

視覚刺激のサイズが両耳間差による音像の分離知覚に与える影響*

☆酒井翼, 森川大輔, モクタリパーハム (富山県立大)

1 はじめに

ヒトは騒音下であっても選択的聴取を行い、会話することができる。この能力をカクテルパーティー効果といい、音色の違いや言語の違い、音の到来方向の違いなど様々な要因が作用して生じていると知られている^[1]。

音の到来方向によって変化する音響的特徴には両耳間時間差(ITD)、両耳間音圧差(ILD)などがある。これまでに多くの研究で、ITDとILDが騒音下での目的音の検知能力を向上させることが報告されている^[2]。また、音色が同じ2つの刺激音信号であっても、ITD・ILDまたはそれらの相互作用によって、音像を2つ以上の異なる塊として知覚されることも報告されている^[3,4]。

一方、ヒトの聴こえは視覚の影響を受けることも知られている。視覚が聴覚に与える影響として、音像の位置が視覚に引き寄せられる腹話術効果があり、1音像に対する視覚の影響が幅広く研究され、明らかになっている^[5,6]。そのため、2つ以上の音像の分離知覚にも、視覚が影響を与える可能性がある。また、視覚刺激と音像の一致度が高いほど分離知覚に与える影響は大きいと考えられる。

そこで本稿では、視覚刺激が音像の分離知覚に影響を与えるか、および視覚刺激と音像の一致度の影響を明らかにするために、視覚刺激のサイズに着目し、ヘッドマウントディスプレイ(HMD)で視覚刺激が提示される条件で、頭部インパルス応答(HRIR)を用いて合成したバイノーラル信号に対する分離知覚実験を行った結果について述べる。

2 実験方法

2.1 受聴者

受聴者は正常な聴力を有する22歳から36歳の5名である。

2.2 聴覚刺激

刺激音信号は、帯域フィルタ(250 Hz ~ 8 kHz)を通した2つの無相関なピンクノイズである。刺激音信号に受聴者本人のHRIRを畳み込んだバイノーラル信号を聴覚刺激とした。仰角0度、水平面1.5 mの円周上5度間隔で

サンプリング周波数48 kHzで測定されたHRIRを、192 kHzにアップサンプリングし1度間隔に補間したものを、バイノーラル信号の生成に用いた。音圧レベルは、水平角0度のHRIRを畳み込んだ受聴者毎の聴覚刺激で70 dBとした。

2.3 視覚刺激

視覚刺激はUnityで生成され、HMD(Oculus Quest 2, Facebook Technologies)で仮想空間に提示された。視覚刺激は黒い球体であり、仮想空間は無響室を模した空間である。受聴者に呈示される視覚刺激は、受聴者の頭部運動に追従するため、受聴者から見た角度は頭部運動によって変わらない。一方仮想空間は、頭部運動によって変化する。

2.4 実験条件

視覚刺激のサイズ(VS)を10度から10度間隔で70度までの7条件と、視覚刺激なし(NON)の1条件の合計8条件で実験を行った。VSは、視覚刺激の中心(P)と受聴者の位置(O)と視覚刺激の端(Q)を結んだ角度の倍($\angle POQ \times 2$)で表される。視覚刺激の中心から受聴者までの仮想空間上での距離を1とすると、Fig.1(a,b)のように視覚刺激の半径 r を求めることができる。そして、各条件のVSに合わせた視覚刺激の r をUnityで設定した。

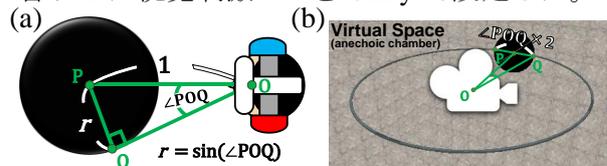


Fig.1 視覚刺激のサイズ

2.5 実験システム

実験システムは防音室内に構築された(Fig.2)。MATLABで生成したバイノーラル信号をDA変換器(Fireface UCX, RME)、ヘッドホンアンプ(AT-HA21, audio-technica)を通し、ヘッドホン(HDA 200, Sennheiser)で再生した。それと同時に、MATLABとUnityで通信を行い、VSと角度を制御し、HMDで呈示した。バイノーラル信号のサンプリング周波数は192 kHzとし、視覚刺激のリフレッシュレートは90 Hzとした。

*Effects of visual stimulus size on the sound images spatially split by interaural time and level differences, by SAKAI Tsubasa, MORIKAWA Daisuke and MOKHTARI Parham (Toyama Prefectural Univ).

