

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 14 日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25330322

研究課題名(和文)スピーチプライバシー保護の空間音響条件に基づくサウンドマスキングシステムの構築

研究課題名(英文)Development of Active Sound Masking System for Speech Privacy Protection Based on Acoustic Space Conditions

研究代表者

佐伯 徹郎 (SAEKI, TETSURO)

山口大学・理工学研究科・准教授

研究者番号：40249595

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：近年、小規模診療所の待合室付近での問診、税務署窓口での納税相談、学校の教室での学習進路相談、仮設ブースでの法律相談など、会話の秘話性が必要とされるオープンスペースでのスピーチプライバシーの保護が重要視されている。このような観点から本研究では、空間音響条件に基づくサウンドマスキングシステムを提案し、その有効性について心理実験をもとに確認した。

研究成果の概要(英文)：In recent years, importance has been attached to achieving speech privacy in open spaces such as for oral consultations near waiting rooms of small-scale clinics, tax-payment consultations at a taxation office window, course consultations in school classrooms, and legal aid services in temporary booths. From this viewpoint, in this study, we proposed an sound masking system based on acoustic space conditions, and the effectiveness of the proposed system was confirmed based on the results of psychological experiments.

研究分野：総合領域

キーワード：スピーチプライバシー サウンドマスキングシステム 情報漏えい防止 個人情報保護 心理評価

## 1. 研究開始当初の背景

国内外を問わず、病院の診察室での診療や受付窓口での問診、薬局窓口での説明、オープンプランオフィスでの打合せ、税務署窓口などの公的機関での相談、学校での学習進路相談、などオープンスペースでのスピーチプライバシー保護が重要視されてきている。

国外におけるスピーチプライバシー保護に関する研究では、他人の声が聞き取れない音環境が好ましい執務空間であるとして、個人情報保護よりもオフィスや医療機関での作業環境の改善に重点が置かれており、オフィスで隣室から自室への会話が邪魔にならないことや医療機関で医療ミスが起きないことなどのための、建築音響性能の評価・設計に関して議論されている。自室と他室の間の遮音性能が主とした評価・設計対象であり、このような方法は大掛かりな工事によるコスト大の対策であるといえる。国内においては、国外と同様の観点からスピーチプライバシーをテーマとして研究されているが、いち早く我々の研究グループが研究を開始した。

我々のグループと国内外の研究との最大の違いは、当初から時代の要請を的確に捉え、作業環境の改善よりも個人情報の保護や情報漏えいの防止に主眼を置いている点である。近年、個人情報保護の要請から、音声が聞こえるか聞こえないかといったような領域がスピーチセキュリティとも称されるようになり、文献等でもスピーチプライバシーの評価に関する新たな研究領域として紹介されており、この研究領域の体系化が望まれている。さらに、心理的にうるさく感じない最低の音量でマスキング効果を得られるようにマスキングノイズのスペクトルを変化させるサウンドマスキングシステムを導入し、大掛かりな工事を必要としないコスト削減効果が得られている点でも異なっている。

## 2. 研究の目的

個人情報保護に注目が集まってから、複雑な空間音響条件のため従来困難であったオープンスペースでのスピーチプライバシー保護の設計要求が生じてきているのが現状である。以前、一組の会話者に対する単一のスピーカによる小型・可搬・軽量の「スピーチプライバシー保護装置」として特許を取得していたが、本研究はこれを音源の様々な到来方向といった複雑な空間音響条件が存在するオープンスペースへ展開しようとするものである。オープンスペースのような複雑な空間音響条件でのスピーチプライバシーを保護することは困難であるため、新たな手法を見出す必要がある。

感覚的に二つの刺激が等しく感じられたとき、一方の刺激値を他方の主観的等価値と

いう。状況によって違う二つの刺激に対して感覚的に同じ(主観的に等価)であるときの物理量(刺激値)は異なっている。この差をあらかじめ保持しておきシステムの制御量としてフィードバックをかけるというのが本研究の基本的となるアイデアであり、上記の困難に対するアプローチである。なお、このような主観的等価値を用いる試みは当研究グループ以外に類を見ないものである。

## 3. 研究の方法

(1) 音声とノイズのスペクトル形状とスピーチプライバシー主観的等価値の関連性の調査

心理実験をもとにどのような音声とノイズのスペクトル形状の相対的な関係であればどのようなスピーチプライバシー評価の主観的等価値となるかを調査する。

(2) 様々な音声やノイズの到来方向を加味したスピーチプライバシー主観的等価値の調査

心理実験をもとにどのような音声やノイズの到来方向であればどのようなスピーチプライバシー評価の主観的等価値となるかを調査する。

(3) 主観的等価値を用いたサウンドマスキングシステムの構築と有効性評価

複雑な空間音響条件において主観的等価値を用いてスピーチプライバシーをコントロールする方法を検討する。次に、サウンドマスキングシステムを構築し、心理実験をもとに装置の有効性を評価する。

## 4. 研究成果

情報漏えい防止や個人情報保護に着目して、オープンスペースといった複雑な空間音響条件を考慮するため、主観的等価値を用いてスピーチプライバシーを確保するサウンドマスキングシステムを構築した。

