

動きベクトルのパラメータ変化による 生体影響評価

野村 恵里[†], 木竜 徹[†], 中村 亨弥^{††}, 板東 武彦^{†††}

[†]新潟大学大学院自然科学研究科, ^{††}新潟大学脳研究所統合脳機能研究センター,

^{†††}新潟大学大学院医歯学総合研究科

[†]〒950-2181 新潟県新潟市五十嵐2の町 8050

E-mail: eri@bsp.bc.niigata-u.ac.jp

あらまし 映像を構成する要素は多種多様である。エンターテインメント分野では映像構成要素の組み合わせにより、自己運動感、現実感、爽快感などを視聴者に提供し、楽しませてくれている。その一方で、それらの映像は生体に映像酔いなどの悪影響を与えることが問題となっている。同様な問題は、バーチャルリアリティ技術を応用した場面でも発生している。今回は、実写映像と同じ動きベクトルを用いたシミュレーション映像を製作した。その上で、動きベクトルの各パラメータを変化させた際に生じる生体影響について調べ、酔いの評価指標となる要素を探った。その結果、動きベクトルのパラメータであるズームが酔いの評価指標として定義可能であることが示唆されたが、今後プロトコルや実験条件等について検討する必要がある。

キーワード 自己運動感, 動きベクトル, 映像酔い, 多変量生体信号

Assessment of Vection-induced Images by Changing Parameters of Motion Vectors extracted from Real Images

Eri NOMURA[†], Tohru KIRYU[†], Yukihiro NAKAMURA^{††}, Takehiko BANDO^{†††}

[†]Graduate School of Science and Technology, Niigata University,

^{††}Center for Integrated Human Brain Science, Brain Research Institute, Niigata University,

^{†††}Graduate School of Medical and Dental Sciences, Niigata University

[†]8050 Ikarashi-2, Niigata 950-2181, Japan

E-mail: eri@bsp.bc.niigata-u.ac.jp

Abstract Images are composed of many kinds of elements. In entertainment, we enjoy and obtain images including vection, reality, exhilaration by combination of them. However, these images affect our autonomic regulation, and the same problems were reported in the scene using a virtual reality. We produced a simulated image which motion vectors were the same as those of a real image. Then, we investigated the influence of vection-induced images by changing parameter of motion vectors and looked for which elements was a suitable indicator for evaluating cybersickness. In consequence, it was able to use the *zoom* component of motion vectors for a suitable indicator for evaluating cybersickness. Nevertheless, we need to discuss experimental protocols and conditions in the near future.

Keyword vection, motion vector, cybersickness, multivariate biosignals

1. はじめに

急速な情報，映像技術の発展により，多種多様なデジタル映像が世の中に多く出回り，自分の好きな映像をいつでも容易に入手することが可能になってきた．それらの映像は，エンターテインメントの分野や，携帯電話等のモバイル機器において私たちを楽しませてくれている反面，ポケモン事件に代表されるように，中には生体に悪影響を与えるものがあることがわかってきた．“Cybersickness”という言葉がここ数年の間に使われ始めたことも事実である[1]．映像によっては，映像酔いを引き起こす人もいる．ここでは，ポケモン事件時に発症した光過敏症については触れないが，自己運動感のあるシミュレータ映像や映画，テレビゲーム等によって生じる“映像酔い”(以下，酔い)に注目することにした．

酔いの誘発原因については，視覚情報と前庭感覚との間の不一致説，過去の感覚情報と実際の感覚情報との間の不一致説等[2]が一般的に挙げられている．しかし，酔いは複雑な現象であり，そのメカニズムについては明らかになっていない．また，酔いの原因を具体的に特定することは非常に難しく，まだ実現されていない状態である．酔いの現象に対し，実験的証拠がないまま推論を述べているだけの論文も数多い[3]．

これまで，酔いに関する研究は心電図や血圧，呼吸，発汗，瞳孔等の生理的指標を用いて，それらのデータの計測と解析を行うことによる客観的評価手法や，個人差に着目した主観的評価手法が考えられてきた[2]．しかし，酔いによる自律神経系への影響を評価する方法は確立されていない．

南保らの研究[4],[5],[6]では，映像の特徴である動きベクトルと多変量生体信号との関係を調べ，動きベクトルと血圧との相関が高いことを明らかにした．また，動きベクトルの高周波数成分から低周波数成分への急激な周波数変化が生体に何らかの影響を与えている可能性を報告した．

