

2022 年度 卒業論文

HRTF と加速度センサーを用いたリアルタイム空間オーディオ

龍谷大学 理工学部 数理情報学科

T190051 渋谷 朋暉

指導教員 佐野 彰

概要

近年の VR や AR の進展は目覚ましいものである。メタバースという言葉が流行語に選ばれるなど、一般社会にも影響を与えており、現実世界と仮想世界を融和する MR という考えも広まってきている。その中で、映像や音源の立体化や空間化はヒトに仮想世界をより現実世界の一部に感じさせる点で重要な技術となっている。例えば不動産業などでは VR 内見というサービスが運用されている。このように空間化はヒトの認知にとって大きな意味を持つが、MR、つまり仮想と現実の融和においては投影するためのディスプレイなどのインターフェイス問題を抱えている。MR などの現実と仮想を両立するようなデバイスは高価であり、ヘルメットのような形状で日常では使いづらさがある。しかし、ここで音源のみの MR を考えてみる。投影を用いないため専用のディスプレイやゴーグルは不要であり、スマートフォンなどを介してサーバーにアクセスすれば出力デバイスは市販のイヤホンのみで可能となる。

これを実現するためには、リアルタイムに方向を取得し、イヤホンに流すと方角が分かるように処理することと、それをリアルタイムで出力する必要がある。本研究では、Python を用いて方向を持たない音源をセンサーからの情報をもとに、リアルタイムで処理し出力するプログラムを作成し、実際に音源変換の実験をおこなった。

音源に方向性を持たせるには HRTF(頭部伝達関数) を畳み込み積分を用いながら作用させることが必要となるが、計算量が非常に多いため畳み込み定理を用いて高速フーリエ変換を利用しリアルタイム処理でも処理遅れを少なくした。リアルタイム化については、音源を少ないデータ数で区切るブロック処理を行い、そのデータごとに HRTF を作用させ逐一出力をすることで、最新の方向データを利用した。方向データ取得に関して、センサーとの通信をブロック処理内で行うと処理遅れが発生し、またブロック処理の出力時間と方向データの通信頻度が違うためスタックなどでは同期ズレが起きてしまう。これを解決するために、サブプロセス化を行いプロセス間の値を共有しつつ、ブロック処理ループの最初に一時変数に格納する手法を用いた。また HRTF の計算では、あるデータ数に対してそのデータの後の影響も計算するが、ブロック処理では出力部分と影響部分をスライスし、影響部分を次のループの計算結果と和を取ることで解決した。

実行実験では 90°毎に定点で変換と、常に回転させ続ける変換を行った。結果として HRTF とセンサーを用いてリアルタイム空間オーディオシステムのうち左右差の実装ができた。リアルタイム化においてはいくつか障壁があったがブロックごとに処理し、センサーのリアルタイムのデータに応じて作用させる伝達関数を変更することで実装できた。0°でも前方に音源位置を変換できることから、空間オーディオの活用以外に、頭内定位の改善だけでも効果があることがわかった。また、一般音源の実験から回転を伴うと音量が小さくなることがわかった。実際の使用用途によって頻繁な回転を伴う場合は音量の変化も考慮する必要がある。

3次元空間オーディオを実装するにはここから位置データと距離減衰を設定する必要がある。ここで距離減衰について、現実には則した理論を用いることなく、独自に設定することでイヤホンを用いたことの利点が生まれる。設置型スピーカーでは距離に応じて実際の距離減衰が行われるが、イヤホンでは仮想的に表現することができる。現実性を表現するだけでなく、距離減衰を意図的に設定することができる。

今回、加速度から位置情報を得る方法を模索したが、加速度センサーの感度が高く、卓上に静止させた場合にも移動情報を取得してしまっていた。誤差が定量であれば規定値で丸めて利用することもできるだろうが、安定することはなかった。加速度から位置情報を得るためには二階積分の値を利用することとなり、少量の誤差でも結果に大きな影響を与えることとなる。使用者と設定した仮想音源の位置を測定する方法について、別の方法をアプローチを行う必要があるだろう。