

## 視覚と筋運動感覚で測定した視覚的エゴセンターの位置

西田佐希子・中溝幸夫

九州大学大学院 人間環境学府・人間環境学研究院

〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-19-1

### 1. はじめに

方向の概念は、物理的、地理的、知覚的、いずれの場合でも原点(origin)を必要とする。外界の対象の視覚的方向(以下、視方向)を判断する場合、観察者は自己の身体のどこかを原点として対象の方向を判断している。この基準となる点の事を、視覚的エゴセンター(egocenter)という(視方向中心、投射中心、サイクロピアンと呼ばれることもある)。Hering (1879)<sup>1)</sup>は、視覚的エゴセンターの位置を両眼の midpoint に仮定したが、この仮定には論理的根拠はない。現在までに、エゴセンターを測定する4つの方法が提唱されている<sup>2)</sup>。

Mitson, Ono, Barbeito (1976)<sup>3)</sup>, Barbeito and Ono (1979)<sup>4)</sup>は、視覚的エゴセンターの位置を4つの方法で測定し、その信頼性と妥当性を検討するとともに、方法間でエゴセンターの位置を比較した。その結果、どの方法でも測定されたエゴセンターの位置の信頼性、妥当性は高かったが、方法間で統計的に有意な相関は得られなかった(相関係数:-0.46~0.37)。それぞれの方法で得られたエゴセンターの位置は正中面上の異なった場所に定位された。4つの方法のうち、予測的妥当性が最も高かったのは Howard and Templeton の方法(以下H・T法)であった。

我々は測定の入・出力で用いた感覚モダリティの違いが、Barbeitoらの研究におけるエゴセンターの位置の違いを生んだ理由ではないかと考えた。視方向の測定には、視覚系の反応を用いる場合と筋運動感覚系の反応を用いる場合があり、出力に用いた感覚系の違いがエゴセンター位置の測定値の差をもたらしたと考えられる。本

研究では視覚系の反応と筋運動感覚系の反応を用いてエゴセンターを測定した。採用した方法は予測的妥当性が最も高かったH・T法であった。

だが、H・T法には次のような難点がある。H・T法では、図1 a に示すように、観察者から一定距離の前額平行面に置かれた刺激(例えば、S1)の“物理的”位置とその半分の距離の前額平行面上で“同方向に見える”別の刺激(V1)の位置とを結ぶ直線がエゴセンターを通ると仮定されている。この様な直線を異なる4つの固定刺激について求め、それぞれの直線から最小距離の点の位置によって、エゴセンターの位置が定義される。すなわち、H・T法には、質的に異なる2点、視標の“物理的”位置と“視覚的/筋運動感覚的”に決定された主観的位置を結ぶことによってエゴセンターを測定するという難点がある。

この様な難点を解決する為に、我々は図1 b に示す様に、それぞれが“視覚的/筋運動感覚的”に決定された3つの主観的位置を通る2本の直線の交点によってエゴセンターの位置を測定した。ある前額平行面上に置かれた刺激(S1)について、観察者から異なる3つの距離のそれぞれで刺激と同じ方向にみえる刺激位置を“主観的”に決定し、これら3つの点(V1, V2, V3)を通る直線を2つの固定刺激について求め、エゴセンターの位置を推定した(以下、我々の用いた

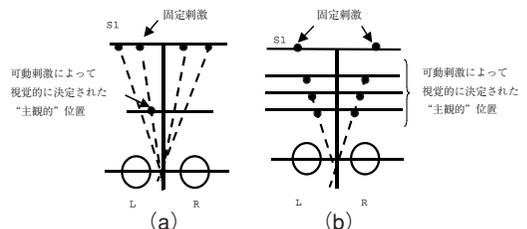


図1 (a) Howard & Templeton法と、(b) 修正した Howard & Templeton法。

方法を修正 H・T 法と呼ぶ)。

加えて、反応に用いる感覚モダリティの違いが方向知覚に違いを生むかどうかを検討する為に、客観的正中面課題(以下 OMP 課題)、主観的正中面課題 (以下 SMP 課題) で、視覚系の反応と筋運動感覚系の反応を用いて知覚された正中面の位置を測定した。OMP 課題 (図 2 a) では、被験者の頭の正中面上に基準となる刺激を設置し、その基準刺激と同じ位置にあると思われる位置に可動刺激を移動させ、SMP 課題 (図 2 b) では、主観的に正中面として知覚される位置に可動刺激を移動させた。

