

ビデオゲーム使用者の疲労と習熟の傾向

Tendency of Fatigue and Skilled Process by Video-game Players

神 谷 達 夫

要 旨

ビデオゲームをプレイすることによる疲労は経験的に知られているが、その疲労がどのような傾向であるのかは十分に解明されていない。また、ビデオゲームのプレイを繰り返すことによりゲーム得点の向上することは経験的に知られているが、ビデオゲームへの習熟がどのように進み、ゲーム得点の増加がどのような傾向を持つかは明らかでない。

本論文はビデオゲームによる疲労と習熟の傾向を明らかにすることを目的としている。フリッカ一検査法により求めたフリッカ周波数周波数 (CFF) と疲労調査票により疲労を測定し、ゲーム得点から求めた得点傾向式によって習熟の傾向を分析した。

実験の結果、ビデオゲームをプレイするとCFFが低下し、CFFを平均と標準偏差を用いて正規化した正規化CFFは直線的な低下傾向を示した。また、ビデオゲーム機の機種の違いにより、被験者の疲労割合に差異のあることが確認された。さらに、疲労調査票における訴え率により、精神的に疲れやすいと感じるビデオゲームの方がCFFの低下率の大きいことが分かった。

キーワード：ビデオゲーム, 習熟, 疲労, CFF, 疲労調査票, 得点傾向式

1. はじめに

近年のビデオゲーム機器の普及は著しく、ビデオゲームが知覚技能や運動技能にどのような影響をもたらす可能性があるか⁽¹⁾やビデオゲーム機器への人間の応答⁽²⁾などに関する研究が始められており、心理学やその周辺領域でもビデオゲームに関する研究が始まっている。しかし、ビデオゲームに関する研究に関しては検討されるべき問題を整理する段階にあり⁽³⁾、十分進んだ状況ではない。

ビデオゲーム機器を長時間操作することにより疲労することやゲーム回数に応じてゲーム得点の向上する可能性のあることは経験的に知られていが、ビデオゲーム使用時の疲労や習熟に関しての定量的な研究は過去にほとんど無いのが現状であり、その程度や傾向に対する定量的な説明はなされていない。近年、ビデオゲームが脳へ与える影響についての書籍⁽⁴⁾が発表され、ビデオゲームが脳に悪影響を与えるということで話題となっているが、この書籍の内容には異論も多い⁽⁵⁾。さらに、ビデオゲームやテレビが脳に与える影響の追跡調査は始まった⁽⁶⁾ばかりであり、その内容は定量的に十分検討されているとはいいがたい。本研究では、ビデオゲームをプレイすることによる疲労と

習熟の傾向を定量的に明らかにすることにより、ビデオゲームへの過剰な警戒感を払拭し、ビデオゲーム使用の安全な範囲を示すことを最終的な目的としている。

疲労の定量的な測定方法はこれまで各種検討されているが³⁾ (7-11)、本論文では容易に測定可能で疲労の程度を把握するために広く採用されているフリッカー検査法⁽⁷⁻¹⁷⁾と疲労調査票⁽¹⁸⁾を用いた。フリッカー検査法はテレビの視聴に対する疲労の研究などにも用いられており⁽¹⁹⁾、本研究においてもこの測定法が有効であると考え、疲労の測定法として採用した。フリッカー検査法と疲労調査票は、作業時間が延びるにつれて作業者の心身に蓄積される減退的效果(疲労、眠気、心的飽和など)を感度よく捉えることが報告されている⁽²⁰⁾。また、フリッカー検査法と疲労調査票による測定の結果を比較することにより、使用するゲーム機の機種の違いにより、どのような疲労傾向の差があるのかを調査検討した。さらに、ゲーム得点から習熟を分析するために提案された得点傾向式⁽²¹⁾をビデオゲームへの習熟傾向の分析に用い、測定された疲労の傾向と得点傾向式を比較することにより、疲労傾向と習熟の関連性を検討した。

