

長瀧天体ビッグバン研究室

Astrophysical Big Bang Laboratory

PI: Shigehiro Nagataki (Ph.D of Science), Associate Chief Scientist

1. Abstract

我々の研究室は、超新星・ガンマ線バーストに関する様々な謎の解明に向け、理論的研究を行います。超新星・ガンマ線バーストは宇宙最大規模の爆発現象であり、その爆発メカニズムは良く分かっていません。我々はこの究極的な現象を、究極的な物理を駆使して解き明かしたいと考えています。場合によっては急速に進化している大型計算機を用いた大規模数値シミュレーションを駆使してこの究極的現象の解明にあたります。また超新星・ガンマ線バーストは物理と謎の宝庫であり（重力波、ニュートリノ、r-process 元素合成、粒子加速現象、最高エネルギー宇宙線、高エネルギーニュートリノ、高エネルギーガンマ線等）、極限宇宙物理学の最高峰とも言うべき現象です。我々はこれら様々な謎の解明に向けて最先端の理論研究を行い、この宇宙最大爆発現象の全貌を明らかにします。我々の理論研究は、超新星・ガンマ線バーストに関する最先端の観測に物理的解釈を与え、次世代観測に対する予言・提言を発信します。我々は興味を共有する理研・全国・全世界の研究者皆様と協力・連携し、研究者の理想郷を理化学研究所に実現します。

宇宙物理学に於ける深淵な、解明されていない謎を解き明かすためには、数理科学・計算科学に対する深い理解が非常に重要です。我々は平成 25 年度独創的研究提案制度「新領域開拓課題」理論科学連携研究推進グループ (Interdisciplinary Theoretical Sciences: iTHES)” (代表者: 初田哲男 主任研究員) に 2014 年度より正式に参加し、理研の原子核物理・物性物理・化学・生物の理論研究者と新しいサイエンスを発見するべく連携を取っています。これは宇宙物理学に於ける我々の活動の促進にも繋がります。2014 年度 6 月より長瀧は iTHES の分野横断型数理・計算連携研究チームチームリーダーとなっています。iTHES は非常に成功し、その成果を踏まえてその理念を引き継ぎ、更に数学を取り入れた”数理創造プログラム (Interdisciplinary Theoretical & Mathematical Science Program: iTHEMS)”の概算要求が 2016 年度認められ、2016 年 11 月に iTHEMS がスタートしました。長瀧は iTHEMS の副プログラムダイレクターに着任しています。今後長瀧天体ビッグバン研究室と iTHEMS/iTHES が有効に連携することにより、上記理想を実現していきます。

宇宙核物理学を理化学研究所にて発展させ、長瀧天体ビッグバン研究室の理想を実現するためには、仁科センターとの連携・共同研究が非常に重要となります。高密度状態方程式や多数の原子核反応レートに関する最新の研究成果が仁科センターから発信されており、これらの科学的成果は超新星・ガンマ線バーストの全貌解明に必須です。我々は研究室が開かれた 2013 年度より中務原子核理論研究室と定期的にジョイントセミナーを行ってきました。2014 年度以降は中務研究室メンバーのみならず、より多くの原子核物理研究者を招待し、講演を行って頂いています。また我々は平成 26 年度独創的研究提案制度「新領域開拓課題」“ **Extreme precisions to explore fundamental physics with exotic particles** ” (代表者：山崎泰規 上席研究員)に参加することになりました。このプロジェクトは一層我々と仁科センター、特に上坂スピン・アイソスピン研究室を繋ぐものです。我々はこのプロジェクトを通じて仁科センター、特に RIBF を用いた新しいサイエンスに貢献出来るものと信じています。

