

令和 5 年度 (2023) 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名	和文：機械学習・深層学習を用いたノイズ特徴の分析と 干渉計診断への応用 (III) 英文：Noise characteristics analysis using machine learning and deep learning and its application to interferometer diagnosis (III)
研究代表者	高橋 弘毅 (東京都市大学 総合研究所宇宙科学研究センター)
参加研究者	坂井佑輔 (東京都市大学 総合研究所宇宙科学研究センター /総合理工学研究科 情報専攻) 内山 隆 (東京大学 宇宙線研究所) 横澤 孝章 (東京大学 宇宙線研究所) 山本 尚弘 (東京大学 宇宙線研究所) 押野 翔一 (東京大学 宇宙線研究所) 鹿野 豊 (群馬大学大学院 理工学府) 鷺見 貴生 (国立天文台 重力波プロジェクト) 神田 展行 (大阪市立大学大学院 理学研究科) 伊藤 洋介 (大阪市立大学大学院 理学研究科)
研究成果概要	<p>突発性雑音 (グリッチ) を分類する事は, その発生起源や重力波検出器のパフォーマンス向上を探る 1 つの手がかりになると考えられている. 2023 年度は, 畳み込み深層ニューラルネットワークを用いた手法を提案し評価を進めた. この手法は, 大きく 2 つのプロセス (特徴量学習と分類) から構成している. 具体的には, 変分オートエンコーダにより突発性雑音の潜在変数 (特徴量) を抽出し, スペクトラルクラスタリングにより分類する手法を開発・評価している. さらに, ニューラルネットが突発性雑音のどの特徴を見て分類しているのかを可視化する方法の開発もすすめた (図 1). 共に, 概ね予想していたパフォーマンスとなったため評価結果などをまとめ, 現在論文として投稿し査読中である.</p> <p>また, 関連した機械学習を重力波データ解析に応用する研究として, 深層学習 (1 次元畳み込みニューラルネットワーク (1D-CNN) や 2 次元畳み込みニューラルネットワーク (2D-CNN)) を用いた重力探査手法についてプロトタイプを作成を終え, LIGO O3 のノイズデータとブラックホールや中性子星などのコンパクトな星の連星の合体から得られる重力波波形や超新星爆発シミュレーションの重力波波形を用いたテストを進め結果が得られた. 1D-CNN と 2D-CNN の推定結果はお互い着目している波形部分が違うということを定量的に示し, 1D-CNN と 2D-CNN の両方を使用しア</p>

ンサンプルした方がより検出効率がよくなることを示した [1] [2].

最近の論文や国際会議の発表，招待講演としては以下が挙げられる：

[1] Seiya Sasaoka, Naoki Koyama, Diego Dominguez, Yusuke Sakai, Kentaro Somiya, Yuto Omae, Hirotaka Takahashi, “Comparative study of 1D and 2D convolutional neural network models with attribution analysis for gravitational wave detection from compact binary coalescences” , Physical Review D, Vol.109, No.4, 043011 (2024). [doi:10.1103/PhysRevD.109.043011](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.109.043011)

[2] Seiya Sasaoka, Naoki Koyama, Diego Dominguez, Yusuke Sakai, Kentaro Somiya, Yuto Omae, Hirotaka Takahashi, “Visualizing convolutional neural network for classifying gravitational waves from core-collapse supernovae” , Physical Review D, Vol.108, No.12, 123033 (2023).
[doi:10.1103/PhysRevD.108.123033](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.108.123033)

[3] 高橋弘毅, “重力波データ解析への人工知能・機械学習の応用”(Z217r), 機械学習による天文学, 日本天文学会 2024 年春季年会, 東京大学 (本郷キャンパス), 2024.3.11.

[4] 高橋弘毅, “重力波のデータ解析”(17aRD11-3), 宇宙線・宇宙物理領域シンポジウム 重力波第 4 期観測と理論研究の進展, 日本物理学会 第 78 回年次大会, 東北大学 (青葉山キャンパス, 川内キャンパス), 2023.9.17.

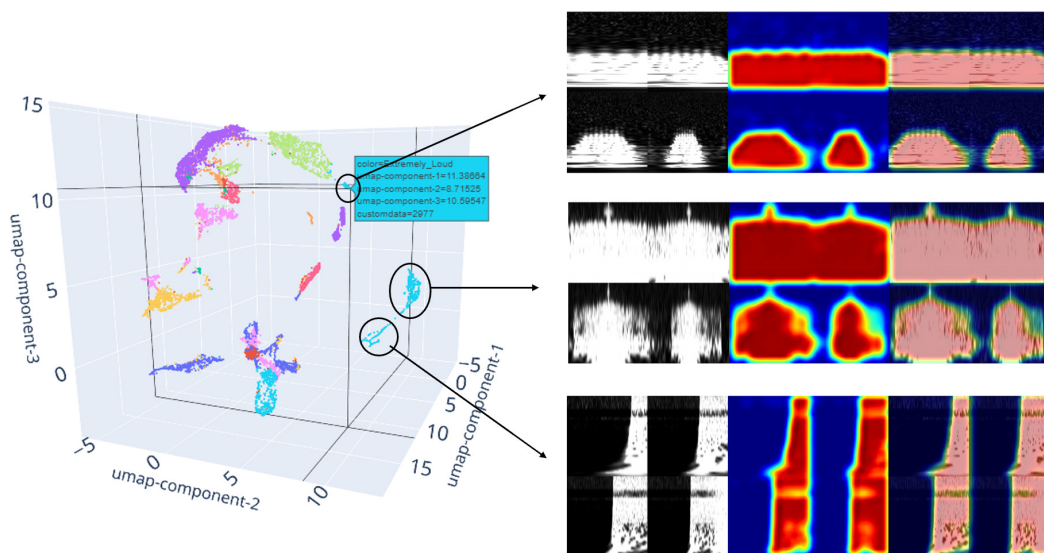


図 1: 突発性雑音の特徴量空間上での分布とその推定根拠の可視化の例