

## 方向決定帯域の帯域幅の伸縮が知覚方向に及ぼす影響\*

☆船岡宗哉(千葉工大院・工学研), 飯田一博(千葉工大・工)

## 1 はじめに

前後・上下方向の知覚手がかり (スペクトラル・キュー) に関する研究は 1960 年代から活発に行われている。

Blauert[1]は, 1/3 オクターブバンドノイズを正中面内の前方, 後方からランダムに提示して音像定位実験を行い, どちらの方向から提示しても特定の方向に知覚する帯域があることを報告し, この特定の帯域を方向決定帯域と呼んだ。また, Itoh *et al* [2]は, 方向決定帯域には個人差が生じること, 1/3 と 1/6 オクターブバンドノイズでは方向決定帯域に違いはないことを示した。Mellert[3]は, 1/12 オクターブバンドおよび純音を用いて正中面内の音像定位実験を行い, 回答方向に周波数依存性があると報告している。

一方で Iida *et al*[4]は頭部伝達関数の 2 つのノッチ (N1・N2) がスペクトラル・キューとして重要な役割を果たしていることを示した。N1・N2, 方向決定帯域は, それぞれ広帯域信号および狭帯域信号を用いて得られた知見であり, これらを体系的に説明できる理論の構築が望まれている。

そこで, 本研究では 1/3 と 1/6 オクターブバンドよりも広い帯域幅や狭い帯域幅の狭帯域信号および純音を用いた音像定位実験を行い, 方向決定帯域の生じ方を検証した。

## 2 実験 1 : 1/6 オクターブバンドノイズによる方向決定帯域

## 2.1 実験方法

被験者の方向決定帯域を求めるため, 1/6 オクターブバンドノイズを用いた音像定位実験を行った。実験は消灯した無響室で行った。実験システムは, ノート PC(Lenovo thinkpad T420), オーディオインターフェース (RME Fireface 800), パワーアンプ (YAMAHA HC1500), スピーカ (ユニット: FOSTEX FE82E ボックス: ダイトーボックス SV70) で構成した。スピーカ配置は, 正中面上 3 方向 (上昇角  $\beta = 0, 90, 180^\circ$ ) でスピーカから頭部中

心位置までの距離は 1.2m とした。呈示音圧レベルは頭部中心位置で 60dB(A) である。被験者は 20 代男子学生 7 名である。刺激は中心周波数が 250-16000Hz の 1/6 オクターブバンドノイズ (37 種類) である。刺激の提示時間は 1.2 秒, 回答時間は 6.0 秒とした。各刺激をいずれかのスピーカからランダムに提示した。呈示回数は各刺激 10 回である。回答方法はマッピング法 (上昇角) である。

## 2.2 方向決定帯域の判定

回答を前方 ( $\beta \leq 45^\circ$ ), 上方 ( $45^\circ < \beta \leq 135^\circ$ ), 後方 ( $135^\circ < \beta$ ) の 3 方向に分け被験者ごとに方向決定帯域を求めた。刺激ごとに, 回答の一番多い方向と他の 2 方向の回答の和の 2 つに分類し, 二項検定を行った。その結果, 有意水準 5% で回答数の一番多い方向が, 他の 2 方向の和の回答数より有意に多いとみなせた場合, その方向を方向決定帯域と判定した。

## 2.3 結果

1/6 オクターブバンドの方向決定帯域を被験者ごとにまとめたものを Table1 に示す。被験者 SKG, NMR, TBT, MTK において, 前, 上, 後それぞれに方向決定帯域が生じた。一方で被験者 ARK, MYM はほぼすべての刺激において方向決定帯域が生じない結果となった。また, 被験者 KMG は 8000Hz を除いた刺激すべてが後方に知覚する方向決定帯域であった。

全被験者に共通な方向決定帯域が 1260Hz (後), 1414Hz (後) で確認できた。しかし, 他の帯域では個人差が生じた。

## 3 実験 2 : 帯域幅を広げた実験

## 3.1 実験方法

実験は消灯した無響室で行った。実験システムは, 2.1 と同様のシステムを用いた。スピーカ配置, スピーカから頭部中心位置までの距離, 呈示音圧レベルもそれぞれ 2.1 と同様

\* Effects of extension and reduction of band width of directional band on localization, by FUNAOKA, Souya and IIDA Kazuhiro (Chiba Institute of Technology).