しかし，従来の方法論では正しい評価をすることができないと考えられる．まず，相関係数についてだが，動きベクトルの変化がそのまま現れている可能性があること，生体信号との相関が高いからと言って，酔いの評価指標にはならないことが挙げられる．また，動きベクトルの周波数変化による生体への影響についてだが，個人差が非常にあるため，周波数変化を指標にし，一般的な評価を行うことは困難である．

そこで，本報告では，酔いの評価指標を探るため，映像を構成する動きの要素に注目することにした．具体的には，生体影響の現れる実写映像から抽出した動きベクトルを用いてシミュレーション映像を制作し，これを映像負荷としたときの生体影響を調べる．今回

は，動きベクトルのパラメータを映像構成要素として考える．そして，血圧，心電図，呼吸の時系列信号の変化から，動きベクトルのパラメータの違いによる影響が生体にみられるかどうかについて検討した．

2. 方法

2.1. シミュレーション映像制作

実写映像は様々な構成要素から成り立っている．時間変化を伴うものでは，輝度値，色，フレーム速度，動き，残像などがあり，コンテンツに依存したものとしては恐怖感，スピード感，興奮などの心理的要素も含まれている．ここでは，自己運動感を伴う映像の生体影響を探るので，時間変化する要素，特に動きに的を絞ることにする．また，酔いの原因が明らかになっていないことから，対象とする映像の構成要素を分解して考えていくことは非常に重要なことであると思われる．この分解により，生体に影響を与える構成要素を絞り込める可能性がある．

そこで，実写映像の動きの要素を抽出し，実写映像と同じ動き方をするシミュレーション映像を制作することにした．使用する実写映像は，興奮・移動感・不快感・めまい・酔いなどの強い情動反応や生理的反応が顕著に誘発されると期待される乗り物体感ビデオとする．映像内容は，自然を背景とし，パラシュート，ボブスレー，ボート，カーレース，ハンググライダー，マウンテンバイク，タイムレース，バンジージャンプ，バイクレースなど動きの激しいスポーツを車搭載カメラから撮影したものである．中でも，マウンテンバイクの映像(以下，マウンテンバイク映像)視聴時に酔いが誘発された人が多いことから，マウンテンバイク映像に注目し，その映像の特徴的情報を持つ動きベクトルを抽出した．

ここで，動きベクトルとは，連続するフレーム間における，ブロック毎のシフト量をベクトルとして求めたものである．また，動きベクトルには画面全体の動きを表すグローバルモーションベクトル(GMV : Global Motion Vector)と，各ブロック(5*5 block / frame)毎の動きを表すローカルモーションベクトル(LMV : Local Motion Vector)の2種類ある．さらに，GMVとカメラ操作との関係を表す要素には7種類あるが[7]，マウンテンバイク映像に関しては，カメラの撮像位置の移動を伴わないzoom(焦点距離の移動)，pan(カメラの横振り)，tilt(カメラの縦振り)の3種類の要素を用いることにする．

制作するシミュレーション映像は，視覚刺激システム(VSG2/5 Cambridge Research Systems)を用いて構築し，スキャンコンバータ(DSC-1042HG, SONY)でデジタルビデオに落としした上でプロジェクタに投影した．

視覚刺激図形にはランダムドットを選び、背景の黒い2次元上に並べた。単なる2次元映像では実写映像に相当するほどの自己運動感を得ることができないと考え、色と密度、動きを変えた2種類のドットを作成し、それらを重ねることによって奥行き感を持たせた。GMVのパン、チルトはそれぞれ水平、垂直方向の移動で表現できるが、ズームは座標位置に対応した水平方向と垂直方向に変換しなければならない。そこで、ズームの中心を画面の中心に定め、水平、垂直方向に移動させることによってドットの大きさが拡大・縮小されるように設定した。また、LMVでは、同様な2層の空間を25個制作した後、各セグメントにそれを配置し、それぞれに左右成分、上下成分の移動を加えた。さらに、セグメント全体にGMVのズームの情報を加えてドットの大きさを拡大・縮小させた。

3. 実験

3.1. 実験プロトコル

実験プロトコルを図1に示す。プロトコル-0では、約18分間の乗り物体感ビデオを視聴させた。プロトコル-1から5においては、シミュレーション映像を視聴してもらうが、プロトコルの目的に応じて動きベクトルのパラメータの組み合わせを替えた。この組み合わせについては、脳機能解析の手法である *functional MRI*(functional Magnetic Resonance Imaging: 機能的磁気共鳴画像法)計測時に用いられる SEA(Sequential

