

2-8-1 正中面定位における耳介各部位の役割*

○飯田一博(松下通信・AVC研) △岩根雅美 矢入幹記 森本政之(神戸大・工)

1. はじめに

正中面内の方向定位の手がかり(cue)は、耳介によるスペクトル変化であることが知られている[1]. Gardner and Gardner[2]は、耳介を順次埋めると定位方向の誤り率が増加し、耳介を全部埋めた場合には100%となることを示した。しかし、耳介のそれぞれの部位の正中面定位に対する寄与の大きさは明らかではない。本稿では、耳介各部位を埋めて音像定位実験とHR TFsの測定を行い、正中面定位における各部位の寄与を明らかにした。

2. 音響心理実験

耳介各部位を埋めることが正中面定位に及ぼす影響を音響心理実験により検証した。

2.1 実験方法

実験はマッピング法を用い無響室内で行った。耳介の条件は、耳介開放(正常状態)、scapha埋、scapha+fossa埋、scapha+fossa+concha埋、concha埋の5条件である。それぞれの程みは、造形用油粘土を用いて埋めた。音源信号は広帯域白色雑音(280-11200Hz, 遮断特性 -48dB/oct.)である。提示音圧レベルは50±0.5dBA(RMSslow)である。これは被験者のいない自由空間において頭部の中心に相当する位置で測定した値である。刺激の提示方向は正中面内の被験者の正面0°から後方180°まで30°間隔で7方向である。被験者は、耳介開放状態で正常な正中面定位ができる9名。実験は耳介の条件別に行い、1条件につき70個の刺激(1方向につき10回×7方向)をランダムに提示した。刺激の継続時間は2秒、刺激と刺激の間隔は5秒である。

2.2 実験結果と考察

耳介開放状態での定位方向を規準として、定位精度を検討した。耳介の条件別に、定位方向と音源方向の差の絶対値を方向毎に求めた。Table 1は、被験者ごとに、7方向中、耳介を埋めた状態の定位精度と耳介開放状態における定位精度に有意差(t検定)が生じた方向の数を示したものである。

scapha埋では、4人の被験者でいずれの方向についても耳介開放と有意な差は認められなかった。残りの被験者(5人)についても、有意差が認められたのは7方向中わずかに1方向のみであったこと

から、これらの被験者も、scaphaを埋めても大きく定位精度が低下することはないといえる。また、特定の方向についてのみ有意差が生じるような傾向もみられなかった。

scapha+fossa埋では、被験者I, Kの2人が、5方向で有意差を示し、音源方向にかかわらず音像は特定方向(被験者Iは75°付近, 被験者Kは0°付近)にしか知覚しなかった。この2人の被験者は、scaphaとfossaを埋めることで、明らかに定位精度が低下している。

scapha+fossa+concha埋では、7人の被験者が4方向以上で有意差を示し、音源方向にかかわらず、音像は特定方向にしか知覚せず、定位精度が著しく低下した。ただし、被験者N, Hの2人については、いずれの方向についても有意差が認められず、耳介を埋めても開放状態と同程度の精度で定位できている。

concha埋では、scapha+fossa+conchaと同様の議論から、7人の被験者がconchaを埋めることで、定位精度が低下した。しかし、被験者N, Hの2人は、conchaを埋めても開放状態と同程度の精度で定位できている。

以上をまとめると、次のことがいえる。conchaは、全方向において正中面定位に影響を及ぼす。scaphaは、どの方向においても影響を及ぼさない。fossaは、被験者によっては、全方向において影響を及ぼさない。ただし、全ての部位を埋めても、開放状態と同等の精度で定位できる被験者がいる。

Table 1 The number of direction in which the significant difference between the accuracy of localization of open pinnae and of occluded pinnae is observed(p<0.01). S, scapha occluded; S+F, scapha and fossa occluded; S+F+C, scapha, fossa, and concha occluded; C, concha occluded.

Conditions of pinnae occlusion	Subject									
	I	K	U	Y	Z	M	F	N	H	
S	0	1	0	0	1	1	1	0	1	
S+F	5	5	0	1	2	0	2	0	0	
S+F+C	5	4	4	4	4	4	4	0	0	
C	5	6	5	3	3	4	4	1	1	

* Role of pinnae cavities in median plane localization. By K.Iida(AVC Research Lab. Matsushita Comm.), M.Iwane, M.Yairi, and M.Morimoto(Fac. of Eng., Kobe Univ.)

