

聴覚的エゴセンターの位置に及ぼす音源方向の効果

助宮, 治
九州大学大学院人間環境学府

中溝, 幸夫
北九州市立大学

三浦, 佳世
九州大学大学院人間環境学研究院

<https://doi.org/10.15017/15710>

出版情報 : 九州大学心理学研究. 9, pp.19-26, 2008-03-31. 九州大学大学院人間環境学研究院
バージョン :
権利関係 :

聴覚的エゴセンターの位置に及ぼす音源方向の効果

助宮 治¹⁾ 九州大学大学院人間環境学府
中溝 幸夫 北九州市立大学
三浦 佳世 九州大学大学院人間環境学研究院

The effect of directions of sound source on location of the auditory egocenter

Haru Sukemiya (*Graduate school of human-environment studies, Kyushu university*)

Sachio Nakamizo (*The university of kitakyushu*)

Kayo Miura (*Faculty of human-environment studies, Kyushu university*)

The present study estimated the location of the origin of spatial coordinates in the human auditory localization system, which is called the auditory egocenter. A standard sound was presented from one of eight loudspeakers located at 30, 60, 120 and 150 degrees around the head. A loudspeaker for a comparison sound was moved by the experimenter on the arc at one of three distances of 30, 45 and 60cm from the head center, and the comparison sound was presented after the standard sound. Subjects' task was to answer whether the perceived direction of the comparison sound was frontward or backward with respect to that of the standard sound. The results showed that: (a) when the standard sound was presented within the central visual field, the estimated auditory egocenter was very near the midpoint of the interocular axis, and (b) when the standard sound was presented in the peripheral or out of the visual field, it was very near the head center. The results indicate that location of the auditory egocenter is variable along the head median plane, depending on the direction of target sound with respect to the head.

Keywords: auditory localization, egocenter, eye- and head-centered coordinate system

はじめに

ヒトが物理空間の中で自己の運動を精密に制御するためには、様々な感覚系からもたらされる情報を用いて、自己と様々な対象物との空間関係を把握する必要がある。例えば、友人と会話しているとき、後方から自分の名前を呼ぶ声が聞こえたら、我々は間違いなくその方向に顔を向けるだろう。この場合の頭部の回転運動は、自分を呼ぶ声の位置情報処理に基づくものであることは明らかであり、このような運動の実現には、対象物の位置や方向を自己の身体に関連付けて把握する空間定位機構の存在が不可欠である。本研究は、空間定位に関わる感覚モダリティの中で特に聴覚に注目し、音源方向の知覚特性の検討を通して、聴覚定位機構を明らかにすることを目的としている。

空間定位の原点（エゴセンター，Egocenter）

対象物の位置を把握するために必要な情報は、方向と距離に関する情報である。これらの情報は、どこかを原点（origin）とする座標系によって表現することが可能である。例えば、ある対象物の方向判断において、観察者自身に対する対象物の絶対方向の原点は観察者自身の身体、あるいは身体のどこかということになる。自己の身体を基準として判断された知覚的方向の原点はエゴセンター（egocenter）と呼ばれ、これまでに、視覚や筋感覚など、様々な感覚モダリティごとにエゴセンターの位置が調べられている（Barbeito and Ono, 1979; Cox, 1999; Mitson, Barbeito, & Ono, 1976; Neelon, Brungart, & Shimpson, 2004; 西田・中溝, 2002; Shimono, Tam, & Higashiyama, 2001）。これまでに最も多くの研究が行われてきたのは、視覚的エゴセンターの位置に関する研究である（Barbeito & Ono, 1979; Mitson, Ono, & Barbeito, 1976; 西田・中溝, 2002; Roelofs, 1959）。これまでの研究で用いられてきたエゴセンターの位置の推定方法のうち、代表的な2通りの方法について概要を以下に述べる。本来これらの方法は、視覚的エゴセンター

¹⁾ 本稿の執筆にあたり丁寧なご指導を賜りました光藤宏行講師、ならびに、実験実施にあたり技術的支援をいただいた黒木大一期技術職員および矢作建設工業株式会社に、厚く御礼申し上げます。

