

周辺視への錯視図形提示によるコンテンツ視聴手法の実現

福地 翼^{†1} 松井 啓司^{†1} 中村 聡史^{†1}

概要: PC 上での映像コンテンツ視聴の質は、ディスプレイのサイズや内蔵スピーカなど PC の性能に依存する。これを解決するには高品質のディスプレイやスピーカを準備する必要があるが、コストが増大するといった問題点がある。そこで我々は、PC の制限の中で視聴体験を豊かにすることを目的とし、実際とは異なる知覚をもたらす錯視図形をコンテンツの周辺に提示することで、人の周辺視を刺激し、コンテンツの印象を変化させる手法を提案する。本稿では、映像コンテンツ視聴時に映像コンテンツ周辺へ錯視図形を複数種選定して提示する実験を実施することにより、コンテンツに対する印象がどのように変化するかを明らかにする。

キーワード: 周辺視, 視線分析, 錯覚, 体験拡張, 視覚

Realization on enhancement method of content viewing experience by illusion in peripheral vision

TSUBASA FUKUCHI^{†1} KEIJI MATSUI^{†1}
SATOSHI NAKAMURA^{†1}

Abstract: The quality of video content viewing on a PC depends on the performance of the PC such as the size of the display and built-in speaker. To solve this problem, it is necessary to prepare high-quality displays and speakers, but there is a problem that the cost increases. Therefore, we propose a method to change the impression of the content by stimulating the peripheral vision of the person by presenting the illusion figure around the content with the aim of enriching the viewing experience under the limitation of the PC. In this paper, we examine how the impression on content changes by executing experiment that selects and presents a plurality of illusory figures around video contents when viewing video contents.

Keywords: peripheral vision, gaze analysis, illusion, experience expansion, visual

1. はじめに

YouTube やニコニコ動画に代表される動画共有サイトの普及により、映像コンテンツに触れる機会が増え、映像コンテンツを手軽に楽しめるようになってきた。また、映像コンテンツが身近になったことで、それらをさらに楽しみたいというユーザのニーズも増加していると考えられる。視聴体験の質は大画面ディスプレイでの視聴や質の良いスピーカを利用することで向上するが、ディスプレイや高価なスピーカを用意するなどの手間とコストが増大するという問題がある。これらの方法によって視聴環境を整え、視聴体験の質を向上させたとしても、これでは動画共有サイトがもつ利点であるコンテンツ視聴の手軽さが失われてしまう。

視覚刺激が人に与える影響は大きい。例えば、動き出しの電車やエスカレータなどで自身が移動していなくとも視界が一定方向に動くことで移動感を生じる視覚性自己運動感覚は、視覚刺激が身体に影響を及ぼす身近な例のひとつであろう。また、この視覚的自己運動感覚を生じる視覚刺激を歩行中の被験者に提示することで進行方向を誘導できるという研究報告[1]もなされている。さらに、鳴海ら[2]に

よって視覚情報が味覚に少なからず影響をもたらすことが明らかになっている。このように視覚刺激が人の感覚に与える影響は大きく、映像コンテンツの視聴においても視覚刺激によって映像酔いを引き起こすなど視覚刺激が人に与える影響が大きいと言える。こうした視覚刺激が人間に及ぼす影響をうまく映像コンテンツの視聴に応用することで、視聴体験の質が向上すると期待される。

ここで、人間の視野には中心視野と周辺視野と呼ばれる2種類の視野が存在する。中心視野にあたる網膜部分には色覚や細部の認識に優れている錐体細胞が多く分布しているため、中心視野は詳細な情報の認識に優れている。一方、周辺視野にあたる網膜部分には空間分解率の低い桿体細胞が多く分布しており、詳細な情報の認識や色覚には優れていないが、明度の知覚や運動の知覚に優れている。また、周辺視野は対象の全体像の素早い把握にも優れており、その処理は無意識下に行われるため疲労感が少なく、コンテンツの周辺に刺激が提示されていても意識が阻害されることなく刺激を認識・処理することが可能となる。つまり、映像の周辺に人間に対する視覚刺激を提示することで映像体験の変容が可能であると期待される。

さて、ここで周辺視に提示する刺激については様々なも

^{†1} 明治大学
Meiji University

のが考えられるが、我々は錯覚現象、特に錯視に注目する。錯覚現象とは視覚刺激によって実際とは異なる知覚がもたらされる現象であり、先ほど述べた視覚性自己誘導感覚も錯視の一種である。また、物体の周辺に対して錯視を利用する研究もいくつか存在し、Lindlbauer らの研究[3]や櫻井らの研究[4]では特定の物体の周辺情報を投影装置などで変更することで対象物の知覚や印象を変化させるといった研究を行っている。これらの研究のように錯視は視覚刺激のみで人間に実際とは異なる知覚や印象をもたらすことが可能であり、その応用には大きな可能性が感じられる。つまり、錯視を映像コンテンツの周辺に対して効果的に提示することで PC のような制限された環境であっても周辺視での錯視により、別の知覚が与えられ、視聴体験を拡張することが可能になると考えられる。

そこで本稿では、周辺視の特性と錯覚現象の特性を組み合わせ、効果的に使用することで、PC のような制限された視聴環境においてもユーザの視聴体験を拡張する手法を提案する。また、提案手法を実装する前段階として映像コンテンツ視聴時に周辺視野に錯視図形を提示することでユーザのコンテンツに対する印象がどのように変化するかについて調査、分析を行う。

