

VR 模擬難聴システムの開発と環境音到来方向知覚の評価

相澤 馨子^{†1} 成田 あゆみ^{†2} 北 義子^{‡3} 西村 雅史^{†4}

[†]静岡大学 [‡]国立障害者リハビリテーションセンター

1. はじめに

加齢性の難聴が進行すると、話が通じにくいだけでなく、車や自転車の接近に気付かないなどの危険な状態も生じる。特に左右に聴力差がある場合においては音の到来方向について誤判断を行う危険性が高い。難聴者の聞こえを擬似的に体験するためのシミュレーションシステムが開発されている[1]が、実時間処理はまだ困難で、音の到来方向の認知を含むような臨場感のある難聴体験は実現できていない。

本研究では従来の模擬難聴システム[2]に、仮想現実 (VR) の技術を適用することで方向音を含む身の回りの音に対する聞こえをリアルに体験できる高齢難聴体験システムを開発した。また、このシステムを用いて健聴者による評価実験を行った。ここでは音による判断に加え、目で見て音の到来方向を確認する場合も含めて評価を行い、難聴の程度と方向音知覚能力の関係を明らかにする。

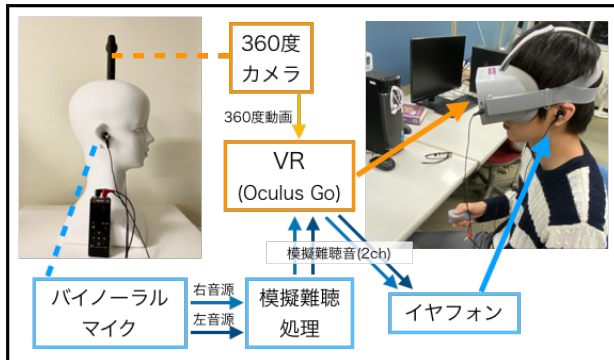


図1 模擬難聴体験システム

2. VR 高齢難聴体験システム

難聴体験する場面を設定し、バイノーラルマイクと360度カメラによって収録を行った。バイノーラルマイクで録音した音を左右それぞれ模擬難聴システム[2]によって処理し、360度カメラで撮影した動画と組み合わせてVRアプリケーションとして難聴体験システムを構築した。なお、音は正面方向に対し、一定の角度から到来する設定としたが、被験者の顔の向きが変わった場

合にも音の到来位置の感覚が影響を受けないような処理を加えた。

また、VRを体験する際、被験者はイヤフォンを装着するが、イヤフォンの再生音圧レベルが収録時の音圧レベルと一致するよう、ダミーヘッドを用いて事前に調整を行っている。

3. 難聴体験の実験方法

実験では左(-90度)、右(+90度)、後ろ(+180度)のいずれかから音を再生した。被験者には、音に気付いたらどちらの方向から音がしたかをボタンを押して答えてもらい、音が鳴ってからボタンを押すまでの反応時間及び正答率を導出した。なお、今回の実験では、方向がわからず、振り返って音の到来方向を確かめながらボタンを押している場合を首の動きによって別途検出している。

音が聞こえる場面としては室内で男性が「おい、こっちだよ」と声かけをする場面、同様に女性が声かけをする場面、屋外で自転車がベルの音を鳴らす場面及び屋外でバイク(125cc)がアクセル音を出す場合の四場面を用意した。

この時、暗騒音レベルは45-50dB、収録音の音圧レベルは60-65dBであった。なお、対象音のスペクトルであるが、自転車のベルの音は4.6KHz付近にスペクトルのピークが現れ、2.5KHzや7KHz付近にもサブピークが出現していたのに対し、バイクのアクセル音は0-500Hz付近の低域にエネルギーが集中していた。また、人間の声の主な帯域は0-4KHzであり、それぞれ異なる特徴を持っている。

また、本実験では健聴、60代後半の平均の特性、80代後半の平均の特性[3]、左右に聴力差があり左耳が60代後半の平均かつ右耳が80代後半の平均の特性とその逆の特性の五種類をシミュレートして被験者に提示した。

被験者は健聴である20代前半の男女10名(男性6名、女性4名)であり、四場面、音の特性五種類の合計20パターンについてそれぞれ10回ずつ計測を行った。

Evaluation of directional sound perception by using VR-based hearing loss simulation system

1)Kyoko Aizawa[†] 2)Ayumi Narita^{†‡} 3)Yoshiko Kita[‡] 4)Masafumi Nishimura^{†‡}

[†]Shizuoka University [‡]National Rehabilitation Center For Persons with Disabilities

