

一人称視点動画の視聴者の体動を用いた 一体感に関する基礎検討

小島 夏海^{1,a)} 井上 亮文² 星 徹²

概要：アクションカメラの普及に伴い、人の頭部近くにカメラを装着して撮影した一人称視点の動画が着目されている。一人称視点の動画は撮影者と同じような視界や音の変化が味わえるため、視聴者が自分で運動しているような臨場感がある。しかし、運動中の撮影者は視覚や音の変化だけではなく、身体を傾けたり手を振ったりといった様々な身体動作を行っている。現状では、このような撮影者自身が体験している臨場感を視聴者に対して十分に伝えきれていない。本研究では、一人称視点動画に重畳するエフェクトや、視聴環境そのものを工夫することで、視聴者の自己存在感に着目した臨場感を高めることを目的とする。この目的の達成のため、一人称視点動画の視聴者の体の動きを誘発する要素の分析を行う。その中でも撮影者が左右方向へ屈曲動作する際の身体の傾きに注目し、これらのシーンに対して加工を行った動画を被験者に視聴してもらい、その時の重心の変化を計測する。評価の結果、エフェクトによる有意差は認められなかった。しかし、ユーザの姿勢が胡座の状態では立位、座位と比べ細かい重心動揺の誘発が容易であることがわかった。

キーワード：一人称視点動画、身体感覚、臨場感

Fundamental Study on a Sense of Unity for First-Person Video Contents Based on the Viewer's Body Sensation

NATSUMI KOJIMA^{1,a)} AKIFUMI INOUE² TOHRU HOSHI²

Abstract: First-person video contents provide the viewers the feeling of acting an acrobatic performance. However, the videographer (performer) feels not only the change of audio/visual sensation but also the body sensation such as handwaving gesture. In this paper, we make an analysis on the body motion inducement of first-person video contents. We conducted some experiments with changing the subjects' posture and the video effect. Experimental results showed no significant differences in most cases, however, the case in which the subjects were seated in unstable posture caused the small body motion inducement.

Keywords: first-person video, body sensation, realistic sensation

1. はじめに

ヘルメットや自転車のハンドル等の様々な場所に取り付けることが可能な小型のアクションカメラが普及している。

世界全体でのアクションカメラの需要は2013年に500万台に到達し、年率47%の成長を見せており、2018年には900万台に到達する見込みである[1]。中でも、アクションカメラを人の頭部近くに装着して撮影した一人称視点の動画が注目されている。Youtubeに投稿されたダウンヒルをするライダー目線の動画[2]は、2013年に1900万再生を達成するなど人気がある。

一人称視点の動画は撮影者と同じような視界や音の変化

¹ 東京工科大学大学院バイオ・情報メディア研究科
Graduate School of Bionics, Computer and Media Sciences,
Tokyo University of Technology

² 東京工科大学コンピュータサイエンス学部
School of Computer Science, Tokyo University of Technology

a) g211401517@edu.teu.ac.jp

が味わえるため、視聴者が自分で運動しているような臨場感がある。しかし、運動中の撮影者は視覚や音の変化だけではなく、身体を傾けたり手を振ったりといった様々な身体動作を行っている。現状では、このような撮影者自身が体験している臨場感を視聴者に対して十分に伝えきれていない。

臨場感とは様々な要素が複合して感じられる感覚 [3] である。従来研究の多くは高解像度の映像、視野角の拡張といった映像の工夫を用いる手法 [4] や、ユーザに力覚や仮想空間の温度といったフィードバックを行うことで空間的な要素を提供する手法 [5] など、包囲感や質感を向上させることで臨場感を向上させてきた。一人称視点動画の特徴である撮影者の身体動作に関わる臨場感を高めるには、自己存在感を高める必要があると考えられる。ここでの自己存在感とは、自己の身体全体あるいは身体各部(手・足・頭部等)の状態(位置・方向・動き)を感じる感覚である [3]。

本研究では、一人称視点動画に重畳する集中線等のエフェクトや、視聴環境そのものを工夫することで、視聴者の自己存在感に着目した臨場感を高めることを目的とする。この目的を達成するために、一人称視点動画の視聴者の体動を促す要素の分析を行う。

その中でも撮影者が左右方向へ屈曲動作する際の身体の傾きに着目し、これらのシーンに対して様々な加工を行った動画を被験者に視聴してもらい、視聴者の体動として重心の変化と両肩の角度の計測を行う。

