

平成 21 年 5 月 21 日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2007～2008

課題番号：19700111

研究課題名 (和文) 頭部運動感応型聴覚ディスプレイの高性能化に関する研究

研究課題名 (英文) Development of virtual auditory display responsive to head movement

研究代表者

矢入 聡 (YAIRI Satoshi)

東北大学・電気通信研究所・助教

研究者番号：00447187

研究成果の概要：

[頭部運動と VAD システムの遅延検知限の関連性の解明]：聴取者の頭部運動に追従可能な聴覚ディスプレイシステムにおいて、システム遅延の検知限における大きな個人差の原因を調べた。その結果、検知限は聴取者の頭部運動を行う時間と相関が高いことを明らかにした。

[サブリミナルムービング音像提示法の検討]：提示位置で音像を意図的に微小に動かすことが、音像定位精度の向上に寄与するかについて実験により検討を行った。実験の結果、VAD システムを用いた単一音源提示条件下では、通常の音像提示法に対して有意に優れた定位結果を示さなかった。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,500,000	0	1,500,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,000,000	150,000	2,150,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：バーチャルリアリティ、聴覚ディスプレイ、頭部伝達関数

1. 研究開始当初の背景

我々人間は、周囲から到来する音の方向や距離を判断できる能力を有する。これは、音源位置から耳元までの伝達特性（頭部伝達関数、Head-Related Transfer Function: HRTF）が、音の到来する方向・位置によって変化することを利用していていると考えられ

ている。HRTF を信号処理的に再現し音源にたまたみ込むことで、任意の位置にある音を模擬することができ、これをシステム化したものを聴覚ディスプレイシステム (Virtual Auditory Display: VAD) という。現状の VAD システムは、後述する課題を抱えており、まだ発展途上にあると言える。しかしながら、

VAD 技術の確立によって、今までに体験できなかったような臨場感のある 3次元音響空間の創成が期待される。VAD は、次世代の高次臨場感通信デバイスとして有用なだけでなく、さらに視覚障害者の訓練用システムなどへの応用も考えられ、社会への貢献度は計り知れない。したがって、VAD システムの高性能化のための研究は必需である。

音の位置を知覚する音像定位においては、聴取者の動きや音源の移動などにより生じる音信号の動的な変化が定位精度の改善に大きく寄与することが知られている。このため、高精度 VAD の実現には、聴取者に対して相対的に動いている音の模擬が重要であると言える。音源が移動する場合には、移動方向と同方向に用いる HRTF を切り替えれば良い。一方、聴取者が動く場合、頭部運動によって音源の絶対位置が変化しないように制御するためには、VAD 内部で聴取者と音源との相対位置に応じて、HRTF を頭部運動と逆方向に切り替える必要がある。これにより、より高精度に音を作り出すことが可能であるが、一方で、システムには必然的に遅延が発生することになる。

以上の点から、VAD 技術の確立のための大きな課題として、以下の 2 つが挙げられる。

- ・ [課題 1] システムには必然的に遅延が発生するため、遅延が聴取者に与える影響を明らかにし、影響が出ない程度に遅延を小さくする必要がある
- ・ [課題 2] 実音源聴取時に比べ、特に音信号の動的変化がない場合の再現精度が十分ではない

私は、これまで聴覚ディスプレイシステムの改良に取り組んできた。その結果、世界中にある類似の VAD のなかでも HRTF の補間が高精度で、システム遅延が 10 ms 以下と極めて短い VAD システムを開発することに成功した。本研究計画は、独自開発した VAD システムを用いて、さらなる高性能化を目指し行うものである。

2. 研究の目的

(1) 頭部運動と VAD システムの遅延検知限の関連性の解明

頭部運動感応型 VAD において、システム遅延がある程度大きくなると、頭部運動時に伴って音源の絶対位置も変化するように感じ、違和感を抱くことになる。しかしながら、これまでこの遅延の検知限についての報告はほとんどない。そこで私は、開発した低遅延時間の VAD を用いて、システム遅延の検

知限について実験を行い、結果を解析した。その結果、検知限には大きな個人差が存在することがわかった。システム遅延が聴取者に与える影響を明らかにするうえで、大きな個人差の原因を探ることは重要である。そこで本研究では、聴取者の実際の頭部運動と検知限の分析を行い、個人差の原因を解明する。得られた結果は、上述の VAD システムの課題 1. に対し有益な知見を与えることが期待できる。

(2) サブリミナルムービング音像提示法の検討

私が開発した VAD は、音の相対的な動きの再現性が向上したため、音信号の動的変化が定位精度に与える影響をより系統的に、かつ高精度に調べることが可能になった。これまで、動的要因が定位精度に与える効果を定量的に調べた研究報告はほとんどない。特に、人が音を聴取する場合、音像の相対位置が動的に変化することで定位精度が向上することは知られているが、その影響はどの程度の小さな動的変化によって生じ始めるのかはわかっていない。以上の点から、本研究では人間が検知できるかどうかのわずかな変化を音像に与えて聴取者に提示し、そのときの音像定位精度について詳細に調べるための実験を行う。さらに、音像を微小に動的変化させ、定位精度を向上させる手法(サブリミナルムービング音像提示法)が可能であるかについても検討する。本手法が実現すれば、VAD における音信号の動的変化がない場合の再現精度向上が期待され、上述の課題 2. を解決するための有効策となる。

