

## 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：32644

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24651192

研究課題名(和文) プライバシー保護多重情報音球システム

研究課題名(英文) Privacy guard globes with multiple acoustic information

研究代表者

宮地 泰造 (MIYACHI, TAIZO)

東海大学・情報教育センター・教授

研究者番号：60384921

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：産業・観光活性化のデジタルサイネージ等で、臨場感や複数の深い意味を聴覚情報で補完できる4技術、1) 超音波ビームの可聴音や反響音の約4メートル以内での視聴可能、2) 隣の聴覚情報が聞こえない音空間球分離の隣接プライバシー保護、3) 外部の静音環境を保つ音空間球での大音量(白色雑音83.4dB-98.3dBの生成、4) 2つの音空間球や超音波ビームの重複部での同時聞き取り空間の生成、を研究開発した。

研究成果の概要(英文)：Four kinds of technologies in acoustic information have been investigated for digital signage in order to supplement a sense of reality and multiple deep meanings, etc. in industry and tourism. They are 1) acoustic information by ultrasonic beams can be listened within 4 meters, 2) next acoustic information cannot be listened for privacy guard that separates two sound globes, 3) loud acoustic information (83.4dB-98.3dB in white noise) in an audible globe can be listened without noise, and 4) an audience can simultaneously acquire multiple information at the intersection of ultrasonic beams.

研究分野：複合領域

キーワード：複数音情報同時並行提供 パラメトリックスピーカ 近距離音空間球 デジタルサイネージ 感動・雰囲気情報 感知情報短時間提供 心地よさの情報提供 静かな環境維持

### 1. 研究開始当初の背景

u Japan 戦略, 観光立国日本 21, TPP を目指す最先端 ICT 国日本には, クラウドコンピュータやデジタルサイネージ(DS)が普及してきた。産業・観光の活性化に有用な DS やおよびプロジェクション・マッピング(PM)では, 視覚情報で多様な内容を表示するが, 視覚情報だけでは短時間で臨場感・雰囲気・深い意味を伝達できない。多彩で有用な視覚情報を, 気づいたり, 有効に活用したりすることが, 十分にできない環境が存在している。聴覚情報の活用が, 非常に重要となっていた。

### 2. 研究の目的

本研究では, DS や PM などの情報発信能力増強のために, シーン音や分かり易い語りかけを大音量の小音空間球の中でのみ聞こえるようにして, プライバシーを保護しながら情報配信できる「プライバシー保護多重情報音球システム」の研究開発を目的とする。

周囲に騒音を発生しない複数の高指向性の超音波ビームを, 同一空間に同時並行に飛ばすことを可能にして, 利用者は複数情報を同時に聞き取り, 短時間で自分の嗜好に合う深い意味・雰囲気・感動を, 首を少し動かして選択して, 理解することが可能になる。

これにより, どこでも DS, PM やポスターの視覚情報に, シーン音や分かり易い語り掛けを追加して臨場感・雰囲気や真の価値を伝えて, 利用者が短時間で感動・共感が得られることにより, 顧客満足度大の産業活性化が可能になる。

例えば, スーパーマーケットの食品売り場ごとに毎日のお勧め料理の簡単調理ビデオと値引き情報を美味しい音とともに提供して, 売上げ増加と農家や関連企業の産業活性化を促進できる。多様な嗜好を持つ訪問者には, 複数個の小音空間球に複数情報を入れて同時提供できれば, 利用者の選択は周囲には分からず, 高臨場感や優しい語り掛けにより, 多種類の中から短時間でお気に入りを選択・購入できる。

観光地で, 大画面ディスプレイやポスターの視覚情報を, 普通に音での分かり易い語り掛けや雰囲気・迫力のある行進や祭りの音, さらに, 美味しい料理の音や食事を楽しむ人々の話し声を届けることで, 行ってみたい気持ちが湧き上がってくる。

すなわち, 産業や観光などの活性化に重要な複数聴覚情報の提供を, 同時並行に提供できる聴覚情報メディアの提供を目指す。

### 3. 研究の方法

本研究では, 大音量小音空間球の実現方式, 超音波ビームの前方数メートルまで聞いてその先では可聴音/反響音が聞こえず, 2つの音空間球を分離隣接してプライバシー保護, 2つの音空間球や超音波ビームの重複部での同時聞き取りを可能にする高出力音空間球生成システムの一部で, 基本部品の試作とプロトタイプの高