本論文の構成について述べる。第1章では背景と課題、本研究の目的について述べた。第2章では本研究で取り上げる臨場感と関連研究について述べる。第3章では本研究の提案システムについて述べる。第4章では視聴者の体動の増強を行う実験環境のプロトタイプについて述べる。第5章ではユーザの姿勢による影響について調査した結果について述べる。第6章ではエフェクトを付加することで生じる影響について調査した結果について述べる。第7章では本研究の結論を述べる。

2. 臨場感

2.1 自己存在感を用いた臨場感

一人称視点動画において身体状態を変化させているのは撮影者である。つまり、一人称視点動画に適している自己存在感とは視聴者が撮影者と同じ身体感覚を感じることであると考えられる。本論文では、視聴者がいかに撮影者と同じ動きをしていると感じたかを「一体感」と定義する。一体感の例として、レースゲームの映像に釣られて視聴者の身体が傾いてしまう現象があげられる。このような誘発動作を意図的に発生させるようなエフェクトや視聴環境を構築できれば、一人称視点動画の一体感を高めることができると考えられる。

2.2 関連研究

廣瀬らは5面のスクリーンを有する多面型全天周ディスプレイ CABIN を提案している [4]。CABIN は、正面、上面、下面、左面、右面の5面のスクリーンに映像を投映することで、上下左右方向の視野角を拡張し、これにより臨場感を向上させている。CABIN では単に視野角が広いだけでなく、様々な視点から3次元物体を見回すことが可能である。Rajinder らは空気のリングを発射することで、ユーザに力覚提示を行うことが可能なデバイス AIREAL を提案している [5]。AIREAL では3次元深度カメラを利用してディスプレイ前方のユーザや物体までの距離をリアルタイムに取得し、ディスプレイ上の動画に合わせて空気のリングを発射する。これによりユーザは動画から何かが飛び出して自分にぶつかったような感覚が得られる。これらの研究は、視覚刺激や力覚フィードバックを適切なタイミングでユーザに与えることで、臨場感の向上を行っている。このように撮影者の動きに合わせて視聴者の動きを誘発することを目的としておらず、本論文が扱う一体感の向上には適していない。

テレビゲームでは、コントローラの形状と操作方法を実際の運動に近づけることで、ゲーム画面とプレイヤーの操作の一体感を向上させている [6]。石橋らの制作したスパイダーヒーローはスパイダーマンのようにクモの糸を使ってビル谷間を飛び回ることができる VR コンテンツである [7]。スパイダーヒーローでは目標となるビルに向かって糸を飛ばすときの飛距離をユーザが腕を振る速度に対応づけている。これにより、ユーザが自然にスパイダーマンと同じような動作で糸を飛ばしている。しかし、これらの手法はユーザが操作を行うインタラクティブコンテンツにおいては可能であるが、動画を視聴するといった非インタラクティブコンテンツには適用できない。

我々は、一人称視点動画の撮影者の顔の向きを磁気センサと加速度センサで取得し、視聴者に対する動画表示位置に反映するシステムを提案した [8]。このシステムでは、撮影者の顔が右を向いた時は動画全体の表示位置をスクリーン右方向へ並行移動するため、視聴者は撮影者の顔の向きの変化を体験することができる。しかし、運動を行っている撮影者は顔以外にも身体を傾けたり手を振ったりといった様々な身体動作を行っており、顔の向き以外の体験は行えていない。また、撮影時に撮影者は顔の向きの計測を同時に行う必要があり、既に撮影した一人称視点動画を利用することができない。

3. 一人称視点動画における撮影者の身体感覚伝達システム

本研究では、一人称視点動画に重畳するエフェクトや視聴環境そのものを工夫することで、視聴者の自己存在感に着目した臨場感を高めることを目的とする。

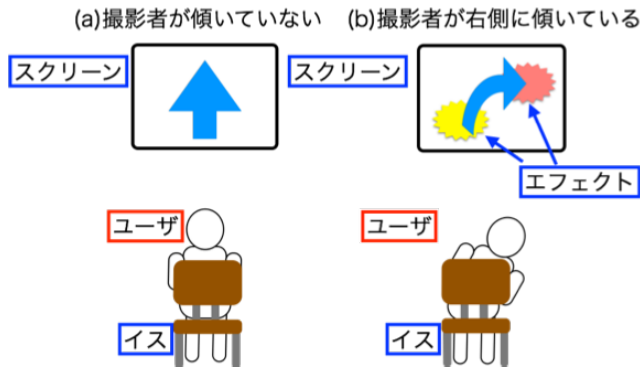


図 1 システム概要 (エフェクトによる体動の誘発)

