



# 並進と回転の複合ベクションが誘起する サイバー酔い強度の重回帰分析

谷山健太, 出口智基, 中桐沙紀, 小川将樹, 河合敦夫, 井須尚紀,

三重大学 工学研究科 (〒514-8507 三重県津市 栗真町屋町 1577, chair@info.mie-u.ac.jp)

**概要** : 3D モデルで博物館を構築し、博物館内で自身が移動及び回転しているように感じる映像刺激を円筒スクリーン上に投影した。3D 眼鏡を装着させて映像を見せ、ベクションを誘起し、サイバー酔いを発症させた。実験参加者には不快感・ベクション・重力に対する身体の傾きの変化の強さを 0 から 10 の 11 段階で答えさせた。ベクションと重力に対する身体の傾きの変化が不快感にどれだけの影響を及ぼしているのかを重回帰分析を用いて推定した。

**キーワード** : ベクション、主観的鉛直、サイバー酔い

## 1. はじめに

映像技術の発展により、映画館やアミューズメントパークなどの身近な場所で 3D 映像を見る機会が増えている。しかし、3D 映像を見ると高い臨場感が得られる一方で、サイバー酔いを発症してしまうことが懸念されている。そこで、サイバー酔いが発生するメカニズムを解明することが重要になってくる。

サイバー酔いが発症する原因として、感覚矛盾説[1]が有力な説として挙げられている。感覚矛盾説では、平衡感覚と視覚の各信号が互いに矛盾を起こすことによってサイバー酔いが発生すると考えている。本研究では自身が感じているベクション(視覚誘導性自己運動感覚)と主観的重力方向(SV 方向)の変化がサイバー酔いに影響を与えるのを定量的に求めることを目的として実験を行った。

## 2. 実験方法

### 2.1 実験参加者

実験には 20 歳前後の健康な男女 48 名(男 28 名, 女 20 名)を実験参加者として実施した。48 名のうち 18 名は 2 回実験に参加した。1 回の実験では、1~5 名の実験参加者で同時に実験を行い、計 66 回の実験データを得た。実験参加者には、実験前に実験目的、実験方法、実験により予期させる影響、プライバシーの保護などについて十分な説明を行い、実験参加に関する同意書を得た上で実験を行った。本実験は三重大学工学研究科倫理委員会の承認のもとに実施した。

Kenta TANIYAMA, Tomoki DEGUCHI, Saki NAKAGIRI, Masaki OGAWA, Atsuo KAWAI, and Naoki ISU

### 2.2 実験システム

1 台のサーバ PC と 6 台のクライアント PC を用いて、6 台のプロジェクタより、縦 2.6m, 横 10m の円筒スクリーンに 3D 映像を投影した。実験参加者にはスクリーンから約 4m 離れた位置に座らせ、映像を立体視する偏光メガネをかけた状態で映像を視聴させた。なおこの際、中央に座った実験参加者から見たスクリーンの視角は水平約 124°, 垂直約 36° となった。

### 2.3 刺激

博物館を模擬した仮想環境内を仮想自己が移動かつ回転する刺激映像を用いた。仮想環境における鉛直方向に対しての自身の身体の動きを変化させて、感じるベクションや SV 方向の変化の強さを調べるために、刺激映像は、仮想環境における回転軸の方向(水平軸, 鉛直軸)、仮想自己の身体座標系における視点移動の方向(x 方向, y 方向, z 方向)、と回転方向(yaw 回転, pitch 回転, roll 回転)を組み合わせて、以下の 6 種類を作成した。

- ① 水平軸・x 方向・roll 回転
- ② 鉛直軸・x 方向・roll 回転
- ③ 水平軸・y 方向・pitch 回転
- ④ 鉛直軸・y 方向・pitch 回転
- ⑤ 水平軸・z 方向・yaw 回転
- ⑥ 鉛直軸・z 方向・yaw 回転

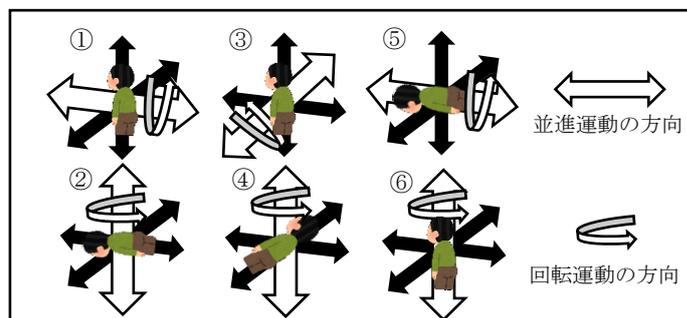


図 1 刺激の図示

表 3 各説明変数

表 1 並進運動の周期

| 周期  | 振幅  |
|-----|-----|
| 8s  | 10m |
| 16s | 10m |

表 2 回転運動の周期

| 周期  | 振幅  |
|-----|-----|
| 8s  | 90° |
| 16s | 90° |

これらの動きを図 1 に示す。また、各刺激映像の並進・回転ベクシヨンの強度を変えるために、並進運動と回転運動それぞれに表 1 と表 2 に示した 2 種類の周期を用意し、それらを組み合わせた 4 種類、さらに並進運動のみ(周期 8s)と回転運動のみ(周期 8s)を加えた合計 6 種類を用いて実験を行った。

