

バーチャルリアリティにおける感覚情報の統合と競合

井須 尚紀

三重大学大学院工学研究科情報工学専攻

1. はじめに

今日のディスプレイ装置や映像技術の著しい発達により、映画やゲームなど、身近なところで3次元映像を見ることができるようになった。3次元映像は高い臨場感を与えるが、その一方で視覚性動揺病を誘起し不快感を引き起こし易い[1]。視覚性動揺病とは、臨場感の高い映像を見たときに、自分の体は動いていないにもかかわらず動いているような感覚が生じ、前庭-視覚間の感覚矛盾によって不快感が生じるものである。今後、映像技術は更なる発展を遂げ、より臨場感の高い映像と接する機会が増えて視覚性動揺病が発症する可能性も増加するであろう。視覚性動揺病の発症を防ぐために、その原因を解明することが必要である。

Ohmi et al. [2]は背景に運動刺激があると自己運動感覚が起り易いことを明らかにしている。これは、視野上での背景の動きは自己の運動によって生じると認識されるためと考えられる。同様に推測すると、映像上に動くことがないと認識される固定物体(例えば建物や木)があるとき、その固定物体が視野上を動くと、動いているのは固定物体ではなく自分だという経験が自己運動感覚を生じさせ、視覚性動揺病を発症し易いと考えられる。一方、可動物体(例えばボールや鳥)が動いたときには、たとえ遠景で動いたとしても、自分が動いているのではなく物体の動きと認識され、固定物体が動いた場合と比べて視覚性動揺病を発症しにくいと予想される。

そこで、本研究では、運動刺激が遠景に

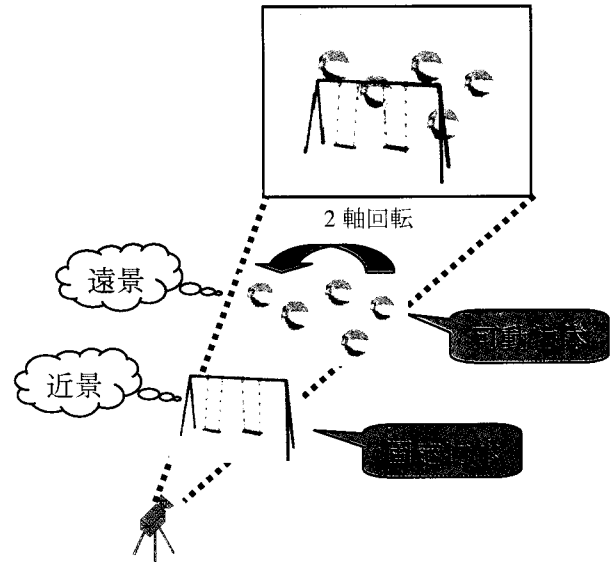


図1 映像の構成

あるか近景にあるかという奥行き知覚の影響に加え、可動物体/固定物体という物体の可動性の認識や上下方向の認識が視覚性動揺病の発症にどのような影響を与えるかを明らかにするため、以下の2つの実験を行った[3, 4, 5]。

2. 実験 I

2.1 方法

実験は、スクリーン以外の反射物をできるだけ少なくした暗室で行った。パーソナルコンピュータ 4 台 (Apple Power Mac G4) によって描画した映像を、右目用 2 台、左目用 2 台の計 4 台のプロジェクタ (Victor DLA-G11) から偏光板を透過させて偏光用スクリーン (縦 2.45m、横 6.4m) に投影した。被験者をスクリーンから約 2.5m 離れた位置に座らせ、偏光眼鏡を通して映像 (視野角 100~110°) を正視させた。

映像の画角は 100° とし、図 1 のように遠景（約 15m）および近景（約 2m）に可動物体あるいは固定物体を配置し、いずれか一方を 2 軸まわりに回転させた。可動物体にはサッカーボールや紙風船などの上下方向のない球状の物体、固定物体には公園遊具や建物などの上下方向のある物体を用いた。映像の種類は、近景／遠景、可動／固定物体、運動する物体の組み合わせの異なる 10 種類で、ランダムな順に投影した。1 つの映像の長さは 45 秒とし、映像と映像の間には 15 秒の間隔を設けた。連続する 2 つの映像を 1 対として、どちらがより自己運動感覚や不快感を感じたかを Scheffé の一対比較法（-2～+2 の 5 段階）を用いて評価させた。10 回の比較を 1 セッションとし、セッション間に 3 分の休憩時間を設けて、4 セッションを 1 回の実験で行った。被験者数は男性 18 名、女性 14 名の合計 32 名で、総試行数は 2,887 回であった。

