

両耳聴型聴覚支援システムによる音源方向の検出法について

日大生産工(院) ○関 淳 日大生産工 霜山 竜一

1. まえがき

聴覚障害者は、外出時に側方や後方などの死角になる方向からの車両の接近を音で知覚できず、危険にさらされることがある。著者らは、イヤマイクで検出した音から接近する音源の方向と距離を推定し、被験者に呈示する両耳聴型聴覚支援システムを開発した¹⁾²⁾。しかし、音圧の位相差から検出できる音源の方向は約10mまでで、高速で走行する自動車やバイクを遠方から検出できない。本研究では左右のイヤマイクで検出した騒音レベルの差を用いた音源の方向検出法について検討した。

2. 音源の方向の検出法

短時間両耳間時間差(ITDs)から音源の方向を推定する場合は音源が側方にあると頭部の反対側にあるイヤマイクに到達する音は減衰するため時間差の検出が難しくなる。そこで左右の耳で検出される音の大きい側に音源が存在するはずだから両耳に入る音の騒音レベルの差を用いて音源の存在する側(右か左)を推定する。音源と反対になる側の耳で検出される音は無視されるため、遠方の音源の方向検出も可能になるものと考えられる。

検出した音圧をA特性のフィルタで重みづけした。A特性とは騒音計の測定に使われる、人間の聴覚を考慮した周波数の重みづけ特性のことである。その後、算出した音圧を(1)式を用いて等価平均音圧レベル(L_{eq})に変換した。

$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2}{p_0^2} dt \right] \quad (1)$$

ここで p_0 は基準音圧 (20 μ Pa)、 p_A はフィルタ後の音圧、 t_1 は測定の開始時間、 t_2 は測定の終了時間を表している。 $t_2 - t_1$ の間隔は1秒である。この等価平均音圧レベルを騒音レベルとみなす。(1)式から算出された騒音レベルは騒音計(TYPE6230 ACCURA)による測定値を用いて校正した。

3. システム構成

図1にシステム構成を示す。被験者は両耳にイヤマイクを装着した。検出した音響信号をマイクアンプで増幅し、LPFを介してFPGAモジュール(NI-myRIO1900)に入力した。FPGAモジュールで騒音レベルを算出し、左右の騒音レベルの差の正負に応じて音源がある側のバイブレータを振動させた。音源が正面の $\pm 20^\circ$ となるしきい値(-2dB $\sim$ +2dB)の範囲にある場合のみ両肩のバイブレータを振動させた。目視による追尾を防ぐために被験者はアイマスクを着けた。

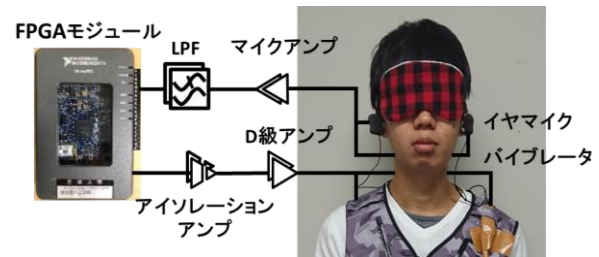


図1 システム構成

4. 実験結果

図2に左右の騒音レベルの差と音源方向の関係を示す。スピーカを被験者から2mの距離に設置し、被験者の向きを -90° から $+90^\circ$ まで変えて騒音レベルの差(R-L)を測定した。正面方向の騒音レベルの差は約0[dB]であり、音源方向が 40° 以上では飽和した。

