

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月29日現在

機関番号：15501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009～2011

課題番号：21700238

研究課題名（和文） 超指向性音源を用いた局所的スピーチ・プライバシー保護システムの開発と試作

研究課題名（英文） Development and Construct of Speech Privacy Protection System using High Directivity Sound Source.

## 研究代表者

為末 隆弘 (TAMESUE TAKAHIRO)

山口大学・大学情報機構・助教

研究者番号：00390451

研究成果の概要（和文）：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など会話の秘話性が必要とされるオープンスペースにおいてスピーチ・プライバシーを保護するための手段として，マスキング用雑音を用いて音声をマスクする方法について検討した。空間内の限られた領域にマスキング用雑音を提示できる超指向性音源を用いた新たなサウンドマスキングシステムを構築し，音響実験で得られた実測データをもとにシステムの有効性を確認した。

研究成果の概要（英文）：This study focused on masking speech with meaningless steady noise for 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. A speech privacy protection system was constructed using high directivity sound source. An applicability of the system was confirmed experimentally, and reasonable results were obtained.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：音響情報工学

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：スピーチ・プライバシー，指向性音源，マスキング，聴取成績，心理評価

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 情報漏洩防止や個人情報保護といった時代的要求の高まりを受け，個人情報が話題になる会話の秘話性について注意が払われるようになった。これはスピーチ・プライバシー (Speech Privacy) と表現されており，

現在，医療施設や金融機関などの個人情報保護およびオフィスなど執務空間の音環境改善を目的としたスピーチ・プライバシーの確保が重要視されている。プライバシーが必要となる場合の例として次のようなものが考えられる。

- ① 病院の診察室や待合室での会話が他人に聞こえる。
- ② カウンセリング時の個人的な会話が他人に聞こえる。
- ③ 銀行や税務署窓口での会話内容が他人に聞こえる。
- ④ 会議室やオープンスペースでの会話内容が他人に聞こえる。

(2) スピーチ・プライバシーに関する研究は、北米を中心に会話漏洩を防止するための室内音響設計・遮音設計に始まり、その遮音性能や部屋の暗騒音レベルと音声の明瞭度およびプライバシー感の関係が考察されている。また、国内でもスピーチ・プライバシー保護を目的とした研究が開始されている。

(3) 我々はこれまで、遮音・防音対策を施してもなお残る会話などの音声に対して音圧レベルや周波数帯域をコントロールしたマスキング用雑音を放射し、これによるマスキング効果でスピーチ・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開発した。これはプライバシー保護のための遮音設計とともにサウンドマスキングを併用するものであるが、遮音壁による透過減衰や間仕切りによる回折、天井での反射などによって高域が減衰した低レベルの音声に対して、天井や壁に設置したスピーカアレイから場所や暗騒音レベルに応じた音圧レベルでマスキング用雑音を放射することによって、会話者のスピーチ・プライバシーが守られる。しかしながら現状のシステムには、以下のような大きな問題点が残されている。

- ① オープンプランオフィスなどの開放的空間で、間仕切りによる大がかりな遮音対策を講じる必要があり、その設置位置や設置方法によってプライバシー保護の効果が異なる。
- ② 会話音声とマスキング用雑音の到来方向の違いによって生じるマスキング効果の差異について考慮されていない。
- ③ 会話音声レベルが上昇するとマスキング用雑音の音圧レベルを大きくする必要はあるが、空間内の広い領域にわたってマスキング音が放射されることで、不必要な騒音としての影響を及ぼす可能性がある。
- ④ マスキング用雑音に対する“うるささ”や会話のしやすさといった主観的心理評価について触れられておらず、マスキング用雑音の許容範囲などについて検討が不十分である。

## 2. 研究の目的

(1) これまでの研究では、オープンスペースでスピーチ・プライバシーを保護する手段

のひとつとして、マスキング用雑音を用いて音声をマスクする方法について考察されている。この場合、空間内の広い領域にマスキング用雑音が放射され、会話者やスピーチ・プライバシーの保護を必要としない人にまで騒音としての影響を与えてしまう可能性がある。本研究では、空間内における限られた領域にマスキング用雑音を提示できるような鋭い指向性をもつ音源を用いて、解放的な空間内においてもスピーチ・プライバシーを局所的にかつ効果的にコントロールできる新たなサウンドマスキングシステムの可能性について検討する。