築を研究開発する(図1参照)。

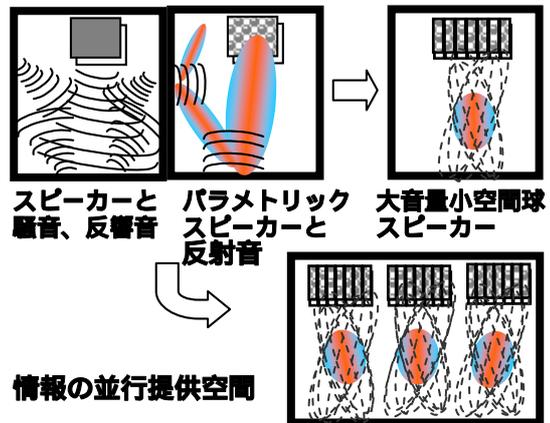


図1. 大音量小空間球スピーカーの音響空間

反響音を小さくして, 同一空間に複数情報を同時並行提供ができ, 利用者は高指向性超音波ビームにより聴覚情報の高速選択, 高速聞き取り, 同時並列聞き取りができ, 短時間で自分の嗜好に合う深い意味・雰囲気・感動を理解できることを目指す。開発の狙いは, 多数の超音波ビームの交差点に可聴音が外部にほとんど聞えない大音量の音空間球を生成する技術, 超音波ビームの前方数メートルで可聴音/反響音が聞えない技術, 2つの音空間球を分離隣接するプライバシー保護技術, 2つの音空間球や超音波ビームの重複部での同時聞き取り空間の生成技術である。

情報の真の意味や深い意味は, 聴覚情報によりはじめて伝えられる。聴覚情報では, さまざまな感動, 危険や雰囲気を伝えることができる。遠くからやって来る祭りの囃子やカーニバルのパレードのリズムは, 楽しい時間の始まりや感動を伝える。実際に, その中に入ると, 音楽に合わせて拍手を送り, ときには, 一緒に踊りだして, 感動を自ら作る側になる。

デジタルサイネージやプロジェクション・マッピングでは, 多様で素晴らしい視覚情報が提供される。しかし, その情報の生の感動や本質, 雰囲気, 素敵な一言, さらに, 隠れた情報は, 視覚情報では十分には表現できず, 聴覚情報により提供できるのである。聴覚情報の素晴らしい役割は, 主につぎの7つである。

- A) 遠隔地から気づきや予告を与える
- B) 遠隔地から目的地に誘導する
- C) 目的地へ移動中に, 心を和ませワクワクさせる背景音やできごとを伝える音であふれる, 楽しい時空間を提供する
- D) 複数の聴覚情報を, 同じ空間で, 同時並行に聞くことができる
- E) 隣の説明音が, 聴覚情報の獲得を妨害しない
- F) 大音量で, 臨場感と感動を共感でき, 周囲に騒音をまき散らせない

#### 4. 研究成果

##### (1) 静音空間での複数聴覚情報の提供(方式I)

聴覚情報は、博物館、美術館、展示室など、静かな空間で、非常に有効である。静かな空間であるため、聴覚情報を十分に活用できる。

静音空間の良さを維持して楽しむため、3つの要素が重要である。(A) 静音空間を作り・維持する、(B) 騒音を出さない、(C) 音の反射音を出さないで聞こえない音量に低減する、の3要素である。

静音空間で、聴覚情報を活用するためには、(A)と(B)にはすでに多種類の方式があるので、「(C)音の反射音を出さないで聞こえない音量に低減する。」の実現を目指す。

博物館の多くは、鉄筋コンクリートや大理石でできており、床まで、コンクリートや大理石である。このため、反射音が発生しやすい。そのような展示室や共有空間で、複数の聴覚情報を提供するためには、(D)、(E)、(F)において、つぎの2つが重要である。

- (i) 可聴音のビームが対象空間外に出ない、
- (ii) 反射音や著音波の反射波から生成される可聴音が対象空間外で人間にほとんど聞こえない。

(i)、(ii)の実現には、「超音波ビームを弱くすることにより、超音波は遠くまで飛んでも、生成する可聴音は近くでしか聞くことができない」という方法をとる。同心円状のトランスデューサが、隣同士で超音波ビームを弱め合う構造を作る。そのために、交互に位相が180度異なる同心円状のトランスデューサを形成する(図2参照)。位相が180度異なることにより、隣の超音波ビームを弱くするため、相互に超音波ビームを弱くする。その結果弱くなった超音波ビームの反射波も弱くできる。

