

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 5 月 20 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2014

課題番号：22500241

研究課題名(和文) 航海中の映画視聴による船酔い軽減法の研究

研究課題名(英文) Methods for Reducing Seasickness through Onboard Movie Watching

## 研究代表者

井須 尚紀 (Isu, Naoki)

三重大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：50221073

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：航海中の映画視聴を通して船酔いを軽減する方法を開発することを、本研究の目的とした。航海中の映画視聴によってどの程度船酔いが増強するかを定量的に測定するとともに、映画視聴を通して船酔いを軽減する方法を考案した。映画と同時に船舶の揺れに合わせた視運動刺激を与えることで、船酔いの原因である視覚-平衡感覚間の感覚情報競合を抑制し、船酔いの軽減を図る。船酔いを低減する映画上映法を考案し、その有効性を検証した。

研究成果の概要(英文)：The present study aimed to develop a movie-showing method alleviating seasickness during voyage. It was quantitatively investigated how severely movie-watching aggravates seasickness, and possible methods were invented to reduce seasickness through movie-watching at sea. They depress the visual-vestibular conflict, that is a main cause of motion sickness, by adding visual information of ship's swing, and thus relieve seasickness. The efficiency of the devised movie-showing methods at sea was examined.

研究分野：人間情報工学

キーワード：動揺病 船内シアター 映画上映法 シミュレータ

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 大型フェリーや客船などでは、長時間の船旅のアトラクションの一つとして、シアターを設けて映画上映が行われている。船室に閉籠もって鬱々としているよりも映画を観ている方が気が紛れて快適に過ごせるとも考えられるが、船の揺れを感じながらその動きとは一致しない映像を見ることによって船酔いが強まるのが危惧される。しかし、このことを系統的、学術的に調査した研究は報告されていない。

(2) 航海中の映画視聴によって船酔い(動揺病)が発症し易くなる原因として、視覚-平衡感覚間の感覚情報の競合が考えられる。船が揺れる時に、平衡感覚は回転運動や並進運動の情報を中枢に伝えるが、視覚からは静止あるいは映画の世界での動きが伝えられる。この両者間の感覚情報の競合が船酔いの発症を促進するものと思われる(感覚矛盾説)。

(3) 乗用車後部座席用の車載ディスプレイを用いて実車走行実験を実施し、乗車時の映画視聴によって車酔いが増強することを明らかにした。カーブの多い道を走行中に車内で映画を観ると、通常の乗車時に比べて2倍程度強い車酔いを発症した。これは、乗車時に本を読む場合の約8割の強度に相当する。これと同様に、航海中の映画視聴が船酔いを増強するものと推察される。

(4) 車載ディスプレイの開発研究において、車の動きに一致した自己運動感覚を視覚性にも誘起するように映像を表示し、視覚-平衡感覚間の感覚情報競合を抑制する手法を考案した。自動車の水平回転をレートジャイロで測定し、その回転と一致した視覚誘導自己回転運動感覚が生じるように映像を加工して、下図に示すように表示した。これらの映像表示法により、乗車時の映画視聴による車酔い増強を7割以上低減させることに成功した。

(5) 乗物酔い発症への影響やその対処法の有効性を評価するために、乗物酔い強度を客観的かつ継続的に表現する実用的指標として、無侵襲で実時間測定が可能な生体信号を計測してきた。これまでの研究成果で、乗物酔いが発症し不快感が増強するのに伴って、温熱性発汗部位で皮膚電位が脱分極すること、呼気中の二酸化炭素分圧が低下すること、深部体温(脳温)や皮膚表面温が低下することを明らかにした。この現象は代謝量(熱産生)の低下によるものと思われ、脳温の低下はこのことを強く示唆している。特に、呼気二酸化炭素分圧の低下は顕著に観察され、比較的安定した

測定が可能であった。

## 2. 研究の目的

(1) まず、航海中に映画視聴を行うことによって、どの程度船酔いが増強するかを心理学的測定法によって定量的に測定する。比較対象として、日中に甲板で外を見ている場合、船室で室内を見ている場合の船酔いの程度を測定する。これら3条件での船酔い強度の時間推移を比較し、映画視聴による船酔い増強の程度を明らかにする。

