

「音の方向感を強調する補聴システムの研究」

研究代表者 山田幸恵（岩手県立大学社会福祉学部、准教授）、

研究参加者 藤坂洋一（リオン株式会社医療機器事業部、技術主任）

＜要旨＞

本研究では、難聴者の低下した方向感の補償を目的として、音の方向感を強調する補聴システムの開発及びその評価を行った。健聴者に対する聴覚心理実験によって評価を行った結果、方向感強調処理を行った際に、方向感を補償した音声強調が有効に働いていることが確認できた。実際の補聴器に本手法を実装することで、難聴者に対しても同様の実験を行い、その効果の確認を行う予定である。

1 研究の概要

本研究は、方向感の弁別能が低下した難聴者に対して、注意を向けた方向の音の聴取が容易となる信号処理機能を備えた補聴器の開発およびその客観評価を行うことが目的である。

古くからカクテルパーティ効果と呼ばれるように、がやがやした場に置かれていたとしても、健聴者は自ら注意を向けた方向の音に対して顔を向けることなくその方向にフォーカスして所望の音信号を比較的明瞭に聴取することができる[1]。その一方で加齢などによって起こる聴力の低下を患った難聴者は、聴力閾値の上昇によって通常の会話音圧による音声明瞭度が下がるのみならず、時間分解能および周波数分解能の劣化などの影響で、音の到来方向の弁別能力や、空間内の音信号検出能力が低下する[2,3]ことが知られている。

会話に支障をきたすほどに聴力の低下が進むと、一般的に難聴者は補聴器を装用することが多いが、補聴器に搭載されている方向感に関わる機能の一つとして、指向性機能がある。これは、正面方向の音にフォーカスして相対する人の声などを聴きやすくするための機能として、

最近では耳にかけるタイプの補聴器に標準で搭載されている場合が多い。2つもしくは3つのマイクロフォンを用いてポラーパターンを形成することによって、その機能を実現している。

この指向性機能は、聴きたい音が正面にあるということを前提とした機能であるために、正面方向以外から到来する音に対しては感度低下を引き起こす。これは、聴きたい音が正面にある場合のみの限定された強調処理といえる。しかし、難聴者は正面方向よりもむしろ左右方向に関して音の定位が困難となる[2]ことが知られている。

通常我々は目でとらえることのできない全ての方向における情報の察知を耳で補っている。ヒトは身の回りの音で何の音であるかはっきりとわかることで、はじめて警戒状態を解き注意の抑圧を行う[5]。難聴者においては、注意する音を認識するまでに時間を有し、この警戒状態が長く続くために疲労感も増すと考えられる。

実生活の中において、何か作業をしている時や車の運転をしている際に正面以外の音に注意を向ける場面が多々ある。さまざまな場面で難聴者にとって注意を向けた方向の音を聴取しや

すくする補聴処理の開発を行なったので、その手法およびパフォーマンスの評価について報告する。

2 研究の内容

本研究では、以下に挙げる開発、評価を行った。

- ・方法感強調処理手法の開発
- ・強調信号の定量評価
- ・聴覚心理実験による客観評価

2.1 方法感強調処理手法

本研究で開発を進める方向感強調補聴システムは、図1に示すように2つのマイクロフォン入力から所望方向の音を抽出するブロック、抽出音の元の方向情報加味するブロックの2つのブロックを介した形で構成される。

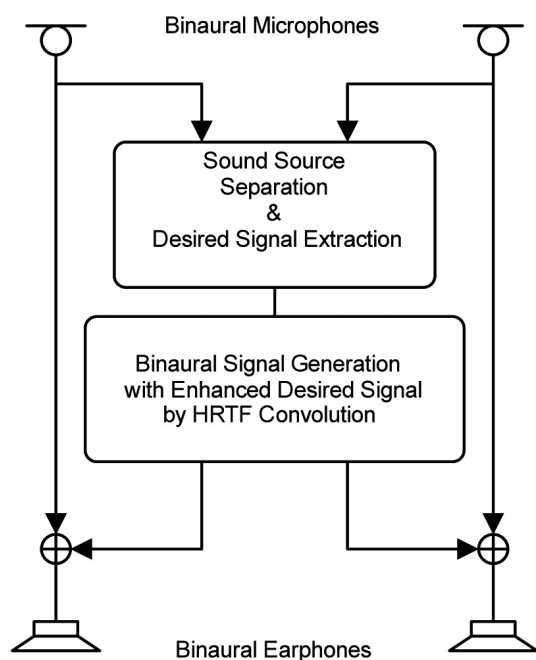


図1：方向感強調処理補聴システムのブロック図

1つ目のブロックである音源分離、所望音抽出部は、図2のブロックで構成される。ここで、 $D_{11} \sim D_{22}$ は音源 S_1, S_2 から各聴取位置（両耳位

