

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

～対人間と対コンピュータにおける比較～

玉越勢治† 高橋励† 寺尾将彦† 澤井大樹† 今西明† 森本文人† 八木昭宏 片寄晴弘‡
†(関西学院大学大学院文学研究科心理学専攻) (関西学院大学文学部) ‡(関西学院大学理工学部)

近年、エンタテインメント性の評価研究に脳機能計測手法が採用され幾つかの新しい知見が報告されつつある。本報告では、対戦型テレビゲームをプレイしている時の参加者の脳活動を、対コンピュータ、対人間 (invisible)、対人間 (visible) の3種類の条件でfNIRS (近赤外分光法) によって分析し、ゲームの楽しさに関する質問紙の結果とあわせて検討した結果について述べる。その結果として、ゲームプレイ中の前頭の血流量低下と没入感などの関連が示唆された。また対人間のインタラクティブなプレイにおいては前頭の血流量が上昇し、ストーリー性と関連があることが示唆された。

A study in the entertainment of fighting video game measured by fNIRS : a comparison vs. human and vs. computer.

Seiji TAMAKOSHI†, Tsutomu TAKAHASHI†, Masahiko TERAO†, Daiki SAWAI†,
Akira IMANISHI†, Fumihito MORIMOTO†, Akihiro YAGI
and Haruhiro KATAYOSE‡

†Department of Psychology, School of Humanities, Kwansai Gakuin University
School of Humanities, Kwansai Gakuin University

‡School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University

Some recent studies attempted to evaluate entertainability of video games by brain imaging techniques. In this study, we analyzed the brain activities of human playing a fighting video game in 3 situations (visible human, invisible human, computer) by the functional near infrared spectroscopy technique. Furthermore, we discussed the relationship between the brain activities and a questionnaire on entertainment of the video game. As a result, the blood flow was decreased during playing the TV game, and it was related to immersion as reflected on the questionnaire response. Furthermore, the blood flow was increased during playing a human interactive TV game, and it was suggested this increase was related to story or narrative of human relationship.

1. 序論

1.1 テレビゲーム

家庭用テレビゲームが発売されて30年近く経った今日、テレビゲームは一般家庭に広く普及し、家庭におけるエンタテインメントの中核をなしていると考えられる。それに伴い、長時間の利用による悪影響が危惧されている。近年ではヒトの脳新皮質において高次脳と呼ばれる前頭前野の活動の低下を理由に、脳への悪影響が報告されている。しかしながら、脳活動の低下が必ずしも人体への悪影響であるとは断定できず、その原因や機構などについて、より精査な研究が求められる。また、脳活動とゲームに関する因果関係や機構などが明らかになれば、その知見からエンタテインメントという枠を超える新たなコンテンツを創作できる可能性がある。また、そうした脳科学の知見に基づいたコンテンツは我々の生活をより豊かにする可能性がある。そこで本研究では、ゲームの持つインタラクティブ性に着目し、世界中の離れた場所にいる人々がコミュニケーションを取りながら楽しめるオンラインゲームのような場面と、日常生活におけるテレビゲーム場面を想定し、実証的、心理学的な観点から対戦型ゲームのエンタテインメント性の検討をする。

1.2 テレビゲームと脳活動

近年、脳活動を測定する技術や装置が発展し、様々な行動をしている時の脳活動が計測できるようになった。ところが、テレビゲームを対象とした学術的な研究は極めて乏しい。また、テレビゲームという言葉に代表されるコンテンツの中には非常に多様な要因が混在していて、テレビゲームの中のどの要因が使用者にどのような影響を与えるのかは、ほとんど明らかにされていない。そのなかでも肯定的な観点からの研究は特に少ない。テレビゲームと脳活動に関する先行研究ではテレビゲーム使用時には大脳皮質における前頭前野の活動が低下するという結果が得られている(川島, 2005)。前頭前野はワーキングメモリのような高次な認知処理を行い、予測的機能や行動の制御などとの関連が知られている(二木, 1996)。しかしながらチェスや碁のような空間認知や思考を伴う課題遂行時において様々な脳部位での活動が認められているが前頭前野の活動は限定的である(Atherton et al., 2002; Chen et al., 2002)。同様に、ドライビングシミュレーションを用いた先行研究において前頭の活動(血流量)は低下している(Calhoun et al., 2002)。そうした活動低下の原因として視覚刺激の順応や繰り返しによる運動の自動化が示唆されている(Sakai et al., 1998; Shulman et al., 1997)。

