携帯型ビデオゲームソフトの人間工学的評価

加藤 亮[†] 河合 隆史[†] 池下 花恵[†], 二瓶 健次^{††},
佐藤 正^{†††}, 山形 仁^{††††}, 田代 泰典^{††††} 山崎 隆^{†††††}

[†]早稲田大学 大学院国際情報通信研究科 〒367-0035 埼玉県本庄市大久保山1011

^{††}東京西徳洲会病院小児難病センター 〒196-0003 東京都昭島市松原町3-1-1

^{†††}財団法人ニューテクノロジー振興財団 〒146-8656 東京都大田区多摩川2-8-5

^{††††}株式会社ナムコ 〒146-8656 東京都大田区多摩川2-8-5

^{†††††}株式会社バンダイナムコゲームス 〒140-0002 東京都品川区東品川4-5-15

E-mail: [†]mekemeke@fuji.waseda.jp

概要 本研究では、ビデオゲームの与える生理・心理的影響について、人間工学的な手法を用いて評価実験を行った。ビデオゲームの生体影響は多岐に渡るといえるが、筆者らは短期的・直接的なものとして、気分の変化に着目した。実験では、携帯ゲーム機用ソフト5種類の15分間のプレイを求め、プレイ中の皮膚電気活動、プレイ前後の気分プロフィールおよび唾液中アミラーゼ活性を測定した。実験は、10例の被験者に対して、ゲームソフトの習熟前と習熟後の2度行い、ソフト間の差異や習熟度、プレイ内容等の観点から比較・検討を行った。

キーワード ビデオゲーム, 人間工学, 生理・心理反応, 皮膚電気活動, 気分プロフィール, ストレスマーカー

1. はじめに

ビデオゲームは誕生以来すでに30年以上が経過し、現代人の娯楽の1つとして定着している。ビデオゲームが人間に与える影響には、さまざまな側面があるが、これまでは社会的な事件などの背景として取り沙汰されることが多く、悪影響への注目が大半を占めていた。例えば、ビデオゲームと暴力性の関連^[1]や、依存性^[2]、視力への影響^[3]、脳機能の低下^[4]などが報告されている。日本では、このような悪影響論が周期的に生じる傾向にあり、科学的なエビデンスが十分でない報告が含まれていることも指摘されている^[5]。

一方、最近では、ビデオゲームを積極的に利用しようという取り組みも始まっている。教育をはじめ、エンタテインメント以外の用途や社会的な問題解決に有効なソフトはシリアスゲームと呼ばれ、研究の対象として扱われるようになってきた。例えば、ゲームソフトの学習効果^[6]や、アクションゲームによる視注意能力の向上^[7]、恐怖症の治療^[8]、パズルゲームのプレイによる空間認知能力の一時的上昇^[9]といった、多様な研究・報告の事例が増加している。

これまで筆者らは、短時間のゲームプレイによる生理・心理的な変化に着目し、予備的な検討を行ってきた^[10]。本研究では、手軽な気分転換の手段としてのビデオゲームの利活用に着目し、人間工学的な手法を用いて評価実験を行った。

2. 目的

近年、携帯ゲーム機の普及は著しく、2006年の販売台数は1000万台以上と、ビデオゲームのハード販売台数全体の7割以上を占めている。据え置き機のように時間的・空間的な制約がなく、ちょっとした空き時間や移動中などでも気軽にプレイできるということが、普及要因の一つであると考えられる^[11]。携帯ゲーム機の普及は、ゲームのプレイスタイルとして、長時間のやり込み型と、短時間の気分転換型という2極化が進んでいると考えられる。筆者らは、ゲームソフトの新たな利活用の可能性と同時に、生体影響としての因果関係の明白さから、後者のスタイルに着目している。

そこで本研究では、携帯型ゲーム機を用いた短時間のゲームプレイが与える短期的・直接的な影響に

ついて、気分の変化という観点から、実験的に評価することを目的とした。特に、ソフト間の差異やプレイ内容、プレイヤーの習熟度などによる影響を検討し、気分の変化の方向や度合といった諸特性に関する基礎的な知見を得ることを目指した。