の位置を測定することを目的として提案された方法である。

エゴセンターの位置の推定方法

Howard & Templeton 法：この方法のオリジナル版 (Howard & Templeton, 1966) では、被験者の顔の前方でかつ眼の高さに刺激棒 (長さ20cm) を置き、棒の遠くの方の先端 (基準刺激) を両眼で凝視しながら、刺激棒が自分自身を指し示すようにもう一方の先端 (比較刺激) の位置を調整させる課題を用いて、視方向の原点の位置を推定する。Fig.1-1 では、この仮説をもとに Mitson et al. (1976) で実際の視覚的エゴセンターの位置の推定実験に用いられた Howard & Templeton 法の刺激と装置の配置を示す。基準刺激 (A および B) と比較刺激 (A1 および B1) はいずれも光点 (LED) で、身体からの距離が異なる前額平行面に配置された。知覚された基準刺激の方向は、「基準刺激と比較刺激を結ぶ仮想上の直線が被験者自身に向かうように、比較刺激の位置を手で調整する」課題を用いて測定された。このとき、基準刺激 (例えば A) と知覚位置 (例えば A1) とを結ぶ直線が、基準刺激 (A) の知覚方向を表す。視覚的エゴセンターは2本以上の知覚方向を表す直線の交点とし

て定義されている。

Funaishi 法：Fig.1-2 は、Funaishi 法の刺激の配置を表す。この方法では、被験者は、正中軸上の固視点 (F) を凝視しながら、固視点と同じ前額平行面でかつ正中軸の左右2ヵ所に呈示された基準刺激 (A および B) の知覚方向を、指先でポインティングすることが求められた。被験者のポインティング反応は、1点の基準刺激について、胸部からの距離が異なる2つの距離で測定され、これら (例えば A1 および A2) を結ぶ直線を基準刺激 (A) の知覚方向とした。視覚的エゴセンターは、2本の知覚方向を現す直線の交点として定義されている (Funaishi, 1926)。

感覚モダリティに依存したエゴセンターの位置

Mitson et al. (1976) は、Howard & Templeton 法と Funaishi 法で視覚的エゴセンターの位置を測定し、方法間でのエゴセンターの位置を比較した。その結果、いずれの方法でも視覚的エゴセンターの位置はほぼ両眼軸中点に推定されることを示した。一方、西田・中溝 (2002) は、視覚的に呈示された基準刺激の知覚方向を、自分の手が見えない状況下で親指でポインティングする筋運動課題を用いて測定し、視覚-筋運動感覚的エゴセ

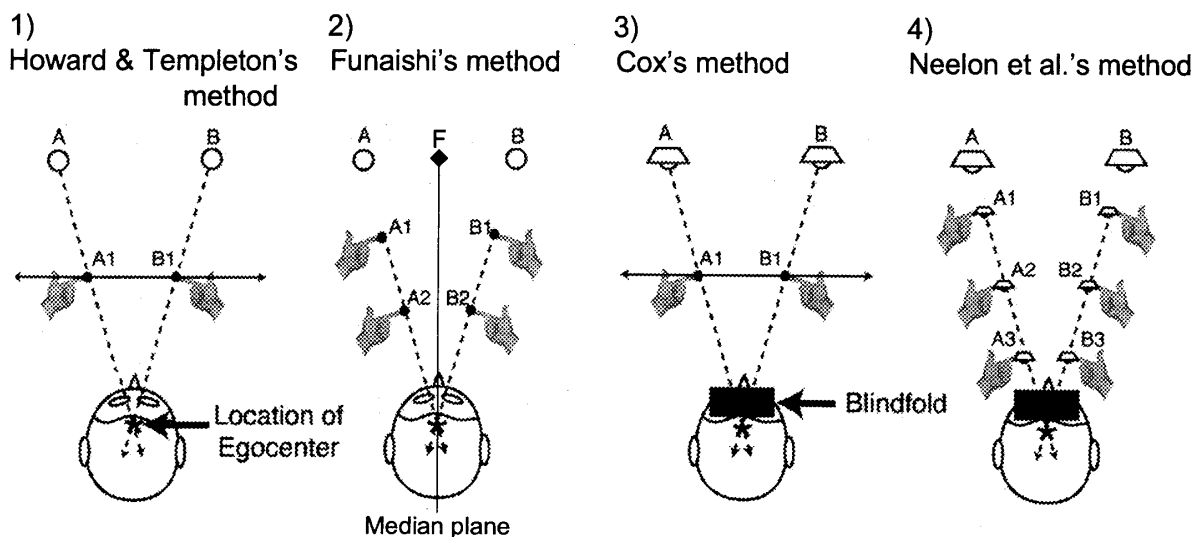


Fig.1 視覚および聴覚的エゴセンターの推定方法

1) Howard & Templeton 法, 2) Funaishi 法: いずれも A, B は基準刺激 (光点), A1, A2, B1 および B2 は、各基準刺激の知覚方向を指先でポインティングした位置を示す。また Funaishi 法における F は、被験者の固視点を表す。3) Cox (1999) が用いた聴覚版の Howard & Templeton 法。A, B は基準音呈示用スピーカー, A1, B1 は各基準音の知覚方向を指先でポインティングした位置を示す。4) Neelon et al. (2004) が用いた聴覚版の Funaishi 法。A, B は基準音呈示用スピーカー, A1, A2, A3, B1, B2 および B3 は、被験者の指先の装着された点音源を示す。 [Neelon et al. (2004) Fig.1 をもとに作成]