Fig. 1 Video effects that induce/augment the body motion

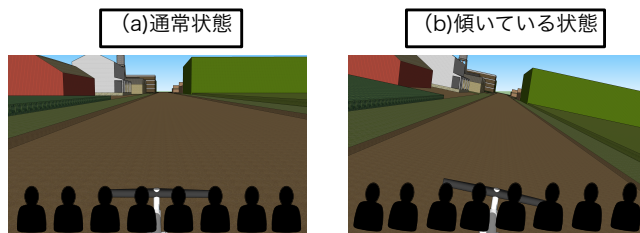


図 2 仮想人物の影によるエフェクト

Fig. 2 An example of the shadow effect

3.1 システム概要

図 1 では、イスに座ったユーザがスクリーン上に表示された一人称視点動画を視聴している様子を示す。図 1-(a)では、撮影者の姿勢が傾いていない状況で撮影された一人称視点動画は何の加工もないままスクリーンに表示される。しかし、図 1-(b)に示すように、撮影者の姿勢が傾いた状況で撮影され、視聴者に何らかの一体感を提示する動画に対しては、一体感を向上させるエフェクトを重ねてスクリーンに表示する。これにより、視聴者の身体の傾きを撮影者の身体の傾きと同じ方向に誘導し、その一人称視点動画が本来持っている一体感をさらに向上させることができると考えられる。

3.2 一体感を向上させるエフェクト

一人称視点動画の中には、動画の変化によって視聴者自身が運動しているよう錯覚させ、それによって視聴者の体動を誘発するような一体感を持つものが多く存在する。本研究では体動を誘発させ、一体感を高めるようなエフェクトの効果の有無を検証する。エフェクトの 1 つとして、本論文では仮想人物の影 (以下、影) の効果を検討する。

人間には集団心理と言われる他人の行動に自分の行動が影響されるという特徴がある。図 2-(a)に示すように動画に影を重ね表示し、図 2-(b)に示すように撮影者の身体の傾きに合わせて影を傾けることで、視聴者の身体の傾きを撮影者と同じ方向に誘導する。影の角度は図 3 に示すように撮影者の身体の傾きに依って連続的に変化する。

本システムでは入力となる一人称視点動画をソフトウェ

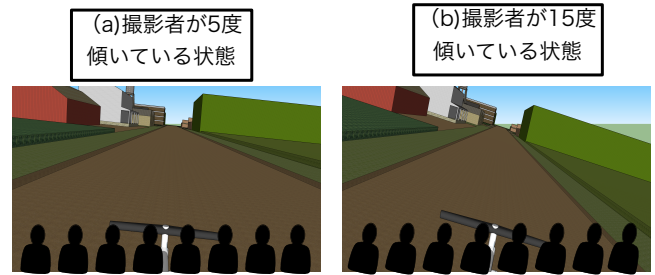


図 3 仮想人物の影の連続的な変化

Fig. 3 Continuous sequence of the shadow effect

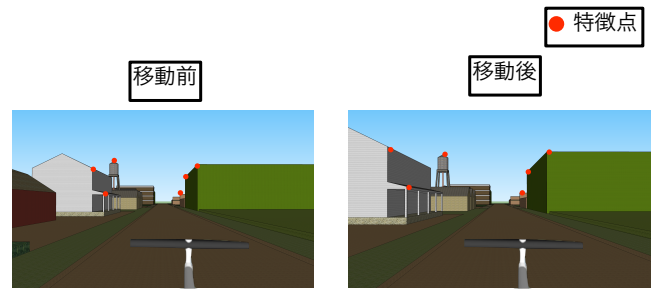


図 4 連続したフレームにおける特徴点の移動

Fig. 4 Characteristic points and their movement in successive frames

ア的に処理し、エフェクトを付加するかたちで視聴者の体動の誘導を行っているため、専用のハードウェアを使用する研究と異なり、Web 上のコンテンツやゲーム等への適用が容易に行えると考えられる。