## 2.4 評価項目

実験中に実験参加者には以下の 4 項目について 0~10 のスコアで感覚の強さと比例するように回答させた。

### ●不快感…サイバー酔の気持ち悪さ

0「全く感じない」～10「我慢できないような強い不快感」

### ●並進ベクシヨンの強さ…自分自身が並進運動しているような感覚

0「全く感じない」～10「完全に自分が動いている」

### ●回転ベクシヨンの強さ…自分自身が回転運動しているような感覚

0「全く感じない」～10「完全に自分が回っている」

### ●重力に対する身体の傾きの変化…自身に対して重力方向が変化しているような感覚

0「全く感じない」～10「90度傾いたと感じる感覚」

## 2.5 手順

実験参加者にはこれらの刺激映像を 48 秒間注視した後、回答用紙に「不快感」、「並進ベクシヨンの強さ」、「回転ベクシヨンの強さ」、「重力に対する身体の傾きの変化の強さ」の 4 項目について回答させた。6 試行を 1 ブロックとして、実験の最初に練習映像を 4 試行、その後に 6 ブロックの映像を映し合計で 40 試行を行った。また、練習試行後と各ブロック間にはそれぞれ 2 分の休憩時間を設けた。

## 3. 結果

### 3.1 データの解析

今回の実験で得られた 66 回の実験の内、全く不快感の生じなかった実験参加者などを除き 39 回分のデータで解析を行った。

### 3.2 重回帰分析による不快感の推定

刺激映像視聴時に知覚したベクシヨン強度・方向・身体の傾きの変化による不快感の強さが不快感にどれくらい影響を与えているか調べるため、練習試行のデータを含まない 1404 試行分のデータを使って重回帰分析を行った。説明変数は表 3 のように移動方向と回転方向が身体に対して同じものと同じ説明変数とした。また水平軸と鉛直軸の重力方向に対する身体の向きの違いに差があると考え定数項は別のものとした。重回帰式は以下のように

|       |                        |
|-------|------------------------|
| $L_x$ | 前後に並進運動するベクシヨンの強さ      |
| $L_y$ | 左右に並進運動するベクシヨンの強さ      |
| $L_z$ | 上下に並進運動するベクシヨンの強さ      |
| $R_x$ | roll 回転するベクシヨンの強さ      |
| $R_y$ | pitch 回転するベクシヨンの強さ     |
| $R_z$ | yaw 回転するベクシヨンの強さ       |
| $V_x$ | roll 回転時の SV 方向の変化の強さ  |
| $V_y$ | pitch 回転時の SV 方向の変化の強さ |
| $V_z$ | yaw 回転時の SV 方向の変化の強さ   |

推定された。この重回帰式は不快感を目的変数とし、並進ベクシヨン(L)、回転ベクシヨン(R)、身体の傾きの変化の強さ(V)を説明変数とした線形和で表している。これらの評価項目は等分散であり、被験者による分散で標準化したため、同じ次元と考えることができ、偏回帰係数の大小で不快感に与える影響の大きさを比べることができる。

$$y = \begin{cases} 1.01L_x + 0.88R_x + 3.31V_x + \begin{cases} 1.18 \dots (1) \\ 1.57 \dots (2) \end{cases} \\ 0.69L_y + 1.85R_y + 2.82V_y + \begin{cases} 1.12 \dots (3) \\ 1.69 \dots (4) \end{cases} \\ 0.23L_z + 1.09R_z + 2.75V_z + \begin{cases} 1.43 \dots (5) \\ 2.12 \dots (6) \end{cases} \end{cases}$$

全体的に係数の大きさが  $L < R < V$  となる傾向が見られる。並進ベクシヨンの係数の大きさは上下並進ベクシヨン(上式⑤,⑥) < 左右並進ベクシヨン(上式③,④) < 前後並進ベクシヨン(上式①,②)の順で大きい。また、回転ベクシヨンの係数の大きさは pitch 回転ベクシヨン(上式③,④)が roll 回転ベクシヨン(上式①,②)と yaw 回転ベクシヨン(上式⑤,⑥)と比べ大きい。

## 4. 考察

重回帰式を見ると、重力に対する身体の傾きの変化が不快感に大きく影響を及ぼしている。これは、視覚からの情報では SV 方向が変化しているのに対し、耳石器で得られた情報では主観的鉛直の回転は起こっていない、これらの矛盾により不快感に大きく影響していると考えられる。また、前後並進ベクシヨン(上式①,②)は左右並進ベクシヨン(上式③,④)と上下並進ベクシヨンに比べて不快感に与える影響が大きい。①~②のスクリーン上の映像は拡大縮小する映像に対し、③~⑥の映像は拡大縮小しない映像である。並進と回転の複合した映像の中で、拡大縮小する映像の場合、並進ベクシヨンをより知覚する。このことから、前後並進ベクシヨンの不快感に与える影響が大きくなったと考えられる。

## 参考文献

- [1] 井須尚紀;乗り物酔いにおける視覚の役割,日常臨床に役立つめまいと平衡障害,pp163-169,2009