ンターの位置を調べた。その結果、エゴセンターは正中軸上ではあるが両眼軸よりも前方に推定され、定位反応に用いた手の方向（例えば右手で定位した場合は右方向）の影響を受ける可能性を示した。また Shimono et al. (2001) では、閉眼下で、右手で基準刺激（高さ5 cmの細い棒）を握った後に、自分に対する基準刺激の方向と一致するように比較刺激の位置を右手、左手または両方の手で調整させる課題を用いて、筋運動感覚的エゴセンターの位置を調べた。その結果、エゴセンターは被験者の頭部および胴部よりも前方に推定され、定位反応に用いた手の方向にエゴセンターの位置が移動することを報告している。

ここで、様々な位置にある刺激への指先でのポインティング動作特性を検討した先行研究から、知覚される刺激の位置は、実際に呈示された位置よりも被験者の手や肩などの身体部位に向かってずれた位置にポインティングされることが報告されている (Chieffi, Woodin, & Allport, 1999; Sochting & Flanders, 1989; 吉田・乾, 2003)。このことから、手の運動制御に利用される刺激の位置情報は、様々な身体部位を基準とする自己中心座標系で表現されている可能性が指摘されている。西田・中溝 (2002) と Shimono et al. (2001) が示した視覚-筋運動感覚的ならびに筋運動感覚的エゴセンターの位置は、定位対象の位置情報の入力と定位反応に関わる感覚モダリティの違い、さらには定位反応に用いた手の方向に依存して、エゴセンターの位置が異なる可能性を示している。それでは、聴覚定位においてエゴセンターの位置はどこに推定されるのであろうか。

聴覚による空間定位の原点（聴覚的エゴセンター）

これまでに神経生理学ならびに心理物理学的研究から、音源の聴覚的位置情報の表現には、眼中心座標系 (Eye-centered coordinates) や頭部中心座標系 (Head-centered coordinates) が利用される可能性が指摘されてきた (Cohen & Andersen, 2000; Lewald & Ehrenstein, 1996; Mullette-Gillman, Cohen, & Groh, 2005)。しかし、エゴセンターという概念を用いた研究の枠組みにおいて、聴覚的エゴセンターの位置に及ぼす音源の位置の効果や定位課題の影響についての検討は、視覚や筋運動感覚のそれと比較すると非常に少なく、我々の知る限りこれまでに2つしかない (Cox, 1999; Neelon, Brungart, & Simpson, 2004)。

Cox (1999) は、Mitson et al. (1976) が実験で用いた Howard & Templeton 法 (1966) の聴覚版を用いて、目隠しをした晴眼者の聴覚的エゴセンターの位置を調べた。Fig.1-3 は Cox (1999) の刺激と装置の配置を表わす。基準音 (A または B) とそれと等しい方向と被験者に判

断された測定値 (A1 または B1) を結ぶ直線が、基準音の知覚方向と定義された。4カ所の基準音についてそれぞれ知覚方向を表わす直線を求め、4本の直線の交点、もしくは4本の直線からの最小距離の点 (重心, centroid) が聴覚的エゴセンターの位置と定義された。その結果、エゴセンターの位置は正中軸と両耳軸の交点、すなわち頭部中心近辺に推定されることが示された。

しかし、Cox (1999) の研究は実験方法に関して2つの問題点を含んでいた。これらはいずれも Howard & Templeton 法自体がもつ問題点であるが、一つは、音源の聴覚定位に指先でのポインティング課題を用いたため、反応時の筋運動感覚情報の影響が排除されていなかった点である。先行研究から定位反応に関わ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可能性が示唆されたことから、Cox (1999) によって推定された聴覚的エゴセンターは、聴覚-筋運動感覚間の異種感覚情報統合過程を経た結果を表していた可能性がある。もう一つは、質的に異なる2点、すなわち被験者の頭部に対する基準音の物理的な位置と、被験者が基準音と知覚的に方向が等しいと判断した測定値を結ぶ直線によってエゴセンターの位置を求めている点である。被験者に対する対象物の物理方向と、被験者が知覚する対象物の方向とは必ずしも一致するとは限らないため、Cox (1999) による刺激音の知覚方向の定義は適当ではないと考えられる。

