

頭部運動に制約がない場合の運動視差からの奥行知覚

渡辺 広明 ・ 一川 誠

山口大学大学院 理工学研究科 感性デザイン工学専攻

〒755-8611 山口県宇部市常盤台2-16-1

1. はじめに

頭部運動速度と運動視差からの奥行知覚感度の関係を調べた先行研究において、運動視差からの奥行知覚の閾値が被験者頭部の運動速度によって異なることが示されてきた。例えば、水平方向の頭部運動について Ono and Ujike¹⁾ は、移動距離 30 cm、速度条件として 0.125~60 cm/s を用い、また、渡辺と一川²⁾ は、移動距離 6.5 cm、速度条件として 0.5~32 cm/s を用い、運動視差からの奥行知覚閾値を測定した。これらの研究の結果は、遅い頭部運動では奥行知覚閾値は高いが、頭部運動速度が上昇するに従って閾値が下降することを示した。また、奥行知覚閾値が最も低くなる頭部運動速度は約 10 cm/s であった。

これらの先行研究では、観察者の頭部運動条件を制御するために顎下の頭部運動ガイドをベースメーカーとして動かした。そのため、被験者の頭部運動は制約されたものであった。しかしながら、日常場面での運動視差からの奥行知覚過程を理解するためには、被験者頭部の運動を制約しない、自由な状態で実験を行うことが望ましいと考えられる。本研究では、観察者の自由な運動が運動視差の示す奥行とどのように対応しているかを調べることを主要な目的とした。

2. 実験 1

実験 1 の目的は、観察者の自由な頭部運動

によって運動視差刺激を観察した場合、頭部移動の速度と距離が刺激の運動視差量によってどのように変化するかを調べる事であった。そのため、刺激が頭部の水平方向の移動と対応して動く状況について、運動視差を提示する刺激の観察時における頭部の水平方向の移動の平均速度と距離を測定した。

2.1 方法

2.1.1 実験装置

パーソナルコンピューター (K6-2 300MHz with Fire GL 1000Pro) を用い、17" ディスプレイ (iiyama A701G) 上に刺激を提示した。観察者の頭部位置情報を得るために、ヘッドバンドにより頭部に 3 Dセンサー (POLHEMUS ISOTRAK II, 16Hz) をとりつけた。ディスプレイと被験者との距離 (刺激の観察距離) は約 170 cm であった (図 1)。

2.1.2 提示刺激

運動視差を提示する刺激として、水平方向の正弦波グレーティング (空間周波数は約 1.2 cpd) 4 本を用いた。各グレーティングは視角にして約 1.2×5.8 deg で、それぞれのグレーティング間に視角にして約 10~14 min の間隔を設けた。ディスプレイ中央 (2 番目と 3 番目のグレーティングの間) に 8×12 min の赤い楕円を注視点として提示した。

ディスプレイ上のグレーティングは、3 Dセンサーの前額平行な水平軸上の位置と対応して移動した。すなわち、1・3 番目のグレーティングは 3 Dセンサーの水平方向の運動と同方向 (もしくは逆方向) に、2・4 番目のグ

レーティングは、1・3番目のグレーティングとは逆方向に、3Dセンサーで測定された頭部位置に対応して動かされた。

2.2 手続き

視差条件として0.2, 1.0, 2.0, 4.0 min of arc (等価視差³⁾)の4条件を用いた。実験者による合図の後、被験者はディスプレイを単眼で観察し、運動視差からの奥行知覚が成立するよう自由なペースで頭部を水平方向に往復運動させた。実験者の合図から10秒間、各試行の頭部位置を3Dセンサーで測定した。被験者は刺激を観察した後、刺激の奥行量と奥行方向(手前に見えるのは1・3番目と2・4番目のグレーティングのどちらか)を答え

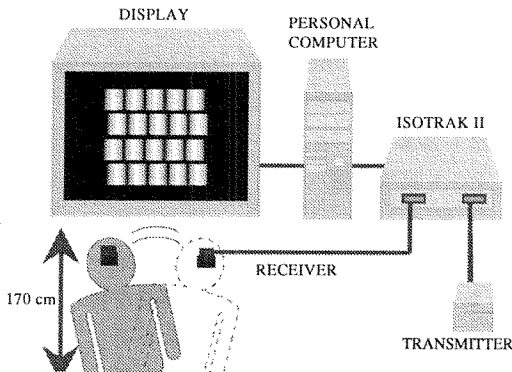
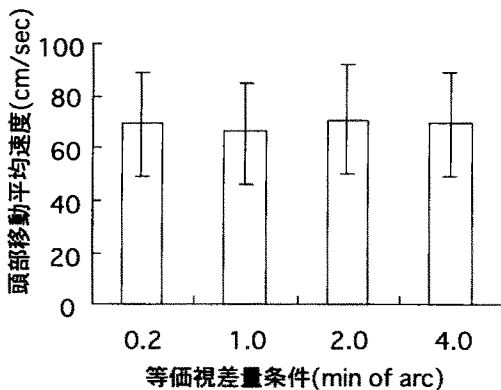


