

広帯域雑音による正面方向の最小可聴運動角に移動速度が与える影響*

☆小倉涼雅, 森川大輔 (富山県立大), 石井要次 (小林理研),
モクタリ パーハム (富山県立大)

1 はじめに

音の移動を検知することができる最小角度である最小可聴運動角(MAMA: Minimum Audible Movement Angle)は、古くから多種の刺激音で測定されている。しかし、刺激音に含まれる周波数成分が均一の、連続的な広帯域雑音で測定された研究は少ない。また、MAMA の測定は移動速度を変更した条件でも行われ、移動速度の影響があることが確認されている^[1,2]。しかし、広帯域雑音の移動速度が MAMA に与える影響は明らかになっていない。そこで、本稿では広帯域雑音による正面方向の MAMA に移動速度の変化が与える影響を測定した結果について述べる。

2 測定方法

2.1 被験者

22 から 36 歳の 5 名であり、受聴者の最小可聴閾は 125 Hz ~ 12 kHz で正常な聴力を有することを確認した。

2.2 刺激音

刺激音にはホワイトノイズを用いた。聴覚上の刺激音のスペクトルが平坦となるように 1/3 オクターブバンドでイコライジングした。また、スピーカの出力可能な帯域である 200 Hz から 18 kHz で帯域制限した。最後に、信号の終始 100 点にテーパをかけた。刺激音の音圧レベルは被験者の頭部中心位置で 50 dB (A-weighted) とした。

2.3 測定系

図 1 に測定系を示す。測定系は防音室内に構築した。刺激音の呈示にはスピーカアレイを使用した。直径 30 mm のスピーカユニット (Hoshiden, 7N101) が 2.5 deg 間隔で被験者の頭部中心から半径 1.1 m の円周上に配置されている。刺激音の信号を MATLAB で生成し、D/A 変換器 (Fireface UFX2, RME)、ヘッドホンアンプ (AT-HA20, audio-technica) を通してス

ピーカから呈示した。D/A 変換器の量子化 bit 数は 24 bits/sample、サンプリング周波数は 48 kHz である。被験者は刺激音を受聴しマウスで回答を行った。図 2 に測定の様子を示す。

2.4 測定手順

測定は Strybel らの方法^[2]を参考に行った。被験者に呈示される刺激音は、常にスピーカアレイの中心から鳴り始め、左右どちらか一方方向に移動する。隣接する 2 つのスピーカ間の移動はパンニングによって制御した。音の移動方向は呈示する度にランダムに変化し、受聴した被験者は音の移動方向を回答した。左方向に移動したと判断した場合には左クリック、右方向と判断した場合には右クリックで回答した。

刺激音の移動角度は上下法によって変化させた。移動角度の初期値を 5 deg とし、被験者の回答した方向が 2 回連続で正答の場合移

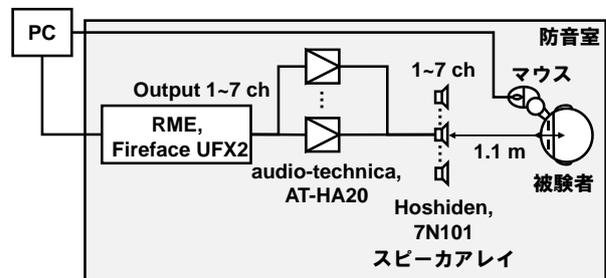


図 1: 測定系



図 2: 測定の様子

* The effect of moving speed of broadband noise on the minimum audible movement angle in the front direction by OGURA Ryoga, MORIKAWA Daisuke (Toyama Prefectural Univ), ISHII Yohji (Kobayasi Institute of Physical Research), MOKHTARI Parham (Toyama Prefectural Univ).

