

令和 3 年 6 月 16 日現在

機関番号：37111

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H01130

研究課題名(和文) 大質量星の多次元進化から解き明かす爆発的コンパクト天体形成メカニズムの統一的理解

研究課題名(英文) Understanding the formation mechanisms of compact objects from multi-dimensional stellar evolution history

研究代表者

固武 慶 (Kotake, Kei)

福岡大学・理学部・教授

研究者番号：20435506

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 24,700,000円

研究成果の概要(和文)：大質量星の進化の最終段階における燃焼核の多次元進化を調べるために、3次元(3D)の流体コードを独自に作成することに成功した。このコードを用いて大規模数値計算を行った結果、大規模乱流が一般的に発達することを明らかにした。また、超新星の3D計算を行い、爆発後の中性子星の速度と親星の重力集中度に相関があること、コアの自転が誘起する非軸対称モードが起源とする新たなニュートリノシグナルの特徴を発見することが出来た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

大質量星の進化計算において、多次元流体運動の時間尺度と核融合の時間尺度が極端に違うため、これまでの3Dの進化計算(特に爆発直前段階において)は、殆ど例がなかった。この課題に取り組むことで、「国産の」3D恒星進化コードを作成できたことは、学術的意義が極めて高い。さらに磁気流体コードを作成できたことも、今後、自転や磁場を伴う大質量星進化の解明に向けた準備が整ったという意味で、大きな学術的収穫である。

研究成果の概要(英文)：In order to investigate the multi-dimensional evolution of massive stars prior to collapse, we have developed 3D hydrodynamics code including an in-situ nuclear burning network calculation. By performing 3D simulations of typical massive stars (22 and 27 solar masses) over a hundred of second before collapse, we have found that the global turbulence develops in the oxygen-silicon layers with a typical Mach number of 0.1. This turbulence is expected to be favorable for the onset of the neutrino-driven supernova explosions. Besides, we have updated our 3D supernova code in such a way to implement the state-of-the-art neutrino opacities. By performing the 3D self-consistent core-collapse simulations, we obtain some major findings including the correlation between the progenitor's core compactness and the kick velocity of the neutron stars and the new neutrino and gravitational signatures, for the formation of which spiral modes that develop in rapidly rotating cores play a vital role.

研究分野：天体物理学

キーワード：超新星爆発 中性子星 ブラックホール 多次元恒星進化

1. 研究開始当初の背景

研究開始当初の超新星に関する観測的な進展として、親星の系統的探査により、最も発生頻度が高い II 型超新星の初期質量に一定の上限値があることがわかってきた。一方、これまでの超新星の理論的研究では伝統的にごく限られた質量レンジに着目したものが大多数な上、恒星進化において星の球対称性を仮定していたことが大きなボトルネックになっていた。加えて LIGO によるブラックホール連星からの重力波の初検出により、爆発後、中性子星ではなくブラックホールを形成する超新星の動的進化についても大きな注目が集まりつつあった。上記の研究背景を踏まえ、本研究では、多次元の恒星進化を明らかにすること、さらに、これまでの超新星シミュレーションコードをアップデートしながら、中性子星形成を伴う爆発のダイナミクスを明らかにすること、爆発しないブラックホール形成を伴う超新星のダイナミクスに関する研究を世界に先駆けて着手することであった。

2. 研究の目的

上述の研究背景のもと、本研究の目的は、以下の 2 つのテーマに収斂される。

(1) 重力崩壊に至るまでの多様な大質量星の進化モデルの構築

重力崩壊する大質量星がどのような進化を経て重力崩壊に至るかを明らかにすることはモデル構築の第 1 段階として決定的に重要である。国際的に高い評価を得ている恒星進化コードを拡張し、初期の質量、金属量を様々に変えたモデル計算を行う。また酸素・シリコン燃焼を始めとして核燃焼による対流が爆発の成否に多大な影響を及ぼす後期段階に特に着目し、3D 進化計算を明らかにする。

(2) 多様な親星を用いた 3D シミュレーションによるコンパクト天体形成の解明

① 3D・長時間超新星シミュレーションによる中性子星形成メカニズムの解明

特に II 型の親星を初期条件に据え、世界最高水準の 3D 超新星シミュレーションを実行し、爆発エネルギー、生成される重元素の合成量を明らかにする。

② 一般相対論的 3D 計算によるブラックホール形成のメカニズムの解明

① で爆発しない超新星モデルを初期条件に据え、3D 一般相対論的 (GR) 重力崩壊のシミュレーションを実行し、重力崩壊からブラックホール形成までに至る進化をスパコンで初めて再現し、その動的過程を詳細に明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 重力崩壊に至るまでの多次元進化モデルの構築

まずは、梅田、吉田が開発した星の球対称性 (1D) を仮定しつつも詳細な原子核合成ネットワークを含む世界最高水準の恒星進化コードを用い、親星の系統的構築を行う。具体的には、初期質量に関しては 10~70 M_{sun} の広範囲にわたり、対流パラメーターの効果も網羅的に調べ、計 100 モデルを超える計算を行った。その中で、特に、シリコン・酸素層が広く、したがって、爆発直前の核燃焼の効果が顕著に出ることが期待できる 22 太陽質量モデル、27 太陽質量モデルを選び、爆発直前の多次元進化を明らかにするため 3D の進化計算を行った。

(2) ① 3D・長時間超新星シミュレーションによる中性子星形成メカニズムの解明

計算コードは、これまで用いてきた IDSA と呼ばれるニュートリノボルツマン方程式の近似法をベースに、滝脇がポストニュートン効果の導入し、固武がニュートリノ反応のアップデートを行った。この世界最高水準の超新星コードを用い、爆発のダイナミクス、中性子星のキック速度など、観測との比較に資するモデルを構築する。

② 一般相対論的 3D 計算によるブラックホール形成のメカニズムの解明

LIGO による重力波放出源として、ブラックホールの起源に大きな注目が集まりつつある。その起源として有力視されているのは宇宙初期、低金属量下で生まれた第一世代星の重力崩壊 (70 M_{sun} 程度の親星) である。この巨大質量親星モデルを選び、アインシュタイン方程式を BSSN 法で解く 3D-GR シミュレーションを実行する。

