

仮想現実感を用いた自己運動と視覚情報の 非整合環境下における知覚特性の変化

高原邦光・岡嶋克典・高瀬正典

防衛大学校 応用物理学教室

〒239-8686 神奈川県横須賀市走水1-10-20

1. はじめに

日常生活において私たちが頭や眼を動かしても外界の対象が止まって見えるのは、網膜像の視覚運動情報から眼球や頭部の身体運動情報を差し引く機構が存在するためであり、それによって「外界の安定性」が保たれていると考えられる。逆に言えば身体運動が伴う場合、網膜上には身体運動に対応した運動成分が整合的に付加されている。もし身体運動と網膜運動情報の整合性が成立しない仮想空間に人間が置かれた時、視覚系及び身体運動系はどのような対応（変化）を起こすであろうか。

受動的観察条件の場合、視覚情報と運動情報の関係を非整合的に置き換えた仮想環境に順応させると、前庭系がその非整合環境に順応するという報告がなされている¹⁾。しかし、能動的観察条件時では、人間は空間内の対象の位置関係に関する何らかの3次元モデル及び筋運動の使用により、自己と対象との空間的把握を受動的観察時に比べてより正確に行うことができる²⁾。したがって、能動的観察条件（自発的自己運動下）では単なる前庭系の順応だけではなく、視覚系も含めた非整合状態への順応効果が生じる可能性がある。そこで本研究では、能動的観察条件において非整合環境が視覚系及び身体運動系に与える影響及びその順応時間による効果の違いについて

1998年夏季大会（7月27日）ポスター

検討した。

2. 実験方法

2.1 実験原理

自発的自己運動と視覚情報が整合的及び非整合的な視覚運動刺激を可動型立体視ディスプレイ上に3次元コンピュータグラフィックスを用いて立体的に提示し、被験者の非整合環境に対する順応効果を「外界の安定性」の判断を用いて調べた。またその時の身体運動系の順応による特性変化についても独立に測定し、順応メカニズムについて検討する。

2.2 実験装置

グラフィックス・スーパーコンピュータ Onyx RE2 (Silicon Graphics 社) により作成した視覚刺激を無重力懸下型の可動立体視ディスプレイ Boom3C (Fakespace 社) に提示した。画面視野角は 43.6 度、焦点距離は 72 cm。画面の解像度は左右それぞれ 1280 画素 × 960 ラインである。Boom3C の静的な位置検出誤差はほぼゼロであり、位置検出の遅れは描画レートに依存し、今回は 1/60 s 以下である。Boom3C に取り付けられている左右 2 つのボタンを被験者のゲイン調整（後述）のために用いた。

2.3 刺激及び被験者

白背景の仮想空間において、ワイヤーフレーム（黒色）で作られた半径 72 cm の球内部を球中心位置から観察している状態をシュ

ミレートした(図1)。被験者は実験開始時に球の中心にくるように毎回プログラムで調整されている。被験者は、色覚及び両眼の機能が正常なKT1名である。

2.4 仮想空間及びゲインについて

本実験においては、静止球の仮想空間を設定し、実験開始時の正面位置を 0° とした。地面に対して水平方向に被験者の頭部回転角度を X (deg), その時の呈示画像の位置角度を Y (deg)とすると、ゲイン $g = Y/X$ と定義する。整合状態とは $g = 1$, 非整合状態は $g \neq 1$ の時を示す。例えば、頭部の回転角度 X が 90° の時、呈示されている画像の位置 Y が