(2) 次に、船酔いを低減する映画上映法を考案する。これまで我々は、車載ディスプレイによる車酔いを低減する映像表示法を開発してきたが、同様の手法を船舶用に応用・適用して映像を加工する。映画と同時に船舶の揺れに合わせた視運動刺激を与えることで、船酔いの原因である視覚-平衡感覚間の感覚情報競合を抑制し、船酔いの軽減を図る。

(3) 上記の映画上映法による航海中の映画視聴で、船酔いの増強をどの程度低減出来るかを心理学的測定法によって定量的に測定する。一方、刺激感覚の心理学的測定の再現性を確保するために、3D映像音響システムとモーションベースを用いて船内シアター・シミュレータを構築する。予め記録した船舶運動(ピッチおよびロール運動)をシミュレートするようにモーションベースおよび3D映像を駆動し、実験室内で実験を実施して、映画視聴による船酔い軽減効果を測定する。

(4) 船酔いの不快感測定と同時に、身体の生理的变化を計測する。呼気二酸化炭素分圧や心拍周期変動の周波数解析による心臓自律神経活動の変化を測定し、これらの客観的指標によって映画視聴時の船酔い強度や上記映画上映法による低減効果を明らかにする。

## 3. 研究の方法

(1) 航海中に映画視聴を行うことによってどの程度船酔いが増強するかを心理学的測定法によって定量的に測定した。本学生物資源学部附属練習船勢水丸を使用して航海実験1を実施した。本学学生9名(男子6名、女子3名)を被験者とし、2泊3日の航海(伊勢湾~太平洋大王沖)中に1試行30分間の実験を5回行った。被験者を3名ずつの3群に分け、1)船室で映画を視聴する、2)船室で室内を見ている、3)日中に甲板で外を見ている、の3条件をローテーションするように割振った。「船室で映画を視聴する」条件では、比較的狭い部屋で、部屋から外の景色が見えることはなく、密室に近

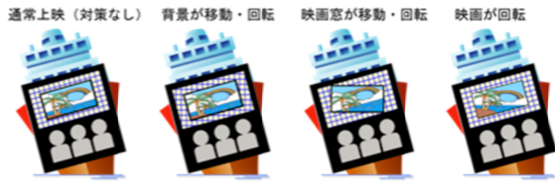


図1. 洋上映画上映法

い状況とした。被験者間での会話などは禁止し、船首-船尾方向に対して横向きに椅子に座らせた。「船室で室内を見ている」条件では、比較的広い部屋で船尾方向に向かって被験者を座らせ、邦画のコメディを視聴させた。「日中に甲板で外を見ている」条件では、甲板に出て船首方向に向かって座らせ、遠くの景色を眺めさせた。各試行の開始時および終了時に、めまい、体のほてり、頭痛、冷汗、口の渇き、胃の違和感、吐き気の7項目の動揺病症状の程度について、0~3の4段階で回答させた。また、船酔い強度（不快感）を0~10の11段階のスコアで5分毎に答えさせて測定した。また、映画視聴時の呼気二酸化炭素分圧を測定した。

(2) 船舶の揺れの主な運動成分であるピッチ回転、ロール回転、上下運動を姿勢センサで検出し、船舶の揺れと一致した視覚誘導自己運動感覚が生じるように映画表示部（主映像）の周辺に背景映像を付加する映画上映法、主映像を船舶運動に合わせて移動する映画上映法、および主映像を船窓から見える外景に見立てて映画の映像自体を船舶の揺れに応じて傾斜する映画上映法について船酔い軽減効果を検討した（図1）。なお、映像のピッチ回転の知覚を高めるために、映像は偏光方式による3D表示とした。

本学生物資源学部附属練習船 勢水丸を使用して4泊5日の航海実験2を実施し、本学学生16名の被験者を用いて6回の実験を実施した。船尾方向を正面とするように設置した3D用平面スクリーンの中央部に「映画窓」（映画が映写される矩形領域）