3. 方法

携帯ゲーム機（プレイステーションポータブル、ソニーコンピュータエンタテインメント）のソフトを用いて、プレイ中とプレイ前後の気分の変化について、生理・心理指標を用いた検討を行った。

被験者には、ソフト毎に定めたステージを15分間、自由にプレイすることを求めた。実験は、各ゲームソフトの習熟前と習熟後の2度行った。1度目の実験では、各ソフトに関する予備知識のない状態でプレイしてもらった。その後、被験者に各ゲームソフトのトレーニングを求め、ソフト毎に定めた習熟目標に達した後、2度目の実験を行った。表1にソフト毎に定めたプレイ内容および習熟目標を示す。

3.1 測定項目

生理指標では、皮膚電気活動（Electro-dermal Activity：EDA）と唾液中のアミラーゼを計測した。

EDAは、精神性の発汗を電氣的にとらえたものであり、一般に、手掌から計測される。交感神経の支配下の汗腺活動を電氣的に測定することで、情動状態、認知活動、情報処理過程などを評価することが可能である^[12]。

アミラーゼは、唾液中に含まれる消化酵素の一種で、ストレス刺激が交感神経系の興奮信号を励起し、体内の自己防衛反応として消化管内の毒物分解を促すため、分泌されると考えられている。アミラーゼは、メンタルストレス評価のためのマーカーとして実用化されている^[13]。

一方、心理指標では、気分プロフィール検査（Profile of Mood States：POMS）を選択した。POMSは、気分を調査する質問紙法の一つである。被験者がおかれた条件により変化する、一時的な気分の状態を測定できるという特徴を有しており、6つの尺度（緊張・不安、抑鬱・落込み、怒り・敵意、活気、疲労、混乱）に反映される^[14]。

さらに、実験終了後には、アンケート法による各ゲームソフトに対する印象を調査した。具体的に、グラフィック、キャラクタ、音楽、効果音、操作性、難易度の適切さ、わかりやすさ、爽快感、総合評価の8種類の尺度から7件法（1:とても悪い～7:とても良い）によって回答を求めた。

なお、本研究では、プレイ中の覚醒状態や情動変化についてEDAを、プレイ前後のストレス状態や気分の変化についてアミラーゼとPOMSを、それぞれ指標として比較・検討を行った。

3.2 実験刺激

実験刺激には、プレイステーションポータブル用のゲームソフトから、レース、音楽、アクション、パズルの4ジャンル、5種類を選定した。

表1 各ゲームソフトのプレイ内容と習熟目標

ゲームソフト	プレイ内容	習熟目標
リッジレーサーズ	任意・ステージ順	ベーシックツアー03 ステージクリア
太鼓の達人ぼーたぶる	任意	「むずかしい」曲5つクリア
ディグダグ	ステージ順	ノーコンティニューで7ステージクリア
もじびったん大辞典	任意	どきどきパズルモードレベル1クリア
ルミネス	シングルプレイモード	シングルプレイモードでレベル16以上

