンル (ST , RA)

図 7 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，各試行を 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 試行とほぼ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，及び終了の指示はモニタに表示すると共にアラームが鳴るようにした．

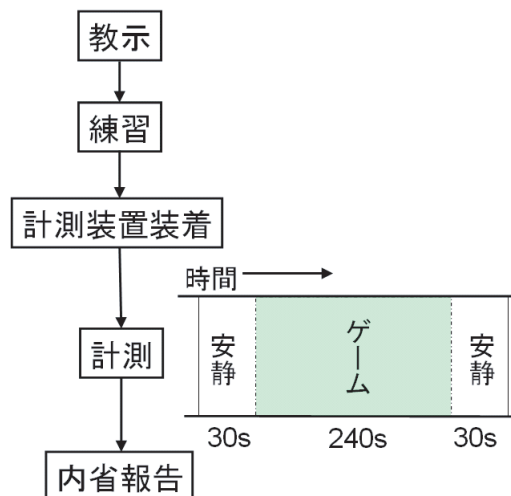


図 7 実験 1 の流れ

Fig. 7 Flow of Experiment 1

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，実験したゲームのパフォーマンスを計測するためにプレイしてもらい，スコアを記録した．

3.5 データ処理

fNIRS からは 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⁾¹⁰⁾ 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．その上で，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 8 ，図 9 ，図 10 に示す．図 9 ，図 10 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．図 8 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，右側が右前頭前野に対応している．

