

サウンドによる映像酔いの抑止に向けて(1)

Sound Control for Motion Sickness (1)

長嶋洋一

Yoichi Nagashima

SUAC/ASL

概要：水平方向/垂直方向のズーム/並行移動と回転を加えて映像酔いを起こしやすいように変化させたムービーの運動に同期して、その予測に役立つような変化のサウンドを加えることで映像酔いが低減できるかどうかについて心理学実験を行ったので、その第一段階について報告する。新しく報告された、呼気終末二酸化炭素分圧計測による動揺病推定法を心理学実験において同時計測した。

Keywords : Motion Sickness, Multimedia Psychology, Max/MSP/jitter, end-tidal CO2 pressure

1. はじめに

これまで筆者はマルチメディア心理学の領域で映像と音楽のビートに関する研究[1]を行い、さらにメディアアートやComputer Musicに関連する研究を進めてきた[2]。これを受けて、マルチモーダル心理学研究の新しいアプローチとして「映像酔い」に対して、(1)自覚的評価実験・生理的計測実験などの従来手法と異なる心理学実験手法を提案、(2)映像酔いを起こしやすいように変化させたムービーの運動に同期し予測に役立つような変化のサウンドを加えることで映像酔いが低減できるかどうか、という新しい2つの視点で取り組んでいる。これに加えて、新たに報告された知見(呼気終末二酸化炭素分圧計測による動揺病推定法)を心理学実験において同時計測した。

2. 「映像酔い」とは

本テーマを意識した最初のきっかけは、マルチメディア/生体計測という筆者の興味ある2つの領域に関係した研究報告[3]であり、ここでは映像酔いをCybersicknessと呼んでいた。しかし一般にはMotion Sicknessの方が多いようであり、本稿でもこちらを採用する。なお文献[4]において、今後の研究報告で参照すべき整理として、「映像酔い」についてWikipedia等で調べた上での筆者なりの定義を明記してあるので参照されたい。

2-1. 3D酔い、乗り物酔い(動揺病)

3D酔いとは、ゲーム画面が回ったり目まぐるしく動いた際、画面を見ている人が一時的に気持ち悪くなってしまふ事であるが、運転手には起こらない乗り物酔いと違い、ゲームを遊ぶ本人にも起こりうる。酔いの原理は、三半規管が正常に働かなくなることで、正常に現状を捉えられないこととある。3D酔いの大半は、例えばゲームの中では上下に動きなが

ら歩いているのに、実際の自分の三半規管はその上下運動を捉えられていないとズレが生じ、それを酔いと脳が感じ取って起こる。

乗り物酔い(動揺病)は、乗り物が発する振動が原因で、体の内耳にある三半規管が体のバランスを取れなくなって引き起こす身体の諸症状である。ここから、身体が振動しなくても、視覚的な振動の刺激(振動するカメラで撮影した動画)を見るだけでも酔う(視覚と三半規管の感覚との不一致)という、「映像酔い」につながると考えられる。

2-2. その他の「映像酔い」関連情報

関連して映像酔いを調査した中で、文献[4]では[5-10]の6件について紹介/検討しているが、本稿では紙面の関係で省略する。

産業技術総合研究所プレスリリース[11]によれば、産総研は2003年から映像の生体安全性評価の標準化研究に着手した。詳しくは産総研の公開Web[10]を参照いただくとして本研究に関連するポイントを抜き出すと、以下に集約される(図1)。

映像酔いや3D映像による眼精疲労は、視聴者本人の主観的側面を伴うため、この心理的影響と心拍、血圧、瞳孔反応などの生理的影響との両者を計測することで、より精度良く生体安全性を明らかにすることが重要である。

