

2026年1月4日

一般相対論、量子重力理論、有効場の理論、素粒子物理学など、あらゆる手段を用い、ダークエネルギー・ダークマター・インフレーション等の宇宙の謎に取り組んでいます。また、宇宙論や重力波等により、一般相対論を超える重力理論を検証する理論研究をしています。以下では、これから一緒に研究をすることになるかもしれない学生さんや若手研究者の皆さんに向けて、私のこれまでの主要研究のいくつかをご紹介します。

- 1. 重力の有効場の理論** 素粒子の標準模型で重要な役割を果たすヒッグス機構を重力に適用し、ゴースト凝縮と呼ばれる有効場の理論 (Effective Field Theory, 略してEFT) を提唱しました。私が考案したEFTの構成方法を初期宇宙におけるインフレーションに応用したものは EFT of Inflationと呼ばれ、ESAのPlanckチームに採用される等、single field inflationにおける揺らぎを解析するための標準的かつ強力なツールとなっています。また、同様にして現在の加速膨張宇宙に応用したものが EFT of Dark Energyであり、国内外の研究グループによるボルツマンコードに採用される等、ダークエネルギーの観測と理論をつなぐ架け橋として標準的な枠組みとみなされています。最近では、ダークエネルギー存在下のブラックホール摂動論にも応用され始めています。
- 2. ブレーン宇宙論** 超弦理論は4次元を超える時空次元の存在を预言します。RandallとSundrumによって提唱された5次元ブレーン宇宙のシナリオにおいて、私は、一様等方4次元宇宙を表す一般的な5次元厳密解を発見し、余剰次元の存在による効果を、具体的な項として書き下しました。私はこの項をDark Radiationと名付けましたが、この用語は現在では業界で標準となっています。さらに、宇宙論的摂動の解析に必要な定式化もしました。
- 3. 繰り込み可能な量子重力理論に基づく宇宙論** 繰り込み可能でユニタリーかつ漸近自由な量子重力理論に基づき、地平性問題を解決してスケール不変な宇宙揺らぎを生成する初期宇宙論、ダークマターがなくても銀河の回転曲線等を説明するシナリオ等を提唱しました。
- 4. Massive gravity** スピンと質量は場を特徴づける最も重要な要素ですが、スピン-2の場が単独で零でない質量を持てるかどうかは、2010年頃まで古典場の理論のレベルでわかっていませんでした。私は、de RhamとGabadadzeとTolleyによって提唱された非線形massive gravity理論において、宇宙論解とその安定性を系統的に研究しました。さらに、加速膨張宇宙解を許しかつ完全に安定な新しい理論、minimal theory of massive gravityを提唱しました。
- 5. その他** 弦理論的宇宙論、ダークエネルギー・ダークマター、宇宙項問題、ブラックホールのエントロピー、超プランクスケールでのCPT不変性の検証、宇宙論スケールでの磁場生成機構、インフレーション中の揺らぎの摂動論的および非摂動論的性質、太陽系スケールでの重力理論の検証、重力波による初期宇宙および重力理論の探索等の研究をしてきました。

研究には、学問的な内容だけでなく、専門的な能力開発、研究方法論、効果的なコミュニケーションスキルなども大切です。皆さんがこれらの力を育成し発揮できるよう、そして最終的に宇宙論・重力理論分野に有意義な貢献をできるよう、一緒に歩んでいければ嬉しいです。この文章が、その入口となることを願っています。興味がある学生の皆さんには、年度末の物理学専攻入試説明会や年度初旬の物理学専攻入試ガイダンスにご参加いただいたり、直接ご連絡いただければと思います。共同研究や日本学術振興会特別研究員の受け入れ等を希望される若手研究者の皆さんも、是非ご連絡ください。また、次ページには、私が執筆した解説等を挙げさせていただきますので、ご参考にしていただければ幸いです。