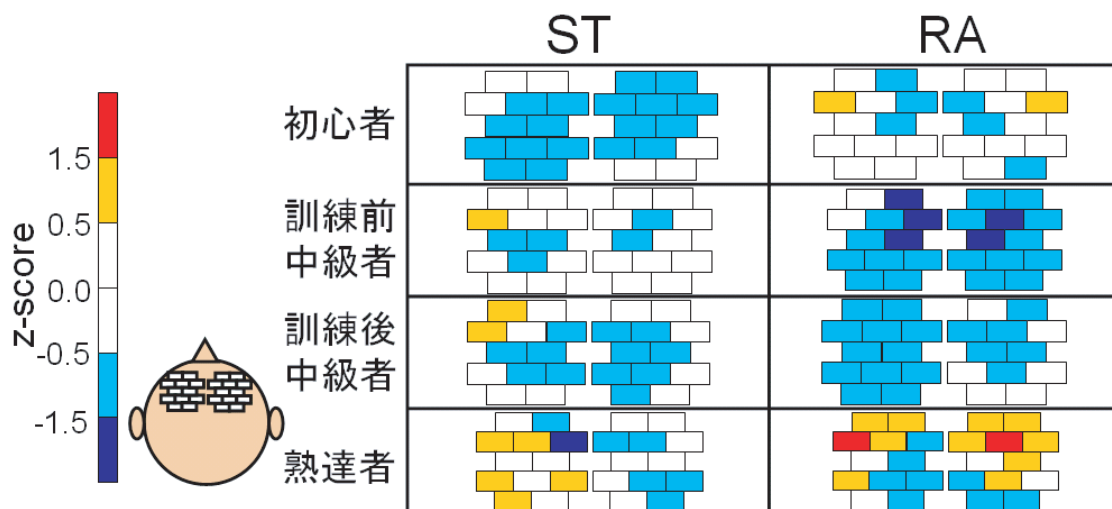


図 8 実験 1 の結果: タスクによる oxy-Hb の変化

Fig. 8 Result of Experiment 1: oxy-Hb activation by task

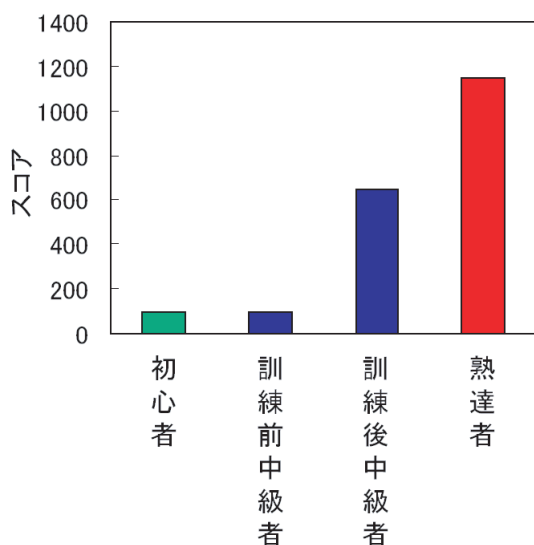


図 9 実験 1 の結果: ST のパフォーマンス

Fig. 9 Result of Experiment 1: Performance of Shooting Game

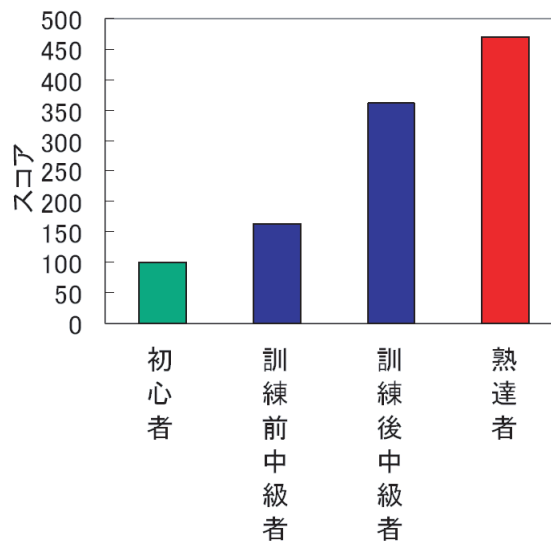


図 10 実験 1 の結果: RA のパフォーマンス

Fig. 10 Result of Experiment 1: Performance of Rhythm Action Game

- 初心者, 中級者では, 先行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.
- 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.
- 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, 訓練前の方が強い oxy-Hb の減少が確認された.
- テレビゲーム内における変化 (コンボの途切れ,

キャラクタの死亡) による oxy-Hb の上昇が訓練前中級者でのみ確認された.

3.7 考察

先行研究²⁾³⁾⁵⁾ではゲームプレイ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プレイ中の初心者, 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取るための「正解ルート」を想起しながらプレイしていると報告

している。ST 熟達者における oxy-Hb の上昇はこの想起に関連するものではないかと推察される。

RA 熟達者は内省報告でプレイ中の初心者、中級者との差として、プレイ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 の上昇はこの音楽の聴取に関する可能性が考えられる。

これらのことから熟達者は、中級者、初心者とは違ったプレイスタイルをしており、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。

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。

RA の中級者において訓練前と訓練後を比較した場合、訓練前の方が oxy-Hb の強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や、ゲームのプレイ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。

テレビゲーム内における変化(コンボの途切れ、キャラクタの死亡)による oxy-Hb の変化は訓練前中級者には確認されたが初心者、訓練後中級者、熟達者においてほとんど確認できなかった。初心者においては普段テレビゲームをしていないために変化の意味もしくは重要性を把握していない、もしくはそれを認知する余裕がないため、訓練後中級者においては変化への慣れが起こったため、熟達者においても十分な慣れが起こっていたためではないかと考えられる。

4. 熟達者のジャンル、タイトル別ゲームプレイ時における脳活動

3章の実験ではテレビゲームプレイ中の熟達者の脳活動が上昇することが確認できた。ここ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 をプレイしている時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)の初めてプレイする 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)の初めてプレイする RA、経験の浅いジャンルである ST をプレイさせ、fNIRS を用いて脳活動を計測、検討した。

4.1 被験者

前述の熟達者各 1 名(ST, RA 熟達者共に 23 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、同意を得た上で実験を行った。

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、初めてプレイする 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 beatmaniaIDX 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 beatmaniaIDX 5th style -new songs collection- を用い、初めてプレイする 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プレイするゲーム, 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 7 と同じものを使用した。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 秒間とした。被験者に実験するテレビゲームについて説明すると共に練習をさせた後、fNIRS の計測装置を装着、計測を開始した。テレビゲームの開始、及び終了の指示はモニタに表示すると共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、実験したゲームのパフォーマンスを計測するためにプレイしてもらい、スコアを記録した。