4. 実験環境のプロトタイプ

4.1 ソフトウェア

本システムにおけるソフトウェアの役割は、一人称視点動画の撮影者の身体の傾き検出と、その度合いに応じたエフェクトの重ね表示である。撮影者の身体の傾きは、撮影済みの一人称視点動画からオプティカルフローを用いて検出した。図 4 に示すように画像内の特徴点の位置を前フレームと比べることで、撮影者が左右どちらに動いたのかわかる。再生中の動画フレームを f 、動画内の特徴点の数を n とした時、フレーム f における i 番目の特徴点の x 座標を x_i^f とし、1 フレーム前からの移動量 d_f を式 1 で求める。

$$d_f = \sum_{i=1}^n x_i^f - x_i^{f-1} \quad (1)$$

d_f の値が閾値を超えている場合に撮影者が傾いていると判断し、エフェクトである影を撮影者が傾いている方向に 1 度傾ける。閾値は予備実験より 730 とした。この処理を毎フレーム行うことで、影の傾きを動画に合わせて連続的に変化させることができる。影の傾きの上限は鉛直方向から左右に 45 度までとした。

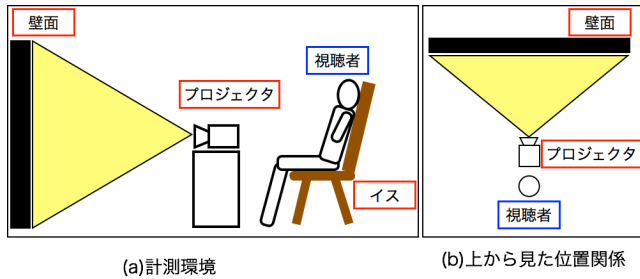


図 5 計測環境

Fig. 5 Configuration of the experimental environment



図 6 実際の計測環境

Fig. 6 Measurement system overview

4.2 計測環境

本システムで使用した計測環境を図 5 に示す。十分な投映領域を確保するために壁面に Dell 社のプロジェクタ S300w を用いて動画を投映した。投映領域のサイズは縦 150 cm, 横 267 cm とした。視聴者と投映面との距離は 238 cm に固定した。図 5-(b) に示すように、視聴者はプロジェクタの真後ろから視聴する。これにより投映面の中央に視聴者が位置するようになる。

図 6 に計測環境を示す。これは実際に影を重畳表示した一人称視点動画を視聴している場面である。計測は立位、座位、胡座の 3 通りを想定している。座位の場合は地面に足をつけ、背もたれに寄りかかった状態で計測を行う。また、胡座の場合は背もたれには寄りかからずに計測を行う。

4.3 一体感の計測環境

本システムでの一体感は、動画を視聴しながら視聴者の身体がどの程度動くかで評価する。これを計測するために、視聴者の重心動揺と両肩の傾きの計測を行う。重心動揺の計測には、図 7-(a) に示す任天堂社のバランス Wii ボードを使用した。バランス Wii ボードは学術研究で用いるフォースプレートと比較して十分な信頼性と妥当性があることがわかっている [9]。バランス Wii ボードは図 7-(a) 中の四角で囲った 4 点の圧力が計測できる。重心の決定は文献 [10] と同様に加重平均を使用することで計算した。こ

