

(様式 4)

別紙 2

論文審査の結果の要旨

学位申請者 酒井 一樹

本論文は「重力波データ解析への Hilbert-Huang 変換の応用:ノイズに対する統計的性能評価および連星ブラックホール合体重力波の解析」と題し、高分解能な時間-周波数解析手法である Hilbert-Huang 変換を重力波のデータ解析へ応用した結果について報告したものであり、7章より構成されている。

第1章では、重力波に関する研究の現状やこれから重力波に関する研究に期待されていることについて述べた後、本論文の背景及び目的についてまとめている。

第2章では、重力波データ解析の研究に取り組むにあたって前提となる重力波天文学について概観している。

第3章では、ブラックホールや中性子星などのコンパクト星の連星が合体する際に放出する重力波のデータ解析において用いられているマッチドフィルタ解析についての理論的な説明をし、データ解析に関する基礎的な内容について述べている。

第4章では、Hilbert-Huang 変換 (HHT) について詳しく述べている。HHT は解析するデータを適合的に固有モード関数 (IMF) に分解し、各 IMF の瞬時振幅 (IA) や瞬時周波数 (IF) を時系列として取り出す手法であり、直交基底に分解する従来の時間-周波数解析手法と比較して、局所的に高い分解能を出すことができる。IA や IF についての数学的基礎と、その考え方を活かすための工夫点などを詳細に説明している。

第5章では、ガウスノイズに HHT を適用したときの結果を解析的、および、統計的に考察した結果を述べている。特に、ガウスノイズにおける各 IMF の IA、IF の区間平均はピアソン分布族を考えることでその確率密度関数が精度良く推定できることについてまとめている。また、これらの結果をふまえ異常検知の枠組みに HHT を適用する手法を提案し評価をしている。

第6章では、連星ブラックホール合体重力波のデータ解析に HHT を応用した結果について述べている。HHT を用いて、連星ブラックホール合体後に起こるブラックホールの準固有振動と呼ばれる現象から放射される重力波の開始時刻を推定する手法の提案をし、その性能評価を行なっている。提案手法を LIGO による重力波の初検出イベント GW150914 のデータに適用した結果は、LIGO による解析結果と無矛盾であり、かつ準固有振動の開始時刻という新しいパラメータの推定も行える可能性を示唆している。

第7章では、本論文の総括をしている。本論文によって提案、および、評価された手法は、HHT を重力波のデータ解析へ適用するための基盤的な研究であり本論文が有する意義は深いと考える。

よって、本論文は工学上及び工業上貢献するところが大きく、博士 (工学) の学位論文として十分な価値を有するものと認める。

審査委員主査 高橋 弘毅 印