動距離は 10%減少し、1 回誤答した場合移動距離は 10%増加する。刺激音の呈示と回答を、移動角度の増加と減少の切り変わりが 20 回起きるまで繰り返し、最後に呈示した移動角度を測定値とした。測定時の視覚による影響を考慮し、被験者には閉眼状態で刺激音を受聴するよう指示した。

2.5 測定条件

刺激音の移動速度は 0.9、2、4.5、10、22、50、112、250 deg/s の 8 つとした。測定を行う速度の順序は被験者毎にランダムとした。1 つの速度で 5 回測定を行い、その平均を測定結果とした。本測定の前に練習試行として 10 deg/s の条件で 5 回測定を行った。

3 測定結果

図 3 に被験者毎の MAMA の平均と全被験者の平均と偏差を示す。横軸が刺激音の移動速度であり、縦軸が MAMA の測定値である。0.9 ~ 4.5 deg/s の間では全被験者の MAMA の平均は 1.1 ~ 1.2 deg であった。10 deg/s 以上では刺激音の移動速度が速くなるにつれて MAMA が大きくなる傾向が見られ、250 deg/s では平均 3.3 deg となった。

4 考察

本測定では、4.5 deg/s 以下において測定値がほぼ変化しなかった。予備実験において刺激音の移動速度を 0.3、0.75 deg/s として測定した MAMA も 1.0 deg 程度となった。これは刺激音の終点が正中面の右側か左側かで移動方向を判断できるためで、終点を用いた判断が可能な呈示時間があれば、刺激音の移動速度によらず同じ MAMA になると考えられる。

本測定と同じホワイトノイズを用いた Strybel らの測定結果は、速度 20 deg/s において MAMA の平均は 1.12 deg であり^[2]、測定値は類似している。移動速度を変えて広帯域のパルス列で MAMA を測定した Saberi らの結果では、刺激音の移動速度が 10 deg/s 前後で MAMA が約 2 deg。27.7 deg/s 以上では、速くなるにつれて MAMA が大きくなり、230 deg/s で 9 deg であった。1.8 deg/s 以下では、遅くなるにつれて MAMA が大きくなる傾向も報告された^[3]。MAMA の測定値は約 2 倍で、移動速度が遅い場合の傾向も本測定と異なった。この理由として刺激音の違いと測定方法の違いが考えられる。本測定ではスピーカ毎の周

波数特性の差異が小さいことを確認し、刺激音の始点は常にスピーカアレイの中心(方位角 0 deg)としている。一方、Saberi らは複数のスピーカの音色の違いを知覚して移動方向を判断することを防ぐため、刺激音の始点はスピーカアレイの中心から方位角 ±2.3 deg 内で変化させている。従って、Saberi らの測定では移動角度によって刺激音の終点と移動方向が一致しない場合がある。そのため、本測定より MAMA が全体的に大きく、移動速度が 1.8 deg/s 以下で速度が遅くなるにつれて MAMA が大きくなる傾向があったと考えられる。

5 まとめ

本研究では、広帯域雑音による正面方向の MAMA の測定を行った。その結果、0.9 ~ 4.5 deg/s の間では MAMA の平均は 1.1 ~ 1.2 deg であった。10 deg/s 以上では移動速度が速くなるにつれて MAMA が大きくなる傾向があり、250 deg/s では平均 3.3 deg となった。

刺激音の呈示時間を一定にした条件や、他の方向の MAMA の測定は今後の課題である。

謝辞

本研究の一部は科研費 (20K19828) の助成を受けた。

参考文献

- [1] Carlile *et al.*, Trends in Hearing 2016, Vol. 20: 1-19
- [2] Strybel *et al.*, Human Factors, 1992, 34(3), 267-275
- [3] Saberi *et al.*, J. Acoust. Soc. Am. 88 (6), 2639-2644, 1990.

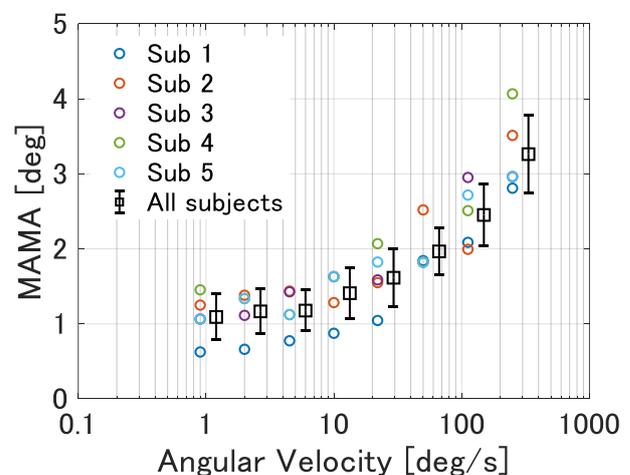


図 3: 被験者毎の MAMA の平均と全被験者の平均と偏差