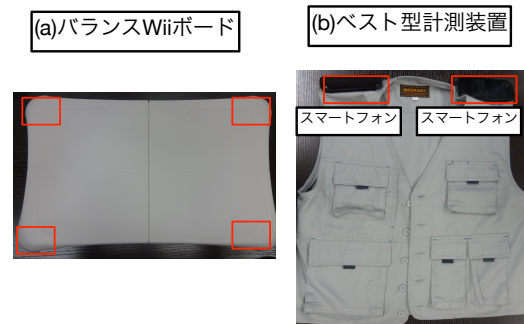


図 7 姿勢変化の計測装置

Fig. 7 Measurement instruments

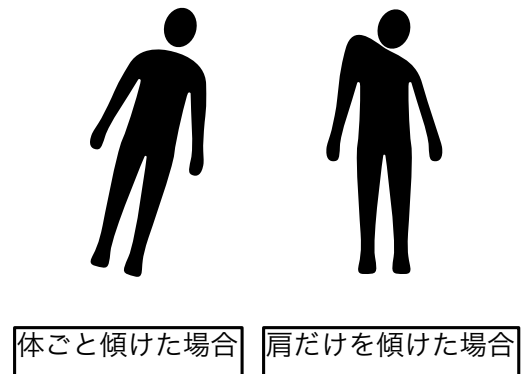


図 8 姿勢変化の種類

Fig. 8 Variation of the postures

れにより 1 cm 単位での重心の位置を特定できる。

バランス Wii ボードのみで計測を行うと図 8 に示す体ごと傾けた場合の計測は行えるが、肩だけを傾けた場合は重心の変化が少なく正確な計測が行えない。そのため、視聴者の両肩の角度の計測を行う必要がある。両肩の傾きの計測は図 7-(b) に示す、ベストの両肩にサムスン電子社の NexusS を取り付けたベスト型計測装置で行う。NexusS に内蔵されている磁気センサ・加速度センサを利用することで、スマートフォンの傾きを求め、これを両肩それぞれの角度とした。

5. 姿勢による影響の調査

5.1 方法

大学生の被験者 12 人に、立位、座位、胡座の 3 つの姿勢で動画を視聴してもらった。この時、視聴時の姿勢の順番はカウンターバランスをとった。調査に用いた動画はライダーがサーキットを走行している一人称視点動画である。また、実験時の計測値の変化と被験者の様子を図 9 に示すように録画した。

被験者には各姿勢での視聴後に 2 種類のアンケートに回答してもらった。1 つ目は表 1 に示す 23 種類の形容詞に対して、5 段階のスケールで回答してもらった。形容詞対は文献 [11] で使われているものを参考にした。2 つ目は被験者が一体感を感じているかを調べるために動画に釣られ



図 9 計測中のスクリーンショット

Fig. 9 Screenshot of the measurement system

表 1 SD 法の形容詞対

Table 1 The pair of adjectives for semantic differential method

形容詞対	
好きな - 嫌いな	気持ちの良い - 気持ちの悪い
良い - 悪い	調和した - ばらばらな
安定 - 不安定	違和感のない - 違和感のある
楽しい - つまらない	はっきりした - ぼんやりした
迫力のある - 迫力のない	全体的な - 部分的な
緊張した - くつろいだ	強い - 弱い
リアリティのある - リアリティのない	大きい - 小さい
動的な - 静的な	騒がしい - 静かな
人工的な - 自然な	冷たい - 暖かい
複雑な - 単純な	連続的 - 断片的
非日常 - 日常的	速い - 遅い
広い - 狭い	

表 2 姿勢の違いによる重心動揺と p 値

Table 2 The p-values of the stabilometry test

	立位	座位	胡座
移動距離	0.514	0.519	0.000488
移動幅	0.773	0.699	0.773

て体が動いたかを 5 段階のスケールで回答してもらった。

5.2 結果

5.2.1 重心の変化

動画視聴時の重心動揺の x 方向成分の移動距離と移動幅を求め、各姿勢での通常状態での値とウィルコクソンの順位検定を行った結果の p 値を表 2 に示す。なお、実験器具の不具合により、座位姿勢の被験者 1 名分の重心動揺の計測が行えなかったため、座位姿勢の検定は 11 人分のデータで行った。胡座の移動距離のみにおいて 5%水準で有意差が認められた。自由記述において立ちながらバイクの動画を視聴すると違和感があるといった記述が複数あった。これはバイクのライダーの視点を立位という普段とは違う姿勢で視聴をしたことが原因であると考えられる。

5.2.2 アンケート調査

SD 法の形容詞対について因子分析 (最尤法, バリマックス回転) を行った結果寄与率が 10 % を超える因子が 3 つあったため、これらを抽出した。第 3 因子までの累積寄与率は 46.7% であった。第 1 因子は「迫力のある - 迫力のない」、「違和感のない - 違和感のある」、「リアリティのある - リアリティのない」、「良い - 悪い」、「楽しい - つまらな