Table1 1/6 オクターブバンドの各被験者の方向決定帯域

被験者	中心周波数(Hz)																			
	250	281	315	354	397	445	500	561	630	707	794	891	1000	1122	1260	1414	1587	1782	2000	
SKG																				
ARK																				
KMG																				
MYM																				
NMR																				
TBT																				
MTK																				

被験者	中心周波数(Hz)																		
	2245	2520	2828	3175	3564	4000	4490	5040	5657	6350	7127	8000	8980	10079	11314	12699	14254	16000	
SKG																			
ARK																			
KMG																			
MYM																			
NMR																			
TBT																			
MTK																			

の設定とした。被験者は 1/6 オクターブバンドで方向決定帯域を求めた 2 名(SKG,NMR)である。用いた刺激は、1/6 オクターブバンドでの方向決定帯域が同方向に連続で生じる帯域を繋げたもの (Fig.1) 全 8 種類である。刺激の呈示時間、回答時間、呈示パターン、呈示回数、回答方向は 2.1 と同様の設定とした。

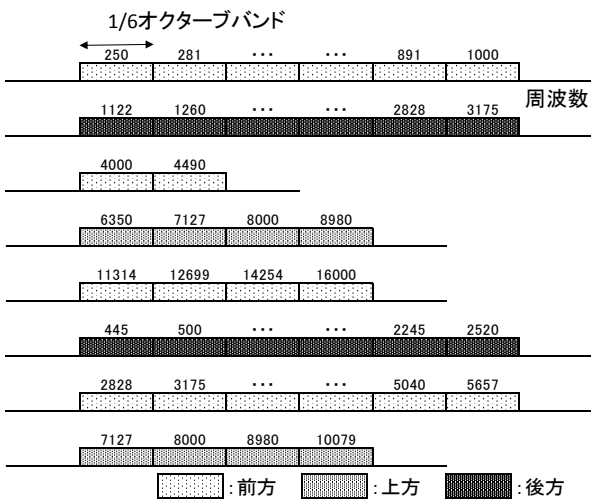


Fig.1 帯域幅を広げた刺激

### 3.2 実験結果

回答結果を Fig.2 に示す。3 方向から呈示した全ての回答を表示した。被験者 SKG の結果(a)を刺激ごとにみていくと、250-1000Hz の回答は前方と後方に分布しており、前方の回答の割合が多い。1122-3150Hz の回答は前方と後方に分布しており、後方の回答の割合が多い。4000-4490Hz の回答は前方と後方に分布しており、前方の回答の割合が多い。6300-8980Hz の回答は上方に分布しているが、60-120° に広く分布している。11314-16000Hz の回答は前方と後方に分布しており、前方の回答の割合が多い。次に被験者 NMR の結果

(b)を刺激ごとにみていくと、445-2500Hz の回答は前方と後方に分布しており、後方の回答の割合が多い。2828-5657Hz の回答は前方と後方に分布しており、前方の回答の割合が多い。7127-10079Hz の回答は上方に分布しているが、若干前方や後方に回答している。

この回答結果より 2.2 の方法と同様に方向決定帯域を求めた。Table2 に示す。被験者 SKG は本実験で用いた刺激 5 つ中 4 つの刺激で 1/6 オクターブバンドと同じ方向に方向決定帯域が生じた。中心周波数 11314-16000Hz の刺激では、1/6 オクターブバンドでは前方であったのに対し、後方の方向決定帯域となった。被験者 NMR は本実験で用いた刺激の全てで、1/6 オクターブバンドと同様の方向決定帯域