そこでまず、映像の生理的影響および心理的影響を予測する手法を検討し、以下の2つの課題について取り組む。

- ・映像の物理的特性と生理的・心理的な生体影響との相関解析
- ・映像の物理的特性に基づく生体影響予測と安全性の総合評価

産総研の研究は最終的な目標が「映像の生体に与える影響を心理的側面と生理的側面との両面から総合的に評価する手法を開発」だけでなく、その成果を踏まえて「ISOに対し映像の生体安全性評価法についての国際標準

案を提案し国際規格として実現」にある。これは「だれもが安心してTVゲームやアニメーション、映画などの映像を安全に楽しむ事ができる環境を実現するとともに、日本が国際的にも競争力のある映像メディア産業の健全な発展を支援する」という重要な意義もあるが、ここで筆者の関心とは袂を分かつ。

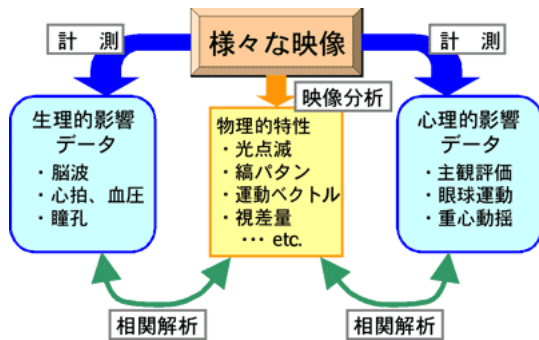


図1 映像の物理的特性と生理的/心理的の生体影響[10]

3. 本研究の3つのアプローチ

この領域で活発に議論している映像情報メディア学会にはまだ多数の報告があるが[12-20]紙面の関係で省略し、本稿ではここで筆者の関心・興味から、(1)従来手法と異なる新しい映像酔いの心理学実験手法、(2)映像の予測に役立つような変化のサウンドを加えることで映像酔いが低減できるかどうか、という2点の検討について述べる。

産総研プレスリリース[11]の映像の生体に与える影響「心理的側面」「生理的側面」(図1)は学術的な標準ではない。脳波・心拍・血圧・瞳孔反応などの生理的影響を計測する部分に反対はしないが、心理的影響として主観評価(松田/大中[6]の用語では自覚的評価)、すなわち被験者に対するアンケート実験に加えて、眼球運動・重心動揺などの生理計測が心理的影響に分類される理由は不明である。そこで筆者はこれとは別に、以下の2点のアプローチを新たに提起した。

まず第一は、映像酔いを検証する新しい計測実験法の提案である。具体的には、映像の画面内の特定点を追従する、という単純作業の作業精度/効率の低下を映像酔いの指標と捉えることとした。これはビデオカメラ撮影した映像を編集して酷い映像酔いに見舞われた筆者の体験(内観)から、その影響を計測できる可能性として提案した。

そして第二は、「サウンドが映像酔いを抑止する」という可能性の検討である。このために、映像の動きに同期したサウンドを同時に提示した場合と、比較のために単調なサウンドが変化なく鳴っている場合とを比較することとした。

2006年9月に開催された第5回情報科学技術フォーラムにおいても、本領域に関する興味ある研究発表がなされた[21-24]。この中で日高ら[23]は、自動車内で映像コンテンツを

視聴する被験者の呼気終末二酸化炭素分圧の変化と、主観的評価による動揺病推定との間に、有効な相関関係を報告した。これは、従来のアンケートによる主観的な映像酔いの実験に対して、被験者本人が気付かない生理的情報から映像酔いの程度を推定できる可能性を提示したという意味で画期的な知見である。そこで本研究では第三のアプローチとして、被験者の呼気終末二酸化炭素分圧の変化をあわせて計測・検討することにした。

4. 第一段階の心理実験の概要

映像と音楽のビートに関するメディア心理学実験[1]での経験から、本研究では前述の3つのアプローチを同時に満たす心理実験システムをデザインした。この理由としては、脳波・心拍・血圧・瞳孔反応などの生理的計測実験では、映像というリアルタイム刺激に対しての時定数が(筆者の印象として)非常に大きく、レスポンス時間についての不満がある。また主観評価/自覚的評価による心理実験(被験者のアンケート)については、個人差や被験者集団の影響の懸念、さらに映像酔いのサウンドによる抑止の検証の困難さが想定されるからである。