このような視覚刺激の順応や繰り返しによる運動の自動化、もしくはテレビゲーム、広義にはチェスなどのゲームをしている時や、クライミングやバスケットボールなどの行為をしている時に経験する、「はまり」や「没入」という状態についての理論が提唱されている。Csikszentmihalyi (2000)によって提唱された、行為に没入している時に人が感ずる包括的感覚として'flow'という状態である。特徴として「行為と意識の融合」「注意集中」「自我の喪失」が指摘されている。flowとは2つの次元で構成され、一つは知覚された技能の水準、もう一つは知覚された挑戦の水準である。行為者の技能が高すぎれば退屈感を引き起こし、また挑戦に対して技能が伴っていなければ不安な気持ちを引き起こす。これら二つの水準のバランスがとられているとflowという状態を体験するとCsikszentmihalyiは述べている。

1.3 テレビゲームとインタラクション

加藤(2001)によるゲームの面白さの分類として、(1)ディスプレイ画面とのインタラクション次元のおもしろさ、(2)ゲーム物語とやりとりする次元のおもしろさ、(3)メディア・ミックス的な情報文化次元でのおもしろさ、という三つの次元があるとしている。この著書で述べられたインタラクション次元とはディスプレイ画面とのインタラクションであり、ディスプレイの表示されている映像空間をのぞくという感覚から、映像空間の中に自分がいるという感覚へと転換することである。ゲーム物語とやりとりする次元とは、ゲームの物語を体験する(消費する)おもしろさであり、メディア・ミックス的な情報文化とはゲームの中で自在に行動するキャラクターを自分の分身と感じ、仮想現実ということを強く意識せず楽しめる面白さである。

しかしながら、加藤(2001)は現実空間における他者とのインタラクティブに関しては言及していない。そのため電子メディアという枠組みを超えた、この類のインタラクティブに関するエンタテインメント性に関して研究する必要がある。

他者とのインタラクションと前頭前野の活動に関する先行研究があり、川島(2002)による相手を欺こうとする時に活発に反応するという報告と、協調的な選択を行う時に活発に活動するという、知見がある(McCabe et al., 2001)。これらの研究は総じて他者との関わりが前頭の活動を促進することを示唆する。

1.4 目的

客観的な脳活動のデータはいくらか報告されているが、システムティックに主観経験と脳活動を対応付けた報告は少ない。そのため本稿ではゲームの楽しさの主観的な指標として主観評価とflow理論に基づく尺度、客観的な指標としてfNIRS(functional near infrared spectroscopy; 機能的近赤外分光法)によって前頭部の脳活動を計測し、これらをあわせて検討することを目的とする。特に本研究ではインタラクションという観点から、2D対戦型格闘ゲームにおける対戦様式を3条件設定し、それぞれの

条件下での比較, さらに, 前頭前野に関する先行研究の知見から, 高習熟者と低習熟者のデータの検討をすることを目的とする.

2. 方法

2.1 実験参加者

本稿では実験参加者のうちデータ計測に参加した人を Player, 対戦相手として参加した人を対戦者と呼ぶ. 本実験における Player は 3 名であった. Player 3 名中, 対戦型ゲームの熟練者が 2 名, 初心者が 1 名であった. 本実験における Player は右利きの男性 3 名 (年齢 26, 24, 36) であった. Player には事前にインフォームドコンセントが与えられた.