これらの問題点について、Neelon et al. (2004) は次の方法によって解決を試みた。すなわち、定位反応時の筋運動感覚情報の影響をできるだけ排除するために、被験者の指先に装着した点音源の位置を調節させ、刺激音の知覚方向を聴覚的に判断させる課題を用いた。また、エゴセンターの位置の推定方法として Funaiishi 法 (1926) の聴覚版を用いて、1カ所の基準音の知覚方向を身体から距離の異なる3つの前額平行面上で測定し、これらを結ぶ直線を複数の基準音について求めて、それらの直線の交点もしくは最小距離の点によってエゴセンターの位置を推定した (Fig.1-4)。基準音の呈示範囲は、被験者の正中軸前方0°に対して最大で左右65°範囲であり、正中軸前方からの偏位度を変数に、目隠しをした晴眼者の聴覚的エゴセンターの位置を比較した結果、基準音の方向に依存して頭部正中軸上の異なる位置に推定されることを示した。

しかし、Neelon et al. (2004) の研究も2通りの問題点を含んでいると考えられる。一つは、Cox (1999) と同様に、定位反応時の筋運動感覚情報の影響が完全に排除されていない点である。Neelon et al. (2004) は、基準音の知覚方向の測定に、点音源の位置を調節する課題を用いた。しかし、点音源の位置は被験者自身が指先で調整する必要があったため、エゴセンターの位置が筋運動感覚情報の影響を反映した可能性は拭いきれない。も

う一つは、各基準音の知覚方向を身体からの距離が異なる3つの前額平行面上で測定し、エゴセンターの位置を推定したが、このとき、身体から測定点までの距離が被験者間で統制されていなかった点である。Cox (1999) と Neelon et al. (2004) の研究はそれぞれが問題点を含んでいるため、両者間でのエゴセンターの位置の違いがどのような要因によって生じているかは、明らかでない。さらに、Neelon et al. (2004) では、定位対象としての音源の位置が被験者の正中軸前方0°に対して最大でも左右65°以内に制限されており、その位置より後方(被験者の背後)にある音源を用いた聴覚定位における聴覚的エゴセンターの位置は未だ調べられていない。聴覚定位の特徴として、頭部を基準とする360°の空間において音源の空間定位が可能であるため、聴覚定位機構を解明する上では、視野辺縁領域を含む視野範囲だけでなく、身体の後後を含む広い空間における聴覚定位特性を調べなければいけない。

そこで本研究は、極限法の一つである完全上下法²⁾を導入し、定位対象としての基準音に対する比較音の方向判断課題を用いて、次の問題点を明らかにすることを目的とした：

(1) 定位反応時に視覚ならびに筋運動感覚情報の影響を統制した状況下で、音源は頭部のどこを原点として定位されるのか(聴覚的エゴセンターの位置の特定)、(2) 被験者に対する音源の呈示方向は聴覚的エゴセンターの位置に影響を及ぼすのか、(3) もし影響を及ぼすのであれば、音源の呈示方向の違いはエゴセンターの位置にどのように反映されるのか。

実 験

方 法

被験者 大学生28名(女性19名, 男性9名)が実験に参加した。7名ずつ4群に分けられ、基準音の方向条件にそれぞれ割り当てられた。被験者は、全員が正常視力ならびに正常聴力を有していた。

装置・刺激 Fig.2に刺激と装置の配置を示す。基準音および比較音はホワイトノイズ(音圧レベル60 dB)であり、パーソナルコンピューター(SONY VAIO Note, 以下PC)と11個のスピーカー(幅7.6 cm×高さ21.5 cm, YAMAHA製)を用いて呈示した。スピーカーは、スイッチによって手で刺激音を呈示するスピーカーの切り替えが可能で制御された。基準音呈示用の8個のスピーカーは、被験者の頭部中心を基準とした半径90 cm