2. 実験方法

実験対象には2種の業務用ビデオゲーム機”ドラムマニア”(ゲーム機1)と”狙撃”(ゲーム機2)を使用した。フリッカー検査法には竹井機器製501Bを用い、CFF(Critical Frequency of Fusion)を測定した⁽²²⁾。また、被験者がプレイ中のゲーム機の画面をビデオカメラで撮影し、ゲームの得点や命中率などの情報を記録した(図1)。ゲーム間の間隔やCFF測定までの時間の計測にはストップウォッチを用いた。

被験者は21から24歳の理系大学生と理系大学院生(男13名,女1名,22.4±0.938歳)の14名である。被験者のうち、4名は日常ゲームをしない者で、他の10名は1週間に平均1時間程度のゲームをしている。このうち7名はゲーム機1の経験者であり、4名はゲーム機2の経験者である。

各被験者は聴覚及び視覚に障害を持っておらず、四肢も不自由でない。実験装置で被験者に関わりのある部分は、ゲームセンター等で用いられている機器であり、短時間の連続使用では特に大きな危険性は無い。実験回数は予備実験により被験者が安全である範囲を調査し、その結果に十分余裕を持って対応できるように本論文ではゲームプレイ連続回数を5回までとした。被験者には実験装置を見せるとともに実験装置の使用方法和予備実験の結果を被験者に説明し、これらの内容を十分確認した上で実験参加への承諾を得た。

実験では、ゲーム開始前とゲームプレイ終了5分後に被験者のCFFを測定し、CFF測定後すぐに次のゲームをプレイさせることを繰り返した。CFFは光源の駆動周波数を徐々に上昇(上昇周波数測定法)または下降(下降周波数測定法)させ、点滅しているもしくはその逆に連続していると感じる状態の変化を被験者が訴え、その周波数を記録することにより測定される。実験では測定精度

向上のため⁽²³⁾、20 [Hz]からの上昇周波数測定法と60 [Hz]からの下降周波数測定法で測定した結果の単純平均をCFFの値とした。さらに、CFFは覚醒等の影響を受け短時間の運動負荷にはすぐに反応しない傾向にあると考えられ⁽²⁴⁾、その影響を軽減するため、本研究ではゲーム終了後から5分後にCFFを測定した。

疲労調査票は日本産業衛生学会の疲労調査票⁽¹⁸⁾と同じ項目（表1）を用いた。最後のゲームプレイ終了後、終了時の疲労感を調査するため、被験者に疲労調査票を記入させた。



図.1 実験装置

ゲーム機1は画面表示と音楽に合わせ電子ドラムを打鼓するゲームであり、音楽とプレイヤの電子ドラムを打鼓するタイミングの良否によって得点を決定する。ゲーム機2は銃を模したユーザーインターフェースを用い、画面上に映された標的を撃つゲームであり、命中個数と命中率によって得点を決定する。

一般にゲームのプレイ時間はプレイヤの能力に依存するように設計されており、1回のゲーム時

間は一定していない。しかし、疲労の測定には1ゲームの時間が一定していることが望ましい。ゲーム時間を一定化させるため、ゲーム機1はpracticeモードのeyes of kids（曲名）を使用し、ゲーム機2はスコアアタックモードを使用することにより、ゲーム所要時間は共に約3分と設定した。実際にはこの時間に若干のゲーム機操作時間と移動時間が入り10秒程度の長短は生じるが、この程度の差は無視できるものと考えた。

表1.疲労調査票の調査項目

I 群		II 群		III 群	
1	頭がおもい	1	考えがまとまらない	21	頭が痛い
2	全身がだるい	2	話をするのが嫌になる	22	肩が凝る
3	足がだるい	3	いらいらする	23	腰が痛い
4	あくびが出る	4	気が散る	24	息苦しい
5	頭がぼんやりする	5	物事に熱心になれない	25	口が乾く
6	眠い	6	ちょっとしたことが思い出せない	26	声がかすれる
7	目が疲れる	7	することに間違いが多くなる	27	めまいがする
8	動作がぎこちない	8	物事が気にかかる	28	まぶたや筋肉がピクピクする
9	足元が頼りない	9	きちんとしていられない	29	手足が震える
10	横になりたい	10	根気が無くなる	30	気分が悪い