さらに、(ii)の実現のためには、超音波ビーム

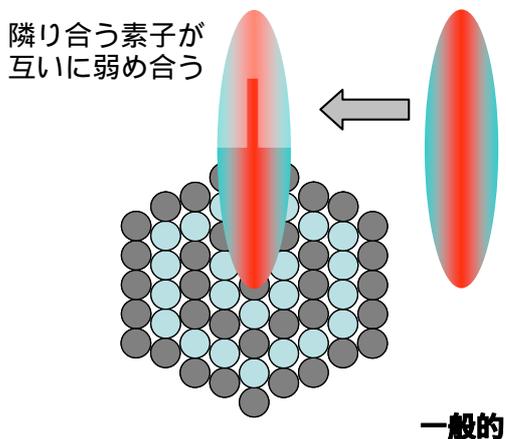


図2. 超音波スピーカの可聴音と、交互に逆位相の同心円状配置の効果

の最外周部分を弱くすることにより、床や壁での反射波を低減する。そのために、パラメトリックスピーカの再外周のトランスデューサの配置を疎にする(方式II, 図3参照)。

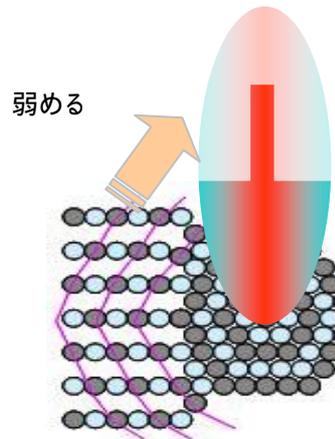


図3. 同心円状に交互の逆位相配置 + 低密度配置の放射状素子列と、第1周辺部の低密度配置の効果

この構成により、鉄筋コンクリートのビルの1階の工学部紹介展示室で、2メートル範囲内では説明がよく聞こえて、3メートル以遠では、可聴音がほぼ聞こえなくできた。

##### (2) 全面反響環境(鉄筋コンクリートのビルで床がタイルの広いエレベータホール)での複数聴覚情報の提供

壁・床が鉄筋コンクリートや大理石のような反射音強い空間で、(B) 騒音を出さない、(C) 音の反射音を出さないで聞こえない音量に低減する、を実現するためには、方式Iの位相を制御する方式に加えて、(B) 騒音を出さない方式を実現することが重要になる。

主につぎの2方式が有効である。

- (iii) スピーカの向き・高さの適正設定により反射可聴音を対象空間の外に飛び出させない

- (iv) 可聴音の発生距離を対象空間内に収まるように短くする

##### 全面反響環境における方式Iシステムの有効化方式

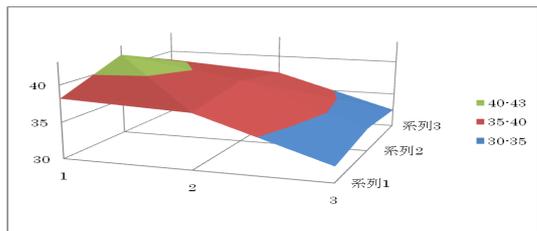
方式Iについて、展示室での有効性を全面反響環境においても、有効にできるとよい。反射可聴音が低減できているので、設置位置と角度を含めた適切な設置方法が可能になる。

実験では、すでに実施した、(a)真横、(b)低い位置での横のほかの、(c)上から斜め、(d)真上、の設置を試した。方式Iを、さらに改良して超音波ビームを弱くする手法として、交互に同心円状に逆位相の円の中を疎にする方式 を実施した。

反射可聴音の強さと到達距離を削減できるため、全面反響環境(鉄筋コンクリートのビルで床

がタイルの広いエレベータホール)でも、2メートル範囲内では説明がよく聞こえて、3メートル以遠では、可聴音がほぼ聞こえなくできた。半径3メートル以内の実現に(c)、半径2メートル以内の実現に(d)が有効であることが実験から検証できた。