3. 研究の方法

(1) 頭部運動と VAD システムの遅延検知限の関連性の解明

頭部運動と聴取者ごとの検知限の関連性を解明するため次の解析を行う。

- ・ システム遅延の検知限測定実験中の聴取者の頭部運動に対して、頭部運動量、速度、運動範囲、運動時間などを抽出する。
- ・ 抽出した頭部運動パラメータと検知限との重相関解析を行い、頭部運動との関係を考察する。
- ・ 検知限におけるおおきな個人差の原因となった頭部運動パラメータを明らかにするとともに、そのパラメータの平均値を用いて、検知限の妥当性を確認する。

(2) サブリミナルムービング音像提示法の検討

提示位置で音像を意図的に微小に動かすこと（サブリミナルムービング音像提示法）が、定位精度の向上に寄与するかについて検討を行う。本研究項目の具体的方法は以下の通りである。

- ・ 音像提示中の微小な頭部運動を位置センサで取り込み、その動きをモデル化する。
- ・ 音像に対して、モデル化した動きを与え定位実験を行う。このとき、静止音像の実験も同時に行う。
- ・ 上記二つの定位実験結果を比較し有効性を検証する。

4. 研究成果

(1) 頭部運動と VAD システムの遅延検知限の関連性の解明

これまでの実験結果から、聴取者の頭部運動に追従可能な VAD において、必然的に発生するシステム遅延の平均的な検知限はおよそ 60 ms であることがわかった。しかしながら、大きな個人差(標準偏差 26ms)が存在した。この原因に実験中の頭部運動差が大きく関連していると推察し、頭部運動と聴取者ごとの検知限の関連性を解明するため、解析を行った。この結果、システム遅延の検知限は聴取者の頭部運動を行う時間と相関が高いことがわかった。

次に、聴取者の頭部運動に着目し、システム遅延が検知限よりもはるかに大きなときに見られる、音像定位タスク中の頭部運動を観測した。その結果、図 1 に示すように、検知限を大きく越える 500ms 程度の遅延になると、オーバーシュートが観測されることがわかった。この現象について詳細な分析を行い、Acustica 誌に投稿した(雑誌論文1)。また、オーバーシュートが観測されたことは、頭部運動中には音像定位ができていない可能性を示唆するものであり、聴覚機構解明のための今後の実験につながる結果が得られた。

(2) サブリミナルムービング音像提示法の検討

提示位置で音像を意図的に微小に動かすこと（サブリミナルムービング音像提示法）が、音像定位精度の向上に寄与するかについて実験により検討を行った。まず、音像提示中の聴取者の微小な頭部運動を位置センサで取り込み、この微小頭部運動をモデル化した動きを音像に与え、定位実験を行った。実験の結果、VAD システムを用いた単一音源提示条件下では、サブリミナルムービング音像提示法は通常の音像提示法に対して有意に優れた定位結果を示さなかった。しかしながら、予備実験のなかでは微小運動の効果により音の広がりを感じることがあり、どのような運動を与え、それをどのような指標で評価するかについてさらなる検討が必要であると考えられる。

そこで、どのような運動を与えるのかを詳細に検討するため、マルチメディアコンテンツ視聴時の長時間の頭部運動を位置センサで取り込み、計測を行った。その結果、自然な聴取時に特徴的な周波数スペクトルが観測された。これらの解析結果は、電気関係学会東北支部連合大会で発表を行った。

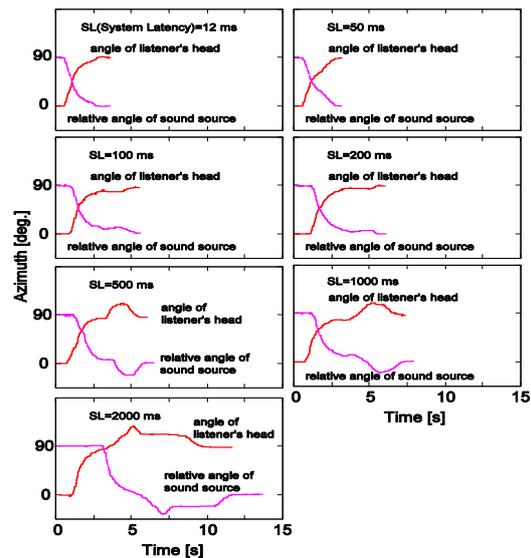


図 1 システム遅延による頭部運動の変化

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. S. Yairi, Y. Iwaya and Y. Suzuki, Influence of Large System Latency of Virtual Auditory Display on Sound Localization Task, Acta Acustica united with Acustica, 94, 1016-1023, 2008, 有
2. 矢入聡、岩谷幸雄、鈴木陽一、聴覚ディスプレイ、映像情報メディア学会誌、61、22-25、

2007、無

〔学会発表〕(計1件)

1. 増山友介、矢入聡、岩谷幸雄、鈴木陽一、
マルチメディアコンテンツ視聴時における
頭部運動の測定、電気関係学会東北支部連合
大会、2008.8.22、日本大学工学部(郡山)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

矢入 聡 (YAIRI SATOSHI)

東北大学・電気通信研究所・助教

研究者番号：00447187

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者 なし