²⁾ 完全上下法では、施行毎に比較刺激の位置を実験者が調節するため、被験者の定位反応における筋運動感覚の影響を排除することが可能である。

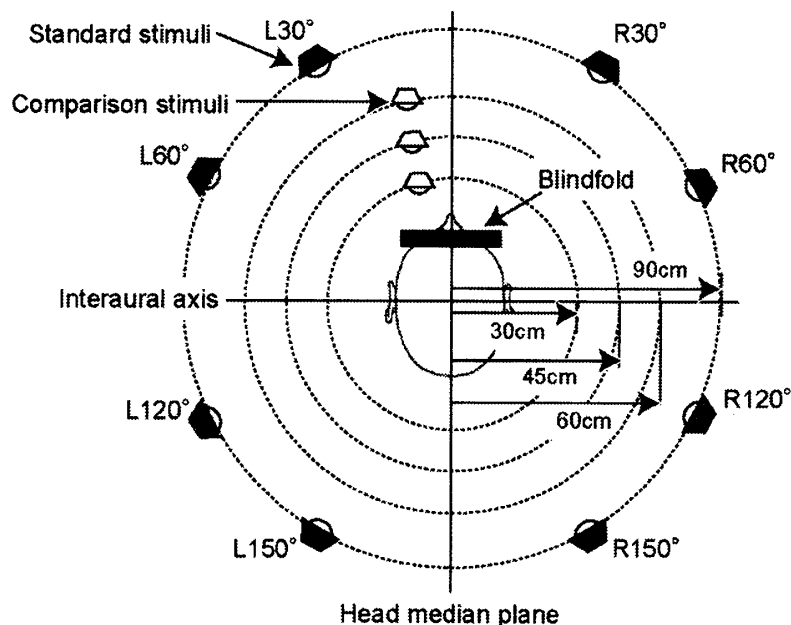


Fig.2 刺激と装置

実験装置の配置の鳥瞰図を示す。■は基準音呈示用のスピーカー, □は比較音呈示用のスピーカーを表わす。頭部中心を原点として、基準音は半径90cmの円周上に固定され、比較音は半径30, 45または60cmの円周上を移動した。

の円周上に配置された。その位置は、被験者の正中軸前方を0°として、左右に30°、60°、120°および150°の方向で、かつ耳の高さ（床上120 cm）であった。3個の比較音呈示用スピーカーは、基準音と同じく頭部中心を基準とした半径30、45および60 cm 円周上を可動する滑車上に、それぞれ床上110 cmの高さとなるよう設置された。

実験の間、被験者は高さが調節できる椅子に着席した。被験者の頭部は、胴部と頭部の正中面が一致するように顎のせ台に固定された。顎のせ台の高さは、眼の高さが床上120 cmとなるように設定された。実験の開始前に被験者に対して実験装置の配置に関する視覚的事前知識を与えないという目的で、顎のせ台と実験装置の間には暗幕による仕切りが設けられた。

手続き 実験の開始前、被験者は眼の高さが床上120 cmとなるように椅子の高さを調節し、アイマスクを装着した状態で、ヘッドバンドによって顎のせ台に頭部を固定した。被験者の視界が遮断されたことを実験者が確認した後、顎のせ台と実験装置の間の仕切りが取り除かれ、実験が開始された。

各試行の開始前、実験者は1カ所の比較音呈示用スピーカーの位置を手動で調整した。その位置は、各基準音の方向に対して前方（被験者の正面側）に10°の方向から後方（被験者の背後側）に10°の方向の範囲の1カ所であった。

試行が開始すると1カ所のスピーカーから基準音が500 ms 呈示され、500 ms の無音の遅延時間を挟んだ後で、比較音が500 ms 呈示された。被験者の課題は、比較音が呈示された後で、比較音の聞こえた方向が基準音

よりも前方であったか、または後方であったかを口頭で答えることであった。このとき、被験者は、「自分に対する基準音の方向と比較して、比較音の方向が真正面にずれて感じられた場合は「前」、真後ろにずれて感じられた場合は「後ろ」と答えること」と教示された。

全試行は、比較音の距離条件ごとにブロック化された。各ブロック内では、基準音の位置ごとに、比較音の位置が基準音より前方10°から後方10°のまで1°ずつ移動する下降系列と、後方10°から前方10°まで1°ずつ移動する上昇系列を、それぞれ3回ずつ繰り返し実施した。各系列は、被験者の反応が正解となった時点で打ち切られた。また、基準音あるいは比較音を聞き逃した試行は、全試行終了後に再試行された。実験は、ビニール製の防音シートと吸音材（ポリウール、株式会社フコク製）を用いて簡易的に遮音装備を施した完全暗室で実施された。

実験計画 基準音の方向(4)×比較音の距離(3)の2要因混合計画であった。基準音の方向は、被験者の正中軸前方0°に対する偏位度によって30°、60°、120°および150°の4条件とした。また比較音の距離は、被験者の頭部中心から30、45および60 cm の3条件とした。基準音の方向は被験者間要因、比較音の距離は被験者内要因であった。

結果

聴覚的エゴセンターの位置の算出方法は、Neelon et al. (2004) が用いた聴覚版の Howard & Templeton 法に従った。すなわち、被験者ごとに、1カ所の基準音について得られた3点の測定値に回帰直線をあてはめ、その直線の方向を基準音の知覚方向とした。基準音の方向条件ご

Table 1
被験者ごとの聴覚的エゴセンターの位置

被験者ごとに推定されたエゴセンターの、頭部中心からの偏位量を示す。X軸は両耳軸方向を表わし、頭部正中面に対して右方向への偏位を+値、左方向への偏位を-値で表す。Y軸は頭部正中軸方向を表し、両耳軸に対して前方への偏位を+値、後方への偏位を-値で表す。単位はcm。