実験2:床から1.9m、角度を下向きに30°で設置し、スピーカを中心に縦横共に1m間隔で測定を



した。

#### 図4. 周囲への反射音の低減効果

山の頂上部(緑色および茶色上部)の場所が説明可聴エリアである。

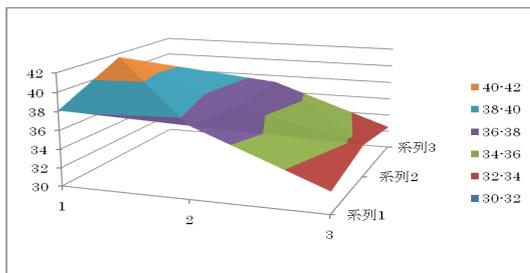
:音量、音質ともに問題なし

:横2m地点では暗騒音より音が小さいが、超音波の特性でスピーカ音は聞こえる。

:スピーカから縦2m、横3mの位置では、被験者は内容を理解することは出来ないが、音は聞こえて邪魔に感じられた。

音圧を測定したところ、暗騒音と同じだった。

実験3 高さ2.15メートル、上真上の結果山の頂上部(黄土色および水色上部)の場所が説明可聴エリアである。



#### 図5. 周囲への反射音の低減効果

(a) 音が頭に衝突している為、dB値は実験1と同じでも小さく感じたが、音質、音量ともに聞き取れる音だった。

(b) 2m以上離れると徐々に音が小さくなり、問題となった雑音は聞こえなくなった。

(v) 対象空間での可聴音発生距離の短縮と反射可聴音の低減の組合せ

可聴音発生距離の短縮の直接手法として、超音波ビームを中心の焦点に集める方式IVを探求した(図6参照)。

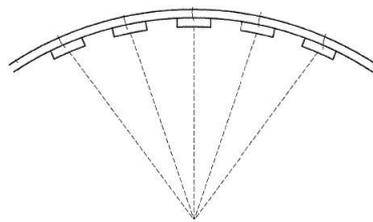


図6. 焦点に超音波ビームを集める方式例

超音波ビームを中心の焦点に集めることにより、近距離の焦点にビームを集めて、焦点の先では、超音波ビームを分散させることにより、可聴音の発生を無くすることはできないが、可聴音の強度を弱くする方式である。

全面反響環境(鉄筋コンクリートのビルで床がタイルの広いエレベータホール)でも、2メートル範囲内では説明がよく聞こえて、3メートル以遠では、可聴音がほぼ聞こえなくできた。

さらに、方式IVにおいて、スピーカの中心と位相が180度異なる同心円状のトランスデューサを複数個配置する方式Vにより、前方直進方向の可聴音を削減して、3メートル地点での可聴音をほぼ無くして、4メートル地点では可聴音が聞こえない状態にできた。

(3) 全面反響環境(鉄筋コンクリートのビルで床がタイルの広いエレベータホール)での大音響の複数聴覚情報の提供

複数聴覚情報を隣合せて提供する場合、隣の音が妨害音になることを避ける実験を、方式VのPSで行った。2つの隣り合う聴覚情報の間には、再生可聴音40dB~44dBの再生可聴音空間が測定できた。この空間では、体感的な聴覚テストでも聴覚情報がほとんど聞こえなかった。

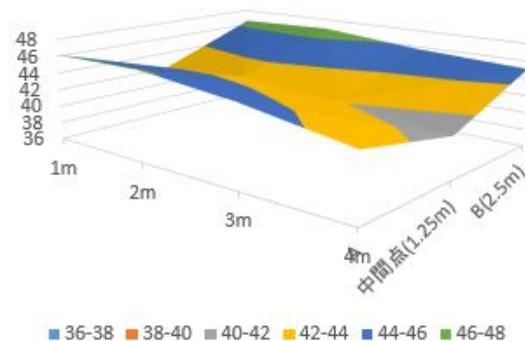


図7. 2つのスピーカ間の可聴音の低減効果

斜面の頂上部(緑色および水色上部)の場所が説明可聴エリアである。黄色および水色の下部が示すエリアでは、可聴音が聞こえないため、隣の聴覚情報が情報入手の獲得を妨げない。

高さ185cm地点から下方向に傾斜角度25°をつけて音を出力し、高さ160cm地点の音量を測定した(図8)。高さ160cmという値は、日本人男性の平均身長:171.6cm、耳の高さ:-13cm、靴の高さ:1.4cmとして、算出した。

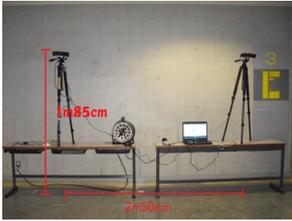


図8. 2つのスピーカの設置のイメージ図

### 大音量の生成

直接に超音波ビームを焦点に集めることにより、大音量化も試みた。

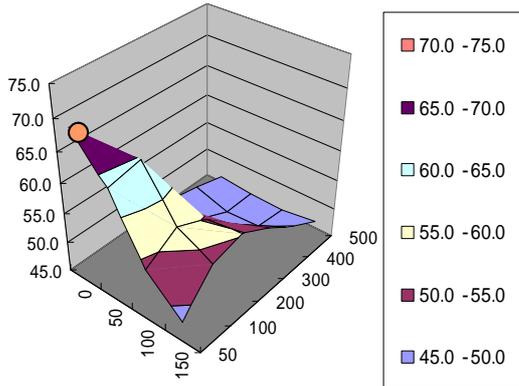


図9. 周囲への反射音の小さい音空間での大音量の生成結果

白色雑音の出力を最大にした場合、正面から50cmの地点は83.4dBであったが、耳が痛くなるほどの音量であった。そこで、出力を十分な迫力を感じる適正音量70.0dBに調整した。

