
重力波物理学・天文学：創世記

領域番号：2905

平成29年度～令和3年度

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）

（新学術領域研究（研究領域提案型））

研究成果報告書

令和6年5月

領域代表者 田中 貴浩

京都大学・理学研究科・教授

はしがき

2017年度にスタートした本新学術領域は、この好機を活かすために、重力波データ解析、対応天体観測、理論的研究が連携することで、重要な成果を挙げるとともに、将来を担う若手研究者の育成をおこない、この新しい学問の創世をリードすることを目指すものです。3回目の重力波本格観測(03)がおこなわれ、多数の連星合体イベントが報告されており、本領域でも関連する研究が進展しました。

2020年4月にKAGRAが03に参加しGE0600との間の共同観測を実現しましたが、この共同観測により得られた重力波観測データの解析を行うための解析チームがLVK Collaboration内に結成され、そのメンバーとして、計画研究B01代表者の田越他多数の本領域メンバーが主要メンバーとして参加し、中心的役割を果たしました。

03後のフォローアップ観測のショートガンマ線バーストの精度良い位置決定を目指すCAMELOT計画を立ち上げ、2機の衛星を打ち上げ、ガンマ線バーストの検出に成功しました。また、紫外線衛星の開発や、ガンマ線観測衛星計画HiZ-GUNDAMを、JAXAのプリプロジェクト候補移行審査に合格させるなどの進展がありました。

一方で、計画研究C02の監修のもと、スーパーカミオカンデ(SK)ニュートリノ検出器の改修に成功しました。これにより、SKにガドリニウムを装填し、背景ニュートリノを初めて観測可能になる準備が整いました。理論的な研究においても、連星形成や超新星爆発のシミュレーションの進展など多くの成果が挙がっています。

03のデータ解析の研究成果として、LIGO/Virgoが行っていない新たな重力理論のテストをおこない解析結果を発表してきましたが、それに加えて、他の観測的制限を満足する現象論的な理論の枠組みを拡張する理論研究においても、MTBG理論の提案などをおこないました。

研究組織 (令和4年3月末現在。ただし完了した研究課題は完了時現在、補助事業廃止の研究課題は廃止時現在。)

計画研究

X00: 総括班、および、Y00 国際活動支援班

研究代表者：田中貴浩 (京都大学・理学研究科・教授)

研究分担者：向山信治 (京都大学・基礎物理学研究所・教授)

大向一行 (東北大学・理学研究科・教授)

田越秀行 (東京大学・宇宙線研究所・教授)

河合誠之 (東京工業大学・理学院・教授)

吉田道利 (国立天文台・ハワイ観測所・特任教授)

固武慶 (福岡大学・理学部・教授)

ヴァギンズ マーク (東京大学・カブリ数物連携宇宙研究機構・教授)

研究協力者：細川隆史 (京都大学・理学研究科・准教授)

A01: 重力波データ解析による重力理論の検証

研究代表者：田中貴浩 (京都大学・理学研究科・教授)

研究分担者：瀬戸直樹 (京都大学・理学研究科・助教)

真貝寿明 (大阪工業大学・情報科学部・教授)

大原謙一 (放送大学・新潟学習センター・特任教授)

高橋弘毅 (東京都市大学・総合研究所宇宙科学研究センター・教授)

研究協力者：西澤篤志 (東京大学・理学系研究科附属ビッグバン宇宙国際研究センター・助教)

中野寛之 (龍谷大学・法学部・教授)

八木絢外 (バージニア大学・助教)

酒井一樹 (長岡工業高等専門学校・電子制御工学科・助教)

山本貴宏 (名古屋大学・理学研究科・研究員)
内瀉那美 (東京大学・宇宙線研究所・特任研究員)
佐合紀親 (金沢医科大学・一般教育機構・講師)

A02: 重力波物理学・天文学における重力理論研究の新展開

研究代表者：向山信治 (京都大学・基礎物理学研究所・教授)
研究分担者：前田恵一 (早稲田大学・理工学術院・名誉教授)
浅田秀樹 (弘前大学・理工学研究科・教授)
須山輝明 (東京工業大学・理学院・准教授)
研究協力者：早田次郎 (神戸大学・理学研究科・教授)
山本一博 (九州大学・理学研究院・教授)
樽家篤史 (京都大学・基礎物理学研究所・准教授)
郡和範 (高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・准教授)
小林努 (立教大学・理学部・教授)
重森正樹 (名古屋大学・理学研究科・教授)
中山和則 (東北大学・理学研究科・准教授)
本橋隼人 (工学院大学・教育推進機構・准教授)
Francesco Di Filippo (京都大学・基礎物理学研究所・研究員)
青木勝輝 (京都大学・基礎物理学研究所・特定助教)
Osmin Lacombe (京都大学・基礎物理学研究所・研究員)

A03: ブラックホール連星形成過程の理論的研究

研究代表者：大向一行 (東北大学・理学研究科・教授)
研究分担者：須佐元 (甲南大学・理工学部・教授)
町田正博 (九州大学・理学研究院・准教授)
細川隆史 (京都大学・理学研究科・准教授)
藤井通子 (東京大学・理学系研究科・准教授)
谷川衝 (東京大学・総合文化研究科・助教)
研究協力者：吉田直紀 (東京大学・理学系研究科・教授)
松本倫明 (法政大学・人間環境学部・教授)
杉村和幸 (北海道大学・理学研究院・助教)
豊内大輔 (東京大学・理学系研究科附属ビッグバン宇宙国際研究センター・特任研究員)
熊本淳 (中京学院大学・経営学部・専任講師)
桐原崇亘 (筑波大学・計算科学研究センター・研究員)
Alessandro Trani (東京大学・理学系研究科・研究員)

B01: 中性子星を含む連星, パルサー, マグネターからの重力波による宇宙物理学の研究

研究代表者：田越秀行 (東京大学 宇宙線研究所 教授)
研究分担者：Cannon Kipp (東京大学・理学系研究科附属ビッグバン宇宙国際研究センター・教授)
伊藤洋介 (大阪公立大学・理学研究科・准教授)
小嶋康史 (広島大学・先進理工系科学研究科・教授)
川口恭平 (東京大学・宇宙線研究所・助教)
研究協力者：木内建太 (マックスプランク研究所 (AEI) ・Group Leader)
柴田大 (京都大学・基礎物理学研究所・教授)
久徳浩太郎 (京都大学・理学研究科・准教授)
榎戸輝揚 (京都大学・理学研究科・准教授)
成川達也 (東京大学・宇宙線研究所・研究員)
上野昂 (東京大学・理学系研究科附属ビッグバン宇宙国際研究センター・特任研究員)
譲原浩貴 (東京大学・宇宙線研究所・特任研究員)
内瀉那美 (東京大学・宇宙線研究所・特任研究員)

