

# 視線に追従するぼかしエフェクトが ビデオゲームの体験に及ぼす影響の調査

山浦祐明<sup>†1</sup> 中村聡史<sup>†1</sup>

**概要：** デジタルコンテンツに対して演出を付与することにより、そのコンテンツの体験を拡張する研究や試みは多くなされている。しかし、これまでの研究やシステムではコンテンツに応じて演出を作る必要があるという手間が存在した。そこで我々は過去の研究において、コンテンツ視聴中のユーザの視線に追従させてぼかしエフェクトを重畳することで手軽にコンテンツの体験を拡張する手法を提案した。またそのエフェクトがコンテンツに対する没入感や立体感といった印象を増幅することを明らかにした。しかし、この研究で取り扱ったコンテンツは動画や画像であり、インタラクティブなコンテンツに対する特性および適性を明らかにできていなかった。そこで本研究ではインタラクティブなコンテンツに対してぼかしエフェクトを付与可能なシステムを実装し、ぼかしエフェクトの効果を実験により検証する。4種類のゲームに対してぼかしエフェクトがある状態とない状態の比較を行ったところ、ぼかしエフェクトがゲームプレイにおける印象を増幅すること、集中しやすさは向上するが見えやすさといった生理的印象を低減させること、その技術力には影響を及ぼしていないことを明らかにした。

**キーワード：** 視聴体験拡張、印象評価、視線、周辺視野

## 1. はじめに

デジタルコンテンツはただそれだけを体験してもよいものであるが、それをよりよいものにする試みは多数なされている。例えば HMD (Head Mounted Display) を利用して、デジタルコンテンツをより臨場感や没入感を感じながら体験可能とする試みは広がりつつあり、IDC Japan 株式会社によると、VR および AR 向けの HMD 市場は 2018 年以降拡大を続け、2022 年には世界出荷台数が約 6,594 万台にまで達すると予想されている。HMD を使わずにデジタルコンテンツへの没入感を高める研究としては森島らの Dive into the Movie[1]があり、これは視聴者の顔を映像の中の登場人物にはめこむことにより、視聴者自身が登場人物の一人となって映像内に入りこんだような感覚を得ることを可能としている。こうしたデジタルコンテンツは価値が高く体験を拡張できるものであるが、コンテンツを作りこむ必要がある。

我々は過去の研究[2]において、人間の視野を再現するような視線に追従するぼかしエフェクトをデジタルコンテン

ツに重畳することにより、デジタルコンテンツの体験拡張を行う手法を提案してきた。システムとしては注視した対象をはっきりと知覚する中心視野と、周りをぼんやりと知覚する周辺視野の視覚特性に着目し、ここではディスプレイ上のコンテンツに対してユーザの目の焦点が合っている箇所は鮮明に、そこから離れるに従い不鮮明にするフィルタを重畳する仕組みとなっている (図 1)。この研究において、画像や動画に対してエフェクトを重畳する実験を行った結果、立体感・没入感・臨場感・緊張感の 4 つの印象が増幅され、一部のコンテンツに対して集中度が向上することが明らかになった。しかし、この研究の実験で扱ったコンテンツは事前に用意可能な画像や動画であり、インタラクティブなコンテンツにおいてぼかしエフェクトがユーザの印象にどう影響を与えるか、どのようなコンテンツに対して有用であるかを明らかにできていなかった。

そこで本稿では、インタラクティブなコンテンツであるビデオゲームに対してぼかしエフェクトを重畳可能なシステムを提案および実装し、エフェクトがどう作用するかについて調査する。なお本稿で取り扱うビデオゲームについ



図 1 システムイメージ図

<sup>†1</sup> 明治大学  
Meiji University.

では、実際に販売されているコンシューマ向けのビデオゲームを対象とする。

具体的な調査内容としては、まずぼかしエフェクトにより立体感や臨場感などの印象、および酔いややすさや集中しやすさといった生理的印象に違いが出るかを調査する。また過去の研究[2]より、一部の動画に対して集中度が向上していたことから、それにより技術力が向上するかの調査、さらにどのような映像特徴をもつビデオゲームに対してぼかしエフェクトが有用であるかの調査も行う。

以上の調査内容をまとめると、印象に違いが出るか・生理的印象に違いが出るか・技術力は向上するか・どのようなビデオゲームに対して有用であるかの4項目となり、これらについて分析を行う。

## 2. 関連研究

### 2.1 体験拡張に関する研究

体験拡張を取り扱っている研究は今までも多くなされてきた。松田ら[3]はウェブ上の動画コンテンツに対して集中線や泡などのエフェクトを付与し、他者と共有することが可能なシステムである Decoby を提案している。このシステムはオリジナルの動画自体に手を加えずに、エフェクトを重ねることで体験拡張を行っているが、エフェクトの特性上動画コンテンツの見やすさを損なう問題がある。我々の手法は人間の視野をディスプレイ上で再現しているため、見やすさを可能な限り損なわないような仕組みとなっている。

