

平成 26 年 5 月 20 日現在

機関番号：31302

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23300043

研究課題名(和文)音空間のアクティブリスニングに関する研究

研究課題名(英文)Active Listening of acoustic space

研究代表者

岩谷 幸雄 (Iwaya, Yukio)

東北学院大学・工学部・教授

研究者番号：10250896

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,500,000円、(間接経費) 4,350,000円

研究成果の概要(和文)：人間は音場に対して能動的に身体を動かすことで臨場感が高まることが示されている。これをアクティブリスニング音空間知覚過程としてとらえ、その仕組みについて心理物理学的手法により考察を行った。また、その過程の理解に基づいて、システム構築を行った。その結果、視覚におけるサックード抑制のような現象が聴覚においても観測されることが示唆された。また、システム構成要件についても、ラウドスピーカ配置や、携帯端末に実装するなどを実現した。

研究成果の概要(英文)：A sense of reality of sound field can be enhanced by moving a body or head actively in our listening. We called such process as "active listening," and we studied about the process by psychophysical experiment. Furthermore, based on the understanding of the active listening process, we constructed some trial systems for active listening auditory display.

研究分野：計算基礎

科研費の分科・細目：マルチメディア・データベース

キーワード：アクティブリスニング 音空間知覚 頭部運動 検知限 聴覚ディスプレイ

1. 研究開始当初の背景

聴覚は常に全方向をセンシングしており、その入力情報は臨場感を司る大きな要因の一つである。しかし、5.1チャンネルシステムを含めた現在の音響装置によって再生される音は、1)スピーカ再生では、最適聴取点に頭を置くことが必要であり、再生される音をじっと動かさず静的に聴取することがもとめられる。2)ヘッドホンを使った再生も頭内に音がこもってしまう。など、パッシブな聴取に止まり臨場感に欠ける。

一方、聴覚ディスプレイとよばれる音空間を提示するための音響バーチャルリアリティ技術に関する研究が盛んに行われており、音の位置情報については頭部伝達関数を個人化することで一定の再現性能が再現できる。しかし、位置情報は臨場感を得るための一つの条件にすぎない。これまでの研究から、聴取者が積極的に音空間へ働きかけることで臨場感が飛躍的に向上する可能性があることが示されている。例えば、Toshimaらの開発したテレヘッドでは、聴取者の頭部の動きに応じ、疑似頭が動くことにより臨場感が増すという報告がある。さらに、頭部運動感応型聴覚ディスプレイ技術を使った視覚障害者用音空間訓練システムでは、聴取者が音の位置を当てそれを叩くという操作により、音源定位の向上のみならず、コミュニケーション場面における転移効果も確認されている。さらに、アンビエント環境のレンダリングについてもその効果の可能性が示された。これらの知見から、聴取者が音源・音場へインタラクティブに働きかける「アクティブリスニング音空間」の知覚過程の理解とシステムへの応用が臨場感の飛躍的向上につながると確信する。本研究では、これらの技術の開発、及びシステム化へ向けた検討と、その技術を用いた音空間の自然性、臨場感等の評価を行いアクティブリスニングの効果についても検討する。

2. 研究の目的

申請者はこれまで聴覚ディスプレイの高精度化とそれを基にした音空間知覚過程の解明に取り組んできた。このなかで、聴取者の頭部運動へ対応して安定したバーチャル音場を合成することで音の定位精度が飛躍的に向上することが示された。さらに、頭部運動感応型聴覚ディスプレイを応用したゲーム仕立ての視覚障害者空間認識脳訓練システムを開発し、その訓練効果を検証した結果、音へ積極的に働きかける動作が定位感を向上させるのみならず、日常生活におけるコミュニケーション能力(フェースコンタクト)や障害物検知能力や障害物検知能力の向上へ転移する可能性があることが分かった。さらに、平成20年～平成22年度に基盤研究(C)インタラクティブ音空間システムの構築を進め、単に音空間の位置をレンダリングするだけでなく、背

景音などアンビエント環境をレンダリングすることで、知覚する音空間の臨場感が向上する可能性が示された。したがって、単に与えられた音をパッシブに聴取するだけでなく、音場へ積極的に働きかけることで没入感が向上し、体験レベルまで臨場感が向上する可能性があり、その特性は人間が元来音空間の知覚過程に必要なものであるとの発想に至り、その解明とシステムへの応用を考える必要がある。

本研究期間内に行う事項は以下の3点であった。

A) アンビエント音環境のレンダリング手法の開発:

