

平成 22 年 5 月 10 日現在

研究種目：若手研究（B）
研究期間：2007～2010
課題番号：19760176
研究課題名（和文）音フィードバック手動制御系のための適応型音響ディスプレイの開発

研究課題名（英文）Development of adaptive auditory display for use in auditory feedback manual control systems

研究代表者

藤井 文武（FUJII FUMITAKE）

山口大学・産学公連携・イノベーション推進機構・准教授

研究者番号：30274179

研究分野：制御工学

科研費の分科・細目：知能機械学・機械システム

キーワード：人間機械システム，音響情報・制御

1. 研究計画の概要

本研究では、手動フィードバック制御系における情報フィードバックの手段として視覚以外の感覚器である聴覚を利用する「音フィードバック手動制御系」の将来的な実用化を睨み、情報提示手段である音響ディスプレイの開発を行う。事前検討において、いくつかの音響ディスプレイの実装形態を比較検討したが、人間が制御に利用する制御量・目標値・偏差などの信号を移動する音像の位置情報としてフィードバック提示した時に、手動制御系の制御性能が最も高くなることを確認した。そこで本研究では、音像定位を実現する音響ディスプレイを検討の対象としている。

頭外音像定位伝達関数(SLTF)を提示音像へ畳み込みステレオヘッドホンを通じて受聴者へ提示することで音像定位を実現させる場合、頭部や耳介、外耳道等の形状の個人差が原因となり、音像定位の精度が劣化することが知られている。そこで、今回の研究課題では、この個人差による定位性能の劣化を受聴者の認知情報を含むと考えられる手動制御系における制御動作等の信号を用いて適応的に修正し、「使用しているうちに個人差を吸収し利用者に合った SLTF を形成する」ように構成された音響ディスプレイの構成方法を提案することを目標とし、研究を実施する。

研究では、まず音像定位に関する各種伝達特性の測定から始め、音像定位の検証を行うための実験プログラム、音響ディスプレイを含む音フィードバック手動制御実験を行うための実験プログラムの開発を行った。

これと並行して、本研究の成果の根幹部分

である音響ディスプレイの適応的調整機能実現に向けた理論的検討を進め（現在継続中）、開発した適応型音響ディスプレイの効果を体感できる最終的なデモプログラムの作成へと進めていく計画である。

2. 研究の進捗状況

(1) 頭外音像定位に関する伝達関数の同定 HRTF（頭部伝達関数）の測定実験

無響室環境において HRTF の測定実験を行った。仰角については 0、-15、-30 度、方位角については正中面正面方向を 0 度として左右に 5 度刻みで 90 度までの 37 方向について、ダミーヘッドおよび成人男子 3 名を測定対象として HRTF の同定を行った。

ECTF（外耳道伝達関数）の同定実験

当初は HRTF データの直接修正を志向していたが、HRTF よりも ECTF に個人差が顕著に現れるとの説に基づき、適応的調節の対象として角度依存性のない ECTF を考えることとし、その準備として被験者に対する ECTF の測定実験を行った。

(2) 適応アルゴリズムの施行

定位試験結果に基づく逐次修正

適応的調節の前段階の試行として、角度依存性のある HRTF データの直接的な補正を行った。具体的には、仰角 0 度で上述の 37 方向からランダムに音像を提示でき、HRTF の補間更新機能も含む実験プログラムを開発し、以下のような手順で実験を行った。

- ・ 37 方向のどれか一つから音を提示する。
- ・ 被験者は、提示された音像の方向を GUI

上で解答する。

・回答角度の誤差量に基づき既存 HRTF データを補間して提示音像に対応する方向の HRTF データを更新する。

しかし、この簡易な逐次修正の修正結果は振動的となり、定位性能の向上も明確ではなかった。

ECTF に対する直列補償要素の挿入と手動制御実験での効果検証

上述の理由により、ECTF を適応的調整の対象として実験系を構築し直した。1 自由度フィードバック制御系について、目標値と制御量の偏差を移動する仮想音像の方位角として提示する音響ディスプレイを構成し、偏差に応じて ECTF のゲインと位相を調整し、両耳間音圧差及び時間差を強調するアルゴリズムを構築して手動制御実験を行った。その結果、ゲイン調整による両耳間音圧差の強調は制御性能の改善に効果があることを確認した。

3. 現在までの達成度

やや遅れている。

(理由)

第 2 年度の 20 年度に研究代表者が担当する全学教育研究施設の業務で多忙を極めたことに加え、初年度試行した逐次修正が機能しなかったことから当初の計画から修正対象と方法を模索し、最終的に変更する決断を行ったことが原因である。

4. 今後の研究の推進方策

昨年度の段階で適応的調節機能を盛り込んだ。上述のように一定の効果があったが、左右の音圧差を強調するゲイン補償は全周波数帯域に一樣に作用する。人間は約 1.3kHz 以下の低周波数音像の定位には位相差を、それ以上の周波数の音像の定位には両耳間強度差を手がかりとしていることが知られており、提示音の周波数に応じて手がかりが異なる。そのため、音響ディスプレイに関する伝達特性の適応的な調整手段も全周波数に一樣に作用するゲイン and/or 位相シフトではなく、周波数特性を持ったフィルターによる周波数領域での補償とするのが妥当であると考えられる。現在はその実現に向けた検討に注力しているところである。

なお、研究計画の遂行に当たり当初掲げた目標を達成するため、本年度は音信号処理に関する基礎的なプログラミング技術を身につけている大学院修士課程学生 2 名を本テーマに配置し、分担をしながら効率的に研究開発を実施する計画としている。

5. 代表的な研究成果

(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 0 件)

[学会発表](計 3 件)

1. 小田雄介、河原直哉、和田憲造、井上友倫、藤井文武、「外耳道伝達関数の逐次修正による聴覚フィードバック手動制御系の制御性能向上」、日本音響学会 2010 年春季研究発表会、2010 年 3 月 10 日、電気通信大学

2. 小田雄介、河原直哉、井上友倫、藤井文武、和田憲造、「音像移動音の定位感の向上に関する研究」、第 18 回計測自動制御学会中国支部学術講演会論文集、2009 年 11 月 29 日、鳥取大学

3. 松下正裕、藤井文武、和田憲造、「HRTF の適応的更新に基づく音情報を用いた手動制御系に関する研究」、第 16 回計測自動制御学会中国支部学術講演会論文集、2007 年 11 月 10 日、山口大学

[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] なし