(2) 超指向性音源として、超音波を用いたパラメトリックアレイスピーカに着目し、その周波数特性や指向性に関する物理的音響特性とスピーチ・プライバシーに関する心理評価の関連性について調査している。さらに、会話の秘話性が必要とされる実際の現場を想定して、局所的なスピーチ・プライバシー保護に対する上記スピーカの有効性について検証する。

## 3. 研究の方法

(1) 聴取者に対して水平方向からマスキング用雑音を放射する場合の、超指向性スピーカの周波数特性や指向性に関する物理的音響特性とスピーチ・プライバシーに関する心理評価の関連性について調査するために音響実験を行った。

### ① 被験者

聴力正常な 20 歳代の男性 7 名と女性 1 名の計 8 名であった。

### ② 提示音

#### a) 音声信号

市販の講演テープから男性 1 名と女性 1 名の計 2 種類の講演音声を選定した。音声ピークスペクトルのオーバーオール音圧レベル値を被験者の耳の位置で約 53 [dB] となるように調整した。

#### b) マスキング用雑音

様々なパワースペクトル形状の音声信号を最も低い音圧レベルでマスクすることができる帯域幅を [176.8, 5656] [Hz] で制限したピンク雑音を用いた。時間平均音圧レベル値を被験者の耳の位置で 53.0, 56.0, 59.0, 62.0, 65.0, 68.0, 71.0 [dB] とした。

### ③ 超指向性音源

超指向性音源として、超音波を用いたパラメトリックアレイスピーカに着目した。作成した超音波パラメトリックアレイスピーカ (A) の周波数特性を図 1 に示す。同図には比較のために、市販されている超音波パラメトリックアレイスピーカ (B) の結果も併せて示している。また、それぞれのスピーカの指向性を図 2 の (a) および (b) に示す。

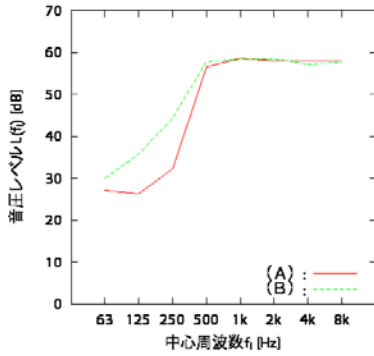
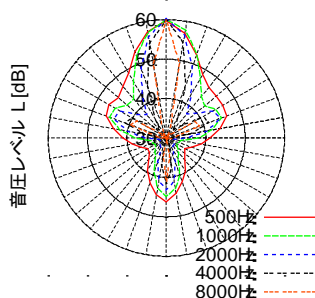
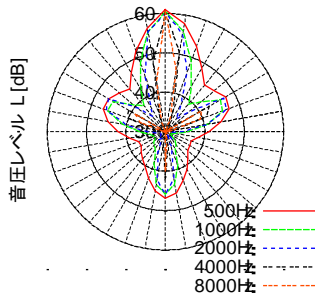


図1: 周波数特性



(a) スピーカ(A)



(b) スピーカ(B)

図2: 指向性

#### ④ 測定方法

a) 音声信号を聴取している被験者に対して、超指向性スピーカからマスキング用雑音を提示した。これまでの研究と同様に、4つにカテゴリ化された評価尺度 (F1: 話していること自体気付かない, F2: 何か話していることはわかるが話の内容までは聴き取れない, F3: 集中して聴くとある程度話の内容がわかる, F4: 特に集中して聴かなくとも話の内容がすべて理解できる) を用いてスピーチ・プライバシーに関する心理的印象を調査した。  
b) マスキング用雑音を提示する超指向性スピーカの向きを正面 0 [°] 方向から左右 30 [°] 方向まで 5 [°] 間隔で変化させた場合のスピーチ・プライバシーに関する心理的印象を調べた。

(2) 聴取者に対して頭部上方向からマスキング用雑音を放射する場合の、超指向性スピーカの周波数特性や指向性に関する物理的音響特性とスピーチ・プライバシーに関する心理評価の関連性について調査するために音響実験を行った。

#### ① 被験者

聴力正常な 20 歳代の男性 8 名であった。

#### ② 提示音

##### a) 音声信号

市販の講演テープから男性 1 名と女性 1 名の計 2 種類の講演音声を選定した。音声ピークスペクトルのオーバーオール音圧レベル値を被験者の耳の位置で約 52, 62 [dB] とするように設定した。

