

総務省委託研究「ネットワーク・ヒューマン・インタフェースの総合的な研究開発（映像が生体に与える悪影響を防止する技術）」の概要

相澤清晴・東京大学大学院 (aizawa@hal.t.u-tokyo.ac.jp)

牧敦・(株)日立製作所 (maki@rd.hitachi.co.jp)

千葉滋・シャープ(株) (chiba.shigeru@sharp.co.jp)

森田寿哉・(財)NHKエンジニアリングサービス (morita@nes.or.jp)

平山雄三・(株)東芝 (yuzo.hirayama@toshiba.co.jp)

1. はじめに

最近の個人を取り巻く映像の視聴環境は、急速に変わりつつある。放送のデジタル化に伴い、家庭用テレビの大型化が進む一方で、携帯情報端末や携帯電話等によるテレビ視聴も近い将来見込まれ、テレビ視聴環境はますます多様化の方向に進んでいる。また、データ放送やDVDなどインタラクティブな視聴を可能とするマルチメディア映像コンテンツが今後増えていくものと予想される。このような視聴環境の変化は、臨場感のある映像の視聴や、時間や場所にとらわれない自由な映像視聴、能動的な映像視聴を可能とってくれる一方、従来想定していなかった新しい視聴環境や視聴態度やコンテンツによって、映像が生体に及ぼす影響にも、量と質の両面で変化をもたらすと考えられる。

このような状況において、どのような映像が生体に影響を与えるかを評価し、その影響を未然に防止するには、

- ① 視聴者の視聴環境や視聴態度、個人特性を考慮して、生体に悪影響を及ぼす映像を検出し、安全な映像に変換する技術
- ② 脳の活性状態の解析技術や、瞳孔、眼球運動、心拍、血圧など自律神経系の計測・解析技術などの生体に悪影響を与える映像の物理特性を評価できる新しい客観測定技術

- ③ 視覚疲労の少ない3次元映像表示の技術とその評価手法

の開発が必要となる。

平成15年度に開始した総務省の委託研究「ネットワーク・ヒューマン・インタフェースの総合的な研究開発（映像が生体に与える悪影響を防止する技術）」では、上述した「検出・変換技術」「客観評価技術」「3次元映像表示・評価技術」の開発に取り組んできた。

本委託研究では、「様々な映像メディアに対して、子供から高齢者まで安全かつ安心して映像を視聴可能とするため、“脳の定量的評価・解析技術”、“自律神経系の影響を同時に計測する技術”、また、“生体に影響のある映像を安全で快適な映像に変換・軽減・防止する技術”、および“ホーム端末画面で誰もが3次元映像を安心・安全に楽しめる3次元映像表示”を開発する”ことを目的とし、NHKエンジニアリングサービス・東大・神奈川大グループ、日立、シャープ、東芝の1グループ+3社が研究の推進にあたってきた。

本報告では、本委託研究の概要について述べる。

2.2. 研究体制

本研究プロジェクトは4グループから構成され、それぞれ以下のような研究目標を設定している。

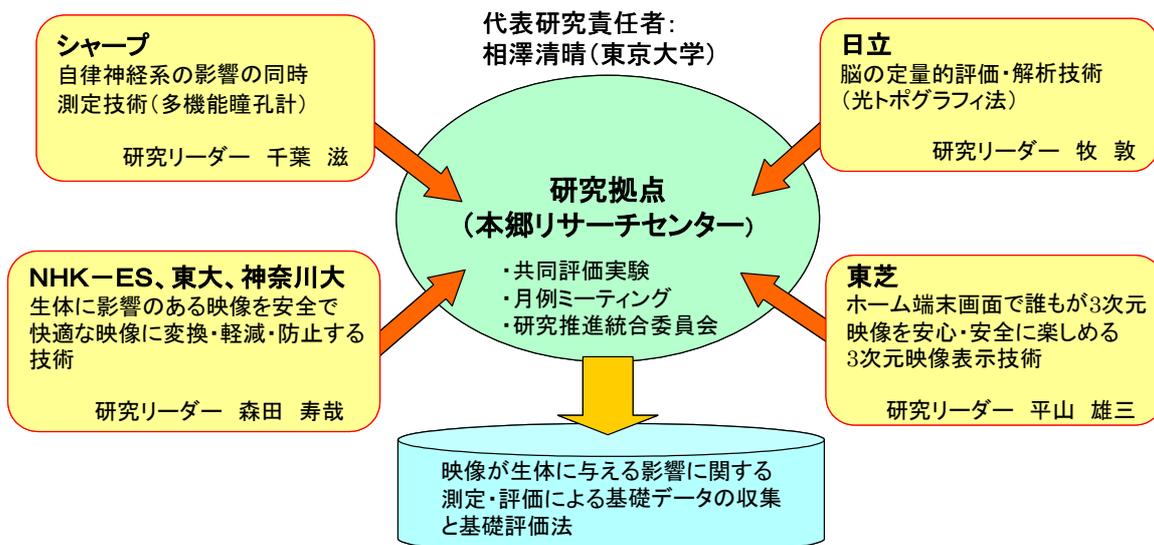


図1 研究開発体制

ア) 脳の定量的評価・解析技術 (日立)

日常的な映像が、脳及び自律神経系へ与える影響を明確にするため、大脳皮質の広い領域を完全に同時に測定し、定量評価する技術を開発する。

- 1) 0.1秒以内の同期計測
- 2) 80%以上の大脳皮質計測・表示
- 3) 汎用的な画像統計解析技術の確立
- 4) 日常的映像に関する総合的評価

イ) 自律神経系の影響を同時に計測する技術 (シャープ)

視野角 20度以上の2次元映像、及び3次元映像を対象とし、映像要素と瞳孔、縮瞳率、回旋、眼球運動、血圧・心拍等の生理指標間の相関解析技術を確立する。

- 1) 瞳孔面積、縮瞳率、回旋、眼球運動を両眼同時に毎秒 30 回計測可能なインテリジェント瞳孔計
- 2) 自然な状態で映像視聴中の被験者から自律神経系生理指標を 80%の歩留まりで取得できるマイヤーウェブアナライザー (血圧・心拍相互相関計測)
- 3) 映像要素と上記 1) と 2) で得られる生理指標の相関解析技術と映像の生体影響の客観指標の抽出技術を確立

ウ) 生体に影響のある映像を安全で快適な映像に変換する軽減・防止する技術 (NHK-ES, 東大, 神奈川大)