3. 結果と考察

3.1.ビデオゲームによるCFFの変動

CFFの平常値は被験者個人の属性によるもので、その値は大きく異なっている。したがって、単純にその値のみで比較することはできない。今回の実験では正規化CFF（ロケーションパラメータ変換）を採用しすることにより、被験者間の差異に対応した。正規化CFFを c_n とし、CFF測定値を c_n とすると、 c_n と C_n の関係は、式（1）で示される。ただし、 c は c_n の平均値、 s は c_n の標準偏差とする。また $N \in \{1, 2, \dots, N\}$ で N はCFF測定回数とする。

$$C_n = \begin{cases} \frac{C_n - C}{s} & \text{where } s \neq 0 \\ 0 & \text{elsewhere} \end{cases} \quad (1)$$

被験者全体についての正規化CFFの傾向を分析するため、正規化CFFの平均値を計算した（図2, 3）。図2はゲーム開始前の測定値より第1回目のゲームプレイ後に少し高くなり、その後ゲームの回数とともに単調減少となる傾向を示している。第1回目のゲームプレイ後に高くなるのは「覚醒現象」と考えられ、ゲーム開始時の緊張による影響と考えられる。この覚醒現象は、短時間の運動の場合に現れると報告²⁴⁾されている。

図3はゲーム機2の結果で図2よりもCFFの傾きの絶対値が大きい。これはゲーム機2のゲームが集中力を要する内容であったため、ゲーム機1のゲームより疲労が大きかったものと考えられる。正規化CFFをゲーム回数 n の関数 $C(n)$ として最小2乗法で直線に近似すると、次の実験式が得られた。

$$C(n)=0.17n+0.59 \quad (2)$$

$$C(n)=-0.25n+0.63 \quad (3)$$

この実験式と実測値の相関係数はそれぞれ0.89と0.99となり、実験式と実測値は良く一致しており、正規化CFFは本実験で取り扱ったゲーム回数以内ではゲーム回数に対して直線的に下降し、疲労する傾向のあることが確認された。

3.2. CFFと疲労感の関係

前節で述べた通り、正規化CFFの実験式の傾きによってゲーム機の違いにより被験者の受けた疲労に差異のあることが確認された。この違いを被験者が感じ取っているのかを調査するため、実験終了後に被験者に疲労調査票（表1）を記入させ、群別の訴え率を求めた（表2）。

疲労調査票の項目は10項目ずつⅠ群からⅢ群までの3つに分かれていて、Ⅰ群は身体的な疲労感、Ⅱ群は精神的な疲労感、Ⅲ群は神経的な疲労感を判定するのに用いられる。群別の訴え率は各群での訴えられた項目の総数を対象者の人数と1群あたりの項目数10で割り%表記した値である⁽⁴⁾。

各群別の訴え率はゲーム機1のⅠ群とⅡ群でゲーム機2よりも大きい³、Ⅲ群はゲーム機2の方が大きい（表2）。Ⅲ群は神経的な疲労がある場合に訴え率が大きくなる。このことから、ゲーム機2はゲーム機1よりも被験者に神経的な疲労を感じさせていることが分かる。一方、ゲーム機1のCFFは式(2)のようにゲーム回数に応じ傾き-0.17で減少するが、ゲーム機2のCFFは式(3)のように傾き-0.25で減少する。つまり、神経疲労を強く感じているゲーム機2の方が、急速にCFFが減少すると考えられる。

ゲーム機2のビデオゲームは、画面上に突然出現する標的を瞬時に判断する必要があり、ゲーム機1よりも集中力を要するビデオゲームであったと考えられ、これが神経疲労の原因となったと推測される。また、正規化CFFの傾きの傾向は疲労調査票の訴え率と符合しており、正規化CFFの傾きにより疲労傾向の調査が可能であると考えられる。