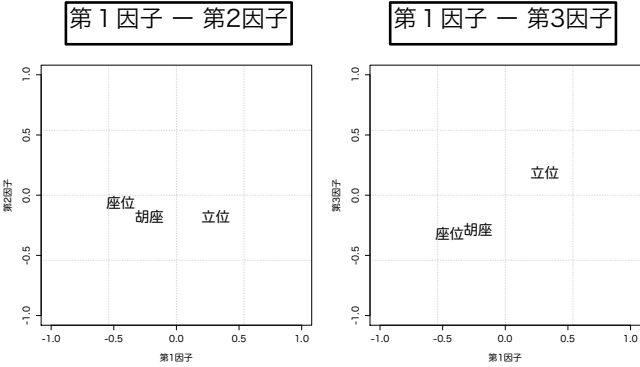


図 10 因子負荷量

Fig. 10 Factor loadings

表 3 姿勢の違いによるアンケート結果の p 値

Table 3 The p-values of the questionnaire

立位-座位	立位-胡座	座位-胡座
0.785	0.785	0.420

い」で構成されており、現実性因子と命名した。第 2 因子は「騒がしい - 静かな」、「冷たい - 温かい」、「連続的 - 断片的」、「動的な - 静的な」、「人工的 - 自然な」で構成されており、機械性因子と命名した。第 3 因子は「緊張した - くつろいだ」、「気持ちの良い - 気持ちの悪い」、「複雑な - 単純な」、「安定 - 不安定」、「好きな - 嫌いな」で構成されており、ここちよさ因子と命名した。図 10 に因子負荷量で各姿勢をプロットしたものを示す。現実性因子、ここちよさ因子共に立位のみが正の因子負荷量であり、立位は他の 2 つの姿勢と比べて 2 つの因子の影響を受けやすかったと考えられる。機械性因子については 3 姿勢共に大きく影響を受けていなかった。

動画に釣られたかのアンケートについてウィルコクソンの順位検定を行った結果の p 値を表 3 に示す。すべての姿勢において有意水準 5% で有意差は認められなかった。

6. エフェクトによる影響の調査

6.1 方法

大学生の被験者 12 人に通常の動画と動画に影を付加した動画 (以下、影動画) の 2 種類を視聴してもらった。この時、視聴する動画の順序のカウンターバランスをとった。また、実験 1 と同じく実験時の計測装置の値の変化と被験者の視聴時の様子を記録した。調査に使用した動画は実験 1 とは異なるが、内容は同じくライダーがサーキットを走行している一人称視点動画である。被験者には各動画の視聴後に 2 種類のアンケートに回答してもらった。1 つ目は視聴後に映像酔いの主観評価に一般的に用いられる SSQ アンケート [12] に回答してもらった。2 つ目は被験者が一体感を感じているかを調べるために動画に釣られて体が動いたかを 5 段階のスケールで回答してもらった。なお、SSQ アンケートは連続して視聴を行うと結果に影響がでるため、

表 4 SSQ アンケート結果の p 値

Table 4 The p-values of the Simulator Sickness Questionnaire

	視聴前 - 通常動画	通常動画 - 影動画	通常動画 - 影動画
合計値	0.311	0.372	1.00
吐き気	0.704	0.148	0.280
眼球運動	0.026	0.0730	0.616
ふらつき感	0.070	0.972	1.00

動画視聴後に 10 分間休憩をとり視聴を行ってもらった。

6.2 結果

6.2.1 重心の変化

動画視聴時の重心動揺の x 方向成分の移動距離と移動幅を求めた。移動距離のについてウィルコクソンの順位と検定を行った結果は $p=1.00$ であり、有意水準 5% で有意差は認められなかった。また、変化の幅についてもウィルコクソンの順位と検定を行ったところ、 $p=1.00$ で有意水準 5% で有意差は認められなかった。しかし、実験中の様子を撮影した動画を見返したところ、影の変化に合わせて体ごとではないが首を傾けるといった動作をしている被験者がいた。

6.2.2 アンケート調査

SSQ アンケートの合計値、吐き気、眼球運動、ふらつき感を求めた。それぞれに対して、視聴前、通常の動画の視聴後、影動画の視聴後でウィルコクソンの順位と検定を行った。結果の p 値を表 4 に示す。視聴前と通常の動画視聴後の眼球運動について有意水準 5% で有意差が認められた。

動画に釣られたかのアンケートについてウィルコクソンの順位と検定を行った結果の p 値は 0.605 であり、有意水準 5% で有意差は認められなかった。しかし、自由記述において影に釣られて体動したという記述があり、有意差は見られなかったものの、影による体動の誘発が起こっていた被験者がいた。