福地ら[4]は音楽動画の縁部分に着目し、その動画の特徴を反映したエフェクトや、錯視図形を提示することで音楽動画の視聴体験拡張可能な手法を提案している。この研究では「面白い」や「飽きない」といった肯定的なフィードバックを得ていたが、「見てると疲れる」や「酔う」などのフィードバックも得ていたことから生理的印象に悪影響が及んでいたことが示唆されている。また我々の過去の視線に応じて提示されるぼかしエフェクト重畳研究[2]においても印象は増幅できていたが、心地よさや見えやすさといった生理的印象が悪化していた。これらのことから、視聴体験拡張には特性上生理的印象に対する悪影響が及びやすいのではないかと考えられる。つまり上記の関連研究同様に生理的印象の変化を分析・考察を行い、将来的に生理的印象に悪影響を及ぼさずに視聴体験拡張を行えるかどうかの可能性についても議論する必要がある。

### 2.2 視線を用いた体験拡張に関する研究

体験拡張を目指した研究のうち、視線を用いた研究も多くなされている。Tamura ら[5]は、ユーザの視線に追従する集中線やモザイク、懐中電灯のようなエフェクトをウェブ上の動画コンテンツに対して重畳することで視聴体験を拡張している。しかし重畳しているエフェクトの特性上、動

画コンテンツの見やすさを損なう問題があり、また集中線や懐中電灯といったエフェクトは特定のコンテンツにしかならぬ効果を示さない汎用性の低さも問題であった。我々が過去に提案した手法[2]では人間の視野をディスプレイ上で再現しており、幅広いコンテンツに対して効果が期待されるため、汎用性が高いといえる。

Okatani ら[6]は、視線検出装置を用いてユーザがディスプレイ上の画像において任意の点に注目した際、その奥行きにフォーカスされた画像を映像に随時反映することで奥行き感を強化する手法が提案している。この手法は我々のものと類似しているが、Okatani らの提案システムではあらかじめ任意の点に対して、フォーカスされた画像を用意する必要があった。我々が過去に行った研究[2]も奥行き感のような印象を増幅することを可能としているが、事前に準備を必要とするなどの手間を必要としない点で異なる。

### 2.3 ビデオゲームの技術力に関する研究

ビデオゲームの技術力に関する研究もいくつか行われてきている。Katharina ら[7]は集団心理的な側面からゲームプレイ時に、そのプレイを視聴している人および仮想エージェントが存在しているかどうかでプレイに影響が及ぶかを調査している。実験の結果、ゲームプレイを視聴している人および仮想エージェントの存在が影響を及ぼさないことを明らかにした。このことから我々が実験を行う際、実験監督者が近くで実験を観察していても問題はないと考えられる。

また瀬谷ら[8]は、ゲームのパフォーマンスからゲームプレイ中の知覚・認知機能を評価する手法が有効視野のみであることを問題視しており、ゲーム映像を左右反転させ知覚と運動の対応関係を乖離させることで評価を行う手法を提案している。しかしこの研究で考察されているように、正立映像時のパフォーマンスを計測するにはこの手法を適用することが難しい。加えて瀬谷らの研究で取り扱ったビデオゲームはFPS (First Person Shooting) ジャンルのみであり、他のゲームジャンルに対して適用できるかどうかは未検証である。そのためどのようなインタラクティブ・映像をもつビデオゲームに対してこの手法がどこまで適用されるのかが不明である。つまり我々の研究では、数種類のゲームを実験で用いることで、得られた違いが普遍的に共通するのかどうかを調査する必要がある。

このようにゲームプレイの技術力に関する研究は行われてきており、我々の研究もこの分野に貢献することを目的としている。

## 3. 提案システム

本提案システムはユーザがプレイするゲーム映像に対して、図1のようにユーザの視線を中心としリアルタイムに、中心から遠くなるほどぼかしの度合いが強いエフェクト

を重畳することにより、ユーザが注視している部分は鮮明に、注視点から離れるほどぼかし処理により不鮮明にするものである。本章では、このぼかしのアルゴリズムと実装について述べる。

### 3.1 ぼかしエフェクトについて

本システムでは、ぼかし処理を実現するため Gaussian フィルタを利用する。ここでそれぞれフィルタの重みを $\sigma$ 、映像の任意の座標を $(x, y)$ 、フィルタの適用領域であるカーネルを $k$ [ピクセル]とし、注目画素に対するフィルタ重畳前の RGB 値を $(r_{before}, g_{before}, b_{before})$ 、フィルタ重畳後の RGB 値を $(r_{after}, g_{after}, b_{after})$ とすると重畳後の RGB 値は次の (1), (2), (3), (4) 式より求められる。

$$f(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

$$r_{after} = \sum_{y=1}^k \left\{ \sum_{x=1}^k r_{before} \cdot f(x, y) \right\} \quad (2)$$

$$g_{after} = \sum_{y=1}^k \left\{ \sum_{x=1}^k g_{before} \cdot f(x, y) \right\} \quad (3)$$

$$b_{after} = \sum_{y=1}^k \left\{ \sum_{x=1}^k b_{before} \cdot f(x, y) \right\} \quad (4)$$

