

【新学術領域研究（研究領域提案型）】 理工系



研究領域名 重力波物理学・天文学：創世記

京都大学・大学院理学研究科・教授 たなか たかひろ
田中 貴浩

研究課題番号： 17H06357

研究者番号： 40281117

【本領域の目的】

2016年に初の重力波直接検出の報告がLIGOからなされた。日本の重力波検出器であるKAGRAは2019年から本格観測段階に入る予定である。日本は重力波データ解析、重力波源となる天体(重力波対応天体)のマルチメッセンジャー観測、理論的研究のそれぞれに強みを持つ。これらが三位一体となり、重力波物理学・天文学創世の流れを力強く推し進め、新領域を創成することが本領域の目的である。

【本領域の内容】

現在、重力波観測の開始という歴史的な時期にある。重力波という全く新しい観測データが得られることによる物理学・天文学の進展に対する波及効果は大きい。また、本領域期間中に有効な観測データを出せるようになるKAGRAの存在は国際的な観点からも非常に重要である。その際に、単にKAGRAが重力波観測データを発信するというだけでなく、その波及する研究分野の開拓においても世界をリードする研究をすることが本領域の課題である。

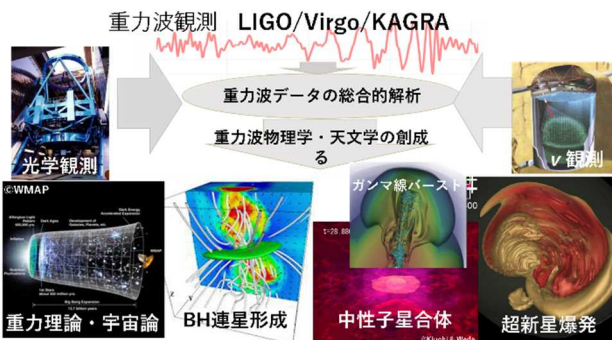


図1 広がりゆく重力波物理学・天文学のイメージ

これまでの実績として、KAGRAのための基本的なデータ解析の準備の完了、フォローアップ体制の組織化が既に進んでいる。この好機をとらえて、「重力波データの総合的解析」と「重力波検出から広がる新しい物理学・天文学」の二つの側面から重力波物理学・天文学を推進する。

(1) 重力波データの総合的解析

理論とデータ解析が密接に連携して、標準的な枠組みを越えた重力波検出手法の開発をおこない、重力波データから物理的情報を引き出す。

(2) 重力波検出から広がる新しい物理学・天文学

重力波観測と直接的に関係を持って発展していく研究分野を観測と理論が一体となり推進する。飛躍的進展が見込まれるテーマに絞り計画研究を組織し推進する。

【期待される成果と意義】

(1) 重力波の総合的解析

重力波物理学・天文学の発展のためには微弱な重力波データから最大限物理的情報を引き出すことが求められ、具体的には以下のような成果が期待される。KAGRAのデータ解析を担い、実際に重力波を検出。(A01): 重力理論検証のための世界に先駆けた重力波解析手法の提案と実装。(B01): 中性子星を含む連星合体から高密度物質の状態方程式・内部構造に対する制限。(C01): 世界最高水準の超新星起源の重力波波形の理論的予測とそれに基づく解析。

(2) 重力波物理学・天文学の創成

重力波という新しい探針により創成される学問の流れは多岐にわたる。以下のような成果が期待される。重力波対応天体の同定とフォローアップ観測の遂行。(A02): 拡張重力理論および宇宙論的シナリオの検証。(A03): 大質量BH連星形成進化に関する重力波観測との比較可能な定量的予言。(B02): 重力波源の放射機構、ブラックホールや中性子星の形成史のX線・ γ 線観測による解明。(B03): 重力波源の光赤外対応天体の同定・観測。宇宙における r -過程元素の生成現場を同定。(C02): 遠方超新星起源の背景ニュートリノの量や平均エネルギーに対する新たな制限。これを基礎とする、より精密な超新星爆発の理論計算の実

