

平成 27 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：神岡重力波検出器 CLIO データの解析 (VI)

英文：Data analysis using CLIO data (VI)

研究代表者 長岡技術科学大学・工学部・准教授・高橋 弘毅

参加研究者 長岡技術科学大学大学院・工学研究科・M1・佐々木 幸次

長岡技術科学大学大学院・工学研究科・M1・植木 聡史

長岡技術科学大学大学院・工学研究科・M1・昆 慶久

東京大学宇宙線研究所・教授・大橋 正健

東京大学宇宙線研究所・准教授・内山 隆

新潟大学大学院自然科学研究科・教授・大原 謙一

新潟大学大学院自然科学研究科・D3・金山 雅人

新潟大学大学院自然科学研究科・M2・若松 剛司

研究成果概要

重力波検出器によって得られたデータから重力波の情報を取り出し、さらに、それを基に重力相互作用や天体現象に関する物理学的な研究を行うためには、大きなノイズが含まれる時系列データから微少な信号を取り出す手法の開発が必要不可欠である。平成 22 年度から、本研究では、新しいデータ解析工程の設計からコード開発、統計処理方法の研究を進めてきている。平成 27 年度は、引き続き時間-周波数解析の一つである Hilbert-Huang 変換 (HHT) を重力波データ解析に適用することを検討し、HHT を用いたデータ解析工程の設計からコード開発、統計処理方法の研究を中心的行なった。

HHT 解析では、まず一種の high-pass filter を繰り返して適用する Empirical Mode Decomposition (EMD) を行う。これにより時系列データからデータを複数の周波数帯域モード (IMF: Intrinsic Mode Functions) に分解する。さらに、得られたそれぞれの IMF に対して Hilbert 変換を用いた Hilbert Spectral Analysis (HSA) を行い、瞬時振幅 (IA) や瞬時周波数 (IF) の時間的変動を解析する。EMD では、ノイズはほぼ等しく IMF に分解され、一方でバースト的な信号は 1 つのまたは 2 つの特定の IMF に局在する。この性質を用いて Hilbert-Huang 変換を用いたバースト重力波イベントトリガーの構築、および、その評価を行った。

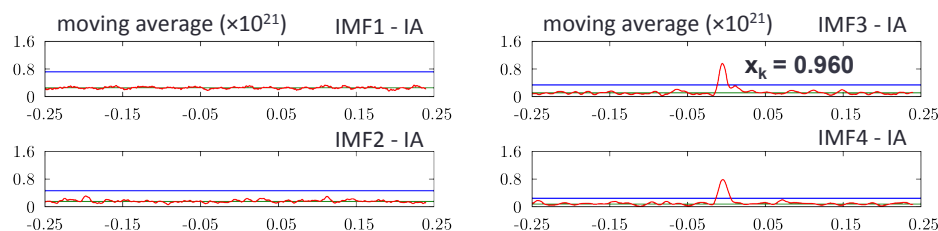


図 1 トリガー手法の概念図。赤は IA, 青は閾値を示している

この例だと、IMF3 と IMF4 にバースト信号の成分が見て取れる

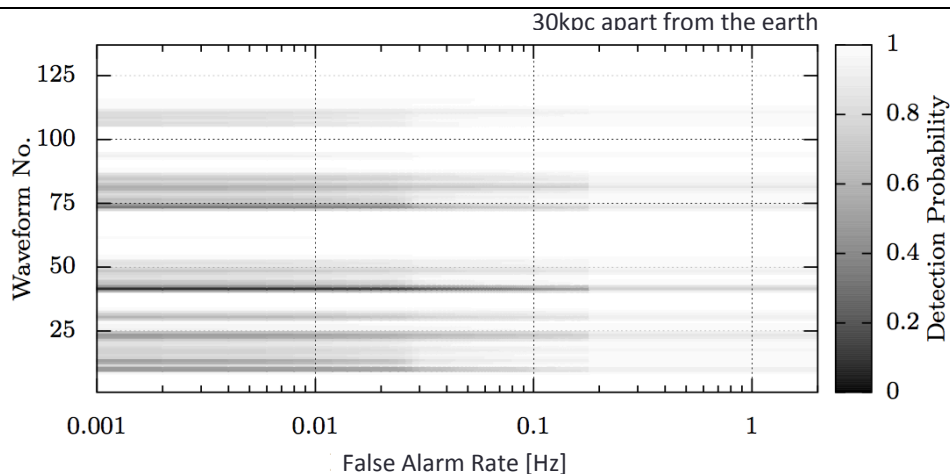


図 2 超新星爆発からの重力波 (Dimmelmeier 2008) に対する誤検出率と検出確率

トリガー手法の基本的な概念を図 1 に示す. 各 IMF の IA の平均値をある時間幅で評価し, ある閾値 (ノイズレベルにより評価) を超えていなければ信号は存在せず, 超えていれば信号は存在すると判断する.

図 2 は Adv. LIGO のシミュレーションデータ, 超新星爆発からの重力波 (Dimmelmeier 2008) を用いてトリガー手法を評価した結果の一例である. 各重力波波形に対する False Alarm Rate (FAR) と Detection Probability (DP) を示しており, ほぼ全ての波形に対して低い FAR で高い DP を実現している. また, ROC カーブを用いて手法を評価し 0.001Hz 以下の FAR で 0.940 の DP を実現している. 現在, 得られた結果をまとめ, 論文を準備中である.

論文・学会発表等

[1] Masato Kaneyama, Ken-ichi Oohara, Takahashi, Yuichiro Sekiguchi, Hideyuki Tagoshi, Masaru Shibata, " Analysis of gravitational waves from binary neutron star merger by Hilbert-Huang transform", submitted to Physical Review D.

[2] Kazuki Sakai, Ken-ichi Oohara, Masato Kaneyama, Hirotaka Takahashi, " Amplitude-based detection method for gravitational wave bursts with the Hilbert-Huang Transform", submitted to Classical Quantum Gravity.

[3] 酒井一樹, 大原謙一, 金山雅人, 植木聡史, 佐々木幸次, 高橋弘毅, "Hilbert-Huang 変換を用いたバースト重力波イベントトリガーの構築とその評価", 日本物理学会 (春), 東北学院大学 泉キャンパス, 2016.

など

整理番号 F06