以上の式より導出された RGB 値 $(r_{after}, g_{after}, b_{after})$ をエフェクト重畳後の RGB 値として適用することで、ディスプレイ上において現実に近い人間の視野が再現されることとなる。ここで、フィルタの重み $\sigma$ を大きくすることでぼかしが強くなるが、 $\sigma$ のみを大きくしてしまうと重畳後の RGB 値が 0 に近づき画素の明度が低くなってしまいうため、カーネル $k$ を $\sigma$ に応じて大きくすることで、明度を低くすることなくぼかしを強めている。なお、フィルタの形状は図 1 で示すよう左右に広い楕円であるが、これは福田[9]によって人間の視野において対象の特徴が把握可能な領域は楕円状であると明らかにされているためである。

### 3.2 実装

本システムの基本的な処理の流れとしてはまず視線検出装置（本研究では Tobii Eye Tracker を使用）を用いて視線データを取得し、その視線データに基づき GLSL を利用してぼかし処理を施した映像を Processing で描画し、ユーザに提示するというものである。

このシステムの実現において、ゲームに対してぼかしエフェクトを付与する必要があるため、ゲームの映像を一旦カメラ映像として出力し、その映像に対してエフェクトを付与する。つまりビデオゲームのプレイ映像を取得し、で

きるだけ遅延のないようにエフェクトを付与して提示することが重要になる。

まず、リアルタイムにビデオゲームのプレイ映像を取得するため、ゲーム機から HDMI で出力された映像を USB で出力するための UVC (USB Video Class) 規格の機器 AV.io 4K を用い、HDMI 映像をウェブカメラ映像として USB 出力する。次に、ビデオゲームをプレイする側の映像とシステムの遅延を発生させないようにするため、システムが動作する PC を NVIDIA 社の GPU である GeForce GTX 1070 が搭載された ALIENWARE 17 (Intel Core i7-8750H, 17.3 インチディスプレイ, Tobii Eye Tracker 内蔵) とした。なお、先述した AV.io 4K についても 60fps のキャプチャ速度であるため、映像の中継における遅延も低減されている。これらの処理段階を経た映像について著者らが複数回体験し主観で判断したうえで、遅延が全く感じないレベルになるようぼかしエフェクトなどの調整を行ったため、遅延による影響は発生しないと考えられる。システムの構成は図 2 の通りである。

## 4. 実験

実装したシステムをビデオゲームにおいて視線に追従したぼかしエフェクトが印象、生理的印象、技術力に対してどう影響するか、またどのようなビデオゲームに対して有用であるかを明らかにするため実験を行う。

### 4.1 ビデオゲームの選定

本節では実験のため選定したビデオゲームについて解説する。実験で用いたビデオゲームは図 3 のプラットフォームを PC とする Steam より配信されている「ぷよぷよテトリス」[a], 「BADLAND」[b], 「Getting Over It」[c], 「SPACE INVADERS EXTREME」[d]の 4 種類とした。それぞれの選

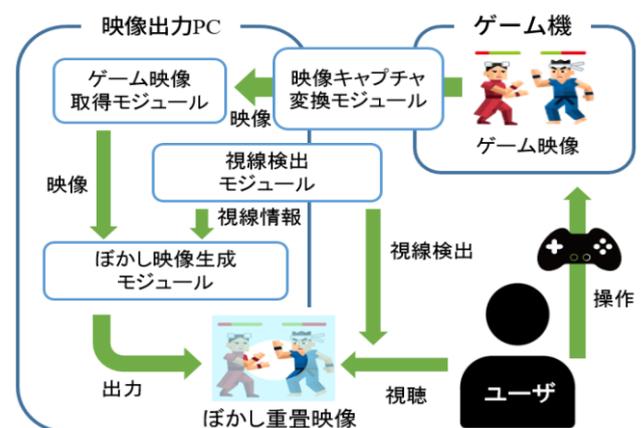


図 2 システムの構成

a Puyo Puyo™ Tetris®  
©SEGA Tetris ®&© 1985~2017 Tetris Holding.  
b BADLAND: Game of the Year Edition  
©Frogmind Oy 2017

c Getting Over It with Bennett Foddy  
©Bennett Foddy 2017  
d Space Invaders Extreme  
©TAITO CORP 1978, 2018



「ぷよぷよテトリス」 [a]



「BADLAND」 [b]



「Getting Over It」 [c]



「SPACE INVADERS EXTREME」 [d]