2. 関連研究

人間の視覚に関する研究はこれまでも多くなされてきた。福田[5][6]の研究では図形知覚と運動知覚における中心視野と周辺視野の特性の違いを分析しており、周辺視野は図形が複雑になると形を正しく認識できないが単純な図形であれば認識が可能であることが分かっている。また、運動知覚については中心視野に比べ、周辺視野の方が素早く運動を知覚することができ、運動の幅も大きく知覚される。つまり、周辺視野が運動に対して中心視野より過敏に反応することが分かっている。Ajoy ら[7]の研究では、この運動知覚の過敏さを考慮し、VR 空間において前方を注視しながら移動しているユーザの視野角を狭めることで VR 酔いを軽減する効果があると明らかにしている。これは、運動を過敏に知覚する周辺視野への刺激提示が減少したことにより起因していると言える。次に、錯覚と周辺視野の関係に注目する。寺内ら[8]の研究ではミュラー・リヤー錯視を用いた周辺視野と中心視野での錯覚効果の比較実験を行っており、錯覚に対して周辺視野が中心視野と同等もしくは過大に評価する傾向が見られている。このことから映像コンテンツ視聴中に運動知覚を促す錯視図形や奥行きを生み出す錯視図形を提示することで、錯視図形によってもたらされる知覚が映像コンテンツ内の運動や奥行きを過剰に評価させ、映像コンテンツの印象変化を促すと考えられる。

一方、視聴している映像コンテンツの周辺視野部分へ視覚的な刺激を提示することで、ユーザの体験を拡張すると

いう研究もいくつかなされている。IllumiRoom[9]では、ゲームプレイ時のディスプレイ周辺の壁や床などに、ゲームに対応したコンテンツをプロジェクタから投影することで臨場感や迫力を増強する手法を実現している。我々の提案する手法も IllumiRoom のようにユーザが視聴している映像コンテンツに連動した視覚刺激の提示を行うものであるが、IllumiRoom のように特別な出力装置を利用し、ディスプレイの外部に視覚刺激を提示しなくとも類似した効果を発揮すると考えている。

また、松井ら[10]は、PC に付属しているカメラによって現実世界を背景としてとりこみ、その中央にわずかに透過させた映像コンテンツを提示し、動画と連動したエフェクト、例えば水中映像であれば水の中を想起させるような水泡のエフェクトを背景映像に付加することでユーザの映像コンテンツに対する印象を変化させることに成功している。この手法は我々の提案する手法と考え方が似ているが、我々の提案する手法は周辺視野のもつ色覚に疎い特性や先ほど述べた周辺視野と錯覚効果の関係から色情報の簡略化や複雑な運動の排除によって、エフェクトを単純化することで、より簡易的かつ映像コンテンツ視聴を極力阻害しない方法で視聴体験を拡張するという点で異なっている。

以上のように周辺視野にエフェクトを付与することで映像コンテンツの印象を変化させる研究や、映像表現に仮現現象などの錯覚を応用する例は多くあるが、周辺視野に錯視図形を提示することで後発的に映像コンテンツの印象を変化させる研究はなされていない。本研究は、特殊な出力装置を用いることや周辺視野を刺激するために複雑なエフェクトを用いることなく、比較的単純な錯視図形を用いることで映像コンテンツの印象変化を促し、コンテンツ視聴をより豊かなものとするを旨とするものである。

3. 提案手法

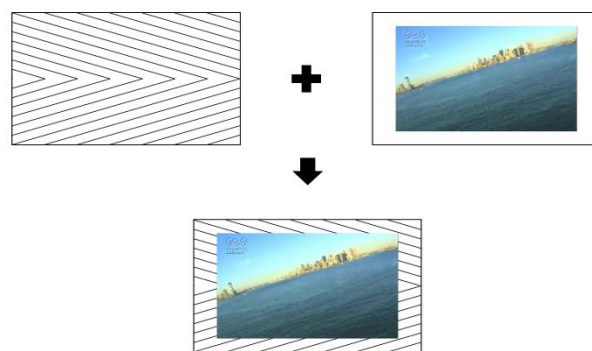


図 1 システム構成図

Figure 1 System Configuration

本研究の目的は、1 章でも述べたように映像コンテンツを視聴するユーザの視聴体験をより豊かにすることである。ここで、関連研究でも述べたように人間の視野には周辺視

野と中心視野があり、周辺視野に視覚刺激を与えることで視聴体験を拡張する試みから周辺視野への視覚刺激によって映像コンテンツの印象変化を促す効果が得られている。一方で、IllumiRoomでの出力装置としてプロジェクタが必要であり、松井らの手法では複雑なエフェクトを用意する必要があるなど視聴体験を拡張するためのコストと手間があり、汎用性が低い。そこで、本研究では映像コンテンツを視聴するユーザの周辺視野に付与するエフェクトを単純化しつつも映像コンテンツに対するユーザの印象を変化させ、ユーザの視聴体験を豊かにすることを目指す。

ここで、単純化したエフェクトでは得られる効果を従来の手法と同等のものにすることは難しいと考えられる。そこで、実際とは異なる知覚をもたらす錯覚現象を利用する。すでに述べたように、錯視図形による錯覚効果は中心視野だけでなく周辺視野に対しても有効であることが判明している。そのため、映像コンテンツを視聴するユーザの周辺視野へ提示するエフェクトを映像コンテンツと異なる知覚や同様の知覚を与える錯視図形にすることで、映像コンテンツから得られる知覚にズレや増幅をもたらすことが可能となる。

また、周辺視野に提示する錯視図形は動的に変化するようにする。その理由は周辺視野の運動知覚に対する過敏さに起因しており、錯視エフェクトを動的にすることで周辺視野がエフェクトに対して過剰に反応し、錯覚の効果が増幅されると期待されるためである。さらに、錯視図形は基本的に一方向に対してしか錯覚を促すことができないが、錯視エフェクトを動的に変化させることで映像コンテンツに対して複数の方向の錯覚を与えることができ、映像コンテンツから得られる知覚の方向の変化に対応できると考えられる。

