

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 6 月 11 日現在

機関番号：21401

研究種目：挑戦的萌芽

研究期間：2009 ～ 2011

課題番号：21656097

研究課題名（和文）可聴音を用いたスポット情報伝達の研究

研究課題名（英文）A research on acoustic information transmission to local spot using audible sound

研究代表者

高根 昭一（SHOUICHI TAKANE）

秋田県立大学・システム科学技術学部・准教授

研究者番号：90236240

研究成果の概要（和文）：可聴音により、既存のオーディオ装置を用いて音に含まれる情報を空間内の限定された領域(スポット)のみに伝達する方法を検討した。信号をランダムベクトルに分解し、分解された信号をスポットに対して様々な方向と距離に配置した音源から出力することで、スポットで高い再生精度をもち、なおかつスポット以外では再生精度が極めて低くなるような再生を行えることが示された。しかし、スポット以外での合成信号からは信号のもつ情報(音声の発話内容など)が聴取できることが多く、情報の秘匿性に関して問題が残された。

研究成果の概要（英文）：Methods to transmit information in sound to a specific local spot with ordinary audio equipments via audible sounds were discussed in this research. It was found out as the results that the reproduction of speech signal at the spot and the delivery of distorted sound at the point except the spot are possible with decomposition of original signal into random vectors and output of the decomposed signals from sound sources located in various directions and distances. However, there remained the unresolved matter that the information involved in the original signal is almost always audible from the synthesized sound at the point except the spot.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,500,000	0	1,500,000
2010年度	1,300,000	0	1,300,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	150,000	3,450,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・通信・ネットワーク工学

キーワード：信号処理

1. 研究開始当初の背景

光と音は代表的な情報通信メディアであり、それぞれ固有の特徴がある。光を用いれば、画面などのある特定の場所に、所望の情報を局所的に提示することができる。一方、音は広範囲に伝搬し、光ほど空間的分解能の高い情報提示を行うのには適していないと

考えられている。送信側が所望の情報を受信側へ高い確度で伝達したいときには、両方のメディアの関連づけた利用が有効である。たとえば、鉄道の駅における案内は、改札口上部などに設置されたディスプレイで表示し、なおかつ同様の内容を駅員が音声でアナウンスする。このとき、特に音がもつ上記の特徴が問題となる。すなわち、空気や物体の振

動として伝搬する音は、それに含まれる情報が、伝達すべき場所以外へも伝搬する。このことは、騒音問題の一端に関わっているといえる。音のメディアとしての性質を超えて、ある限定されたスポットのみに所望の音信号を再生し、それ以外の場所では再生されないようにできれば、また、そのスポットの位置や範囲を制御できるようになれば、音を通じて特定の対象に情報を伝達することが可能となる。

2. 研究の目的

本研究では、音に含まれる情報を空間のある特定の場所のみに再生する新しい音響通信手法の確立を大きな目的とする。この目的の達成のためには、(1) 空間のある特定の場所のみで所望の情報を聴取することができ、(2) その他の場所では、その情報が伝達されないことが保証され、(3) (1)で所望の情報が聴取される場所以外では、放射された音が聞こえない、あるいは主観的に気にならない、といった条件を満たした手法が必要とされる。

このような伝達を可能にするものとして、超音波を搬送波としたパラメトリックスピーカが知られているが、特定のハードウェアを必要とすることから、本研究では、既存のハードウェアを用いて目的を実現することを考え、本研究では違うアプローチをとる。伝達する音響信号を、知覚的には無意味な信号に分解し、それを空間に配置された複数のスピーカから放射し、それらが所望のスポットまで伝達したとき、全体が重畳された結果として所望の信号が聴取されるように、再生系を構成する。

3. 研究の方法

本研究の目的を達成するためには、(1) 空間のある特定の場所のみで所望の情報を聴取することができ、(2) その他の場所では、その情報が伝達されないことが保証され、(3) (1)で所望の情報が聴取される場所以外では、放射された音が聞こえない、あるいは主観的に気にならない程度の音量である、といった条件を満たした手法が必要とされる。この問題意識から、まず(1)、(2)について、信号の分解に基づく手法に重点を置いて検討を行った。特に、(2)の条件(スポット以外での情報の秘匿性)を満たすことが重要と考えた。信号の分解だけではこの条件を満たすことが困難である場合には、音源の指向性を考慮してスポットへの情報伝達系の構成を試みる。

多数の音源を用いて系を構成すれば、それらの音源を用いて指向性を合成できることは明らかであり、信号分解に基づく方法を採

用するメリットが小さいと考えられるため、本研究では、比較的少数の音源を用いた系での実現の可否を検討した。

4. 研究成果

図1、2のように、長さ N の信号は、 N 個の任意の直交ベクトル $v_1(n) \sim v_N(n)$ の線形結合として表せる。この直交ベクトルをランダムベクトルで構成し、それを適宜ミキシングして音源から放射することで、限定されたスポットに音声信号を再生する。この際、各音源とスポットとの位置関係から生じる到達時間差とレベル差を調整して、スポットにおいて原信号が再生されるようにする。