7. おわりに

本論文では、視聴者の自己存在感を高めることを目的とし、一人称視点動画に重畳するエフェクトや、視聴環境の工夫を検討した。今回の計測では胡座視聴での移動距離において有意差が認められたが、これは胡座が足を使った踏ん張りが利かない、背もたれに寄りかかっていなかったなど、不安定な環境での視聴になったことが原因であると考えられる。このことから、体動を誘発するためにはユーザの視聴環境を不安定な環境にすることが重要な要素ではないかと考えられる。また、動画にエフェクトを重畳表示しただけでは、有意差が認められなかった。しかし、影の変化に合わせて首を傾けるといった動作をする被験者がいたため、エフェクトの工夫次第ではより強い誘導が行えると考えられる。今回実装した影の傾きの決定方法では、動画

中に撮影者の動き以外に動く物体があった場合に、影の傾きが撮影者の体の傾きと異なってしまう問題がある。これにより、視聴者の体の傾きの誘導が正確に行えず、一体感の低下につながってしまう。そのため、撮影済みの動画からより正確に撮影者の体の傾きを取得する方法を検討する必要がある。

参考文献

- [1] : アクション・カメラ、2018 年に 9000 万台に到達、(オンライン), 入手先 (http://www.ceatec.com/report_analysis/ja/ra_140728.html) (参照 2014 年 8 月 7 日)。
- [2] : GoPro: Backflip Over 72ft Canyon - Kelly McGarry Red Bull Rampage 2013, (online), available from (<http://www.youtube.com/watch?v=x76VEPYaIo>) (accessed 2014 年 01 月 20 日)。
- [3] 安藤広志, カラン明子, Nawa, N. E.: 臨場感の知覚認知メカニズムと評価技術 (超臨場感コミュニケーション特集) - (多感覚統合・評価技術), 情報通信研究機構季報, Vol. 56, No. 1, pp. 157-165 (オンライン), 入手先 (<http://ci.nii.ac.jp/naid/40018766755/>) (2010)。
- [4] 廣瀬通孝, 小木哲朗, 石綿昌平, 山田俊郎: 多面型全天周ディスプレイ (CABIN) の開発とその特性評価, 電子情報通信学会論文誌. D-II, 情報・システム, II-情報処理, Vol. 81, No. 5, pp. 888-896 (1998)。
- [5] Sodhi, R., Poupyrev, I., Glisson, M. and Israr, A.: AIREAL: Interactive Tactile Experiences in Free Air, *ACM Trans. Graph.*, Vol. 32, No. 4, pp. 134:1-134:10 (2013)。
- [6] Daniel, P., Georg, V. and Peter, O.: The Effect of Authentic Input Devices on Computer Game Immersion, pp. 279-292 (2012)。
- [7] 石橋賢, Luz, T. D., Eynard, R., 北直樹, 姜南, 瀬木宏, 寺田圭介, 藤田恭平, 宮田一乗: スパイダーヒーロー: 張力提示によるエンタテインメント VR, 映像情報メディア学会誌: 映像情報メディア, Vol. 66, No. 1, pp. J11-J16 (オンライン), DOI: 10.3169/itej.66.J11 (2012)。
- [8] 小島夏海, 井上亮文, 星徹: KYORO: 一人称視点動画における撮影者の身体感覚伝達システム, 情報処理学会研究報告. UBI, [ユビキタスコンピューティングシステム], Vol. 2014, No. 34, pp. 1-7 (オンライン), 入手先 (<http://ci.nii.ac.jp/naid/110009676743/>) (2014)。
- [9] Clarkemail, R. A., Bryant, A. L., Pua, Y., McCrory, P., Bennell, K. and Hunt, M.: Validity and reliability of the Nintendo Wii Balance Board for assessment of standing balance, *Gait & Posture*, pp. 307-310 (online), DOI: 10.1016/j.gaitpost.2009.11.012。
- [10] 清野悠希, 佐藤哲司: 講義型授業における受講状態推定手法, 第 6 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム DEIM2014 論文集 (2014)。
- [11] 寺本渉, 吉田和博, 浅井暢子, 日高聡太, 行場次朗, 鈴木陽一: 臨場感の素朴な理解 (< 特集 > VR 心理学 4), 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 15, No. 1, pp. 7-16 (オンライン), 入手先 (<http://ci.nii.ac.jp/naid/110008722680/>) (2010)。
- [12] 氏家弘裕: (第 20 回) 映像酔い (知っておきたいキーワード), 映像情報メディア学会誌: 映像情報メディア, Vol. 61, No. 8, pp. 1122-1124 (オンライン), DOI: 10.3169/itej.61.1122 (2007)。