B02: 高エネルギー観測で探る重力波天体

研究代表者：河合誠之 (東京工業大学・理学院・教授)
研究分担者：三原建弘 (理化学研究所・開拓研究本部・専任研究員)

根来均(日本大学・理工学部・教授)
上田佳宏(京都大学・理学研究科・准教授)
深沢泰司(広島大学・先進理工系科学研究科・教授)
井岡邦仁(京都大学・基礎物理学研究所・教授)
有元誠(金沢大学・先端宇宙理工学研究センター・助教)
坂本貴紀(青山学院大学・理工学部・教授)
研究協力者: 谷津陽一(東京工業大学・理学院・准教授)
米徳大輔(金沢大学・数物科学系・教授)
芹野素子(青山学院大学・理工学部・助教)
戸谷友則(東京大学・理学系研究科・教授)
大野雅功(ハンガリー Eotvos University・研究員)
杉崎睦(中国国家天文台・研究員)
高橋和也(東京大学・理学系研究科附属ビッグバン宇宙国際研究センター・特任研究員)
Helen Poon(広島大学・理学研究科・研究員)
Valentin Pal'shin(青山学院大学・理工学部・研究員)

B03: 重力波源の光赤外線対応天体観測で迫る中性子星合体の元素合成

研究代表者: 吉田道利(国立天文台・ハワイ観測所・特任教授)
研究分担者: 田中雅臣(東北大学・理学研究科・准教授)
関口雄一郎(東邦大学・理学部・准教授)
酒向重行(東京大学・理学系研究科・准教授)
富永望(国立天文台・科学研究部・教授)
川端弘治(広島大学・宇宙科学センター・教授)
伊藤洋一(兵庫県立大学・自然・環境科学研究所・教授)
研究協力者: 青木和光(国立天文台・TMTプロジェクト・准教授)
本田敏志(兵庫県立大学・自然・環境科学研究所・准教授)
笹田 真人(東京工業大学・科学技術創成研究院・特任助教)
小野里 宏樹(国立天文台・天文データセンター・特任研究員)

C01: 重力波天文学で解き明かす超新星爆発の物理

研究代表者: 固武慶(福岡大学・理学部・教授)
研究分担者: 神田展行(大阪公立大学・理学研究科・教授)
滝脇知也(国立天文台・天文シミュレーションプロジェクト・准教授)
端山和大(福岡大学・理学部・准教授)
研究協力者: 諏訪雄大(東京大学・総合文化研究科・准教授)
中村航(福岡大学・理学部・助教)
横澤孝章(東京大学・宇宙線研究所・特任助教)
Tobias Fischer(ブロッツワフ大学・助教)
Gabriel Martinez-Pinedo(ダルムシュタット工科大・教授)
Evan O'Connor(ストックホルム大・助教)
黒田仰生(マックスプランク重力研究所・研究員)
柴垣翔太(ブロッツワフ大学・研究員)
Man Leong Chan(ブリティッシュコロンビア大学・研究員)

C02: Studying supernova explosions via their neutrino emissions

(ニュートリノ放出を用いた超新星爆発現象の解明)

研究代表者: ヴァギンズ マーク(東京大学・カブリ数物連携宇宙研究機構・教授)
研究分担者: 小汐由介(岡山大学・自然科学学域・准教授)
住吉光介(沼津工業高等専門学校・教養科・教授)
松古栄夫(高エネルギー加速器研究機構・計算科学センター・助教)
原田了(理化学研究所・iTHEMS・基礎科学特別研究員)
研究協力者: 中畑雅行(東京大学・宇宙線研究所・教授)
山田章一(早稲田大学・理工学術院・教授)
西嶋恭志(東海大学・理学部・教授)

マルティ マグロ ルイス (横浜国立大学・研究員)
伊藤慎太郎 (高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・研究員)
中里健一郎 (九州大学・基幹教育院・准教授)
ウェンデル ロジャー (京都大学・理学研究科・准教授)
長倉洋樹 (国立天文台・科学研究部・特任助教)
堀内俊作 (バージニア工科大学・准教授)
加藤陽 (東京大学・助教)

公募研究

研究代表者：大栗 真宗 (東京大学・大学院理学系研究科・助教)
研究代表者：藤田 龍一 (京都大学・基礎物理学研究所・研究員)
研究代表者：姫本 宣朗 (日本大学・生産工学部・准教授)
研究代表者：山口 昌英 (東京工業大学・理学院・教授)
研究代表者：兼村 晋哉 (大阪大学・大学院理学研究科・教授)
研究代表者：早田 次郎 (神戸大学・大学院理学研究科・教授)
研究代表者：波場 直之 (島根大学・学術研究院理工学系・教授)
研究代表者：郡 和範 (大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・准教授)

研究代表者：矢島 秀伸 (筑波大学・計算科学研究センター・准教授)
研究代表者：檉山 和己 (東京大学・大学院理学系研究科・助教)
研究代表者：西澤 篤志 (東京大学・大学院理学系研究科・助教)
研究代表者：大須賀 健 (筑波大学・計算科学研究センター・教授)
研究代表者：岩澤 全規 (神戸大学・理学研究科・特命准教授)
研究代表者：榎戸 輝揚 (京都大学・白眉センター・特定准教授)
研究代表者：久徳 浩太郎 (京都大学・大学院理学研究科・准教授)
研究代表者：寺田 幸功 (埼玉大学・理工学研究科・准教授)
研究代表者：小宮 悠 (東京大学・大学院理学系研究科・特任研究員)
研究代表者：米徳 大輔 (金沢大学・数物科学系・教授)
研究代表者：諸隈 智貴 (東京大学・大学院理学系研究科・助教)
研究代表者：峰崎 岳夫 (東京大学・大学院理学系研究科・准教授)
研究代表者：阿部 文雄 (名古屋大学・宇宙地球環境研究所・客員准教授)
研究代表者：前田 啓一 (京都大学・大学院理学研究科・准教授)
研究代表者：辻本 拓司 (国立天文台・JASMINE プロジェクト・助教)
研究代表者：河原 創 (東京大学・大学院理学系研究科・助教)
研究代表者：堀内 渉 (北海道大学・理学研究院・講師)
研究代表者：安藤 真一郎 (東京大学・カブリ数物連携宇宙研究機構・客員科学研究員)
研究代表者：諏訪 雄大 (京都産業大学・理学部・准教授)
研究代表者：古澤 峻 (東京理科大学・理学部第一部物理学科・助教)
研究代表者：富樫 甫 (九州大学・理学研究院・学術研究員)
研究代表者：大栗 真宗 (東京大学・大学院理学系研究科・助教)
研究代表者：西澤 篤志 (東京大学・大学院理学系研究科・助教)
研究代表者：中平 勝子 (長岡技術科学大学・工学研究科・准教授)
研究代表者：長谷川 昌也 (富山大学・学術研究部工学系・助教)
研究代表者：佐々木 節 (東京大学・カブリ数物連携宇宙研究機構・特任教授)