## 2. 方法

### 2.1 刺激と装置

刺激は直径 5 mm の赤色発光ダイオードで、被験者の眼の高さ、異なる前額並行面上に提示した。H・T 法では 4 つの固定光点を被験者の角膜面から 50 cm の距離の前額平行面上で、被験者の頭部の正中面から左右に視角  $15.1^\circ$  と  $30.2^\circ$  の位置に対照的に設置した。視覚系の反応の場合には、1 つの可動光点を被験者の角膜面から 25 cm の距離の前額平行面上に設置した。筋運動感覚系の反応を用いた場合は、固定刺激が設置されている台の裏面にポインターを設置し、その距離は視覚系の反応を用いて測定した場合と同様、25cm の距離でポインティング反応を行った。

修正 H・T 法では、2 つの固定光点を被験者の角膜面から 50 cm の距離の前額平行面上で、正中面から左右に視角  $28.4^\circ$  の位置に対称的に設置した。視覚系の反応、筋運動感覚系の反応とも

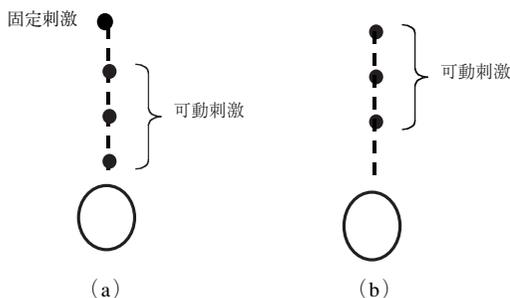


図 2 (a) 客観的正中面 (OMP) 課題と、(b) 主観的正中面 (SMP) 課題。

に、1 つの可動刺激の位置を角膜面から 40, 30, 20 cm の距離の前額平行面上に設置した (図 1 b)。

視覚系の反応 (以下視覚課題と呼ぶ) における可動光点は、被験者自身がハンドルを動かすことによって左右に移動した。複視を防ぐ為、固定光点と可動光点はどちらか一方が点灯し、被験者はスイッチを用いてどちらか一方を点灯させることが可能であった。また、筋運動感覚系の反応 (以下筋運動感覚課題と呼ぶ) では、被験者は遮蔽された手の親指でポインティングを行った。いずれの方法でも左右の手を交互に用いて反応を行った。

H・T 法では、視覚課題、筋運動感覚課題ともに、異なる 4 つの方向で行い、4 本の直線の交点 (もしくは最小距離の点) をエゴセンターの位置と定義した (図 1 a)。修正 H・T 法では、いずれの課題も異なる 2 つの方向で行い、2 本の直線の交点をエゴセンターの位置と定義した (図 1 b)。

### 2.2 手続き

被験者の頭部はバイトボードによって固定された。H・T 法、修正 H・T 法の視覚課題では、被験者は提示された固定光点を凝視し、その位置を記憶した。次に可動光点を点灯して、記憶した光点の位置と可動光点を結ぶ想像上の線分が“自分に向かっている”ように知覚される位置に可動光点の位置を調整した。実験者は可動光点の位置を読み取って記録し、H・T 法では、各固定光点について 8 試行、合計 32 試行が行われた。試行ごとに 4 つの異なる固定光点がランダムな順序で提示された。修正 H・T 法では、2 つの固定光点、3 つの距離条件について 8 試行、合計 24 試行が行われた。どちらの方法でも各被験者は本試行に入る前に 2 回の練習試行を行った。

H・T 法、修正 H・T 法の筋運動感覚課題では、被験者は提示された固定光点を凝視し、その位置を記憶した。次に遮蔽された手の親指の先端に設置されたポインターと記憶された光点の位置を結ぶ想像上の線分が“自分に向かっている”ように知覚される位置に手を移動させ、ポインティングを行った。実験者は、ポインティングされた位置を読み取って記録した。H・T 法、修正 H・T 法共に、視覚課題と同じ試行数で実施した。