(1) リッジレーサーズ

複数台の車とゴールの順位を競い合うレーシングゲーム。

図1 リッジレーサーズ © NBGI

(2) 太鼓の達人ぼーたぶる

画面左側から流れてくる音符に合わせ、タイミングよくボタンや十字キーを押す音楽ゲーム。

図2 太鼓の達人ぼーたぶる © NBGI

(3) ディグダグ

地面を掘り進み、鋤を使って敵キャラクターを倒していくアクションゲーム。

図3 ディグダグ © NBGI

(4) もじぴったん大辞典

文字をステージ上のマス上に置いて、言葉を作っていくパズルゲーム。

図4 もじぴったん大辞典 © NBGI

(5) ルミネス

上から落下する2色のブロックを回転させ、同色同士で四角形を作り、ブロックを消すパズルゲーム。

図5 ルミネス © Q ENTERTAINMENT/BANDAI/NBGI

3.3 被験者

被験者は心身ともに健康な大学院生10例（平均24.5才）であり、上述のゲームソフトのプレイ経験のない者を選定した。

3.4 実験手順

実験環境を、図6に示した。プレイ中のEDAとプレイ内容との連関を分析するために、それぞれの画面を合成し、ビデオテープレコーダーで記録した。

図6 実験環境

3.5 実験手順

実験は、以下の手順により個別に行った。

- (1) POMSの測定
- (2) 操作説明書に基づいた教示
- (3) アミラーゼの測定
- (4) 電極の装着および5分間の練習
- (5) 15分間の実験刺激のプレイとEDAの測定
- (6) アミラーゼの測定
- (7) POMSの測定
- (8) アミラーゼの測定（プレイ終了3分間後）
- (9) 内省報告・アンケート調査

4. 結果

プレイ中のEDAは、情動反応回数（Emotional Reaction Frequency：ERF）、情動反応振幅（Emotional Reaction Amplitude：ERA）、皮膚電位水準（Skin Potential Level：SPL）の3種類の定量化を行った。ERFとは、プレイ中の情動反応の1分間あたりの平均回数である。ERAとは、情動反応の大きさの平均である。SPLは覚醒水準を表し、数値が陰性に高いほど覚醒・集中していることを示唆する^[10]。本実験では、ゲームプレイ直前の15秒間の平均をSPLのベースラインとした、プレイ中の変化率に変換して検討を行った。

アミラーゼでは、プレイ前後および終了3分間後のストレス値を、プレイ前をベースラインとした変化率に変換して検討を行った。プレイ後に2回計測しているのは、アミラーゼの分泌の亢進に、1分～数分の時間遅れが知られているためである。

POMSは、プレイ前後のT得点について、気分の尺

度別に検討を行った。T得点とは、POMSによって得られた素得点を標準化得点に換算したものである。

4.1 リッジレーサーズ

習熟前の実験では、「コースのマップがわからないのでドキドキした」などの意見が聞かれ、緊張感を持ちながらプレイしている被験者が多かった。一方、習熟後の実験では、「思い通りに操作できたので、快適だった」などの意見が聞かれ、プレイに余裕があったことが伺えた。EDAの結果からは、ERF、ERA、SPLともに習熟後に減少する傾向があった。顕著な情動反応のみられた状況として、「前方の車を追い抜く」、「壁や車にぶつかる」、「ドリフトを用いてカーブを曲がる」などがあげられた。図7に、被験者1例のリッジレーサーズプレイ時のEDAの結果例を示す。この被験者は、順位が3位から2位、また2位から1位になる際に大きな情動反応を示した。図8にアミラーゼ活性変化率を示す。ゲーム習熟前に、実験終了直後と終了3分後の間に有意な差が認められたが（ $F=6.88$ 、 $p<0.05$ ）、習熟後には、終了直後と3分後の間に差はみられなかった。POMSでは、習熟前後ともにプレイ後の活気感の上昇が顕著であり（ $F=10.61$ 、 $p<0.05$ ）、習熟後には疲労感が有意に減少した（ $F=6.21$ 、 $p<0.05$ ）（図9）。アンケートでは、他のソフトに比べ、操作感、爽快感、総合評価において得点が高い傾向にあり、また、習熟後にキャラクタ以外の評価が上昇した。