図3 各ゲームのスクリーンショット

定理由は下記の通りである。

まず「ぷよぷよテトリス」については、このゲームのジャンルがパズルであることから、他のジャンルに比べて頭を使うため集中度の観点からぼかしエフェクトによる影響が出やすいのではないかと考えたため採用した。またぼかしがピースの視認性に影響を与えるかどうかとも調査できると期待される。「BADLAND」はゲームジャンルが横スクロール型のアクションであり、注意対象がステージに配置された地形やトラップ、操作するキャラクタなど多く、他のゲームに比べて視線の移動が多くなると考えられ、視線移動や集中しやすさの点で変化が起りやすいと考えたため採用した。「Getting Over It」は非常に難易度の高いゲームである。そのため見やすさや集中しやすさといった生理的印象に影響が及びやすいのではないかと考えたため採用した。また操作が難しいため、ぼかしエフェクトを施した映像の視聴が操作に影響を与える可能性についても調査できると期待される。「SPACE INVADERS EXTREME」は、簡単な操作でプレイできるシューティングゲームである。映像の特徴としてスコアやアイテム、敵を連続して破壊した時のチェーンや残機やステージ情報などステータスがかなり多く、それらの認識に影響が出ると考えたため採用した。

#### 4.2 実験環境

4.1 節で述べたように使用したビデオゲームのプラットフォームは PC であるため、実験にあたり PC を 2 台用意した。いずれも 3.2 節で解説した ALIENWARE 17 である。実験参加者は映像出力 PC から 30cm 離れた場所で着席した状態で操作を行った。実際の実験風景を図 4 に示す。こ

こで中心視野の視野角を左右 20 度、上下 15 度以内としたため、PC 上では注視点から左右 10.58cm、上下 7.90cm がぼかしエフェクトが適用されない範囲となる。操作には有線 USB 接続可能な Microsoft 社の Xbox 360 用コントローラ、および Logicool レーザーマウス M500t を使用した。なお、マウスは「Getting Over It」の操作のみで用いており、他の 3 種類のビデオゲームについてはコントローラを使用して操作を行った。また、客観的集中度の計測のためメガネ型ウェアラブルデバイス JINS MEME ES を実験参加者に着用してもらった。実験参加者には眼鏡常用者が含まれていたが、個々の視力に合わせるよう度数の調整を行ったため、視力による影響はないと考えられる。

#### 4.3 実験内容

実験では 4 種類のビデオゲームをそれぞれぼかしエフェ



図4 実験風景

クトあり・なしで交互に4回プレイしてもらい、1章で述べたように印象、生理的印象、技術力への影響および有用であるビデオゲームを調査する。これらの評価にはアンケートによる主観的な指標と、4.3節で解説する JINS MEME ES による集中度およびゲーム内のスコアをもとにした客観的な指標を用いる。なお、スコアに関して「ぷよぷよテトリス」と「SPACE INVADERS EXTREME」については得点を、「BADLAND」および「Getting Over It」についてはどこまで進められたかを指標とした。

アンケートの内容は印象に関する質問について立体感、没入感、臨場感、緊張感の4項目を-2から+2までのリッカート尺度で回答してもらうものとした。生理的印象についてはSSQ (Simulator Sickness Questionnaire) を参考に心地よさ具合、見えやすさ、集中しやすさ、目の疲れについて5段階で評価してもらうものとした。具体的に集中しやすさを例にとると、集中しやすい [+2]、やや集中しやすい [+1]、どちらとも言えない [0]、やや集中しにくい [-1]、集中しにくい [-2] の5つの度合いから選択して回答するものとなっている。なお、目の疲れは値が大きいほど疲れていないことを示している。また、それぞれのアンケートには自由記述欄を用意して記述してもらうものとした。4回目のプレイ後のアンケートの後に、最終アンケートとして対象ゲームのプレイ経験、一番うまくプレイできたと感じたプレイの回、次にプレイする時にシステムを利用したかを回答してもらった。

実験参加者は男性6名の21~25歳の大学生および大学院生であり、3名ずつグループA、グループBに分けた。グループAでは1,3回目をぼかしエフェクトありでプレイ、グループBでは2,4回目をぼかしエフェクトありでプレイするものとした。プレイしたゲームの順番は両群で共通であり「ぷよぷよテトリス」、「BADLAND」、「Getting Over It」、「SPACE INVADERS EXTREME」の順番となっている。各プレイの間にはアンケート回答時間と休憩のために1分