2.2 実験装置

本実験には SONY ENTERTAINMENT COMPUTER 社製 PLAY STATION 2 によって制御された, 対戦型ゲームソフト CAPCOM 社製ストリートファイター を用いた. 本実験に用いた 2D 対戦型格闘ゲームとは, Player が任意のキャラクターを一人選び, 対戦相手と画面上で格闘をするという内容であった. 攻撃を受けるとその強度によって体力が減らされ, ゼロになった時点で負けるという設定であるため, 対戦相手の攻撃を防ぐ, または避けながらこちらの攻撃を対戦相手に仕掛けるという操作が主な課題となる. 参加者は課題を PLAY STATION 2 付属のコントローラーによって操作した. テレビゲームは参加者の前におかれた 17 インチディスプレイに表示された.

2.3 fNIRS 計測

fNIRS とは近赤外光を頭皮上より照射し, 反射されたレーザー光の減衰具合によって大脳皮質における血流量を推定する装置である. 近赤外光の波長によって, 酸化ヘモグロビンと脱酸化ヘモグロビンが測定されるが, 本研究ではより鋭敏な反応を示す酸化ヘモグロビンの変化をもって血流の指標とした. 本研究では島津製作所製 OMM-2001 を使用し, 国際 10 - 20 法準拠の正中線上前頭部 Fz を中心とした 15 cm×6 cm の領域における血流量を合計 27 チャンネル, サンプルング周波数 7 Hz で記録した. 結果の指標としては主に正中線上前頭部 Fz 部に相当するチャンネルを使用した.

2.4 実験手続き

本実験で設定した 3 条件のインタラクション場面は以下のものであった. 正面に向かい合った対戦相手が互いに観察可能な場合 (visible 条件), 次に対戦相手がカーテンで仕切られて観察不可能な場合 (invisible 条件), 最後にプログラムと対戦する (CPU 条件) が設定された. CPU 条件の時も invisible 条件の時と同様に Player の正面はカーテンで仕切られていた. 本実験では 3 条件を 4 試行ずつ計 12 試行実施した. Player は 1 試行につき約 2 分間対戦を行った. 3 つの条件は全てランダムな順序で行い, 順序の効果を相殺した. ゲーム開始前に Player は予め対戦場面の条件に関する情報が与えられた. 各試行終了後, 休憩として 2 分, 次の試行まで間隔を明け, その間 Player には主観評価を行わせた.



Fig. 1. visible 条件実験状況. 他の条件では中央のカーテンで仕切られる.

2.5 主観評価

ゲームプレイ中の主観評価のために, 本研究では「ゲームの楽しさ」についての尺度を KJ 法によ

って作成した。尺度は10項目から成り，回答は5件法によって得点化された。項目の中には「ゲームに没頭できた」という項目も含まれていた。さらに没頭感と併せて，flow 状態の確認のために質問項目とは別に「知覚された挑戦」と「知覚された技能」という項目に対して100点満点で自己評価させた (Fig.2 参照)。

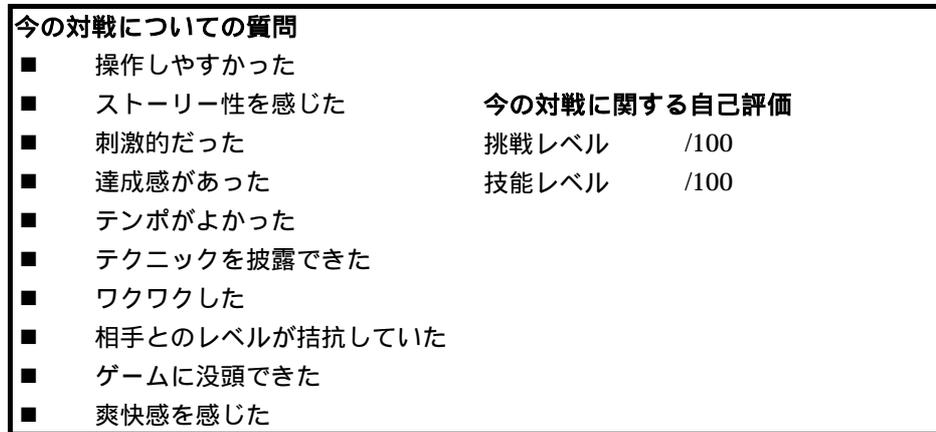


Fig. 2. 主観評価の質問項目.