表2. 群別訴え率

	Ⅰ群[%]	Ⅱ群[%]	Ⅲ群[%]
ゲーム機1	39	19	18
ゲーム機2	34	15	19

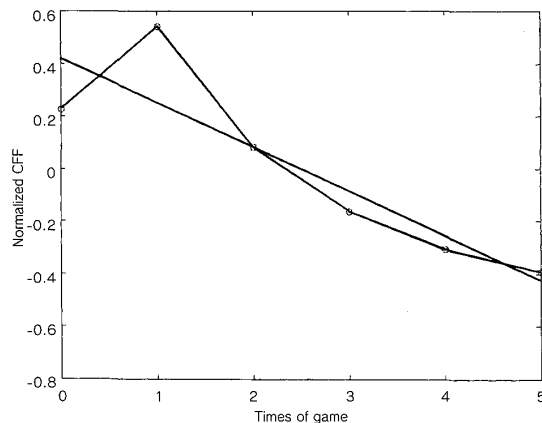


図.2 ゲーム機1正規化 CFF

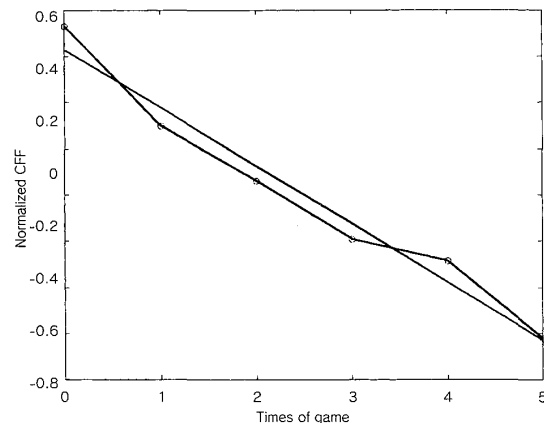


図.3 ゲーム機2正規化 CFF

3.3. ゲーム得点の変動

同一の作業を繰り返すと習熟が発生することはよく知られていて、作業習熟の研究は過去に数多く報告されている。しかし、視覚聴覚などのメディアと熟達に関する研究⁽²⁵⁻³⁰⁾は存在するが、ビデオゲーム得点への習熟を直接扱った定量的な研究は見かけない。

ゲームを繰り返しプレイすることも特定作業の繰り返しとすると、他の作業に似た習熟過程を示すと考えられる。このため、ゲーム得点には習熟初期に心的動揺によると思われるばらつきが大きく、習熟の増加とともにばらつきの減少する傾向が見られる。したがって、習熟過程でのばらつきの影響を考慮した解析手法が必要となる。

本実験ではビデオゲームへの習熟の解析に著者らが提案した得点傾向式⁽²⁰⁾を使用した。この得点傾向式は作業習熟の解析手法として提案された生産性傾向式^(31,32)をゲーム得点解析のために改変した対数線形習熟モデルによる式である。ゲームの得点は作業習熟と同じく、対数線形習熟モデルを使用して解析することが可能である。

今回実験に用いたビデオゲーム機も得点を表示する機能を持っており、ビデオゲームの得点は習熟することにより増加するため、ビデオゲームの得点を式(4)のように表現した。この式(4)が得点傾向式であり、得点を値域、ゲームプレイ回数を定義域とする関数となる。ただし、得点傾向式によるゲーム得点を $P(n)$ 、ゲーム回数を n 、得点傾向式の対数軸上での切片と傾きをそれぞれ a , b とする。

$$P(n)=a \cdot n^b \quad (4)$$

ゲームを多数回繰り返すと被験者が疲労し危険であり、1回の実験でゲーム回数を1人につき連

続5回と制限したため、個人別のデータとして処理した場合誤差や異常データの影響を強く受けることになる。この影響を軽減するため、本研究では得点データを個人ごとに分けて扱わず、被験者の差をばらつきの一種と考えた。