このような映像と同期する錯視図形を周辺視へ提示することにより、映像コンテンツの変化が無意識的に強調され、迫力や臨場感、疾走感といった印象の変化を与えることが可能になることが期待される。

4. プロトタイプシステム

4.1 錯視図形の選定

錯視図形の種類は数多く、得られる効果も様々であり、すべてを網羅して分析することは難しい。そこで、前調査として著者が主観で選んだいくつかの錯視図形（エビングハウス錯視、カフェウォール錯視、グリッド錯視、ペクシオン錯視、オービンソン錯視、ツェルナー錯視、デルブーフ錯視、ミュラー・リヤー錯視）に対して数人に映像コンテンツ視聴時に周辺視野に錯視図形を提示した場合と何も提示しなかった場合の両方を見てもらい、映像コンテンツの印象が変化したように感じたものを挙げてもらった。その結果、評価が最も高かった、エビングハウス錯視（大き

さ知覚）、ペクシオン錯視（運動知覚）、オービンソン錯視（奥行き・傾斜知覚）、グリッド錯視（広がり・奥行き知覚）という4つの錯視図形（図2）を選定した。

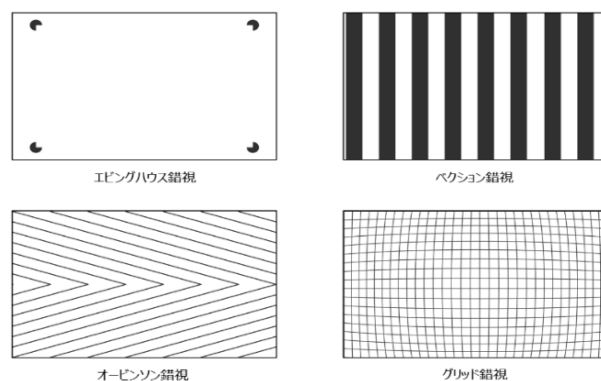


図2 実装に用いる錯視

Figure 2 Illusion used to implement

4.2 実装

錯視図形の描画と錯視図形の付与方法は、図2に示す4つの錯視図形を背景として、その上から映像コンテンツを描画するようになっている（図3）。



図3 コンテンツへの錯視図形付与の様子

Figure 3 Illusion figure added to contents

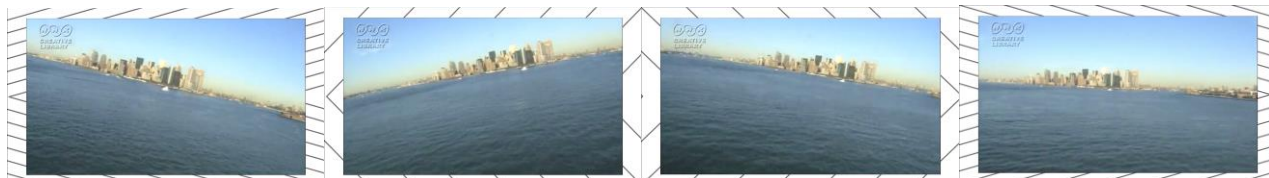
プロトタイプシステムは、Processingを用いた。予め用意した錯視図形を背景として提示し、その上に映像コンテンツを表示するような形で実装した。なお、錯視図形は動的に変化させるが、変化量にはsin関数を用いる。変化にsin関数を用いた理由としては、映像コンテンツ内の運動知覚、奥行き知覚、大きさ知覚をすべて抽出し、錯視図形の動きと対応づけることは可能であるが、かなりの調整が必要になり、汎用的に評価できないと考えたためである。また、これらの知覚は映像コンテンツ内では正と負の方向に変化しており、その両方向を一括して柔軟に表現できる点においてもsin関数が試行において最も有効と考えたためである。加えて、実験における映像の表示には横1280ピクセル×縦800ピクセルのディスプレイを使用している。

4.3 エフェクトの適応例

図4は動画コンテンツに対して錯視図形を適応した例で



(1) エビングハウス錯視-動物映像



(2) オービンソン錯視-飛行映像



(3) ペクション錯視-ジェットコースタ映像



(4) グリッド錯視-風景映像

図 4 錯視図形と映像の対応

Figure 4 Correspondence between illusion figure and video

ある[a]. それぞれの錯視図形がもたらす錯覚と映像コンテンツの関係は下記の通りである.

図 4-(1)は動物が歩き回る様子を三人称視点で撮影した映像コンテンツの四隅に対して、半径が $\sin$ 関数によって時間的に変化する中心角 1.5π の扇型を表示し、大きさ知覚を促すエビングハウス錯視を提示することで大きさの知覚を変化させているものである. 具体的には、扇型の基本半径を a として振幅を b とした範囲で変動する $\sin$ 関数を足し合わせることで表示する扇型の半径 r を決定している. 数式は以下の通りである.

$$r = a + b \times \sin(t)$$

r : 半径 a : 基本半径 b : 振幅を決める定数

実験では、 a に 75, b に 50 を代入し、 t については 0.05 秒あたり $\frac{\pi}{180}$ ずつ増加するものとして、実験を行っている. これにより遠近法の効果が働き、対象の接近や引きを促すことで、コンテンツへの関心・興味を促している.

図 4-(2)は飛行機から主観カメラで撮影した映像コンテンツに対して、傾斜や歪みの知覚を促すオービンソン錯視を提示し、折線の頂点位置を $\sin$ 関数によって時間的に変化させ、折線の傾斜角度を操作することでカメラの移動・傾きによってもたらされる映像コンテンツの傾斜を増強している. 具体的には、背景に引かれる折線の頂点を数式によって決定している. 折線間の水平距離を c_d としたとき、画面左から n 番目の折線における開始点の x 座標を nc_d とし、 $(nc_d, 0)$, $(nc_d + w\sin(t), h/2)$, (nc_d, h) をつないだ線を描画することにより実現している. また、 h はディスプレイの縦幅を、 w はディスプレイの横幅を表現している. なお、実験では、 t については 0.05 秒あたり $\frac{\pi}{180}$ ずつ増加するものとし、直線の本数 n を 7, c_d を $w/7$ として、実験を行っている. これにより歪みを与えることで映像コンテンツから感じる知覚を歪ませ、コンテンツへの動揺・不安を促している.