4. 研究成果

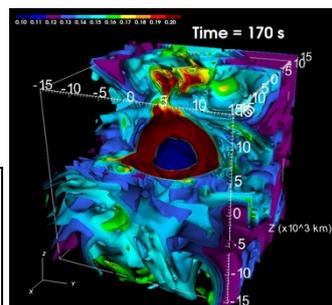
本研究で得られた成果のハイライトを選んで、以下に記述する。

(1) 重力崩壊前の大質量星の 3 次元進化の解明

重力崩壊する直前の 4 つの星について約 60-200 秒間にわたる進化の 3 次元シミュレーションを行い、酸素殻燃焼により駆動される酸素/ケイ素対流層の乱流の特徴を明らかにした (右図: 27 太陽質量の酸素/ケイ素層での乱流による物質混合, Yoshida et al. 2021, ApJ のアニメーションの 1 コマ)。

我々の解析の結果、この乱流はマッハ数約 0.1 と高速で $\ell \sim 3$ という低モードが卓越し、対流層全体に大規模に広がることを示された。この大規模な

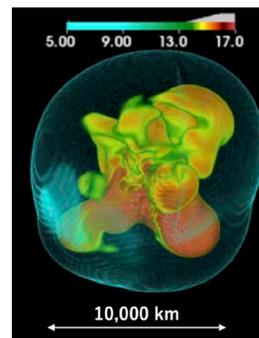
酸素/ケイ素対流層におけるケイ素質量比分布。酸素殻燃焼により駆動された乱流がケイ素過剰な物質を大規模に巻き上げる。



非球対称の性質は超新星爆発に有利に働くと考えられており、超新星の爆発機構にも関連する大きな成果である。また、この研究で明らかにされた対流層における乱流混合の特徴はまだ不定性の大きい大質量星の後期進化における物質混合の研究にとって重要である。

(2) ①3D・長時間超新星シミュレーションによる中性子星形成メカニズムの解明

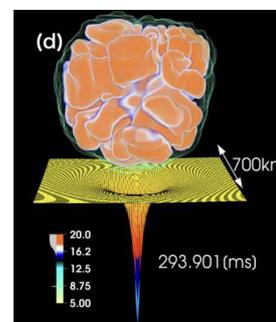
初期質量 10.8-20 太陽質量の超新星親星モデルを初期条件として重力崩壊シミュレーションを実行した (Nakamura et al. (2019) PASJ)。空間 2 次元で約 7-8 秒間の長時間計算をおこない、最大で 1.2×10^{51} エルグの爆発エネルギーを得た。さらに爆発で非対称に運動する物質の運動量を積分することによって、中心に形成された中性子星が 100 km s^{-1} から最大 1500 km s^{-1} の固有速度 (キック速度) を持つと算出した。これらの値は典型的な観測値をよく再現するものであり、本シミュレーションで採用したニュートリノ加熱機構が重力崩壊型超新星の基本的な爆発メカニズムであることを示している。一方、比較的軽い 11.2 太陽質量の親星の 3 次元爆発計算では、2 次元計算と比較して衝撃波の形状が球対称に近くなり、その結果キック速度も小さくなった。他の質量域も網羅する系統的 3 次元計算が今後の課題である。この問題の解決に向け、磁場の効果を先駆けて明らかにするため、従来の流体コードを磁気流体コードに改良することにも成功した (Matsumoto et al. (2020), MNRAS)。



3次元爆発の様子をエンタロピー空間分布で示した図。球状に近い衝撃波 (薄い膜状に示した部分) の内部に複雑な形状の非対称流が存在している。

(2) ②ブラックホール形成を伴う大質量星の一般相対論的 3D シミュレーション

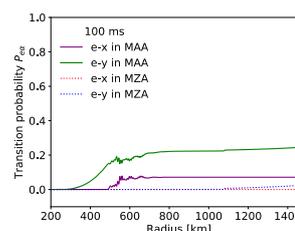
ブラックホール形成を伴う大質量星 (70 太陽質量) の一般相対論的 3D シミュレーションを行うことが出来た (右図, Kuroda et al, (2018), MNRAS Letters)。通常の超新星爆発のように、このような大質量星でもニュートリノ加熱に伴う対流運動が誘起され (右図の赤い領域)、衝撃波が一旦復活するが、その後、すべてブラックホールに吸い込まれてしまうことが分かった。このような低金属環境下で生まれたブラックホールは LIGO-Virgo コラボレーションで初検出されたブラックホール (連星系) の最有力候補の一つである。本シミュレーションは重力波を放つブラックホールの起源に迫るものとして、大きな成果と言える。



中心部は強重力のためブラックホールに崩壊しつつ (面のくぼみ)、外層部 (デコボコ) はニュートリノ加熱で膨張している様子を示す

(3) ニュートリノ集団振動の研究

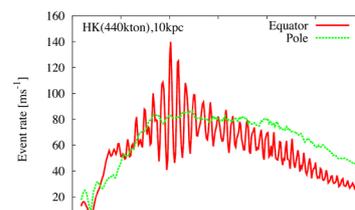
従来課せられていたニュートリノの軌跡への軸対称性を外したニュートリノ集団振動のフレーバー進化計算を電子捕獲型超新星爆発 (8.8 太陽質量) に対して行うことが出来た (右図, Zaizen et al, (2021), Phys. Rev. D)。軸対称性を仮定した場合 (右図点線 MZA) では電子ニュートリノの遷移確率が 0 のままニュートリノのフレーバー変換が起きなかった一方で、軸対称性を外す (右図実線 MAA) と非軸対称性が成長することで新たにフレーバー変換が起きることが分かった。こうした対称性を破る効果の検証は将来銀河系内で超新星爆発が起きたときのニュートリノ観測結果を理解する上で必要不可欠なものであり、大きな成果と言える。