4-1. プラットフォームとシステム

システムは、ビートに関するマルチメディア心理学研究[1]の際にデザインしたシステムと同様に、基本的にはMax/MSP/jitter (MacOS10.3.9, QuickTime6.5.2)を環境として使用した。報告[4]では小型タブレットを使用する計画であったが、画面からはみ出た場合に新たに再ポイントする不自然さが問題となり、15インチ液晶ディスプレイに取り付けたタッチパネル(KEYTEC社MagicTouch)上を専用のタッチペンでなぞる、という方式に変更した。被験者はディスプレイの正面に座り、ディスプレイの左右にはサウンドを提示するステレオスピーカ(Panasonic製 EAB-MPC33)があり、さらに被験者は後述の複数のセンサ群を装着して実験に臨んだ。

4-2. 映像素材

この実験では、素材として映像酔いを引き起こす映像(グラフィック素材)が必要となる。遠景の風景写真などを漫然と眺めているだけでは素材にならず、まず1点に注目させる必要がある。そこで用いた素材は、図2のように、画面にズームの消失点のある、無限に縮小ズームし続ける映像素材(QuickTimeムービー化し、jitterにてメモリ中に読み込みループ再生)である。この消失点が被験者が注目する注視点であり、その座標をjitterによって低周波変調(たまに瞬時に跳躍)して運動/回転させれば映像酔いが起きる、という方針である。実際の実験において、事前アンケートで「乗り物酔いしやすい」と回答した一部の被験者は実際に「酔った」という感想

があり、1名は「実験後に帰宅しても映像酔いがかなり残った」と翌日に報告したので、素材として妥当であったと考える。



図2 映像素材に用いた"Zoomquilt" (www.zoomquilt.org)

4-4. 被験者と実験時間

被験者には実験に先立って、実験の趣旨を理解し、場合によっては気分が悪くなることに同意する同意書の記入を求め、あわせて年齢・性別・職業・利き腕・視覚と聴覚の健康状態・乗り物酔い[しやすい/しにくい]を記入する事前アンケートの記入を求めた。また実験後には自由回答で感想などを求めた。

今回は第一段階のなかば予備的な実験ということで、19歳から43歳までの大学生/事務職の9名(全員女性、右利き、視覚/聴覚は正常)を対象とした実験を行った。9名のうち4名が乗り物酔いしやすい、と回答した。実験は3分間の実験を計3回行うもので、準備と小休止を入れて1人あたり15分程度であった。

4-4. 実験の準備

実験の準備として、まず被験者の両腕に2点ずつ、筋電センサの電極バンドを取り付けた。さらに被験者の両耳たぶに、心拍センサとなる赤外線クリップセンサを取り付けた。実はこれら4つのセンサのケーブルは生体計測システムに接続されているものの、実際にはそのデータを使用しないダミーであり、本命の呼気センサに対する意識/注意を逸らすための一種のプラシーボである。

そして被験者の鼻の下に、医療用テープで呼気センサの管(先端が二股になっており、両方の鼻の穴の出口付近に配置)を取り付けた。これにより自然と鼻呼吸となり、生体情報計測装置BIOPAC[25][26](図3)からの出力として、良好な呼気終末二酸化炭素分圧の変化データが得られた。先行研究の実験[23]ではこのセンサだけを被験者に取り付けたために、気になってか実験途中で深呼吸などペースを乱す例があり、そのデータを手作業にて除去していたが、本実験では9人*3回=27回の

実験で、一度もこのような不整脈データが起きなかった。

なお、ここで使用した基礎医学研究用データ集録&解析システム: BIOPAC Systems社製のMP SYSTEMシリーズとバイオアンプについて紹介すると、A/D部分のMP100システムの仕様は以下である。

