

川口喬吾研究室

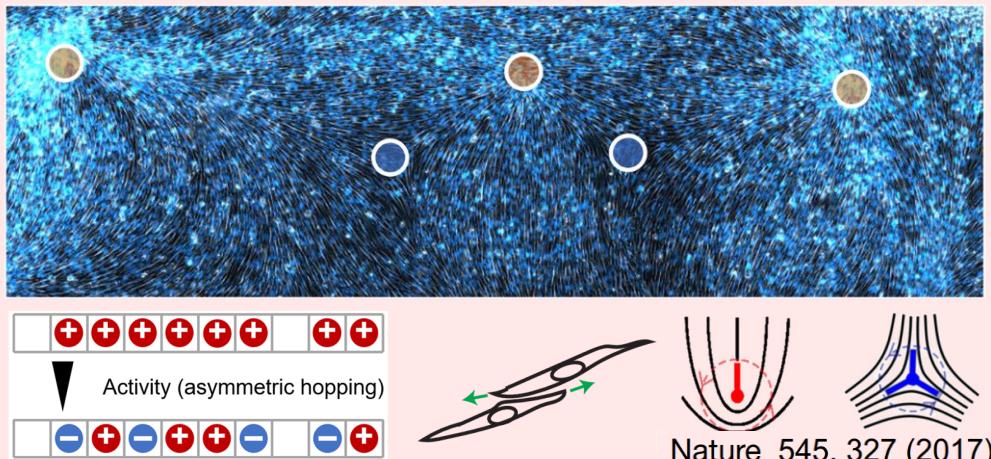
ラボウェブページ
noneq-biophys.riken.jp



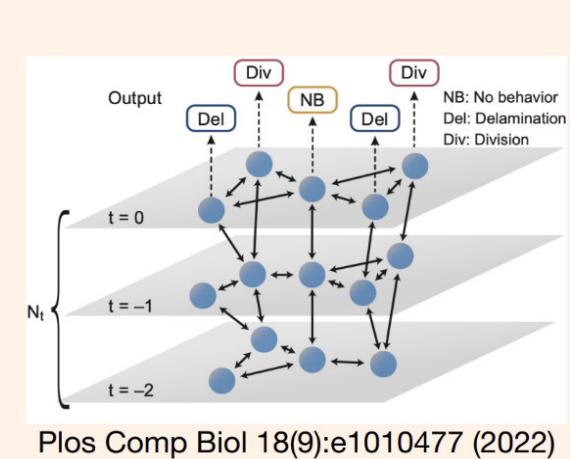
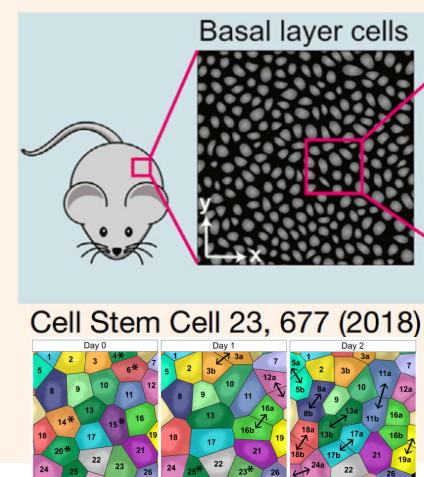
生物物理と非平衡物理全般に興味があります。