置を想定）に至る伝達関数（頭部伝達関数：Head Related Transfer Functionに相当）を示し、 $W_{11} \sim W_{22}$ は、所望の方向と、それ以外の方向に対する分離フィルタを示す。この分離フィルタ W はSemi-blind Source Separationと呼ばれる手法[5, 6]によって、適応的に求めることができ、 Y_1 もしくは Y_2 に所望の方向の音が出力される。このとき適切に W を決定することで、所望信号をどちらに出力させるかを制御できる。

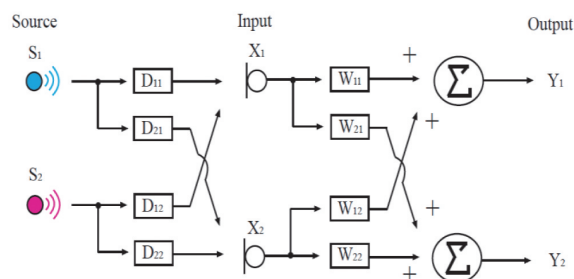


図2：音源分離および所望の音信号の抽出部の信号処理ブロック図

求めた所望音は、2つ目のブロックにあるバイノーラル信号生成部でステレオ化される。所望音の方向はすでにわかっているため、その方向のHRTFを畳み込む処理を行うが、ここで畳み込まれるHRTFは擬似頭KEMARのもの[7]を用いた。

2.2 方向感強調信号の定量評価

図3に処理を行う前後の信号例を示す。処理後の信号は、音声信号の起伏が見え、S/Nの向上も見てとれる。

方向感強調処理によって生成されたバイノーラル信号が、実際にどれだけ方向感を強調できたかを確認するために、両耳間レベル差や時間差および相互相関値を利用した空間音の特性を測定する手法（Perceptually Motivated measurement of spatial sound attributes for audio based information systems）[8, 9]によって評価を行った。

2.3 聴覚心理実験手法

提案する方向感強調処理の効果は、最終的には難聴者を被験者として評価する必要があるが、その効果が妥当かどうかを判断するためには、比較対象とする参照データが必要になる。今回の報告では、その参照データの作成を行うために、表1に示す条件のもと、提案処理のパフォーマンスの確認を行った。

本実験では、マスカーおよびマスキーは実音源ではなく、擬似頭 (KEMAR) のHRTFを各音源に対して畳み込み、呈示するバイノーラル信号を生成し、ヘッドフォンによって被験者に呈示した。

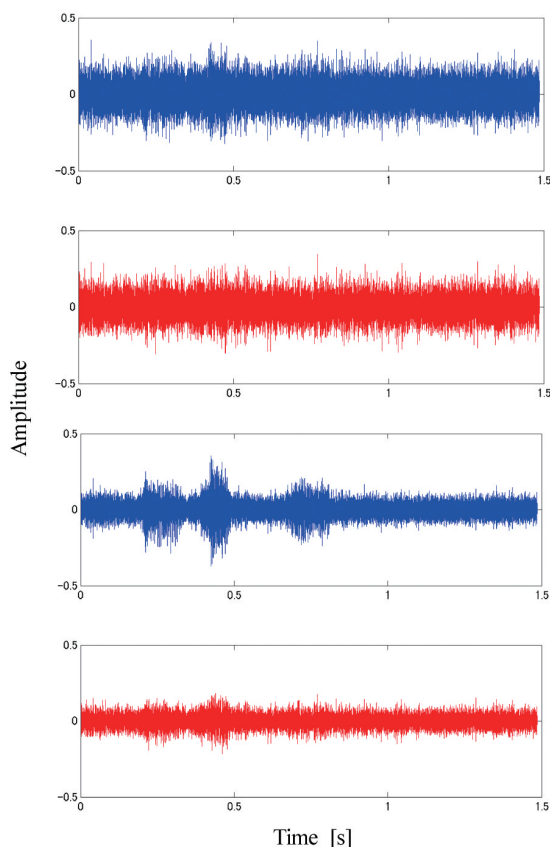


図3：音源分離および所望の音信号の抽出部の信号処理ブロック図
(上図：処理なしのバイノーラル信号、
下図：処理ありのバイノーラル信号)

表1：聴覚心理実験条件

被験者	健聴者18名
マスカー	・ 1 kHz純音の閾値上20dBで図3のRearからホワイトノイズを呈示
マスキー	・ NTT親密度別音声単語FW03 ・ 図4のFront側の正面を除く30°ごとの前方向のHRTFを音声単語に畳み込んで呈示 ・ 各方向に対して、処理あり3回、処理なし3回の計6回呈示
呈示S/N	・ HRTFを畳み込む前のモノラルの信号の状態でS/N=-10dB
試行回数	・ 被験者1名あたり1セット 36回×4セット：合計144回
呈示デバイス	オープンエアタイプヘッドフォン Sennheiser HD-600