16ビット解像度
16チャンネルアナログ入力
コンピュータ伝送速度は800KBPS
バックグラウンド下で動作
最大70,000サンプル/秒/1channel
最大5,326サンプル/秒/16channel

本実験ではRAMやHDDにデータを記録せず、A/Dからの情報をモニタして直接出力するモードのみ利用した。チャンネルゲインは、CO2がゼロから呼気100%でほぼフルスケールとなるように設定した。

また、CO2モジュール「CO2100C」の仕様(と採用した設定)は以下である。

CO2レンジ: 0-10% CO2
利得: 1 (%CO2/V)
出力レンジ: 0-10V
再現性: 0.03%CO2
解像度: 0.1%CO2
線形性: 0.1%CO2
ゼロ点安定: 0.1%CO2/時
応答: 100msec(T10-T90)@100ml/分
流量範囲: 50-200ml/分
温度範囲: 10-45
ゼロドリフト: 0.01%CO2/
スパンドリフト: 0.02%CO2/
動作準備時間: 5分@25



図3 生体計測システム"BIOPAC"

4-5. 実験[1]

センサ装着を終えた被験者は、変化しない約311Hzの持続音をディスプレイ左右のスピーカより提示し、うるさくない適正音量に補正した。このサウンドの音色と周波数については、画面中央の位置に対するものである(後述)。続いて、タッチパネルの座標補正メニューにより、自分の視点から見て画面内の基準点3箇所を専用タッチペンでタッチして位置補正を行った。これにより、被験者の身長/座高/視線などの違いは補正され、全ての

被験者が自分の視界に対応した位置座標を持った。

ここでMax/MSP/jitterにより開発した実験ソフトを起動すると、フルスクリーン表示で無限に縮小ズームする映像素材が提示される。被験者には、専用タッチペンでこの消失点(マークはこの時だけ表示)を追跡するよう指示した。被験者のタッチした部分には、映像と合成される半透明のマークが表示される。3種類の実験に共通するタスクは「画面内のズームの消失点を、タッチペンによって追跡する」である。

必ず最初に行う実験[1]では、被験者ごとの作業性の特徴や基本的な呼吸状態の計測を目的とした。3分間の実験では、最初は消失点がゆっくりと左右に正弦波特性でスワイプし、やがて上下方向に周期の異なる正弦波特性でのスワイプが加わり、さらに消失点を中心として周期の異なる正弦波特性で右回り/左回りの回転が加わる。ずっと正弦波特性では動きが予測できるために、20秒程度のインターバルで座標移動/回転演算の現在値を瞬間的にスキップさせた。これらの映像素材にはランダム要素はなく、全ての被験者に同一の映像素材が提示された。この実験[1]では、サウンドとして音量補正時と同様の変化しない約311Hzの持続音が提示された。

4-6. データ処理と記録

3つの実験に共通するデータの処理と記録については以下である。最終的な実験データは、Max/MSP/jitterのテキスト形式シーケンスデータとして、ターゲットとなる消失点の座標(x,y)が更新されるたびにmsec単位の時間情報とともに記録され、さらに被験者のタッチパネルのペン座標(x,y)も同様に記録された。生体情報計測装置BIOPACから出力される呼気終末二酸化炭素分圧データは200Hzサンプリングされ、50Hz-6000HzのサウンドデータとしてホストのWindowsパソコンからオーディオ出力され、実験システムであるG4PowerBookのオーディオ入力ポートに供給される。Max/MSPではこのサウンドにカットオフ5600HzのLPFをかけて、オーディオ処理ベクトルごとのゼロクロス回数として周波数計測して、時間データと合わせてシーケンス記録した。このCO2データについては、時間軸方向も量子化方向も極めて粗いものとなるが、先行研究[23]でも多重のフィルタリングとリサンプリングを行っており、詳細な個々のデータでなく、時間積分した呼吸ピーク値のゆるやかな変化が重要(簡単に言えば、動揺病により酔いが激しくなるほど、無意識に呼吸[代謝]がわずかに低下する)であり、本実験の精度でも有効であると考えられる。