(1) 音声とノイズのスペクトル形状とスピーチプライバシー評価の関連性の調査

どのような音声とノイズのスペクトル形状の相対的な関係であればどのようなスピーチプライバシー評価となるかについて心理実験をもとに考察した。

音響心理実験の概要は次の通りである。

音声信号として、音声市販の講演テープに納められている講演音声から、男性2名と女性2名の計4種類の音声を選定した。音声ピークスペクトルのオーバーオール値を被験者の耳の位置で約 62[dB]となるように設定した。

マスキング用雑音として、ピンクノイズを

用いた。被験者の耳の位置で音圧レベル値を1[dB] 刻みで約 50~80[dB]となるように設定した。

被験者の前方 2.5[m]先に設置されたスピーカから提示音を放射した。被験者は提示音を聴取した後に、スピーチプライバシーが保護されている程度を 10 段階にカテゴリ化されたスピーチプライバシー評価尺度

- A1:何も聞こえない
- A2:何か聞こえる
- A3:音のリズムが聞こえる
- A4:音の抑揚が聞こえる
- A5:音声であるとわかる
- A6:話している人の性別がわかる
- A7:誰が話しているかわかる
- A8:単語が聞こえることがある
- A9:話の内容がある程度わかる
- A10:話の内容が全てわかる

の中から 1 つを選び、記入用紙に記入した。上記の操作を、各条件に対して 2 回行った。

音響心理実験で得られた実測データを用いて、スペクトル距離 SPD とスピーチプライバシー評価との関係性を求めた結果の例を図 1 に示す。

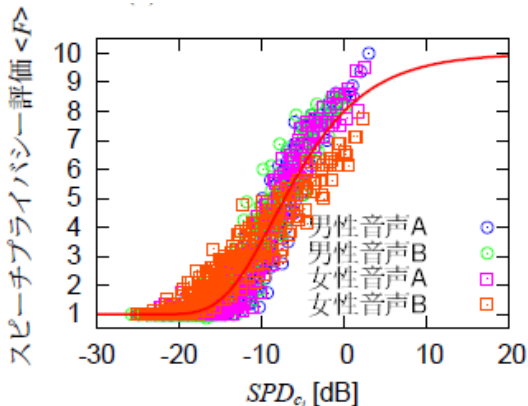


図 1 指標とスピーチプライバシー評価との関係

(2) 様々な音声やノイズの到来方向を加味したスピーチプライバシー主観的等価値の調査

どのような音声やノイズの到来方向であればどのようなスピーチプライバシー評価の主観的等価値となるかについて心理実験をもとに考察した。

音響心理実験の概要は次の通りである。

音声信号として、市販の講演テープに納められている講演音声から、男性 1 名、女性 1 名の計 2 種類の音声を選定した。音声ピークスペクトルのオーバーオール値を被験者の耳の位置で約 62[dB]となるように設定した。マスキング用雑音として、ピンク雑音を用いた。被験者の耳の位置で音圧レベル値を約 50, 53, 56, 59, 62, 65, 68, 71, 74, 77, 80[dB] となるように設定した。

実験状況を図 2 に示す。円周上に等間隔で 8 個のスピーカを配置した。スピーカの位置

が被験者にわからないよう黒い布で覆った。被験者はその中心に位置する椅子に座り、頭部をヘッドレストにより支持した。音声を 8 箇所のスピーカの中のひとつから提示すると同時に、マスキング用雑音を 8 箇所のスピーカの中のひとつから放射した。音声とマスキング用雑音の音圧レベル値および提示方向をランダム順に設定して実験を行った。被験者は音声を 30 秒間聴取した後、音声に対してどのように感じたか、前述の 10 段階にカテゴリ化されたスピーチプライバシー評価尺度の中から 1 つ選んで判断した。

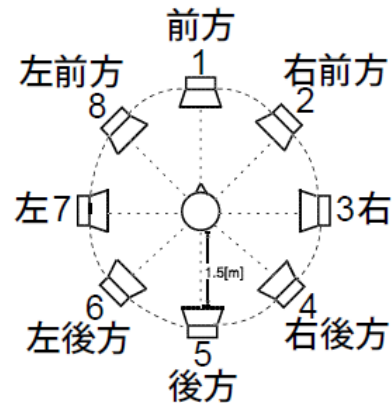


図 2 実験状況

音響心理実験で得られた実測データを用いて、音声およびマスキング用雑音の到来方向とスピーチプライバシーに関する心理評価の関係性を求めた。結果の例として、音圧レベル値が約 62[dB]のマスキング用雑音を提示した場合を図 3 に示す。同図には男性音声及び女性音声を提示した場合の結果を合わせて示している。同図より、音声とマスキング用雑音の到来方向が近づくにしたがって、スピーチプライバシーに関する心理評価が低下しており、マスキング用雑音の影響が強まることがわかる。また、音声とマスキング用雑音の到来方向が前後対称となる場合もスピーチプライバシーを保護しやすくなっている。