Epoch Analysis : 逐次エポック解析)の方法論[8]を参考に設定した。実験の目的に合ったプロトコルを設定することにより、意味のある生体信号の計測が可能になると考えられる。このため、映像を生体への負荷として用いる場合は、プロトコルの設定が非常に重要である。今回の実験では、6つのプロトコルを設定した。各プロトコルの目的は、実写映像による生体影響(プロトコル-0)、GMVとLMVの比較(プロトコル-1)、GMVでのパラメータの比較(プロトコル-2)、LMVでのパラメータの比較(プロトコル-3)、周波数の比較(プロトコル-4)、周波数の切り替えレンジの比較(プロトコル-5)とした。各プロトコル内は、ランダムドットが2分間移動した後、1分間停止するというタスクを繰り返すものとした。全プロトコルにおいて、映像視聴の前後に、体調に関するアンケートと安静時3分間の計測を行った。なお、被験者には映像を視聴してもらう際、スクリーンの真ん中を中心に全体を見るよう教示した。

3.2. 実験条件

被験者は、健康な男性8名、女性2名(22.5±1.5歳)の合計10名である。被験者には事前に実験内容を説明し、新潟大学医学部にて実験を行った。映像は80インチスクリーン上に液晶プロジェクタ(TH-L795J, XGA対応, 1024×768 pixel, 1400ANSIルーメン, 松下電器)を2台用いて投影した。被験者はスクリーンから2m離れた位置で椅子に着座した状態で視聴してもらった。実験中、室内の明るさは10ルクスとした。

計測データは心電図，血圧，呼吸，発汗である．心電図は胸部双極誘導によりディスポーザブル電極を用いて計測した．血圧はトノメトリ法による血圧計測装置（JENTOW7700，日本コーリン）を用いて，左手橈骨動脈圧を連続計測した．また，チューブ式呼吸ピックアップ（TR-755T，日本光電）を用いて腹部，胸部における呼吸を計測した．発汗については，発汗計（SKA2000，SKINOS）を用いて，左手母指球表面からの発汗量をカプセル換気法により測定した．なお，心電図と呼吸は，生体用アンプ（AB-610J，日本光電）を用いて増幅度 26dB，0.53Hz～1kHz の帯域で差動増幅し，DAT RECORDER（RD-135T，TEAC）を用いて DAT テープに記録した．同時に A/D 変換ボード（PCI-MIO-16XE，National Instruments）でサンプリング周波数 1 kHz，量子化ビット数 16 bit で PC に取り込んだ．

3.3. 解析方法

心電図と血圧は，ローパスフィルタを用いてアーチファクトを除去した．その後，心電図は閾値法を用いて RR 時間間隔を求めた．また，血圧は心電図の R 波時点を基準として範囲を設定し，その範囲内の最大・最小値を求め，それらの平均値を平均血圧とした．RR 間隔，血圧時系列は不等間隔であるので，3 次スプライン補間により映像のフレームレートと同じ，サンプリング周波数 30 Hz の等間隔時系列とした．呼吸は，カットオフ周波数 1 Hz で移動平均をとり平滑化した後，同様に 30 Hz でリサンプリングした．

その後，RR 間隔，血圧，呼吸の時系列信号に対して，Gabor 関数を Mother Wavelet とする連続 Wavelet 変換を行った．そして，血圧から交感神経系と副交感神経系の活動を反映するといわれている Mayer 波帯域（MW：0.04～0.15 Hz），呼吸から高周波数帯域（Resp. HF：0.16～0.45 Hz），RR 間隔時系列の高周波数帯域である RSA（Respiratory Sinus Arrhythmia：0.16～0.45 Hz）と低周波数帯域（r-r. LF：0.04～0.15 Hz）を抽出し，それぞれのパワーを求めた．

また，マウンテンバイク映像視聴時の生体信号に対しては，視聴前安静時の全帯域におけるパワーの平均値を基準とし，Resp. HF，MW，RSA，r-r. LF のパワー比率を求めた．シミュレーション映像視聴時の生体信号に対しては，Resp. HF，MW，RSA，r-r. LF のそれぞれの帯域における最大パワーをサンプル毎に求め，映像提示 120 秒間の平均値を求めた．その後，以下の式から最大パワーの変化率（以下，最大パワー変化率）を算出した．100 % を基準として，変化率の増減を表すことにした．

$$\text{最大パワー変化率} = \frac{A \text{ ありのときの最大パワーの平均値}}{A \text{ なしのときの最大パワーの平均値}} \times 100$$