解説等

- [1] “インフレーション宇宙論の基礎—インフレーションへの入門的な導入—”, 数理科学2026年2月号(サイエンス社)掲載予定。
- [2] “量子論と宇宙論”, 数理科学2023年12月号(サイエンス社, JAN 4910054691238)掲載。
- [3] “電磁気学と宇宙—宇宙論における電磁気学の役割と発展—”, 数理科学2022年10月号(サイエンス社, JAN 4910054691023)掲載。
- [4] “一般相対論を超える重力理論と宇宙論”, 向山信治, ISBN 978-4781915173, 2021年7月サイエンス社より出版。
- [5] “ひも理論ランドスケープ”, 相対論と宇宙の事典(朝倉書店, 2020年, ISBN 978-4254131284)に掲載。
- [6] “有質量グラビトン模型と宇宙論”, DOI 10.11316/butsuri.71.7.452, 日本物理学会誌2016年7月号掲載。
- [7] “宇宙論と場の理論”, 数理科学 2016年3月号(サイエンス社, JAN 4910054690361)掲載。
- [8] “ダークマターと恐竜絶滅”, L. Randall著書“Dark matter and the dinosaurs”の監訳, ISBN 978-4140816950, 2016年3月NHK出版より出版。
- [9] “インフレーション宇宙と超弦理論”, パリティ2015年11月号(丸善出版, ISBN 4910175191150)掲載。
- [10] “宇宙論からみた重力”, 数理科学 2014年9月号(サイエンス社, JAN 4910054690941)掲載。
- [11] “宇宙の扉をノックする”, L. Randall著書“Knocking on Heaven’s Door: How Physics and Scientific Thinking Illuminate the Universe and the Modern World”の監訳, ISBN 978-4140816219, 2013年11月NHK出版より出版。
- [12] “宇宙揺らぎの非ガウス性とインフレーション”, DOI 10.11316/butsuri.67.2.85, 日本物理学会誌2012年2月号掲載。
- [13] “ダークエネルギー”, 数理科学2013年8月号(サイエンス社, JAN 4910054690835)掲載。
- [14] “L’enso”, J.-P. Uzan編“Variations sur un même ciel”(ISBN 9782360120314)中の一節, 英語で執筆したものを出版社が仏訳して掲載, 2012年11月 La Ville Brule より出版。
- [15] “隠れていた場—ゴースト場の凝縮機構—”, 数理科学2011年7月号(サイエンス社, JAN 4910054690712)掲載。
- [16] “宇宙の暗黒成分と量子重力”, 別冊・数理科学『量子重力理論』2009年10月(サイエンス社, JAN 4910054701098)掲載。
- [17] “4次元を超える世界”, 東京大学理学系研究科・理学部編“現代科学用語ナビ”(化学同人, 2009年9月, ISBN 9784759812787)中の一節。
- [18] “宇宙の始まりと終わり”, 日本機械学会誌2008年9月号掲載。
- [19] “超弦理論で挑む宇宙の謎”, パリティ2008年8月号(丸善出版)掲載。
- [20] “宇宙の暗黒成分は本当に必要か?—長距離・長時間での重力の変更—”, 日本物理学会誌2007年7月号掲載。
- [21] “ワープする宇宙—5次元時空の謎を解く—”, L. Randall著書“Warped Passages—Unraveling the mysteries of the universe’s hidden dimensions”の監訳, ISBN 978-4140812396, 2007年6月NHK出版より出版。
- [22] “「未来への提言」理論物理学者リサ・ランドール—異次元を語る—”(NHK出版, 2007年5月, ISBN 978-4140812167)の解説部分(81~93ページ)。
- [23] “一般相対論を長距離で変更できるか?”, パリティ2006年10月号(丸善出版)掲載。
- [24] “アインシュタインの間違い”, S. Weinbergによる原題“Einstein’s Mistake”の翻訳, パリティ2006年6月号(丸善出版)掲載。
- [25] “M理論が宇宙論の謎を解く”, 月刊天文ガイド2005年12月号掲載。
- [26] ニュートン誌(月刊および別冊)取材および編集協力多数。