

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 10 日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500147

研究課題名(和文)次世代両耳補聴器のための身体動作を考慮した能動指向性制御の検討

研究課題名(英文)Directivity control based on body motion for next generation binaural hearing aids

研究代表者

菅木 禎史(CHISAKI, YOSHIFUMI)

熊本大学・自然科学研究科・准教授

研究者番号：50284740

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：両耳補聴器の指向性を身体動作の情報をもとに制御し、さらに環境音の仮想的な付与を行うことにより自然な補聴デバイスを実現することを目的としている。ヒトは自然なコミュニケーションにおいて、複数の発話を積極的に聴取しようとする能動的な認知行動および身体動作を行っている。補聴器が十分な代替機能を行うには、正面以外の指向性をヒトの意思で制御する必要があるため、知覚・認知・行動の逆モデル、すなわち行動から聞きたい音の方向を推測する機能を構築することにより仮想的音空間に創出するための基礎研究を行った。

研究成果の概要(英文)：Purpose of the research is to archiveve control directivity of binaural hearing system based on Body motion. It makes not only natural active hearing, but also naturality in sound when environmental background sound is added. Human beings perform hearing multiple sound sources with active recognition and body motion in natural conversation. For the active hearing of multiple sound simultaneously based on body motion, relationship between heaing and body motion is studied with taking into account of inverse model of perception, recognition and action.

研究分野：音響情報処理

キーワード：バーチャルリアリティ 両耳補聴器 指向特性

1. 研究開始当初の背景

補聴器の技術は、単耳から両耳装着へと着々と進んでいる。両耳装着にすることにより、利用者にさらに高度な音響信号処理を施した高品質な音を提供できる。音響技術においては、2チャンネル入力の信号処理技術として多くの研究がなされているが、長時間利用が想定される補聴器では、低演算量かつ長時間聴取しても疲れが生じない音質を実現する技術は限られており、低演算量という視点では、我々が開発した周波数領域両耳聴モデルが適していた。しかしながら、長時間利用に耐えうる音質および指向性制御技術が十分に検討されていなかったため、本研究課題を遂行するに至った。

2. 研究の目的

周波数領域両耳聴モデルは、最大のパワーを有する音源方向を推定し、さらには任意の方向の音を強調することが可能である。しかしながら、対象音源意外の音、例えば環境音を排除することは、我々が日常で行っている聴取状況とは異なり、聴取の際に違和感が生じる。

本研究課題では、聴取したい複数の対象音源が存在する環境で、ヒトがどのように動作をしているかを観察し、そのモデル化を試みる。また、対象音の聴取に影響を与えない、背景雑音の適切な付与レベルの検討を行う。

3. 研究の方法

(1) 会話中における身体動作

身振り手振りなどの身体動作は非言語情報として、非常に有用であるが、まずは、頭部運動に着目して、会話中における対象話者と頭部の運動の関連について研究を行った。

補聴器に加速度および地磁気センサーを搭載することを想定し、写真に示すように、耳介付近にセンサーを固定し、複数話者との会話のシミュレーションを行った。

センサーより得られたデータを用いて、頭部の方向を推定するアルゴリズムの開発を

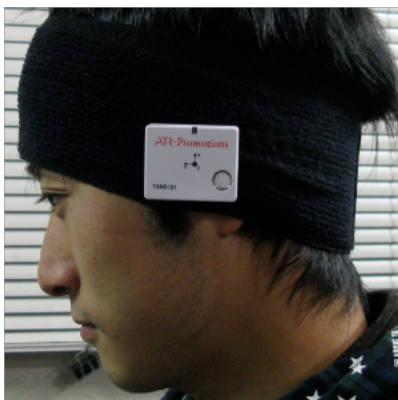


図 1 センサーの装着位置

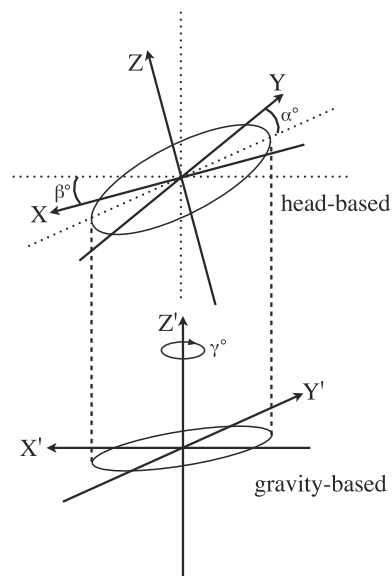


図 2 頭部基準の座標系と重力基準の座標系の関係

行った。まず、下図のような頭部に対する軸に沿ってセンサーからデータが得られる。

頭部は、可動範囲において頭部の傾斜が生じる。ここでは、重力場を軸とした音源配置をするために、その空間への写像が必要となる。変換後の出力値を頭部方向推定値とする。この推定値の時系列データを踏まえて、推定精度改善を行った。