A：動きベクトルのパラメータ（例 *zoom*，*pan*，*tilt*）

4. 結果

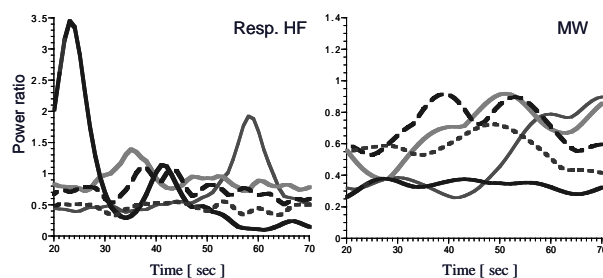
実験の際に行ったアンケート調査の結果は表 1 のようになった．そこで，実写映像（Real image）で酔った人（合計 5 人）を Group R-1，酔わなかった人（合計 5 人）を Group R-2，シミュレーション映像（CG image）で酔った人（合計 6 人）を Group C-1，酔わなかった人を Group C-2（合計 4 人）とし，被験者 10 名をそれぞれ 2 つのグループに分けて比較することにした．

表 1 各被験者の酔いの有無

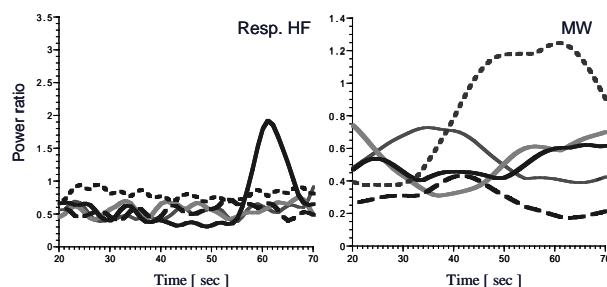
Subjects	A	B	C	D	E
Real image		×	×		
CG image	×			×	
Subjects	F	G	H	I	J
Real image	×		×	×	
CG image	×		×	×	×

... 酔わなかった × ... 酔った

まず，マウンテンバイク映像視聴時の生体信号に関して，動きベクトルと血圧との相関が高かったとされる区間[6]を含む 20～70 秒の合計 50 秒に注目した．MW と Resp. HF のパワー比率を Group R-1，R-2 において比較した結果（図 2），どちらのグループにおいても，特徴的な傾向は見られなかった．しかし，Group R-1 において全体的に，Resp. HF のパワー比率が上昇する区間が見られていることから，酔いによる呼吸の乱れが生じている可能性が考えられる．また MW に関しては，両グループ間での違いを見出せなかった．



(a) マウンテンバイク映像に対して酔ったグループ (Group R-1)

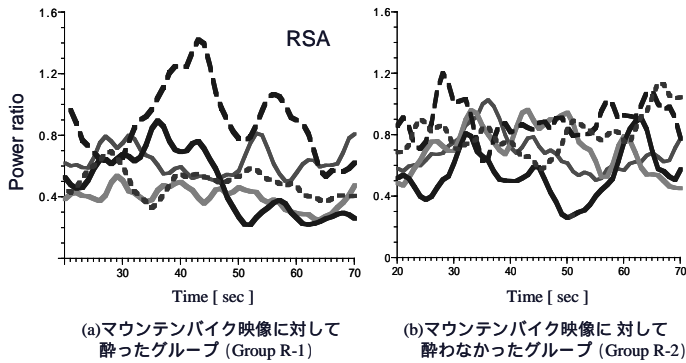


(b) マウンテンバイク映像に対して酔わなかったグループ (Group R-2)

*ただし，(a) Group R-1 と (b) Group R-2 の被験者 5 名は各々異なる．

図 2 パワー比率の比較

また、RSA 帯域におけるパワーを比較した結果(図3), GroupR-1 の方が GroupR-2 よりも RSA 振幅が減少していることから、酔いを含んだ何らかのストレスが生じていると考えられた[9]。



*ただし、(a) GroupR-1 と(b) GroupR-2 の被験者 5 名は各々異なる。

図 3 パワー (RSA) の比較

次に、シミュレーション映像については、動きベクトルのパラメータ変化による生体影響について Group C-1, C-2 の比較を行った。図 4, 5 は、グループ毎に最大パワー変化率の平均値を求め、棒グラフと折れ線グラフで表したものである。