図7 リッジレーサーズプレイ時におけるEDA（SPL）の結果例

図8 リッジレーサーズプレイ後の
アミラーゼ活性変化率

図10 太鼓の達人ぼーたぶるプレイ中の
EDAの変化

図9 リッジレーサーズプレイ後の
POMSのT得点変化率

図11 太鼓の達人ぼーたぶるプレイ後の
POMSのT得点変化率

4.2 太鼓の達人ぼーたぶる

習熟後の実験で「難易度の高い曲を選ぶ」、「プレイしやすいようボタンコンフィグを変える」など、プレイ態度が積極的に変化した被験者が多かった。EDAでは、ERA、SPLが習熟後に上昇した（ERA： $F=4.04$ 、 $p<0.10$ 、SPL： $F=4.05$ 、 $p<0.10$ ）（図10）。顕著な情動反応がみられた状況に「難易度の高い曲のプレイ時」、「コンボ（ミスせず連続で叩く）継続時」などがあった。アミラーゼ活性は、習熟後に上昇傾向がみられた（終了直後： $F=3.74$ 、 $p<0.10$ ）。図11にPOMSの結果を示す。習熟前の混乱の上昇傾向（ $F=6.39$ 、 $p<0.10$ ）と、前後とも活気の上昇傾向がみられた（習熟前： $F=3.73$ 、 $p<0.10$ 、習熟後： $F=4.28$ 、 $p<0.10$ ）。

4.3 ディグダグ

顕著な情動反応がみられたゲームプレイの状況として、「敵がせまった時」、「岩を使って敵を倒す時」、「思い通り動かずミスをしてしまう時」などがあげられた。アミラーゼ活性では、顕著な変化はみられなかった。POMSでは、習熟前後ともに活気が上昇（習熟前： $F=7.34$ 、 $p<0.05$ 、習熟後： $F=9.99$ 、 $p<0.05$ ）、習熟後には全体的にやや下降方向へ変化した（図12）。アンケートでは、キャラクタやサウンドへの好み、被験者間で分かれる傾向にあった。図13、14に習熟後の実験でスムーズにプレイできた被験者のアンケートおよびPOMSの結果例を示す。この被験者は、習熟前は操作性について不満を述べていたが、習熟後はゲームソフトへの印象が積極的に変化すると同時に、気分の向上がみられた。

図12 ディグダグプレイ後の
POMSのT得点変化率

図13 ディグダグプレイ後の
アンケートの結果例

図14 ディグダグプレイ後の
POMSのT得点の変化例

4.4 もじびったん大辞典

習熟前には「適当にやってもクリアできてしまう」「ルールが分かりにくいステージがある」といった意見が聞かれた。習熟後には「簡単なステージは歯ごたえがないので、難しいステージを選んだ」「考えた末

にブロックを置くようにすることでだんだんおもしろくなってきた」など、太鼓の達人ぼーたぶると同様、プレイ態度への変化がみられた。顕著な情動反応がみられたゲームプレイの状況として、「タイムリミットがせまった時」、「連鎖が起こった時」などがあげられた。図15に、習熟後に高得点をあげた被験者のプレイ中のSPLの変化例を示す。習熟前には情動反応が散見されたが、習熟後にはほとんどみられず、皮膚電位水準が安定かつ上昇する傾向にあった。アミラーゼ活性では、特徴的な変化はなかった。POMSでは、習熟後に混乱が有意に上昇した ($F=6.29, p<0.05$)。

図15 もじびったん大辞典プレイ中の
SPLの変化例

4.5 ルミネス

習熟前後ともに「心地よかった」「集中してできた」といった意見が多く聞かれた。顕著な情動反応がみられたゲームプレイの状況として、「ブロックが画面上まで埋まってきた時」、「スペシャルブロックでの連鎖が起こった時」などがあげられた。習熟後のERFが、他のゲームに比べ低かった。アミラーゼ活性では、習熟前後ともに減少がみられ、その傾向は習熟後の実験終了3分後に顕著であった ($F=5.95, p<0.05$) (図16)。POMSでは、習熟前に抑鬱の減少がみられた ($F=5.71, p<0.05$)。また、若干の活気の上昇や、疲労の減少がみられたが、有意な差はなかった。アンケートでは、音楽、わかりやすさ、爽快感、総合評価において得点が高い傾向にあり、習熟後に全ての項目の評価が上昇した (図17)。