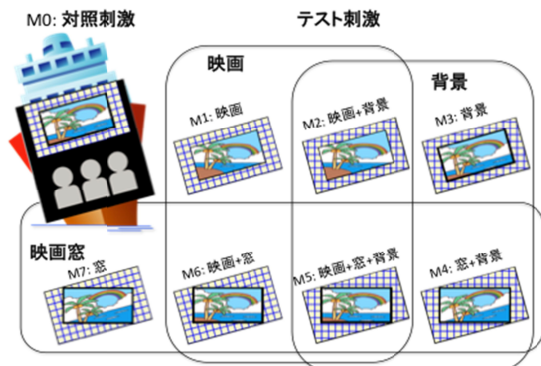


図2. 航海実験2で比較した映画上映法

を表示し、「映画」（ビデオ映像）を映画窓によってトリミングされるように映写した。映画窓の周辺には「背景」（静止画）を3D投影した。船舶運動のピッチおよびロール回転を計測し、船舶の運動と逆方向に「映画窓」「背景」「映画」を回転・移動させる／させないの組合せからなる8種類の映画上映法を用いた。なお、この回転・移動は、正面水平線上にある静止物の視野における動きに相当する。いずれも回転・移動させない上映法を対照刺激(M0)とし、他の7種類の上映法をテスト刺激(M1~M7)として比較評価を行った（図2）。対照刺激の上映法で映画を5分間視聴させた後、ランダムな順にテスト上映法で5分間視聴させた。映画を一時停止し、その間にテスト刺激の「不快感」「映画の見易さ」「揺れの感覚強度」を対照刺激と比較して6段階の系列カテゴリー法で評価させた。1実験あたり9~12試行を実施し、全被験者合わせて653回の評価を得た。比較評価の結果を範疇判断の法則に従って距離尺度化した。

(3) 本学生物資源学部附属練習船「勢水丸」を使用し、航海実験3を行った。本学学生7名の被験者を用いて4回の実験を実施した。船舶運動のピッチおよびロール回転を計測し、船舶の運動と逆方向に映画を回転・移動させる／させないように投影した（図3）。また、映画の3D投影位置をスクリーン位置あるいは無限遠に位置して見えるように表示した。上記の組合せからなる4種類の映画上映法でランダムな順に5分間ずつ被験者に視聴させた。不快感、集中度、揺れの感覚強度を0から10の11段階の系列カテゴリーにより評価させた。1実験あたり20~24試行を実施し、全被験者合わせて357回の評価を得た。連続する試行間で評価結果を一对比較し、Thurstoneの比較判断則に従って距離尺度化した。

(4) 刺激 感覚の心理学的測定の再現性を確保するために、3D映像音響システムとモーションベースを用いて船内シアター・シミュレータを構築し、実験室内で実験を実施した。予め記録した船舶

