

平成 22 年 4 月 26 日現在

研究種目：若手研究 (A)  
 研究期間：2007 ~ 2010  
 課題番号：19680006  
 研究課題名 (和文) 視覚・前庭感覚統合伝送システム

研究課題名 (英文) Communication System Using Visual-Vestibular Coordination

## 研究代表者

稲見 昌彦 (INAMI MASAHIKO)  
 慶應義塾大学・大学院メディアデザイン研究科・教授  
 研究者番号：00345117

研究分野：インタラクティブ技術, 物理メディア, ロボット, エンタテインメント工学  
 科研費の分科・細目：情報学 メディア情報学・データベース  
 キーワード：バーチャルリアリティ

## 1. 研究計画の概要

我々は運動中 - 頭を振っても、走り回っても安定した外界映像を認識することができる。

しかしながら現状の遠隔ロボット操作, 人工現実感(以下 VR)によるシステムでは運動時の映像は安定して知覚されず, 所謂 VR 酔いとして広く知られている。これは視覚・前庭感覚・体性感覚が適切に統合されていないことに起因している。

提示映像の揺れを機械的・電子的に止めることで VR 酔いは軽減可能である。しかし申請者は映像の揺れこそが移動感覚に重要なカギであるにとらえ, 映像の揺れを完全に止めるのではなく, 映像が揺れても安定して映像を観察可能なシステムこそが重要であると考える。

本研究の目的はカメラからの映像及び運動情報を実時間で取得・統合・処理し, 視覚ディスプレイ及び機能的電気刺激等による前庭感覚提示を行うことにより, 我々生物が知覚しているような安定した「視覚・前庭感覚統合伝送システム」を構築することにある。

本研究により運動感覚を損なうことなく, 遠隔地や VR 空間移動時の映像を安定して観察可能なシステム構築のための設計指針を得ることが可能となる。将来的には乗り物酔いやめまい軽減のためのシステムへの応用も期待できる。

## 2. 研究の進捗状況

H19 年度:

人は運動時でも視界が安定している理由として, 代償性の眼球運動としての前庭動眼反射の効果があげられる。前庭動眼反射とは頭

部の動きに対して眼球が逆方向に動くことで視界のブレを少なくする反射運動である。

この前庭動眼反射の機序を明らかにし, ある運動 - 言い換えるならばある加速度における反射強度の知見を得ることは本研究の目的である運動感覚を損なうことなく, 遠隔地や VR 空間移動時の映像を安定して観察可能なシステムを構築する上で不可欠な情報である。

そこで, 前庭感覚の提示手法として電流による前庭感覚刺激 GVS (Galvanic Vestibular Stimulation) を用いて, GVS により生じられる眼球運動と同時に被験者に知覚される主観的な視野運動の関係を検証した。

その結果, GVS に誘起される眼球運動および視野運動が,

- ・刺激電流に比例して増大すること
- ・刺激周波数に依存した周期的な回旋運動が知覚されること
- ・刺激からの眼球運動および視野運動知覚までの時間遅れが電流量によらず刺激周波数によって定まること

などが示唆された。

本成果により, 前庭感覚刺激による眼球運動の運動特性と視野運動の知覚特性が同様の傾向を示すこと, また, GVS により任意に視野運動を制御できるということが明らかとなった。これは GVS を用いた前庭感覚刺激によって人に前庭感覚を付加することはもちろん, 視野運動を任意に制御することで知覚的に安定した視界の提示が行えるという可能性を示している。

H20 年度:

VR 環境下にて広視野の視覚刺激と前庭刺激実験により刺激条件を精査し, 視覚・前庭

感覚を刺激可能なシステムの試作を行った．移動知覚に重要な振動成分のみを抽出・提示するためのシステムとして強誘電性液晶を用いた高速シャッターデバイス「Stop Motion Goggle」(SMG)を試作した．SMGは高速で On/Off 可能な液晶（強誘電性液晶）を用いて，眼球への視覚情報を On/Off することにより，ストロボ効果を発生させるものである．