2.2 結果

範疇判断の法則と Thurstone の比較判断則に基づき、自己運動感覚と不快感の強度を距離尺度化した結果を図 2 に示す。

Ohmi et al. [2]と同様に、運動刺激が遠景にある場合（図 2 a, b の奥側）には近景にある場合（図 2 a, b の手前側）に比べて自己運動感覚および不快感の強度が高かった。

一方、運動刺激が固定物体である場合（図 2 a, b の右側）には、可動物体である場合（図 2 a, b の左側）より自己運動感覚および不快感の強度は共に高かった。これは、固定物体は普段動かないと認識しているので、固定物体が視野上で動くとき自分が動いていると感じるのに対し、可動物体の動きは自分が動いているのではなく物体が動いていると認識するためであると考えられる。

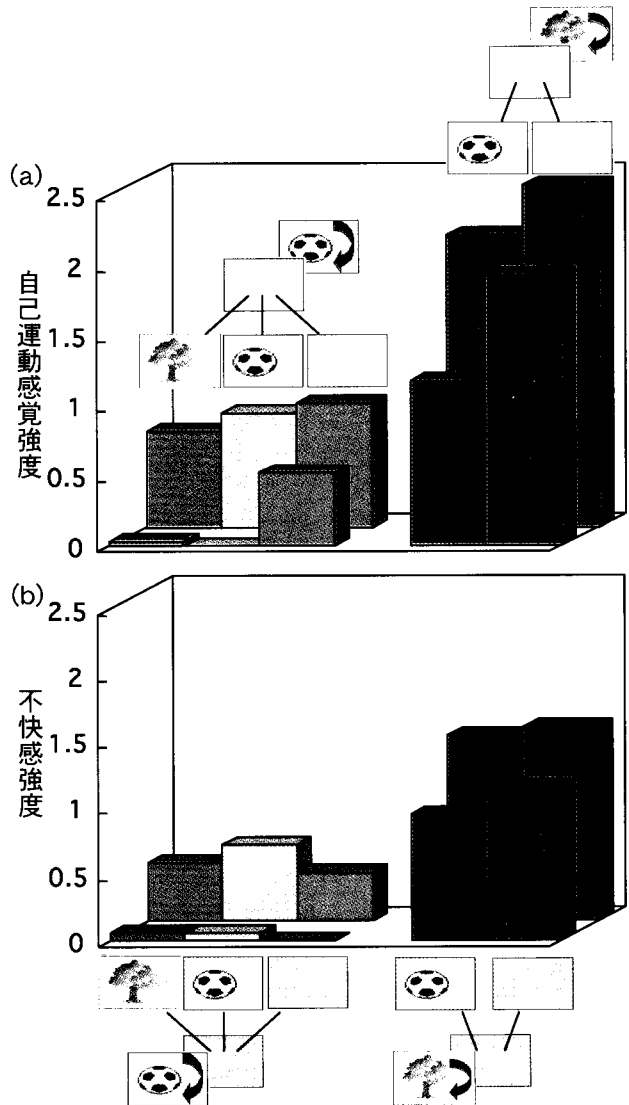


図 2 3次元映像によって生じた自己運動感覚と不快感の強度

視野上を動く物体が遠景／近景にあることの違いよりも、固定物体／可動物体であることの違いの方が、自己運動感覚や不快感の強度に大きな差を生じさせた。遠景で可動物体が動く映像（図 2 a, b の左奥側）より、近景で固定物体が動く映像（図 2 a, b の右手前側）の方が自己運動感覚および不快感の強度が高くなった。

また、映像に静止物体が存在する場合（図 2 a の左より第 1, 2, 4 列）には存在しない場合（図 2 a の左より第 3, 5 列）に比べて

自己運動感覚が抑制された。特に遠景に静止物体がある映像の場合に、その差が顕著であった（図2aの手前側）。しかし、不快感では静止物体の有無の影響は見られなかった。

自己運動感覚と不快感の相関を求めたところ、相関係数は約0.91であった。

3. 実験Ⅱ

3.1 方法

実験Ⅰと同じ3次元映像システムを使用して実験を行った。3次元映像の遠景および近景にそれぞれ物体を配置し、遠景の物体は半径15~20mの球面上を角速度20deg/sで2軸回転し、近景の物体は半径2~3mの球面上に静止するものとした（図3）。映像の種類は〔遠景3種：可動物体／固定物体（上下方向あり）／固定物体（上下方向なし）〕×〔近景5種：物体なし／可動物体／スクリーン上に格子線／固定物体（上下方向あり）／固定物体（上下方向なし）〕の合計15種類とした。映像の例を図4に示す。

これらの映像を45秒ずつランダムな順で被験者に注視させた。映像と映像の間には15秒の間隔を設けた。連続する2つの映像を1対とし、自己運動感覚及び不快感の強度をSchefféの一对比較法（-2~+2の