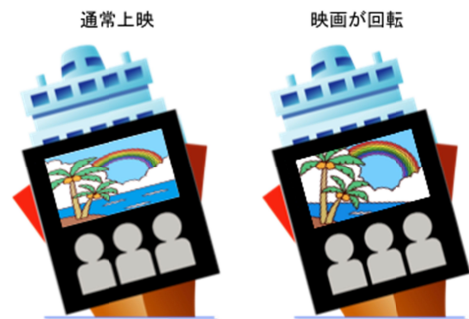


図3. 航海実験3で比較した映画上映法

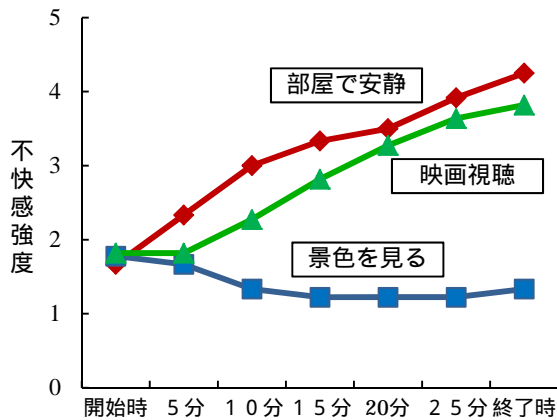


図4. 映画視聴時の船酔い強度の推移

運動（ピッチおよびロール運動）をシミュレートするようにモーションベースおよび3D映像を駆動した。仮想空間のシアターに設置したスクリーン中央部に「映画窓」（映画が映写される矩形領域）を表示し、「映画」を映画窓によってトリミングされるように映写した。船舶運動のロール回転と逆方向に「映画窓」および「映画」を回転させる／させないの組合せからなる4種類の映画上映法について、不快感、集中度、揺れの感覚強度を0から10まで11段階の系列カテゴリーで被験者に評価させた。本学学生14名の被験者を用いて15回の実験を実施し、240試行の評価を得た。

#### 4. 研究成果

(1) 船室で映画を視聴する時と室内を見ているの間には、船酔い強度の推移に差異が見られず、いずれも30分間で中程度の不快（不快度スコア：3～4）となった。一方、日中に甲板で外を見ている条件では、30分間で不快感は幾分軽減した。不快感の推移を図4に示す。症状についても概ね同様の結果が見られた。なお、いずれの被験者も一度も嘔吐することはなかった。また、映画視聴時の船酔い増強に伴い、呼気二酸化炭素分圧の低下が観察された。

(2) 航海中の映画視聴においては、船舶運動に呼応して「映画」のみを回転する上映法(M1)が、最も不快感および揺れの感覚強度が低く、映画の見易さが高かった(図5)。「映画」に加えて「背景」を回転・移動させた上映法(M2)も、不快感は同程度に低く、見易さも良好であったが、揺れの感覚は強まった。背景の動きが揺れの視知覚を強めるためと思われる。「映画窓」のみを回転・移動させる上映法(M7)では、不快感は低くなったが、見易さが低下し、揺れの感覚が強まった。「映画窓」の動きは「映画」や「背景」の動きと組合せ

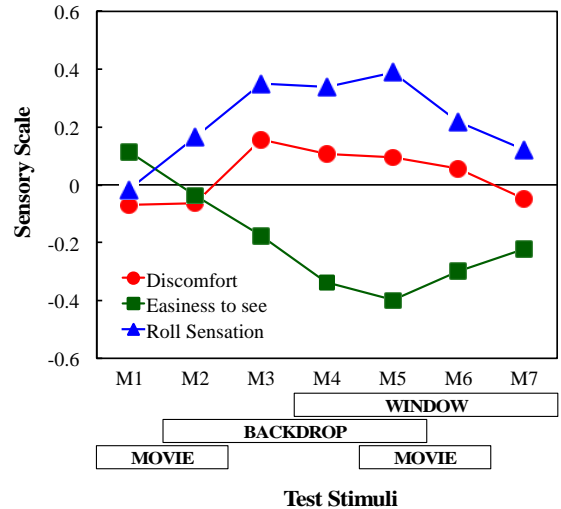


図5. 洋上映画視聴時の不快感、見易さ、揺れ感覚

ても(M4～M6)良好な結果は得られなかった。「背景」の回転・移動は、「映画」の回転との組合せ以外(M3～M5)は良好でなかった。

車載ディスプレイでは映画表示部周辺の背景画像を自動車のヨー回転速度に応じて移動させることが車酔いの抑制に有効であったが、船舶のロール・ピッチ回転に呼応した背景の動きは船酔い抑制に有効でなかった。耳石器系の関与が視覚-前庭感覚の感覚矛盾の低減効果に影響しているものと思われる。

(3) 映画を船舶運動に応じて移動させると、不快感は低くなるが揺れの感覚強度が高まることが示された。無限遠表示の効果については、左右眼用映像間にクロストークが生じたため、集中度を低下させた。

(4) 船内シアター・シミュレータを用いた実験で得られた不快感、集中度、および揺れの感覚強度を図6に示す。「映画窓」および「映画」を船舶運動と逆方向にロール回転させることにより、不快感が低下した。両者を合わせてロール回転させると、不快感は更に低くなった。映画に対する集中