4-7. 実験[2]および実験[3]

実験1が約180秒経過により自動停止(画面が切り替わりサウンドも停止)すると、実験ソフトはシーケンスデータを保存する画面に

切り替わるので、ここで被験者に小休止を告げてデータ保存作業を行う。続いて約15秒の休憩の後に、実験[2]または実験[3]を行う。実験[2]および実験[3]は、いよいよ本番の映像酔いをもたらす激しい変化の映像素材([2]と[3]とはまったく同一)であり、違いはサウンドだけである。実験[2]では、実験[1]と同一の定常的なサウンドであり、実験[3]では変化する映像に同期したサウンド(後述)を提示した。今回の実験では、被験者を2群に分けて、この3種類の実験の順序として

- ・実験[1] 実験[2] 実験[3]
- ・実験[1] 実験[3] 実験[2]

の両方を行って比較検討することとした。これは、映像に同期して変化するサウンドと定常的なサウンドとの違いを、実験順序(経験順)という要因から除外するためである。

サウンドについては、画面内の消失点の上下を、提示するサウンドの基音のピッチに対応させて、上に行くほど高いピッチ、下に行くほど低いピッチ、とした。また画面内の消失点の左右については、単純にステレオの左右パンポットだけでなく、基音の2倍音から6倍音までの純音を用意して、右に行くほど高次倍音のミキシング比率を上げ、左に行くほど基音そのままに近いようにサイン合成を行うアルゴリズム(全体の音量も補正)とし、音色と定位によって左右方向の違いを付けた。

5. 実験結果と検討/考察

今回の実験データは、Max/MSPの出力するplain textのシーケンスデータとして得られた。参考/追試/検討のために、生データを全てWebに置いたので興味のある方は参照されたい[27]。関連の検討など統計分析の前段階として、このデータを可視化するツールを作成して、心理学実験としてのデータの妥当性についてまず検討した。本稿では実験スケジュールの関係でここまでのステップについて報告し、詳しい分析結果については次の機会に譲る。

5-1. データの3次元表示

実験結果データは、例えばデータファイル"db002.txt"(被験者2の実験[2]データ)の場合、合計8312行のテキストデータであり、1行ごとに

```
176987 193 84;  
176992 195 97;
```

のような形式で数値が並んでいる。この意味は、最初の数字は実験開始からの経過時間(単位はmsec)、次の2つの数字はMIDIステータスに割り当てた情報タイプと実際のデータ(0-127の範囲)で、

```
193 呼気CO2データ  
194 ターゲットx座標  
195 ターゲットy座標  
196 被験者ポイントx座標
```


である。MIDIシーケンスデータの特性として、(x,y)座標は同時でなくそれぞれ出力されるので、一方の値が到着した瞬間に、直前のもう一方の値とセットの座標である、という解釈が必要となる。この場合、連続して(x,y)が変化した場合にカクカクと前後の値で往復スキップする現象が起きるので、移動平均をとって平滑化した。

図4は、初期状態でデータ"db002.txt"を表示した状態のスクリーンショットである。ここでは、画面右下に延びるx軸を時間(フルスケール180秒)、画面左下に延びるz軸方向のx-z平面上に呼気終末二酸化炭素分圧データをプロット、さらに上方y軸とのy-z平面と対応する時間xとの3次元空間に、ターゲット座標(y,z)と被験者ポイント座標(y,z)とをプ

ロットしている。重要なのは、このソフト自体がリアルタイムOpen-GLとして走っていることで、以下のパラメータをドラッグするとリアルタイムに表示を変更することで、見たい情報を詳細に抽出・検討できる点である。

x軸、y軸、z軸方向への平行移動
x軸、y軸、z軸方向の視点回転
x軸、y軸、z軸方向のズーム
CO2データのプロット色の任意設定
ターゲット座標点の色の任意設定
被験者ポイント点の色の任意設定
背景色の任意設定