視聴回数による最大パワー変化率の平均値をパラメータ毎に比較した結果(図 4), プロトコル 2 において、Group2-1 では Resp. HF の 2 回目に変化率が増加し、3 回目で減少している。WM においては、zoom の際に 2 回目で変化率が減少し、3 回目で増加しているが、pan, tilt では、2 回目で変化率が増加し、3 回目で減少傾向

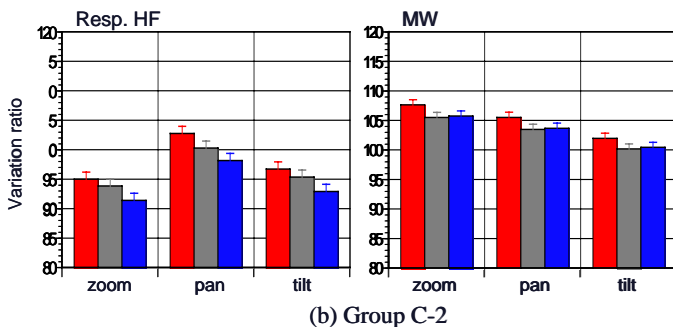
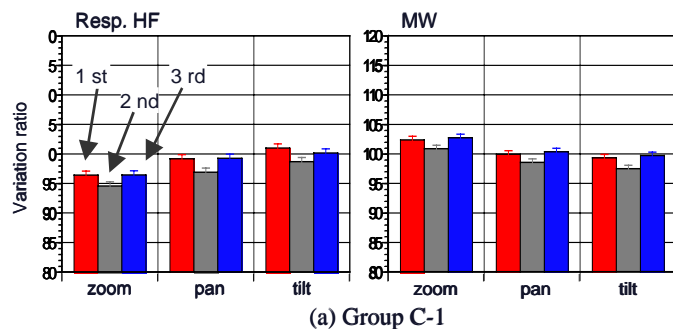


図 4 視聴回数による最大パワー変化率の変化

にあった。一方、GroupC-2 では、Resp. HF において pan 以外では回数を重ねるごとに変化率が増加していた。また、MW では全てのパラメータにおいて、回数が増えるとともに変化率が減少していく傾向が見られた。同じ映像を繰り返し視聴した際、酔いの程度が減少したという報告[10]もあるように、この結果から、シミュレーション映像の場合、視聴回数が生体に何らかの影響を与えている可能性が考えられる。

さらに、各パラメータにおける最大パワーの変化率の平均値を、GroupC-1 と GroupC-2 で比較した結果(図 5), どちらのグループにおいても、増減の違いはあるが zoom のときの変化率が最も大きかった。また、酔いを生じなかった GroupC-2 の方が変化の割合が大きいう結果になった。また、どちらのグループにおいても、1, 2, 3 回目と同じような傾向が見られていることから、動きベクトルのパラメータによる変化が現れていると判断できる。

同様な方法で、プロトコル-1, 3 において比較した結果、プロトコル-1 においては両 Group とも、1mv 時の変化率が gmv 時よりも減少する傾向にあった。また、プロトコル-3 では、GroupC-1 において基準値である 100% を境に大きな変化は見られないが、GroupC-2 においては変化率の減少傾向が見られた。

また、プロトコル-4, 5 では、同様な方法では評価しづかったため、周波数の変化から酔いの評価指標

を見つけ出すことはできなかった。今後、これらのプロトコルの再設定を行う必要がある。

5. 考察

今回の実験において、マウンテンバイク映像視聴時の生体信号から GroupC-1 と C-2 との違いを見つけ、酔いの定義をしようと試みたが、各グループにおける特徴的な傾向を探し出すことはできなかった。主観評価において、酔いが生じたことが明らかになってはいるが、実験データから酔いの判断をすることは非常に困難であり、酔いの指標を探し出すことが重要であることを再確認した。これは、実写映像内に非常に多くの映像構成要素が含まれており、各被験者における映像の感じ方には個人差があるためだと思われる。また、マウンテンバイク映像は、今回実験に使用した乗り物体感ビデオの最初から約 10 分後にスクリーン上に写し出されることから、映像の開始時間に関連している可能性も考えられる。これらのことから、今後、乗り物体感ビデオの提示順序を変更し、再実験を行う必要がある。また、マウンテンバイク映像のみのプロトコルを作成し、映像の単純化を図る他、映像の提示時間、映像開始からの時間等を考慮していくことも必要である。

