

論文審査の結果の要旨

氏名 三代 浩世 希

本論文は6章から構成されている。

第1章はイントロダクションであり、重力波の性質、重力波の検出、感度向上、重力波干渉計について、そして本論文のアウトラインについて述べている。複数の重力波望遠鏡による同時観測が、重力波源の方向決定精度向上、重力波偏角観測、マルチメッセンジャー観測に重要であることを論じている。

第2章は本論文で取り扱う1 Hz以下の地面振動／地震からのノイズについて述べている。1 Hz以下の低周波のノイズはファブリペロ共振器、ファブリペロマイケルソン干渉計のロックをはずし、重力波干渉計の稼働率をさげる大きな原因となっている。複数の重力波望遠鏡での同時観測ではさらにこの影響は大きくなる。

第3章は干渉計技術を用いた歪み計 (GIF) について記述しており、歪み率 10^{-11} まで感度があり、広いダイナミックレンジを持つことを記述している。地震、日本海の波などのゆっくりとしたおおきな振動の補正に有効である。

第4章は Passive 防振システム (振り子など)、Active 防振システム (慣性防振装置など) についてレビューし、1 Hz以下の防振では、ベースラインを補正する GIF 歪み計が非常に有効であることを述べている。

第5章は本論文の主要部分である。KAGRA X アームに並設されている GIF 歪み計をベースライン補正装置として KAGRA に取り込むことを提案し、実験的にその有効性を証明した。KAGRA X アームファブリペロ共振器の振動ノイズを 20dB 以上減少させることに成功した。

第6章は、結論と将来展望について述べている。GIF 歪み計をベースライン補正として重力波望遠鏡のアームに取り入れることにより、有効に基線長の長いファブリペロマイケルソン干渉計の地面振動由来のノイズを減らせ、重力波望遠鏡の稼働率向上を図ることができることを示した。結論として1Hz以上の振動はPassive防振システム（防振振り子）が、0.1-1Hz帯ではActive防振システム（慣性防振装置）が有効であり、0.1Hz以下では唯一GIF歪み計を用いたベースライン補正システムが有効であることがわかった。ベースライン補正システムの導入により、それぞれの重力波望遠鏡の稼働率を格段に上げることができ、ひいては同時観測によるより高い質のデータをもたらすことができることを結論した。

三代氏は、より効率的な重力波望遠鏡の運用が、複数の重力波望遠鏡による同時観測の効率向上をもたらすとし、ひいては、より科学的価値の高い重力波観測データを得ることになると考察し、干渉計のロックを外し、稼働率をさげてしまう低周波の振動ノイズ、地震からの振動ノイズを除去するため、ベースライン補正システムとしてGIF歪み計を干渉計に導入することを提案した。また、実験的にKAGRA Xアーム方向に並設されているGIF歪み計からの信号をKAGRA Xアームファブリペロ干渉計にベースライン補正として取り込み、0.1Hz以下の振動領域でノイズを40dB下げることが成功した。

この研究成果は、三代氏のアイデアに基づくものであり、かつ重力波研究における極めて重要な技術開発といえる。複数の大型重力波望遠鏡による同時観測の高効率化は、重力波天文学、マルチメッセンジャー重力波天文学をさらに推し進めるものである。三代氏が主体になり、GIF歪み計によるベースライン補正システムのKAGRAへの導入、さらにKAGRAを使い検証をおこなったもので、彼の貢献はきわめて重要であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。