##### b) マスキング用雑音

様々なパワースペクトル形状の音声信号を最も低い音圧レベルでマスクすることができる帯域幅を [176.8, 5656] [Hz] で制限したピンク雑音を用いた。時間平均音圧レベル値を被験者の耳の位置で 53.0, 56.0, 59.0, 62.0, 65.0, 68.0, 71.0 [dB] とした。

#### ③ 測定方法

a) 被験者の前方約 1.5 [m] の位置に設置したコーン型ラウドスピーカ (C) により音声信号を提示した。また、マスキング用雑音を被験者の頭上約 1.2 [m] に設置した超指向性スピーカ (A) および (B), またはコーン型ラウドスピーカ (C) により提示した。被験者は音声聴取した後どのよう感じたかを先の 4 つのカテゴリの中から判断した。

b) スピーチ・プライバシーがどの程度の範囲で保たれるかを調べるために、被験者の位置を前後・左右方向に 5 [cm] 間隔で 60 [cm] まで移動させた場合のスピーチ・プライバシー評価を求めた。

(3) 会話の秘話性が必要とされる現場を想定して、超指向性スピーカシステムの局所的なスピーチ・プライバシー保護に対する有効性を検証する実験を行った。

#### ① 被験者

聴力正常な 20 歳代の男性 8 名, 女性 1 名の計 9 名であった。

#### ② 提示音

##### a) 音声信号

会話者 2 名が会話例文集を音読した。

##### b) マスキング用雑音

様々なパワースペクトル形状の音声信号を最低音圧レベルでマスクすることができる帯域幅を [176.8, 5656] [Hz] で制限したピンク雑音を用いた。スピーチ・プライバシー評価が 2 となるように、時間平均音圧レベル値を被験者の耳の位置で 68.0 [dB] とした。

##### c) 背景騒音

会話の秘話性を必要とする実際の現場を再現するために背景騒音を提示した。背景騒

音として、市販の効果音 CD(KING TWIN BEST Series Disc 1:37 “ざわめき”)を使用した。時間平均音圧レベルが約 68.0 [dB]となるよう設定した。

### ③ 測定方法

実験状況を図 3 に示す。背景騒音を部屋の 4 隅に置かれたコーン型ラウドスピーカから放射すると同時に、超指向性スピーカからマスキング用雑音を聴取者に向けて放射した。格子状に位置する 9 名の聴取者は、会話者が音読する例文集について、(1) および (2) で用いた 4 つにカテゴリ化されたスピーチ・プライバシーに関する尺度を用いて評価した。さらに、マスキング用雑音のうるささに関する心理的印象に対して、7 つにカテゴリ化された尺度 (A1: 全く気にならない, A2: 気にならない, A3: あまり気にならない, A4: 少しうるさい, A5: うるさい, A6: かなりうるさい, A7: 非常にうるさい) を用いて評価した。他方、会話者は会話のしやすさについて、スピーチ・プライバシーに関する評価尺度を用いて回答した。

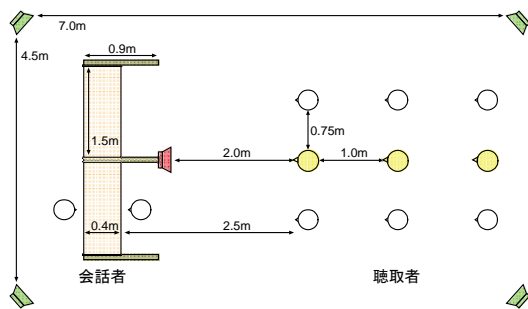


図 3: 実験状況

## 4. 研究成果

(1) 音響実験による実測データを用いて、マスキング用雑音の音圧レベル値とスピーチ・プライバシーに関する心理評価の関係を求めた。結果の一例として、男性音声进行提示した場合を図 4 に示す。図中の点はスピーチ・プライバシー評価の平均値である。同図より、コーン型ラウドスピーカ (C) を用いた場合は、スピーチ・プライバシー評価が 1 (話していること自体気付かない) まで保護できるのに対して、超指向性スピーカ (A) または (B) によりマスキング用雑音を提示した場合は、スピーチ・プライバシー評価が 2 (何か話していることはわかるが話の内容までは聴き取れない) 程度まで保護できることがわかった。このことは超指向性スピーカの再生周波数帯域に起因していると考えられる。