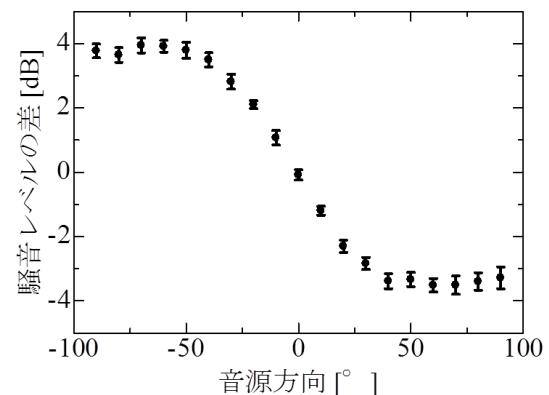
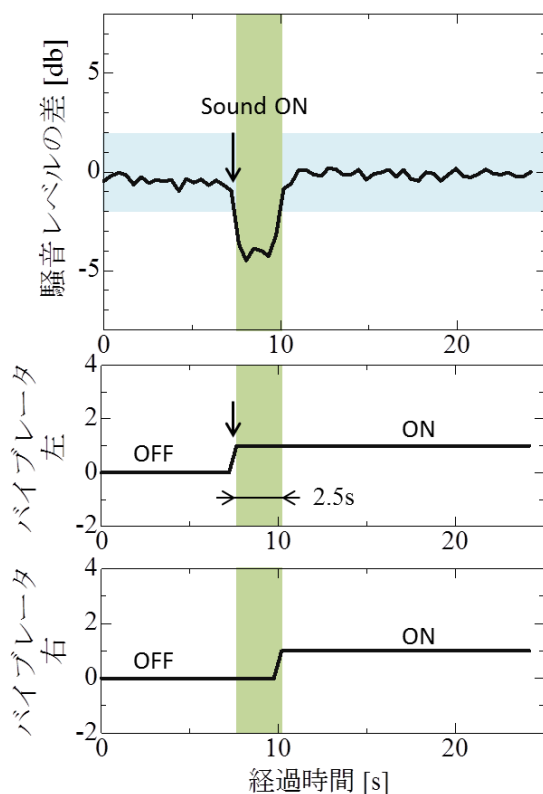
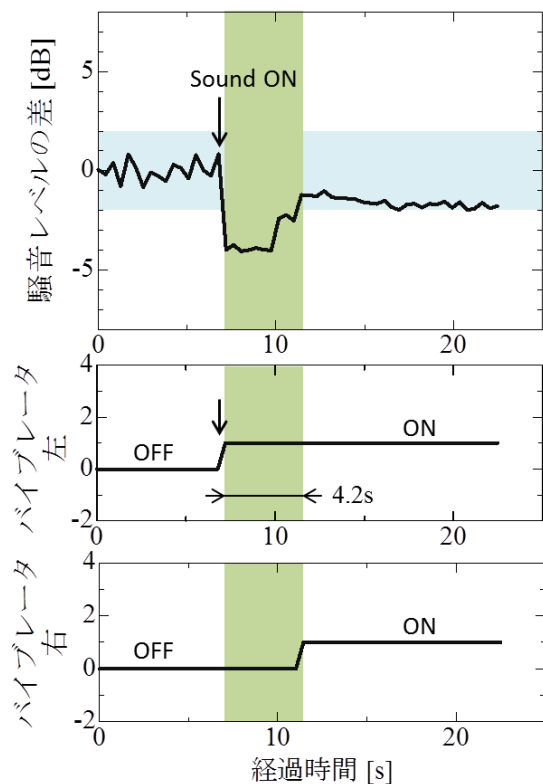


図2 騒音レベルの差(R-L)と音源方向の関係



(a) +40°(左側方)



(b) +140°(左後方)

図3 騒音レベルの差とバイブレータの振動状態の時間変化

聴覚支援システムを装着し、目隠しした被験者が音の方向を向けるかどうかを実験で確認した。2m離れた位置にスピーカを設置した。スピーカからは連続的にノイズを発生させた。被験者にはバイブレータの振動する側に顔を向けるように指示した。図3に騒音レベルの差と左右のバイブレータの振動状態の時間経過を示す。同図(a)は被験者の左側方+40°方向に、同図(b)は左後方+140°の方向にスピーカがある。音が発生する前の静穏時では左右のイヤマイクに入る騒音レベルにほとんど違いはない。音が発生すると騒音レベルの差は-4dBに減少するが2.5秒後に上昇し音がしているにも拘らずゼロ付近に戻った(同図(a))。音の発生直後から左のバイブレータが振動し始め、2.5秒後に両方のバイブレータが振動した。被験者がスピーカの正面を向いたことが分かる。

スピーカが左後方に位置する場合でもノイズ発生直後に騒音レベルの差が同様に-4dBまで減少した。被験者がスピーカの方を向くまでに約4.2秒を要したのは後ろを振り向く必要があるためである。音源が側方にある場合だけでなく、後方にある場合でも聴覚支援システムを装着することで被験者は音源の方向を知ることができた。

5. まとめ

本研究では左右のイヤマイクで検出した騒音レベルの差を用いた音源の方向検出法について検討した。左右の騒音レベルの差の正負に応じて音源のある側のバイブレータを振動させた。音源が正面の±20°の範囲にある場合は両方のバイブレータを振動させた。被験者にバイブレータの振動する側に顔を向けるように指示したところ、被験者は音源が側方や後方にある場合でも音源方向を向くことができた。今後は屋外で遠方から接近する自動二輪車を用いて同様の実験を行う予定である。

参考文献

- 1) 関淳ら, 両耳聴型聴覚支援システムによる接近する音源の位置の呈示, 第35回センシングフォーラム,(2018),p.167.
- 2) Ryuichi Shimoyama, “Wearable Hearing Assist System to Provide Hearing-Dog Functionality”, Robotics, 8,49,(2019),pp.1-21.