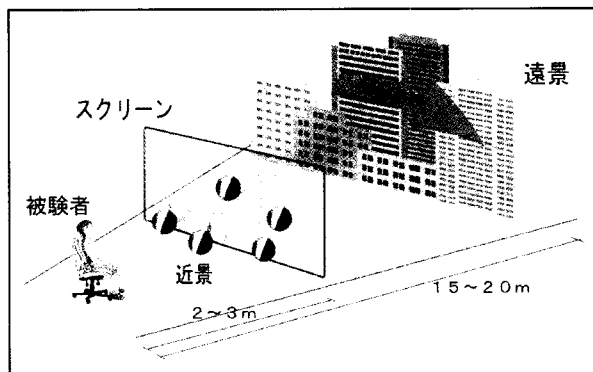


図3 3次元映像の概念図

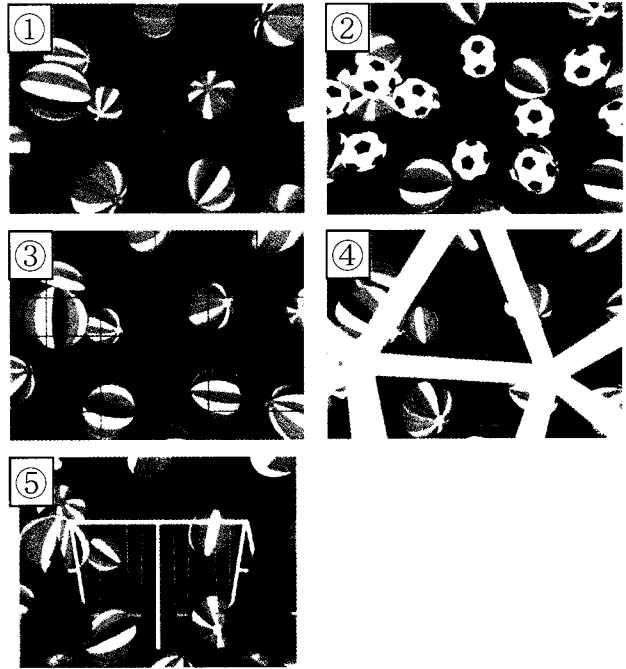


図4 映像の例

5段階）を用いて評価させた。6回の比較を1セッションとし、3分の休憩時間を設けて、5セッションを1回の実験で行った。総試行数は2,481回であった。

3.2 結果

自己運動感覚および不快感の強度を、範疇判断の法則とThurstoneの比較判断の法則に基づいて距離尺度化した。結果を遠景の種類毎に色分けして図5a, bに示す。固定物体が遠景で回転すると（図5a, bの6~10および11~15）、可動物体の回転（図5a, bの1~5）に比べて強い自己運動感覚と不快感を発生させた（ $P < 0.05$ ）。また、上下方向のある固定物体の回転移動（図5a, bの11~15）は上下方向の無い固定物体（図5a, bの6~10）に比べて自己運動感覚および不快感を増大させた（ $P < 0.05$ ）。なお、可動物体／固定物体の認識の差は上下方向の認識の差よりも自己運動感覚への影響がより大きく、不快感に関しては同程度の影響が見られた。このことから、固定物体で

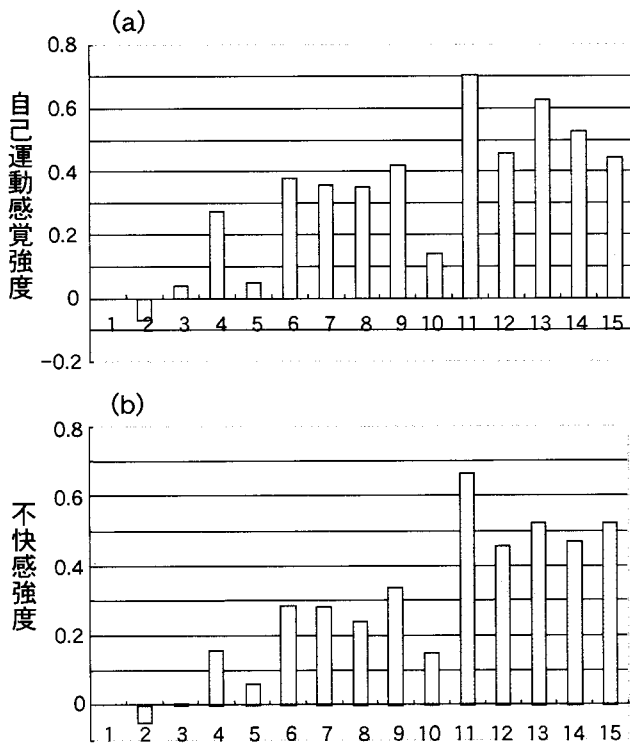


図5 自己運動感覚と不快感の強度

あるという認識は上下方向の認識に比べて、自己運動感覚を強めるほどには不快感を強めないと考えられる。また、遠景で可動物体が移動するとき(図5a, bの1~5)、近景で上下方向のない固定物体が静止している映像(図5a, bの4)はその他の映像(図5a, bの1~3, 5)に比べて自己運動感覚および不快感をより強く誘起した。