3. 頭部伝達関数の測定

3.1 測定方法

受聴者のいない自由空間において受聴者の頭部の中心に相当する点で測定された音圧波形を $f(t)$ 、受聴者の外耳道入口で測定された音圧波形を $g(t)$ とし、それぞれのFourier変換形を $F(\omega)$ 、 $G(\omega)$ とすると頭部伝達関数 $H(\omega)$ は次式で定義される。

$$H(\omega) = G(\omega) / F(\omega) \quad (1)$$

小型コンデンサマイクロホン(松下WM-60AY)を用いて $f(t)$ 、 $g(t)$ を測定し、それらをフーリエ変換して(1)式に従い頭部伝達関数(以降HRTFs)を求めた。サンプリング周波数は48kHz、応答長は256サンプルである。被験者、測定方向、耳介の条件は、音響心理実験の場合と同様である。ただし、全ての条件において外耳道を塞いだ状態で測定した。

3.2 測定結果と考察

Fig.1に測定したHRTFsの振幅スペクトルの一例を示す。また、Fig2は、被験者別に各閉塞条件と開放耳介とのHRTFsの振幅スペクトルの相関係数を方向毎に求め、全方向で平均したものである。

scapha埋では、9人全員の被験者が開放耳介と0.90以上の高い相関係数を示している。また、HRTFsの振幅スペクトルをみても、山谷の位置は開放耳介のそれとほぼ一致しており、全体的には、scaphaを埋めてもHRTFsの振幅スペクトルにはほとんど影響しないといえる。

scapha+fossa埋では、scapha埋と同様に、全員の被験者が開放耳介と0.86以上の高い相関係数を示している。また、HRTFsの振幅スペクトルの山谷の位置は開放耳介のそれとほぼ一致しており、全体的には、scaphaとfossaを埋めてもHRTFsの振幅スペクトルにほとんど影響しないといえる。

scapha+fossa+concha埋では、全被験者について開放耳介との相関係数が低下している。また、HRTFsの振幅スペクトルは山谷が平坦化されている。従って、全体的には、scapha, fossa, conchaを埋めるとHRTFsの振幅スペクトルに大きく影響するといえる。

concha埋では、scapha+fossa+concha埋と同様に、全被験者について開放耳介との相関係数が低下している。HRTFsの振幅スペクトルは山谷が平坦化されており、この振舞いはscapha+fossa+concha埋とよく似ている。

以上から、HRTFsの振幅スペクトルは、全体的には、conchaを埋めると大きく変化し、埋めない場合との相関係数は低下する。scapha, fossaは埋めてもほとんど変化せず、埋めない場合との相関係数も高い。

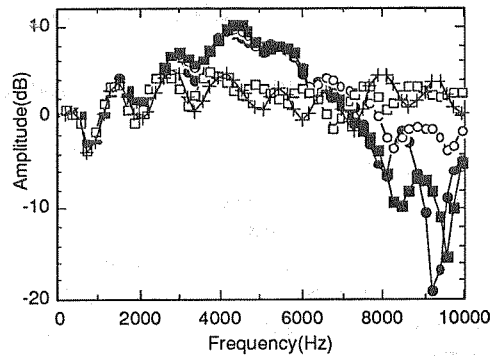


Fig.1 Examples of measured HRTFs under the condition of no occlusion(●), scapha occluded(○), scapha+fossa occluded(■), scapha+fossa+concha occluded(□), and concha occluded(+).

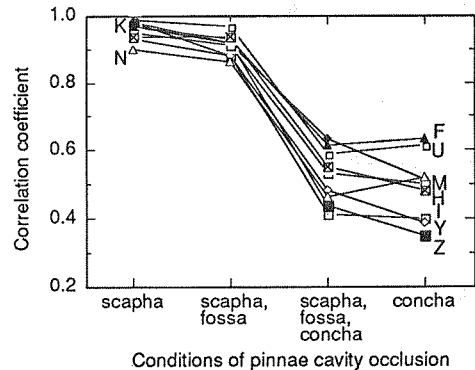


Fig.2 Correlation coefficient between amplitude spectrum of HRTFs of open pinnae and of occluded pinnae as a parameter of subject.

4. 結論

正中面定位における耳介各部位の役割について以下のことを明らかにした。1) conchaは、全方向において正中面定位に影響を及ぼす。2) scaphaは、どの方向においても影響を及ぼさない。3) fossaは、被験者によっては、全方向において影響を及ぼさない。4) ただし、全ての部位を埋めた場合でも、埋めない場合と同等の精度で定位できる被験者がいる。5) conchaを埋めるとHRTFsの振幅スペクトルは大きく変化し、埋めない場合との相関係数は低下する。6) scapha埋の場合は、振幅スペクトルの変化は小さく、埋めない場合との相関係数も高い。7) しかし、方向別に詳細にみると、相関係数は定位精度と必ずしも対応しない。

文献

- [1]たとえば、ブラウエルト、森本、後藤；空間音響、鹿島出版会(1986)。
- [2] M.B.Gardner and R.S.Gardner; J.Acoust.Soc.Am. 53, 400-408 (1973)。