研究代表者：小林 努 (立教大学・理学部・教授)

研究代表者：木村 匡志 (立教大学・理学部・助教)

研究代表者：水野 俊太郎 (八戸工業高等専門学校・総合科学教育科・准教授)

研究代表者：郡 和範 (大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・准教授)

研究代表者：矢島 秀伸 (筑波大学・計算科学研究センター・准教授)

研究代表者：小林 将人 (東北大学・理学研究科・学術研究員)

研究代表者：高橋 龍一 (弘前大学・理工学研究科・准教授)

研究代表者：藤澤 幸太郎 (東京大学・大学院理学系研究科・特任助教)

研究代表者：岩切 渉 (中央大学・理工学部・助教)

研究代表者：森鼻 久美子 (名古屋大学・教養教育院・講師)

研究代表者：伊藤 裕貴 (国立研究開発法人理化学研究所・開拓研究本部・研究員)

研究代表者：水田 晃 (国立研究開発法人理化学研究所・開拓研究本部・研究員)

研究代表者：鈴木 尚孝 (東京大学・カブリ数物連携宇宙研究機構・特任助教)

研究代表者：松林 和也 (京都大学・大学院理学研究科・特定助教)

研究代表者：前田 啓一 (京都大学・大学院理学研究科・准教授)

研究代表者：津村 耕司 (東京都市大学・理工学部・准教授)

研究代表者：鈴木 大介 (大阪大学・大学院理学研究科・助教)

研究代表者：諏訪 雄大 (東京大学・大学院総合文化研究科・准教授)

研究代表者：中村 航 (福岡大学・理学部・助教)

研究代表者：祖谷 元 (国立研究開発法人理化学研究所・開拓研究本部・研究員)

研究代表者：安武 伸俊 (千葉工業大学・情報科学部・准教授)

交付決定額

年度	合計	直接経費	間接経費
平成 29 年度	217,230,000 円	167,100,000 円	50,130,000 円
平成 30 年度	299,650,000 円	230,500,000 円	69,150,000 円
令和元年度	295,880,000 円	227,600,000 円	68,280,000 円
令和 2 年度	301,860,000 円	232,200,000 円	69,660,000 円
令和 3 年度	279,175,000 円	214,750,000 円	64,425,000 円
合計	1,393,795,000 円	1,072,150,000 円	321,645,000 円

研究発表

<発表論文>

全研究項目横断 M. Arimoto et al., Gravitational wave physics and astronomy in the nascent era, Progress of Theoretical and Experimental Physics, ptab042, 査読有

研究項目 A01 重力波データ解析による重力理論の検証 総計 122 件 (査読有 122 件、査読無 0 件)

A01-1 (計画・田中) 計 33 件 (査読有 33 件、査読無 0 件)

1. *Takahiro S. Yamamoto, Takahiro Tanaka, Use of an excess power method and a convolutional neural network in an all-sky search for continuous gravitational waves, Physical Review D, 査読有, 103, 084049, 2021,
2. *Kei Yamada, Tanaka Takahiro, Parametrized test of parity-violating gravity using GWTC-1 events, Progress of Theoretical and Experimental Physics, 査読有, 2020 (2020) 9, 093E01
3. *Nami Uchikata, Hiroyuki Nakano, Tatsuya Narikawa, Norichika Sago, Hideyuki Tagoshi, Takahiro Tanaka, Searching for black hole echoes from the LIGO-Virgo Catalog GWTC-1, Physical Review D, 査読有, 100, 062006, 2019,
4. Hiroyuki Nakano, Tatsuya Narikawa, Ken-ichi Oohara, Kazuki Sakai, Hisa-aki Shinkai, Hiroataka Takahashi, Takahiro Tanaka, Nami Uchikata, Shun Yamamoto, *Takahiro S. Yamamoto, Comparison of various methods to extract ringdown frequency from gravitational wave data, arXiv:1811.06443, Physical Review D, 査読有, 99, 124032, 2019
5. Misao Sasaki, *Teruaki Suyama, Takahiro Tanaka, Shuihiro Yokoyama, Primordial black holes--perspectives in gravitational wave astronomy, Classical and Quantum Gravity, 査読有, 35, 63001, 2018

A01-2 (計画・瀬戸) 計 21 件 (査読有 21 件、査読無 0 件)

1. *Yuki Nishino, Naoki Seto, The Search for Extra-Galactic Intelligence Signals Synchronized with Binary Neutron Star Mergers, The Astrophysical Journal, 査読有, 862, L21, 2018

A01-3 (計画・真貝) 計 11 件 (査読有 11 件、査読無 0 件)

1. Masao Takamoto, Ichiro Ushijima, Noriaki Ohmae, Toshihiro Yahagi, Kensuke Kokado, Hisa-aki Shinkai, Hidetoshi Katori, Test of general relativity by a pair of transportable optical lattice clocks, Nature Photon, 査読有, 14, 411-415, 2020

A01-4 (計画・大原, 高橋) 計 9 件 (査読有 9 件、査読無 0 件)

1. Kazuki Sakai, Ken-ichi Oohara, Hiroyuki Nakano, Masato Kaneyama, Hiroataka Takahashi, Estimation of starting times of quasinormal modes in ringdown gravitational waves with the Hilbert-Huang transform, Physical Review D, 査読有, 96, 2017

A01-5 (計画・八木) 計 43 件 (査読有 43 件、査読無 0 件)

1. *Deep Chatterjee, Abhishek Hegade K. R., Gilbert Holder, Daniel E. Holz, Scott Perkins, Kent Yagi, Nicolás Yunes, Cosmology with Love: Measuring the Hubble constant using neutron star universal relations, Physical Review D, 査読有, 104, 083528, 2021

A01-6 (計画/公募・西澤) 計 29 件 (査読有 29 件、査読無 0 件)

1. *Hiroki Takeda, Soichiro Morisaki, Atsushi Nishizawa, Pure polarization test of GW170814 and GW170817 using waveforms consistent with modified theories of gravity, Physical Review D, 査読有, 103, 064037, 2021
 2. Atsushi Nishizawa, Tsutomu Kobayashi, Parity-violating gravity and GW170817, Physical Review D, 査読有, 98, 2018
- 他 14 名 (うち公募研究 6 名、本領域雇用の研究員を含む)