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 11, 図 12, 図 13 に示す。図 12 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 13 は RA 熟達者の熟達したゲーム(RA)と経験の浅いジャンルの

テレビゲーム実施時の熟達者と非熟達者の脳活動の分析

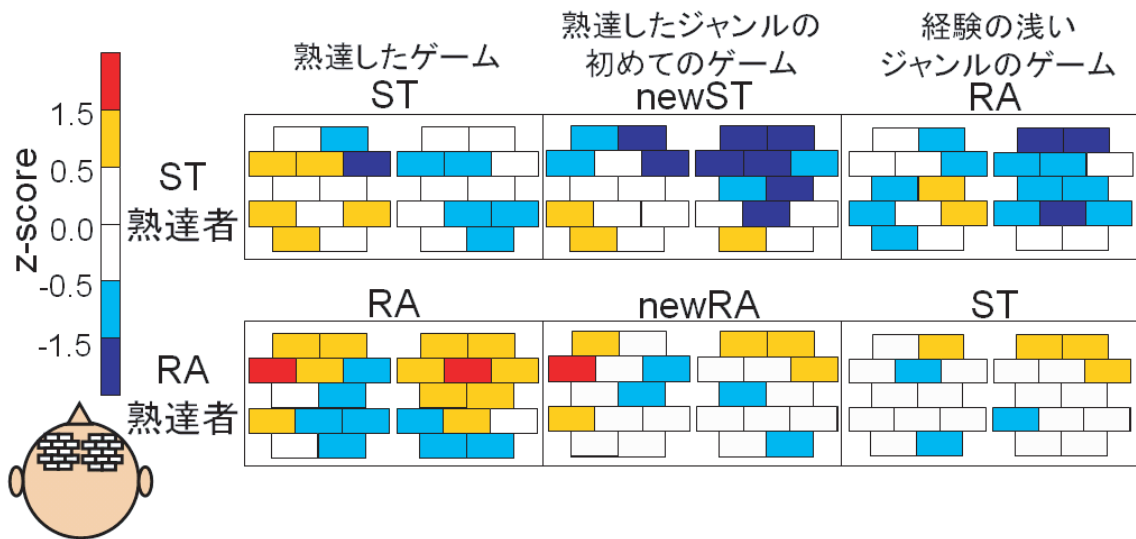


図 11 実験 2 の結果: タスクによる oxy-Hb の変化
Fig. 11 Result of Experiment 2: oxy-Hb activation by task

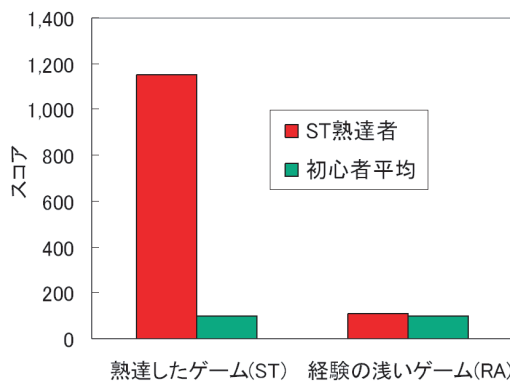


図 12 実験 2 の結果: ST 熟達者のパフォーマンス
Fig. 12 Result of Experiment 2: Performance of Shooting Game Master

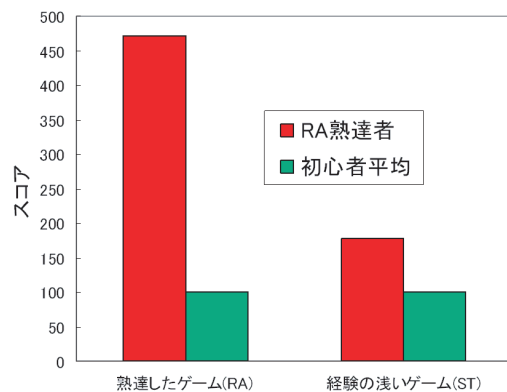


図 13 実験 2 の結果: RA 熟達者のパフォーマンス
Fig. 13 Result of Experiment 2: Performance of Rhythm Action Game Master