45° の場合、ゲインは $45/90 = 0.5$ となる(図2)。

3. 実験1 自発的自己運動と視覚情報が非整合な環境への順応効果

自発的自己運動と視覚情報の非整合な環境への順応効果を「外界の安定性」を評価対象に用いて調べた。

3.1 方法

被験者は順応段階において、自己運動と視覚情報が整合及び非整合な刺激に頭部を地面に対して水平に振動させながら順応刺激を指定時間だけ観察する。また頭部の振動は仮想

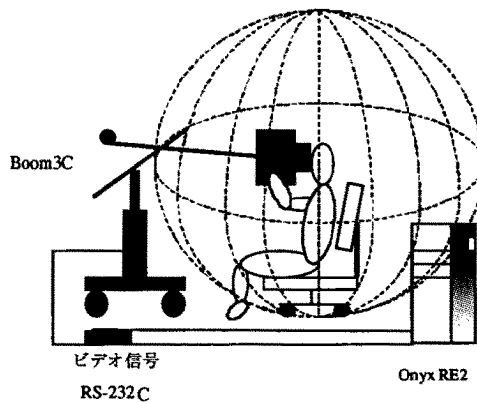


図1 実験装置図：被験者の頭部を中心に可動型立体視ディスプレイ上に半径72cmのワイヤーフレームで作られた静止球が描かれている。

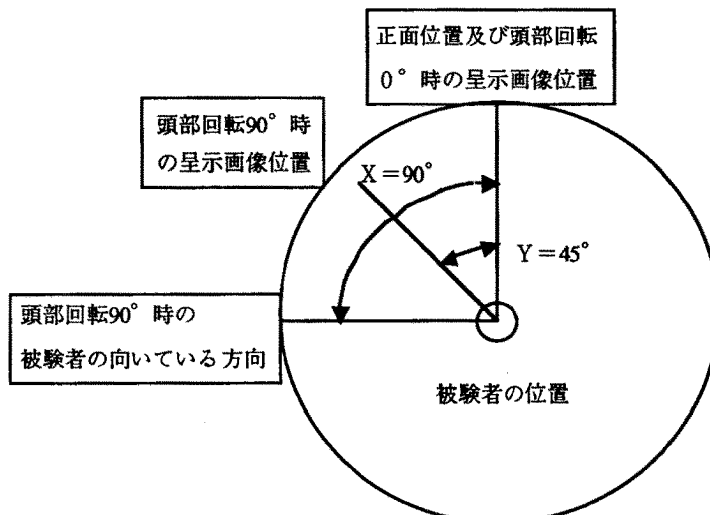


図2 仮想空間の静止球を真上から見た図：図の例は、頭部回転 90° 時の呈示画像位置 45° (ゲイン $g = 0.5$)の場合。

空間の画像がなめらかに動いて見える範囲で、被験者が無理なく行えるペースで行うよう指示した。順応刺激を観察後、テスト段階としてゲインを順応刺激のゲイン ± 0.25 幅内でランダムに設定したテスト刺激を提示し、被験者は順応時と同様に頭部を振りながら刺激を観察し、外界が安定して見えるようにテスト刺激のゲインを調節した。

3.2 刺激条件

順応刺激として、ゲイン (0.5, 0.75, 1.0, 1.25, 1.5) と順応時間 (1, 2, 3, 5 min) の組み合わせ、計 20 条件を各 10 回ずつ行った。

3.3 結果

各条件の平均値をプロットしたのが図 3 である。この図から順応刺激のゲインが 1.0 から外れるほどテスト段階における外界の安定をもたらずゲインの値が 1.0 から外れてくることが分かる。また順応時間の経過に伴い、テスト段階において外界の安定をもたらずゲイン

が順応刺激のゲインに近づいている。以上のことから、自発的自己運動と視覚情報をミスマッチさせると、非整合状態への順応が生じ、その効果は時間の経過と共に進むことを示している。

4. 実験 2 自己運動と非整合な視覚情報に順応した際の身体運動系の定位特性の変化

次に非整合環境下に順応した際の身体運動系の出力情報の変化を調べるために、順応後に視覚情報の提示がない条件における自己方向判定を被験者に実施させる実験を行い、自己運動と非整合な視覚情報に順応した際の身体運動系の変化について調べた。

4.1 方法と刺激

実験は順応段階及び視覚情報がない状態 (Boom3C の映像をブランクにする) にするテスト段階からなり、順応時間 (1, 2, 3, 5 min)