頭部運動と出力値は、頭部の水平方向の可動域と視線による対象音源追跡が行われるために、推定された頭部方向は側面に向かうほど音源位置に対する誤差が大きくなる。それを補正する検討を行った。

このようにして、頭部運動を重力場における水平面に写像して、評価をおこなう環境を開発した。

可能な限り頭部運動に着目した実験を行うために、椅子に着席した状態での複数人での会議を模擬して行った。

(2) 雑音付与に関する実験

会議における背景雑音付与が対象音声の聴取する際にどの程度影響を与えるかを主観的評価を用いて検討した。

4. 研究成果

(1) 対話者が 2~4 名の会議を想定した実験を行った。下図は、対話者が 3 名の場合の配置とその結果の一例である。推定した方向は A~N のゾーン単位で評価した。即ち、推定された頭部方向情報に基づき、ゾーン E, H, K に音源位置が推定できれば目的を達成できる。

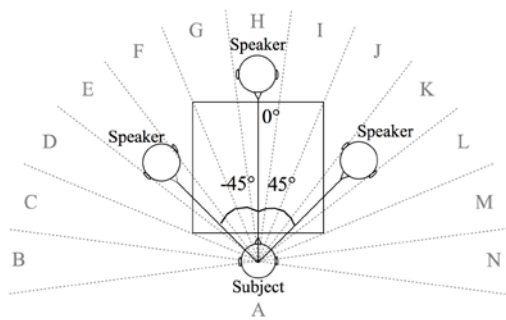


図 3 4話者の場合の配置と推定ゾーンの関係

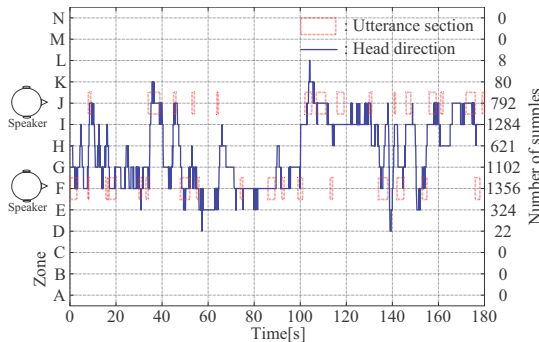


図 4 3話者の場合の頭部運動追跡結果

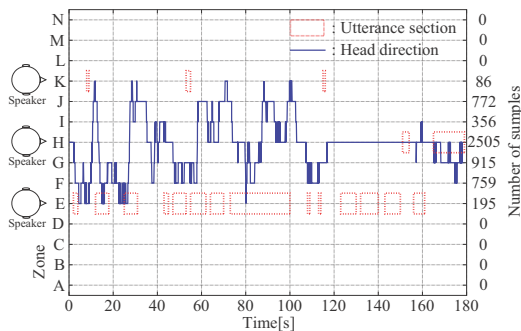


図 5 4話者の場合の頭部運動追跡結果

横軸は時間、縦軸は方向(ゾーン)である。点線枠のボックスは、その方向の話者が発話した区間である。実線は、頭部運動に基づいて推定された方向である。この結果より、話者が発話している時間に必ずしもその話者の方向を向いていないが、この時間内で推定された頻度から、話者の位置を大凡推定できることは言える。この結果は、音信号のパワーのみで方向制御を行った際に生じる短時間での音源方向の極端な変化を抑制することができることを示唆する。この実験は、被験者5名で行ったが、他の被験者においても、ここに示されている傾向を示した。