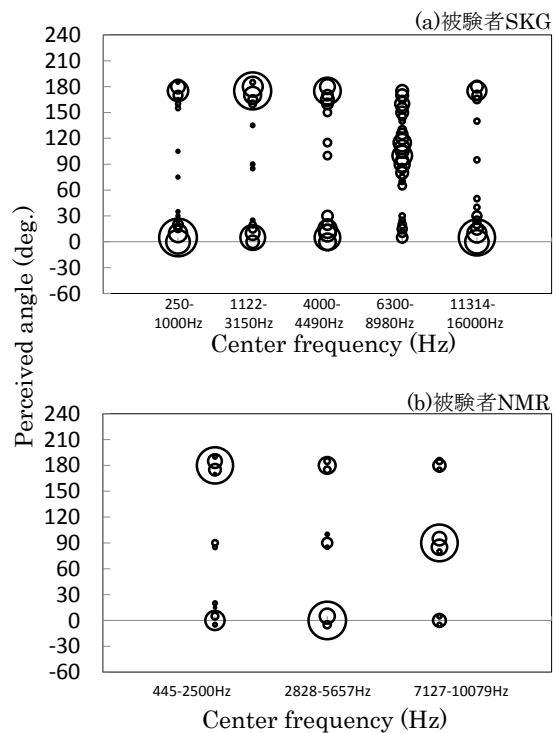


Fig.2 刺激の帯域幅を広げた刺激に対する回答結果

が生じた。

以上のことより、方向決定帯域は同様の方向に知覚する方向決定帯域において、刺激の帯域幅を広げた場合でも保存されるといえる。

Table2 刺激の帯域幅を広げた場合の方向決定帯域

(a)被験者 SKG

帯域幅	中心周波数 (Hz)				
	250-1000Hz	1122-3150Hz	4000-4490Hz	6300-8980Hz	11314-16000Hz
1/6oct	前方	前方	前方	前方	前方
狭げた刺激	前方	前方	前方	前方	前方

(b)被験者 NMR

帯域幅	中心周波数 (Hz)		
	445-2500Hz	2828-5657Hz	7127-1000Hz
1/6oct	前方	前方	前方
狭げた刺激	前方	前方	前方

## 4 実験 3:帯域幅を狭めた実験

### 4.1 実験方法

実験は消灯した無響室で行った。実験システムは、2.1 と同様のシステムを用いた。スピーカ配置、スピーカから頭部中心位置までの距離、呈示音圧レベルもそれぞれ 2.1 と同様の設定とした。被験者は 1/6 オクターブバンドでの方向決定帯域を求めた 4 名(SKG, KMG, NMR, MYM)である。用いた刺激は、4 帯域幅(1/6, 1/12, 1/24 オクターブバンド及び純音)と 3 中心周波数( 1250 Hz, 4000 Hz, 7127 Hz)の組み合わせの 12 刺激を用いた。刺激の呈示時間、回答時間、呈示パターン、呈示回数、回答方向は 2.1 と同様の設定とした。

### 4.2 実験結果

帯域幅を狭めた実験での回答結果を Fig.3 に示す。3 方向から呈示した全ての回答を表示した。被験者 SKG の結果をみると中心周波数 1250Hz の回答では、全ての刺激で前方と後方に分布した。回答の割合は後方に多く分布した。しかし 1/12 オクターブバンドでは前方に多く分布した。4000Hz の回答では、全ての刺激で前方と後方に分布した。回答の割合は前方に多く分布した。7127Hz の回答では、全ての刺激で上方に多く分布した。被験者 KMG の結果をみると中心周波数 1250Hz の回答では、全ての刺激で後方に多く分布した。4000Hz においても後方に多く分布した。7127Hz の回答では、ほとんど刺激で上方に分布した。被験者 NMR の結果をみると中心周波数 1250Hz の回答では、ほとんど刺激で後方に分布した。4000Hz の回答では、全ての刺激で前、上、後に分布している。しかし、1/12 オクターブバンドでは回答が前方にやや多く