生体に影響を与える可能性のある映像を個人特性や視聴環境に応じて自動的に検出し、安全で快適な映像に変換するシステムを実現する。

- 1) 心理・生理計測データと映像特徴量との対応や個人特性や視聴環境に応じた映像特徴検出による影響映像の検出システム
- 2) 安全な画像への変換システム

エ) ホーム端末画面で誰もが 3 次元映像を安心・安全に楽しめる 3 次元映像表示技術 (東芝)

頭部移動に対しても安定で疲労感の少ない 3 次元映像表示を開発する

- 1) 16 視差 (従来の倍の視差)、広視域 (左右 15 度以上)、水平画素 320 を同時に有する世界初の 3 次元映像表示技術
- 2) 異なる視差数や視域にて、幅広い年齢階層で生体に与える影響の評価データ収集と分析

本委託研究における各グループの課題は、極めて分野横断的な色彩が強く、本研究に携わっているメンバーの専門分野も工学から心理学まで多岐にわたる。そのため、図 1 に示すように、主に生体に影響を及ぼす映像の心理物理的な評価や客観測定技術の評価を行う共同研究スペース (本郷リサーチセンター) を設置して共同研究を推進した。また、この共同研究スペースでは、1 ヶ月に 1 回の頻度で各グループの研究者による全体会議も実施され、研究進捗状況等の情報交換をおこなっている。さらに平成 1



図 2 東京大学オープンキャンパスにおける公開実験

7 年度より、研究推進統合委員会を設置し、各研究グループ間の共同研究を積極的に推進すると共に、非常勤委員として神経生理学を専門とする研究者に参加して頂くことにより、さらに幅広い視点から研究全体を俯瞰しつつ研究を推進することが可能となった。

3.3. 研究成果

具体的な各研究グループの成果については、研究グループ毎の概要編ならびに詳細編の報告を参照して頂きたいが、いずれの研究グループもほぼ目標を達成している。

また、先に述べた本委託研究の研究目標以外に、本委託研究の成果を広く公開することにより、誰もが安心して映像コンテンツを楽しめるような社会を構築する必要性を啓蒙していくことも、本委託研究の目標の一つとして活動を行ってきた。

映像の生体への影響について、関連する研究の現状を整理するとともに、今後の研究の方向付けを明確にするための調査書をプロジェクト全体のメンバーで作成し、e-Japan 重点計画-2003 への寄与文書として提出した。総務省はこの調査結果をもとに、3 月に「映像コンテンツが生体に対して与える影響の調査・研究」報告書を公表した。

映像情報メディア学会 2004 年年次大会では、「映像の生体への影響と効果」シンポジウムを開催し、本委託研究の成果を報告すると共に、子どもへの影響等に関して発達心理学の研究者とディスカッションする機会を設けた。

2004 年 10 月に開催された東京大学柏オープンキャンパスでは、「見る人に優しい映像処理～映像酔い防止技術公開実験～」として、映像酔いが生じる映像の評価実験を実施し (図 2 参照)、来場した 158 名の方に被験者として参加して頂いた。また、実験会場では、本委託研究プロジェクトの紹介と、これまでの研究成果のパネル展示をおこない、好評を得た。

「脳の定量的評価・解析技術」に関する研究開発

牧 敦・(株)日立製作所基礎研究所、田中尚樹・(株)日立製作所基礎研究所
 桂卓成・(株)日立製作所基礎研究所、小幡亜希子・(株)日立製作所基礎研究所
 山崎享子・(株)日立製作所基礎研究所 委託研究員
 E-mail maki@rd.hitachi.co.jp

1. はじめに

ハイビジョンや立体視映像提示技術の高度化とともに、より複雑な映像の影響に配慮しなければならない時代が到来している。技術革新と情報の複雑化が進展する中で、映像などの影響に関して客観的に評価可能な生物学的指標の導入は不可欠である。

外的環境の変化によって引き起こされる人間の内的変化は、最初に中枢神経(脳)や自律神経の変化が起こる。その後、遺伝子発現・行動変化として表れる。従って、人間の内的変化を生物学に定量評価するためには、脳機能計測や自律神経計測が重要である。

これまで、光感受性発作のような明滅映像が脳に与える影響は、主に脳波によって計測解析されてきた[1-3]。しかし、高次脳機能を脳波のみで評価することは、空間分解能や信号源の不確定性の観点から困難である。また、健常者に用いることができる無侵襲的な高次脳機能計測技術として機能的 MRI 法・脳磁計測法などがあげられるが、いずれも映像のような日常環境下で評価しなければならない課題への適用は困難である。

このような課題には、日常的な環境下でも無侵襲的に脳機能計測できる光トポグラフィ (Optical Topography: OT) 法[4]が適している。しかし、OT 法においては、開発された歴史が浅く、他の脳機能計測モダリティにあるような、解析プラットフォームが存在しない。

そこで、本研究では、映像の脳へ与える影響を計測および解析するための方法論確立を目指し、OT 計測・解析技術の開発を中心に推進した。

2. 光トポグラフィの原理

OT 法は、脳活動によっておこる代謝変化に伴う血行動態の変化を計測できる。この脳活動の画像計測法は、脳表面に位置する大脳皮質の活動を計測することが可能であり、高次の脳機能の計測に適している。

OT 法は、生体透過性の高い 800nm 近傍の近赤外領域の光を用いて脳活動に伴う血行動態を計測する手法である。これは、生体の 70~80%を構成する水が 1300nm 以上の赤外光を良く吸収し、また、第 2 位の生体構成物質であるたんぱく質が 600nm 以下の可視光をよく吸収することによる。従って、700~1300nm の範囲の近赤外領域の光は、生体によってあまり吸収されずに良く透過するため、比較的深い領域まで光が届く。そのため、この領域の光は生体の窓と呼ばれ、生体内のヘモグロビン(Hb)の無侵襲計測に用いられる。

Hb は、血液中に約 40~45%存在し、肺からの酸素を体中に運ぶ役割を担っている。Hb には酸素と結合した酸素化 Hb と、酸素が結合していない脱酸素化 Hb があり、それぞれ分子吸光係数(光を吸収する程度)が波長によって異なる。この、分子吸光係数の違いを利用し、2 波長の近赤外光を頭皮上から多点で照射・検出することで、各計測位置の脳活動に伴う血行動態を計測する。