研究項目 A02 重力波物理学・天文学における重力理論研究の新展開 総計 225 件 (査読有 225 件、査読無 0 件)

A02-1 (計画・向山) 計 78 件 (査読有 78 件、査読無 0 件)

1. Katsuki Aoki, Mohammad Ali Gorji, Shinji Mukohyama, Kazufumi Takahashi, The effective field theory of vector-tensor theories, Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, 査読有, 2201, 059, 2022
2. Oost Jacob, Shinji Mukohyama, Wang Anzhong, Constraints on Einstein-aether theory after GW170817, Physical Review D, 査読有, 97, 2018

A02-2 (計画・前田) 計 16 件 (査読有 16 件、査読無 0 件)

1. Haruka Suzuki, Priti Gupta, Hirotsada Okawa, Kei-ichi Maeda, Post-Newtonian Kozai-Lidov Mechanism and its Effect on Cumulative Shift of Periastron Time of Binary Pulsar, Mon. Not. Roy. Astron. Soc. 500, 査読有, 2, 1645, 2020

A02-3 (計画・浅田) 計 14 件 (査読有 14 件、査読無 0 件)

1. Yuki Hagihara, Naoya Era, Daisuke Iikawa, Naohiro Takeda, Hideki Asada, Condition for directly testing scalar modes of gravitational waves by four detectors, Physical Review D, 査読有, 101, 4, 041501, 2020

A02-4 (計画・須山) 計 21 件 (査読有 21 件、査読無 0 件)

1. Rampei Kimura, Teruaki Suyama, Masahide Yamaguchi, Ying-Li Zhang, Reconstruction of Primordial Power Spectrum of curvature perturbation from the merger rate of Primordial Black Hole Binaries, Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, 査読有, 2104, 031, 2021

他 18 名 (うち公募研究 9 名、本領域雇用の研究員を含む)

研究項目 A03 ブラックホール連星形成過程の理論的研究 総計 115 件 (査読有 115 件、査読無 0 件)

A03-1 (計画・大向) 計 13 件 (査読有 13 件、査読無 0 件)

1. *K. Sugimura, T. Matsumoto, T. Hosokawa, S. Hirano, K. Omukai, The Astrophysical Journal Letters, 査読有, Volume 892, pp. L14-L18, 2020

A03-2 (計画・須佐) 計 7 件 (査読有 7 件、査読無 0 件)

1. *H. Susa, Merge or Survive: Number of Population III Stars per Minihalo, The Astrophysical Journal, 査読有, Volume 877, pp.99-108, 2019

A03-3 (計画・町田) 計 22 件 (査読有 22 件、査読無 0 件)

1. *M. N. Machida, S. Basu, The First Two Thousand Years of Star Formation, The Astrophysical Journal, 査読有, Volume 876, pp.149-163, 2019

A03-4 (計画・細川) 計 12 件 (査読有 12 件、査読無 0 件)

1. *S. Chon, T. Hosokawa, N. Yoshida, Radiation hydrodynamics simulations of the formation of direct-collapse supermassive stellar systems, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 査読有, Vol. 475, pp. 4104-4121, 2018

A03-5 (計画・藤井) 計 13 件 (査読有 13 件、査読無 0 件)

1. *J. Kumamoto, M. S. Fujii, A. Tanikawa, Merger rate density of binary black holes formed in open clusters, 2020, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 査読有, Volume 495, Issue 4, pp.4268-4278, 2020

A03-5 (計画・藤井) 計 22 件 (査読有 22 件、査読無 0 件)

1. *A. Tanikawa, H. Susa, T. Yoshida, A. A. Trani, T. Kinugawa, Merger Rate Density of Population III Binary Black Holes Below, Above, and in the Pair-instability Mass Gap, The Astrophysical Journal, 査読有, Vol. 910, pp. 30-67, 2021

他 12 名 (うち公募研究 6 名、本領域雇用の研究員を含む)

研究項目 B01 中性子星を含む連星、パルサー、マグネターからの重力波による宇宙物理学の研究

総計 94 件 (査読有 94 件、査読無 0 件)

B01-1 (計画・田越) 計 34 件 (査読有 34 件、査読無 0 件)

1. R. Abbott et al., First joint observation by the underground gravitational-wave detector, KAGRA, with GEO 600, PTEP, 査読有, 2022, 063F01, 2022 <https://doi.org/10.1093/ptep/ptac073>

B01-2 (計画・伊藤) 計 24 件 (査読有 24 件、査読無 0 件)

1. T. Akutsu et al., Application of independent component analysis to the iKAGRA data, PTEP, 査読有, 2020, 053F01, 2020

B01-3 (計画・小鷲) 計 12 件 (査読有 12 件、査読無 0 件)

1. Yasufumi Kojima, Shota Kisaka, Kotaro Fujisawa, Magnetic field sustained by the elastic force in neutron star crusts, MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY, 査読有, 511, 480, 2022

B01-4 (計画・川口) 計 23 件 (査読有 23 件、査読無 0 件)

1. Kyohei Kawaguchi, Kenta Kiuchi, Koutarou Kyutoku, Yuichiro Sekiguchi, Masaru Shibata, Keisuke Taniguchi, Frequency-domain gravitational waveform models for inspiraling binary neutron stars, Physical Review D, 査読有, 97, 044044, 2018

B01-5 (計画・Cannon) 計 13 件 (査読有 13 件、査読無 0 件)

1. R. Abbott et al., Observation of Gravitational Waves from Two Neutron Star-Black Hole Coalescences, Astrophysical Journal Letter, 査読有, 915, L5, 2021

他 13 名 (うち公募研究 5 名、本領域雇用の研究員を含む)

研究項目 B02 高エネルギー観測で探る重力波天体 総計 156 件 (査読有 151 件、査読無 5 件)

B02-1 (計画・河合) 計 22 件 (査読有 21 件、査読無 1 件)

1. N. Kawai, H. Negoro, M. Serino, T. Mihara, K. Tanaka, T. Masumitsu and S. Nakahira, X-ray upper limits of GW150914 with MAXI, Publications of the Astronomical Society of Japan, 査読有, 69, 84, 2017

B02-2 (計画・三原) 計 10 件 (査読有 10 件、査読無 0 件)

1. M. Tominaga, S. Nakahira, M. Shidatsu, M. Oeda, K. Ebisawa, Y. Sugawara, H. Negoro, N. Kawai, M. Sugizaki, Y. Ueda and T. Mihara, Discovery of the Black Hole X-Ray Binary Transient MAXI J1348-630, The Astrophysical Journal Letters, 査読有, 899, L20, 2020