電子ニュートリノの遷移確率の動径進化の図で、軸対称性を外すことでフレーバー変換が生じる様子を示す。点線：軸対称性あり。実線：軸対称性なし。

(4) 高速自転する超新星爆発に伴うニュートリノ放射の特徴

27 太陽質量をもつ高速回転星の重力崩壊から、爆発至るまでの過程を 3D 超新星シミュレーションで明らかにし、放出されるニュートリノシグナルを精査した。コアの高速自転によって、原始中性子星付近に非軸対称モードが成長し、それによって原始中性子星の持つ自転エネルギーがゲイン領域に運ばれ、水平面方向に爆発が起きる。右図は、そのような自転が誘起する超新星爆発が銀河中心で起きたことを想定した時、そのニュートリノシグナルを次世代ニュートリノ検出器ハイパーカミオカンデで検出した場合のイベント数を表す。爆発に伴い、ニュートリノ球の水平面方向に高



高速自転を伴う 27 太陽質量の星の 3D 超新星爆発シミュレーションに基づくニュートリノシグナル。

温領域・ホットスポットが生成され、それが自転するため、パルサーにおける電磁波放射のシグナル振動と同じ物理的理由、つまり、灯台効果で、ニュートリノシグナルも振動することがわかった。実際、図が示すのは、爆発が起こる水平面方向（赤線）から見ると、シグナルが時間振動している一方、爆発の方向と垂直な極方向（緑線）ではそのような振動は見られない。このシグナルの時間変動は、およそ 200Hz 程度で、まさにニュートリノ球の回転周期と一致することを突き止め、ニュートリノ灯台効果と命名した (Takiwaki and Kotake (2018), MNRAS Letters)。重力波シグナルについても調べてみると、ちょうどその時間変動が 400Hz 程度と、ニュートリノシグナル変動の 2 倍であり、重力波とニュートリノシグナルの同時観測から、コアの自転や爆発の非球対称に関する制限を与えられる可能性を示したものであるという点において、学術的な意義が高い成果と言える。