得点傾向式を求めるためには、まず上限線と下限線を決定する必要がある。上限線と下限線は共に両対数軸上での直線であるため、それぞれ次の式(5),(6)となる。

$$P_u(n) = a_u \cdot n^{b_u} \quad (5)$$

$$P_l(n) = a_l \cdot n^{b_l} \quad (6)$$

$P_u(n)$ は得点のばらつきの上限、 $P_l(n)$ は得点のばらつきの下限を示し、それぞれ上限式、下限式と呼ぶ。上限式は各ゲーム回の得点の最大値を2点以上通る両対数軸上の直線で、全ての測定点はその直線以下となり a_u が最も大きくなるように a_u, b_u を定めた。下限式は各ゲーム回の得点の最小値を2点以上通る両対数軸上の直線で、全ての測定点はその直線以上となり、最も a_l が小さくなるように a_l, b_l を定めた。

得点傾向式は上限式と下限式の間を通る関数となるため、式(7),(8)のような関係があり、これらの式より a, b を求めることができる。

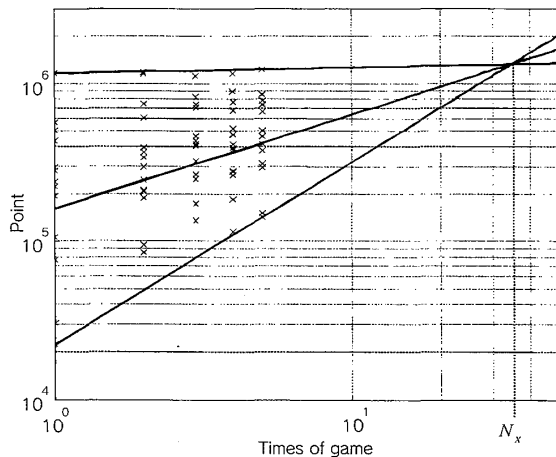


図.4 ゲーム機1の得点傾向式

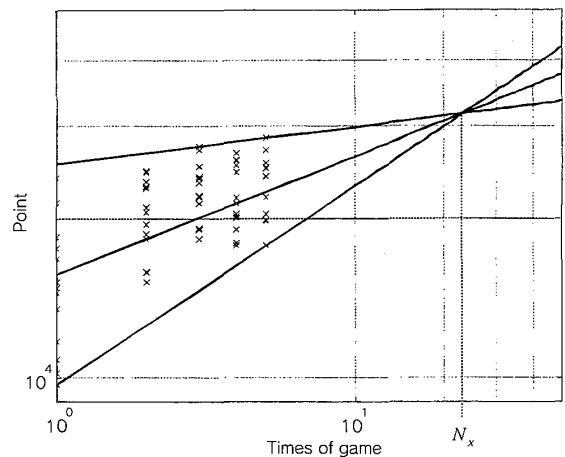


図.5 ゲーム機2の得点傾向式

$$a = \sqrt{a_u a_l} \quad (7)$$

$$b = \frac{1}{2} (b_u + b_l) \quad (8)$$

習熟によるビデオゲームの得点の変動を得点傾向式で表現可能であることを確認するため、実測値より計算した得点傾向式と最小2乗法による近似直線及び平均値と平均値の危険率1%での信頼区間をグラフ上にプロットした(図6,7)。図6,7とも実線が最小2乗法で求めた直線で、破線が得点傾向式である。また図中○で示した値は平均値であり、平均値の上下に伸びている直線は危険率1%での平均値の信頼区間を示している。最小2乗法で求めた値と測定値の相関係数はゲーム機1が0.99、ゲーム機2が0.95となり、実測値の傾向は両対軸上での直線に良く一致している。また、傾向式は全て危険率1%での平均値の信頼区間に含まれており、得点傾向式はばらつきを含めた得点向上の傾向を良く示していると考えられる。したがって、ビデオゲームの得点の習熟による変動は対数線形的であり、得点傾向式はビデオゲームの得点のばらつきを含めた解析に有効であると考えられる。