図 4-(3)はジェットコースタに乗っている様子を主観カ

a) エフェクト動作の詳細を確認したい場合は下記の動画を参照.
https://www.youtube.com/watch?v=BMRg6Gjpl_Q,
 Online video. Youtube, 2016/09/07. Web, 2017/11/12.

メラで撮影した映像コンテンツに対して、 $\sin$ 関数によって時間的に移動方向を左右に変化する黒色と白色の帯を表示し、運動知覚を促すベクション錯視を提示することで運動感覚の知覚のブレ、増強を行っている。具体的には、横幅が c_v の黒色および白色の帯を左右に移動することによって実現している。また、画面左から n 番目の帯は、振幅を d とした $\sin$ 関数を用い、 $(nc_v + d\sin(t), 0)$ を左上の頂点とする横幅 c_v 、縦幅 h の帯を描画することにより表現している。また、 h はディスプレイの縦幅を表現している。なお、実験では、 d に 5.0 を代入し、 c_v を 80 とした。また、 t については 0.05 秒あたり $\frac{\pi}{180}$ ずつ増加するものとして、実験を行っている。これによりユーザが映像コンテンツから感じる運動知覚を変化させ、コンテンツへの移動感・迫力感を促している。

図 4-(4)は移動する被写体の少ない風景を固定点カメラによって撮影した映像コンテンツに対して、グリッドを構成している直線の曲がりの大きさと向きを $\sin$ 関数で時間的に変化させることで外に発散するグリッドと内に収束するグリッドの時間的な変化を行い、グリッド錯視を提示することでユーザに広がり、奥行き等の知覚を与えているものである。具体的には、振幅を d とした $\sin$ 関数を用い、振幅が最大となる頂点の座標を決定している。ここで、曲線間の水平方向の距離を c_d としたとき、画面左から n 番目の曲線は $(nc_d, 0)$ 、 $(nc_d + d\sin(t), h/2)$ 、 (nc_d, h) の 3 つの制御点を利用して、ベジエ曲線を描画することにより実現している。また、垂直方向についても同様に曲線間の垂直方向の距離を c_d としたとき、画面左から n 番目の曲線は $(0, nc_d)$ 、 $(w/2, nc_d + d\sin(t))$ 、 (w, nc_d) の 3 つの制御点を利用して、ベジエ曲線を描画することにより実現している。なお、実験では、 d に 100 を代入し、 c_d を水平方向については $w/32$ 、直方向については $h/18$ (実際に実験環境では縦線が 32 本、横線が 18 本が描画される) として設定し、 t については 0.05 秒あたり $\frac{\pi}{180}$ ずつ増加するものとして、実験を行っている。これにより風景に対する知覚に僅かな変化を与えることでコンテンツへの感心を促している。

5. 評価実験

5.1 実験目的

映像コンテンツの周辺部分に対して動的に変化する錯視図形を提示することで、ユーザがコンテンツに対して抱く印象がどのように変化するか、また得られる知覚の増幅がなされているかを実験により明らかにする。ここでは、単純に映像コンテンツを視聴した場合と、映像コンテンツの周辺部分に動的に変化する錯視図形を提示したものでどのように印象が変化するかを調査する。

5.2 実験手順

実験協力者は着席した状態で、ディスプレイ上に表示さ

れた映像を視聴する。映像は 4 章で述べたエフェクトに対応する下記の 4 種のパターンとした。

- ベクション錯視-ジェットコースタ映像
- グリッド錯視-風景映像
- エビングハウス錯視-動物映像
- オービンソン錯視-飛行映像

このそれぞれの錯視・映像の組について 2 種類ずつ、計 8 本の映像を用意した。また、映像と錯視の関係に限定するためすべての映像は無音とした。実験協力者はこの 8 本の映像を視聴する。このとき、それぞれの錯視ごとに 2 つの映像のどちらかを錯視提示あり、もう片方を錯視提示なしとして 8 本の映像の順番をランダムに提示する。なお、錯視図形なしの場合、周辺視野は白色の背景が表示されている。また、錯視図形の提示が映像コンテンツの視聴を阻害していないことを確かめ、錯視提示による効果を客観的なデータとして分析するために Tobii EyeX を利用して実験協力者の視線情報を取得した。実験協力者の目とディスプレイとの距離については視線検出が可能な約 30cm とし、普段実験協力者が動画コンテンツを視聴している状況と同じ環境を構築し、実験を行った。

なお、実験では 20 代の学生 14 名を対象として、錯視ありの映像 4 本と錯視なしの映像 4 本の計 8 本すべての映像の順番をシャッフルして視聴してもらい、各映像の視聴後、実験協力者にはアンケートに回答してもらった。印象に関するアンケートはプルチックの感情輪から 8 項目 (動揺、不安、苛立ち、感心、飽き、悲しみ、楽しさ、集中) を 5 段階、知覚に関するアンケートを著者が考える錯視から得られると予想される知覚について 8 項目 (広がり、奥行き、せわしなさ、勢い、接近、引き、傾斜、歪み) を 5 段階、疲労感に関するアンケートを SSQ (Simulator Sickness Questionnaire) から引用する眼球疲労について 7 項目を 4 段階、計 23 項目で構成するようにした。