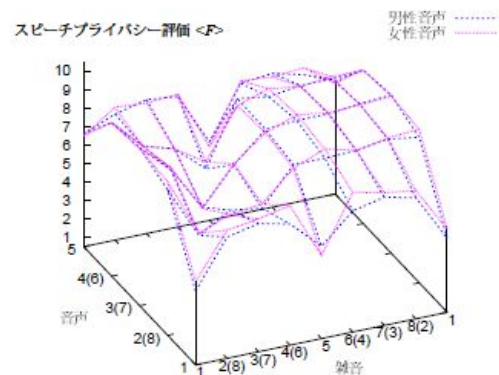


図 3 音声およびマスキング用雑音の到来方向とスピーチプライバシー評価の関係 (LN = 62 [dB])

### (3) 主観的等価値を用いたサウンドマスキングシステムの構築と有効性評価

上記の項目で考察した結果を基に、複雑な空間音響条件における主観的等価値を用いたスピーチプライバシーコントロール方法を検討した。次に、心理的にうるさく感じない最低の音量でマスキング効果を得られるよう音声を測定する音声測定器を試作した。最後に、サウンドマスキングシステムを設計・試作・構築し、システムの有効性について、心理実験をもとに評価した。

当初から時代の要請を的確に捉え、他の研究グループとは異なり、作業環境の改善よりも情報漏えいの防止や個人情報保護に主眼を置いて、いち早く研究を開始し、スピーチプライバシーに関する新たな研究領域の体系化を試みている。心理的にうるさく感じない最低の音量でマスキング効果を得られるサウンドマスキングシステムを導入し、従来の方で遮音・防音対策を施してもなお残ってしまった音声に対しても適用でき、大掛かりな工事を必要としないコスト小の対策方法である。プライバシーの保護が重要視されている昨今、本システムは、従来困難であったオープンスペースでのスピーチプライバシーをコントロールできることから、実現すれば画期的な方法となり、盗聴防止の犯罪対策にも応用できるなど、多方面でスピーチプライバシーの保護に威力を発揮し、製品の多数の需要が期待できる。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計9件)

森下翔, 坂本惇平, 佐伯徹郎, 為末隆弘, 加藤裕二, 遮音システムとマスキング用雑音を用いたスピーチプライバシー保護システムの構築, 日本音響学会, 2016年3月10日, 桐蔭横浜大学(神奈川県横浜市)

依一史, 森下翔, 佐伯徹郎, 為末隆弘, 加藤裕二, 遮音システムとマスキング用雑音を用いたスピーチプライバシー保護のための実験的考察, 日本音響学会, 2015年9月17日, 会津大学(福島県会津若松市)

坂本惇平, 河村達也, 佐伯徹郎, 為末隆弘, 加藤裕二, 音声とマスキング用雑音の到来方向を考慮した主観的等価値によるスピーチプライバシー評価の予測手法, 日本音響学会, 2015年9月17日, 会津大学(福島県会津若松市)

森下翔, 坂本惇平, 佐伯徹郎, 為末隆弘, 加藤裕二, 遮音システムとマスキング用雑音を用いたスピーチプライバシー保護に関する一考察, システム制御情報学会, 2015年5月20日, 大阪電気倶楽部(大阪府大阪市)

河村達也, 後藤隆宏, 佐伯徹郎, 為末隆

弘, 加藤裕二, スピーチプライバシー保護のための音声とマスキング用雑音の到来方向に関する一考察, 日本音響学会, 2015年3月17日, 中央大学(東京都文京区)

河村達也, 佐伯徹郎, 為末隆弘, 加藤裕二, マスキング用雑音の到来方向がスピーチプライバシーとうるささに及ぼす影響, 電気・情報関連学会中国支部, 2014年10月15日, 福山大学(広島県福山市)

後藤隆宏, 佐伯徹郎, 為末隆弘, 加藤裕二, マスキング用雑音の到来方向とスピーチプライバシーに関する心理評価の関連性, 日本音響学会, 2014年9月4日, 北海学園大学(北海道札幌市)

後藤隆宏, 佐伯徹郎, 為末隆弘, 加藤裕二, 空間音響条件に基づくスピーチプライバシー保護に関する一考察, システム制御情報学会, 2014年5月23日, 京都テルサ(京都府京都市)

後藤隆宏, 為末隆弘, 佐伯徹郎, 加藤裕二, 超指向性スピーカを用いたスピーチプライバシー保護のためのサウンドマスキングシステムに関する一考察, 電気・情報関連学会中国支部, 2013年10月19日, 岡山大学(岡山県岡山市)

### 6. 研究組織

#### (1) 研究代表者

佐伯 徹郎 (SAEKI TETSURO)  
山口大学・大学院理工学研究科・准教授  
研究者番号: 40249595

#### (2) 研究分担者

なし

#### (3) 連携研究者

為末 隆弘 (TAMESUE TAKAHIRO)  
山口大学・大学情報機構・准教授  
研究者番号: 00390451  
加藤 裕一 (KATO YUICHI)  
島根大学・総合理工学部・教授  
研究者番号: 10161126