間設け、1種類のゲームについてのプレイの最後にはアンケート回答時間と休憩のために3分間設けた。

実験の流れとしては図5のように、まず対象ビデオゲームの操作方法を把握してもらうため、Tobii Eye Tracker のキャリブレーションの後、2~3分ほどチュートリアルとしてゲームをプレイしてもらう。次にグループに応じてぼかしエフェクトあり・なしで5分間プレイしてもらい、プレイ後にはアンケートに回答してもらった後1分間休憩してもらう。これを交互にぼかしエフェクトあり・なしで4回繰り返したのち、最後のアンケートに回答してもらい、3分間休憩してもらう。この流れを1試行とし、各ゲームについて4試行行うこととした。なお、各プレイについては同じステージを最初の状態からプレイすることとしており、チュートリアルも最初の状態をプレイするものとした。具体的な状態は次節の結果にて解説する。

実験参加者には始めにこれから4種類のゲームをプレイしてもらうこと、1種類のゲームについてぼかしエフェクトあり・なしでそれぞれ2回ずつ5分間プレイし、アンケートに回答すること、およびプレイにあたってハイスコアを目指すことを教示した。

#### 4.4 結果

まず全体の結果を解説し、次にゲームごとの結果について述べる。ここで、ぼかしエフェクトがある状態でのプレイをぼかし条件、通常の映像でのプレイを通常条件とし分析を行う。また、今回の分析では、技術力の指標として各ゲームの全4試行におけるスコアおよび最高到達点を比較し、その順位を用いることとした。最高順位は1位で最低順位が4位となる。さらに各項で示す表の値については、全6名の実験参加者それぞれ条件別2回ずつのプレイの平均値(カッコ内の数値は分散)をとったものを示している。なお、印象についての4項目を淡い黄色、生理的印象についての4項目を淡い緑色、技術力と JINS MEME ES により計測した客観集中度の客観的指標による2項目を淡い青色でハイライトし、2条件間における値の差が0.5以上のものをオレンジ色でハイライトした。

4種類のゲームで得られた結果を平均した値を表1に示す。全体を通してみると、印象の4項目と生理的印象の集中しやすさについてはぼかし条件のほうが値が高く、生理的印象3項目と順位についてはぼかし条件のほうが値が低かったことがわかる。ぼかし条件と通常条件において4種類のゲームの結果の平均値を用いて対応のないt検定を行ったところ、臨場感について有意水準1%、立体感・没入感・見えやすさ・集中しやすさについて有意水準5%でそれぞれ有意差があった。

「ぷよぷよテトリス」では実験協力者にひたすらぷよぷよを消していくソロプレイのエンドレスモードをプレイし

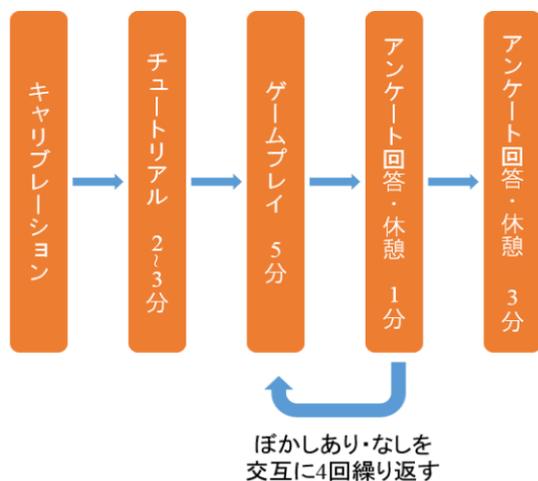


図5 1試行の流れ

表1 4種類のゲームの値を平均した結果

	ぼかし条件	通常条件
立体感	-0.25 (0.02)	-0.92 (0.10)
没入感	0.96 (0.05)	0.42 (0.00)
臨場感	0.52 (0.02)	-0.31 (0.05)
緊張感	0.25 (0.18)	-0.10 (0.28)
心地よさ具合	0.54 (0.18)	0.77 (0.05)
見えやすさ	0.90 (0.09)	1.46 (0.05)
集中しやすさ	1.02 (0.01)	0.77 (0.00)
目の疲れ	0.63 (0.02)	0.75 (0.01)
順位	2.41 (0.15)	2.38 (0.00)
客観集中度	69.49 (5.19)	69.22 (10.11)

てもらい、ハイスコアを目指してもらった。また試行ごとにスコアをリセットし、初期の何も積まれていない状態からやり直してもらった。結果は表2の通りであり、ぼかし条件と通常条件において6名の平均値を用いて対応のないt検定を行ったところ、臨場感について有意水準5%で有意差があった。

「BADLAND」では実験協力者に最初のステージから進

表2 「ぷよぷよテトリス」の実験結果

	ぼかし条件	通常条件
立体感	-0.33 (1.14)	-1.41 (0.28)
没入感	0.91 (0.62)	0.33 (1.14)
臨場感	0.33 (0.47)	-0.67 (0.31)
緊張感	-0.17 (1.39)	-0.50 (0.83)
心地よさ具合	0.08 (1.20)	1.00 (0.75)
見えやすさ	0.42 (1.62)	1.67 (0.22)
集中しやすさ	0.92 (0.03)	0.75 (0.40)
目の疲れ	0.42 (0.12)	0.67 (0.56)
順位	2.58 (0.45)	2.42 (0.45)
客観集中度	68.16 (32.51)	70.08 (84.64)