B02-3 (計画・根来) 計 11 件 (査読有 11 件、査読無 0 件)

1. M. Shidatsu, S. Nakahira, K. L. Murata, R. Adachi, N. Kawai, Y. Ueda and H. Negoro, X-Ray and Optical Monitoring of State Transitions in MAXI J1820+070, The Astrophysical Journal, 査読有, 874, 183, 2019

B02-4 (計画・坂本) 計 18 件 (査読有 17 件、査読無 1 件)

1. *E. Troja, L. Piro, T. Sakamoto, et al., The X-ray counterpart to the gravitational-wave event GW170817, Nature, 査読有, 551, 71-74, 2017

B02-5 (計画・深沢) 計 9 件 (査読有 7 件、査読無 2 件)

1. B. P. Abbott, Y. Fukazawa, N. Kawai, T. Mihara, H. Negoro, T. Sakamoto, Y. Ueda, A. Yoshida, Y. Yatsu, et al., Multi-messenger Observations of a Binary Neutron Star Merger, The Astrophysical Journal Letters, 査読有, 848, L12, 2017

B02-6 (計画・井岡) 計 27 件 (査読有 27 件、査読無 0 件)

1. *K. Ioka and T. Nakamura, Can an off-axis gamma-ray burst jet in GW170817 explain all the electromagnetic counterparts?, Progress of Theoretical and Experimental Physics, 査読有, 043E02, 2018

B02-7 (計画・有元) 計 11 件 (査読有 10 件、査読無 1 件)

1. M. Ajello, M. Arimoto, Y. Fukazawa, et al., A Decade of Gamma-Ray Bursts Observed by Fermi-LAT: The Second GRB Catalog, *The Astrophysical Journal*, 査読有, 878, 52, 2019

B02-8 (計画・上田) 計 19 件 (査読有 19 件、査読無 0 件)

1. T. Kawamuro, Y. Ueda, N. Kawai, T. Mihara, H. Negoro, S. Oda, T. Sakamoto, M. Serino, M. Sugizaki, A. Yoshida, et al., The 7-year MAXI/GSC X-Ray Source Catalog in the High Galactic Latitude Sky (3MAXI), *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 査読有, 238, 32, 2018

他 16 名 (うち公募研究 6 名、本領域雇用の研究員を含む)

研究項目 B03 重力波源の光赤外線対応天体で迫る中性子星合体の元素合成 総計 112 件 (査読有 111 件、査読無 1 件)

B03-1 (計画・吉田) 計 20 件 (査読有 20 件、査読無 0 件)

1. B. P. Abbott, *LV Collaboration, Michitoshi Yoshida, Masaomi Tanaka, Nozomu Tominaga, S. Koji Kawabata, Shigeyuki Sako, et al., Multi-messenger observations of a binary neutron star merger, *The Astrophysical Journal Letters*, 査読有, 848, L12, 2017

2. *Yousuke Utsumi, Masaomi Tanaka, Nozomu Tominaga, Michitoshi Yoshida, Barway Sudhanshu, Takahiro Nagayama, Tetsuya Zenko, Kentaro Aoki, Takuya Fujiyoshi, Hisanori Furusawa, et al., J-GEM observations of an electromagnetic counterpart to the neutron star merger GW170817, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 査読有, 69, 2017

B03-2 (計画・田中) 計 30 件 (査読有 30 件、査読無 0 件)

1. *Masaomi Tanaka, Daiji Kato, Ediminas Gaigalas, Kyohei Kawaguchi, Systematic opacity calculations for kilonovae, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 査読有, 496, 1369, 2020

2. *Masaomi Tanaka, Yousuke Utsumi, Paolo A. Mazzali, Nozomu Tominaga, Michitoshi Yoshida, Yuichiro Sekiguchi, Tomoki Morokuma, Kentaro Motohara, Kouji Ohta, S. Koji Kawabata, et al., Kilonova from post-merger ejecta as an optical and near-Infrared counterpart of GW170817, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 査読有, 69, 2017

B03-3 (計画・冨永) 計 24 件 (査読有 24 件、査読無 0 件)

1. *Nozomu Tominaga, Masaomi Tanaka, Tomoki Morokuma, Yousuke Utsumi, S. Masaki Yamaguchi, Naoki Yasuda, Masayuki Tanaka, Michitoshi Yoshida, et al., Subaru Hyper Suprime-Cam survey for an optical counterpart of GW170817, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 査読有, 70, 28, 2018

B03-4 (計画・関口) 計 14 件 (査読有 14 件、査読無 0 件)

1. *Kousuke Sumiyoshi, Sho Fujibayashi, Yuichiro Sekiguchi, Masaru Shibata, Properties of neutrino transfer in a deformed remnant of a neutron star merger, *The Astrophysical Journal*, 査読有, 907, 92, 2021

B03-5 (計画・川端) 計 22 件 (査読有 22 件、査読無 0 件)

1. *Tatsuya Nakaoka, Keiichi Maeda, Masayuki Yamanaka, Masaomi Tanaka, Miho Kawabata, Takashi Moriya, S. Koji Kawabata, Nozomu Tominaga, et al., Calcium-rich transient SN 2019ehk in a star-forming environment: Yet another candidate for a precursor of a double neutron-star binary, *The Astrophysical Journal*, 査読有, 912, 30, 2021

他 16 名 (うち公募研究 9 名、本領域雇用の研究員を含む)

研究項目 C01 重力波天文学で解き明かす超新星爆発の物理 総計 73 件 (査読有 73 件、査読無 0 件)

C01-1 (計画・固武) 計 53 件 (査読有 53 件、査読無 0 件)

1. *Kanji Mori, Tomoya Takiwaki, Kei Kotake, Shunsaku Horiuchi, Shock revival in core-collapse supernovae assisted by heavy axionlike particles, *Physical Review D*, 査読有, 105, 063009, 2022

C01-2 (計画・神田) 計 35 件 (査読有 35 件、査読無 0 件)

1. *Mei Takeda, Yuta Hiranuma, Nobuyuki Kanda, Kei Kotake, Takami Kuroda, Ryo Negishi, Ken-ichi Oohara, Kazuki Sakai, Yusuke Sakai, Takahiro Sawada, Hiroataka Takahashi, Satoshi Tsuchida, Yukinobu Watanabe, Takaaki Yokozawa, Application of the Hilbert-Huang transform for analyzing standing-accretion-shock-instability induced gravitational waves in a core-collapse supernova, *Physical Review D*, 査読有, 104, 084063, 2021

C01-3 (計画・滝脇) 計 30 件 (査読有 30 件、査読無 0 件)

