

令和 1 年 8 月 30 日

若手研究者海外挑戦プログラム報告書

独立行政法人日本学術振興会 理事長 殿

受付番号 201980055

氏名 森崎 宗一郎

(氏名は必ず自署すること)

若手研究者海外挑戦プログラムによる派遣を終了しましたので、下記のとおり報告いたします。
なお、下記記載の内容については相違ありません。

記

- 1.派遣先：都市名 カーディフ (国名 イギリス)
- 2.研究課題名(和文) : 連星中性子星合体のための効率的な重力波データ解析手法の
- 3.派遣期間：平成・令和 31 年 4 月 8 日 ~ 平成・令和 1 年 7 月 31 日 (115日間)
- 4.受入機関名・部局名：カーディフ大学
- 5.派遣先で従事した研究内容と研究状況 (1/2 ページ程度を目安に記入すること)

2015年9月に連星衝突から生じる重力波の初検出がなされ、重力波天文学の時代が幕を開けた。この新たな天文学において重要な役割を果たすのが、重力波データから連星の質量やスピン、位置を推定するパラメータ推定である。一方で、パラメータ推定は非常に計算コストの高い解析であり、特に連星中性子星に対しては1ヶ月ほどの時間を要する。重力波検出器の感度が向上し、今後、年に10~100個のイベントが検出されていることを考慮すると、これは深刻な問題である。また、イベントの正確な位置を素早く計算できなければ、電磁波追観測の成功率も下がってしまう。そこで、本研究ではパラメータ推定の高速化を行った。

本研究で着目したのは、パラメータ推定をする以前から、真のパラメータの値に関する大雑把な見積もりが可能である点である。パラメータ推定は、信号の検出がなされた後に行われる。検出はデータと理論波形の相関をとって行われるが、連星の質量やスピンのわからないため、数百万の様々な質量、スピンに対する波形との相関が取られる。その結果から、大雑把にどの質量、スピンの値が尤もらしいかという推定が可能である。これらの値を使って、パラメータ推定で探るパラメータ空間の範囲を大幅に削減する手法を開発した。これと Reduced Order Quadrature [1]と呼ばれる手法を組み合わせることで、パラメータ推定を1万倍程度高速化することに成功した。これにより、パラメータ推定を10分程度で終わらせるようになった。現在は、この結果に関する論文の執筆を行っている。また、現在行われている LIGO-VIRGO collaboration の観測でこの手法が用いられるよう、コードの実装を行っている段階である。

[1]: P. Canizares et al., Phys. Rev. Lett., **114**, no. 7, 071104.

6. 研究成果発表等の見通し及び今後の研究計画の方向性 (1/2 ページ程度を目安に記入すること)

《研究成果発表等の見通し》

前述の結果は投稿論文として発表するとともに、現時点で少なくとも 4 回以上国際学会で発表する予定である。また前述の通り、実際の観測で用いられるよう、コード開発も進めている。

《今後の研究計画の方向性》

今後の研究の方向性として、軌道面の歳差運動の効果を取り入れることが考えられる。今回の研究では、歳差運動の効果は無視できると仮定した。この仮定はスピンの小さい連星中性子星では理にかなっている一方で、ブラックホール-中性子星連星では成り立たない。また、歳差運動は距離とインクリネーションの縮退を解くため、距離をより精度良く測定する助けとなる。この距離の情報は電磁波追観測を行う上で非常に重要である。また、研究の副産物として、質量やスピンの予想される測定精度を見積もるアルゴリズムを開発した。今まで精度の見積もりはフィッシャー解析を用いて行われていたが、実際の MCMC の結果とあまり合わないことが知られていた。新しいアルゴリズムは MCMC とよく一致する上に、ラップトップで 10 秒程度で実行できる。このアルゴリズムについても、より議論を深めて、論文を執筆する予定である。

7. 本プログラムに採用されたことで得られたこと (1/2 ページ程度を目安に記入すること)

このプログラムを通して、重力波データ解析の様々な研究テーマを知ることができた。カーディフ大学は、重力波データ解析に携わる教授・講師が 4 人もいる、LIGO-VIRGO collaboration の中でも非常に大きなデータ解析グループの 1 つである。その中で学生は、バースト重力波の検出及びパラメータ推定といった歴史の長い研究から、深層学習などの最新統計手法の重力波データ解析への応用まで、幅広い研究を行っていた。彼らの発表を聞いているだけでも非常に勉強になった。こうした知識は、重力波データ解析がまだマイナーである日本では得られなかったと思う。

また、カーディフ大学の研究者の働き方も非常に参考になった。カーディフ大学の研究者の多くは、平日の午前 9 時から午後 6 時の間は研究に集中し、その他の時間は趣味に当てるという生活を送っており、オン・オフの切り替えがしっかりとできているように感じた。自分も滞在中に同様の生活を行い、その方が研究を効率的に行えると感じた。日本に帰国した今でも、この習慣を実践している。