3. 結果

3.1 NIRS と主観評定値の個人ごとの比較

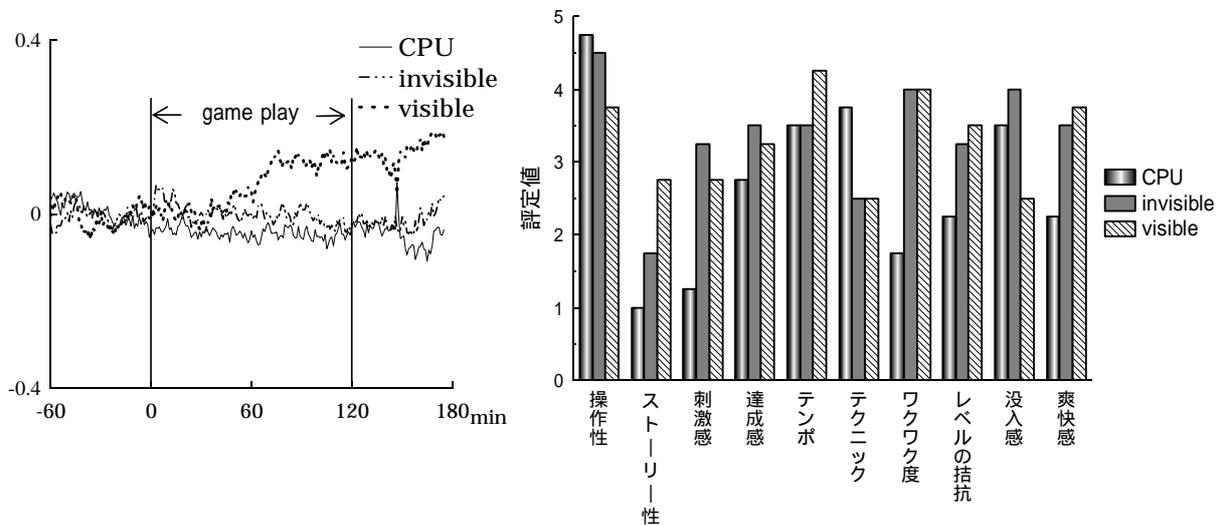


Fig. 2. Player1 の条件別平均血流量 (左), 及び条件別平均評定値 (右).

Player1 の正中線上前頭部 Fz における条件別の4試行の平均血流量変動を Fig.2 (左) に示す。x 軸 0 min がゲーム開始時点である。visible 条件においてゲーム遂行とともに血流が増加しているのが観察される。質問項目において visible 条件において特異的な評定値を示す項目は，特に低い評定値を示すものとして「操作しやすかった」「ゲームに没頭できた」，反対に高い評定値を示す項目として「ストーリー性を感じられた」「テンポがよかった」などがあげられる。つまり，操作しにくく，ゲームに没頭できず，ストーリー性を感じ，テンポがよかった visible 条件において前頭の血流量は増加した。