4. 考察

実験Iにより、視野上を動く物体が遠景/近景にあるという違いよりも、固定物体/可動物体であるという違いの方が、自己運動感覚や視覚性動揺病の強度に大きな差を生じさせる結果が得られた。遠景か近景かという奥行き知覚より、物体が固定物体か可動物体かという経験に基づく認識の方が、視覚性動揺病に大きく影響を与えていると考えられる。

自己運動感覚と不快感の強度の間には強い相関が見られた。しかし、静止物体の有

無は自己運動感覚強度には影響を与えなかった。自己運動感覚においては、静止物体からは自分は動いていないという情報が得られ、動いている物体からの情報と打消しあって自己運動感覚が抑制されたと考えられる。一方、不快感では、静止物体によって与えられる視覚からの情報は、自分が静止しているという平衡感覚からの情報と矛盾を起こさないため、不快感には影響を与えなかったと考えられる。

実験Iでは固定物体に上下方向のあるものを用いたため、固定物体が動くとき映像空間での上下方向が変化することになる。そのため、固定物体/可動物体という認識に加え、上下方向の変化の知覚が自己運動感覚および不快感をより強めることになったと考えられる[1]。

一方、実験IIより、可動物体/固定物体の認識の差が上下方向の有無の差に比べ、より自己運動感覚に影響を及ぼすことが示された。この結果は、我々が映像を見て自己運動感覚を感じるには、映像に含まれる物体の可動性の認識が大きく影響していることを示している。一方、不快感の強度には物体の可動性と上下方向の認識とは同程度の影響があった。このことから、固定物体であるという認識は、自己運動感覚を強める程には不快感を強めないと考えられる。例えば映画やゲームにおいて、上下方向が頻繁に変化するような映像を見るよりは、固定物体で上下方向の認識が出来ないものが映し出された映像の方が、少ない不快感で自己運動感覚が得られると思われる。不快感を低く抑えつつ、出来る限り強い自己運動感覚が得られるようにするためには、上下方向が感じられない映像を用いればよいと言えよう。

さて、遠景で可動物体が動いた場合には、自己運動感覚や不快感は遠景が固定物体の場合ほど強く誘起されないが、近景で上下方向のない固定物が静止している場合にのみ自己運動感覚や不快感を増大させる結果が得られた（図5 a,bの4 vs. 1~3, 5）。固定物体は本来地面などに固定されているため移動しないものと認識されるが、上下方向のない固定物体が近景で静止しているときには自分と一体化して移動する、つまり自分に固定されていると認識されることが考えられる。近景を自分に固定させて共有する空間を広く認識することによって、自己運動感覚や不快感が増加したと考えられる。これに対し、近景が上下方向のある固定物体の場合は地面への固定の認識が強く、自分との一体化は起こりにくいと思われる。

5. おわりに

本研究では、3次元映像において、遠景／近景という奥行き知覚に加え、固定物体／可動物体という物体の可動性認識や上下方向の認識が視覚性動揺病に与える影響を検討した。

実験の結果、近景／遠景の奥行き知覚よりも可動／固定物体という経験的な物体認識の方が視覚性動揺病に大きな影響を与えることを明らかにした。

また、上下方向のない固定物体は、遠景においては本来の固定物として認識されるのに対し、近景においては自分に固定されるとの認識が強いと考えられた。一方、上下方向のある固定物が近景で静止している場合には、自己運動感覚や不快感が抑制された。上下方向が変化しないことが視覚性動揺病を強く抑制したものと思われる。

参考文献

- [1] Isu N, Matsumoto T, and Aoki R; Rotation of subjective vertical is an important factor of visually-induced motion sickness, *J Gravit Physiol*, 7: 85-86, 2000.
- [2] Ohmi M, Howard IP and Landolt JP; Circularvection as a function of foreground-background relationships, *Perception*, 17: 5-12, 1987.
- [3] 大谷昌代, 川瀬智仁, 森駿一朗, 榊井文人, 河合敦夫, 井須尚紀; 3次元映像における物体認識が視覚性動揺病の発症に与える影響, 情報処理学会第68回全国大会講演論文集 2, 387-388, 2006.
- [4] 大谷昌代, 川瀬智仁, 森駿一朗, 榊井文人, 河合敦夫, 井須尚紀; 視覚対象物の可動性認識が視覚性動揺病の発症に与える影響, 2005年電子情報通信学会基礎・境界ソサイエティ大会講演予稿集, A-18-5, 2005.
- [5] 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一般講演論文集 2, 305-306, 2006.