5.3 実験結果

図 5 はアンケートの結果をまとめたものである。図の縦軸はアンケートのスコアであり、横軸にはアンケート項目が並んでいる。また、エフェクトの有無で色分けグラフ化している。なお、それぞれの項目は実験協力者が回答した値の平均値を示している。それぞれの結果について仮説と照らし合わせる。

ベクション錯視について、移動感が増幅されることで映像の迫力が増し、楽しさが増加するという仮説をたてていた。図 5-(1)の結果を見ても印象における楽しさが増加していることが分かる。また、楽しさが増加したことで飽きが軽減されるという結果が得られた。さらに、動揺も増加傾向にあり、これは移動感が増幅されることによって、ジェットコースタに対する危機感が増したからと考えられる。一方、知覚に関しては勢い、せわしなさ、歪みがわずかに増加傾向にあり、疲労感に関するアンケートではすべての

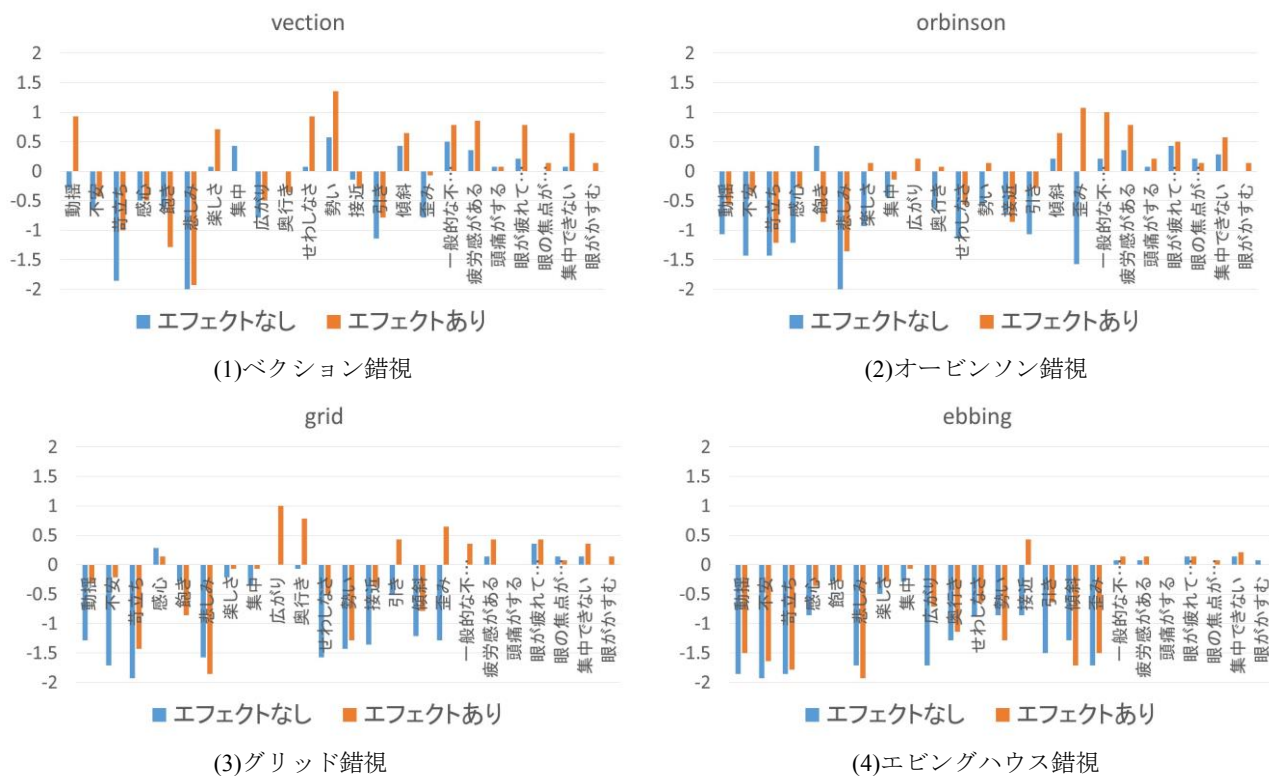


図 5 アンケート結果
Figure 5 Questionnaire results

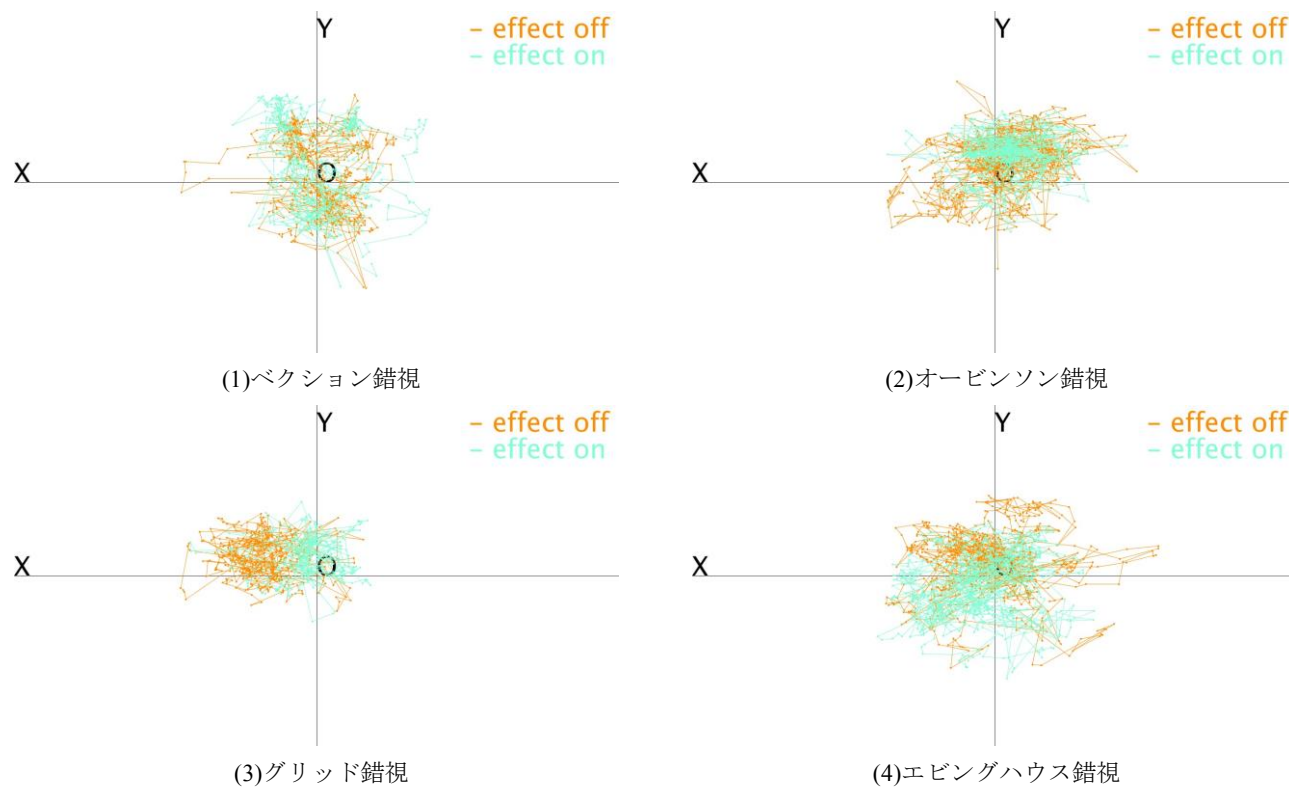


図 6 視線ログデータ
Figure 6 Gaze log data

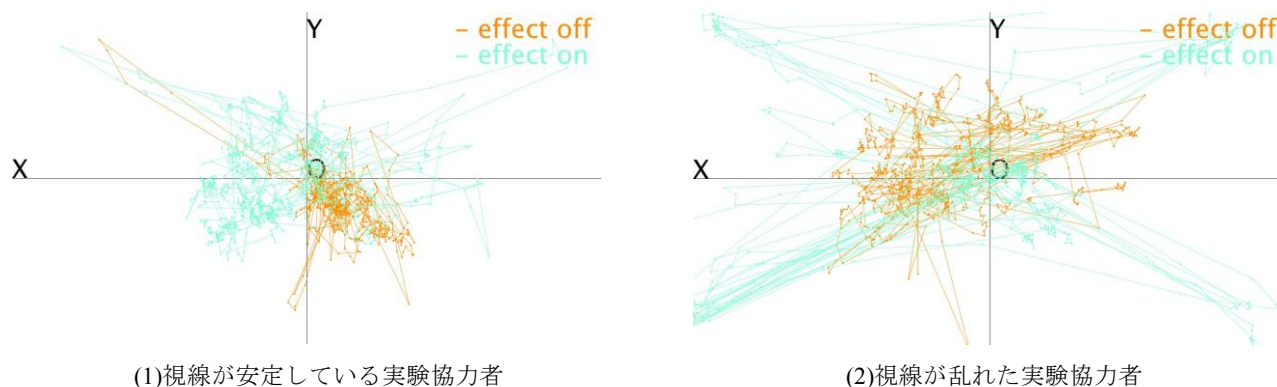


図7 視線ログの比較 (エビングハウス錯視)

Figure 7 Comparison of line of gaze log data (Ebbinghaus illusion)

項目が増加傾向にあった。

これら錯視の有無で傾向に違いのあった印象項目・知覚項目について対応のない等分散の t 検定を行った結果、動揺・飽きにおいて錯視の効果に有意な差 ($p < 0.05$) がみられ、勢いにおいて有意な傾向 ($p < 0.1$) がみられた。また、疲労感に関する項目についても SSQ に従い、実験協力者ごとにすべての項目の合計値を算出した上で対応のない等分散の t 検定を行った。その結果、有意な差は得られなかった。