スーパーコンピューティングは超新星やガンマ線バーストの爆発機構解明に必須です。これらの爆発機構は現在京コンピュータをもってしても完全には解明されていません。我々は理研、国立天文台、京大基礎物理学研究所、マックスプランク研究所等にあるスーパーコンピュータを用いてこれら爆発機構の完全解明に挑みます。HPCI 戦略分野 5 の支援を受け、京コンピュータを用いた超新星爆発数値シミュレーションを世界に先駆けて行った滝脇知也研究員は 2014 年度長瀧天体ビッグバン研究室に着任し、顕著な業績を挙げ 2016 年 2 月に国立天文台助教に転出しました (客員研究員として長瀧天体ビッグバン研究室の所属も持っています)。我々は今後も一層、世界中から優秀な研究者を迎え入れ、我々の研究室がこの分野に於いて世界をリードしていきます。

上記の通り、我々のグループはこの天体ビッグバンの分野に於いて世界をリードしていくことを既に決意しています。この理想を実現するために最も必要な要素は人材です。私達は世界最高レベルの人材を世界中から募り、最高の人材で研究室を構成し、最高レベルの研究活動を行います。2016 年度 3 月末時点で、私達の研究室は研究室主催者を含め日本人 5 名、外国人 4 名 (タイ人、アメリカ人、フランス人、中国人 各 1 名) によって構成されており、国際色豊かな最先端の宇宙理論研究室を形成しています。また次のポジションを獲得し、既に転出したメンバー 8 名 (日本人 3 名、ロシア人 2 名、中国人、香港人、イタリア人 各 1 名) はそれぞれ雲南天文台 (中国) 教授、京都大学講師、旭川工業高等専門学校講師、国立天文台助教、Jagellonian 大テニュアトラック助教、Kavli IPMU 研究員、Purdue 大研究員、東北大学助教 (広報担当) のポジションを獲得し、成功しています。8 名中 5 名がパーマネントまたはテニュアトラック職です。我々は彼等ともスカイプ等を駆使し、現在進行形で研究交流を続けています。上記現役・OB/OG 研究員 16 名の前所属機関にはスタンフォード大学 (2 名)、マックスプランク研究所 (3 名)、カリフォ

ルニア大学ロサンゼルス校（1名）などが含まれており、世界最高レベルの研究機関から優秀な人材を受け入れています。我々は世界最高レベルの研究室を実現し、世界をリードしながら我々の夢や目標を達成出来ると確信しています。

我々の研究室では最高の人材を世界から募る一方、日本人研究者の雇用も積極的に行っています。これは私達の研究室から一人でも多くの国際的感覚を身につけた日本人研究者が育つことを願ってのものです。私達の研究室に所属する日本人研究者には、将来日本と外国を繋ぐ架け橋となり、明日の素晴らしい日本を支える人材に育ててもらいたいことを目指しています。

2. キーワード

超新星爆発、ガンマ線バースト、中性子星、ブラックホール、超新星残骸、重力波、ニュートリノ、r-プロセス/爆発的要素合成、輻射輸送、相対論的磁気流体、粒子加速、高エネルギー宇宙線、一般相対論、高密度状態方程式、スーパーコンピューティング

3. 構成員

Principal Investigator

長瀧 重博 准主任研究員

寺木 悠人 京学基礎物理学研究所研究員

滝脇 知也 国立天文台助教

和田 智秀 東北大学助教（広報）

Maxim Barkov Purdue U. PD.

Core Members

伊藤 裕貴 研究員

松本 仁 基礎科学特別研究員

Annop Wongwathanarat 国際特別研究員

Donald Warren 国際特別研究員

井上 進 研究員

Gilles Ferrand 研究員

Haoning He 特別研究員

小野 勝臣 研究員

Assistant

柴崎 環

Long Term Visitors

Zhaoming Gan (Shanghai Astronomical Observatory: 2016年9月1日-2016年10月31日)

Past Core Members

Alexey Tolstov Kavli IPMU PD

Jirong Mao Faculty at Yunnan Observatory.

Shiu-Hang Lee Lecturer at Kyoto U.

Maria Giovanna Dainotti Marie Curie Fellow @ Stanford U.

Short Term Visitors

Norita Kawanaka (U. Tokyo)

Kyohei Kawaguchi (Kyoto U.)

Eiji Kido (U. Tokyo)

Paz Beniamini (Hebrew U.)

