

平成 29 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：KAGRA 検出器のデータ解析の研究 (III)

英文：Data analysis of KAGRA detector (III)

研究代表者 田越秀行 (宇宙線研究所)

参加研究者 三代木伸二, 成川達也, 内潟那美, 端山和大, 横澤孝章, 山本尚弘 (宇宙線研), 神田展行, 伊藤洋介, 土田怜, 譲原浩貴, 田中一幸, 宮本晃伸, 鍛冶毅, 北岡佑一, 佐々井毬花 (大阪市立大学), 横山順一, Kipp Cannon, 森崎宗一郎, 塚田怜央 (東京大学) 高橋弘毅, 酒井一樹 (長岡技術科学大学), 大原謙一, 若松剛司, 渡邊幸伸 (新潟大学), 廣林茂樹, 賈東宝, 柳澤健太 (富山大学), Luca Baiotti (大阪大学), 間野修平 (統計数理研), 大石奈緒子, 正田亜八香, 藤井善範 (国立天文台), 真貝寿明 (大阪工業大学)

研究成果概要

宇宙線研究所が建設を進めてきた重力波検出器 KAGRA は, 2016 年 3 月と 4 月に最初の試験運転(iKAGRA)を行った. このデータを用いたコンパクト連星合体重力波探索は, 昨年度までにデータ処理自体は終わっていたが, 今年度はその結果のとりまとめを行った. 連星の質量は中性子星を想定した 1~3 太陽質量を想定し, テンプレートは最も標準的な TaylorF2 と呼ばれる周波数空間での波形を用いた. 星のスピンは入っていない. 1 台検出器の探索結果よりイベントレートの上限值を導出した. 導出には従来用いられていない新しいフィッティング方法を用いた. 更にマッチドフィルター解析と同時に計算する, 候補イベントのうち, 本物である可能性が低いイベントについて, レーザー干渉計の環境データとの相関解析を行った. 解析では Maximum Information Coefficient と呼ばれる非線形相関を検出出来る手法を導入し, 非線形相関の有無を調べた. その結果, 入射モードクリーナーの制御信号と重力波信号を含む主干渉計信号との間に非線形相関が存在することが判明した. これは今後のレーザー干渉計の感度向上に役立てられる. 以上はメンバーである譲原浩貴氏の博士論文の主要な内容となった. 投稿論文は現在準備中である.

連星合体波形のパラメータ推定パイプラインは, マルコフ連鎖モンテカルロ法によるパイプライン開発が韓国グループと共に行われている. 今年度はパイプラインの基本部分を完成させた. バースト重力波源探索コードについても Excess Power 法によるコード開発が行われている.

以上の KAGRA のデータ解析やパイプライン開発以外にも様々な研究が行われた. 適応型の時間-周波数解析手法である Hilbert-Huang 変換を用いて, 連星ブラックホール重力波の準固有振動の開始時刻を推定する手法の提案をし, その検証を行った. なお,

内容はメンバーである酒井一樹氏の博士論文の主要なテーマとなった。

2台のレーザー干渉計による観測の場合、小口径光学望遠鏡での追観測をおこなうべき方向について調べた。2台検出器で決まる波源の方向は時間差と検出器感度の方向依存性によって制限されるが、それは数百平方度と非常に広く、また各方向毎に想定される波源までの距離が異なる。重力波データの解析から求められる事後確率が高くなるのは、一般に距離が遠方となる領域となる。一方小口径望遠鏡は近傍で明るい光学対応天体のみ観測可能なので、重力波データによる事後確率最大の領域は、そもそも観測出来ない可能性がある。波源までの距離を小口径望遠鏡が観測可能な範囲に限ると、求められる方向は、事後確率が最大となる方向とは全くことなることをGW150914などの実際のイベントや、その他いくつかの例によって示した。

連星ブラックホール合体重力波イベントは今後多数検出されると期待される。その中の質量の大きなブラックホールが PopIII 星起源である可能性が注目されている。重力波の多数のイベントと、population synthesis モデルから予想される Pop III がある場合とない場合の連星ブラックホール合体レートのモデルを用いて、PopIII 起源ブラックホールのありなしを尤度比によって識別する方法を提案した。典型的には 22 個の連星ブラックホール合体信号が検出されると、PopIII 起源が含まれるか含まれないかの区別が出来ることが分かった。

自己回帰モデル(auto-regressive 法)を用いて、短時間のデータから波形を再構築する方法を重力波のデータ解析に応用し、リングダウン部分を捉えられることを示した。

Tatsuya Narikawa, Masato Kaneyama, Hideyuki Tagoshi, Optimal follow-up observations of gravitational wave events with small optical telescopes, Physical Review D 96, 084067 (2017)

Kazuki Sakai, Ken-ichi Oohara, Hiroyuki Nakano, Masato Kaneyama, and Hirotaka Takahashi, Estimation of starting times of quasinormal modes in ringdown gravitational waves with the Hilbert-Huang transform, Phys. Rev. D 96, 044047 (2017)

A.Miyamoto, T. Kinugawa, T. Nakamura, N. Kanda, How to confirm the existence of population III stars by observations of gravitational waves, Physical Review D 96, 064025 (2017)

整理番号 F11