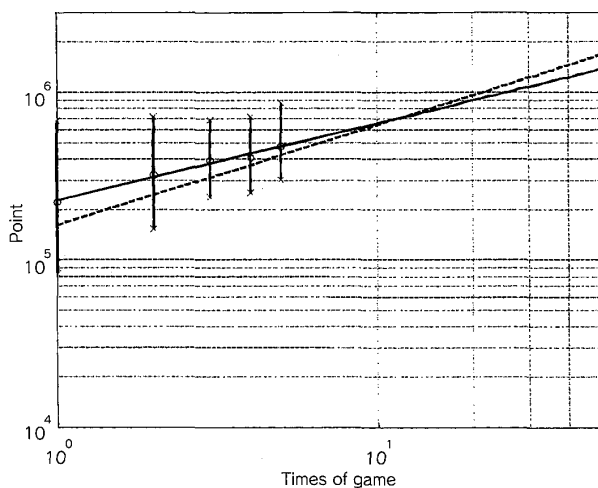


図.6 得点傾向式と最小2乗法(ゲーム機1)

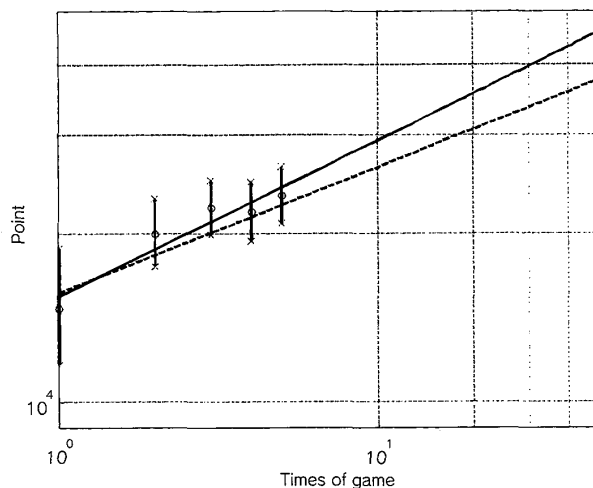


図.7 得点傾向式と最小2乗法(ゲーム機2)

作業時間のばらつきは初期に大きく、習熟するに従って減少し、習熟が完了すると作業時間のばらつきが無くなる⁽²⁾ことが知られており、ビデオゲームの得点も同様に推移すると考えられるので、得点傾向式の上限線と下限線の交点を求めることにより、ばらつきが無くなるゲームプレイ数、すなわち習熟が完了するゲームプレイ数を予測することができる。

表3の N_x は図4、図5の得点傾向式の上限式、下限式の交点となるゲーム回数である。得点が得点傾向式に沿って推移すれば、上限式と下限式の交点は、ゲーム得点のばらつきが0になる点の推測値となる。すなわち、ビデオゲームへの習熟が完了するゲーム回数の推測値となる。実験の結果、ゲーム機1の N_x は35、ゲーム機2の N_x は23となった。このため、ゲーム機1は35回、ゲーム機2は23回程度のゲームをプレイすると、これ以上そのゲームをプレイしても得点の上昇傾向が観測されなくなると推測される。実際には被験者の体力的な限界のため、ゲーム機1やゲーム機2でこのような回数を連続してプレイすることはできず、この推測値が正しいかどうか直接確認することはできない。ビデオゲームのプレイ回数を増やすためには、ゲーム間に休憩を入れたり、別の日にゲームをプレイする必要がある。ただし、この場合は異なった習熟の傾向を示すと考えられ、得点傾向式により求めた N_x とは異なった回数でゲーム得点のばらつきが0に近くなる可能性がある。しかし、ゲーム機設計時点に時間的理由や人的理由により、ゲームプレイ数をむやみに増やせないという問題があり、得点傾向式より得られた N_x は少ないプレイ数の実験でゲームの難易度を設計するための有用な値となると考えられる。

表3.得点傾向式の係数

	a	a_u	a_l	b	b_u	b_l	N_x
ゲーム機1	1.6×10^5	1.2×10^6	2.2×10^4	0.60	0.038	1.2	35
ゲーム機2	1.6×10^4	2.5×10^4	9.7×10^3	0.22	0.070	0.38	23