Katsuaki Asano (U. Tokyo)

Yoshiyuki Inoue (JAXA)
Koh Takahashi (U. Tokyo)
Yutaka Ohira (Aoyama Gakuin U.)
Ko Nakamura (Waseda U.)
Yosuke Matsumoto (Chiba U.)
Oliver Just (MPA)
Yutaka Fujita (Osaka U.)
Kimitake Hayasaki (Chungbuk National U.)
Ken Ohsuga (NAOJ)
Satoru Katsuda (Chuo U.)
Shota Shibagaki (U.Tokyo/NAOJ)
Ke Fang (U. Maryland)
Amir Levinson (Tel Aviv U.)
Kumiko Kotera (IAP)
Philipp Edelmann (Heidelberg Institute for Theoretical Studies)
Michael Gabler (MPA)
Gavin Lamb (Liverpool John Moores U)
Denis Allard (APC)
Kotaro Kyutoku (KEK)
Xiaping Tang (MPA)
Kenichi Nishikawa (U. Alabama)
Alexander Kusenko (UCLA)

4. 業績

(1) プレスリリース等

Maria, G, Dainotti (Past Member of ABBL), “Black Holes and Gamma-Ray Bursts”, American Astronomical Society, Press Conference from AAS228, San Diego, California, 12-16 June 2016.

Jin Matsumoto, “Synergetic Growth of the Rayleigh-Taylor and Richtmyer-Meshkov Instabilities in the

Relativistic Jet” Poster Prize at IAU Symposium 324: New Frontiers in Black Hole Astrophysics, 2016/9/12.

(2) 授業

Susumu Inoue, Part-time Lecturer on Mathematical Analysis III at Aoyama Gakuin U. April-July 2016.

Shigehiro Nagataki “Death of Massive Stars: Supernovae and Gamma-Ray Bursts with Explosive Nucleosynthesis” NIC School 2016, Niigata, Japan, 13 & 14 June 2016.

(3) 論文 (査読あり)

R. U. Abbasi et al. “The energy spectrum of cosmic rays above $10^{17.2}$ eV measured by the fluorescence detectors of the Telescope Array experiment in seven years” *Astroparticle Physics*, Volume 80, p. 131-140, July 2016.

Kimitake Hayasaki, Keitaro Takahashi, Yuuiti Sendouda, Shigehiro Nagataki “Rapid merger of binary primordial black holes: An implication for GW150914” *Publications of the Astronomical Society of Japan* Volume 68, Issue 4, id.66 8 pp. August 2016.

Wongwathanarat Annap, Grimm-Strele Hannes, Müller Ewald “APSARA: A multi-dimensional unsplit fourth-order explicit Eulerian hydrodynamics code for arbitrary curvilinear grids” *Astronomy &*

Astrophysics Volume 595, A41, 26
October 2016.

R. U. Abbasi et al. "Search for EeV protons of galactic origin" *Astroparticle Physics*, Volume 86, p. 21-26, January 2017.

R. U. Abbasi et al. "First upper limits on the radar cross section of cosmic-ray induced extensive air showers" *Astroparticle Physics*, Volume 87, p. 1-17, January 2017.

Warren III Donald Cameron, Ellison, D.C., Barkov, M.V., Nagataki, S. "Nonlinear Particle Acceleration and Thermal Particles in GRB Afterglows" *Astrophysical Journal* 835, 248 (15p), 2017/02/01.

(4) 国際会議口頭発表 (招待講演)

Susumu Inoue "AGN Winds and NGC 1068" MAGIC Collaboration Meeting, Zürich, Switzerland, 2016/06/15.

Susumu Inoue "Fast Radio Bursts and VHE Prospects" MAGIC Collaboration Meeting, Zürich, Switzerland, 2016/06/15.

Shigehiro Nagataki "Theoretical Studies on Supernovae and Gamma-Ray Bursts" *Frontiers of Nonlinear Physics*, Nizhny Novgorod-St. Petersburg, Russia, 2016/7/20.