		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
30 deg	X value	1.45	.75	.56	.31	.38	.28	1.18
	Y value	7.40	7.58	12.70	10.71	9.25	6.23	9.54
60 deg	X value	6.42	1.83	1.17	-.09	1.29	4.85	2.96
	Y value	-4.49	.40	-.08	.80	-.89	.93	1.14
120 deg	X value	-5.59	-1.51	-0.54	-4.20	-5.20	3.75	-2.85
	Y value	6.85	1.37	-1.91	-3.06	-2.59	.59	1.81
150 deg	X value	.03	.38	-2.00	-2.20	-.68	-2.85	-2.85
	Y value	1.37	-.36	.85	-4.89	.32	1.81	1.81

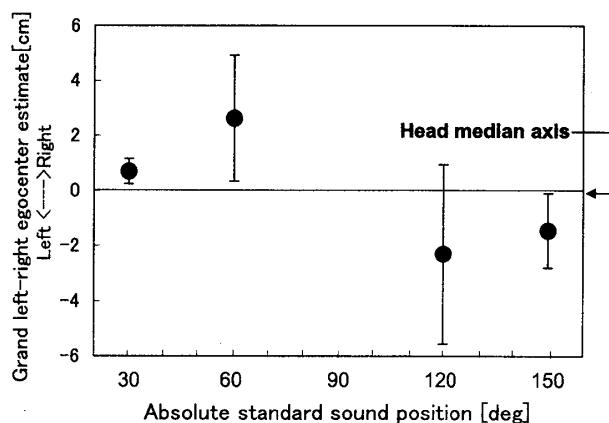


Fig.3 両耳軸方向の聴覚的エゴセンターの位置

被験者の正中軸前方0°に対する基準音の絶対偏位度の関数として、両耳軸方向のエゴセンターの位置を表す。X軸は基準音の方向を表し、0は正中軸前方0°を示す。Y軸は両耳軸方向のエゴセンターの位置を表し、0は正中軸を示す。右方向への偏位を+値、左方向への偏位を-値として表す。エラーバーは標準偏差を示す。

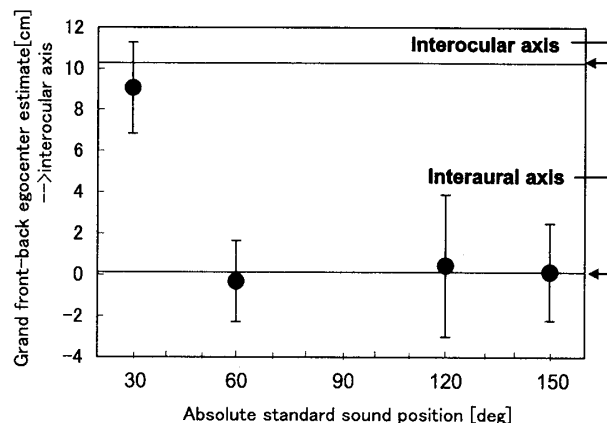


Fig.4 正中軸方向の聴覚的エゴセンターの位置

被験者の正中軸前方0°に対する基準音の絶対偏位度の関数として、正中軸方向のエゴセンターの位置を表す。X軸は基準音の方向を表し、0は正中軸前方0°を示す。Y軸は正中軸におけるエゴセンターの位置を表し、0は両耳軸を示す。前方への偏位を+値、後方への偏位を-値として表す。Y=10.13は両眼軸の位置を示す。エラーバーは標準偏差を示す。

とに2本の回帰直線の交点を算出し、聴覚的エゴセンターと定義した。このとき、頭部中心を座標原点として、右方向を「+」値、左方向を「-」値、前方を「+」値、後方を「-」値とした。Table 1に、基準音の方向条件ごとに推定された聴覚的エゴセンターの位置を示す。また正中軸前方0°に対する基準音の偏位度の関数として、両耳軸ならびに頭部正中軸における聴覚的エゴセンターの位置を、それぞれFig.3とFig.4に示す。被験者28名を通した頭部中心と両眼軸中点との距離の平均値は、10.13 cmであった (SD=0.79)。

推定された聴覚的エゴセンターの両耳軸 (X軸) 方向ならびに正中軸 (Y軸) 方向の位置を従属変数とし、それぞれ基準音の方向 (4) を独立変数とする被験者間1要因分散分析を行った。両耳軸 (X軸) については、基準音の方向の主効果が有意であった [$F(3,24)=3.86, p<.05$]。Ryan法による多重比較の結果、30°条件と60°および120°条件との間で、エゴセンターの両耳軸方向の位置に有意差が見られた [いずれも $p<.05$]。頭部正中軸 (Y軸) についても、基準音の方向の主効果が有意であった [$F(3,24)=21.71, p<.001$]。Ryan法による多重比較の結果、30°条件と60°、120°および150°条件の間で、エゴセンターの正中軸方向の位置に有意差がみられた [すべて $p<.05$]。