表3 「BADLAND」の実験結果

	ぼかし条件	通常条件
立体感	-0.17 (0.64)	-0.67 (0.14)
没入感	1.33 (0.14)	0.50 (0.17)
臨場感	0.67 (0.64)	-0.33 (0.14)
緊張感	0.33 (1.14)	-0.08 (0.95)
心地よさ具合	0.83 (0.47)	0.75 (0.81)
見えやすさ	1.00 (1.25)	1.08 (1.03)
集中しやすさ	1.17 (0.39)	0.75 (0.40)
目の疲れ	0.67 (0.89)	0.83 (0.72)
順位	1.75 (0.04)	2.42 (0.04)
客観集中度	72.50 (61.70)	73.10 (38.30)

める限りステージをクリアしてもらい、最高到達点を目指してもらった。また試行ごとに最初のステージからやり直してもらった。結果は表3の通りであり、ぼかし条件と通常条件において6名の平均値を用いて対応のないt検定を行ったところ、順位について有意水準0.1%、没入感について有意水準1%、臨場感について有意水準5%でそれぞれ有意差があった。

「Getting Over It」では実験協力者に初期状態から進める限り進んでもらい、最高到達点を目指してもらった。また試行ごとに初期状態からやり直してもらった。結果は表4の通りであり、ぼかし条件と通常条件において6名の平均値を用いて対応のないt検定を行ったところ、有意差はなかった。

「SPACE INVADERS EXTREME」では実験協力者にアーケードモードと呼ばれるモードを最初のステージからプレイしてもらい、ハイスコアを目指してもらった。また試行ごとにスコアをリセットし、最初のステージからやり直してもらった。結果は表5の通りであり、ぼかし条件と通常条件において6名の平均値を用いて対応のないt検定を行ったところ、臨場感について有意水準1%で有意差が見られた。

表4 「Getting Over It」の実験結果

	ぼかし条件	通常条件
立体感	-0.08 (0.28)	-0.67 (0.31)
没入感	0.83 (0.72)	0.52 (0.95)
臨場感	0.42 (0.45)	-0.08 (0.20)
緊張感	0.92 (0.03)	0.75 (0.48)
心地よさ具合	0.17 (0.22)	0.42 (0.53)
見えやすさ	0.92 (0.70)	1.50 (0.33)
集中しやすさ	1.00 (0.25)	0.83 (0.56)
目の疲れ	0.75 (0.48)	0.83 (0.39)
順位	2.67 (0.39)	2.33 (0.39)
客観集中度	70.71 (59.72)	69.47 (65.39)

表5 「SPACE INVADERS EXTREME」の実験結果

	ぼかし条件	通常条件
立体感	-0.42 (1.62)	-0.92 (0.62)
没入感	0.75 (0.98)	0.42 (1.28)
臨場感	0.67 (0.22)	-0.17 (0.72)
緊張感	-0.08 (0.20)	-0.58 (0.78)
心地よさ具合	1.08 (0.53)	0.92 (0.45)
見えやすさ	1.25 (0.65)	1.58 (0.37)
集中しやすさ	1.00 (0.33)	0.75 (0.56)
目の疲れ	0.67 (0.81)	0.67 (1.14)
順位	2.67 (0.47)	2.33 (0.47)
客観集中度	66.58 (61.27)	64.26 (22.92)

## 5. 考察

4.4 節の結果を踏まえて始めに全体を通じた考察を行い、次にそれぞれのビデオゲーム別の考察を行う。

### 5.1 全体の考察

表 1~5 より 4 種類すべてのゲームにおいて印象の 4 項目、生理的印象の集中しやすさについて、ぼかし条件のほうが値が高かったことがわかる。このことから、一般的にぼかしエフェクトはビデオゲームのプレイにおける印象を増幅し、集中しやすさを向上させる効果があるといえる。また集中しやすさを除く 3 項目の生理的印象を減少させるが、その技術力については影響を及ぼしていないといえる。これは認知特性上、周辺視野の映像が無意識的に処理されることがぼかし条件と通常条件の両方において共通しており、そのため周辺視野をさらにぼかすことによって見えにくさのような生理的印象には影響を与えても、敵や対象の認知に影響が出る可能性が少ないからだと考えられる。