(5) 様々な初期質量をもつ超新星の網羅的研究も行なった。特に、Ultra-stripped (外層が特にはがれた) 超新星に関しては、近年、中性子星合体を起こす中性子星の親星が起こす超新星と考えられている。population synthesis の手法を用いて iPTF 14gqr をはじめとする ultra-stripped 超新星の光学突発天体サーベイによる検出率の見積もりを行った。結果、LSST, ZTF サーベイでは ultra-stripped 超新星をそれぞれ年間 1, 10 回程度観測できる可能性があることを示すことができた (Hijikawa et. Al (2019), ApJ)。また、新しい研究の方向性として、太陽の約 5 万倍の質量を持つ初代超大質量星の一般相対論的不安定による超新星の可能性について調べた (Negel, Umeda, et al. (2020), MNRAS)。この爆発は一般相対論的不安定によるコアの急激な収縮後に起こる急激なヘリウム燃焼により起こる可能性がある。非回転の超大質量星進化の計算ではこのような爆発は示されなかったが、低速の回転を考慮したモデルでは、爆発が得られることを示すことが出来た。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計52件（うち査読付論文 51件 / うち国際共著 30件 / うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Umeda Hideyuki, Yoshida Takashi, Nagele Chris, Takahashi Koh	4. 巻 905
2. 論文標題 Pulsational Pair-instability and the Mass Gap of Population III Black Holes: Effects of Overshooting	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L21 ~ L21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/abcb96	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Nagele Chris, Umeda Hideyuki, Takahashi Koh, Yoshida Takashi, Sumiyoshi Kohsuke	4. 巻 496
2. 論文標題 The final fate of supermassive 5×10^4 solar-mass Pop III stars: explosion or collapse?	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 1224 ~ 1231
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/staa1636	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Zaizen Masamichi, Cherry John F., Takiwaki Tomoya, Horiuchi Shunsaku, Kotake Kei, Umeda Hideyuki, Yoshida Takashi	4. 巻 2020
2. 論文標題 Neutrino halo effect on collective neutrino oscillation in iron core-collapse supernova model of a 9.6 solar-mass star	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Cosmology and Astroparticle Physics	6. 最初と最後の頁 011 ~ 011
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1475-7516/2020/06/011	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Chiba Yuki, Katsuda Satoru, Yoshida Takashi, Takahashi Koh, Umeda Hideyuki	4. 巻 72
2. 論文標題 First detection of X-ray line emission from Type IIIn supernova 1978K with XMM-Newton's RGS	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psz148	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sato Toshiki, Yoshida Takashi, Umeda Hideyuki, Nagataki Shigehiro, Ono Masaomi, Maeda Keiichi, Hirai Ryosuke, Hughes John P., Williams Brian J., Maeda Yoshitomo	4. 巻 893
2. 論文標題 A Subsolar Metallicity Progenitor for Cassiopeia A, the Remnant of a Type IIb Supernova	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 49 ~ 49
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab822a	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Zaizen Masamichi, Horiuchi Shunsaku, Takiwaki Tomoya, Kotake Kei, Yoshida Takashi, Umeda Hideyuki, Cherry John F.	4. 巻 103
2. 論文標題 Three-flavor collective neutrino conversions with multi-azimuthal-angle instability in an electron-capture supernova model	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/physrevd.103.063008	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Horiuchi Shunsaku, Kinugawa Tomoya, Takiwaki Tomoya, Takahashi Koh, Kotake Kei	4. 巻 103
2. 論文標題 Impact of binary interactions on the diffuse supernova neutrino background	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/physrevd.103.043003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yoshida Takashi, Takiwaki Tomoya, Kotake Kei, Takahashi Koh, Nakamura Ko, Umeda Hideyuki	4. 巻 908
2. 論文標題 Three-dimensional Hydrodynamics Simulations of Precollapse Shell Burning in the Si- and O-rich Layers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 44 ~ 44
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abd3a3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Matsumoto J, Takiwaki T, Kotake K, Asahina Y, Takahashi H R	4. 巻 499
2. 論文標題 2D numerical study for magnetic field dependence of neutrino-driven core-collapse supernova models	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 4174 ~ 4194
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/staa3095	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Moriya Takashi J, Suzuki Akihiro, Takiwaki Tomoya, Pan Yen-Chen, Blinnikov Sergei I	4. 巻 497
2. 論文標題 Systematic investigation of the effect of 56Ni mixing in the early photospheric velocity evolution of stripped-envelope supernovae	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 1619 ~ 1626
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/staa2060	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Suzuki Akihiro, Moriya Takashi J., Takiwaki Tomoya	4. 巻 899
2. 論文標題 A Systematic Study on the Rise Time and Peak Luminosity Relation for Bright Optical Transients Powered by Wind Shock Breakout	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 56 ~ 56
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aba0ba	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sotani Hajime, Takiwaki Tomoya	4. 巻 102
2. 論文標題 Dimension dependence of numerical simulations on gravitational waves from protoneutron stars	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/physrevd.102.023028	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Cherry John F., Fuller George M., Horiuchi Shunsaku, Kotake Kei, Takiwaki Tomoya, Fischer Tobias	4. 巻 102
2. 論文標題 Time of flight and supernova progenitor effects on the neutrino halo	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/physrevd.102.023022	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Kuroda Takami, Arcones Almudena, Takiwaki Tomoya, Kotake Kei	4. 巻 896
2. 論文標題 Magnetorotational Explosion of a Massive Star Supported by Neutrino Heating in General Relativistic Three-dimensional Simulations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 102 ~ 102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab9308	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Lin Zidu, Lunardini Cecilia, Zanolin Michele, Kotake Kei, Richardson Colter	4. 巻 101
2. 論文標題 Detectability of standing accretion shock instabilities activity in supernova neutrino signals	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/physrevd.101.123028	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Sotani Hajime, Kuroda Takami, Takiwaki Tomoya, Kotake Kei	4. 巻 99
2. 論文標題 Dependence of the outer boundary condition on protoneutron star asteroseismology with gravitational-wave signatures	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/physrevd.99.123024	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Yoshida Takashi , Takiwaki Tomoya , Kotake Kei , Takahashi Koh , Nakamura Ko , Umeda Hideyuki	4. 巻 881