【キーワード】

重力波：アインシュタインの一般相対性理論が予測した時空のさざ波。

マルチメッセンジャー観測：一つの天体現象を赤外線、可視光、ニュートリノ、そして重力波など複数の手法で観測し、その詳細な情報を得ること。

【研究期間と研究経費】

平成29年度～33年度
1,079,000千円



Title of Project : Gravitational wave physics and astronomy: Genesis

Takahiro Tanaka (Kyoto University, Professor)

Research Project Number : 17H06357

Researcher Number : 40281117

【Purpose of the Research Project】

The first direct detection of gravitational waves (GWs) was announced by LIGO in 2016. KAGRA, Japanese GW detector, is going to start operation in full configuration from 2019. We have advantages in GW data analysis, multi-messenger observations of the GW counterparts, and a long history of theoretical research. The purpose of this area is to extract the synergy effects and push forward the new trend of GW physics / astronomy.

【Content of the Research Project】

Currently, we are at the very beginning of GW observation. The impact of this completely new observational probe on the progress of physics and astronomy is high. The task of this innovative area is to conduct world-leading researches in exploiting the research fields that are rapidly expanding.

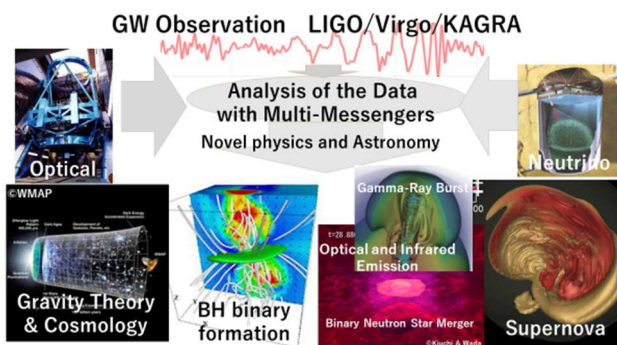


Fig.1 Image of the expanding research area

As past heritage, preparations for basic data analysis and organizations of follow-up observation teams have been already completed. Taking the advantage of this opportunity, we promote GW physics and astronomy from the following two aspects:

(1) Comprehensive analysis of GWs

Theoretical and data analysis researches closely cooperate to develop new GW data analysis methods beyond the standard framework and extract valuable information.

(2) New physics and astronomy spreading out of GW detection

By the close collaboration of observational and theoretical researches, we promote research fields that are directly driven by GW observations. We will organize and promote research projects focusing on the themes that expect drastic progress in near future.

【Expected Research Achievements and Scientific Significance】

(1) Comprehensive analysis of GWs

For the development of GW physics and astronomy, it is required to extract maximum information from weak GW signals, and the following results are expected: Actual detection of GWs by the KAGRA data analysis team members participating in this innovative area. Proposing and implementing advanced GW data analysis method for the test of gravity (A01). Obtaining restrictions on the equation of state and internal structure of high density matter from binaries including neutron stars (B01). Giving a quantitative theoretical prediction of the GW waveform from supernovae based on state-of-the-art simulations (C01).

(2) Expanding frontiers of GW physics/astronomy

Accelerating the new research trend stimulated by GWs, we expect to obtain the following results: Identification of GW sources and follow-up observation. Testing extended gravity theories and cosmological scenarios (A02). Providing a quantitative prediction on the evolution of massive black hole binaries to be compared with GW observations (A03). Clarifying the radiation mechanism of the counterparts of GW sources, and the formation history of black holes and neutron stars by X-ray and gamma-ray observations (B02). Identification and observation of the optical and infrared counterparts of GW sources. Identification of the production site of r-process elements in the universe (B03). Obtaining new restrictions on background neutrino quantity and average energy from distant supernova origin. Realizing theoretical calculation of more precise supernova explosion based on it (C02).

【Key Words】

Gravitational waves: Space-time ripples predicted by Einstein's general relativity.

Multi-messenger observation: Observing one astrophysical event by infrared, visible light, neutrino, GWs, etc. simultaneously to obtain detailed information.

【Term of Project】 FY2017-2021

【Budget Allocation】 1,079,000 Thousand Yen