Shigehiro Nagataki "Astrophysical Big Bangs" PACIFIC2016, Moorea, French Polynesia, 2016/9/14.

Susumu Inoue "Black Holes Astrophysics with the Cherenkov Telescope Array" *New Frontiers in Black Hole Astrophysics (IAU Symposium 324)*, Ljubljana, Slovenia, 2016/09/16.

Susumu Inoue "Status of the Transients Science Working Group" CTA Consortium General Meeting, Bologna, Italy, 2016/10/26.

Shigehiro Nagataki "Massive Star Explosions" International Workshop on Quantum Many-Body Problems in Particle, Nuclear, and Atomic Physics, Da Nang, Vietnam 2017/3/10.

(5) 国際会議口頭発表:

Warren III Donald Cameron, Ellison, D.C., Barkov, M.V., Nagataki, S. "GRB Afterglows produced by nonlinear diffusive shock acceleration" CTA Consortium Meeting Kashiwa, Japan, 2016/05/16.

Susumu Inoue "Gamma Ray Emission from AGN winds" CTA Consortium Meeting Kashiwa, Japan, 2016/05/16.

Wongwathanarat Annap, "3D Long-time Core-collapse Supernova Simulations"

SNR2016: an odyssey in space after stellar death, Chania, Greece, 8 June 2016.

Wongwathanarat Annop, “Neutron star kicks by gravitational tug-boat mechanism” 10th BONN one day workshop on neutron stars, Bonn, Germany, 20 June 2016.

Warren III Donald Cameron, Ellison, D.C., Barkov, M.V., Nagataki, S. “Nonlinear cosmic ray acceleration in GRB afterglows” Kyoto Ultra-high Energy Cosmic Ray Meeting 2016, Kyoto, Japan, 2016/10/12.

He Haoning, Kusenko Alexander, Nagataki Shigehiro, Zhang Binbin, Yang Ruizhi, Fan Yizhong “A Monte Carlo Bayesian Search for the Plausible Source of the Telescope Array Hotspot” 2016 International Conference on Ultra-High Energy Cosmic Rays, Kyoto, Japan, 2016/10/12.

Warren III Donald Cameron, Ellison, D.C., Barkov, M.V., Nagataki, S. “Shock acceleration of cosmic rays in GRB afterglows, or: Low energy, high impact” Huntsville GRB symposium, Huntsville, USA, 2016/10/26.

Susumu Inoue “On Recent GRB Observations” MAGIC Collaboration Meeting, Dortmund, Germany,

2016/11/23.

Susumu Inoue “Status of the FRB Program” MAGIC Collaboration Meeting, Dortmund, Germany, 2016/11/23.

Jin Matsumoto “Synergetic Growth of the Rayleigh-Taylor and Richtmyer-Meshkov Instabilities in the Relativistic Jet” Challenges of AGN jets, Mitaka, Japan, 2017/1/19.

Shigehiro Nagataki “Research Activities of ABBL & iTHEMS” Molecule 2017: Transient Universe in the Big Survey Era, Kyoto, Japan, 2017/1/24.

Warren III Donald Cameron, Ellison, D.C., Barkov, M.V., Nagataki, S. “A nonlinear diffusive shock acceleration model for GRB afterglows” Transient Universe in the Big Survey Era, Kyoto, Japan, 2017/1/24.

Susumu Inoue, Kiyotomo Ichiki, Hayato Shimabukuro “Fast Radio Bursts as Cosmological Probes: Small-Scale Power Spectrum and Cosmic Reionization” Fast Radio Bursts: New Probes of Fundamental Physics and Cosmology, Aspen, USA, 2017/2/13.

Wongwathanarat Annop “Linking 3D CCSN simulations with observations” IAU symposium 331: SN1987A, 30 years later, Reunion, France, 20 February

2017.

(6) 国内会議口頭発表 (招待・基調講演)

Shigehiro Nagataki “Current Status & Future Prospects of ABBL & iTHES” RESCEU-RIKEN Workshop 2016, 2016/7/25.