2. 論文標題 One-, Two-, and Three-dimensional Simulations of Oxygen-shell Burning Just before the Core Collapse of Massive Stars	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab2b9d	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Nakamura Ko , Takiwaki Tomoya , Kotake Kei	4. 巻 71
2. 論文標題 Long-term simulations of multi-dimensional core-collapse supernovae: Implications for neutron star kicks	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psz080	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Shibagaki Shota , Kuroda Takami , Kotake Kei , Takiwaki Tomoya	4. 巻 493
2. 論文標題 A new gravitational-wave signature of low-T/ W instability in rapidly rotating stellar core collapse	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters	6. 最初と最後の頁 L138--L142
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnrasl/slaa021	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Suzuki Akihiro , Moriya Takashi J. , Takiwaki Tomoya	4. 巻 887
2. 論文標題 Supernova Ejecta Interacting with a Circumstellar Disk. I. Two-dimensional Radiation-hydrodynamic Simulations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 249
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab5a83	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Abbar Sajad , Duan Huaiyu , Sumiyoshi Kohsuke , Takiwaki Tomoya , Volpe Maria Cristina	4. 巻 100
2. 論文標題 On the occurrence of fast neutrino flavor conversions in multidimensional supernova models	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/physrevd.100.043004	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Suzuki Toshio , Chiba Satoshi , Yoshida Takashi , Takahashi Koh , Umeda Hideyuki , Nomoto Ken'ichi	4. 巻 223
2. 論文標題 Forbidden transitions in nuclear weak processes relevant to neutrino detection, nucleosynthesis and evolution of stars	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 EPJ Web of Conferences	6. 最初と最後の頁 1063
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/epjconf/201922301063	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Yoshida Takashi , Takahashi Koh , Umeda Hideyuki , Ishidoshiro Koji	4. 巻 -
2. 論文標題 Neutrinos from Presupernova Stars	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nuclei in the Cosmos XV	6. 最初と最後の頁 157-161
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-13876-9_26	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Hijikawa Kotaro , Kinugawa Tomoya , Yoshida Takashi , Umeda Hideyuki	4. 巻 882
2. 論文標題 The Rate of iPTF 14gqr like Ultra-stripped Supernovae and Binary Evolution Leading to Double Neutron Star Formation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 93
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab321c	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ono Masaomi , Nagataki Shigehiro , Ferr, Gilles , Takahashi Koh , Umeda Hideyuki , Yoshida Takashi , Orlando Salvatore , Miceli Marco	4. 巻 888
2. 論文標題 Matter Mixing in Aspherical Core-collapse Supernovae: Three-dimensional Simulations with Single-star and Binary Merger Progenitor Models for SN 1987A	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 111
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab5dba	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Kuroda Takami, Kotake Kei, Takiwaki Tomoya, Thielemann Friedrich-Karl	4. 巻 477
2. 論文標題 A full general relativistic neutrino radiation-hydrodynamics simulation of a collapsing very massive star and the formation of a black hole	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters	6. 最初と最後の頁 L80 ~ L84
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnrasl/sly059	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Hayama Kazuhiro, Kuroda Takami, Kotake Kei, Takiwaki Tomoya	4. 巻 477
2. 論文標題 Circular polarization of gravitational waves from non-rotating supernova cores: a new probe into the pre-explosion hydrodynamics	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters	6. 最初と最後の頁 L96 ~ L100
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnrasl/sly055	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 OConnor Evan, Bollig Robert, Burrows Adam, Couch Sean, Fischer Tobias, Janka Hans-Thomas, Kotake Kei, Lentz Eric J, Liebendoerfer Matthias, Messer O E Bronson, Mezzacappa Anthony, Takiwaki Tomoya, Vartanyan David	4. 巻 45
2. 論文標題 Global comparison of core-collapse supernova simulations in spherical symmetry	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics	6. 最初と最後の頁 104001 (24pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6471/aadeae	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Masada Youhei, Kotake Kei, Takiwaki Tomoya, Yamamoto Naoki	4. 巻 98
2. 論文標題 Chiral magnetohydrodynamic turbulence in core-collapse supernovae	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 083018(17pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.98.083018	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kawahara Hajime, Kuroda Takami, Takiwaki Tomoya, Hayama Kazuhiro, Kotake Kei	4. 巻 867
2. 論文標題 A Linear and Quadratic Time Frequency Analysis of Gravitational Waves from Core-collapse Supernovae	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 126(13pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aae57b	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Cabezon Ruben M., Pan Kuo-Chuan, Liebendoerfer Matthias, Kuroda Takami, Ebinger Kevin, Heinemann Oliver, Perego Albino, Thielemann Friedrich-Karl	4. 巻 619
2. 論文標題 Core-collapse supernovae in the hall of mirrors	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A118 ~ A118
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/201833705	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Katsuda Satoru, Takiwaki Tomoya, Tominaga Nozomu, Moriya Takashi J., Nakamura Ko	4. 巻 863
2. 論文標題 Progenitor Mass Distribution of Core-collapse Supernova Remnants in Our Galaxy and Magellanic Clouds Based on Elemental Abundances	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 127 ~ 127
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aad2d8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Suwa Yudai, Yoshida Takashi, Shibata Masaru, Umeda Hideyuki, Takahashi Koh	4. 巻 481
2. 論文標題 On the minimum mass of neutron stars	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 3305 ~ 3312
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/sty2460	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takahashi Koh, Yoshida Takashi, Umeda Hideyuki	4. 巻 857
2. 論文標題 Stellar Yields of Rotating First Stars. II. Pair-instability Supernovae and Comparison with Observations	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 111(22pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aab95f	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Zaizen Masamichi, Yoshida Takashi, Sumiyoshi Kohsuke, Umeda Hideyuki	4. 巻 98