3. 本研究の概要

映像の脳への影響の定量評価できる方法論を構築するために、OT 法の計測・解析技術の開発を進めた。以下に各研究項目を示す。

3.1. 自律神経揺らぎの OT 信号への影響

OT 法は、脳波などのように信号源が不明確ではなく、生体内の Hb 変化を計測していることが明確である。従って、原理的に生体信号の意味理解を客観的に行える。しかし、Hb を計測していることから、脈や血圧などにある自発的な揺らぎが生体雑音として重畳している。これらの揺らぎは、時間的に定常ではなく、強い非線形ダイナミクスを有する。そこで、OT 法で計測される信号に含まれる脈・血圧揺らぎの影響を、移動エントロピー理論により定量的に評価した。

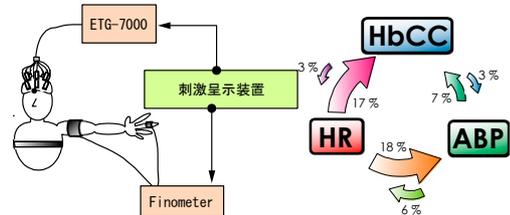


図1 刺激呈示装置から OT 装置(ETG-7000)と血圧計測装置(Finometer)へ同期信号を送る(左図)。心拍数(HR)・血圧(ABP)・OT 信号(HbCC)間の情報移動量を定量的に評価(右図)。

3.2. 動物による脳活動信号の発生機序

脳活動の信号は、脳の神経活動及び血行動態の変化として表れる。しかし、人の無侵襲計測からこれらの信号の因果関係を定量的に評価することは困難である。そこで、ラットの脳内から発生する信号を解析し、脳血流に対する呼吸・心拍の影響を定量的に解析した。その結果、安静時の脳内の血流揺らぎに対して、呼吸性変動が 38%、心拍揺らぎが 15%重畳していることがわかった。この結果から、人間の OT 法による無侵襲計測においても、呼吸性変動の解析が必要であることが明らかになった。一方、脳血流自身の揺らぎとして 47%存在しており、この揺ら

ぎは安静時の脳活動揺らぎが起源である可能性もある。このことは、揺らぎから脳活動を抽出できる可能性を示唆しており、今後学術的に重要な研究課題となる。

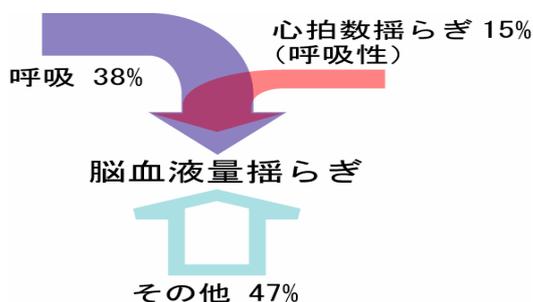


図 2 脳血液量変動を中心とした情報移動解析の結果。

3.3. 解析プラットフォームの開発

OT 法を、映像影響の定量評価技術として発展させるためには、解析方法のプラットフォームの構築が不可欠である。何故なら、人間の定量評価には、医学生理学・心理学・脳科学・物理学・工学・情報学といった異分野の架橋融合なくしてなれない。そのために、Global に展開可能な解析プラットフォームを開発した。今後、本解析プラットフォーム公開を目指し、柔軟なデータ構造とプラグイン方式での関数増加が可能なデザインとした (図 3 参照)。

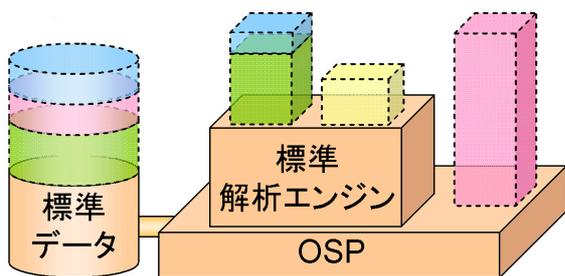


図 3 解析ソフトウェアの概念図。

3.4. 立体視ディスプレイの評価

立体視ディスプレイの差異が、脳活動としてどのような影響を与えるか、他のグループと共同で計測をおこなった。本計測では、2次元ディスプレイ(2D)、シャープ製 2 眼式ディスプレイ(2 眼式)、東芝製他眼識ディスプレイ(多眼式)を用い、それぞれのディスプレイで奥行き判定課題を行った。課題と平行して、唾液中の内分泌ホルモンの時間変化・判定の正答率・OT 法による脳活動を計測した。

唾液中の内分泌ホルモンの濃度変化からは、各ディスプレイによるストレス負荷の程度は同等であることがわかった。また、奥行き判定課題の正答率か

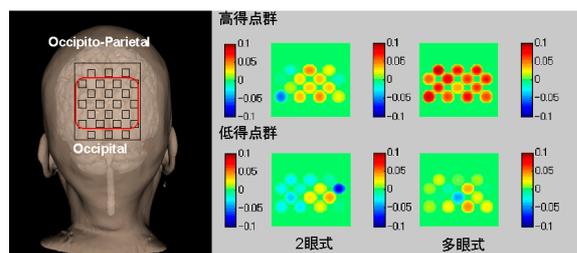


図 4 OT 法による計測領域と活動に伴う total-Hb 濃度(脳血液量に相当)の変化。

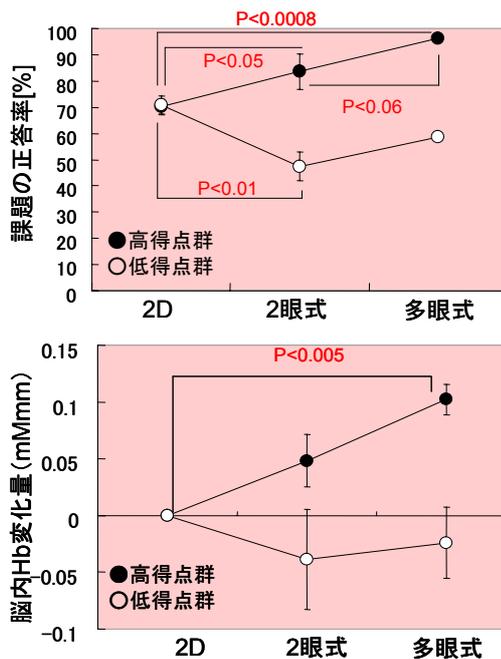


図 5 課題の正答率(上)と頭頂連合野における脳活動信号(脳内 total-Hb 濃度変化量)。

ら、被験者群が、高得点群と低得点群の 2 群に分かれることがわかった。そこで、OT 法による脳活動信号を群ごとに分けて解析したところ、頭頂連合野における活動が異なることが判明した(図 4 参照)。