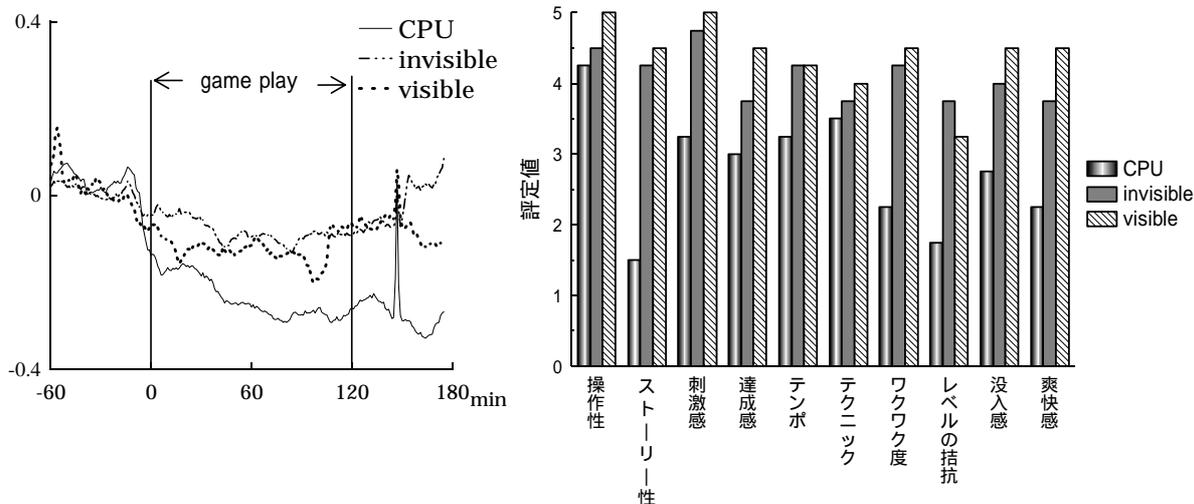


Fig. 3. Player2 の条件別平均血流量 (左), 及び条件別平均評定値 (右).

Fig.3 (左) に Player2 の条件別, 4 試行の平均血流量を示す. CPU 条件において特に血流量の減少が観察される. 質問項目において CPU 条件において特異的な評定値を示す項目は, 特に低い評定値を示すものとして「ストーリー性が感じられた」「刺激的だった」「テンポがよかった」「わくわくした」「相手とのレベルが拮抗していた」「ゲームに没頭できた」「爽快感を感じた」などであった. 特に高い評定値を示す項目は認められなかった. つまり, ストーリー性を感じず, 刺激的でなく, テンポが悪く, わくわくせず, 相手とのレベルが拮抗せず, ゲームに没頭できず, 爽快感を感じなかった CPU 条件において前頭の血流量の減少は顕著であった.

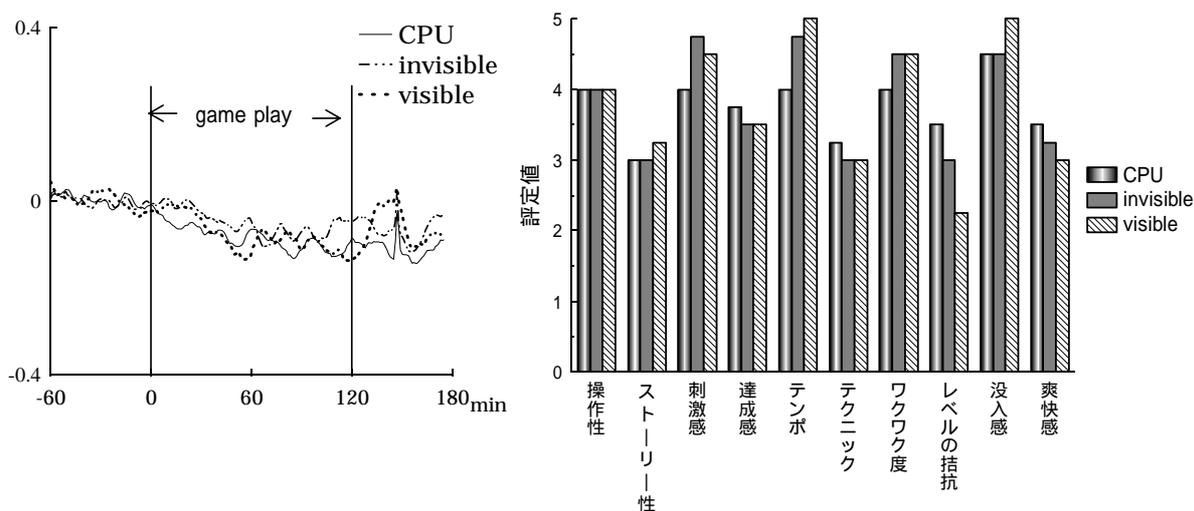


Fig. 4. Player3 の条件別平均血流量 (左), 及び条件別平均評定値 (右).