4. 実験結果

4.1 左右に聴力差のない場合

実験結果を表1に示す。いずれの場面においても難聴の程度が進むにつれて反応速度が遅くなる傾向にある。また、左か右からの音よりも後ろからの音の方が、反応速度遅くなる傾向にある。

表1 音への反応速度 (秒)

シュミレートした聴力・提示音		健聴	60代後半の平均聴力	80代後半の平均聴力
女声	左右	1.72	1.78	1.96
	後ろ	1.97	2.25	3.23
男声	左右	1.74	1.90	2.38
	後ろ	2.52	2.77	3.84
自転車のベル	左右	1.83	1.84	2.19
	後ろ	2.16	2.39	2.97
バイクのアクセル	左右	1.92	2.11	2.66
	後ろ	2.19	3.26	3.87

4.2 左右に聴力差のある場合

左右に聴力差がある場合に、自転車のベルの音およびバイクのアクセル音に対する各方向正答率、誤答率と、それぞれにおいて振り返り動作を伴った割合を図2、図3に示す。いずれの場面においても左右に聴力差がない場合に比べ振り返って音の到来方向を確認している割合が増えている。また、後ろからの音は難聴の程度が軽い耳側から聞こえ、一方難聴の程度が重い耳側からの音は後ろから聞こえる傾向にある。そのため、後ろからの音及び難聴の程度が重い耳側からの音は振り返る割合が高い。特に自転車の場面において振り返ったり、間違えたりする割合が高い。

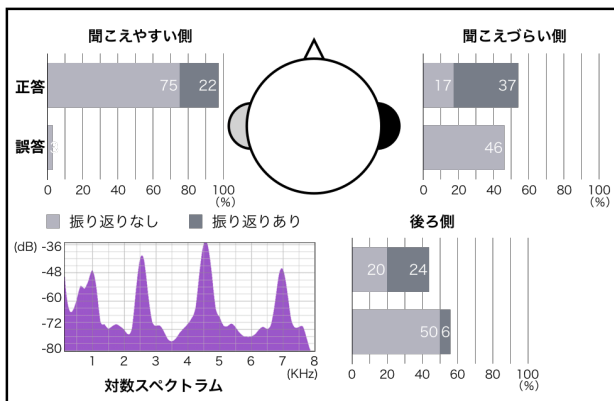


図2 各方向からの自転車のベルの音に対する正答率、誤答率 (振り返り動作の有無別)

5. 考察

実験結果から、人は後ろからの音に対する認知能力が左右に比べて低く、また難聴の程度が進むにつれて音方向の知覚能力が下がる傾向が見られた。

特に、左右に聴力差のある難聴では音方向の知覚に大きな影響が現れ、補聴器を片耳に付けているような左右に聴力差がある場合において音方向の知覚能力が著しく低下していた。また、自転車の場面の正答率が低かったことから高域成分が多い音に対しては誤判断や反応の遅れなどが生じやすい可能性がある。

6. おわりに

本研究では VR による高齢難聴体験システムを構築し、目で見て音の到来方向を確認した場合を含めて評価を行い、難聴の程度と音方向知覚の関係を明らかにした。

7. 参考文献

- [1] 入野俊夫：模擬難聴システムと聴覚・音声実験への応用，日本音響学会 2019 年秋季研究発表会，3-2-4，pp. 1329-1330 (2019)
- [2] 大学聴覚メディア研究室：ウェブ版模擬難聴システム (最終閲覧日：12月9日)，<https://media.sys.wakayama-u.ac.jp/hisim/>
- [3] 立木孝，笹森史朗，南吉昇，一戸孝七，村井和夫，村井盛子，河嶋寛：日本人聴力の加齢変化の研究，Audiology Japan 45，pp. 241-250 (2002)

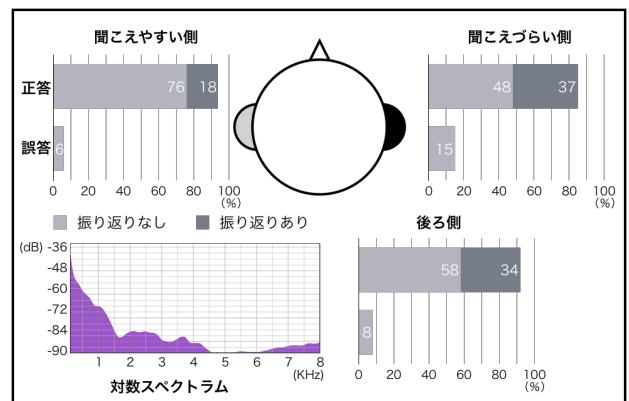


図3 各方向からのバイクのアクセル音に対する正答率、誤答率 (振り返り動作の有無別)