本デバイスは通常，暗所のみで使用可能なストロボスコープに対して照明，陽光がある状態での仕様が出来るという利点がある．また，環境に対して光を照らすことによって効果を得るストロボスコープに対して，めがね形式で携帯が可能な SMG は様々な環境で使用が可能で，今までに考えられなかったような効果があると考えた．

Stop Motion Goggle でのストロボスコープに対する利点は 1. 明るい状態での使用が可能 2. 携帯した状態で使用可能（移動しながら使用可能）ということである．

現在までに SMG を利用して行った実験で，照明下でストロボ効果による高速物体の認識が可能であるという結果が得られた．さらに 2 の利点に着目して SMG を移動しながら使用した際にどのような視覚効果，感覚の変化が得られるかについての研究を行った．

予備実験として被験者が前方を向きながら台車で移動し，SMG を利用した．その結果 SMG を使用する場合としない場合で速度感覚，距離知覚に差が見られた．

これらの知見は SMG の「ストロボ効果による視覚的な錯覚」「視覚情報と他の感覚との不一致による効果」といった原因が考えられる．

H21 年度:

SMG を用いた実験を継続して行った．SMG は視覚に働きかけるデバイスであるが，前庭感覚，体性感覚が関係しているために視覚との矛盾が生じたのか，あるいは視覚のみの効果によって錯覚が生じたのかは現時点では定かではない．そこで，前庭感覚および体性感覚と SMG による効果に関係の関係性に関し検討を行った．

また，VR 空間における移動感覚と視点位置変動との関係に関して「視覚・前庭感覚統合伝送システム」の試作を目指し，引き続き研究を行った．

SMG を用いた実験では今回新たに左右のシャッターの位相を変化させることで，運動物体を観察したときの立体知覚に変化が生起することを新たに発見した．具体的には物体の見かけ上の運動速度に応じて奥行きが変化し，いわゆるプルフリッヒ効果として知られた現象と同様の効果を観察することができた．今回は観察者が静止した状態での実験であるが，運動時の被験者に両眼の位相変

化を伴ったシャッター視覚提示を行うことで移動時の奥行き強調，歩行時の運動知覚の強調，もしくは低減を行いうる可能性が示唆された．

VR 空間における移動感覚と視点位置変動に関しては仏研究機関と共同で研究を遂行し，VR 空間での歩行動作時の提示環境による注視位置との関係を調べた．その結果，被験者の観察対象の奥行きに応じて注視位置を制御することで移動効果を損なうことなく VR 酔いの少ない提示が可能であるとの内観報告が得られた．

### 3．現在までの達成度

おおむね順調に進展している

研究を進める過程で当初予定していない新たな発見，新規デバイスの発明があったため，当初計画から若干の変更はあるが当初研究計画に沿う形で研究は順調に進展している．

### 4．今後の研究の推進方策

今後は多数の被験者により今まで結果の検証を行うとともに，「視覚・前庭感覚統合伝送システム」に関して研究を進める予定である．

### 5．代表的な研究成果

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔学会発表〕(計 3 件)

永谷直久 他、Stop Motion Goggle の開発 (論文賞受賞) エンタテインメントコンピューティング 2008、2008 年 10 月 29 日-31 日、金沢歌劇座 (金沢)

Naohisa Nagaya, et al., Stop motion goggle, ACM SIGGRAPH 2008 (new tech demos), Aug 11-15, 2008, Los Angeles, California, USA

永谷直久、前庭感覚電流刺激時の回旋眼球運動に関する研究、日本バーチャルリアリティ学会 第 12 回大会、2007 年 9 月 19 日、九州大学大橋キャンパス

〔図書〕(計 2 件)

松原仁、松野文雄、稲見昌彦、野田五十樹、大須賀公一 編集、ナノオプトクス・エナジー、2010 年 3 月、943 ページ  
柳田康幸、稲見昌彦、苗村健 (館暁、佐藤誠、廣瀬通孝 監修) 工業調査会、バーチャルリアリティ学 (第 7 章 VR コンテンツを分担執筆) 2010 年 1 月、384 ページ