図1 実験1の装置。ディスプレイ上の正弦波グレーティングは、被験者頭部につけられた3Dセンサーの前額平行的水平軸上の位置と対応して移動した。



た。4 (等価視差量条件) × 2 (奥行方向条件) の条件をそれぞれ5回ずつランダム順で提示した (計40試行)。

2.3 被験者

参加した被験者は、16名 (男性8名、女性8名) で年齢21から25歳の大学生と大学院生であった。ほとんどの被験者が奥行知覚実験は初めてであった。

2.4 結果と考察

奥行方向の正答率が75%を超えた被験者は、16人中11人であった。被験者16名の平均正答率は、視差量条件0.2, 1.0, 2.0, 4.0 min of arcのそれぞれに対し79.4, 85.0, 84.4, 75.6%であった。頭部移動の平均速度と距離における傾向は、奥行方向の報告が正答か否かで変わらなかった。そのため、以下では奥行方向の判断が誤っていた試行を含め、全試行のデータをまとめた結果について述べる。

頭部移動の平均速度と距離の平均値は、どの等価視差量条件においてもほぼ等しく一定の値を示し、被験者16名の平均は約70 cm/s, 55 cmであった (図2)。これらの結果は、頭部運動に制約のない観察者が運動視差を示す刺激を観察する場合、頭部移動の速度と距離は提示された奥行量に依存して変化することではなく、むしろ一定のデフォルトのような値によって決定されていることを示唆している。

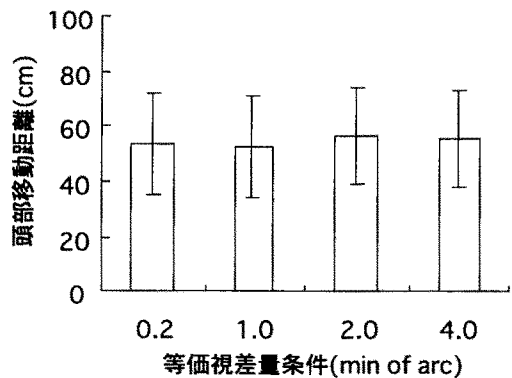


図2 16名の被験者が制約のない頭部運動によって運動視差刺激を観察した場合の頭部移動の平均速度 (左) と距離 (右) の平均値。

3. 実験2

実験1の頭部移動の平均速度と距離の平均値(約70 cm/s, 55 cm)は, Ono and Ujike¹⁾や渡辺と一川²⁾の実験で用いられた条件よりも大きな値であった. 実験2では, 実験1で得られた頭部移動の平均速度と距離の組み合わせを, 運動視差からの奥行知覚にとってどのような意味のある組み合わせであるか検討することを目的とした. そのために, 実験2では数段階の頭部運動速度と距離条件を組み合わせ, 運動視差からの奥行知覚の閾値(等価視差量)を測定した.

3.1 方法

3.1.1 実験装置

パーソナルコンピュータ(K6-2 300MHz with Fire GL 1000Pro)を用い, 15" ディスプレイ(iiyama S501J)上に刺激を提示した. 観察者の頭部を移動させるために, ロボットモジュール(NSK XY-HRS055-M201)を用いた. ロボットモジュールの稼動台にはバネでできた頭部運動ガイドを取りつけた. ディスプレイと被験者との距離(刺激の観察距離)は約115 cmであった.

3.1.2 提示刺激

運動視差を提示する刺激として, 4本の水平方向の正弦波グレーティング(空間周波数は1.5 cpd)を用いた. 各グレーティングは視角にして約 1.5×7.5 degで, それぞれのグレーティング間に視角にして約12~15 minの間隔が設けられた. ディスプレイ中央(2番目と3番目のグレーティングの間)に 8×15 minの赤い楕円を注視点として提示した.

3.2 手続き

頭部移動速度条件として2, 5, 10, 20, 40, 80, 120 cm/s(120 cm/sはこの装置の速度における上限値であった)の7条件を, 頭部移動距離条件として10, 30, 50 cm(50 cmはこの装置の移動距離における上限値であった)の3条件を用いた.

ガイドはディスプレイ内のグレーティングと同じ関数に従って等速往復運動した. 被験

者はガイドに頭を乗せ, バネが曲がらないようにガイドの動きに合わせて頭部を移動させながら観察を行った. 1・3番目のグレーティングはガイドの運動と同方向(もしくは逆方向)に, 2・4番目のグレーティングは, 1・3番目のグレーティングとは逆方向に動いた.