計測した 24 箇所から頭頂連合野を含む 14 箇所を選択し、得点群ごとに脳活動信号(total-Hb 濃度変化)の平均値を求めた。その結果、頭頂連合野での脳活動が課題の正答率と同様の傾向を示した(図 5 参照)。

この研究によって、OT 法による脳活動信号が、映像が脳へ与える影響を、定量的に評価する指標となりうるということが明らかとなった。

4. 謝辞

本研究を進めるにあたっては、脳活動信号の機序解明に向けて、動物脳内の血管構造解析で慶応大学・谷下一夫教授、そして動物脳内の血行動態変化解析で岡田英史助教授のお力をお借りした。ここに謝意を述べる。

5. 参考文献

- [1] W. G. Walter, et al. "Analysis of the electrical response of the human cortex to photic stimulation", Nature, 158, 540-541 (1946).
- [2] S. Waltz et al., "The different patterns of photoparoxysmal response-agenetic study" Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol., 83, 138-145 (1992).
- [3] 山内ら, 光感受性発作に関する臨床研究, ヨーコー印刷, 1998
- [4] A. Maki et al., "Spatial and temporal analysis of human motor activity using noninvasive NIR topography", Med. Phys., 22, 1997-2005 (1995).

映像生体影響に関する計測技術の開発（概要）

千葉滋、山中篤、内海端、矢部博明

（シャープ株式会社 技術本部 次世代商品開発センター）

E-mail: {chiba.shigeru, yamanaka.atsushi, uchiumi.tadashi, yabe.hiroaki}@sharp.co.jp

1. 課題と目標

映像の生体影響評価において、従来は、専用質問紙でのアンケート調査（主観評価）が主に利用されてきたが、この方法には、①映像視聴中の連続計測が困難；②自覚症状がない場合に計測できない；等の課題があった。これらを解決するため、客観的な生理指標を用いて多人数計測と統計処理を行う高精度かつ高感度の生体影響評価法が望まれていた（図1）。

本研究では、視覚系機能と、循環器系機能が自律神経の状態を反映することに着目し、これらの指標から映像刺激の強度を計測する装置と手法の開発を目標とした。

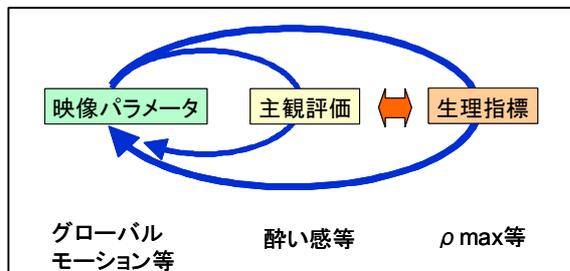


図1 映像生体影響の分析手法

2. 計測システムの開発

2.1. 視覚系機能を計測するインテリジェント瞳孔計

視覚系機能は自律神経系の状態を反映しており、特に瞳孔は、驚いた時や興奮した時など交感神経が優位な状況で散瞳し、眠い時や疲れた時など副交感神経が優位な状況で縮瞳することが知られている。そこで、瞳孔などを記録する目的で、小型カメラを内蔵した前眼部撮影装置と、この装置から得られる映像を用いて画像処理で眼球運動をリアルタイムに計測・解析する、リアルタイム計測・解析システムからなるインテリジェント瞳孔計の開発を行った。

さらに、この計測装置を用いて、生体影響評価実験を実施した。4種類のビデオ作品を一定の休憩時間を挟んで視聴し、休憩時間に瞳孔反射の測定とアンケートによる心理検査を行った。視聴の順序による影響を除くために、4種類のビデオはランダムな順序で視聴する。実験に使用したビデオ作品はCGによる2作品と実写2作品があるが、CG作品と実写作品では、瞳孔変化とアンケート結果との関係が異なる傾向を示した。

実写映像では、アンケート結果と瞳孔変化は並行して変わるのに対して、CG作品では、実写に比べて瞳孔変化は大きい一方でアンケートによる主観的変化は少なかった。この結果から、CG作品は、実写作

品と比べて、生体影響が大きい割に、自覚が少ないため、視聴を長時間継続すると、疲労を蓄積してしまう可能性が示唆された。



図2 インテリジェント瞳孔計
（前眼部撮影装置部）

2.2. 循環器系機能を計測するマイヤーウェーブアナライザ

血圧変動と心拍数変動は、Mayer波帯域（0.08Hz-0.12Hz）で相互相関があり、映像刺激の影響で変動することが知られている。この特性を利用し、血圧変動から心拍数変動までの相互相関係数の最大値（以後 ρ_{max} と記す）に基づいて、刺激強度を評価する手法は、経時変化が把握可能であり、かつ再現性が高いという特長がある。

そこで、 ρ_{max} を算出する目的で、指先脈波と心電を計測するシステム（マイヤーウェーブアナライザ）を開発した。これは、データロガー機能を持つ本体と、センサー類、PC接続用I/FBOXからなり、光学式脈波センサー2個と心電電極1組を接続して、これらのデータを1kHzサンプリングで2時間記録することができる。また、多人数で計測する場合の効率性の観点から、装置を小型化しかつ遠隔で波形モニタリングするための無線モジュールも開発した。

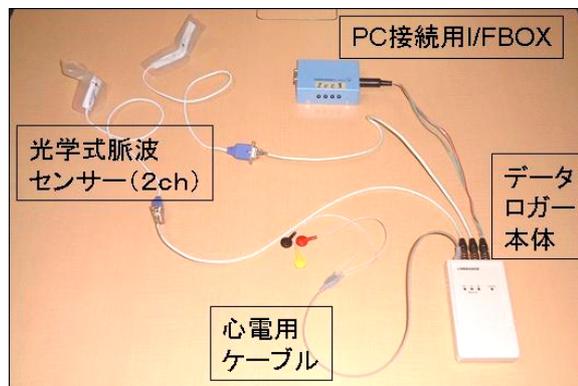


図3 マイヤーウェーブアナライザ

3. 生体影響評価実験と指標の高精度化

3.1. マイヤーウェーブアナライザによる実験

マイヤーウェーブアナライザを装着した被験者に映像酔い症状を引き起こしやすいムービー手ぶれ映像（20分）を提示し、脈波、心電の計測とSSQ（Simulator Sickness Questionnaire:映像酔い専用質問紙）による主観評価を実施した。