### 2.3 被験者

正常な視覚機能を持つ7名（成人男性3名、女性4名）が実験に参加した。

### 2.4 正中面課題

#### 2.4.1 客観的正中面課題（OMP 課題）

被験者の課題は、正中面上の基準刺激の位置と同じ位置に可動刺激の位置を調節する事であった。被験者の正中面上、55.5 cmの位置に固定光点を設置した。視覚課題では、被験者は可動光点の位置を調節し、筋運動感覚課題ではポインティングを行い、ポインターを調節した。いずれの課題も50、40、30 cmの距離で測定された。各距離で10試行、合計30試行が行われた。

#### 2.4.2 主観的正中面課題（SMP 課題）

被験者の課題は、主観的に真正面と思われる位置に可動刺激の位置を調節する事であった。視覚課題、筋運動感覚課題ともにOMPと同様に、被験者は3つの距離について視標の位置を調節した。

### 2.5 被験者

正常な視覚機能を持つ10名（成人男性5名、女性5名）が実験に参加した。

## 3. 結果

### 3.1 エゴセンターの位置

H・T法では、各被験者で、4つの固定光点のそれぞれについて得られた測定値の平均を算出し、角膜面（X軸）と正中面（Y軸）の交点を原点とするデカルト座標の座標値として表現した。Mitsonらの研究<sup>3)</sup>と同様に、固定光点と測定値の平均を結ぶ4本の直線の交点（あるいは最小自乗法で求めた4本の直線からの最小距離にある点の座標値）を算出した。

一方、修正H・T法では、2つの固定光点のそれぞれについて得られた測定値の平均を算出し、同じく座標値として表現した。それぞれの固定光点について得られた3個の測定値の平均に直線をあてはめ、2本の交点を算出した。以上の方法で視覚課題、筋運動感覚課題におけるエゴセンターの位置を推定した。

2つの方法で測定したエゴセンターの平均位置を表1に示す。X軸上の+値は被験者の正中面

の右側を表し、-値は被験者の正中面の左側を表す。また、Y軸上の+値は、被験者の角膜面より前方を表し、-値は被験者の角膜面より後方を表す。

これらの平均位置について、2要因分散分析[感覚モダリティ(視覚・筋運動感覚)×方法(H・T法・修正H・T法)]を行った。X値について、2つの要因間に有意な差は認められなかったが $[p<.05]$ 、Y値については、感覚モダリティ間に有意な主効果が認められた $[F(1,6)=11.966, p<.05]$ 。多重比較の結果、Y値は筋運動感覚条件が視覚条件よりも有意に大きいことがわかった $[p<.05]$ 。しかし、方法間では有意な差は認められなかった $[p<.05]$ 。また交互作用も有意ではなかった $[p<.05]$ 。

### 3.2 OMP, SMP 課題

OMP, SMP 課題では、各距離について得られた測定値の平均値を算出し、理論値0とする母平均検定を行った。その結果、OMP, SMP 課題共に、視覚課題では有意な差は認められなかったが $[p<.05]$ 、筋運動感覚課題で有意な差が認められた $[OMP:t=6.174, p<.05; SMP:t=2.476, p<.05]$ 。また、筋運動感覚課題では測定に用いた手の間で有意な差は認められなかった $[p<.05]$ 。

## 4. 考察

視覚と筋運動感覚を用いて視覚的エゴセンターの位置を測定した。その結果、視覚反応を用いて測定した視覚的エゴセンターは、両眼のほぼ中点で角膜面付近であった。一方、筋運動感覚反応を用いて測定した視覚的エゴセンターは、正中面上、角膜面より約6～14 cm前方に位置していた。また、どちらの感覚モダリティでもエゴセンターの位置に方法間での有意な差は認められなかった。これらの結果から、出力に用いる感覚系によってエゴセンターの位置が異なることが明らか

表1 エゴセンターの平均位置

方法	X		Y	
	平均	SD	平均	SD
視覚課題				
H&T	0.13	0.68	0.52	2.53
修正 H&T	0.019	0.69	0.46	2.43
筋運動感覚課題				
H&T	0.74	2.07	14.16	4.25
修正 H&T	0.64	2.93	6.64	10.89

単位(cm)