分布している。7127Hz の回答では、ほとんどの刺激で上方に分布した。被験者 MYM の結果をみると中心周波数 1250Hz の回答では、全ての刺激で前、上、後に分布している。4000Hz の回答では、前、上、後に分布している。しかし純音のみ前と上に分布しており、上に多く分布している。7127Hz の回答では、全ての刺激で前、上、後に分布している。

この回答結果より 2.2 の方法と同様に方向決定帯域を求めた。結果を Table3 に示す。被験者 SKG は、中心周波数 1250Hz は 1/12 オクターブバンドを除き、後方に方向決定帯域が生じた。4000Hz は、前方に方向決定帯域が生じた。7127Hz は、上方に方向決定帯域が生じた。被験者 KMG は中心周波数 1250Hz は後方に方向決定帯域が生じた。4000Hz は前方に方向決定帯域が生じた。7127Hz は上方に方向決定帯域が生じた。被験者 NMR は中心周波数 1250Hz は後方に方向決定帯域が生じた。4000Hz はほとんどの刺激で方向決定帯域が生じなかった。しかし、1/12 オクターブバンドのみ前方に方向決定帯域が生じた。7127Hz は上方の方向決定帯域が生じた。被験者 MYM は 1250Hz, 7127Hz ですべての刺激で方向決定帯域が生じなかった。4000Hz は方向決定帯域が純音の上方に方向決定帯域が生じた以外、方向決定帯域は生じなかった。

全被験者において同じ中心周波数で刺激の帯域幅を狭めた場合でも、同じ方向に知覚する傾向を示した。

以上のことより、刺激の帯域幅を狭めた場合、純音いずれも方向決定帯域は保存されるといえる。

## 5 おわりに

本研究では、1/6 オクターブバンドで求めた方向決定帯域から、さらに帯域を広げた刺激、狭めた刺激、および純音を用いて方向決定帯域を求めた。その結果、1/6 オクターブバンドよりも広い帯域や 1/6, 1/12, 1/24 オクターブバンド、純音における方向決定帯域の生じ方には顕著な差が生じないことが明らかになった。