オービンソン錯視について、傾斜、歪みを増加させることで不安、動揺が増加するという仮説をたてていた。図 5-(2)の結果をみると不安、動揺、感心がわずかに増加していたがそれ以上に楽しさが増幅され、飽きは大幅に軽減されていた。これは飛行映像の傾斜、歪みが増幅されることでユーザの感じる危機感とうまく重なり、程よいスリル感となったからだと考えられる。知覚については全体的に増加傾向にあるが特に歪みが増幅されている。また、多少の疲労感、目の疲れが見られた。

これら錯視の有無で傾向に違いのあった印象項目・知覚項目について対応のない等分散の t 検定を行った結果、不安・感心・飽き・楽しさ・歪み・傾斜において錯視の効果に有意な差 ($p < 0.05$) がみられた。また、疲労感に関する項目についても SSQ に従い、実験協力者ごとにすべての項目の合計値を算出した上で対応のない等分散の t 検定を行った。その結果、有意な差は得られなかった。

グリッド錯視について、映像に対する広がりや奥行きが知覚され風景映像を大きく認識することで没入感が得られ、映像に対する関心が増加するという仮説をたてていた。しかし、図 5-(3)の結果を見ると感心は減少し、動揺、不安が増加傾向にあり仮説とは大きく異なる結果が得られた。また、飽きが軽減されていることからユーザの動画に対する印象はわずかに変化していると考えられる。知覚に関しては仮説と

異なり広がりや奥行き以外の接近、引き、歪みなど多岐にわたって効果が見られた。また、錯視図形提示による疲労感ほとんど見られなかった。

これら錯視の有無で傾向に違いのあった印象項目・知覚項目について対応のない等分散の t 検定を行った結果、動揺・不安・接近・引き・歪みにおいて錯視の効果に有意な差 ($p < 0.05$) がみられ、広がり・奥行きにおいて有意な傾向 ($p < 0.1$) がみられた。また、疲労感に関する項目についても SSQ に従い、実験協力者ごとにすべての項目の合計値を算出した上で対応のない等分散の t 検定を行った。その結果、有意な差は得られなかった。