かになった。視覚系の反応を用いた場合は、エゴセンターの位置は視方向原理と一致して、両眼のほぼ中点に定位されたが、筋運動感覚系の反応を用いると、正中面上ではあるが、角膜面より前方に定位された。

Shimono らは<sup>5)</sup>、入力・出力共に筋運動感覚を用いて筋運動感覚的 (Kinesthetic) エゴセンターの位置を推定した。彼らによると、筋運動感覚的エゴセンターは測定条件に依存し、身体の表面よりも前方に定位された。Shimono ら<sup>5)</sup>の研究の結果を考慮した上で、本研究の結果を考察すると、本実験での筋運動感覚系反応を用いた結果は、筋運動感覚的エゴセンターの影響をうけたと考えられる。すなわち、方向判断課題では、反応に用いる感覚モダリティに依存して使用されるエゴセンターが異なり、それが反応に影響すると思われる。入・出力で同じ感覚系を使用した視覚課題の H・T 法、修正 H・T 法では、入力の視覚表象と出力の視覚表象の視方向判断に同じエゴセンターが用いられる。一方、入力は視覚的だが、出力に筋運動感覚を用いた課題では、入力の視覚表象と出力の筋運動感覚表象の方向判断に異なるエゴセンターが用いられる。従って、後者の場合、視覚的エゴセンターからの方向判断が筋運動感覚的エゴセンターへと変換されなければならない。その変換過程でエゴセンターの位置が異なる結果を生んだと考えられる。

OMP 課題、SMP 課題の結果は、方向知覚が感覚モダリティによって異なることを示唆している。視覚課題での OMP、SMP 課題の結果はどちらの課題でも視標はほぼ正中面上に知覚されたが、筋運動課題では、いずれの課題も視標の位置は右方向に偏位して知覚された。筋運動感覚系を用いて測定された視標の知覚された位置の右方向の偏位は、利き手の効果が反映されているかもしれない。Shimono らは<sup>5)</sup>、測定に用いた手の方向(例えば、右手を用いた場合は右方向)に筋運動感覚的エゴセンターの位置が移動し、両手を用いた場合には正中面上に定位されたと報告している。本研究ではいずれの課題も両方の手を交互に用いた。右手を用いた場合には右

方向に、左手を用いた場合には左方向に知覚される傾向がみられたが、測定に用いた手の間に統計的有意差は認められなかった。平均して右方向にずれが生じるのは、被験者全員が右利きであり、利き手の効果が結果に反映された可能性もある。今後は左利きの被験者を同様な課題を用いて測定し、利き手の違いによる結果を比較する事で方向判断課題への利き手の効果を検討する必要がある。

本研究では、視覚的エゴセンターの位置を視覚系の反応と筋運動感覚系を用いて測定した。その結果、視覚を用いて測定されたエゴセンターは、視方向原理の仮定と一致して両眼の中点に位置していた。一方、筋運動感覚で測定されたエゴセンターは、正中面上、角膜面から前方に定位された。つまり、使用する感覚モダリティによってエゴセンターの位置が異なることが示唆された。また OMP 課題、SMP 課題の結果も、視標の方向知覚が感覚モダリティに依存していることを示している。

今後の課題として、視覚で測定されたエゴセンターと筋運動感覚で測定されたエゴセンターの位置の妥当性を検討することを考えている。

## 文 献

- 1) E. Hering (C. A. Radde (transl)): Spatial sense and movement of the eye. American Academy of Optometry, Baltimore, 1942.
- 2) H. Ono: Binocular visual direction of an object when seen as single or double. *D. Regan (ed): Vision and Visual Dysfunction*, 9. *Binocular vision*. Macmillan, London, 1991.
- 3) L. Mitson, R. Barbeito and H. Ono: Three methods of measuring the location of the egocenter: their reliability, comparative locations and intercorrelations. *Canadian Journal of Psychology*, **30**, 1-8, 1976.
- 4) R. Barbeito and H. Ono: Four methods of locating the egocenter: A comparison of their predictive validities and reliabilities. *Behavior Research Method and Instruments*, **11**, 31-36, 1979.
- 5) K. Shimono, A. Higashiyama and W. J. Tam: Location of the egocenter in kinesthetic space. *Experimental Psychology*, **27**, 848-861, 2001.