図4 映像生体影響の実験状況

ρ_{max} が映像刺激に対応していることを確かめるため、映像パラメータと ρ_{max} の相関分析を行なった。映像パラメータとして映像酔いに最も関係があると予想される水平方向のカメラ移動（以下、パンと記す）の回数を採用し、使用したムービー手ぶれ映像について計測した（図5）。パン回数頻度を見ると、5分から11分と、15分以後にパンが集中していることが分かる。

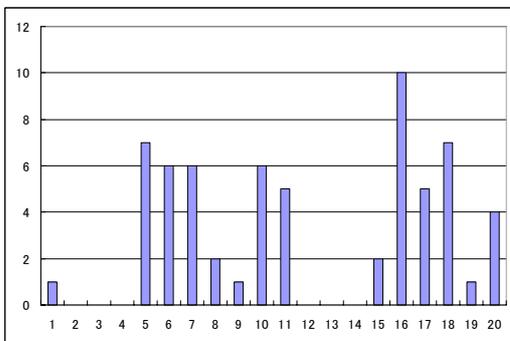


図5 パン回数頻度の時間経過
[横軸：分、縦軸：パン回数]

ρ_{max} は比較しやすくするため、 ρ_{max} データに2分間の窓を持つ移動平均処理を施しトレンドを求め（酔いの少ない群4名のデータを使用、詳細は詳細編参照）、パンは図5のデータに4分間の窓を持つ移動平均処理をし比較した（図6）。

その結果、相互相関係数は、相関係数 $r = 0.75$ （パン頻度に対して ρ_{max} トレンドが50sec遅れ）と高い値になり、 ρ_{max} が映像刺激に対応した生体影響を正しく捉えていることを確認できた。

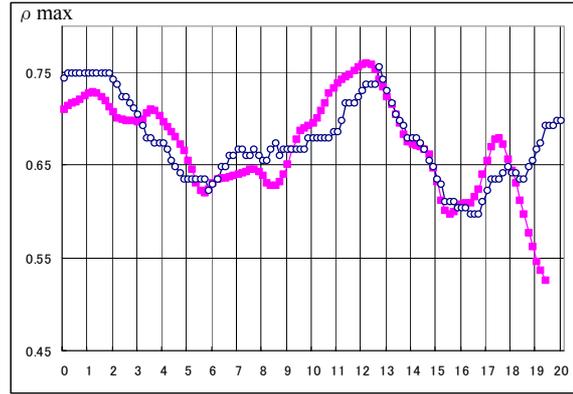


図6 映像パン頻度変換値（白丸）と ρ_{max} トレンド（赤点）の比較 [横軸：分]

3.2. 映像生体影響評価指標の高精度化

本研究における ρ_{max} データの蓄積から、映像刺激を受けた場合の ρ_{max} 変化にも、なお個人差が残り、生体影響評価指標としての感度を低下させる原因となっていることが判明した。その個人差は、安静時の ρ_{max} 値に依存することが明らかになったので、この知見を元に、生体影響評価指標のアルゴリズムを改善し、新たに $t-\rho_{max}$ （変換 ρ_{max} ）を提案した。

- 安静時 $\rho_{max} <$ 境界値 ならば

$$t-\rho_{max} = 2 \times \text{境界値} - \rho_{max} \quad \text{式1}$$
- 上記以外の場合 $t-\rho_{max} = \rho_{max}$

図7は、5種の刺激強度の映像提示実験における提案した $t-\rho_{max}$ 法で求めた指標と、主観評価（平均SSQ）の相関関係を示している。相関係数0.992と極めて高い相関を示し、 $t-\rho_{max}$ が酔いの主観と良く対応していることが確認できた。

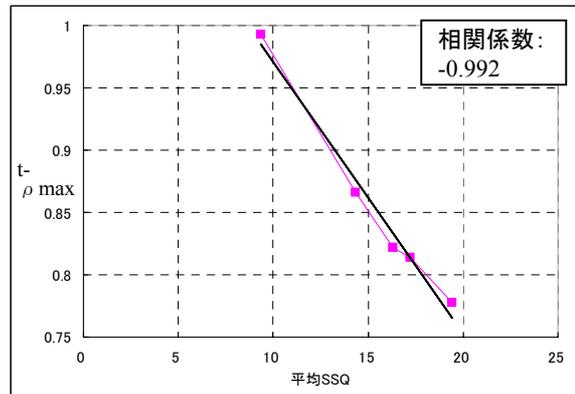


図7 主観評価（横軸：平均SSQ）と開発した評価指標（縦軸： $t-\rho_{max}$ ）の相関

以上の本研究の取組みにより、映像の生体影響を反映し、主観評価と対応する客観的生理指標の抽出技術を開発し、評価実験により性能を確認することができた。詳細は、詳細編の「映像生体影響に関する計測装置の開発」及び「映像生体影響に関する評価実験と指標の高精度化」で報告する。

「悪影響画像の検出、軽減変換技術」に関する研究開発（概要）

森田寿哉・（財）NHK エンジニアリングサービス (morita@nes.or.jp)

相澤清晴・東京大学大学院 (aizawa@hal.t.u-tokyo.ac.jp)

齋藤隆弘・神奈川大学 (saitot01@kanagawa-u.ac.jp)

佐藤隆夫・東京大学大学院 (Lsato@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp)

伊藤崇之・NHK 放送技術研究所 (itou.t-gq@nhk.or.jp)

1. はじめに

従来想定していなかった新しい視聴環境や視聴態度、映像コンテンツによって、映像が生体に及ぼす影響も、量と質の両面で変わってくると考えられる。このような状況において、映像が生体に与える影響を未然に防止するには、映像コンテンツの制作者や送り手が、標準的な表示装置や視聴環境を仮定して規制するだけでは不十分であり、視聴者側での個人特性や視聴環境に即した検出・変換技術が必要不可欠である。

本研究開発では、様々な映像コンテンツや視聴環境に応じて、映像が生体に与える影響を未然に防ぐために、

- ・ 光感受性発作や映像酔いなどの生体に影響を及ぼす可能性のある映像の検出技術
- ・ 映像コンテンツの視聴を妨げることなく安全な映像に変換する技術

の開発を目標として研究を推進してきた。

2. 映像による生体影響の調査

平成15年度（初年度）は、

- ・ 光感受性発作や映像酔いなどの生体に影響を及ぼす映像の物理パラメータに関する医学的知見の調査・分析
- ・ 視聴環境の変化に伴う新たな「映像が生体に与える影響」の推定と、これまでの「映像が生体に与える影響」の変化予測