Fig.4 (左) に Player3 の平均血流量を示す. 各条件ともゲームプレイ時に血流量の減少が観察される. しかし条件による相違は観察されない. 質問項目において条件でばらつきがみられる項目は「刺激的だった」「テンポがよかった」「相手とのレベルが拮抗していた」「ゲームに没頭できた」などであった.

3.2 Player 同士の比較

前頭の血流量の変化で顕著な違いが見られた Player1 と Player2 の特徴的な質問項目の比較を行うと、両者に共通する項目として「ストーリー性が感じられた」「テンポがよかった」があげられる。これらの項目は Player1 では高得点であるにもかかわらず、Player2 では低得点を示しているため、この2つの項目が前頭の活動と関連する可能性が示唆された。

また、Player 1 の visible 条件において前頭の血流が増加する一方で Player2, Player3 両者はゲームプレイ時に一貫して前頭の血流量が減少していた。Player1 と他の2名の Player を比較したところ、Player1 の visible 条件において特に低い評定値を示す項目は「操作しやすかった」「相手とのレベルが拮抗していた」「ゲームに没頭できた」であった。一方、高い評定値を示す項目は「ストーリー性が感じられた」「テンポがよかった」などであった。

以上より、本実験で得られたデータから前頭の血流量の増加と関連する主観体験として、「ストーリー性が感じられた」「テンポがよかった」があげられ、反対に血流量の減少と関連する要因として「操作のしやすさ」「相手のレベルとの拮抗」「ゲームに没頭できた」の関連が示唆された。本実験において flow 状態を確認するために測定した得点と「ゲームに没頭できた」項目との関連は明確に見られなかった。

4. 論議

4.1 習熟度と前頭の活動

本研究で示唆された前頭の活動と主観的体験の関連について、先行研究からの知見との整合を以下に探る。

まず、血流の減少と「操作のしやすさ」の関連であるが、視覚刺激の順応や運動学習の繰り返しによる運動の自動化が前頭の活動低下の原因として示唆されていることから (Sakai et al., 1998; Shulman et al., 1997)、先行研究と整合した結果であると考えられる。同じく、没頭感、没入感と前頭部の活動の低下は兼ねてから報告されているが、血流の低下と関連して「操作のしやすさ」と「相手のレベルとの拮抗」があげられていることは flow 理論における挑戦と技能のバランスという概念と整合していると考えられる。本実験からは flow 状態を測定する得点との関連は見られなかったが、没入感と flow 理論の関連を示唆する知見であると考えられる。

しかしながら、習熟度の低い Player3 の前頭の血流はゲームプレイ時には総じて減少していた。また、習熟度の高い Player1 の visible 条件と Player2 の CPU 条件の「操作がしやすかった」と「ゲームに没頭できた」の項目は、同様な評定値を示しているにもかかわらず、前頭の血流量変化は前者が増加するのに対して、後者は減少していた。このように本実験から習熟度や操作性と前頭の血流量変化に関して、一貫した知見は得られなかった。その原因として質問項目以外の要因の影響や、個人差による影響が考えられるため、知見の一般化のためには更にデータを集める必要があると考えられる。

4.2 ゲームの種類

本実験では対戦型ゲームが用いられたが、得られた知見の一般化のためには他のゲームでの比較は必須である。パズルのような頭脳を使うゲームから、ダンスのような体を動かすゲームまで、様々なゲームが商品かされている。しかし、全てのゲームの評価を行うことは非常にコストが高い。また、使用状況が特定されている場合、例えば本実験のように、オンラインゲームと日常でのゲーム場面の比較といった、具体的な状況を想定した場合は、その想定に即したゲームを選択しなければならない。ゲームやエンタテインメント全般に対する評価を行う場合は本実験で用いたような心理尺度や、多面的感情状態尺度などによってゲームの種類を心理的に分析し、その因子に当てはまったゲームを選定することが必要であると考えられる。あらかじめゲームの種類をその目的によって分類し、その分類に従って、脳活動計測などの詳細な検討をすることにより、コンテンツの持つエンタテインメント性や脳活動との関連は明らかになる。