Susumu Inoue “Fast Radio Bursts as Cosmological Probes” RIKEN-RESCEU Joint Seminar 2016, Tokyo, Japan, 2016/07/26.

Hiroataka Ito, Amir Levinson, Shigehiro Nagataki “Physics of Relativistic Radiation Mediated Shocks” RIKEN-RESCEU meeting, Tokyo, Japan, 2016/07/26.

Jin Matsumoto “Condition for the growth of the Rayleigh-Taylor instability at the relativistic jet interface” RIKEN-RESCEU meeting, Tokyo, Japan, 2016/07/26.

Warren III Donald Cameron, Ellison, D.C., Barkov, M.V., Nagataki, S. “Nonlinear cosmic ray acceleration in GRB afterglows” RIKEN-RESCEU meeting, Tokyo, Japan, 2016/07/27.

Jin Matsumoto “宇宙ジェット研究におけるデータ同化の展望” 理研データ同化ワークショップ, Kobe, Japan, 2016/10/14.

Susumu Inoue “Transient Science with

CTA” 高エネルギーガンマ線でみる極限宇宙 2016, Kashiwa, Japan, 2016/12/16.

Susumu Inoue “CTAによる突発天体のマルチメッセンジャー・サイエンス” CRC 将来計画タウンミーティング, Kashiwa, Japan, 2017/3/14.

(7) 国内会議口頭発表

Susumu Inoue, Ruo-Yu Liu, Kohta Murase “活動銀河核ウィンドによるフィードバックと銀河系外 PeVatron” 日本物理学会秋期年会, Miyazaki, Japan, 2016/9/21.

Susumu Inoue, Ruo-Yu Liu, Kohta Murase “宇宙線と銀河形成” 高エネルギー宇宙物理学研究会, Sagamihara, Japan, 2016/11/30.

Hiroataka Ito, Amir Levinson, Boris Stern, Shigehiro Nagataki “相対論的輻射媒介衝撃波の物理”, 高エネルギー宇宙物理学研究会, Sagamihara, Japan, 2016/12/2.

He Haoning, Lee Shiu-Hang, Nagataki Shigehiro, Kusenko Alexander “High Energy Neutrinos and Gamma Rays from the Galactic Center” The extreme Universe viewed in very-high-energy gamma rays 2016, Kashiwa, Japan, 2016/12/15.

Shigehiro Nagataki “ABBL の宇宙と iTHEMS の宇宙” iTHES 神戸研究会, Kobe, Japan, 2016/12/26.

Shigehiro Nagataki “Introduction of Interdisciplinary Theoretical & Mathematical Sciences” 特異点と時空、および関連する物理, Tokyo, Japan, 2016/12/27.

Susumu Inoue “電波分散および 21cm 吸収線系を用いた観測的宇宙論” 銀河進化と遠方宇宙 (IV), Kumamoto, Japan, 2017/1/8.

Hiroataka Ito, Amir Levinson, Boris Stern, Shigehiro Nagataki “定常解から探る相対論的輻射媒介衝撃波のガンマ線バーストの放射への影響” 日本天文学会春季年会, Fukuoka, Japan, 2017/3/15.

Susumu Inoue, Ruo-Yu Liu, Kohta Murase “活動銀河核ウィンドにおける宇宙線加速・非熱的放射と銀河フィードバックへの示唆” 日本天文学会春季年会, Fukuoka, Japan, 2017/3/16.

Susumu Inoue, Yasunobu Uchiyama, Matthieu Renaud, Keiichi Wada “銀河系ディスクへの低温ガスの降着に伴う宇宙線加速と非熱的放射” 日本天文学会春季年会, Fukuoka, Japan, 2017/3/16.

(8) アウトリーチ

Shigehiro Nagataki “先生、ブラックホールってなんですか？ 理化学研究所・長瀧先生に聞いてみた” ネタリか, 2016/6/4.

<http://netallica.yahoo.co.jp/news/20160604-31251612-netallicaq>

Shigehiro Nagataki “「重力波」ってなんだったの？ 理化学研究所・長瀧先生に聞いてみた” ネタリか, 2016/6/5.