分解を行う信号のサンプル長 N を 100 としたとき、分解した信号を再生するために十分な音源数は 20 以上、すなわち各音源から分解したベクトルを 5 ずつまとめて出力することがわかった。これは、この程度の音源数があれば、各音源から出力される信号は、原信号の特徴がほとんど聴取できないものとな

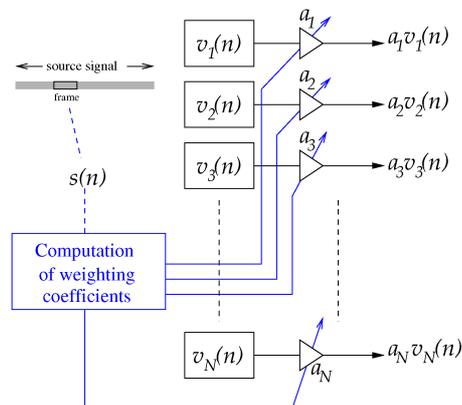


図1 信号分解処理のブロックダイアグラム

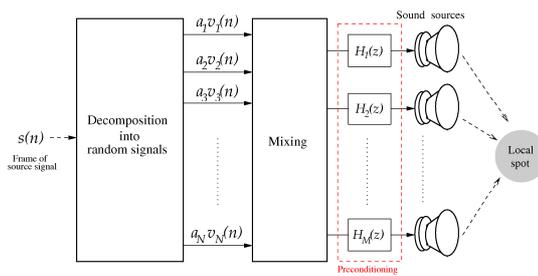
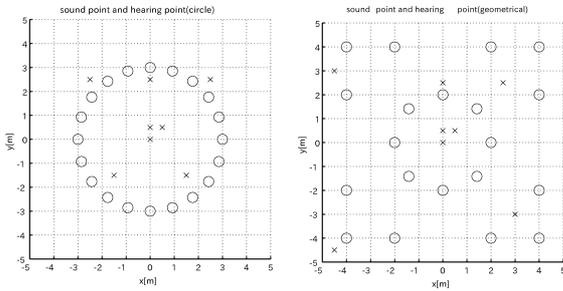


図2 再生系のブロックダイアグラム

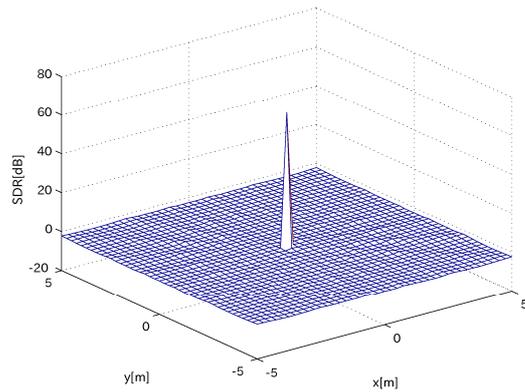
ることを意味する。このような条件のもとで、図3に示す2種類の音源配置を例にとり、コンピュータ・シミュレーションを通じてスポットやスポット以外での音声信号の合成精度を調べた。これらの図では、スポットは座表の原点である。図3(a)の円形配置では、各音源はスポットから等距離となっており、音源からの分解信号の出力において到達時間差やレベル差を調整する必要はない。その一

方で、図 3(b)の配置では、スポットから各音源の距離が異なっており、スポットで所望の信号を合成するためには、遠い音源からは大きなレベルの出力が必要となる。また、スポットへの音の到達時間が各音源ごとに異なるため、それを同じになるように調整する必要がある。

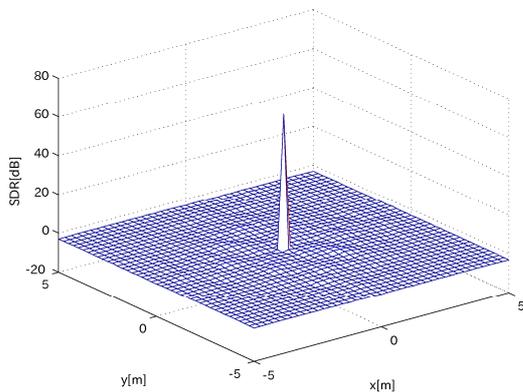


(a) 円形配置 (b) 幾何的配置
図 3 音源配置(○が音源, ×が受音点)

女声のアナウンスを録音した信号について、波形の再生精度の指標として知られるSDR(Signal to Distortion Ratio)をプロットしたものが図 3 である。