1. *Tomoya Takiwaki, Kei Kotake, Foglizzo, Thierry, Insights into non-axisymmetric instabilities in three-dimensional rotating supernova models with neutrino and gravitational-wave signatures, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 査読有, 508, 966-985, 2021

C01-4 (計画・端山) 計 34 件 (査読有 34 件、査読無 0 件)

1. *Chan Man Leong, Kazuhiro Hayama, Estimate of the detectability of the circular polarization signature of supernova gravitational waves using the Stokes parameters, *Physical Review D*, 査読有, 103, 103024, 2021

C01 (計画・公募・中村) 計 10 件 (査読有 10 件、査読無 0 件)

1. *Ko Nakamura, Three-dimensional supernova simulation of SN 1987A progenitor with implications for multi-messenger signals, *EPJ Web of Conferences*, 査読有, EPJ Web of Conferences 260, 11020, 2022

C01 (公募・祖谷) 計 11 件 (査読有 11 件、査読無 0 件)

1. *Hajime Sotani, Hajime Togashi, Neutron star mass formula with nuclear saturation parameters, *Physical Review D*, 査読有, 105, 063010, 2022

C01 (公募・河原) 計 3 件 (査読有 3 件、査読無 0 件)

1. *Hajime Kawahara, Kento Masuda, Transiting Planets Near the Snow Line from Kepler. I. Catalog, The Astrophysical Journal, 査読有, 157, 218, 2019

他7名(本領域雇用の研究員を含む)

研究項目 C02 Studying supernova explosions via their neutrino emissions 総計72件(査読有72件、査読無0件)

C02-1 (計画・ヴァギンズ、小汐) 計9件(査読有9件、査読無0件)

1. K. Abe, et al., First gadolinium loading to Super-Kamiokande, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, A, 査読有, 1027, 166248, 2022
2. K. Abe, et al., Search for Neutrinos in Coincidence with Gravitational Wave Events from the LIGO-Virgo O3a Observing Run with Super-Kamiokande Detector, The Astrophysical Journal, 査読有, 918, 78, 2021
3. LI Marti., et al., Evaluation of gadolinium's action on water Cherenkov detector systems with EGADS, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, A, 査読有, 959, 163549, 2020
4. C. Simpson, et al., Sensitivity of Super-Kamiokande with Gadolinium to Low Energy Antineutrinos from Pre-supernova Emission, The Astrophysical Journal, 査読有, 885, 2, 2019
5. K. Abe, et al., Search for Neutrinos in Super-Kamiokande Associated with the GW170817 Neutron-star Merger, The Astrophysical Journal, 査読有, 857, L4, 2018

C02-2 (計画・住吉、松古、原田) 計37件(査読有37件、査読無0件)

1. Akira Harada, Hiroki Nagakura, Wakana Iwakami, Hirotada Okawa, Shun Furusawa, Kohsuke Sumiyoshi, Hideo Matsufuru, Shoichi Yamada, The Boltzmann-radiation-hydrodynamics simulations of core-collapse supernovae with different equations of state: the role of the nuclear composition and the behavior of neutrinos, The Astrophysical Journal, 査読有, 902, 150, 2020
2. Yudai Suwa, Kohsuke Sumiyoshi, Ken' ichiro Nakazato, Yasufumi Takahira, Yusuke Koshio, Masamitsu Mori, Roger Wendell, Observing supernova neutrino light curves with Super-Kamiokande: expected event number over ten seconds, The Astrophysical Journal, 査読有, 881, 139, 2019
3. Hiroki Nagakura, Walama Iwakami, Shun Furusawa, Hirotaka Okawa, Akira Harada, Kohsuke Sumiyoshi, Shoichi Yamada, Hideo Matsufuru, Akira Imakura, Simulations of Core-collapse Supernovae in Spatial Axisymmetry with Full Boltzmann Neutrino Transport, The Astrophysical Journal, 査読有, 854, 136, 2018
4. Shunsaku Horiuchi, Kohsuke Sumiyoshi, Ko Nakamura, Tobias Fischer, Alex Summa, Tomoya Takiwaki, Hans-Thomas Janka, Kei Kotake, Diffuse supernova neutrino background from extensive core-collapse simulations of 8-100Msun progenitors, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 査読有, 475, 1363-1374, 2018

C02 (公募・堀内、安藤、諏訪、古澤、富樫、安武) 計26件(査読有26件、査読無0件)

他10名

〈書籍〉

田中雅臣、マルチメッセンジャー天文学が捉えた新しい宇宙の姿：宇宙の物質の起源に迫る、講談社、2021年12月

向山信治、SGCライブラリ「一般相対論を超える重力理論と宇宙論」、サイエンス社、2021年7月

住吉光介、原子核から読み解く超新星爆発の世界、共立出版、2018年10月

柴田大、久徳浩太郎、重力波の源、朝倉書店、2018年8月

田中貴浩、深化する一般相対論：ブラックホール・重力波・宇宙論、丸善出版、2017年11月

他7件

〈雑誌等〉

田中雅臣、中性子星合体のマルチメッセンジャー観測、パリティ 2019年1月号、2019年1月

田中貴浩、重力波がもたらす新しい物理学と天文学、数理科学 2018年12月号、2018年12月

吉田道利、重力波源の電磁波追跡観測—その意義、天文月報 2018年2月号、2018年1月

須山輝明、田中貴浩、横山修一郎、LIGOで検出された重力波は原始ブラックホールから？、日本物理学会誌、2017年10月

他14件

〈新聞等〉

A01、アインシュタイン ノーベル賞受賞から100年、読売新聞、2021年8月13日

C02、スーパーカミオカンデタンク公開、日経新聞、2018年9月16日

B03、国立天文台：重力波天体が放つ光を初観測—日本の望遠鏡群が捉えた重元素の誕生の現場—

https://subarutelescope.org/Pressrelease/2017/10/16/j_index.html、新聞掲載計131件、2017年10月16日

他19件

〈主催シンポジウム等〉

・領域全体, Symposium on Gravitational wave physics and astronomy: Genesis, Kyoto Univ. and online, 2022/04/25-29

・領域全体, Area workshop 2022 Winter, Kyoto Univ. and online, 2022/01/24

・A01-A02-A03, Group A camp, Kyoto Univ. and online, 2022/01/23-24

・領域全体, 30th Workshop on General Relativity and Gravitation in Japan: JGRG30, online, 2021/12/6-10