全体的にぼかし条件において集中度が向上したことについては、Hata ら[10]による研究が関連していると考えられる。この研究では画像を動的に制御し高解像度領域と低解像度領域に分割することで、視線が無意識的に高解像度領域へ誘導されること、視線誘導に所要する時間はぼかしの強さに依存していることを明らかにしている。このことから注視点を鮮明にし、その周りを不鮮明にすることで高解像度領域と低解像度領域が生まれ、高解像度領域である注視点に対して視線が誘導されており、注視点に対して集中するようになったのではないかと考えられる。また、全体を通して得られた自由記述に「もう少しぼかしが強くて良かった気がします」というコメントが得られた。しかし集中度はぼかし条件のほうが値が高かったことから、ぼかしエフェクトは実験参加者に影響を及ぼしていると考えられる。このギャップには視野特性である有効視野が関わっていると考えられる。一般的に有効視野は集中するにつれて狭窄していくといわれており、本実験においても集中度が向上した結果有効視野の狭窄が起り、ぼかしエフェクトをあまり感じなくなったのだと考えられる。この結果と

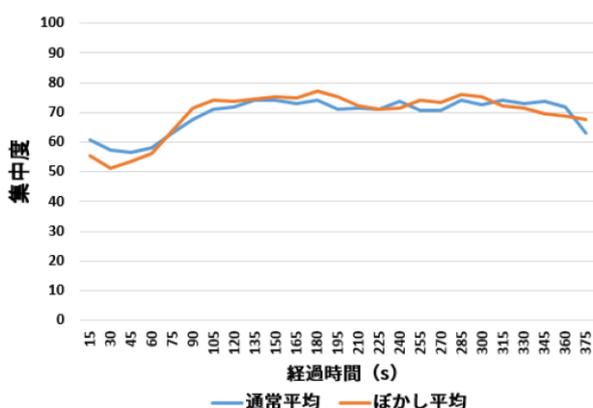


図 6 2 条件間の平均集中度

考察を踏まえて、今後は実験参加者の集中度に応じてぼかしの強度を動的に制御することが課題となる。

また今回の実験では JINS MEME ES による客観的な集中度の計測を行い、2 条件間の集中度を平均したところ図 6 のようなグラフが得られた。このグラフよりゲーム開始序盤はぼかし条件のほうが通常条件に比べ集中度が小さいが、中盤になるにつれて上回っていることがわかる。このことから、最初はぼかしエフェクトが集中を阻害しているが、中盤以降はぼかしエフェクトが集中を促進をしていると考えられる。また序盤はゲーム開始間もないため、集中度が低くても技術力にはあまり影響がないと考えられる。

### 5.2 ゲーム別の考察

表 2 より「ぷよぷよテトリス」では、すべての印象について通常条件よりもぼかし条件のほうが値が高く、臨場感については有意差が見られ、立体感については有意傾向にあったことから印象を増幅できていたといえる。また集中しやすさを除く 3 つの項目についてぼかし条件では生理的印象が低くなり、順位も低くなっていた。さらに「パズルの端が見にくかった」という記述も得られたが、この記述をした実験参加者は、このゲームに対してまたぼかしエフェクトを利用したいと答えており、生理的印象の低下よりも印象が増幅されたことを重要視していると考えられる。また 3 項目の生理的印象がぼかし条件において低下していたが、いずれも負の値をとっていないこと、さらに順位において有意差が見られなかったことから、ぼかしエフェクトは視認性を低下させたものの実験参加者の技術力には大きく影響を及ぼさなかったといえる。これについては 5.1 節でも述べたように周辺視野の認知特性が関わっていると考えられる。

表 3 より「BADLAND」では、生理的印象の 2 項目である見えやすさと目の疲れ以外においてぼかし条件のほうが、値が高いことがわかる。またこの 2 項目については両方とも有意差が見られず、没入感と臨場感について有意差が見られたことから、「BADLAND」のような視線の移動量が多いと考えられるゲームに対しては印象を増幅し、その技術力を向上させる効果があると期待される。しかし自由記述より、「暗くてぼかしの気づきにくかった」という記述が得られたため、ぼかしの効果が十分に発揮されていなかったと考えられる。また利用したい、利用したくないと回答していたのは、1 名ずつであった。これらのことから、比較的明度の低い要素で構成されたゲームに対して、ぼかしエフェクトは個人差の影響を強く受けてしまうのではないかと考えられる。つまり、明度とぼかしエフェクトの関係性については今後詳しく調査する必要がある。

表 4 より「Getting Over It」では、印象 4 項目と生理的印象の集中しやすさがぼかし条件において値が高かったが、いずれの評価項目についても有意差が見られなかった。全実験参加者がこのゲームが難しかったと述べており、また

1 名の実験参加者は「ぼかしに気がつかなかった」と述べていた。このことより、ゲームの難易度が高いものに対してはぼかしの影響が及びにくいのではないかと考えられる。一方、ある実験参加者は「なんかわからないけどシステムあるとうまくいく感はある」と述べており、このゲームに対してまたシステムを利用したいと回答していた。またこの実験参加者の最高到達点は4回目のぼかし条件でのプレイであり、1~3 回目の到達点に比べて著しく優れていた。これより5.1.2 項の「BADLAND」同様、難易度が高いゲームに対してもぼかしエフェクトは個人差の影響を強く受けたいと考えられる。

