

卒業研究概要

提出年月日

2020年 1月 31日

卒業研究課題

畳み込みニューラルネットを用いた周波数解析の試み

学生番号 c16051

氏名 塩田紘平

概要 (1000字程度)

指導教員

真貝寿明

印

2015年、米国の重力波干渉計 LIGO によって重力波が観測された。干渉計の受信信号にはノイズが含まれており、重力波を抽出するために様々な方法が考えられる。現在、重力波の解析に主流なのはテンプレート波形との相関をとるマッチドフィルタ法である。本研究では、テンプレート波形を必要としない新たな方法の開発を念頭に、自動で学習し、ノイズに対しても有効である畳み込みニューラルネット (CNN) を用いた周波数解析を試みた。

入力と出力を結びつけるために CNN では事前にパターンを学習させておく必要があるが、実際の解析では学習したパターン以外への入力も考えられる。そこで未知のデータに対しモデルの予想がどの程度行えるのかを検証した。検証した項目は、①ノイズ入りのデータに対応できるか。②合成波に対応できるか。③学習させたデータ以外 (大域的) のデータに対応できるか④学習データ以外 (近傍) のデータに対応できるか、の4つである。具体的には a_1, f_1 をパラメータとした波形 $a_1 \sin(2\pi f_1 t)$ にガウスノイズを加えたデータのテストを行った。約 3000 個の学習データを与え、10 分割させたパワースペクトル 図を出力に設定した。CNN はフーリエ変換と知らずに学習することになる。

①ノイズなしデータ (モデル1)、ノイズ入りデータ (モデル2) で学習させ、ノイズ入りのテストデータを検証した。テストデータに対する出力結果と真値との最小二乗誤差の値 L を図 1 に示す。モデル2の方が精度が良く周波数の検出が行えていることがわかる。

②①と同じモデルにテストデータとして sin 波を複数足し合わせた波形を入力として与えた。結果は各波の振幅の比が大きく偏ると精度が悪くなるが、学習した周波数にピークが見られ、合成波に対しても判別が可能である結果が得られた。

③学習に $f=41\text{Hz} \sim 50\text{Hz}$ の自然数の波形を使用し、テストデータに $41\text{Hz} \sim 50\text{Hz}$ 以外の自然数の波形を使用した。結果を図 2 に示す。これより学習データ以外のデータは予想されないことがわかる。

④③のモデルにテストデータとして $40.4\text{Hz} \sim 42.5\text{Hz}$ の波形を入力した。結果を図 3 に示す。両モデルとも誤差 0.4Hz 程度のデータであれば近傍と認識している。しかしモデル1に比べモデル2の方が近傍と判断する範囲が狭いという結果が得られた。端数周波数のものはノイズと認識されている可能性が考えられる。

最終的にノイズや合成波に対しては対応でき、学習外のデータには対応は難しいという結果を得た。今後の改良方法として、より広い範囲の学習データを用意したり、間隔の細かいデータを与えることや最終的にモデルが出力するベクトルにおいて、隣り合う要素の情報を共有させることなどが挙げられる。

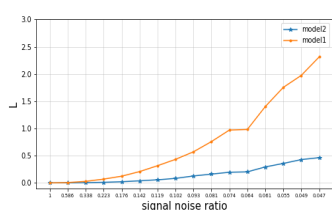


図1 スペクトル 判定の最小二乗誤差の値を学習時のノイズの有無の二つのモデルと比較

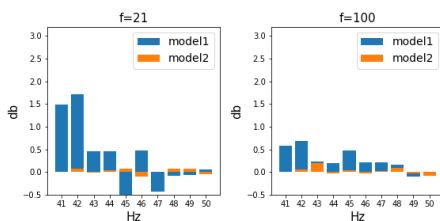


図2 学習範囲外のデータ 91Hz~100Hz を入力したときのモデル1、モデル2の出力

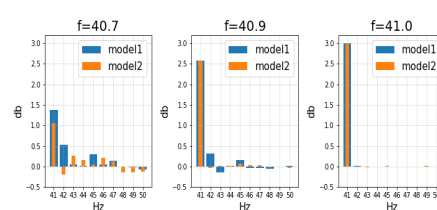


図3 学習範囲外だが端数の 40.7Hz, 40.9Hz と 41Hz を入力したときの両モデルの出力