2. 論文標題 Collective neutrino oscillations and detectabilities in failed supernovae	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 103020(11pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.98.103020	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takahashi Koh, Sumiyoshi Kohsuke, Yamada Shoichi, Umeda Hideyuki, Yoshida Takashi	4. 巻 871
2. 論文標題 The Evolution toward Electron Capture Supernovae: The Flame Propagation and the Pre-bounce Electron Neutrino Radiation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 153(20pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aaf8a8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Suzuki Toshio, Chiba Satoshi, Yoshida Takashi, Takahashi Koh, Umeda Hideyuki	4. 巻 98
2. 論文標題 Neutrino-nucleus reactions on $O16$ based on new shell-model Hamiltonians	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 034613(14pp)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.98.034613	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sotani Hajime, Kuroda Takami, Takiwaki Tomoya, Kotake Kei	4. 巻 96
2. 論文標題 Probing mass-radius relation of protoneutron stars from gravitational-wave asteroseismology	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.96.063005	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Horiuchi Shunsaku, Nakamura Ko, Takiwaki Tomoya, Kotake Kei	4. 巻 44
2. 論文標題 Estimating the core compactness of massive stars with Galactic supernova neutrinos	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics	6. 最初と最後の頁 114001 ~ 114001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6471/aa8f1f	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Kuroda Takami, Kotake Kei, Hayama Kazuhiro, Takiwaki Tomoya	4. 巻 851
2. 論文標題 Correlated Signatures of Gravitational-wave and Neutrino Emission in Three-dimensional General-relativistic Core-collapse Supernova Simulations	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 62 ~ 62
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aa988d	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Eichler M, Nakamura K, Takiwaki T, Kuroda T, Kotake K, Hempel M, Cabezon R, Liebendoerfer M, Thielemann F-K	4. 巻 45
2. 論文標題 Nucleosynthesis in 2D core-collapse supernovae of 11.2 and 17.0 M? progenitors: implications for Mo and Ru production	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics	6. 最初と最後の頁 014001 ~ 014001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6471/aa8891	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Kotake Kei, Takiwaki Tomoya, Fischer Tobias, Nakamura Ko, Martinez-Pinedo Gabriel	4. 巻 853
2. 論文標題 Impact of Neutrino Opacities on Core-collapse Supernova Simulations	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 170 ~ 170
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aaa716	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Katsuda Satoru, Morii Mikio, Janka Hans-Thomas, Wongwathanarat Annop, Nakamura Ko, Kotake Kei, Mori Koji, Mueller Ewald, Takiwaki Tomoya, Tanaka Masaomi, Tominaga Nozomu, Tsunemi Hiroshi	4. 巻 856
2. 論文標題 Intermediate-mass Elements in Young Supernova Remnants Reveal Neutron Star Kicks by Asymmetric Explosions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 18 ~ 18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aab092	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Horiuchi Shunsaku, Sumiyoshi Kohsuke, Nakamura Ko, Fischer Tobias, Summa Alexander, Takiwaki Tomoya, Janka Hans-Thomas, Kotake Kei	4. 巻 475
2. 論文標題 Diffuse supernova neutrino background from extensive core-collapse simulations of 8 to 100 solar-mass progenitors	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 1363 ~ 1374
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stx3271	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Takiwaki Tomoya, Kotake Kei	4. 巻 475
2. 論文標題 Anisotropic emission of neutrino and gravitational-wave signals from rapidly rotating core-collapse supernovae	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters	6. 最初と最後の頁 L91 ~ L95
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnrasl/sly008	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Urushibata Takaki, Takahashi Koh, Umeda Hideyuki, Yoshida Takashi	4. 巻 473
2. 論文標題 A progenitor model of SN 1987A based on the slow-merger scenario	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters	6. 最初と最後の頁 L101 ~ L105
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnrasl/slx166	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takahashi Koh, Yoshida Takashi, Umeda Hideyuki	4. 巻 857
2. 論文標題 Stellar Yields of Rotating First Stars. II. Pair-instability Supernovae and Comparison with Observations	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 111 ~ 111
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aab95f	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Ohtani Yukari, Suzuki Akihiro, Shigeyama Toshikazu, Tanaka Masaomi	4. 巻 853
2. 論文標題 X-Ray Light Curve and Spectra of Shock Breakout in a Wind	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 52 ~ 52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aaa482	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tanaka Masaomi, Kato Daiji, Gaigalas Gediminas, Rynkun Pavel, Radzute Laima, Wanajo Shinya, Sekiguchi Yuichiro, Nakamura Nobuyuki, Tanuma Hajime, Murakami Izumi, Sakaue Hiroyuki A.	4. 巻 852
2. 論文標題 Properties of Kilonovae from Dynamical and Post-merger Ejecta of Neutron Star Mergers	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 109 ~ 109
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aaa0cb	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Tanaka Masaomi et al.	4. 巻 69
2. 論文標題 Kilonova from post-merger ejecta as an optical and near-Infrared counterpart of GW170817	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psx121	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Abe K et al. the The Super-Kamiokande Collaboration	4. 巻 96
2. 論文標題 Search for nucleon decay into charged antilepton plus meson in 0.316 megaton · years exposure of the Super-Kamiokande water Cherenkov detector	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.96.012003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Abe K. et al. the Super-Kamiokande Collaboration	4. 巻 95
2. 論文標題 Search for proton decay via $p \rightarrow e^+ 0$ and $p \rightarrow \mu^+ 0$ in 0.316 megaton · years exposure of the Super-Kamiokande water Cherenkov detector	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.95.012004	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計88件（うち招待講演 43件 / うち国際学会 61件）