2.6 実験手続き

実験は調整法を用いて行った。各条件の聴覚刺激に畳み込まれる HRIR の初期値は受聴者の前面 0 度で、マウスホイール 1 ノッチ当たり ± 1 度変化する。同様に視覚刺激の初期位置も前面 0 度で、マウスホイール 1 ノッチ当たり ± 1 度移動する。受聴者はマウスホイールを用いて聴覚/視覚刺激を同時に制御し、Fig.3 に示すように音像が 2 つに分離したところを回答した。各条件はランダムに受聴者に呈示され、5 回ずつ回答され合計 40 回の回答を得た。受聴者には、視覚刺激を見続けながら聴覚刺激を意識し、音像が分離したところを回答するように教示した。

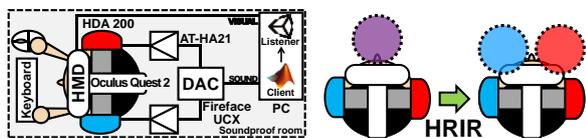


Fig.2 実験系 (左図)

Fig.3 受聴者が知覚する分離音像 (右図)

3 実験結果

Fig.4 に合成バイノーラル信号の音像の分離知覚の検知限 DL_{θ} の平均値(青,紫,緑,黄,橙線:各受聴者、黒線:全受聴者)を示す。 DL_{θ} は 2 つの聴覚刺激に畳み込まれている HRIR の角度差である。

受聴者と各条件で 2 要因の分散分析を行った結果、条件の要因に有意差があり $F(7, 73.2) = 8.75, p < 0.001$ 、受聴者の要因にも有意差があり $F(4, 5397.43) = 645.24, p < 0.001$ 、交互作用が認められた。また、各条件間に対して Tukey の多重比較を行うと、Table.1 に示す組み合わせに有意差があった。

多くの受聴者が視覚刺激に惑わされず聴覚刺激で検知限を回答しており、条件による知覚の変化はないと内観を報告している。また、視覚刺激と音像のサイズ・位置の不一致による違和感も報告された。

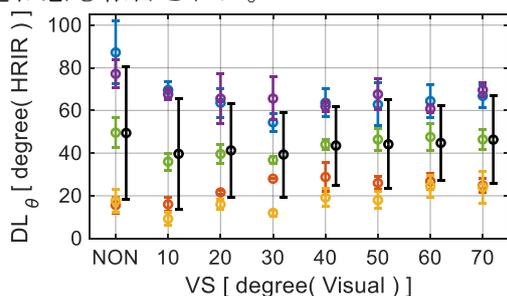


Fig.4 実験結果

Table.1 多重比較の結果

条件		p	条件		p
NON	10	<0.001	10	60	<0.05
NON	20	<0.001	10	70	<0.05
NON	30	<0.001	20	70	<0.05
NON	40	<0.05	30	60	<0.05
NON	50	<0.05	30	70	<0.001

4 考察

2 要因の分散分析を行った結果、各条件間に有意差があり、内観報告では視覚刺激の影響がないにも関わらず、 DL_{θ} に差がみられた。したがって、音像の分離知覚にも視覚刺激のサイズによっては、視覚刺激が分離知覚を生じさせやすくする影響を与えられられる。また、多重比較を行うと、表 1 に示す有意差があった。NON と比べて VS が 50 度以下の条件の DL_{θ} が有意に小さく、NON と VS が 60 度以上の DL_{θ} に有意な差はない。また、VS が小さい条件と大きい条件の間にも有意差がみられた。したがって、VS が小さい場合には音像の分離知覚を生じさせやすくする影響があるのに対して、VS が大きい場合には音像の分離知覚に影響を与えないと考えられる。

また、 DL_{θ} の平均値と分散が小さく、内観報告でも違和感が小さかった VS が 30 度の視覚刺激が、音像との一致度が一番大きいと考えられる。

5 まとめ

本稿では、視覚刺激のサイズ(VS)が、音像の分離知覚の検知限に与える影響を明らかにするために、HMD で視覚刺激が提示される条件で、HRIR を用いて合成したバイノーラル信号に対する分離知覚実験を行った。その結果、VS が 50 度以下の場合、視覚刺激は音像を分離させやすくする影響を与え、検知限を小さくさせる。中でも、VS が 30 度の視覚刺激が分離知覚に与える影響は大きい。

謝辞

本研究の一部は科研費(20K19828)、東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究の支援による。

参考文献

- [1] 平原ら, 音と人間, コロナ社, 2013.
- [2] Ebata *et al.*, J. Acoust. Soc. Am., 43, 289-297, 1968.
- [3] 森川, 信学技報, 114(242), 43-48, 2014.
- [4] 酒井ら, 音講論(秋), 641-642, 2021.
- [5] 木村ら, TVRSJ, 4(1), 253-260, 1999.
- [6] 小林ら, TVRSJ, 16(1), 93-97, 2011.