

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 12 日現在

機関番号：34316

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500226

研究課題名(和文)スピーチプライバシー保護の研究

研究課題名(英文)A study on the protection of speech privacy

研究代表者

片岡 章俊(KATAOKA, Akitoshi)

龍谷大学・理工学部・教授

研究者番号：20528682

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、所望の方向では音声がきれいに受聴でき、目的方向外では音量が小さく、音声が変形してその内容が聞き取れない再生方法を実現することである。音声信号をいくつかのサブ信号に分解し、複数のスピーカで再生し、目的の方向では高品質に合成でき、それ以外の方向では本来の音声の内容が分かり難い信号分解法を確立した。また、目的方向外に漏れる音声に対して、効果的な環境音を付加する方法を確立した。

研究成果の概要(英文)：This study describes a method of sound reproduction in the limited area. It achieves high-quality speech in the target direction. On the other hand, there is significant degradation in the outside of the target direction. This method uses two schemes; signal decomposition method and the interference method of the outside of target direction by using environmental sounds. Speech is decomposed into two sub-signals using signal decomposition method, and is produced by the multi point control method. Furthermore, we discuss configuration of multi-point control filter for reproduction of environmental sound in the outside of target direction. Subjective tests show that the proposed method gives the good performance compared with the conventional method. The proposed method is possibility to protect the privacy of the contents of the conversation.

研究分野：音声・音響信号処理

キーワード：多点制御法 スピーチプライバシー マスキング 信号分解法 環境音

1. 研究開始当初の背景

薬局や銀行で Web 会議装置によって手軽に、他の場所にいる薬剤師やファイナンシャルプランナーなどの専門家に相談できるようになってきた。場所や時間を気にしないで利用できるが、日本のオフィス環境では必ずしも囲まれた部屋が用意されているわけではなく、簡易に仕切られたエリアで個人的なことを話さなくてはならず、プライバシーが守られているとは言い難い。人の発する声を消すことはできないが、スピーカから出る相手の音声を本人にのみ聞こえるように制御できれば、会話の内容は一部保護されプライバシーを保つことができる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、所望の方向では音声がきれいに受聴でき、目的方向外では音量が小さく、音声が変形してその内容が聞き取れない再生方法を実現することである。また、環境音によるマスキングを行うことで音声の内容をさらに保護する方式を確立する。

音声信号をいくつかのサブ信号に分解し、複数のスピーカで再生し、目的の方向では高品質に合成でき、それ以外の方向では本来の音声の内容が分かり難い信号分解法を確立する。また、目的方向外において抑圧・分解された音声に対して、どのような環境音を付加すると内容を隠蔽するのに有効か、付加レベルをどこまで小さくできるのかを明確にする。

3. 研究の方法

所望の方向では音声をきれいに受聴でき、目的方向外では音量が小さく、音声が変形してその内容が聞き取れない再生方法を実現するため、以下の手法を提案・検討した。

- 複数のスピーカから放射するサブ信号が、目的の方向では元の音声信号に復元され、それ以外では元の信号に復元されない音声信号の分解法(信号分解法)について検討した。
- 目的外エリアに漏れる目的信号(音声)を環境音でマスキングする方法について検討した。
- 多点制御法と信号分解法及び環境音の付加によるマスキングを用いて、目的方向外での音声を聞き取り難くする手法を検討した。

音声を完全なランダム信号に分解するのではなく、目的の方向に対して位相ずれにロバストに合成でき、目的方向外では会話の内容理解が低下する信号分解法について検討した。音声を合成フィルタと残差信号に分け、

残差信号をいくつかのサブ信号に分解することで、目的位置で位相に対してロバストな分解法を実現した。

多点制御法を用いて、目的方向外では漏れている目的音声を環境音によって妨害し、目的方向では環境音によって目的音声妨害されない制御について検討した。つまり、目的方向に行く制御とは逆の制御を行うことによって、目的方向外では通常の再生を行い、目的方向外では抑圧された環境音とできる。

多点制御法、信号分解法及び環境雑音による統合方式について検討した。

4. 研究成果

4.1 信号分解法

所望の方向では音声をきれいに受聴でき、目的方向外の位置では音量が小さく、音声が変形してその内容が聞き取れない再生方法を実現するため、音声信号をいくつかのサブ信号に分解する信号分解法について検討した。