図16 ルミネスプレイ後の
アミラーゼ活性の変化率

図17 ルミネスプレイ後の
アンケート結果

5. 考察

実験の結果から、ゲームプレイによる生理・心理的な変化がみられ、それらがソフト間や習熟前後で異なることが明らかとなった。

リッジレーサーズでは、習熟前の被験者や、うまくプレイできなかった被験者においても、活気の上昇がみられた。このことから、気分の変化が習熟度やプレイ内容に左右されにくく、活気が上昇しやすい傾向を有したソフトであることが示唆された。一方で、習熟後に活気の上昇・増進、疲労感の軽減がみられたことから、本ソフトにおいては習熟が気分の改善に影響を及ぼし得ると考えられた。

太鼓の達人ぽーたぶるでは、活気が上昇し、疲労感が低下した。習熟後、自分のレベルに適した曲や難易度を選び、ノルマクリアした際に、情動反応や覚醒水

準、活気の上昇がみられた。また、習熟前に比べ、習熟後にアミラーゼ活性が上昇したことは、より難しいステージを選択した被験者が多かったためと考えられた。同様に、ERAやSPLの上昇は、ハイスコアを狙うなど、プレイスタイルの積極的な方向への変化に起因すると考えられることから、プレイ内容や態度による影響が比較的に強いといえる。

ディグダグは、1980年代のソフトであり、特徴的な操作性によって、ストレスを感じる被験者が多かったが、好みによる差異が大きいと考えられた。ゲームのプレイによる気分の改善においては、ストレスを与えない操作性が重要といえるが、特徴的な操作への慣れ、あるいはサウンドやキャラクタなど操作性以外の部分に好ましさを抱くことで、同様の影響を与える可能性が示唆された。

もじぴったん大辞典において、習熟後に混乱が上昇したことは、被験者が簡単なステージでは満足できず、難易度の高いステージを選択するようになり、問題や制限時間に戸惑うことが多くなったことに起因すると考えられた。また、言葉を考えるというゲーム内容から、学習効果などの観点から、その影響を評価することも考えられるソフトといえる。

ルミネスでは、習熟後にアミラーゼ活性の減少が顕著となる傾向がみられた。また、ERFが他のソフトより低く、内省報告においても「単純作業が心地よかった」「ブロックの積み方が分かってくると、ゆっくり楽しめるようになった」といった報告が多く、アンケートの結果も総じて高かった。これらのことから、プレイ中も安静化方向の変化が生じ、その傾向は習熟後に強くなると考えられた。

6. まとめ

本研究では、ビデオゲームの生体を与える影響として、短時間のプレイによる気分の変化に着目し、ソフト毎の傾向や習熟度による差異などについて、比較・検討を行った。携帯ゲーム機向けの5種類のソフトを対象とした評価実験の結果から、以下の2点が考察としてあげられた。

(1) ビデオゲームのプレイは、生理・心理的な変化

の影響源になり得、その変化の方向は、ソフトによって異なる。

(2) ゲームソフトの習熟やプレイ内容、好感度なども、特徴的な変化の要因となる。

これらの結果は、ビデオゲームの積極的な影響の1つとしての気分転換への適用可能性と同時に、人間工学的なアプローチによる特定の変化を意図したゲームデザインの可能性を示唆しているといえる。

今後は、多様な実験条件、測定項目の設定や被験者数の増加等により、再現性のある気分の変化の方向性や度合いを捉え得る、ゲームソフトの評価方法の構築に取り組んでいく。同時に、得られた知見のゲームデザインへの応用性についても検討していきたい。