聴覚心理実験の手順は、以下の通りである。

・練習課題Ⅰ

方向情報を含ませるために、HRTFでホワイトノイズを畳み込み呈示音とした。PCの画面上で音が到来する方向を確認しながら、方向情報を含んだ呈示音をヘッドフォンから聴取させた。被験者が画面表示と実感覚の間に違和感なく聞くことができているかを確認することと共に、本実験における回答を円滑にする目的がある。

・練習課題Ⅱ

ここでは、本実験とは別の単語リストを使用し、本実験と同じ内容の課題を10問のみ実施した。

・本実験

本実験は、図4に示す前方の仮想音源6方向について、強調処理の有無をランダム（各方向で処理あり、なしを3回ずつ）で呈示し、1セットあたり36試行を計4回実施し、被験者には音声の到来方向および単語の回答を行ってもらった。

この本実験に対して、回答角および単語正答率の評価を行った。

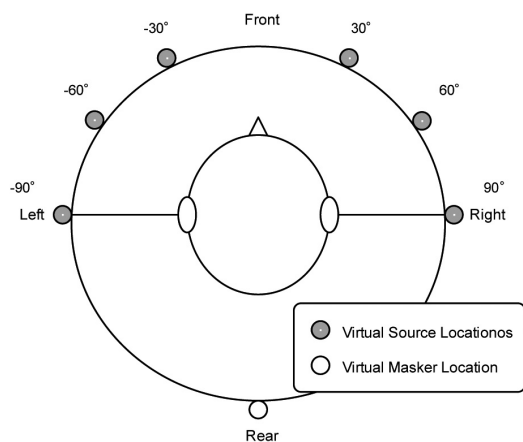


図4：マスキャーおよびマスキャー呈示位置

3 これまで得られた研究の成果

2.2に示した方向感強調処理の定量的評価を図5に示す。これはバイノーラル信号において時間経過に対する音の方向とその幅を示したものである。150Hzから455Hzまでの4つの周波数帯域について評価を重ねている。色が濃くなっている部分が評価対象の知覚される方向とその幅を示す。

音声呈示方向60° および-90° の例であるが、処理なしに比べて処理ありの方がより音声呈示方向に知覚されやすいことが確認できる。ただし、-90° の場合には、知覚される方向の推定値が-80° 付近に分布していた。

この図において、信号の最後の部分で推定知覚方向が0°に戻るの、音声信号が弱まった際に、後ろから呈示した仮想マスキャーノイズが影響しているためである。

2.3に示した聴覚心理実験の評価として、強調処理をしない場合とした場合について、呈示角と回答角の差異を評価した結果、図6に示すように、処理の有無にかかわらず、差異の平均はほぼ0°で±30°以内に収まることが確認された。前述の知覚される方向の結果とは異なっているものの、提案する強調処理によって方向