音声そのものを完全なランダム信号に分解すると位相のわずかなずれで目的方向でも高品質に合成できないため音声の残差信号レベルでの分解方法を検討した。残差信号の分解方法として、(1)残差信号をガウス雑音信号とのマッチングによってサブ信号に分解する方法、(2)残差信号を完全なランダムな信号に分解する方法、(3)直交性を利用する方法、(4)ガウス雑音信号とランダムな信号を組み合わせる方法について、目的方向/目的外方向での音圧、音声品質などを計算機シミュレーションで検討・評価した。

その結果、図1に示すように音声そのものを完全なランダム信号に分解するのではなく、音声の残差信号レベルでの分解方法を考案した。音声信号を合成フィルタと残差信号に分ける。その残差信号を完全なランダムな信号に分解し、ガウス雑音信号と組み合わせる。得られたサブ信号を図2に示す多点制御法により個別に再生することにより、目的方向での再生音声の品質が良く、目的方向外での会話の内容理解度の困難である状態を得ることができた。

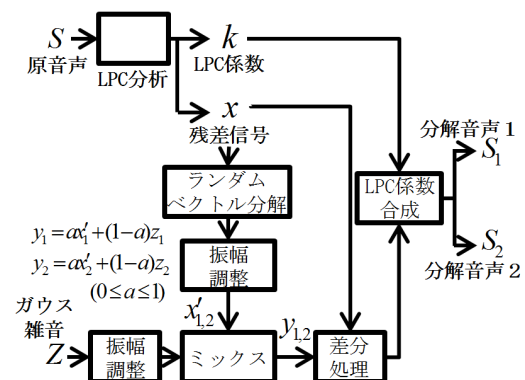


図1 信号分解法の処理の流れ

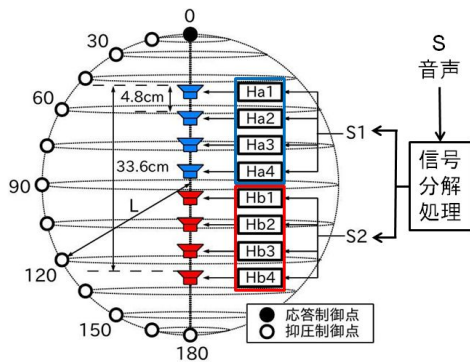


図2 2入力による多点制御法

4.2 環境音によるマスキング

目的方法外エリアにおけるこの目的信号の漏えいを他の信号（環境音）によるマスキングによって、その内容が聞き取れないようにする方法について検討した。環境音をスピーカからそのまま放出すると、目的方向外において目的信号の受聴を妨げることはできるが、目的方向でも妨害されることになる。

図3に示すように環境音は、目的方向外で通常の再生を行い、目的方向外では抑圧された環境音が再生されるように制御を行う方式を導入した。これにより目的方向外の目的音声は環境音にマスキングされ、その内容が聞き取れなくなった。目的方向へわずかに漏れる環境音を打ち消すために、目的方向に対して逆相の環境音を放射することにより、目的方向における目的信号の品質を維持することができた。

環境音として用いる雑音については、複数人の会話が最も効果的であり、白色雑音、ピンク雑音などの環境音は音声と聞き分けが容易なため、会話の内容の隠ぺいには不向きであることがわかった。

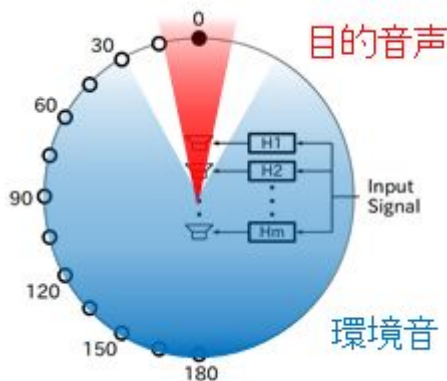


図3 環境音の再生方法

4.3 統合方式

環境音の品質改善を目的とした多点制御構成法および、これまでに検討した多点制御法、信号分解法及び環境音による統合方式に

ついて検討した。目的方法外エリアにおける目的信号の漏えいを環境音によるマスキングによって、その内容が聞き取れないようにする方法は有益であるが、多点制御法によってその再生方向を制御しているため、再生時の周波数特性が変化し、環境音の音色が変化してしまう。