エビングハウス錯視について、映像が大きく、もしくは小さく知覚されることで映像内の動物に対して接近や引きを感じることで感心が増幅されるという仮説をたてていた。しかし、図 5-(4)の結果を見る接近や引きを大きく知覚できたにも関わらず印象では感心がわずかに増加する程度であった。また、錯視図形提示による疲労感ほとんど見られなかった。

これら錯視の有無で傾向に違いのあった印象項目・知覚項目について対応のない等分散の t 検定を行った結果、広がり・引きにおいて錯視の効果に有意な差 ($p < 0.05$) がみられ、接近において有意な傾向 ($p < 0.1$) がみられた。また、疲労感に関する項目についても SSQ に従い、実験協力者ごとにすべての項目の合計値を算出した上で対応のない等分散の t 検定を行った。その結果、有意な差は得られなかった。

5.4 視線分析

図 6 は 14 人の実験協力者の錯視図形提示の有無に対応した視線ログの値を経過時間によって平均化し、可視化したものである。すべての錯視図形において錯視図形の有無によって視線が大きくずれることはなかった。ただし、オービンソン錯視 (図 6-(2)) とグリッド錯視 (図 6-(3)) では

錯視図形を提示することで視線がわずかに中心に集まる傾向が見られた。また、図5のアンケート結果と照らし合わせると両錯視は共に奥行き感や集中が増加傾向にあった。このことから奥行き感や集中を感じる場合、視線は特定の場所に集中する傾向にあると考えられる。なお、本実験ではグリッド錯視によってもたらされる奥行き知覚は映像の中心に限定していたが、これを任意に変更することで視線誘導を行うことの可能性を示唆している。一方、ベクション錯視(図6-(1))とエビングハウス錯視(図6-(4))では、アンケートに共通の傾向は見られなかったが、錯視を提示することで視線がわずかに拡散する傾向が見られた。それぞれの錯視図形について、実験協力者ごとの個人差に着目すると、ベクション錯視、グリッド錯視、オービンソン錯視では大きな差はなかった。しかし、エビングハウス錯視では、一部の実験協力者において錯視図形を提示した際に錯視図形に視線が引っ張られてしまう傾向が見られた(図7)。また、そのような傾向が見られた実験協力者は視線が安定している実験協力者に比べ、アンケート項目の集中を低く評価する傾向にあり、視聴体験の質が下がっていると考えられる。

6. 考察

実験結果より、映像コンテンツを視聴する際に周辺視へと錯視図形を提示することで被験者の感じるコンテンツの印象が変化することが分かった。特に楽しさやその他の印象が有意に増加している一方で、飽きが有意に軽減されていることはこの手法の有用性を示している。知覚についてもすべての錯視図形で何かしらの知覚が増幅されている。特に、知覚項目に多くの有意上昇がみられたオービンソン錯視における「映像と錯視のタイミングが重なることで引っ張られるような感覚があった」という意見や、遠近感について大きな変化がみられたエビングハウス錯視における「映像内の動物が近づくタイミングで遠近感の錯視が切り替わり強く接近を感じた」という意見など、錯視のタイミングにより、効果が強化されることや物理的な感覚の変化を感じるといった場面が多く見られた。しかし、オービンソン錯視とベクション錯視では、SSQの評価方法に従い、合算値を評価した場合に有意な差は得られなかったものの、個々の項目についてみた場合には錯視の提示により視聴後の「疲労感」や「不快感」に関するいくつかの項目は少なからず増加傾向にあった。このことは、目的でも触れた視聴体験の質を落としてしまうものと考えられる。故に、疲労感を抑える手段を考慮する必要がある。具体的な方法としては、今回の実験では固定値としていた錯視図形を構成する線分の色や数について、線分の色を薄くすることや数を減らすことでこの疲労感を軽減されることが考えられる。そこで、今後はコンテンツへの影響力の大きさ、ユーザへの

疲労感の閾値を求め、錯視エフェクトの最適化に取り組む予定である。また、疲労感を任意に操作可能にすることでホラー映画やジェットコースタなど、疲労感の有無が臨場感を生み、視聴体験を向上させるような映像において、視聴体験を拡張する一つの要素として、疲労感の利用を検討する。

次に、エビングハウス錯視を除くすべての錯視図形において不安・動揺といった印象が有意に増加していた。これは、錯視図形を動的に変化させるために $\sin$ 関数を利用したためだと考えられる。 $\sin$ 関数の周期的な揺れが動揺を呼び、不安につながったと考えられる。そこで今後は、錯視図形の動的変化を映像コンテンツに合わせることによる知覚の増強以外に、 $\sin$ 波のようにユーザの印象を変化させることができる錯視図形の動的変化のパターンを考案し、効果の検証を行う予定である。

実験結果からグリッド錯視はほぼすべての知覚に対して増加傾向を示していた。これはグリッド錯視に用いた図形が間接的に他の錯視図形を表現し、錯視の効果を与えていたからだと考えられる。具体的には、グリッドを構成する直線の湾曲によってオービンソン錯視に近い効果、湾曲によって直線が移動することでベクション錯視に近い効果、湾曲によって直線で構成された四角形の大きさが変化することでエビングハウス錯視に近い効果がそれぞれ得られていたと考えられる。つまり、今回使用した4つの錯視はグリッド錯視を構成する図形の直線本数、湾曲の度合い、方向といったパラメータを適切に変化させることで表現できる可能性があることを示唆している。また、1章でも述べたように我々が最も重要視することは現状のPCを活かしつつ、動画共有サイトの手軽さを損なわずに視聴体験を拡張することである。これを実現するためには大量の動画内の動作のパターンに対して、動的かつ動画に同期して動く必要がある。その場合、今回のように複数の錯視パターンを切り替える方法では動画に対して柔軟な対応ができない。グリッド錯視によって複数の錯視パターンを一括して表現できるようになればこの問題も解決すると期待される。