観察者調整法により奥行知覚閾値を測定した. 被験者の課題は, 明らかに奥行が成立するところから観察をはじめ, マウスを用いる調整によって奥行が見えなくなるところまでグレーティング間の相対運動を減少させることであった. 7(頭部移動速度条件) \times 3(頭部移動距離条件) \times 2(奥行方向条件)をランダム順で20回提示した(計840試行). 観察は常に単眼であった.

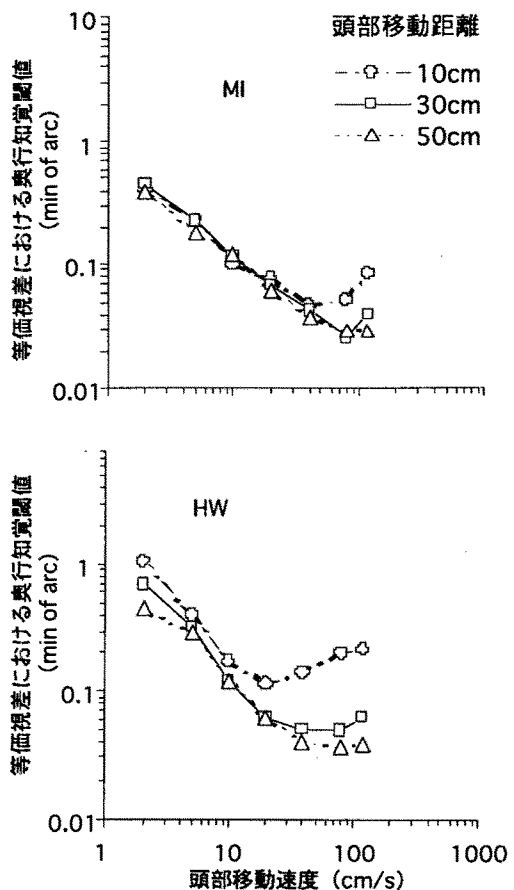


図3 2名の被験者の各頭部移動距離条件での等価視差における奥行知覚閾値.

3.3 被験者

参加した被験者は男性2名で、年齢はそれぞれ24, 36歳であった。彼らはこの種の奥行知覚実験に慣れていた。

3.4 結果と考察

速度20~40 cm/sまでは、早い運動速度ほど奥行知覚閾値は下がる傾向にあった(図3)。長い運動距離ほど奥行知覚閾値が低くなる傾向があった。ただし、30 cmと50 cmの条件間の差はわずかであった。これらの結果は、実験1で得られた頭部移動の平均速度と距離(16名の平均約70 cm/s, 55 cm)の組み合わせは、運動視差からの奥行知覚感度が特に高くなる領域にあることを示している。

4. 全体的考察

実験1において、自由な頭部運動によって運動視差刺激を観察した場合、シミュレートされた奥行によらず、観察者は一定の値(デフォルト)の速度と距離の組み合わせで頭部を移動させることがわかった。この頭部移動の速度と距離におけるデフォルト値は、特に高い奥行知覚感度を可能にするものと考えられる。つまり、観察者はどのような奥行量がシミュレートされても、小さな奥行の提示に対応できるような頭部運動を行う傾向にあると考えられる。

運動視差からの奥行知覚研究は、従来から前額平行の水平運動により奥行知覚を成立さ

せるという手続きで行われていた¹⁻⁴⁾。本研究でも、先行研究で報告されている結果と比較するために、自由な前額平行の水平運動によって刺激を観察する状況で実験を行った。しかしながら、我々は日常場面において環境を知覚するとき、水平方向に往復運動するようなことはほとんどない。むしろ、その環境の状況に応じて前後左右、上下に自由に運動していると考えられる。したがって、前額平行の水平運動に限定されたこれまでの研究だけでは、日常場面での運動視差からの奥行知覚過程を十分に理解することは難しい。今後、前額平行の水平運動に限定されず、3軸(前額平行軸、垂直軸、矢状軸)について自由な運動が可能であるような状況において検討する必要があると考えられる。

文 献

- 1) H. Ono and H. Ujike: Equal depth contours as a function of head velocity. *ECVP*, 1993.
- 2) 渡辺広明, 一川 誠: 運動視差からの奥行知覚感度と頭部もしくは刺激の運動速度. *VISION*, **13**, 33-36, 2001.
- 3) B. J. Rogers and M. E. Graham: Similarities between motion parallax and stereopsis in human depth perception. *Vision Research*, **22**, 261-270, 1982.
- 4) B. J. Rogers and M. E. Graham: Motion parallax as independent cue for depth perception. *Perception*, **8**, 125-134, 1979.