

3. 運動要因の3次元視

頭部ジッター（非随意的微細運動）と3次元運動知覚

3次元で運動する対象の知覚には多次元の手がかりが用いられる。それには単眼運動の手がかりや対象の大きさや密集の要因の他に、眼球間速度差など両眼の運動手がかりが働く。しかし、それらの手がかりが働く状況でも観察者はしばしば接近する対象が後退するなど（Fulvio, et al. 2015）の奥行の運動方向知覚を間違える。

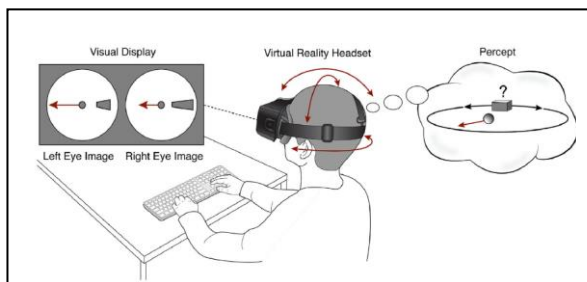


図 32 実験装置と条件。観察者にはヘッドセットを装着させ、奥行回転する小球（ターゲット）とパドル（小矩形）を観察させ、ターゲットが1秒間提示させる間にパドルを対象と接触する軌道に調整させた。運動する対象とパドルは、壁に明けられた窓を通して観察できる（Fulvio et al. 2021）。

Fulvio et al. (2021)は、今までの実験室の研究では頭部はチンレストで固定されてるのが通常なので頭部が非随意的に少し動き、位置が変わることがもたらす感覚手がかりが考慮されていないとし、観察者にヘッドマウントを装着させてバーチャルな運動対象をゆっくり頭部で追従することを求めた事態で3次元的に動く対象の位置と方向を判断させた。

実験では、図32に示したように、観察者にはヘッドセットを装着させ、奥行回転する小球（ターゲット）とパドル（小矩形）を観察させ、ターゲットが1秒間提示させる間にパドルを対象と接触する軌道に方

向と距離を調整させた。運動する対象とパドルは、壁に開けられた窓を通して観察できる。ターゲットはディスプレイの中心に出現し、軌道と方向（水平と奥行）をランダム速度で、また垂直方向は一定の速度で1sec間提示された。観察者にはターゲットが0から50%の頻度で接近・後退して見えるように操作した。被験者は左右のキーでパドルを操作し、消えて見えない対象がパドルと接触する位置を特定させた。一つのテスト後に再度対象の軌道が提示され、被験者にヒットあるいはミスと音声で結果がフィードバックされた。実験1では、3通りの頭部の追跡条件、すなわち非追跡(off)、追跡(on)、そして遅延(delay)条件が設けられた。非追跡条件ではディスプレイ上の3Dシーンが頭部運動によって書き換えられずにそのまま提示、追跡条件では、3Dシーンが頭部運動に随伴して即座に書き換えられて提示される。遅延条件では、頭部運動にランダムに遅延して3Dシーンが0から38フレームの間で書き換えられる。実験2では、頭部の追跡を少数で一定の遅延にする条件、すなわち一定の遅延を0、1、2のイメージフレームにした条件とそれらを混ぜた条件(mix)を設定した。

実験の結果、ターゲットについての 3 次元運動方向の正確度（パドルの位置がターゲットと 8° 以内にある場合）が頭部の追跡条件別に集計された。また、頭部ジッターによる知覚エラーを奥行運動の感度（ d' ）とバイアス（ C ）を次式で計算して求めた。

$$d' = Z(\text{Hit Rate}) - Z(\text{False Alarm Rate})$$

$$c = -(Z(\text{Hit Rate}) + Z(\text{False Alarm Rate})) / 2$$

($C=0$: バイアスなし、 $C>0$: 対象運動後退バイアス、 $C<0$: 対象運動接近バイアス)

その結果、(1) ターゲットに正しく接触するパーセンテージは頭部非追跡条件に比較して追跡条件の方が多くなること、(2) とくにターゲットが被験者に接近あるいは後退する条件（90° と 270° 方向の近辺）でターゲット接触回数が増大すること、(3) 目立つ奥行方向の誤った判断も少数ながら起きたが水平と奥行方向では正確な方向判断がほとんどであったが、しかし頭部追跡条件では、そのような誤判断が縮小すること、(4) 奥行方運動のターゲット方向に対する感度をみると頭部追従がある条件で増大すること、(5) 対象が奥行運動する場合の知覚バイアスは頭部追従がある条件で減少すること、などが示された。これらの結果は頭部運動の追跡がある場合に奥行方向に動く対象の方向の知覚感度を高めたといえる。

また、自然な観察事態での小さな非随意的な頭部運動では頭部ジッターは、3 次元の総移動距離が 11.7 mm、水平、垂直、奥行の各移動距離は 5.8, 3.1, 6.2 mm で、ターゲットの運動方向と観察者の頭部運動の間は何らの関係が見いだされなかった。頭部ジッターを分析すると、頭部ジッターが随意的ではなく生理的なノイズであることから、観察者がこの頭部ジッターを随意的に利用していないと考えられる。頭部運動によるディスプレイの書き換えを行わない場合も同様にターゲットの方向知覚に影響を与えないことも示された。これは頭部ジッターの動きを抑制し手がかりを抑えてしまうからである。

頭部運動にランダムに遅延を入れた条件でのターゲットの方向知覚の結果は、遅延しない場合とひとつあるいはふたつのフレーム遅延の場合では、遅延しない場合の方が有意に正確であった。これは頭部運動を速やかに書き換えて刺激イメージを提供することが視覚のパフォーマンスを促進することを指す。

これらの結果をまとめると、頭部ジッターが対象の運動方向の知覚においてその感度と知覚バイアスの点から重要な機能を果たすと考えられる。