次に、今回制作したランダムドットのシミュレーション映像では、プロトコル-2 において動きベクトルのパラメータの一つである zoom が、酔いの評価指標として利用できる可能性が示唆された。しかし、制作した 1 つの映像パターンを、プロトコル内で 1 回しか提示していないことから、同じシミュレーション映像を何回も提示した際に同様の結果が出るかについては定かではなく、正しいデータが取れているかどうか信頼性に欠けるものがある。やはり、意味のない信号を計測しないためには、実験プロトコルの設定や提示する映像の制作に時間をかけることが重要である。

また、今回シミュレーション映像に酔った人と酔わなかった人という 2 つのグループに分けて考えたが、シミュレーション映像で酔ったが、マウンテンバイク映像では酔わなかった人、マウンテンバイク映像では酔ったが、シミュレーション映像では酔わなかった人がいるように、同じ動きをしている映像を視聴したとはいえ、他の構成要素による影響も生じているため細かいグループ分けが今後必要になると考えられる。

6. むすび

今回、自己運動感があり、生体に影響を与えている実写映像と同じ動きベクトルを用いて、シミュレーション映像を制作した。そして、動きベクトルのパラメータ変化を中心としたプロトコルを 5 つ設定し、実験

を行った。その際の生体信号を計測し、自律神経系の評価指標を用いて、動きベクトルのパラメータ変化による生体影響を比較し、酔いの指標を探し出すことを試みた。その結果、動きベクトルのパラメータの一つである zoom を酔いの指標とし得る可能性が示唆された。

しかし、プロトコルの設定が十分でなく、制作した映像の種類も今現在ランダムドット映像一つであるため、今後これらを考慮し、実験回数を重ねる必要がある。また、自律神経系の中枢が存在する脳に注目し、酔いのメカニズム解明へ向けて視覚や平衡感覚等との関連性を探ることも重要であると思われる。

今後、さらに映像技術は進歩すると予想される。それに応じた対策を強化していくためにも、酔いの評価指標を見つける必要性は十分あるだろう。

謝 辞

本研究は社団法人電子情報技術産業協会からの委託によるものである。

文 献

- [1] W. T. Lo, Richard H.Y. So, "Cybersickness in the presence of scene rotational movements along different axes", *Apply Ergonomics*, vol.32, no.1, pp.1-14, Feb. 2001.
- [2] 中川千鶴, 大須賀美恵子, "VE 酔いおよび関連分野における研究の現状", *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, vol.3, no.2, pp.31-39, 1998.
- [3] S. Nichols, H. Patel, "Health and safety implications of virtual reality: a review of empirical evidence", *Apply Ergonomics*, vol.33, no.3, pp.251-271, May. 2002.
- [4] 南保洋子, 木竜 徹, 板東武彦, 小林直樹, "不快感を及ぼす区間での映像の動きベクトルの時間周波数解析", *日本エム・イー学会甲信越支部・北陸支部合同大会*, pp.11-12, Aug. 2002.
- [5] 南保洋子, 木竜 徹, 板東武彦, 小林直樹, "自己運動感を伴う映像の動きベクトルによる生体影響", 第 17 回生体・生理工学シンポジウム論文集, pp.143-144, 2002
- [6] 木竜 徹, 南保洋子, 板東武彦, 小林直樹, "動きベクトルを用いた要素分解による自己運動感のある映像の生体影響評価", *信学技報*, vol.MBE2003-9, pp.47-52, May. 2003.
- [7] 泰泉寺久美, 石橋 聡, 小林直樹, "カメラモーション抽出によるスプライト自動生成", *電子情報通信学会論文誌*, vol.J82-D- , no.6, pp.1018-1030, Jun. 1999.
- [8] 鈴木清隆, 木竜 徹, 中田 力, "ブライント信号分離と fMRI 画像解析への応用 ICA を用いた fMRI の精密解析", *BME*, vol.16 ,no.5 ,pp.24-31, 2002.
- [9] 早野順一郎, "ゆらぎと休息: 能動機能としての呼吸性洞性不整脈", *日本時間生物学会誌*, vol.7, no.1, 2001.
- [10] K.J. Hill, P.A. Howarth, "Habituation to the side effects of immersion in a virtual environment", *Displays*, vol.21, pp.25-30, Mar. 2000.