マスキング用雑音の提示角度とスピーチ・プライバシーに関する心理評価との関係を求めた。男性音声进行提示した結果の例として、マスキング用雑音の音圧レベル値が 53,

68 [dB] の場合を図 5 に示す。同図より、超指向性スピーカを用いた場合、正面から左右方向に約 10 [°] の範囲では、スピーチ・プライバシー評価が同程度となり、局所的なスピーチ・プライバシー保護が可能である。

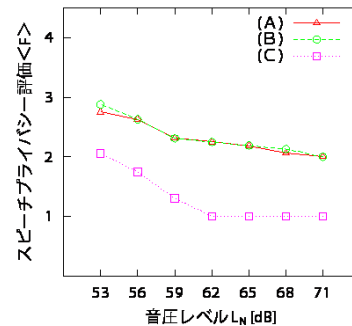


図 4: マスキング用雑音の音圧レベル値とスピーチ・プライバシーに関する心理評価の関係(マスキング用雑音を水平方向から提示, 男性音声)

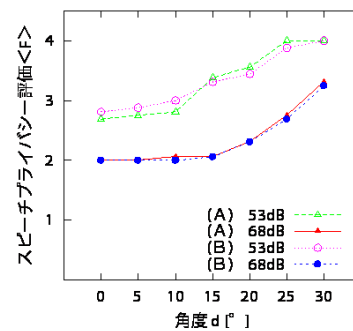


図 5: マスキング用雑音の提示角度とスピーチ・プライバシーに関する心理評価の関係(マスキング用雑音を水平方向から提示, 男性音声)

(2) 音響実験で得られた実測データから、超指向性スピーカによりマスキング用雑音を被験者の頭部上方から提示した場合の、マスキング用雑音の音圧レベル値とスピーチ・プライバシーに関する心理評価の関係を求めた。音声ピークスペクトルのオーバーオール音圧レベル値 52 [dB] の男性音声进行提示したときの結果を図 6 に示す。同図より、マスキング用雑音を上方から提示した場合もスピーチ・プライバシー評価が 2 (何か話していることはわかるが話の内容までは聴き取れない) 程度まで保護できることがわかった。

聴取者頭上の超指向性スピーカから提示されるマスキング用雑音によって、スピーチ・プライバシーが保たれる領域がどの程度となるかを調べた。男性音声进行提示した場合の結果を図 7 に示す。図中の実線および破線はスピーチ・プライバシー評価が 2 または

2.5 以下となる領域を示している。スピーチ・プライバシーが保たれる領域はいずれの場合も、前後・左右に 30 [cm] 程度となっており、局所的なスピーチ・プライバシーの保護が確認された。

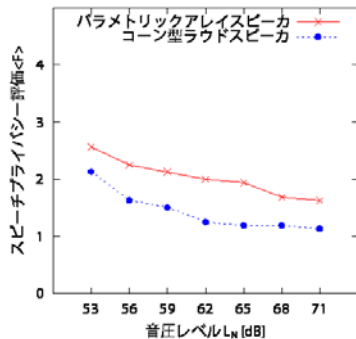


図 6: マスキング用雑音の音圧レベル値とスピーチ・プライバシーに関する心理評価の関係(マスキング用雑音を上方向から提示, 男性音声)

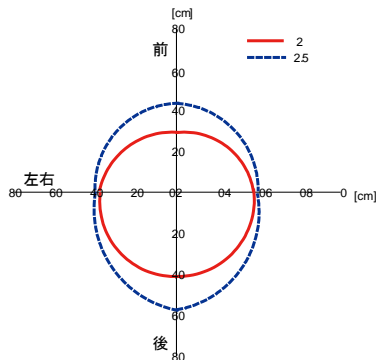


図 7: スピーチ・プライバシーが保たれる領域(マスキング用雑音を上方向から提示, 男性音声)

(3) 音響実験で得られた実測データより、格子状に配置した各測定地点でのスピーチ・プライバシー評価の平均値を表したものを図 8 に示す。同図より、超指向性スピーカの正面に位置する特定の領域に対してのみ、スピーチ・プライバシーの評価を 2 (何か話していることはわかるが会話の内容までは聞き取れない) 程度に保護できることが可能であった。さらにこの場合、会話者同士の会話のしやすさに悪影響を与えることはなく、マスキング用雑音に対するうるささの心理評価値も 3 (あまり気にならない) 程度であり、会話者がうるさいと感じることはなかった。以上の結果から、超指向性音源を利用したサウンドマスキングシステムを用いた場合、限られた領域におけるスピーチ・プライバシーをコントロールすることで、会話者や領域外の受聴者の感じる雑音のうるさを低減できることが確認された。