表5より「SPACE INVADERS EXTREME」では、印象4項目と生理的印象の2項目についてぼかし条件のほうが値が高かったことがわかる。また臨場感について有意差が見られたことから、ぼかしエフェクトにより印象を増幅できていたといえる。このゲームについて、2 名の実験参加者がシステムをまた利用してプレイしたいと回答しており、うち1名は自由記述にて「あまり変わっている感じはしなかった」、「なにも変わってない感じするのにシステム使うとなぜかスコアがあがる」と述べていた。このことより、ぼかしエフェクトをあまり認識できていないにも関わらず、その効果が技術力に及んでいた可能性が示唆された。つまりこの実験参加者はぼかしエフェクトの効果をあまり感じていなかったが、無意識下でその影響を受けていたと考えられる。そのため、ぼかしエフェクトを意識的に認識可能か不可能かでその影響の大きさを測ることはできないと推測される。そこで今後は、ぼかしエフェクトの影響の大きさの評価については定量的な評価を行う予定である。

## 6. おわりに

本稿ではビデオゲームに対して視線に応じたリアルタイムぼかしエフェクトを提示する手法を提案および実装し、ぼかしエフェクトがビデオゲームに及ぼす影響の調査を行った。4 種類のゲームに対して実験を行った結果ゲームプレイにおける印象を増幅すること、集中しやすさは向上するが見えやすさといった生理的印象を低減させること、その技術力には影響を及ぼしていないことを明らかにした。

本実験の課題として実験参加者が全体的に少ないこと、試行回数が少ないことがあげられる。そのためやや信用性に欠ける。そこで今後の実験では実験人数と試行回数を増やすことを予定している。また、実験参加者のベースとなる技術力や影響の受けやすさといった個人差について詳しく分析できていなかったため、個人差についても十分に考慮し実験を行う必要がある。個人差を分析することで技術力について外乱を大きく排除することが可能となり、ぼかしエフェクトが技術力に及ぼす影響について多面的に分析が可能となると考えられる。

今回の実験では、1 名の実験参加者は3時間ほどで全試行を終えていたため、継続的に本システムを利用した場合には影響が今回の実験で得られた結果と異なるのかを明らかにできていない。そのため今後は長期的な実験を行い、エフェクトを継続的に利用した場合のような影響が見られるかを調査する予定である。継続的に利用することで技術力が向上した場合、e-Sports のような技術力が重要となるゲームの練習にシステムが適していると考えられる。

今後の計画として、HMD を用いた VR コンテンツとの比較実験を行う予定である。また、ぼかしエフェクトの仕組みを VR に適用することでどう影響が及ぶかも調査する予定である。このような比較実験を行い、ぼかしエフェクトによる特性を明らかにすることで、VR による体験をさらに拡張できる可能性について議論できると考えられる。

## 謝辞

本研究の一部は、JST ACCEL ( Grant 番号 JPMJAC1602) の支援を受けたものである。

## 参考文献

- [1] 森島繁生. Dive into the Movie. Journal on Virtual and Mixed Reality, 2011.
- [2] Yamaura, Y., Tamura, M. and Nakamura, S.. Image Blurring Method for Enhancing Digital Content Viewing Experience. Human Computer Interaction International, 2018. p. 1-16.
- [3] 松田滉平, 中村聡史. 動画に対する音響的装飾の分析と視覚的装飾を可能とする手法の提案. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム論文集. 2015, p. 458-464.
- [4] 福地翼, 又吉康綱, 松井啓司, 中村聡史. IllumiFrame: 錯視図形を用いた額縁型音楽動画体験拡張システム. WISS. 2016, p. 1-2.
- [5] Tamura, M. and Nakamura, S.. A Method for Enriching Video-watching Experience with Applied Effects Based on Eye Movements. MMM2019.
- [6] Okatani, T., Ishizawa, T. and Deguchi, K.. Gaze-reactive image display for enhancing depth perception by depth-of field blur. The IEICE transactions on information and systems. 2009, vol. 92 pp. 1298-1307.
- [7] Katharina, E. and Maic, M.. Watch Me Play: Does Social Facilitation Apply to Digital Games?. CHI. 2018, p. 1-12.
- [8] 瀬谷安弘, 森美津樹. First Person Shooter ゲームプレイ中の知覚運動協応特性の検討. 日本感性工学会論文誌. 2018, vol. 17, no. 4, p. 507-513.
- [9] 福田忠彦. 図形知覚における中心視と周辺視の機能差. テレビジョン学会誌. 1978, vol. 32, no. 6, p. 492-498.
- [10] Hata, H., Koike, H. and Sato, Y.. Visual Guidance with Unnoticed Blur Effect. In: Proceedings of the International Working Conference on Advanced Visual Interfaces. 2016, pp. 28-35.