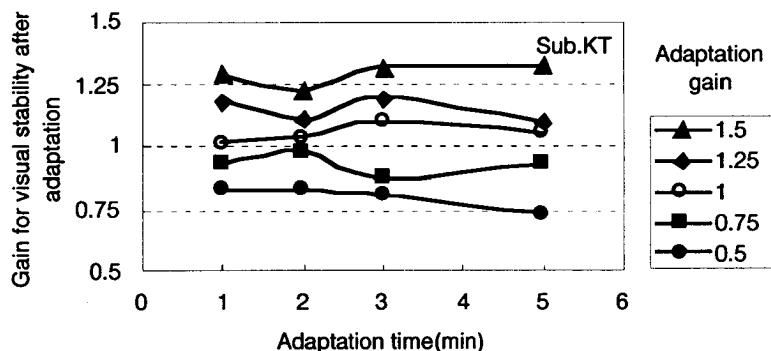


図 3 実験 1 の結果

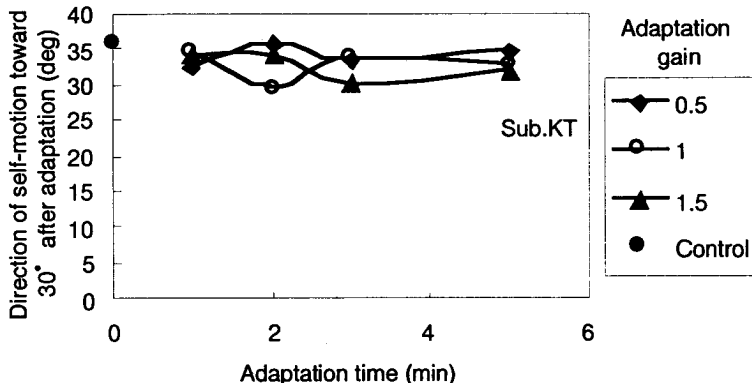


図 4 実験 2 の結果

及びゲイン (0.5, 1.0, 1.5) を組み合わせた順応条件を用いた。被験者には、順応後のテスト段階において、視覚情報がない状態で地面と水平に 30 度の方向に頭部を動かしてもらった。また本実験前に被験者の方位判定のバイアスを見るために、順応なしのControl実験も行った。

4.2 結果

図 4 に試行回数 5 回の平均の結果を示す。この図より、順応時間に依らずどの順応ゲインにおいても、自発的自己運動により概ねコントロール時と同じ 30° 高の方位に頭部を向けることができることが示されている。したがって、身体運動系は順応刺激の影響を受けておらず、この結果から実験 1 より得られた自発的自己運動と視覚情報をミスマッチさせた際の非整合状態への順応を説明することはできない。すなわち身体運動系そのものは非整合状態の順応に影響を受けていないことが示された。空間位置の把握に関して、能動的条件下においては身体運動系が優位に立つため、身体運動系の順応効果が現れなかったと考えられる。

5. 考察

以上 2 つの実験から、1) 自己運動と視覚運動情報が非整合な状態の環境下に順応させると、「外界が安定して見える」ゲイン (テストゲイン) が、整合な値 ($g = 1$) から非整合な値 ($g \neq 1$: 順応ゲインの方向) にシフトした。またこの現象は、比較的短時間 (数分) 内に生じる、2) 順応後の「外界が安定する」テストゲインの値は、順応ゲイン

の非整合性が大きいほどシフト量は大きく、順応時間が長いほどテストゲインのシフト量は大きくなる、3) 自発的運動を伴う非整合環境への順応において、身体運動系の出力は変化しなかった。したがって実験 1 のテストゲインのシフトは、身体運動系そのものの変調によって生じたものではないことが示された。

これらのことから、能動的観察条件時の非整合環境における順応効果が、視覚系又は視覚系と身体運動系の相互作用系の段階で生じている可能性が高いことが示唆される。また、受動的観察条件下における過去の実験報告⁹⁾では、順応時間が数十分というかなり長いものであったが、今回の能動的観察条件下では、数分という短い時間で非整合環境に順応することが示された。これは受動的観察条件に比べて能動的観察条件の方が非整合環境に早く順応することを示唆している。

今後は被験者を増やして個人差を含めて検討するとともに、眼球運動の測定も行う予定である。また、順応開始後から 1 分以内の知覚特性の変化や「外界の安定性」以外の判定基準も用いて、非整合環境による認知特性の変化をさらに検討していきたいと考えている。

文 献

- 1) I. Viaud-Delmon, Y. P. Ivanenko, A. Berthoz and R. Jouvent: Sex, lies and virtual reality. *Nature Neuroscience*, 1, 15-16, 1998
- 2) 櫻井研三, 加藤健二: 仮想環境での空間学習における能動的観察の優位性. *VISION*, 7, 137-142, 1995.