エゴセンターの位置と頭部との対応関係をより詳細に検討するために、エゴセンターの両耳軸 (X軸) の位置

と正中軸、ならびに正中軸 (Y軸) の位置と両眼軸中点および頭部中心との間でそれぞれ t 検定を行った。まず両耳軸 (X軸) のエゴセンターの位置については、120°以外のすべての条件で正中軸との間に有意差がみられた [30°条件: $t(12)=4.07, p<.01$; 60°条件: $t(12)=3.05, p<.05$; 150°条件: $t(12)=2.85, p<.05$, 全て両側検定]。このことから、基準音の方向によっては、最大でも約2.6 cm 正中軸から左右にずれた位置にエゴセンターが移動することが分かった。正中軸 (Y軸) 方向のエゴセンターの位置については、30°条件のみ両眼軸中点からの有意な移動は認められず [$t(12)=2.20, p=.11$, 両側検定]、60°、120°および150°条件はいずれも頭部中心からの有意な移動は認められなかった [60°条件: $t(12)=.42, p=.70$; 120°条件: $t(12)=.34, p=.75$; 150°条件: $t(12)=.14, p=.89$, 全て両側検定]。これらの結果は、正中軸方向のエゴセンターの位置が、音源方向に依存して頭部の異なる位置に推定されたことを意味する。すなわち、音源が正中軸前方に対して左右30°の方向から呈示された場合、エゴセンターの位置は両眼軸の中点とほぼ一致するが、60°またはそれよりも後方から呈示された場合は、頭部中心へと移動することが分かった。

考 察

本研究では、頭部に対して様々な方向から呈示される音源の方向判断課題を用いて、聴覚的エゴセンターがどこに位置するかを検討した。実験から、聴覚的エゴセンターの位置は、被験者の正中軸前方 0° からの音源の偏位度に依存して、頭部の異なる位置に推定された。すなわち、正中軸前方 0° に対して左右 30° の方向から音源が呈示された場合、エゴセンターの位置はほぼ両眼軸中点と一致するが、 60° より後方から音源が呈示された場合には頭部中心と一致した。これらの結果は Neelon et al. (2004) の知見と一致する。Neelon et al. (2004) では、正中軸前方に対して左右 30° の範囲に音源が呈示された条件で聴覚的エゴセンターの位置は最も両眼軸中点に近づき、正中軸に対する音源の偏位度が最大で 65° に及ぶと頭部中心へと移動することが報告されている。

ここで、両眼軸中点とは、視覚的エゴセンターの推定位置に相当することが知られている (Mitson et al., 1976 ; Barbeito & Ono, 1979 ; 西田・中溝, 2002)。本研究では、実験の実施中、被験者にアイマスクを装着しており、また被験者には事前に刺激や装置の配置に関する視覚情報を与えなかったため、被験者の音源への定位反応時に視覚情報が影響した可能性はない。それにも関わらず、正中軸前方付近に音源が呈示された場合、聴覚的エゴセンターは視覚のそれと同じように、両眼軸中点に位置することが分かった。その原因として、実験に参加した被験者が、心的な視空間表象を持つと考えられる晴眼者であったことが考えられる。正中軸前方付近は、(両眼が正中を固視しているとすれば) 中心視野領域に相当し、その空間解像度は非常に高いことが知られている。晴眼者では、中心視野領域の音源の定位において、視覚を優位的に機能させるメカニズムが備わっている可能性がある。

さらに、正中軸前方 0° に対して左右 60° 方向(視野辺縁領域に相当)より後方では、音源の方向に関わらず、エゴセンターの位置はほぼ一貫して頭部中心と一致することも明らかになった。ここで先行研究において、聴覚的エゴセンターが両眼軸中点から頭部中心へと移動したことの原因に、定位反応時の筋運動感覚の影響が考えられた (Cox, 1999 ; Neelon et al., 2004)。しかし本研究では、被験者の定位反応に運動課題は用いておらず、筋運動感覚情報がエゴセンターの位置に影響した可能性は考えにくい。むしろこれらの事実は、聴覚的エゴセンターの位置の移動が、音源と頭部(あるいは視野領域)との空間的位置関係に依存して生じることを示唆している。聴覚入力のみに基づく音源の定位方向は頭部中心を原点とするが、視野領域の特に頭部正中面に近い領域では、定位された音源の空間表象形成に知覚的視空間座標系が