3.4. ゲームへの習熟と疲労の関係

前節によりビデオゲームへの習熟の傾向が明らかになった。一方、ビデオゲームの得点は各ゲーム機に特有であり、得点を直接比較することができない。しかし、得点傾向式の定数 b は初期値 a に依存せず、ゲーム機が異なっても b により習熟の傾向を比較することが可能である。 b は両対数軸上での習熟の傾きを表し、その値の大きい方が速く習熟することを示している。実験の結果、 b の値はゲーム機1で0.56、ゲーム機2で0.22となり、ゲーム機1の方が2倍以上大きかった(表3)。つまり、実験結果は被験者にとってゲーム機1の方が速く習熟できることを示している。一方、3.2節よりゲーム機2の方が神経疲労の大きくなることが分かっている。これらのことから、神経疲労を強く感じるゲーム機の方が習熟しにくい傾向にあるのではないかと考えられる。

4. まとめ

ビデオゲームをプレイするとCFFが低下する。また、CFFを平均と標準偏差を用いて正規化した正規化CFFはゲーム回数5回で直線的な低下傾向を示した。さらに、実験式の傾きの差によってビデオゲーム機の違いにより、被験者の疲労割合に差異のあることが確認された。また、疲労調査表の訴え率と正規化CFF実験式の傾きの比較より、精神的に疲れやすいと感じるビデオゲームの方がCFFの低下率の大きいことが分かった。

ビデオゲームを繰り返しプレイすると習熟により得点が向上し、その得点是对数線形的に向上し、得点傾向式で表現できる。さらに、得点傾向式の傾きと疲労調査表の結果と比較することにより、神経的疲労を強く感じるゲーム機に対しての習熟が緩やかであることが示唆された。さらに、得点傾向式の結果により、少ない実験回数でビデオゲームへの習熟を定量的に求めることができ、ビデオゲームの難易度の設定への応用できると考えられる。

《参考文献》

- (1) C. Shawn Green, Daphne Bavelier: Action video game modifies visual selective attention, *Nature*, Vol. 423, No. 6939 May 29, pp.534-537, 2003
- (2) 神谷達夫, 上月影正, 松田稔: 視覚・聴覚刺激に対する応答と受ける印象, *日本生理人類学会誌*, Vol.8, No.1, 2003
- (3) 荷方邦夫: 心理学におけるテレビゲームの研究 現状と展望, *ゲーム学会第1回合同研究会研究報告*, Vol.1, No.1, pp.9-12, 2003
- (4) 森昭雄: ゲーム脳の恐怖, *NHK出版*, 2002
- (5) 元村有希子: ゲーム脳 国は科学的検証すべきだ, *毎日新聞*, 2002年11月28日, 14版14面, 2002
- (6) ゲーム・テレビ 脳への影響 子供1000人追跡調査, *読売新聞*, 2003年7月11日, 14版, 総合2面, 2003
- (7) 前橋明, 寺坂鋭子, 中永征太郎: 身体活動量(歩数)別にみた体育授業前後の疲労スコアと生体機能の変動: 高校生を対象にして, *日本体育学会大会号*, Vol. Num. 47 p.584, 1996
- (8) 寺坂鋭子, 前橋明, 中永征太郎: 高校生の体育授業における疲労感と生体機能の変動, *日本体育学会大会号*, Vol. Num. 47 p.585, 1996
- (9) 前橋明, 寺坂鋭子, 中永征太郎: 高校生の体育授業時における実施種目別の生体変動, *日本体育学会大会号*, Vol. 48 Num. p.615, 1997
- (10) 前橋明, 中永征太郎, 寺坂鋭子: 高校生における1校時の体育授業前後の生体変動(体育科教育