文 献

- [1] Anderson, C. A., B. J. Bushman, Effects of violent games on aggressive behavior, aggressive cognition, aggressive affect, physiological arousal, and prosocial behavior: A meta-analytic review of the scientific literature, *Psychological Science*, vol.12, pp.353-359, September 2001.
- [2] 香山リカ, 「ゲーム・ネット依存の心理とその功罪 (特集 傷ついた子どもの心を癒す)」『科学評論社』, 第12巻第1号, pp.36-39, Jan 2008.
- [3] 三沢哲夫 ほか, 「児童の目におよぼすビデオゲームの影響」『日本衛生学雑誌』, 第45巻第6号, pp.1029-1034, Feb 1991.
- [4] 森昭雄, 『ゲーム脳の恐怖』, 日本放送出版協会, 2002.
- [5] 坂元章, 『テレビゲームと子どもの心—子どもたちは凶暴化していくのか?』, メタモル出版, 2004.
- [6] Mitchell, A., C. Savill-Smith, The use of computer and video games for learning, 2004. [Retrieved May 1, 2007 from <http://www.lsda.org.uk/files/PDF/1529.pdf>].
- [7] Green, C. S., D. Bavelier, Action video game modifies visual selective attention, *Nature*, vol.423, no.6939, pp.534-537, May 2003.
- [8] Robillard, G., S. Bouchard, T. Fournier, P. Renaud, Anxiety and Presence during VR Immersion: A Comparative Study of the Reactions of Phobic and Nonphobic Participants in Therapeutic Virtual Environments Derived from Computer Games, *CyberPsychology & Behavior*, vol.6, no.5, pp.467-476, October 2003.
- [9] 勝沼久隆 ほか, 「パズルゲームの空間認知能力に関する脳活動への作用-fMRIを用いた計測方法の提案」『電気学会医用・生体工学研究会資料』第2005巻第1号, pp.19-22, Jul 2005.
- [10] 加藤亮 ほか, 「TVゲームの気分を与える影響の評価」『日本人間工学会第46回大会講演集』, vol.41, supplement, pp.252-253, 2005.
- [11] 『ファミ通ゲーム白書2007』, エンターブレイン, 2007.
- [12] 薦田広幸 ほか, 「インタラクティブアートにおける演奏家と観客の緊張状態の生理的解析」『日本バーチャルリアリティ学会論文集』第2巻第2号, pp.9-16, Jun 1997.
- [13] 金丸正史 ほか, 「唾液アミラーゼ活性によるジェットコースターの感性評価」『電子情報通信学会技術研究報告』, 第103巻第132号, pp.1-6, Jun 2003.
- [14] 高津浩彰 ほか, 「生体反応とPOMSによるゲームのリラクゼーション効果についての検討」『生体・生理工学シンポジウム論文集』, 第15巻, pp.365-368, Oct 2000.
- [15] 新美良純, 『皮膚電気活動』, 星和書店, 1986.

Ergonomic Evaluation of Portable Video Games

Ryo KATO[†] Takashi KAWAI[†] Hanae IKESHITA[†], Kenji NIHEI^{††},
Tadashi SATO^{†††}, Hitoshi YAMAGATA^{††††} Hirofumi TASHIRO^{††††},
Takashi YAMAZAKI^{†††††}

[†]Graduate School of Global Information and Telecommunication Studies, Waseda University
1011 Okuboyama, Nishi-Tomida, Honjo-Shi, Saitama, 367-0035 Japan

^{††}Tokyo west Tokushukai Hospita 13-1-1 Matsubaracho, Akishima-shi, Tokyo, 196-0003 Japan

^{†††}NEW TECHNOLOGY FOUNDATION 2-8-5 Tamagawa, Ota-ku, Tokyo, 146-8656 Japan

^{††††}NAMCO LTD 2-8-5 Tamagawa, Ota-ku, Tokyo, 146-8656 Japan

^{†††††}NAMCO BANDAI Games Inc 4-5-15 Higashishinagawa, Shinagawa-ku, Tokyo, 140-0002 Japan

E-mail: [†]mekemeke@fuji.waseda.jp

Abstract In this study, the authors evaluated the psycho-physiological effects of video games on players using an ergonomic process. Although video games affect users in various ways, this study focused on the short-term and direct effects. In an experiment, subjects played five kinds of video games on portable game machines for fifteen minutes. While each subject played a game, the authors measured electro-dermal activity during game play and profiled the subject's mood states and amylase in the saliva before and after he or she played. The authors examined the differences between the ten subjects before and after mastering the games, the differences and difficulty levels of the games, and the content of the gaming.

Keywords Video Games, Ergonomics, Psycho-physiological Responses, Electro-dermal Activity, Mood States, Stress Markers