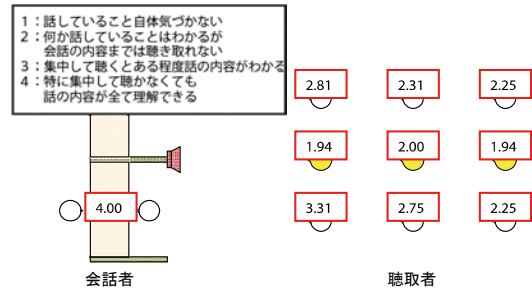


図 8: 会話の秘話性が必要とされる現場でのスピーチ・プライバシー評価

## 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)

[雑誌論文] (計 2 件)

- ① Takahiro Tamesue, Tetsuro Saeki, Yuichi Kato, The effect of direction of masking sound on speech privacy evaluation, Proceedings of the 40th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, 査読有, 1-7, 2011.
- ② Takahiro Tamesue, Hiroki Takahashi, Haruka Kamijo, Kazunori Itoh, Tetsuro Saeki, A study on psychophysiological evaluation of noise during mental memory tasks, Proceedings of the 20th International Congress on Acoustics, 査読有, 1-5, 2010.

[学会発表] (計 11 件)

- ① 菊屋卓也, 精神作業時の有意味・無意味騒音が聴覚事象関連電位に及ぼす影響, 日本音響学会 2012 年春季研究発表会, 2012 年 3 月 13 日, 神奈川大学 横浜市
- ② 為末隆弘, アレイスピーカを用いた遠隔講義・会議システムに関する実験的考察, 第 7 回日本感性工学会春季大会, 2012 年 3 月 2 日, サポートホール高松 高松市
- ③ 中林想太, パラメトリックスピーカを用いたスピーチプライバシー保護に関する一考察, 日本音響学会 2011 年秋季研究発表会, 2011 年 9 月 20 日, 島根大学 松江市
- ④ 為末隆弘, スピーチプライバシー評価尺度の構成に関する一考察, 日本音響学会 2011 年春季研究発表会, 2011 年 3 月 9 日, 早稲田大学 東京都
- ⑤ 井町尚義, 超指向性スピーカを用いたスピーチプライバシー保護に関する実験的考察, 日本音響学会 2010 年秋季研究発表会

表会, 2010年9月15日, 関西大学 大阪府吹田市

- ⑥ 上條春香, 有意味・無意味騒音が精神作業者に及ぼす影響の脳波による定量評価, 生体医工学シンポジウム2010, 2010年9月10日, 北海道大学 北海道
- ⑦ 中林想太, 音声とマスクング用雑音の到来方向がスピーチプライバシー評価に及ぼす影響, 日本音響学会 騒音・振動研究会, 2010年6月25日, 山口大学 宇部市
- ⑧ 為末隆弘, 音声とマスクング用雑音の到来方向がスピーチプライバシー評価に及ぼす影響, 第54回システム制御情報学会研究発表会, 2010年5月20日, 京都リサーチパーク 京都市
- ⑨ 為末隆弘, マスクング用雑音の到来方向がスピーチプライバシー評価に及ぼす影響, 日本音響学会 2010年春季研究発表会, 2010年3月8日, 電気通信大学 武蔵野市
- ⑩ 井町尚義, マスクング音の到来方向とスピーチプライバシー評価の関係に関する一考察, 平成21年度電気・情報関連学会中国支部連合大会, 2009年10月17日, 広島県立大学 庄原市
- ⑪ 井町尚義, マスクング音の到来方向とスピーチプライバシー評価の関係, 日本音響学会 騒音・振動研究会, 2009年8月7日, 浜松市楽器博物館 浜松市

[図書] (計1件)

- ① Takahiro Tamesue, IN-TECH, Hearing loss, Chapter 3: A prediction method for speech audibility taking account of hearing loss due to aging under meaningless noise, 2012, 16ページ

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

為末 隆弘 (TAMESUE TAKAHIRO)  
山口大学・大学情報機構・助教  
研究者番号: 00390451