感に悪い影響が出ていないことが示された結果である。

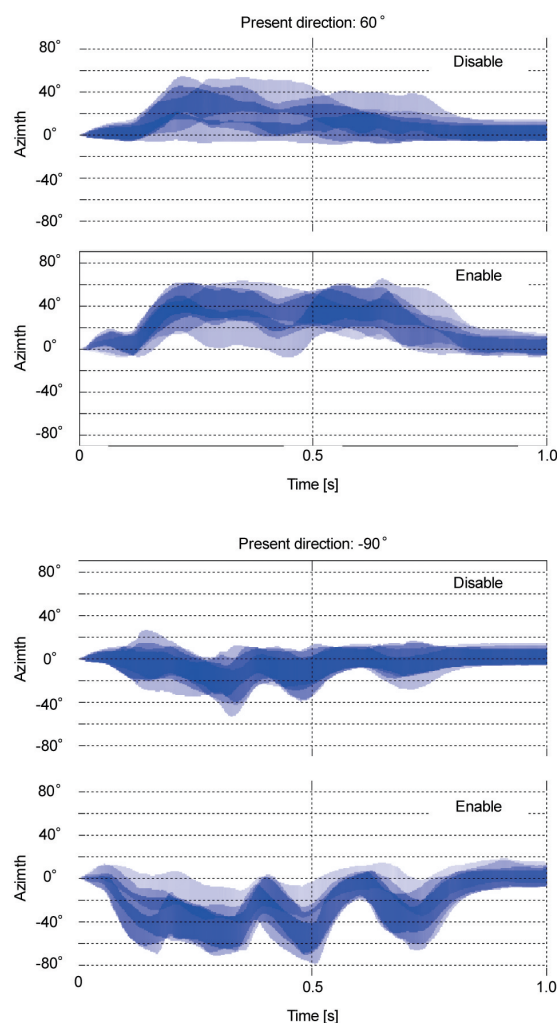


図5：知覚される方向の評価

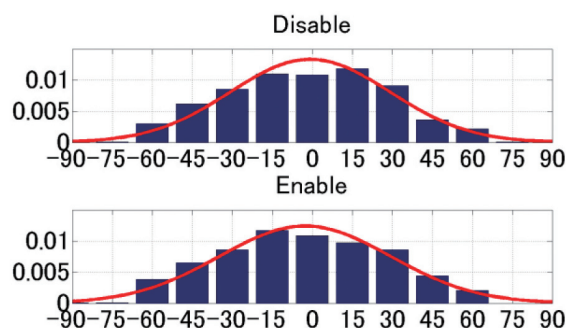


図6：回答角評価

(上：処理なし，下：処理あり)

強調処理された音声に対する正答率の評価も行ったところ、提案手法を施すことで、処理前と比べて約15%単語正答率が上昇することが示された（図7）。この健聴者による実験結果から、難聴者に対しても提案手法の効果が十分に期待できると推測される。

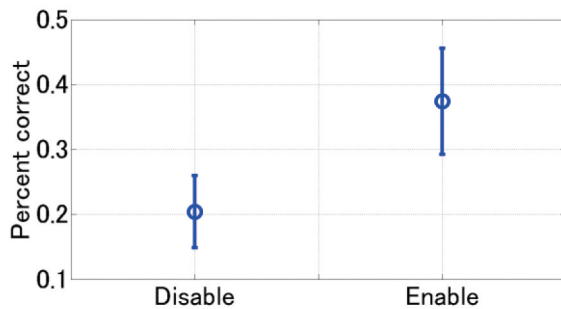


図7：呈示単語正答率
（左：処理なし、右：処理あり）
図中のバーは標準偏差を示す

4 今後の具体的な展開

今回の研究では、参照データを作成する目的で、実験対象者を健聴者としたが、今後は難聴者を実験対象者とし、健聴者の参照データと比較する予定である。さらに、携帯できるサイズのデバイスを作成し、本手法をDSPに実装し、実生活における効果の確認を行う。しかし、現時点で装用者が注意を向けた方向を自動で検出できる方法は確立されていないため、アイトラッキングシステムや、リモコンなどで装用者自身によって所望の音の方向を指示してもらう必要がある。

本手法は、両耳に到来する音を必要とするために、耳あな型と呼ばれる補聴器には、両耳データ伝送デバイスの大きさや消費電流の問題から現在のところ実装することは困難と思われるが、箱型とよばれる補聴器では、電池容量、DSPのクロック、両耳間の信号伝送について制約が少ないために容易に実装できると考えられ

る。製品化の展開としては、最初に箱型の補聴器から始めることになるだろう。

5 論文・学会発表等の実績

山田幸恵（岩手県立大学）、藤坂洋一（リオン株式会社），“方向感を補償した音声強調処理の開発とその評価”、第15回日本音響学会関西支部若手研究者交流研究発表会（Dec. 9th, 2012）

6 受賞・特許

“方向感を補償した音声強調処理の開発とその評価”、第15回日本音響学会関西支部若手研究者交流研究発表会 奨励賞受賞（Dec. 9th, 2012）

7 その他

〈参考文献〉

- [1] “Computational Auditory Scene Analysis”, ed. By Wang and G. J. Brown, John Wiley & Sons, Inc.
- [2] C. Lorenzi, S. Gatehouse and C. Lever, “Sound localization in noise in hearing-impaired listeners,” J. Acoust. Soc. Am. 105, no. 6, pp.3454-3463 (1999).
- [3] W. Noble, D. Byrne, and B. Lepage, “Effects on sound localization of configuration and type of hearing impairment”, J. Acoust. Soc. Am., 95, No.2, pp. 992-1005 (1994).
- [4] M. S. Chartrand, “Hearing Instrument Counseling : practical applications for counseling the hearing impaired”, Published by National Institute for Hearing Instruments Studies (1990).
- [5] M. S. Pedersen and L. K. Hansen, ICASSP2004, V, pp. 713-716 (2004).
- [6] L. C. Parra and C. V. Alvino, Transactions on speech and audio processing, 10 No.6, pp. 352-362 (2002).

- [7] HRTF measurements of a KEMAR Dummy-Head Microphone,
<http://sound.media.mit.edu/resources/KEMAR.html>
- [8] R. Mason, T. Brookes, and F. Rumsey, “Evaluation of an auditory source width prediction model based on the interaural cross-correlation coefficient”, 148th meeting of the Acoust. Soc. Am., 116, no.4, p.2475 (2004).
- [9] R. Mason, T. Brookes, and F. Rumsey, “The effect of various source signal properties on measurements of the interaural cross-correlation coefficient”, Acoust. Sci. & Tech., 26, no.2, pp.102-113 (2005).