

数理・情報のフロンティア  
2021 年度採択研究代表者

2022 年度  
年次報告書

中村 友彦

東京大学 大学院情報理工学系研究科  
特任助教

音メディア処理のための標本化周波数非依存深層学習

## 研究成果の概要

本研究では、標本化周波数が異なる信号に対しても一貫した性能で動作する深層学習(標本化周波数非依存深層学習:SFI 深層学習)フレームワークの創出に取り組む。特に、複数の音源信号が混ざった観測音響信号を各音源信号へ分離する音源分離を例として研究を進める。

2022年度は、2021年度に得られたSFI畳み込み層に関する結果を基に研究を進めた。SFI畳み込み層は、層のパラメータを離散時間インパルス応答とみなし、そのパラメータが事前に定めたアナログフィルタから設計されたものとみなす。これにより、未学習の標本化周波数においても一貫したパラメータを用いて動作する。2021年度は、信号を学習した標本化周波数にリサンプリングする方法よりも、SFI畳み込み層を用いた方が未学習の標本化周波数の音響信号に関して頑健に分離できることを示した。2022年度はさらに、信号のリサンプリングの精度の低下が分離性能の低下を招くことを示し、信号のリサンプリングを用いない提案法の方が有利であることを示した。また、複数の標本化周波数のデータを用いた学習法との比較も行い、この場合でも提案法が未学習の標本化周波数に関して一貫した性能で動作することを示した。これらの成果をまとめた論文が、音響信号処理分野最高峰の査読付き国際論文誌であるIEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing に採択された。

SFI畳み込み層自体の拡張にも取り組んだ。上述のSFI畳み込み層では、アナログフィルタのパラメータは学習で決定できるものの、その関数形状については事前に指定する必要があった。そこで、2021年度に行った初期検討を踏まえ、アナログフィルタの関数形状自体も学習する方法の構築に取り組んだ。具体的には、アナログフィルタの連続時間インパルス応答を、連続時間から当該時刻でのインパルス応答の値への回帰関数とみなし、その回帰関数をニューラルネットワークにより表現する方法を提案した。提案するアナログフィルタ表現方法では、離散時間インパルス応答を生成する際にエイリアシングが生じる。そこで、オーバーサンプリングを用いたアンチエイリアシング手法を提案することで、時間領域フィルタ設計手法を用いたSFI畳み込み層に組み込めることを示した。また、楽音を用いた音源分離実験により、関数形状を人手で指定したアナログフィルタに比べ、提案法では低い標本化周波数での分離性能が向上することを示した。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) Koichi Saito, Tomohiko Nakamura, Kohei Yatabe, and Hiroshi Saruwatari, “Sampling-frequency-independent convolutional layer and its application to audio source separation,” IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, vol. 30, pp. 2928–2943, Sep. 2022.
- 2) 今村 奏海, 中村 友彦, 矢田部 浩平, 猿渡 洋, “サンプリング周波数非依存畳み込み層のための時間領域ニューラルアナログフィルタ,” 日本音響学会 2022年秋期研究発表会, pp. 187-190, Sep. 2022.