<http://netallica.yahoo.co.jp/news/20160605-60039541-netallicaq>

Shigehiro Nagataki “京コンピュータで解明する超新星爆発の爆発メカニズム” 埼玉県立熊谷西高等学校見学会, Wako, Saitama, 2016/11/14.

Shigehiro Nagataki “宇宙の誕生・現在・未来：人類は宇宙をどこまで理解したか” 平成 28 年度和光市民大学, Wako, Japan, 2016/12/15.

Shigehiro Nagataki “Exploring Extreme Universe at RIKEN” アジアリーダーシップトレック, Wako, Japan, 2017/1/20.

Shigehiro Nagataki “Exploring Extreme Universe at RIKEN” HOPE Meeting 2017, Wako, Japan, 2017/3/2.

(9) 海外セミナー発表

Hiroataka Ito, Shigehiro Nagataki, Jin Matsumoto, Don Warren, Shiu-Hang Lee, Alexey Tolstov, Maxim Barkov, Akira Mizuta, Shoichi Yamada, Asaf Pe'er, Masaomi Ono, Maria Dainotti, Seiji Harikae “Photospheric Emission from Structured Jet” The University of Texas at Austin, USA, 2016/10/31.

Wongwathanarat Annap “Connecting

core-collapse supernova simulations with observations” Mahidol University, Bangkok, Thailand, 28 Feb 2017.

Shigehiro Nagataki “Astrophysical Big Bangs” UCLA Seminar, UCLA, USA, 2017/3/17.

(10) 国内セミナー発表

Wongwathanarat Annop “Linking core-collapse simulations with observations” DTA colloquium, NAOJ, Tokyo, Japan, 12 Oct 2016.

Masaomi Ono, “Three dimensional numerical modeling of the evolution from supernovae to their supernova remnants” 早稲田大学理論宇宙物理学研究室セミナー, Waseda U., Tokyo, Japan, 2017/1/20.

(11) 国際会議ポスター発表

Susumu Inoue “Cosmic Ray Production of Light Elements induced by Galactic Winds” Nuclei in the Cosmos XIV, Niigata, Japan, 2016/6/21.

Susumu Inoue, Kiyotomo Ichiki, Hayato Shimabukuro “Probing Small-Scale Density Fluctuations of Baryons and Dark Matter with Fast Radio Bursts” Signals from the Deep Past, Valletta, Malta, 2016/7/18.

Warren III Donald Cameron, Ellison, D.C., Barkov, M.V., Nagataki, S.

“Nonlinear cosmic ray acceleration during gamma-ray burst afterglows” Huntsville GRB symposium, Huntsville, USA, 2016/10/26.

Jin Matsumoto “Synergetic Growth of the Rayleigh-Taylor and Richtmyer-Meshkov Instabilities in the Relativistic Jet”, 平成 28 年度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, Mitaka, Japan, 2016/11/29.

Jin Matsumoto “Synergetic Growth of the Rayleigh-Taylor and Richtmyer-Meshkov Instabilities in the Relativistic Jet” 7 years of MAXI : monitoring X-ray transients, Wako, Japan, 2016/12/5.

(12) 国内会議ポスター発表

Hiroataka Ito, Amir Levinson, Boris Stern, Shigehiro Nagataki “Steady-state solution of relativistic radiation mediated shocks” 第 29 回理論懇シンポジウム, Sendai, Japan, 2016/12/20.

(13) 主催・共催した会議

RESCEU-RIKEN Joint Meeting 2016, 25-27 July 2016, U. of Tokyo, Hongo, Tokyo, Japan.

Nuclei in the Cosmos School, 13-17 June 2016, Niigata U., Niigata, Japan.

Nuclei in the Cosmos, 20-24 June 2016, Toki-Messe, Niigata, Japan.

Particle Astrophysics and Cosmology
Including Fundamental Interactions
(PACIFIC) Moorea, French Polynesia
10-17 September 2016.

以上。