- ・C01-C02, Probe into core-collapse Supernovae via Gravitational-Wave and neutrino signals, online, 2021/12/1-2
- ・領域全体, Multi-messenger Astrophysics of Explosive Transients -Area workshop 2021 Autumn-, online, 2021/10/14
- ・領域全体, Fourth Annual Area Symposium, online, 2021/02/22-24
- ・A01-A02-A03, Group A camp, online, 2021/02/6-7
- ・領域全体, ONLINE Workshop on General Relativity and Gravitation in Japan, online, 2020/11/23-27
- ・領域全体, Third Annual Area Symposium, Konan University, 2020/02/10-12
- ・A01-A02-A03, Group A camp, Biwako Club, 2020/01/12-13
- ・領域全体, Area Workshop 2020 Winter, Biwako Club, 2020/01/11
- ・領域全体, 29th Workshop on General Relativity and Gravitation in Japan: JGRG29, Kobe Univ., 2019/11/25-29
- ・領域全体, Area Workshop 2019 Autumn, Fukuoka University, 2019/10/24
- ・C01-C02, 4M-COCOS: Multi-dimensional Modeling and Multi-Messenger observation from Core-Collapse Supernovae, Fukuoka University, 2019/10/21-23
- ・領域全体, Area workshop 2019 Early Summer, Osaka City University, 2019/06/29
- ・領域全体, China-Japan HinOTORI: First Collaboration Meeting, NAOC, Beijing, China, 2019/03/28-29
- ・領域全体, Area workshop 2019 Winter, Nagaoka University of Technology, 2019/02/19
- ・A01-A02-A03, Group A camp, Nagaoka University of Technology, 2019/02/18-19
- ・領域全体, 2019 YITP Asian-Pacific Winter School and Workshop on Gravitation and Cosmology, YITP, Kyoto University, 2019/02/11-15
- ・領域全体, Second Annual Area Symposium, YITP in Kyoto Univ., 2018/11/26-28
- ・領域全体, 28th Workshop on General Relativity and Gravitation in Japan: JGRG28, Rikkyo University, 2018/11/5-9
- ・領域全体, Area workshop 2018 Autumn, Toyama International conference center, 2018/10/10
- ・C01-C02, Deciphering multi-Dimensional nature of core-collapse SN via GW and neutrino signature (SNeGWv2018), Toyama International conference center, 2018/10/8-10
- ・領域全体, Area Workshop 2018 Early Summer, TITECH, 2018/06/07
- ・A01-B01-C01, 01 Discussion Meeting on GW data analysis, Biwako club, 2018/06/02-03
- ・領域全体, Annual Area Symposium, Kashiwa campus of the Univ. of Tokyo, 2018/03/05-07
- ・領域全体, YKIS2018a Symposium: General Relativity - The Next Generation -, YITP, Kyoto Univ., 2018/02/19-23
- ・領域全体, Gravity and Cosmology 2018, YITP, Kyoto Univ., 2018/01/29-3/09
- ・A01-A02-A03, Group A boot camp, 2017/12/08-09
- ・領域全体, Area Workshop 2017 Autumn, Tohoku Univ., 2017/12/7
- ・領域全体, 27th Workshop on General Relativity and Gravitation in Japan, JGRG27, Hiroshima, 2017/11/27-12/1
- ・領域全体, KICKOFF workshop, Kyoto Univ., 2017/09/22-23

他 9 件

＜アウトリーチ活動＞

- ・領域主催市民講演会第4回, オンライン, 2022/4/16
滝脇知也 (国立天文台・准教授) “超新星爆発からの重力波、検出への期待”
- ・領域主催市民講演会第3回, オンライン, 2021/4/3
細川隆史 (京都大学・准教授) “重力波を探るブラックホールの起源”
田中貴浩 (京都大学・教授) “一般相対論から重力波物理学への道のり”
- ・領域主催市民講演会第2回, 新潟県長岡市, 2019/2/17
内瀧那美 (新潟大学・研究員) “ブラックホールからのこだま?! ～重力波で探るブラックホール～”
細川隆史 (京都大学・准教授) “重力波で探る宇宙最初の星とブラックホール”
- ・領域主催市民講演会第1回, 京都府京都市, 2018/12/9
田中雅臣 (東北大学・准教授) “ついに「見えた」重力波天体”

他 106 件

研究成果

重力波イベントのフォローアップ観測における成果：

はじめて重力波により検出された連星中性子星合体イベントである GW170817 に関して、日本のフォローアップ観測グループである J-GEM による観測により、重力波イベントの光赤外線対応天体の初観測に成功し、X線領域では MAXI が全世界で最も早い観測を行い上限値を得、Swift では急激に減光するキロノバ起源の紫外線放射が発見するとともに、早期X線のより深い上限値を得た。理論的研究においても、横から見た相対論的ジェットを考えることで、GW170817 に付随する通常より数桁暗いガンマ線バーストと特異な残光を同時に説明できることを世界に先駆けて示し、このシナリオの正しさはその後の観測によって証明された。さらに、数値相対論による連星中性子星合体の高精度シミュレーションを基礎に、すべての r -過程元素の原子構造計算を系統的に行い導出した吸収係数を取り入れた輻射輸送計算を行い、中性子星連星合体からの現実的な光赤外線放射スペクトルを予測することに成功した。この研究によって精度の高まった理論予測と、J-GEM によって進められた連星中性子星合体 GW170817 の光赤外線による追跡観測結果とを組み合わせて、 r -過程元素が合成されていることを証明する証拠を掴んだ。中性子星を構成する高密度核物質の性質を明らかにすることも重力波観測から得られる重要な知見である。数値相対論の手法を駆使し、連星中性子星の潮汐変形の効果を取り入れた独自の精度の高い重力波波形モデルを構築し、この新しいモデルにもとづく潮汐変形率に対する観測的制限に関する独自のデータ解析結果を発表した。その他にも、GW170817 に関連する理論的研究は多数ある。

KAGRA-GE0600 の共同観測における重力波データ解析：

2020 年 4 月に KAGRA は第 3 期国際共同観測 (O3) に参加した。しかし、コロナ禍の影響で LIGO、Virgo が観測期間を短縮したため、LIGO、Virgo との共同観測とはならなかった。しかし、GE0600 との間の共同観測は実現した。この共同観測により得られた重力波観測データの解析を行うための解析チームが LVK Collaboration 内に結成され、そのメンバーとして、計画研究 B01 代表者の田越、分担者の Kipp Cannon、研究員 (研究協力者) の上野、内湊、成川、譲原、計画研究 C01 の分担者の端山、研究員 (研究協力者) の Man Leong Chan が主要メンバーとして参加し、中心的役割を果たした。田越はチーム全体の代表となりプロジェクト全体を統括した。基本的な解析をすべて行った上で、本プロジェクトでは観測期間中に発生した 4 つのガンマ線バーストの時刻と方向に特化した連星合体探索とバースト重力波探索も行われた。これらの解析の遂行がつつがなく行われたことは、KAGRA が国際重力波検出器ネットワークの一員として、天文学天体物理学的成果に貢献できることを示す上で重要な結果である。解析結果を報告した論文は PTEP に掲載された (PTEP2022, <https://doi.org/10.1093/ptep/ptac073>)。