優位に選択される、もしくは、その機能により大きい重み付けがなされるという2通りの可能性が考えられる。この点を検討するためには、更なる実験が必要である。

定位対象の位置情報の入力と反応に関わる感覚モダリティによって、エゴセンターの位置は異なる(西田・中溝, 2002 ; Shimono, Tam, & Higashiyama, 2001)。複数の感覚が刺激される定位課題においては、事物の位置に関する単一の空間表現を形成するために、各感覚で空間的に異なる座標上での位置情報を統合する必要がある。これまでに、知覚系は定位された事物の位置情報に関する異種感覚間でのずれ(cross-modal mismatch)を最小にするような情報処理機構を有しており(Komoda & Ono, 1974 ; Neelon et al., 2004)、聴覚的位置情報の脳内表象において、眼球中心座標、頭部中心座標および眼球中心座標と頭部中心座標の組み合わせを選択的に利用している可能性が指摘されている(Cohen & Andersen, 2000 ; Mullette-Gillman, Cohen, & Groh, 2005 ; Stricanne, Andersen, & Mazzoni, 1996)。異種感覚情報統合に基づく知覚的空間座標の形成過程においては、ある感覚座標を選択的に機能させることで異種感覚間でのずれを補正し、空間知覚の精度を向上させているのかもしれない。このとき、音源の位置表現にどのような自己中心座標系が用いられるかは、定位された音源方向が頭部に対してどの方向にあるかに依存して決定される可能性がある。

今後の展望としては、空間定位において複数の感覚モダリティが関与する場面において、定位行動の正確さやエゴセンターの位置にどのような影響が生じるかを検討する必要がある。また本研究では、視力・聴力ともに健康な成人のみを対象に聴覚的エゴセンターの位置を調べた。今後は、子供や高齢者、視覚障害者を含めた被験者の空間定位特性の検討を通して、異種感覚統合に基づく空間知覚機構の発達の側面の解明が必要である。

引用文献

- Barbeito, R., & Ono, H. (1976). Four methods of locating the egocenter: a comparison of their predictive validities and reliabilities. *Behavior Research Methods and Instruments*, **11**, 31-36.
- Chieffi, S., Allport, A., & Woodin, M.E. (1999). Independent coding of target distance and direction in visuospatial working memory. *Neuropsychologia*, **37**, 495-502.
- Cohen, Y.E., & Andersen, R.A. (2000). Reaches to sounds encoded in an eye-centered reference frame. *Neuron*, **27**, 647-652.
- Cox, P.H. (1999). An initial investigation of the auditory egocenter: evidence for a "cyclopean ear". PhD thesis,

- Nouth Carolina State University.
- Funaishi, S. (1926). Über das zentrum der sehrichtungen. *Albrecht von Graefes Archiv für Ophthalmologie*, **117**, 296-303.
- Howard, I., & Templeton, H. (1966). Human spatial orientation, London:Wiley.
- Komoda, M.K., & Ono, H. (1974). Oculomotor adjustments and size-distance perception. *Perception & Psychophysics*, **15**, 353-360.
- Lewald, J., & Ehrenstein, W.H. (1996). The effect of eye position on auditory lateralization. *Experimental Brain Research*, **108**, 473-485.
- Mitson, G.L., Ono, H., & Barbeito, R. (1976). Three methods of measuring the location of the egocenter: their reliability, comparative locations and intercorrelations. *Canadian Journal of Psychology*, **30**, 1-8.
- Mullette-Gillman, O.A., Cohen, Y.E., & Groh, J.M. (2005). Eye-centered, head-centered, and complex coding of visual and auditory targets in the intraparietal sulcus. *Journal of Neurophysiology*, **94**, 2331-2352.
- Neelon, M.F., Brungart, D.S., & Simpson, B.D. (2004). The isoazimuthal perception of sounds across distance: a preliminary investigation into the location of the audio egocenter. *The Journal of Neuroscience*, **24**, 7640-7647.
- 西田佐希子・中溝幸夫 (2002). 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. *Vision*, **14**, 91-94.
- Shimono, K., & Higashiyama, A., & Tam, W.J. (2001). Location of the egocenter in kinesthetic space. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **27**, 848-861.
- Soechting, J.F., & Flanders, M. (1989). Sensorimotor representations for pointing to targets in three-dimensional space., *Journal of Neurophysiology*, **62**, 582-594.
- Stricanne, B., Andersen, R.A., & Mazzoni, P. (1996). Eye-centered, head-centered and intermediate coding of remembered sound locations in area LIP. *Journal of Neurophysiology*, **76**, 2071-2076.
- Roelofs, C.O. (1959). Considerations on the visual egocenter. *Acta Psychologica*, **16**, 226-234.
- 吉田千里・乾敏郎 (2003). パーソナルスペースでのポインティングにおける身体/環境中心的情報の統合的利用. *認知科学*, **10**, 244-257.