(2) 雑音付与の評価は、会議室に設置しているエアコンが暗騒音として存在する環境を想定し、会議中にPCのタイプ音が同時に聞こえる状況とした。話者と妨害音の配置は

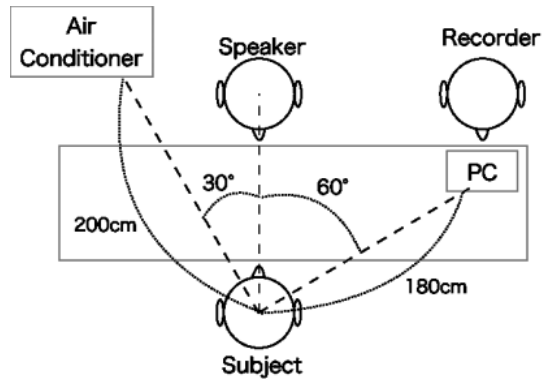


図 6 話者および雑音源の位置関係

下図に示すとおりである。

主観評価は、SD法を用いた。評価項目は、会議中の音声としての聞き取りやすさ、会議中の環境としての集中しやすさ、雑音の聞こえる度合、雑音の聞こえ方とした。ここでは、会議中の音声としての聞き取りやすさと雑音の聞こえる度合いの結果を示す。

- ① 会議中の音声としての聞き取りやすさ。聞き取りにくいを1、聞き取りやすいを5とした結果は下記の通りである。

表 1

雑音レベル	20	25	30	35	40	45
評価値(目的音:70dB)	5.0	5.0	4.9	4.9	4.8	4.7
評価値(目的音:60dB)	5.0	4.9	4.8	4.6	4.3	4.2
評価値(目的音:50dB)	4.6	4.1	3.7	3.8	2.9	2.5

- ② 雑音の聞こえる度合い。雑音聞こえるを1、雑音聞こえないを5にした結果は下記の通りである。

表 2

雑音レベル	20	25	30	35	40	45
評価値(目的音:70dB)	3.5	2.6	1.8	1.4	1.1	1.2
評価値(目的音:60dB)	3.4	2.5	1.8	1.7	1.5	1.8
評価値(目的音:50dB)	3.0	2.5	1.8	1.8	1.9	2.1

その他の結果を踏まえて、雑音が30 dBより小さくなるにつれて違和感が大きくなっていくことを確認した。

結論:

本研究課題では、頭部運動に着目して、会議中の頭部運動と話者の位置の関係をモデル化した。また、対象の音声のみを強調する信号処理を行った際に生じる不自然さを改善するために、環境雑音を取って、聴取に影響が無いレベルで付与することの有用性を確認した。

[学会発表] (計 5 件)

1. Yuki NISHI, Yoshifumi Chisaki, and Tsuyoshi Usagawa
An approach to realtime implement of frequency domain binaural model on linux with alas driver
Yougnam-Kyushu Joint Conference on Acoustics 2015, pp.136-139, 2015.1.10, Nagasaki University(Nagasaki)
2. Yoshifumi Chisaki, Shogo Tanaka
Improvement in estimation accuracy of a sound source direction by a frequency domain binaural model with information on listener's head movement in a conversation.
Proc. APSIPA 2014, pp.1-6, 2014.12.12, Siem Reap(Cambodia)
3. 吉井俊祐, 田中 章悟, 菘木 禎史
会話中における聴取者の頭部方向推定による周波数領域両耳聴モデルの音源方向推定改善の検討
第 67 回電気・情報関係学会九州支部連合大会論文, 09-1P-05(CD-ROM), pp.1-2, 2014.9.18, 鹿児島大学(鹿児島市)
4. Yoshifumi Chisaki, Shogo Tanaka, Tsuyoshi Usagawa
Detection of user's body movement for binaural hearing aids to control of directivity.
Proc. APSIPA 2013, pp.1-5, 2013.10.30, Kaohsiung (Taiwan)
5. 田中 章悟, 菘木 禎史, 宇佐川 毅
聴取者の頭部動作による複数話者の方向推定, 情報処理学会全国大会, 3ZB-9, pp.1-2, 2014.3.13, 東京電機大学(東京)
6. 研究組織
 - (1)研究代表者
菘木 禎史 (CHISAKI, Yoshifumi)
熊本大学・大学院自然科学研究科・准教授
研究者番号: 5 0 2 8 4 7 4 0
 - (2)研究分担者
宇佐川 毅 (USAGAWA, Tsuyoshi)
熊本大学・大学院自然科学研究科・教授
研究者番号: 3 0 1 6 0 2 2 9