50cmの地点は70.0dBであるが、2つのスピーカーが左右の耳にそれぞれ向けられているため、体感では80dB程度の十分な音量であった。また、実際の音楽『Butterfly(Upswing Mix)』を出力した結果、音楽ゲーム機として十分な迫力を感じられた。

方式IVに加えて、焦点での可聴音の音圧を上げることにより、方式VIでは、ゲームセンターの音圧レベルの大きい音響を楽しめて、周囲に騒音を発生しないパラメトリックスピーカを実現できた。

また、大音量の聴覚情報を提供する環境は、静かな空間でない場合が多い。一般的な街の空間を対象する場合、暗騒音が、50dB以上になるため、方式VIの方式が十分有用である。音を必要としないスピーカの真正面500cm-200cmの地点では、46.1dB-50.2dBと音量が小さく、400cm以遠の地点ではほとんど音情報が聞こえなかった。また正面の50cm前方の横方向100cm,150cm地点でも53.7dB,48.4dBと音量が小さいため、周囲への騒音軽減が確認できた。

大画面の視聴者への複数聴覚情報の提供のための大音量と通常音量の複数聴覚情報の構成方法

大画面の視覚情報の視聴者は、画面に対してさまざまな位置に分散している。画面に近いまたは遠い位置、画面の左・中央・右などに立っている。大画面に表示される多様な情報の中で、自分が興味のある情報の表示がより見やすい場所に移動することもある。しかも、臨場感やタイムリーな補足情報を獲得したい。聴覚情報は、雰囲気や真の意味などを分かり易く伝えることができるため、非常に有用である。急いでいる場合には、目的の情報を短時間で見つけたいため、複数の聴覚情報を同時並行に獲得したい。特性の異なるPSを組み合わせることで、視覚情報だけでは表現が困難な、臨場感・雰囲気・真の意味などを、多くの利用者に提供できる。

そこで、さらに大音量のPSで周囲への騒音を低減できる焦点型方式VIIを考案して実証実験してみた。方式VIでは、周囲への騒音を5メートルや2メートル範囲内にとどめて、その範囲外では最小にすることを目標にしていた。しかし、大画面で大勢の視聴者がいる場合には、この範囲をもう少し拡大してもよいと考えられる。そこで、さらに大音量のPSを方式VIIとした。その結果、平面型のパラメトリックスピーカに比較して、約6dBの大音響を実現できた。さらに、トランスデューサ数を2倍にすることで、外部の静音環境を保つ音空間球で、約12dB近い大音響を実現でき、大音量(白色雑音83.4dB-98.3dB)を生成できた。

### 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4件)

(1) Taizo Miyachi, et al. Stress-less Acoustic Information, Asymmetry Changes, Hemoglobin Concentrations, Procedia Computer Science, Elsevier B.V., 査読有, Volume 35, pp. 1278-1283, 2014.

(2) 宮地泰造, 伊賀彩子, 鈴木剛. 反響音の強い交差点での狭ビーム・パラメトリックスピーカの誘導音が横断歩行に与える効果, 日本ロービジョン学会誌, 日本眼科紀要会, 査読有, Vol 13, pp. 91-95, 2013.

(3) Taizo Miyachi, et al. Project-Based Learning with Small Serendipity for Multi-cultural Digital Archive, Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, IOS Press, 査読有, Volume 243, pp.921-930, 2012

(学会発表)(計18件)

(1) Taizo Miyachi, et al. Ultrasonic beam communication for collaboration between wheelchair person, helper and assist robot, ICTH2015, University College of London (the United Kingdom of Great Britain and

Northern Ireland), 査読有, 2015.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

[http://ictedu.u-tokai.ac.jp/miyachi/maps.ph](http://ictedu.u-tokai.ac.jp/miyachi/maps.php)

p

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮地 泰造 (MIYACHI TAIZO)

東海大学・情報教育センター・教授

研究者番号: 60384921