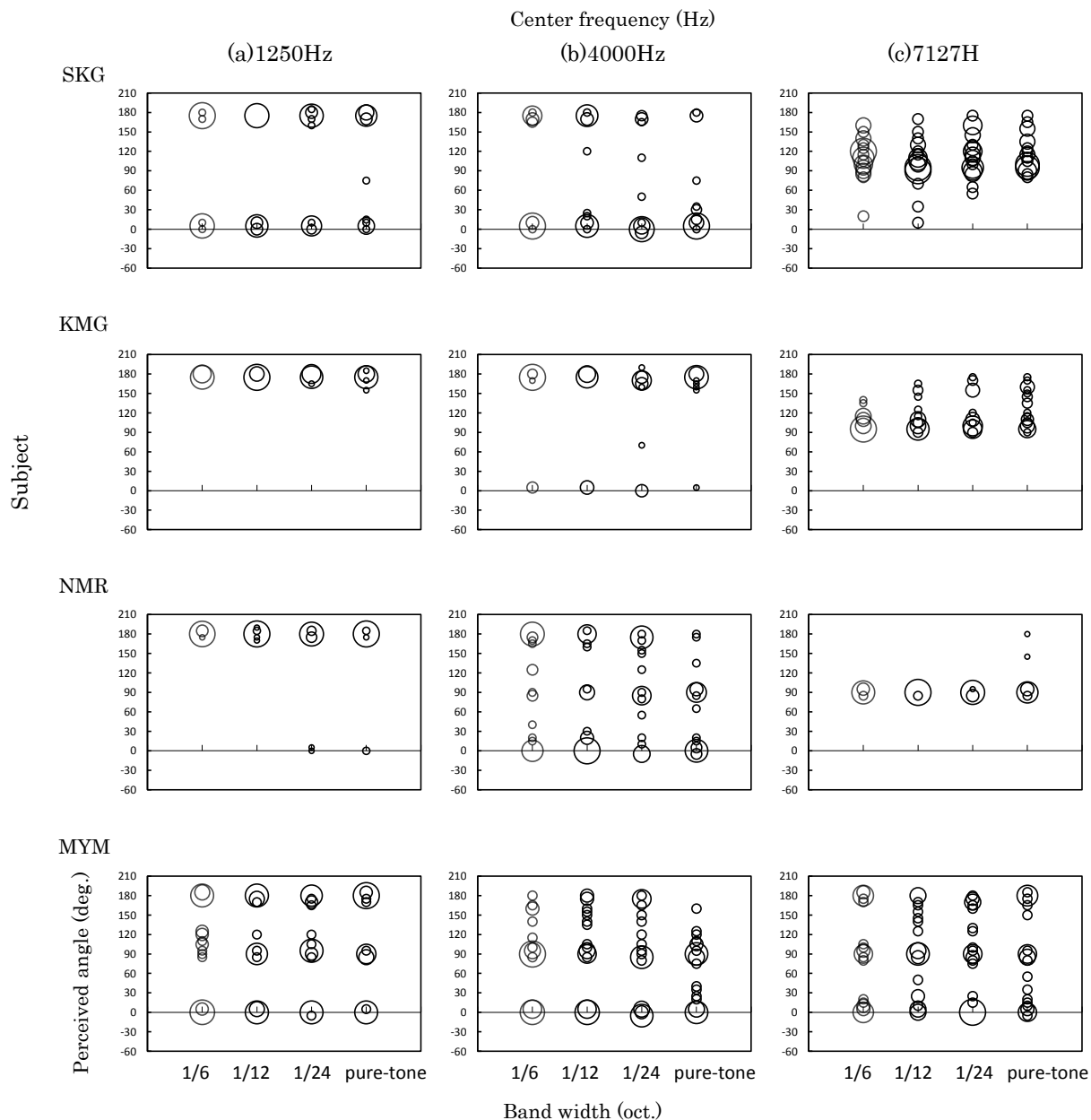


Fig.3 刺激の帯域幅を狭めた刺激に対する回答結果

Table3 刺激の帯域幅を狭めた場合の方向決定帯域

被験者	帯域幅			
	1/6oct.	1/12oct.	1/24oct.	pure-tone
SKG	前方	前方	前方	前方
KMG	前方	前方	前方	前方
NMR	前方	前方	前方	前方
MYM	前方	前方	前方	前方

(a)中心周波数 1250Hz

被験者	帯域幅			
	1/6oct.	1/12oct.	1/24oct.	pure-tone
SKG	前方	前方	前方	前方
KMG	前方	前方	前方	前方
NMR	前方	前方	前方	前方
MYM	前方	前方	前方	前方

(b)中心周波数 4000Hz

被験者	帯域幅			
	1/6oct.	1/12oct.	1/24oct.	pure-tone
SKG	前方	前方	前方	前方
KMG	前方	前方	前方	前方
NMR	前方	前方	前方	前方
MYM	前方	前方	前方	前方

(c)中心周波数 7127Hz

### 謝辞

本研究の一部は文科省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業(S1311003)により実施した。実験に協力いただいた元卒論生の水出宙輝君に感謝します。

### 参考文献

- [1]Blauert, *Acustica* pp.205-213(1969/70)
- [2]Itoh *et al.* *Applied Acoustics*, 68, pp.909-915(2007)
- [3]Mellert, *Richtungshören in der Medianebene und Schallbeugung am Kopf*, Dissertation, Universität Göttingen.
- [4]Iida *et al.* *Applied Acoustics*, 68, pp.835-850(2007)