- 学), 日本体育学会大会号, Vol. Num. 49 p.638, 1998
- (11) 大崎紘一, 田村満幸, 緒方正名: 日常生活でのフリッカー値の傾向分析 (労働生理), 産業医学, Vol.22 Num.6 p.562, 1980
 - (12) 堀野定雄: 疲労測定法としてのフリッカーテストとその応用, 日本経営工学会誌, Vol. 32 Num. 3 p.226, 1981
 - (13) 寺坂鋭子, 前橋明, 中永征太郎: 高校生における運動能力別のフリッカー値の日内変動, 日本体育学会大会号, Vol. Num. 50 p.619, 1999
 - (14) 河村洋二郎, 岸欣一, 本田光徳: 庭球選手の疲労測定: フリッカーテストの成績, 体力科学, Vol. 2 Num. 4 p.188, 1952
 - (15) 片山吉哉: 騒音の人体に及ぼす影響: フリッカーテストによる調査(第5回卒業論文発表会報告), 日本経営工学会誌, Vol. 30 Num. 2 p.166, 1979
 - (16) 日本産業衛生学会・産業疲労研究会編集委員会: 産業疲労ハンドブック, 労働調査会, pp.192-193, 1995
 - (17) 寺内邦子: 単純運動の繰返しによる中枢神経系興奮性の変化のフリッカー・テストによる研究, 体育学研究, Vol. 3 Num. 2 pp.19-26, 1958
 - (18) 日本産業衛生学会・産業疲労研究会編集委員会: 産業疲労ハンドブック, 労働調査会, pp.165-168, 1995
 - (19) 堀内敏夫: フリッカー値低下率にあらわれたテレビ視聴時間と疲労(心身機能興奮水準の変動)との関係, 教育心理学研究, Vol.7, No.4, p.73, 1960
 - (20) 芳賀繁, 福田康明, 原盛将, 茂吉雅典, 横山清子, 高田和之: 作業習熟と作業時間が作業負担に及ぼす影響, 日本経営工学会誌, Vol. 49 Num. 6 pp.356-364, 1991
 - (21) 神谷達夫, 赤阪健一, 松田稔: ビデオゲームにおける疲労と習熟, 日本生理人類学会誌, Vol.10, No.2, pp.61-66, 2005
 - (22) 赤阪健一, 神谷達夫, 松田稔: ゲームによる中枢神経疲労, 日本生理人類学会誌, Vol.8, 特別号(1), pp.80-81, 2003
 - (23) 西戸富雄: フリッカー・テストの基礎的実験からの一考察: 上昇法と下降法との関係を絶対値の高低から考察した場合を中心として, 日本経営工学会誌, Vol. 30 Num. 4 p.373, 1980
 - (24) 武田功, 鈴木敏明, 藤原哲司: 等尺性収縮における疲労度の測定, 理学療法学, Vol. 18 Num. 4 pp.429-434, 1991
 - (25) 山川宣大, 小堀聡: カードゲームのプレイにおける熟達者の方略の分析, 情報処理学会全国大会講演論文集, Vol. 第55回平成9年後期 Num. 2 pp.402-403, 1997
 - (26) 古池若葉, 上淵寿: CG(コンピュータグラフィックス)制作活動における熟達者の機能, 教育情報研究, Vol. 15 Num. 4 pp.3-9, 2000

- (27) 菱谷晋介：発達：音楽技能の熟達に伴うイメージ能力の発達について，日本教育心理学会総会
発表論文集，Vol. Num. 33 pp.155-156, 1991
- (28) 菅原いづみ,大浦容子：音楽演奏領域における熟達と評価的発達(2)，日本教育心理学会総会発
表論文集，Vol. Num. 41, p.228, 1999
- (29) 村田夏子：まんが記号の読みとりに熟達度を与える影響，日本教育心理学会総会発表論文集，
Vol. Num. 37 p.187, 1995
- (30) Ball,K. Sekuler,R: A specific and enduring improvement in visual motion
discrimination, Science 218, pp.697-698, 1982
- (31) 福田康明,坂井龍二：生産性傾向式による作業評価法,日本経営工学会誌,Vol.32,No.3,
pp.188-194, 1981
- (32) 福田康明,大久保堯夫：達成度手法による作業習熟の研究,人間工学, Vol29, No.4, pp.215-
222, 1993