これにより、例えば画面の視野をx-z平面を正面になるよう回転/平行移動し、呼気終末二酸化炭素分圧データ以外のデータの点の色を背景色と同一にすることで、単純な「呼吸状態データ」を表示することも容易である。

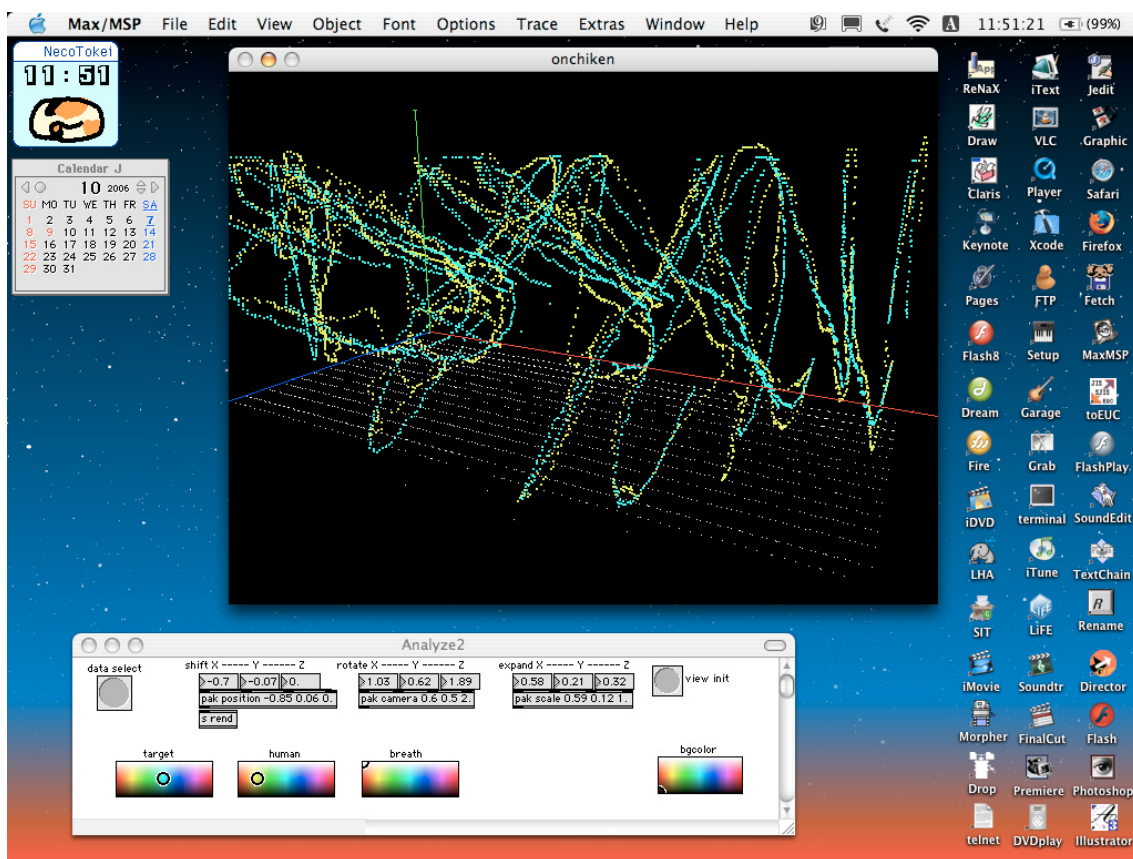


図4 データ解析用ソフトウェアのスクリーンショット

5-2. 今後のデータ解析について

この解析ソフトウェアでは、生の実験結果を見やすく表示/検討することに重点を置いた。その上での解析については、ターゲット座標点と被験者ポイント点との3次元距離を時間とともに解析し、映像酔いがあらわれれば「時間とともにずれ(ポイント精度)が増大した」というようなデータが得られることを期待している。