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プレイ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。図 11 は図 8 と同じくタスクによる oxy-Hb の増減を示したものである。

- 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。
- 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 熟達者では熟達したジャンルの初めてプレイするゲーム、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プレイするゲームにおいてより強い oxy-Hb の減少が確認された。

4.6 考 察

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「視覚情報を伴うシーケンシャルな指の運動」の処理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。

記録したスコアにおいて、熟達者の点数が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ことから、熟達者はゲーム全てに熟達しているわけではなく特定のゲームにだけ熟達していることがわかった。

ST 熟達者においては熟達したジャンルの初めてプ

レイするゲーム、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。これは従来の研究と同じである。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プレイするゲームのプレイ時に各種攻撃の威力、敵それぞれが持つ撃墜点数、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ながらプレイ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プレイするゲームのプレイ時に確認された強い 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。

5. 検 討

従来研究では、テレビゲーム中のヒトの前頭前野の活動は低下すると報告されていた。しかし、実験 1 からはテレビゲームをしている時の脳活動は中級者、初心者においては低下するが、熟達者においては上昇するという結果が得られた。実験 2 からは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わかった。ST 熟達者の熟達したジャンルの初めてのゲーム、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ている。これらのことから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いることが示唆される。

脳活動計測によって捉えられた特異な情報処理は「熟達」に至るどの段階で発現するものであろうか。また「熟達」とは徐々に進むものか、ステップアップ的に進むものなのか。「熟達」に対する興味は尽きない。諏訪らは、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、ステップアップ的なメタ認知の形成がスキル獲得の鍵となると論じている¹¹⁾¹²⁾。我々の今後の研究の展開として、熟達者が「熟達したジャンルの初めてプレイするゲーム」に熟達していく過程を、脳機能計測、パフォーマンス推移(得点の伸び)、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ことを考えている。また本研究では特異な被験者として熟達者を 2 名のみ計測対象としたが、この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

従来研究の多くで、テレビゲーム中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タイトルのプレイ時に前頭前野の脳活動が上昇することが確認された。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。熟達者はプレイ時の情報処理に加え、プレイスタイルの創造という、より深いインタラクシオンを行っているものと推察される。

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操作の最適化とメタ認知の視点をあわせて検証していく。また、年齢や性別を考慮した上で、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) 川島ら: 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 13 (2005) pp.9-16
- 3) 玉越ら: 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, エンタテインメントコンピューティング抄録 3 (2006)
- 4) Shulman GL et al.: Common blood flow changes across visual tasks: II. Decreases in cerebral cortex, *Journal of Cognitive, Neuroscience* 9 (1997) pp. 648-663.
- 5) Matsuda et al.: Sustained decrease in oxygenated hemoglobin during video games in the dorsal prefrontal cortex: A NIRS study of children, *NeuroImage* 29 (2006) pp.706-711
- 6) 増田ら: 音楽熟練者における聴覚表象の形成, 第 9 回認知神経科学学会発表 (2004)
- 7) Yoshinori Tatsuno and Kuniyoshi L. Sakai: Language-Related Activations in the Left Prefrontal Regions Are Differentially Modulated by Age, Proficiency, and Task Demands, *Journal of Neuroscience* 25 (2005) pp. 1637-1644.
- 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 et al.: Interpretation of nearinfrared spectroscopy signals: a study with a newly developed perfused rat brain model, *Journal of Applied Physiology* 90 (2001) pp. 1657-1662.
- 10) Jueptner M Weiller C: Does measurement of regional cerebral blood flow reflects synaptic activity? - Implications for PET and fMRI, *Neuroimage* 2 (1995) pp. 148-156.
- 11) 諏訪 正樹, 藤本 啓介: スポーツ身体知獲得における言語表現の再構築, 日本認知科学会第 22 回大会発表論文集 (2005).
- 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* 20 (2005) pp. 525-532.