これまでの研究成果から、背景音を適切に付与し、頭部運動に感応させることで、目標とする音の提示音空間の臨場感が格段に向上することが示された。この知見を踏まえ、アンビエント音環境のレンダリング手法を開発する。没入感を得るために頭部運動に多くの背景音を感応させるためには、非常に多くのたたみ込み演算が必要になる。したがって、背景音として知覚上十分な音のレンダリング手法のプロトタイプを完成させる。

B) 頭部運動を伴う音空間のアクティブリスニング過程の心理物理学の実験:

基盤(C)で行ってきた研究結果から、音空間のアクティブリスニングは、臨場感をエンハンスする可能性が示されてきた。この知見を踏まえ、さまざまな心理物理学の実験を行い、アクティブリスニングの理解を深める。

C) アクティブリスニングシステムの試作と臨場感評価:

上述A、Bの結果を踏まえ、アクティブリスニング音空間知覚過程をサポートするような、聴覚ディスプレイのプロトタイプを試作する。聴取者の動きをとらえるための位置センサ(既存設備)により位置情報を取得し、提示するバーチャル音場へ反映させる。

3. 研究の方法

本計画は、3年度であり、研究目的で述べた3つのサブ目標について次の方法で推進した。

A) アンビエント環境音のレンダリング技術の構築: アルゴリズムの構築と実装

B) アクティブリスニング音空間知覚過程の解明: 心理物理学的手法による音空間知覚実験を行う

C) アクティブリスニングシステムの試作と評価: アンビエント環境音レンダリングとアクティブリスニング環境を組み合わせた音空間提示システムの構築

4. 研究成果

A) アンビエント環境音のレンダリング技術の構築については、レッドノイズに頭部伝達関数をたたみこみ、空間分布を持たせることにより、音場のリアリティが向上することを示した。この結果について、論文を発表し

た。

B) アクティブリスニングシステム音空間知覚過程の解明については、頭部運動を伴う音像定位過程について、聴覚ロボットをアバターとみなし、正中面定位の実験を行った。その結果、頭部を動かすことで正中面定位が改善することが明らかとなった。また、正中面定位の手がかりとされた頭部伝達関数のスペクトラルキューについて考察し、従来のノッチ・ピークモデルと異なるモデルが成立することが示唆された。さらに、視覚におけるサッカー抑制のような効果が聴覚において現れるかどうかについて、純音の検知限の変容を調べた。その結果、頭部運動を伴う音像定位をした場合に、検知限が上昇する被験者群が存在することが示唆された。これは、従来の静的な聴取では、発見されていなかった重要な知見である。

C) アクティブリスニングシステムの構築については、頭部伝達関数型の聴覚ディスプレイのセンサの装着感を軽減し自然な聴取を促すために、ステレオカメラを用いた計測によって頭部方向をセンシングし、それを聴覚ディスプレイのデータとするシステムを試作した。また、ダイナミッククロストークキャンセラの構成方法について、信号処理の観点から検討し、頭部運動に頑健なスピーカ配置についての一定の結論を得た。さらに、Android OS の携帯端末上に聴覚ディスプレイを作成し、端末上のセンシングデータを用いて、ローカルCPUの信号処理によって、頭部伝達関数をたたみこむシステムを試作した。

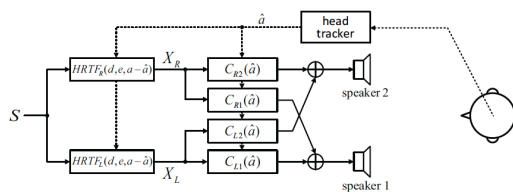


Fig. Block diagram of a dynamic transaural system

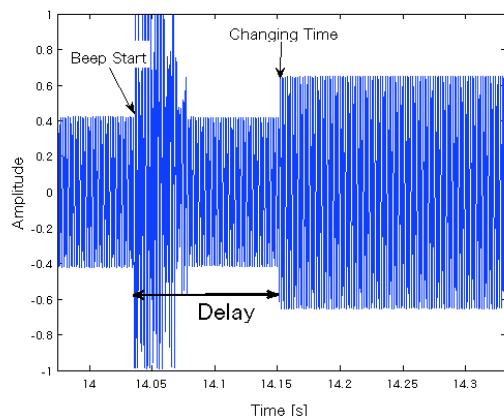


Fig. Measurement of system delay of virtual auditory display

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計7件)

岩谷幸雄, 球面調和解析による音場表現: 高次アンビソニクス技術の可能性, 日本音響学会誌, 67 巻, 47-52, 2011.

C. Han, T. Okamoto, Y. Iwaya, Y. Suzuki, Loudspeaker distributions suitable for crosstalk cancellers robust to head rotation, Acoust. Sci. & Tech., Vol. 33, 266-269, 2012.