また、呼気終末二酸化炭素分圧のピーク値

が、同様に時間とともに低下するような結果が得られれば、先行研究[23]の結果と対応して、映像酔いと無意識下の生理情報の変化が対応している、という有効な結果を得られると期待している。

6. おわりに

マルチモーダル心理学研究の新しいアプローチとして、「映像酔い」に対して新しい視点で取り組むことになった。まず、自覚的評

価実験・生理的計測実験などの従来手法と異なる心理学実験手法を提案した。また、映像酔いを起こしやすいように変化させたムービーの運動に同期して、その予測に役立つような変化のサウンドを加えることで映像酔いが低減できるかどうかの実験について検討した。本研究は生理計測を伴う実験としては初めてでまだまだ不備があるので、各方面とのコラボレーションとともに、さらに研究を進めていきたい。

参考文献

- [1] 長嶋洋一, 音楽的ビートが映像的ビートの知覚に及ぼす引き込み効果, 芸術科学会論文誌 Vol.3 No.1, 芸術科学会, 2004.
- [2] <http://nagasm.org/>
- [3] 野村恵里・木竜徹・中村亨弥・飯島淳彦・板東武彦, 生体信号から推定した映像酔いとそのきっかけとなった映像の動きベクトルの特徴, 電子情報通信学会論文誌 D Vol.J89-D No.3, 電子情報通信学会, 2006.
- [4] 長嶋洋一, サウンドは映像酔いを抑止できるのか, <http://nagasm.suac.net/ASL/paper/SIGMUS0608.pdf>
- [5] 鷓飼和彦, 映像酔い: ウェブにおける話題の分析, VISION Vol.14, No.4, <http://phys.waseda.ac.jp/vision/vision/ko.umokuPDF/05saron/S2002.14.04.02.pdf>, 2002.
- [6] 松田隆夫・大中悠起子, 「映像酔い」の自覚的評価とその誘発要因, 立命館人間科学研究第9号, http://www.ritsumei.ac.jp/acd/re/k-rsc/hs/ningen/ningen_9/97.pdf, 2005.
- [7] 原澤賢充・椿郁子・繁樹博昭・松寄直幸・川島尊之・森田寿哉・伊藤崇之・齋藤隆弘・佐藤隆夫・相澤清晴, 映像の縦揺れ時間周波数が映像酔いに及ぼす効果, 映像情報メディア学会年次大会講演予稿集, 8-1, 映像情報メディア学会, 2004.
- [8] 松寄直幸・椿郁子・原澤賢充・繁樹博昭・川島尊之・森田寿哉・伊藤崇之・齋藤隆弘・佐藤隆夫・相澤清晴, 映像酔いに及ぼす動き予測の影響, 映像情報メディア学会年次大会講演予稿集, 8-2, 映像情報メディア学会, 2004.
- [9] 椿郁子・松寄直幸・繁樹博昭・原澤賢充・川島尊之・森田寿哉・伊藤崇之・齋藤隆弘・佐藤隆夫・相澤清晴, 映像酔いを引き起こしやすい映像のグローバルモーションの分析, 映像情報メディア学会年次大会講演予稿集, 8-3, 映像情報メディア学会, 2004.
- [10] 繁樹博昭・原澤賢充・松寄直幸・椿郁子・川島尊之・森田寿哉・伊藤崇之・齋藤隆弘・佐藤隆夫・相澤清晴, 同一な画角条件下においてディスプレイサイズが映像酔いに及ぼす影響, 映像情報メディア学会年次大会講演予稿集, 8-4, 映像情報メディア学会, 2004.
- [11] http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2003/pr20031218/pr20031218.html
- [12] 名手久貴・石川和夫, 高解像度画像に対する視覚疲労の軽減, 映像情報メディア学会技術報告, Vol.29, No.8, 映像情報メディア学会, 2005.