(a) 円形配置

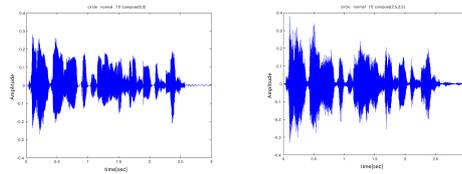


(b) 幾何的配置

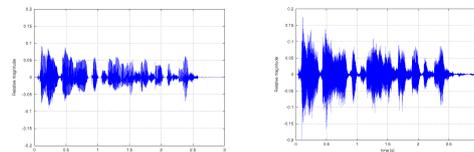
図 3 音源配置による女声アナウンス信号の SDR の空間分布の違い

これを見ると、スポットでは非常に高い再生

精度が実現されており、ほぼ原信号と同一であるといえる。その一方で、スポット以外の点での SDR は 0dB 以下となっており、元の波形から大きく歪んでいることがわかる。これから、どちらの音源配置でも、波形の再生精度の観点では、スポットでのみ原信号を再生し、スポット以外では再生されないという性質を満たしていると言える。さらに、図 4 からわかるとおり、スポットと音源間の距離にばらつきのある幾何学的配置の方が、スポット以外の点での合成波形が、スポットにおけるものより大きく歪んでいる。これは、スポット以外での信号が歪んでいるという意味で、幾何学的配置の方がスポット再生には有効である可能性を示唆するものである。しかし、各点において合成された音声波形を実際に聴取した結果、スポット以外での合成音でも、元のアナウンスの内容を聴取することが可能であった。同様の合成を行う実験を無響室において行ったが、結果は上記と同様であった。



(a) 円形配置



(b) 幾何学的配置

図 4 スポット(左)とスポット以外(右)における合成波形の比較

20 程度の音源数があれば比較的鋭い指向性を合成することが可能であることから、信号分解に基づくスポット再生の有効性を明らかにするために、音源数を 4 個程度まで減らして同様の検討を行った。その結果得られた傾向としては、基本的には前述のとおり、スポット以外で合成される信号を聴取したときに、その信号の情報(発話の内容など)が聞き取れるというものだった。ただし、音源配置を工夫することにより、スポット以外での合成波形を大きく歪ませることができると示された。それは、図 5 のように、スポットに対して極端に近い音源と遠い音源を配置し、各音源に割り振る分解信号の割合を変化させるというものである。

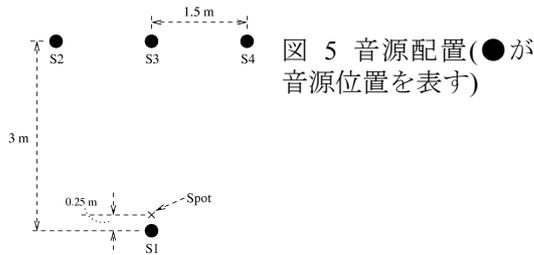


図 5 音源配置(●が音源位置を表す)

この結果、SDR の特性としては図 3(a), (b) に示されるとおり、スポット以外での値は 0dB 以下となることが示された。さらに、スポット以外での合成波形を聴取した結果としても、図 2 の配置で信号を再生した場合よりも音声のもつ情報が得られづらい可能性が示された。

さらに、学会などでは公表していないが、スピーカなどの音源が通常もつような指向性を与えた場合の再生精度への影響についても調査を行った。その結果、高周波数域でつくられる指向性の影響でスポット以外での波形再生精度が悪化することがわかった。

まとめると、信号分解に基づく音信号のスポット再生は、音源配置を工夫することにより、スポットでの高い再生精度を実現しつつ、スポット以外での再生精度を低下させ、信号のもつ情報をスポットのみで再生される可能性が示された。しかし、その可能性の数値化や、元の信号に含まれる情報を完全に秘匿できるような再生手法の実現には至らなかった。

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 1 件)

- ① Shouichi Takane, Koji Abe, Kanji Watanabe, Sojun Sato, Sound source location for reproduction of speech signals at local spot based on its decomposition into random signals, Proc. International Congress on Acoustics 2010, 査読無, P546, 2010, 1-6 (in CD-ROM).

[学会発表] (計 2 件)

- ① 高根昭一, 安倍幸治, 渡邊貫治, 佐藤宗純, 信号分解に基づく音声のスポット再生手法に関する一考察, 日本音響学会秋季研究発表会, 2010 年 9 月 15 日, 関西大学工学部.
- ② 高根昭一, 倉富嵩大, 安倍幸治, 渡邊貫治, 佐藤宗純, 信号分解に基づく音声のスポット再生における音源配置の影響, 電子情報通信学会総合大会, 2012 年 3 月 20 日, 岡山大学.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：
 発明者：
 権利者：
 種類：
 番号：
 出願年月日：
 国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：
 発明者：
 権利者：
 種類：
 番号：
 取得年月日：
 国内外の別：

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

高根 昭一 (SHOUICHI TAKANE)
 秋田県立大学・システム科学技術学部・准教授
 研究者番号：90236240