

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 西田 由佳

論 文 題 目

Gravitational wave background from cosmic strings and cosmic
superstrings

(宇宙ひもと宇宙超ひもから放出される背景重力波)

論文審査担当者

主 査	名古屋大学大学院理学研究科	教 授	理学博士	杉 山 直
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	教 授	理学博士	川 村 静 児
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	教 授	博士(理学)	棚 橋 誠 治
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	准教授	理学博士	南 部 保 貞
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	准教授	博士(理学)	市 來 淨 與

論文審査の結果の要旨

別紙 1 - 2

LIGO による重力波初検出は、天文学及び宇宙論研究に新たな可能性を拓いた。現時点では、ブラックホールや中性子星など、小さく高密度な天体の衝突から生じる重力波が測定され、星の進化や宇宙での元素合成に新たな知見が得られている。それだけにとどまらず、重力波はその高い透過性から、誕生直後の宇宙を直接探る唯一無二のプローブとなる可能性を秘めている。

宇宙初期に生成されると期待される構造に、ひも状の高エネルギー領域である「宇宙ひも」と「宇宙超ひも」がある。前者は、真空の相転移に伴って生成される位相欠陥の一種であり、後者は初期宇宙の理論モデルの一つである超弦理論から提唱されている。これらのひもは宇宙サイズほどの長さを持ち、宇宙空間で複雑なネットワークを形成する。その際に、ひもの振動や消滅に伴って重力波を放出することが期待されている。個別のひもから生成される重力波が重なり合って、現在の観測者は宇宙全体に満ちている背景重力波としてこれらの信号を受けるとなる。

申請者は、宇宙ひもと宇宙超ひもが生み出す背景重力波に注目し、その測定によってひも構造に関する知見を得る研究を進めた。先行研究では、輪状のひもから放出される背景重力波強度の数値計算が行われた。申請者はまず、宇宙ひも上に存在するキンクと呼ばれる尖りから放出される背景重力波の強度を解析的に評価し、輪状からの背景重力波と同程度であることを示すことに成功した。

次に、申請者は、数値計算を用いて、宇宙ひも、さらには宇宙超ひもについて、キンク、また、キンク同士の衝突から放出される重力波を見積もり、それらを合わせ期待される背景重力波強度を求めた。宇宙超ひもについては、宇宙ひもに比べて、ひもの組み換え確率が低いこと、三叉路構造の Y ジャンクションが存在することを取り入れ計算を行った。実際の計算では、まず、宇宙ひも、宇宙超ひも各々についてキンクの分布の時間発展方程式を現象論的に定式化し、その上で数値計算によってキンク分布の時間進化を求めた。次に、得られたキンクの分布を用いて、キンク自身の伝播や、キンク同士の衝突によって生成される重力波を重ね合わせた背景重力波の数値計算を行った。そこでは、重力波放出に伴うひものエネルギーの減少も考慮した。得られた重力波の観測可能性についても検討を行った。

上記解析の結果、申請者は、特に宇宙超ひもの場合、組み換え確率が低いと鈍ったキンクが増えることを明らかにした。背景重力波については、宇宙超ひもでは、キンク衝突からの寄与が重力波生成に大きく寄与することを示した。宇宙ひもと宇宙超ひもの比較では、後者の組み換え確率が比較的大きな場合では、前者よりも後者からの背景重力波強度が強くなることを見出し、将来運用予定の観測機器での観測が可能であることを示した。これらの研究成果は、宇宙ひも、宇宙超ひもから放出されると期待される重力波信号全体を定量的に見積もった初めてのものであり、高く評価される。

以上の理由から申請者は博士（理学）の学位を与えられるに相応しいと認められる。