- [13] 柳原徹也・前田純治, 画像領域における注視要素を基にした知覚的重要度の識別, 映像情報メディア学会技術報告, Vol.29, No.8, 映像情報メディア学会, 2005.
- [14] 太田匡祐・松原和也・塩入諭・矢口博久, サッカーカード潜時による視覚的注意効果の測定, 映像情報メディア学会技術報告, Vol.29, No.23, 映像情報メディア学会, 2005.
- [15] 瀬川かおり・内川恵二, 時間的に輝度変調する刺激の検出に及ぼす視覚的注意の時空間特性の測定, 映像情報メディア学会技術報告, Vol.29, No.23, 映像情報メディア学会, 2005.
- [16] 金子瑞樹・松原和也・塩入諭・矢口博久, 注意位置へのサッカーカードとアンチサッカーカード, 映像情報メディア学会技術報告, Vol.30, No.21, 映像情報メディア学会, 2006.
- [17] 松寄直幸・椿郁子・原澤賢充・繁樹博昭・森田寿哉・伊藤崇之・齋藤隆弘・佐藤隆夫・相澤清晴, 動きの予測に基づく映像酔いのモデル, 映像情報メディア学会技術報告, Vol.30, No.22, 映像情報メディア学会, 2006.
- [18] 江本正喜・菅原正幸, 広視野映像による酔いの提示視角依存性, 映像情報メディア学会技術報告, Vol.30, No.22, 映像情報メディア学会, 2006.
- [19] 繁樹博昭・原澤賢充・松寄直幸・椿郁子・森田寿哉・伊藤崇之・齋藤隆弘・佐藤隆夫・相澤清晴, 視野角および映像の動きの振幅が映像酔いに及ぼす影響, 映像情報メディア学会技術報告, Vol.30, No.22, 映像情報メディア学会, 2006.
- [20] 三代真美・中内茂樹・北崎充晃, 視覚性身体動揺に運動表面の奥行きが及ぼす効果-ベクションとの矛盾の検討, 映像情報メディア学会技術報告, Vol.30, No.22, 映像情報メディア学会, 2006.
- [21] 大西邦光・大谷昌代・榊井文人・河合敦夫・井須尚紀, 視覚対象物の可動性及び上下方向の認識が視覚性動揺病に及ぼす影響, FIT2006第5回情報科学技術フォーラム講演論文集F-026, http://www.ipsj.or.jp/10jigygo/fit/fit2006/fit2006program/pdf/F/F_026.pdf
- [22] 森本明宏・奥村友裕・日高教孝・朴丹・荒木佑介・榊井文人・河合敦夫・井須尚紀, TV視聴時の車酔い低減対策, FIT2006第5回情報科学技術フォーラム講演論文集LK-018, http://www.ipsj.or.jp/10jigygo/fit/fit2006/fit2006program/pdf/K/LK_018.pdf
- [23] 日高教孝・森本明宏・奥村友裕・朴丹・荒木佑介・榊井文人・河合敦夫・井須尚紀, 呼気終末二酸化炭素分圧による動揺病強度推定法を用いた車酔い低減技術の評価, FIT2006第5回情報科学技術フォーラム講演論文集K-057, http://www.ipsj.or.jp/10jigygo/fit/fit2006/fit2006program/pdf/K/K_057.pdf
- [24] 野村収作・山岸主門・趙博, 生体内分泌物質に基づくVDI作業ストレスの評価および予測, FIT2006第5回情報科学技術フォーラム講演論文集LK-019(当日講演キャンセル), http://www.ipsj.or.jp/10jigygo/fit/fit2006/fit2006program/pdf/K/LK_019.pdf
- [25] <http://www.monte.co.jp/bio02.htm>
- [26] <http://www.monte.co.jp/bio03.htm>
- [27] <http://1106.suac.net/news2/jikken1/>