Y. Iwaya, et al., Consideration of Effective Acoustic Rendering of Spatialized Ambient Sound, Interdisciplinary Information Sciences, Vol. 18, 93-98, 2012.

Y. Suzuki, Y. Iwaya, et al., Spatial Sound Systems Compatible with Humans' s Active Listening to Realize Rich High-Level Kansei Information, Interdisciplinary Information Sciences, Vol. 18, 71-82, 2012.

Akio Honda, Hiroshi Shibata, Souta Hidaka, Jiro Gyoba, Yukio Iwaya, Yoitai Suzuki, Effects of head movement and proprioceptive feedback in training of sound localization, i-Perception, Vol. 4, 253-264, 2013.

韓チヨルス, 岡本拓磨, 岩谷幸雄, 鈴木陽一, 頭部運動に頑健な両耳クロストークキャンセラ実現のためのラウドスピーカ配置選択法, 日本音響学会誌, 69 巻, 538-548, 2013.

崔正烈, 寺島英明, 坂本修一, 岩谷幸雄, 鈴木陽一, ベクシオン感覚と平衡感覚刺激併存下の音像定位, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 18 巻, 27-35, 2013.

[学会発表](計18件)

A. Honda, Y. Iwaya, et al., The effects of head movement and accurate proprioceptive feedback in training of sound localization, IMRF 2011, Fukuoka, 2011.

K. Ohba, Y. Iwaya, et al., Detection thresholds of sound image movement deteriorates during sound localization, IMRF 2011, Fukuoka, 2011.

Y. Iwaya, et al., Measurement and reproduction of high-definition sound space information using numerous microphones and loudspeakers, Internoise 2011 (invited talk), Osaka, Japan

J. Trevino, Y. Iwaya, et al., Evaluation of a new Ambisonic decoder for irregular loudspeaker, Proc. of Spherical Acoustics, Kentucky, USA, 2011.

大場影翔, 岩谷幸雄, 他, 頭部運動を伴

う音像定位課題における音像移動の検知, 日本音響学会聴覚研究会, 仙台, 2011.

曲谷地哲, 岩谷幸雄, 他, 4~8 kHz 帯域のレベル変化が広帯域音の正中面音像定位に与える影響, 日本音響学会聴覚研究会, 富山, 2011.

韓チョルス, 岩谷幸雄, 他, 頭部回転に頑健なトランスオーラル系のための3次元ラウドスピーカ配置, 電子情報通信学会応用音響研究会, 長野, 2011.

Y. Iwaya, et al., Role of 4-8 kHz band components for wideband noise localization in median plane, Proc. of Acoustic 2012, Hong Kong.

Y. Suzuki, Y. Iwaya, et al., Effects of in-phase and anti-phase head rotation of a remote avatar robot on median plane localization, Proc. of Acoustic 2012, Hong Kong.

Y. Iwaya, et al., Effective Rendering of Ambient Sounds in Virtual Auditory Display, Internoise 2012 (invited talk), 2012.

曲谷地哲, 岩谷幸雄, 鈴木陽一, 仰角によりパワーが単調に変化する帯域の操作による正中面音像定位, 日本音響学会秋季講演論文集, 長野, 2012.

大場影翔, 岩谷幸雄, 他, 音像定位課題における頭部運動速度が音像移動検知限に及ぼす効果, 日本音響学会秋季講演論文集, 長野, 2012.

韓チョルス, 岩谷幸雄, 他, 頭部位置ずれに頑健な動的クロストークキャンセラに関する考察, 日本音響学会秋季講演論文集, 長野, 2012.

岩谷幸雄, 庄子拓也, 他, 遠隔レンダリング型聴覚ディスプレイの試作, 電子情報通信学会 EMM 研究会, 仙台, 2014.

岩谷幸雄, 庄子拓也, 他, クラウド型聴覚ディスプレイの遅延解析, 電子情報通信学会総合大会, 新潟, 2014.

山本逸朗, 鎗水翔也, 岩谷幸雄, 土屋隆生, 空間レンダリングされた高精細音空間の主観評価, 日本音響学会秋季研究発表会, 豊橋, 2013.

Y. Suzuki, K. Ohba, A. Honda, S. Sakamoto and Y. Iwaya, Minimum audible angle at the subjective front during active and passive listener's head rotation, 166th Meeting of the Acoustical Society of America, 2013.

Y. Suzuki, K. Ohba, S. Sakamoto, A. Honda and Y. Iwaya, Minimum audible angle at subjective front during listener's head rotation, 14th International Multisensory Research Forum (IMRF), Jerusalem, Israel, 2013.

〔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〕

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岩谷幸雄 (IWAYA, Yukio)

東北学院大学・工学部・教授

研究者番号: 10250896