また、今回の実験ではベースラインの比較を行うため、錯視の有無で画面サイズを統一していたが、実際には錯視が無い場合にはより大きく映像を提示することによる視聴体験の向上が考えられる。しかし、その場合にはすべての知覚項目・印象項目が画一的に増加すると考えられる。本手法は錯視ごとに異なる知覚項目・印象項目を対象として印象の変化を与えたことや、 $\sin$ 関数という動き方の同一性からすべての映像において不安・動揺が増加したことなど、映像の種類を問わず全体に影響を与える要素と個々に影響を与える要素が存在した。これらの要素を選択的に利用することで任意の印象追加が可能になると期待される。そのため、単純に画面サイズを拡張することで視聴体験の拡張を実現する方法に比べ、視聴者が強調したい知覚や印象を

個別に追加することでより柔軟な視聴体験の拡張が実現できると考えられる。

7. おわりに

本稿では映像コンテンツの周辺視野部分に動的に変化する錯視図形を提示することで、視聴体験の拡張を行うシステムを提案した。また、提案手法の前段階として錯視図形提示によるユーザのコンテンツ印象の変化に関する評価実験を行い、その有用性の検証を行い、問題点などについて整理した。さらに、動作パターンと印象変化の関係といった新たな着眼点を得ることができた。

今後は本研究の実験で得られた知見を活かし、問題点を明確化できるよう細かいパラメータを変えた追加実験を行う予定である。また、考察で述べた「グリッド錯視に関する調査」と「画面サイズに関する項目」については追加で実験を行い、検討を重ねる。グリッド錯視については考察でも述べたように複数の錯視図形をグリッドによって、一括して表現できるようにする。そして、グリッドを用いて表現した錯視図形を提示した場合とそれぞれの錯視図形を提示した場合の印象変化を比較し、効果の差異の分析を行う。画面サイズについては、錯視ありの場合と錯視なしの場合とをそれぞれの条件で表示できる最大サイズの映像同士で比較し、印象項目・知覚項目の変化にどのような違いがあるかを分析する。

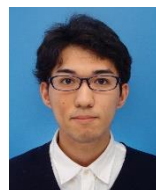
謝辞 本研究の一部は JST CREST, JST ACCEL (グラント番号 JPMJAC1602) の支援を受けたものである。また、Web 上で体験可能なシステムの開発に取り組んでいただいた明治大学総合数理学部先端メディアサイエンス学科の又吉康綱君に謝意を表する。

参考文献

- [1] Hiromi Yoshikawa, Taku Hachisu, Shogo Fukushima, Masahiro Furukawa, Hiroyuki Kajimoto and Takuya Nojima: Studies of Vection Field II: a method for generating smooth motion pattern, proceedings of Advanced Visual Interfaces, Proceedings of the International Working Conference on Advanced Visual Interfaces(AVI12), pp. 705-708, 2012
- [2] Narumi, T., Sato, M., Tanikawa, T., & Hirose, M. (2010, April). Evaluating cross-sensory perception of superimposing virtual color onto real drink: toward realization of pseudo-gustatory displays. In Proceedings of the 1st Augmented Human International Conference (p. 18). ACM
- [3] Lindlbauer, D. et al. Changing the Appearance of Real-World Objects by Modifying Their Surroundings (Inproceeding) ACM CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI'17, ACM, 2017, ISBN: 978-1-4503-4655-9/17/05.
- [4] Sakurai, S., et al. (2015, November). CalibraTable: tabletop system for influencing eating behavior. In SIGGRAPH Asia 2015 Emerging Technologies (p. 4). ACM.
- [5] 福田 忠彦: 運動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 33, pp.480-484, (1979).
- [6] 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 32, pp.492-498, (1978).
- [7] Ajoy S Fernandes, Steven K. Feiner: Combating VR Sickness through Subtle Dynamic Field-Of-View Modification, IEEE Symposium on 3D User Interfaces, (2016).
- [8] 寺内 妙, 浜口 恵治: 周辺視の錯覚, 基礎心理学研究 vol.11 no.2 pp.119-122, (1991).
- [9] Brett R. Jones, Hrvoje Benko, Eyal Ofek, Andres D. Wilson: IllumiRoom: peripheral projected illusion for interactive experiences, Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2013), pp.869-878, (2013).
- [10] 松井啓司, 中村聡史, 大島遼: 周辺視へのエフェクト提示による動画視聴体験拡張, Entertainment Computing 2015 (2015).

著者紹介



福地翼

1996 年生。明治大学総合数理学部先端メディアサイエンス学科在学。視覚特性に基づいたコンテンツ体験拡張や、文章作成の支援に関する研究に従事。



松井啓司

1993 年生。明治大学大学院先端数理研究科在学。周辺視野への刺激提示によるコンテンツの印象変化や、時間評価の変化に関する研究に従事。



中村聡史 (正会員)

1976 年生。2004 年大阪大学大学院工学研究科博士後期課程修了。同年、独立行政法人 情報通信研究機構 専攻研究員。2006 年京都大学大学院情報学研究科特任助手、2009 年同特定准教授、2013 年明治大学総合数理学部先端メディアサイエンス学科准教授、現在に至る。サーチとインタラクションや、ネタバレ防止技術、平均手書き文字などの研究活動に従事。情報処理学会、ヒューマンインタフェース学会などの会員。博士 (工学)。