1. 発表者名 吉田敬
2. 発表標題 大質量星における40Kと中質量元素の元素合成：後期進化の対流混合による影響
3. 学会等名 新学術「地下宇宙」領域研究会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 滝脇知也
2. 発表標題 Historical review on the theory of core-collapse supernovae
3. 学会等名 Supernova workshop 2020（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 固武 慶
2. 発表標題 超新星とニュートリノ
3. 学会等名 日本物理学会秋季年会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kei Kotake
2. 発表標題 GW and Neutrino signals from core-collapse supernovae
3. 学会等名 The Evolution of Massive Stars and Formation of Compact Stars: from the Cradle to the Graves（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kei Kotake
2. 発表標題 Neutrino and GW signals from core-collapse supernovae
3. 学会等名 Neutrinos from the Lab to the Cosmos (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kei Kotake
2. 発表標題 SN Gravitational-waves at the crossroads: synergetic analysis with SN neutrinos
3. 学会等名 ECT* workshop on "SN neutrinos at the crossroads" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kei Kotake
2. 発表標題 Explosion physics of massive stars and the multi-messenger signals
3. 学会等名 IAU Symposium 350 on "Laboratory Astrophysics: from Observations to Interpretation" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 固武 慶
2. 発表標題 超新星とニュートリノ
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会 宇宙と素粒子の残された謎の解明に向けた、次世代ニュートリノ観測・陽子崩壊実験, (オンライン発表) (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoya Takiwaki
2. 発表標題 Gravitational wave from core-collapse supernovae: C01 status
3. 学会等名 GWGENxKonan100th (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tomoya Takiwaki
2. 発表標題 Turbulent driven explosions in core-collapse supernovae
3. 学会等名 Turbulence of all kinds (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tomoya Takiwaki
2. 発表標題 Characters and roles of hydrodynamic instabilities that appear in core-collapse supernovae
3. 学会等名 AAPPS-DPP2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoya Takiwaki
2. 発表標題 Neutrino and Gravitational Wave Signatures of Core-Collapse Supernovae
3. 学会等名 4M-COCOS (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoya Takiwaki
2. 発表標題 Neutrino and Gravitational Wave Signatures of Core-Collapse Supernovae
3. 学会等名 TAUP (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoya Takiwaki
2. 発表標題 Gravitational wave from rotating and non-rotating core-collapse supernovae
3. 学会等名 KAGRA F2F Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoya Takiwaki
2. 発表標題 Explosion mechanism of core-collapse supernovae and recent progress in nuclear physics
3. 学会等名 OMEG15 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoya Takiwaki
2. 発表標題 Simulation of an Ultra-stripped Type Ic Supernova
3. 学会等名 Supernova Remnants II (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoya Takiwaki
2. 発表標題 Neutrino radiation hydrodynamic simulation of an ultrastripped Type Ic supernova
3. 学会等名 FOE2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoya Takiwaki
2. 発表標題 Gravitational wave signal from a rapidly rotating supernova
3. 学会等名 LIGO talk (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoya Takiwaki
2. 発表標題 Gravitational wave emitted from core-collapse supernovae
3. 学会等名 STARS 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoya Takiwaki
2. 発表標題 Introduction of Magneto-hydrodynamics
3. 学会等名 COSNAP seminar (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hideyuki Umeda
2. 発表標題 Massive star evolution: Our recent works
3. 学会等名 Collaborative Meeting on Supernova Remnants between Japan and USA (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takashi Yoshida
2. 発表標題 Advanced Evolution of Massive Stars and Connection to Supernova Explosions
3. 学会等名 Workshop on core-collapse supernova explosions and related physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takashi Yoshida
2. 発表標題 Multi-Dimensional Simulations of Oxygen-shell Burning Just before the Core-Collapse of Massive Stars
3. 学会等名 Multi-dimensional Modeling and Multi-Messenger Observation from Core-Collapse Supernovae (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takashi Yoshida
2. 発表標題 Multi-Dimensional Simulations of Oxygen-shell Burning Just before the Core-Collapse of Massive Stars
3. 学会等名 Collaborative Meeting on Supernova Remnants between Japan and USA (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田敬
2. 発表標題 大質量星の最終進化におけるOsi-rich層での大規模対流
3. 学会等名 令和元年度国立天文台 天文シミュレーションプロジェクトユーザーズミーティング
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉田敬
2. 発表標題 超新星ニュートリノと元素合成
3. 学会等名 第1回地下宇宙若手研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takashi Yoshida
2. 発表標題 Multi-Dimensional Simulations of Oxygen-shell Burning Just before the Core-Collapse of Massive Stars
3. 学会等名 The evolution of Massive Stars and Formation of Compact Stars: from the Cradle to the Graves (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kei Kotake
2. 発表標題 Neutrinos and multi-messenger signatures for a galactic supernova
3. 学会等名 The 19th International Workshop on Next generation Nucleon Decay and Neutrino (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kei Kotake
2. 発表標題 Gravitational-wave and Neutrino Signatures from core-collapse supernovae
3. 学会等名 GW-genesis workshop on "Deciphering multi-dimensional nature of core-collapse SuperNova via gravitational-wave and neutrino signatures" (SNeGWv2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kei Kotake
2. 発表標題 Gravitational-wave and neutrino signatures from core-collapse superovae: review and perspectives
3. 学会等名 Gamma-ray bursts and supernovae: from the central engines to the observer (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kei Kotake
2. 発表標題 Neutrino and Gravitational-wave Signatures from Core-Collapse Supernovae
3. 学会等名 Gravitational-waves, ElectroMagnetic and Dark-Matter, Physics (GEMMA2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kei Kotake
2. 発表標題 Exploding and Non-Exploding Core-Collapse Supernova Models in 3D and the Multi-messenger Analysis
3. 学会等名 TDLI Workshop on the Exploding Universe (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomoya Takiwaki
2. 発表標題 Status of the supernova simulations with 3DnSNe-IDSA: Impact of EoS and Rotation
3. 学会等名 XIXth Workshop on Nuclear Astrophysics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoya Takiwaki
2. 発表標題 Signature of Collective Neutrino Oscillation in 8.8M _s star
3. 学会等名 Revealing the history of the universe with underground particle and nuclear research 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoya Takiwaki
2. 発表標題 Neutrino Radiation Hydrodynamic Simulation of an Ultra-stripped Type Ic Supernova
3. 学会等名 10th DTA symposium Stellar deaths and their diversity (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 滝脇知也
2. 発表標題 超新星爆発の長時間計算と元素合成に向けて
3. 学会等名 「京からポスト京に向けて」シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 滝脇知也
2. 発表標題 ニュートリノ振動を考慮した.ニュートリノスペクトルの系統的研究
3. 学会等名 新学術地下素核研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 滝脇知也
2. 発表標題 Chiral Magnetic Effect in Proto-Neutron Stars
3. 学会等名 Spintronics: from electrons to quarks (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomoya Takiwaki
2. 発表標題 Recent Status of Core-collapse supernova Simulations from viewpoint of the microphysics
3. 学会等名 APS symposium Hawaii2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomoya Takiwaki
2. 発表標題 Supernova dynamics uncovered by three dimensional simulations
3. 学会等名 GW-genesis workshop on "Deciphering multi-dimensional nature of core-collapse SuperNova via gravitational-wave and neutrino signatures" (SNeGWv2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomoya Takiwaki
2. 発表標題 Three-dimensional simulations of rapidly rotating core-collapse supernovae
3. 学会等名 IWARA2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takashi Yoshida
2. 発表標題 Presupernova neutrinos relating to the final evolution of massive stars
3. 学会等名 Revealing the history of the universe with underground particle and nuclear research 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takashi Yoshida
2. 発表標題 Multidimensional simulations for the last minutes of massive star evolution
3. 学会等名 Deciphering multi-Dimensional Nature of core-collapse Supernovae via Gravitational-wave and neutrino signatures (SNeGWv2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takashi Yoshida