本実験において、Player1 の血流量が増加した原因として「ストーリー性が感じられた」「テンポがよ

かった」という項目があげられた。「ストーリー性」に関して、加藤 (2001) によるゲームの面白さの分類において物語性が指摘されている。しかしながら、Player1 の内省報告から得られた『対戦相手によって勝利への動機が高まった』といった画面の向こう側にいる対戦相手とのインタラクションは考慮されていない。すなわち、現実にいる他者との人間関係もしくは行為者の人生経験のような、現実世界でのストーリーとゲームのストーリーとのインタラクティブ性は指摘されていない。他者との関わりが前頭の活動を促進するという知見 (川島, 2002; McCabe et al., 2001) と関連付けて、新しいゲームの面白さを創造できる可能性が示唆される。本研究のように前頭の血流の増加が見られた、「実在する他者とのインタラクションにおけるストーリー性」という新たなエンタテインメント性の一般化のために、今後さらなる研究が求められる。

5. 結論

本実験から得られた知見は以下の通りである。ゲームプレイ時の Player2 と Player3 において前頭の血流量は総じて減少した。この原因として、視覚刺激の順応や学習による運動の自動化に加えて、「没入感」が考えられる。しかし、Player3 はゲームに関して低い習熟度であったため、順応や自動化よりも「没入感」の影響が示唆される。「没入感」の要因として「操作のしやすさ」と、「相手のレベルとの拮抗」のバランスの関連が示唆される。また、Player1 の他者とのインタラクティブな場面である visible 条件においてのみ血流量が増加した結果では、「ストーリー性が感じられた」という項目との関連が示唆された。この知見より、「現実世界の人物とのインタラクションにおけるストーリー性」というエンタテインメントにおける新たな概念の構成が示唆された。

References

- 川島隆太 (2005). テレビゲームの脳への影響についての基礎的研究. 財団リポート, 13, 15-16.
- 二木宏明 (1996). 前頭前野の機能を巡って. 板倉 徹, 前田 敏博 (編). 前頭葉 神経科学の基礎と臨床 (5). プレーン出版. pp. 79-91.
- Atherton, M., Zhuang, J., Bart, W. M., Hu, X., and He, S. (2002). A functional MRI study of high-level cognition: I. The game of chess. *Cognitive Brain Research*, 16, 26-31.
- Chen, X., Zhang, D., Zhang, X., Li, Z., Meng, X., He, S., and Hu, X. (2002). A functional MRI study of high-level cognition: II. The game of GO. *Cognitive Brain Research*, 16, 32-37.
- 川島隆太 (2002). 高次機能のブレインイメージング神経心理学コレクション. 医学書院. pp. 125-130.
- Calhoun, V. D., Pekar, J. J., McGinty, V. B., Adali, T., Watson, T. D., and Pearlson, G. D. (2002). Different activation dynamics in multiple neural systems during simulated driving, *Human Brain Mapping*, 16, 158-167.
- Sakai, K., Hikosaka, O., Miyauchi, S., Takino, R., Sasaki, Y., and Putz, B. (1998). Transition of brain activation from frontal to parietal areas in visuomotor sequence learning, *Journal of Neuroscience*, 18, 1827-1840.
- Shulman, G. L., Fiez, J. A., Corbetta, M., Buckner, R. L., Miezin, F. M., Raichle, M. E. and Petersen, S. E. (1997). Common blood flow changes across visual tasks: II. Decreases in cerebral cortex, *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9, 648-663.
- Csikszentmihalyi, M. (2000). 楽しみの社会学. 今村浩明 (訳). 新思索社. pp. 65-92
- McCabe, K., Houser, D., Ryan, L., Smith, V., and Trouard, T. A. (2001) Functional imaging study of cooperation in two-person reciprocal exchange. *PNAS*, 98, 11832-11835.
- 加藤春明 (2001). メディア文化の社会学. 福村出版. pp. 159-164