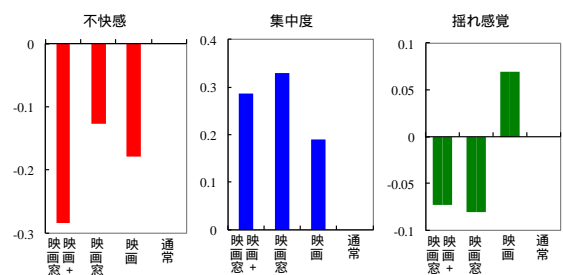


図6. 船内シアターシミュレータにおける映画視聴時の不快感、集中度、揺れ感覚

度は、「映画窓」をロール回転させた時に高くなり、「映画」のみの回転でも高まることが示された。一方、「映画窓」を回転させると揺れの影響強度が減弱したが、「映画」のみの回転では通常上映法よりも揺れ影響が強まった。この結果は航海実験2で得られたものと異なる。船内シアター・シミュレータによる実験は暗室内で実施したが、映像を投影するために実験室の床や天井が被験者に見えてしまう。「映画窓」をロール回転させた時に「映画窓」が実験室に固定されることになるため、揺れ影響が弱まり、集中度が高くなるとともに、不快感が低下したものと考えられる。

## 5. 主な発表論文等 (研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

### [ 雑誌論文 ] (計 1 件)

Isu N, Hasegawa T, Takeuchi I, and Morimoto A; Quantitative analysis of time-course development of motion sickness caused by in-vehicle video watching, Displays, 査読有, Vol.35, 2014, pp.90-97.

### [ 学会発表 ] (計 3 5 件)

井須尚紀; 乗物酔・シミュレータ酔の軽減技法の提案, 第 4 回スマートモビリティシステム調査研究会 (計測自動制御学会 システム・情報部門), 2014.6.18, 三重大学 (三重・津)。

趙慧 他; 酔いを低減する洋上映画上映法の開発, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 2014.9.8-9, 中京大学 (愛知・名古屋)。

Zhao H, et al.; Movie Showing Method at Sea for Reducing Seasickness, The 4th International Symposium for Sustainability by Engineering at MIU, 2014.9.29-30, Mie Univ. (Mie, Tsu).

井須尚紀 他; 動揺病発症に伴う生体生理反応の因子分析, 第 59 回日本宇宙航空環境医学会総会, 2013.11.22-24, 川崎医科大学 (岡山・倉敷)。

宮田晃希 他; 船酔い発症を抑える洋上映画上

映法の開発, 平成 25 年度電気関係学会東海支部連合大会, 2013.9.24-25, 静岡大学 (静岡・浜松)。

加藤幸洋 他; 軽度の動揺病発症に伴う生体生理反応の計測, 第 58 回日本宇宙航空環境医学会総会, 2012.11.15-17, 豊橋商工会議所 (愛知・豊橋)。

加藤幹大 他; 視野映像の傾斜による頭部運動の誘導がシミュレータ酔抑制に与える効果, 2012 年映像情報メディア学会年次大会, 2012.8.29-31, 広島市立大学 (広島・広島)。

神谷亮 他; 船上での映画視聴による船酔い低減法の検討, 平成 23 年度電気関係学会東海支部連合大会, 2011.9.26-27, 三重大学 (三重・津)。

小澤惇一 他; 乗物の振動に伴う視界の揺れが乗り心地に与える効果, 第 56 回日本宇宙航空環境医学会総会, 2010.11.11-13, 所沢市民文化センター (埼玉・所沢)。

奥田翔 他; 乗物の外部・内部視野が乗り心地に与える影響, 第 9 回情報科学フォーラム (FIT 2010), 2010.9.7-9, 九州大学 (福岡・福岡)。

### [ 図書 ] (計 2 件)

井須尚紀 (産業安全保健ハンドブック編集委員会 編集); 労働科学研究所出版部, 産業安全保健ハンドブック, 2013, 1332(764-767)。

井須尚紀 (日本バーチャルリアリティ学会 編集); 工業調査会, バーチャルリアリティ学, 2010, 408(46-52)。

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

井須 尚紀 (ISU, Naoki)

三重大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号: 50221073