重力波で検出された多数の連星ブラックホール合体イベントに関係する成果：

本領域の期間内に 80 以上の連星ブラックホール合体イベントが重力波により観測された。これらに関する重力波データ解析の研究成果として、LIGO/Virgo によって報告された連星ブラックホールイベントを用い、LIGO/Virgo が行っていない新たな重力理論のテストをおこない解析結果を発表した。LIGO/Virgo は理論モデルの予測に依存しないテストを優先しておこなっている。これに対して、本研究では物理的に強く動機づけられた拡張重力理論のモデルを取り上げ、モデルに即した重力波波形を理論的に予測し、その波形予測にもとづく独自の解析を行うことにより複数の意味のある新しいモデルに対する制限を得た。

モデルに依存した重力理論の検証を推し進める上で、他の観測的制限を満足する現象論的な理論の枠組みを拡張する理論研究が要求される。この側面においても、あらゆる致命的な不安定性を排除した bigravity 理論、minimal theory of bigravity (MTBG) を世界で初めて発見した。MTBG は、初期宇宙を含めた様々な状況に適用可能で、重力子の質量項がダークエネルギーに代わり、宇宙膨張を加速させ、重力波観測によって重力子の質量をテストする理論的基礎を与えるだけでなく、ダークエネルギー問題へのヒントにもなりえる。また、宇宙論的な背景時空上では全ての vector-tensor 理論を普遍的に記述できる有効場の理論を構成することにも成功した。

重力波により観測された連星ブラックホールはこれまでの観測で知られていたブラックホール候補天体に比べて質量の大きなものが多いことが明らかになってきた。これらの重力波源となる連星ブラックホールの起源を明らかにすることも大きな研究目標の一つである。連星ブラックホール形成の過程は、孤立した環境での連星の形成過程と単独星として生まれたものが星団中での力学相互作用により連星となる過程に大別することができる。前者に関しては、輻射フィードバック、磁場の影響などを取り入れた大規模シミュレーション、後者に関しては連星形成率の星団の質量や初期質量分布、星の進化の金属量などへの依存性について飛躍的に理解が進展した。得られた知見は多岐にわたるが代表的なものを上げ

れば、前者について初代星は数 10 太陽質量同士の大質量連星として形成されやすいことが明らかになった。後者については、これまでは球状星団などの大質量星団でのみ力学的連星形成過程が重要であると考えられてきたが、散開星団のような低質量の星団(星団の総質量が太陽の一万倍以下)であっても、ブラックホールや中性子星のようなコンパクト星に進化する以前の主系列星の段階における星団内の力学的相互作用によって連星形成が進む過程が無視できず、この過程が連星形成の重要なチャンネルのひとつであり得ることが示された。

超新星爆発からの重力波とニュートリノ：

計画研究 C02 の監修のもと、スーパーカミオカンデ(SK)ニュートリノ検出器の改修に成功した。これにより、SK にガドリニウムを装填し、背景ニュートリノを初めて観測可能になる準備が整った。理論面では超新星爆発の数値シミュレーションの進展があり、スーパーカミオカンデの観測への準備となる長時間の超新星シミュレーションの枠組みやニュートリノ放出の解析式が整備された。超新星爆発を起こさずにブラックホールが形成される場合に放出されるニュートリノを評価するシミュレーションにも成功した。重力波信号に対する予言としては、超新星コアにおける衝撃波不安定性を起源とする重力波の円偏光成分の存在が理論的に予測され、この発見を基礎とした新たなデータ解析手法が開発され、重力波データ解析に適用する準備も整っている。

重力波イベントの電磁波対応天体の探索：

第三期重力波観測 03 に際しては、迅速な解析と速報のためのシステムを開発して電磁波対応天体の探索を精力的に行った。木曾観測所の超広視野 CMOS カメラ Tomo-e Gozen の観測システム及び即時解析システムを整備した。また、西はりま天文台「なゆた望遠鏡」の可視光中低分散分光器 MALLS の波長分解能向上と感度向上を実施、広視野グリズム分光器に偏光モードを新たに付け加えた。かなた望遠鏡では自動観測システムの整備を行い、チベットの HinOTORI 望遠鏡の観測システムを整備して、本格観測を開始した。すばる望遠鏡では、HSC のデータ解析システムを整備した。これらの観測装置群を用いて、重力波定常観測第三期 (03) では 23 件の重力波アラートに対して追跡観測を実施した。03 では世界のいずれの追跡観測においても電磁波対応天体を同定することはできなかったが、最速でアラート後 17 分で追跡開始ができることを実証し、いくつかのイベントに対しては、電磁波放射強度の上限値を求めることに成功した。

次世代の観測装置の開発：

ハンガリーと共同で重力波天体候補のショートガンマ線バーストの精度良い位置決定を目指す CAMELOT 計画を立ち上げ、2 機の衛星を打ち上げ、ガンマ線バーストの検出に成功した。また、紫外線領域で突発天体の発生を監視すること、および、追跡観測を行うための超小型衛星を開発し、2022 年度中の打上げを計画している。ガンマ線観測衛星計画 HiZ-GUNDAM を、JAXA のプリプロジェクト候補移行審査に合格させ、正式に HiZ-GUNDAM プリプロジェクトチームを発足させることができた。せいめい望遠鏡に接続する可視 3 色高速撮像分光装置 TriCCS を改良し、TriCCS の最も長い波長帯の検出器を量子効率の高い CMOS センサーに交換し、ほぼ予想通りの感度向上が確認された。TriCCS は、せいめい望遠鏡の共同利用観測と、京都大学時間観測に使用できる装置として公開されて観測運用を行っており、重力波源の電磁波対応天体の可視光撮像フォローアップ観測の準備が整えられた。

若手育成：

計画研究の枠に縛られず必要な時期に海外渡航ができるように総括班会議によって審議して補助を決定する仕組みをとった。総括班による若手海外派遣は 22 件であり、長期の派遣には滞在レポートを依頼し、ホームページ上には 15 件の記事(うち 13 件が若手)が掲載されている。また、若手領域メンバーから 18 件以上の昇格人事があった。

その他：

本領域の前半における科学的成果は” Gravitational wave physics and astronomy in the nascent era” と題する Progress of Theoretical and Experimental Physics のレビュー論文としてまとめられ、Editors’ choice に選定された。のべ 43 件の国際研究集会を開催した。コロナ禍の中ではオンライン領域セミナーを計 25 回開催した。