等の調査を実施し、e-Japan2003 重点に基づいた「コンテンツの生体への影響に関する調査・研究報告

書」にて報告した。調査の結果、

- ・ 光感受性発作を引き起こす映像刺激の物理的特徴量においては解明されつつあるが、映像酔いを引き起こす映像の物理的特徴量に関する知見が少ない
- ・ 光感受性発作を引き起こす映像の検出変換技術は、多様化する視聴環境に対応したものはないことがわかった。この結果を受けて、先に述べた本研究開発の目標を達成するために、映像酔いを引き起こす映像の物理的特徴量を明らかにする主観評価実験と、視聴環境を考慮した生体影響の評価手法の開発を重点的に行うこととした。

3. 映像酔いを引き起こす映像の特徴

図1に映像酔いを引き起こす映像の特徴量を求める手法を示す。実際に映像酔いを引き起こした実績のある映像や、映像酔いを引き起こす可能性のある映像の物理的特徴を付加した映像を被験者に見てもらう。その時の映像酔いの程度を Simulator Sickness Questionnaire (SSQ) という質問紙を用いて評価するか、脳機能や血圧・心拍数などの自律神経系の計測により評価する。このとき評価された映像酔いの程度と、抽出した映像の特徴量や付加した特徴量とを比較することにより、映像酔いを引き起こす映像の物理的特徴量を求めることができる。

3.1. 映像のグローバルモーションと映像酔い

映像酔いを引き起こしやすいと言われている映画から数シーンを切り出し、それぞれのシーンのグローバルモーションを分析するとともに、各シーンを見たときの映像酔いの程度を SSQ で評価した。その

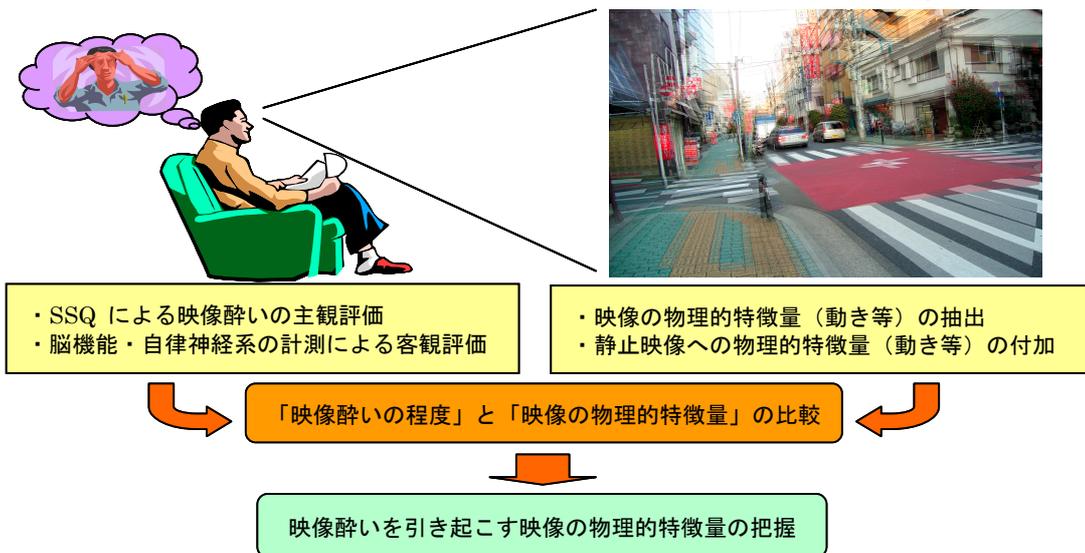


図1 映像酔いを引き起こす映像の特徴を求める手法

結果、約 2Hz 以下の周波数での平行移動の大きい映像が、映像酔いに影響する可能性が強いことが示された。

3.2. 映像の揺れ周波数・振幅と映像酔い

0.25、0.5、1、2、4Hz の 5 種類の時間周波数で垂直方向に 1.3deg. で振動する文章を読んでもらい、その時の映像酔いの程度を SSQ で評価した。その結果、0.5～1Hz の時が最も映像酔いの程度が大きく、0.25Hz や 4Hz では映像酔いの程度は低かった。乗り物酔いでは 0.2～0.3Hz 程度の垂直揺れが強い効果を示すことが知られており、本研究の結果とは異なる。

一方、静止面に周波数 0.2、0.5、2.5、7.5、15Hz、振幅 0.02～5.40deg. の横方向の振動を加えたものを見てもらい、映像酔いの程度を SSQ で評価した結果、2.5、7.5Hz で振幅 1deg 以上の場合に強い酔いがみられた。また、縦揺れの場合と同様に、0.2Hz といった低い周波数では酔いの症状は見られなかったが、15Hz 等の高い周波数でも酔いの症状が見られた。

3.3. 映像の運動方向・速度の変化と映像酔い

手ぶれ映像は、正弦波のような周期的な動きではなく、映像の運動方向や速度はランダムに変化する。このような運動は動きを予測しにくく、そのことが映像酔いを引き起こしていると考え、運動の運動方向変化の頻度や速度変化時の加速度を変えて、酔いの評価を行った。カルマンフィルタを用いた人間の運動予測のモデルを考案し、予測された変位と実際の変位との差と、酔いの程度を比較したところよく一致した。

4. 視聴環境を考慮した影響の評価

視聴環境の変化に対応して生体への影響を及ぼす映像を検出・変換する技術を開発する際には、実際に視聴者が目にする映像の物理的特徴量（物理量あるいは心理物理量）とその映像によって生体が受ける影響との対応を明らかにすることが、最も重要な課題となる。つまり、映像信号と画面サイズや視距離といった視聴環境に関する情報から、この物理的特徴量を計算することは可能であるため、映像の物理的特徴量と生体が受ける影響の対応関係がわかれば、映像信号と視聴環境から映像コンテンツの影響は推定できる。

光感受性発作を引き起こす映像の物理的要因としては、点滅周波数、点滅の輝度変化量、点滅してい

る部分の面積が挙げられる。これらの要因のうち、点滅周波数以外は、表示装置のガンマ特性、最高輝度、画面サイズや表示装置までの視距離で変わってくる。したがって、これらの視聴環境に関するパラメータと映像信号から、実際の点滅の輝度変化量や点滅領域が視野の何%を占めているか計算し、その値を基に光感受性発作を引き起こすかどうかを評価する。