2. 発表標題 Neutrinos from Presupernova Stars
3. 学会等名 15th International Symposium on Nuclei in the Cosmos XV (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hideyuki Umeda
2. 発表標題 A Progenitor model of SN1987A
3. 学会等名 STARS Birth & Death (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉田敬
2. 発表標題 大質量星の最終進化の多次元シミュレーション
3. 学会等名 日本天文学会2019年春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田敬
2. 発表標題 Progress of the Study on Massive Star Evolution
3. 学会等名 10th DTA Symposium "Stellar deaths and their diversity" (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田敬
2. 発表標題 大質量星の最終進化の多次元シミュレーション
3. 学会等名 2018年度CfCAユーザーズミーティング
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田敬
2. 発表標題 超新星前兆ニュートリノ：星の質量と対流条件に対する依存性
3. 学会等名 第5回超新星ニュートリノ研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田敬
2. 発表標題 低金属大質量星の進化
3. 学会等名 初代星・初代銀河研究会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 梅田秀之
2. 発表標題 SN1987Aの親星について
3. 学会等名 「銀河の化学進化とダスト形成」研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ko Nakamura
2. 発表標題 Multi-messenger Signal Predictions from Multi-dimensional Core-collapse Supernova Simulations
3. 学会等名 SNeGW2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ko Nakamura
2. 発表標題 Core-collapse simulations for a binary evolution model of SN 1987A progenitor
3. 学会等名 10th DTA Symposium (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ko Nakamura
2. 発表標題 Systematic features of neutrino from core-collapse supernovae
3. 学会等名 International symposium on "Revealing the history of the universe with underground particle and nuclear research" (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ko Nakamura
2. 発表標題 Multi-D long-term simulations of core-collapse supernovae
3. 学会等名 XIXth Workshop on Nuclear Astrophysics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村 航
2. 発表標題 連星進化モデルに基づくSN 1987Aの多次元数値シミュレーション
3. 学会等名 第5回超新星ニュートリノ研究
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村 航
2. 発表標題 重力崩壊型超新星の空間多次元長時間数値シミュレーション
3. 学会等名 日本天文学会2019年春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kei Kotake
2. 発表標題 Gravitational wave signatures from multi-dimensional corecollapse supernova models
3. 学会等名 GWPAW2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kei Kotake
2. 発表標題 Correlation and Directionality of Multimessenger Signals in 3D Core-Collapse Supernova Models
3. 学会等名 Workshop on the Progenitor-Supernova-Remnant Connection, Tegernsee, Germany (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kei Kotake
2. 発表標題 Gravitational-waves Signals from Core-collapse Supernovae
3. 学会等名 Wuhan GW workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kei Kotake
2. 発表標題 Multi-Messenger Probes into the Multi-D Supernova Neutrino Mechanism
3. 学会等名 CoCoNuT meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 固武 慶
2. 発表標題 超新星からのマルチメッセンジャー
3. 学会等名 第4回超新星ニュートリノ研究会(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ko Nakamura
2. 発表標題 Neutron Star Kick induced by Aspherical Core-collapse Supernova Explosions
3. 学会等名 Physics of Core-Collapse Supernovae and Compact Star Formations (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ko Nakamura
2. 発表標題 Diagnosing the Structure of Massive Stars with Galactic Supernova Neutrinos
3. 学会等名 NuPhys2017: Prospects in Neutrino Physics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ko Nakamura
2. 発表標題 Systematic features of core-collapse supernova based on multi-D simulations
3. 学会等名 Workshop on the Progenitor-Supernova-Remnant Connection (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中村 航
2. 発表標題 ニュートリノで探る系内超新星親星のコア構造
3. 学会等名 第4回超新星ニュートリノ研究会(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 滝脇知也
2. 発表標題 ランキン-ユゴニオ関係でみる超新星の衝撃波復活機構
3. 学会等名 衝撃波研究会(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomoya Takiwaki
2. 発表標題 C01 progress report
3. 学会等名 The first annual symposium of the innovative area "Gravitational Wave Physics and Astronomy: Genesis" (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 滝脇知也
2. 発表標題 ニュートリノ振動を考慮したニュートリノスペクトルの系統的研究
3. 学会等名 第4回超新星ニュートリノ研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomoya Takiwaki
2. 発表標題 Rotation aided neutrino driven explosion
3. 学会等名 Workshop on The Progenitor-Supernova-Remnant Connection (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tomoya Takiwaki
2. 発表標題 Supernovae Wars: Results of Comparison Project
3. 学会等名 DTA workshop (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 滝脇知也
2. 発表標題 超新星爆発の長時間計算, その前に
3. 学会等名 素粒子・原子核・宇宙「京からポスト京に向けて」シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tomoya Takiwaki
2. 発表標題 Oblate Supernova Explosions Aided by Rotation
3. 学会等名 Deciphering the violent universe (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tomoya Takiwaki
2. 発表標題 Three dimensional simulations of rapidly rotating core-collapse supernovae
3. 学会等名 Southern Horizons in Time-Domain Astronomy (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masaomi Tanaka
2. 発表標題 Time domain astronomy and gravitational wave sources
3. 学会等名 CREST International Symposium on Big Data Application (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masaomi Tanaka
2. 発表標題 Kilonova Emission from Compact Binary Mergers: Opacities of Lanthanide-rich and Lanthanide-free
3. 学会等名 Electromagnetic Signatures of r-process Nucleosynthesis in Neutron Star Binary Mergers (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masaomi Tanaka
2. 発表標題 Optical/NIR Follow-up Observations of Neutron Star Mergers
3. 学会等名 The Physics of Extreme-Gravity Stars (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小汐由介
2. 発表標題 超新星背景ニュートリノ観測の現状と将来
3. 学会等名 X線天体と元素合成を中心とする宇宙核物理研究会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小汐由介
2. 発表標題 天体ニュートリノ研究の現状と展望
3. 学会等名 日本物理学会シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小汐由介
2. 発表標題 SK-Gd計画
3. 学会等名 新学術領域・宇宙の歴史をひもとく地下素粒子原子核研究領域研究会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yusuke Koshio
2. 発表標題 Results in A03
3. 学会等名 Symposium on "New development in astrophysics through multi-messenger observations of gravitational wave sources".
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yusuke Koshio
2. 発表標題 Recent experimental measurements of the Solar neutrinos with Cherenkov detectors
3. 学会等名 Recent developments in neutrino physics and astrophysics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yusuke Koshio
2. 発表標題 Results and Prospects from Atmospheric and Solar Neutrinos
3. 学会等名 19th international workshop on neutrinos from accelerators (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yusuke Koshio
2. 発表標題 Super-K upgrade
3. 学会等名 The first annual symposium of the innovative area "Gravitational Wave Physics and Astronomy: Genesis".
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takami Kuroda
2. 発表標題 Core collapse of massive stars (11.2- 70Msun) and black-hole formation with 3DGR spectral neut
3. 学会等名 660. Wilhelm und Else Heraeus-Seminar, Germany (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takami Kuroda
2. 発表標題 Various GW emission mechanisms inside the SN core
3. 学会等名 GWASNe2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takashi Yoshida
2. 発表標題 Nucleosynthesis in Ultra-Stripped Supernovae
3. 学会等名 Physics of Core-Collapse Supernovae and Compact Star Formations (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉田敬
2. 発表標題 超新星起源プレソラーグレインのケイ素同位体比と大質量星のC/He層におけるSi合成の可能性
3. 学会等名 「惑星物質科学のフロンティア」研究会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

https://sites.google.com/site/kibana17h01130/home
基盤研究A 「大質量星の多次元進化から解き明かす爆発的コンパクト天体形成メカニズムの統一的理解」
https://sites.google.com/site/kibana17h01130/home

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	滝脇 知也 (Takiwaki Tomoya) (50507837)	国立天文台・科学研究部・助教 (62616)	
研究分担者	梅田 秀之 (Umeda Hideyuki) (60447357)	東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・准教授 (12601)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計1件

国際研究集会 Multi-dimensional Modeling and Multi-Messenger observation from Core-Collapse Supernovae (4M-COCOS)	開催年 2019年～2019年
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
ドイツ	ダルムシュタット工科大			
米国	ニューメキシコ大			
ポーランド	University of Wroclaw			
スウェーデン	Stockholm University			

共同研究相手国	相手方研究機関			
米国	Princeton University	Virginia Tech	Oak Ridge National Laboratory	