そのため環境音を再生するフィルタ構成を検討し、2つのフィルタ群を用いて異なる再生方向に環境音を再生することで、目的方向への環境音の漏えいは少なく、それぞれの方向に対する周波数特性を改善して環境音の自然な再生を実現する方法を考案した。

また、信号分解法と環境音を組み合わせることにより、目的方向外ではより会話の内容が聞き取り難くスピーチプライバシーの保護には非常に有効であることを確認した。

4.4 品質評価結果

提案方式の評価のため、目的音声の聞き取り難さと環境音の不快感について主観評価実験を行った。実験はDMOS(Degradation Mean Opinion Score) 評価法を用いて行った。DMOS評価法は処理前の音声(リファレンス音)と処理後の音声を聞き比べて、処理後の音声について評価を行う評価法である。

評価実験はシミュレーションにより作成した0[deg], 90[deg], 180[deg]の音に対して、聞き取り難さについて評価した。評価カテゴリはともに5段階(1. まったく聞き取れない, 2. 一部は聞き取れる, 3. 聞き取れる, 4. 容易に聞き取れる, 5. はっきりと聞き取れる)とした。結果を図4に示す。図より目的方向(0度)では品質に差がなく、はっきり聞き取れ、その他の方向では信号分解法に環境音を加えた方式が聞き取り難くなっており、スピーチのプライバシーが保護されることがわかる。

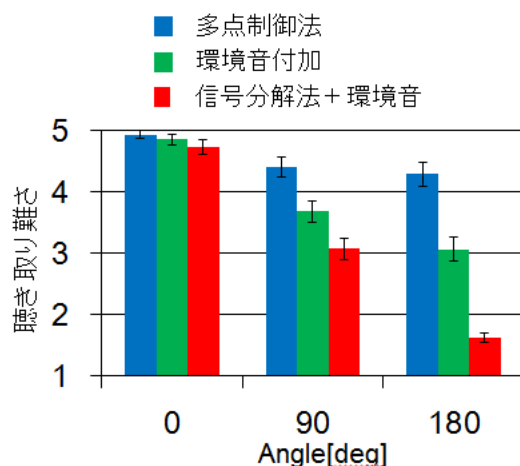


図4 品質評価結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1件)

安枝和哉, 野村浩一, 片岡章俊, “多点制御法と音声の残差信号分解法を組み合わせた音のエリア再生法,” 電子情報通信学会論文誌, A Vol. J97-A, No.2, pp. 77-85, Feb. 2014. 査読有

http://search.ieice.org/bin/pdf.php?lang=J&year=2014&fname=j97-a_2_77&abst=

〔学会発表〕(計 6件)

安枝和哉, 片岡章俊, “多点制御法における信号分解法とマスクング手法を用いた目的方向外での秘匿性向上,” 日本音響学会春季研究発表 講演論文集, 1-Q-39, pp.773-774, 2015-3-16, 中央大学 後楽園キャンパス

安枝 和哉, 片岡 章俊, “エリア再生における信号分解法とマスクング手法を用いたエリア外での秘匿性向上の検討,” 第17回 日本音響学会 関西支部 若手研究者交流研究発表会 32, 2014-12-14, 関西大学

安枝 和哉, 片岡 章俊, “多点制御法を用いた環境音による目的方向外音声のマスクング手法に関する検討,” 電子情報通信学会技術研究報告 信学技報 EA2014-45, 31-36, 2014-12-12, 金沢大学

安枝和哉, 冠野美利, 片岡章俊, “多点制御された環境音における方向別の再生品質に関する検討,” 日本音響学会秋季研究発表会 講演論文集, 2-P-31, pp. 837-838, 2014-9-4 北海学園大学 豊平キャンパス

安枝 和哉, 片岡 章俊, “多点制御法における目的方向外音声の環境音によるマスクングに関する検討,” 日本音響学会春季研究発表会 講演論文集, 1-P4-12, 2014-3-10, 日本大学

安枝和哉, 片岡章俊, “多点制御法と音声の残差信号分解法を用いた音のエリア再生,” 電子情報通信学会 技術研究会報告 応用音響研究会, EA2012-147 2013-3-12, KDDI 研究所

6. 研究組織

(1)研究代表者

片岡 章俊 (KATAOKA Akitoshi)
龍谷大学・理工学部・教授
研究者番号: 20528682

(2)研究協力者

安枝 和哉 (YASUEDA Kazuya)
龍谷大学・大学院理工学研究科・院生