映像酔いを引き起こす映像の物理的要因としては、まだ未解明ではあるが、グローバルモーションの速度や面積など、光感受性発作の場合と同様に視聴環境に関するパラメータと映像信号から計算できる要因を用いて評価する。

5. 影響の軽減変換プログラム

「光感受性発作を防止する検出変換プログラム」および「手ぶれ補正による映像酔い低減プログラム」の作成をおこなった。

「光感受性発作を防止する検出変換プログラム」は、図 2 に示すような光感受性発作を防止する検出変換装置を前提とした PC 上で動作するプログラムである。映像信号の入出力の代わりにビデオファイルを変換する。予め入力された視聴環境パラメータに基づいた危険な映像区間の検出をおこない、その危険な映像区間の輝度変化の周波数が 3Hz 以下になるように変換する。

「手ぶれ補正による映像酔い低減プログラム」は、映像のグローバルモーションを推定した後、画面サイズと視距離の情報から設定された横および縦方向平行移動の速度の閾値（下限値）と周波数の閾値（下限値）を越えた区間に対して変換を行う。この変換は、変位に対してローパスフィルタをかけ高周波成分を減衰させることにより手ぶれを補正する。

6. まとめ

様々な映像に対して主観評価実験を行い、映像酔いを引き起こす映像の特徴量を求めた。また、視聴環境の情報を利用した、多様な視聴環境に対応した検出手法を開発し、その手法に基づいた光感受性発作や映像酔いを防止または軽減するプログラムを開発した。

今後は、開発したプログラムの効果を、主観評価および脳機能や自律神経系の計測による客観評価手法を用いて検証する予定である。

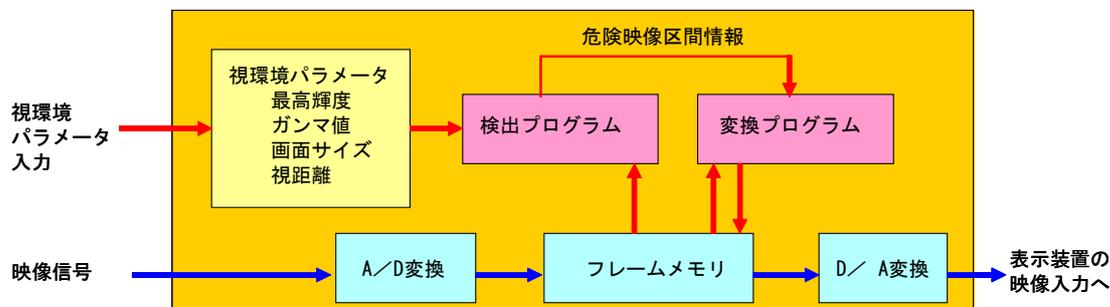


図2 光感受性発作を防止する検出変換装置

安全・安心に楽しめる3次元映像表示技術

平山 雄三・東芝 研究開発センター(yuzo.hirayama@toshiba.co.jp)
 永谷 広行・東芝 研究開発センター(hiroyuki.nagatani@toshiba.co.jp)
 平 和樹・東芝 研究開発センター(kazuki.taira@toshiba.co.jp)
 山内 康晋・東芝 研究開発センター(yasunobu.yamauchi@toshiba.co.jp)
 小林 等・東芝 研究開発センター(yan.kobayashi@toshiba.co.jp)
 山本 澄彦・東芝 研究開発センター(sumihiko.yamamoto@toshiba.co.jp)

1. はじめに

裸眼立体ディスプレイの開発が盛んとなっている。これら立体映像の恩恵を実際に享受するには視覚疲労の少ない人間に優しい立体ディスプレイが必要となる。本総務省のプロジェクト「映像が生体を与える悪影響を防止する技術」において東芝グループは、誰もが見やすい安全・安心な立体画像の研究開発を担当した。すなわち、広視域且つ多視差の立体表示システムを実現し、そのシステムを用いて生体を与える影響を主観および客観の両面から評価した。主観評価としては、立体感と疲労感を調べた。客観評価は日立グループの「光トポグラフィ」による生体情報の観測システム[1]、シャープグループの「自律神経系」による生体情報の観測システム[2][3]を活用し共同研究として取り組んだ。さらに、唾液分析によるストレス反応の計測[1]も行った。

以下では新しく開発した自然で見やすい立体表示システムとその生体影響の主観的、客観的評価の結果について述べる。



図1 対角 15.4 インチ立体表示装置とコンテンツ例

2. インテグラルイメージング方式

インテグラルイメージング (II) 方式は自然で見やすい空間像を再生する理想的な立体方式として知られている。本研究では視差数と、画素数を同時に高める研究とその実現を目指した。具体的目標は、視差数が 16(視差)、画素数が 320×240(画素)以上の立体表示システムを実現することである。画面サイズとしては 20.8 インチと 15.4 インチの立体表示装置の開発を行った。20.8 インチサイズの立体表示装置としては視差数が 16(視差)、画素数が 600×800(画素)のものを開発した。15.4 インチサイズ立体表示装置は図 1 に示すような外観であり 16 視差、水平画素数 320、視域角 30 度の目標を達成した。違和感のない映像が観測され、視域角の範囲内ではスムーズに映像が変化しており、連続的運動視差が達成された。これらの立体ディスプレイを共同研究場所である本郷リサーチセンターに搬入し共同研究機関の有する様々な評価系を用いて主観・客観の両面から評価実験を行った。

3. 視機能評価

今回開発した II 式立体ディスプレイと、比較対象として 2 眼式立体ディスプレイを用い、指標を凝視した時の「輻輳」と「調節」を測定した。

図 2 のように II 式では理論値と同方向に変化している。一方 2 眼式では理論値と矛盾した動きをする場合がある(図は詳細版参照)。2 眼式では、輻輳・調節に矛盾が生じる場合があるのに対し、II 式では、比較的生じにくいと言える。

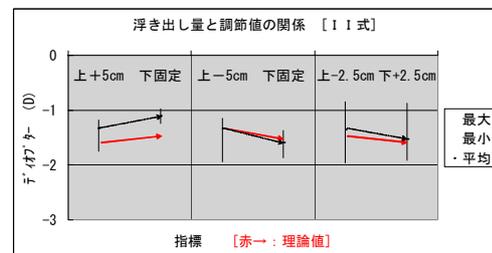


図2 調節値の変化の様子
赤矢印は、理論値。黒矢印は、実測値

4. 主観評価

評価対象は、2次元ディスプレイ、2眼式立体ディスプレイ、II式立体ディスプレイの3種類とした。いずれも15インチのものとし、II方式は、12 視差、視域 30° のものを用いた。比較対象となる 2 眼式は、シャープ製(LL151D)を用いた。被験者は 1 2 名(内女性 4 名)である。メイン映像である 9 分間の立体映像の内容は、文字、キャラクター、動画 3 種類の計 5 種類のコンテンツからなる。

4.1. SSQ による主観評価

図 3 に、各評価対象の SSQ 値を示す。いずれの評価対象においても、映像の観察前に比べ観察後の SSQ 値が高くなっている。また、評価対象毎で大きな差が無い。このことから、9 分程度且つ立体量 5 cm 程度までの映像コンテンツでは、被験者に対する視覚疲労は、通常の 2 次元ディスプレイと有意な差が無いと言える。

4.2. 「課題」による見易さの評価

「課題」による評価は、被験者に画面上に提示したものが、基準に対し手前か否かを答えてもらうものである。指標は 200ms の短時間だけ提示する。図 4 に、被験者全員の正答率を評価対象毎に示す。正答率は、II 式、2 眼式、2 次元の順で、II 式立体表示が最も正しく立体を認識できている。すなわち、II 式

立体ディスプレイは、立体感の得やすい、見やすい立体表示方式であることがわかる。

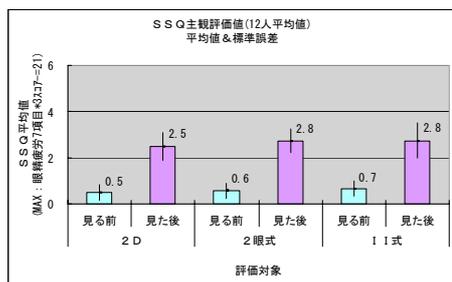


図3 主観評価・SSQ値

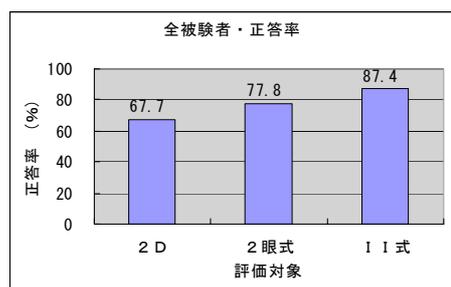


図4 「課題」正答率(被験者全員)

5. 客観評価

主観評価と同様にして、日立グループによる「光トポグラフィー装置」による脳血流の観測、シャープグループによる「自律神経系装置」による脈波の観測、また、唾液採取によるストレスの変化の観測を行った。

5.1. 光トポグラフィーによる評価

後頭葉に16本のプローブを装着した。図5に、光トポの結果を、評価対象毎に示す。各部位毎のトータルヘモグロビンの変化量を分布図にしたものである。立体視得意郡と不得意郡に分けて記述している。得意郡では2次元画像よりも立体画像の方が血流量が多い。つまり、脳の活動が大きい。また同じ立体の中では、2眼式よりも1:1式の方が、血流量が多く立体感を大きく感じたものと推測される。

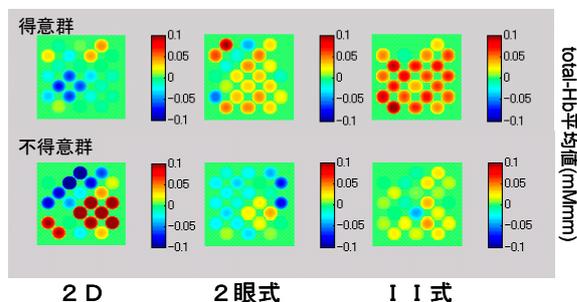


図5 脳血流活動部位の様子

5.2. 自律神経系による評価

図6に被験者全員の ρ_{max} の平均値を示す。視聴前後のそれぞれの ρ_{max} の値を、各評価対象別に示

したものである。

いずれの評価対象も、同レベルで ρ_{max} 値が下がっており、今回視聴した立体表示の条件下では立体画像を見ても、通常の2次元画像並みの疲れで収まっている。

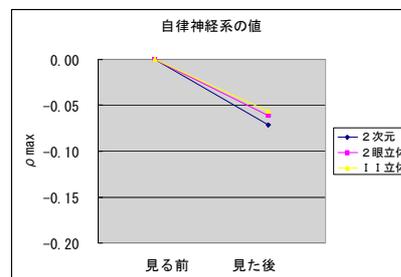


図6 ρ_{max} (自律神経系)の結果

5.3. 内分泌系による評価

内分泌系による評価は、被験者の唾液に含まれるコルチゾールとクロモグラニンAの分析から行うストレスの客観評価である。図7にコルチゾールの結果を示す。どの評価対象でも視聴によるストレスはほぼ感じていないと言える。

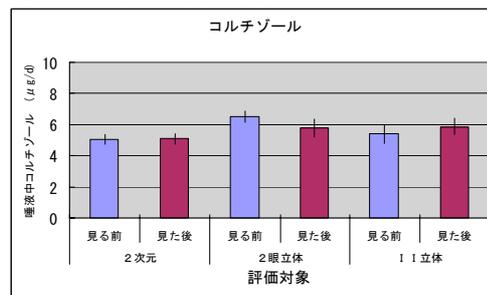


図7 唾液中コルチゾールの結果

6. まとめ

広視域且つ多視差の立体表示システムを実現した。主観評価・客観評価の両面から、本立体ディスプレイは、通常の2次元映像並みの疲労感で十分な立体感が得られることがわかった。

7. 引用文献

- [1] 小幡他,立体視による生体影響—脳活動と自律神経系・内分泌系反応による検討—,(本予稿)ネットワーク・ヒューマン・インタフェースの総合的な研究開発(映像が生体を与える悪影響を防止する技術)研究概要,2006.1
- [2] 千葉他,映像生体影響に関する計測装置の開発,(本予稿)ネットワーク・ヒューマン・インタフェースの総合的な研究開発(映像が生体を与える悪影響を防止する技術)研究概要,2006.1
- [3] 千葉他,映像生体影響に関する評価実験と指標の高精度化,(本予稿)ネットワーク・ヒューマン・インタフェースの総合的な研究開発(映像が生体を与える悪影響を防止する技術)研究概要,2006.1