特に「生命とはどういう物理現象なのか」という究極の問いに答えるべく
理論・実験・データ解析のあらゆる手段を使って研究しています。

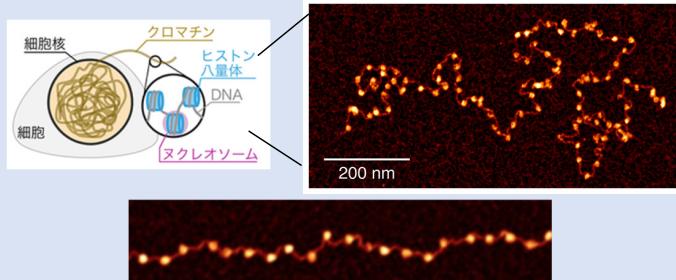
細胞集団運動とアクティブマターとトポロジー



成体組織のターンオーバーと非平衡物理



クロマチン分子の再構成と物理

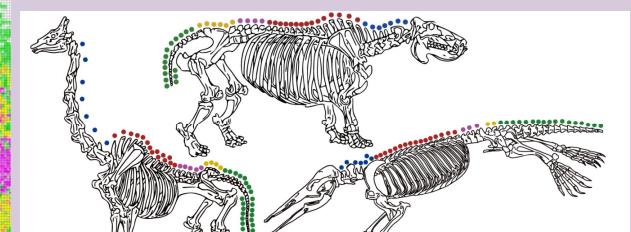
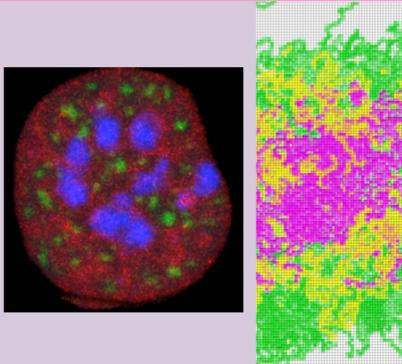


Science Advances 11, eadx9282 (2025)



知性の物理学

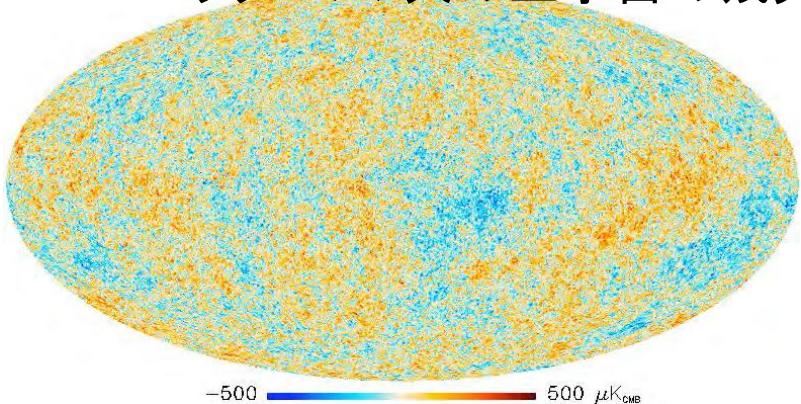
細胞内相転移や脊椎動物形態形成のルール推定



Phys Rev X 14, 031011 (2024)
PNAS 121 e2411421121 (2024)

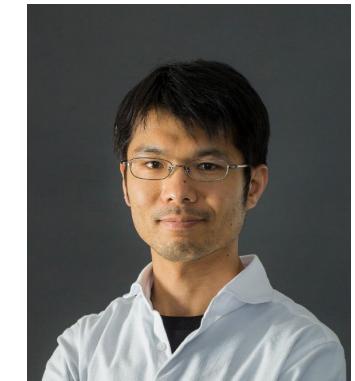
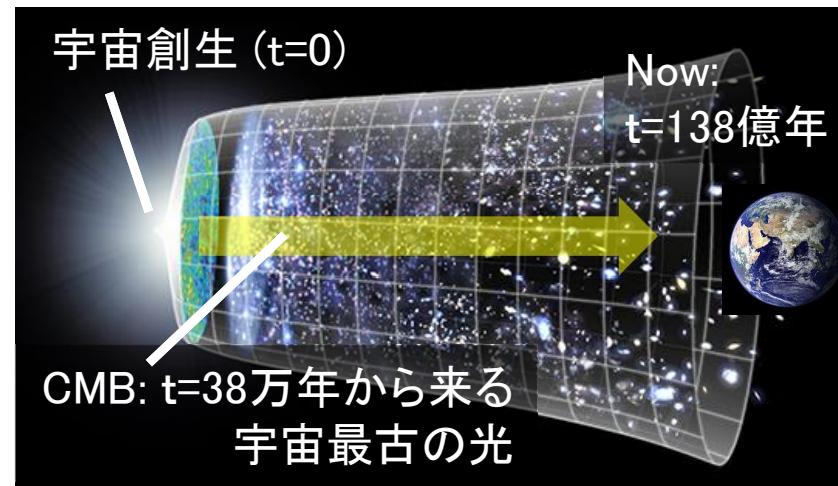
宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) を使って 宇宙のはじまり / 進化 / 未知の粒子を探る

CMB: ビッグバン/火の玉宇宙の残光



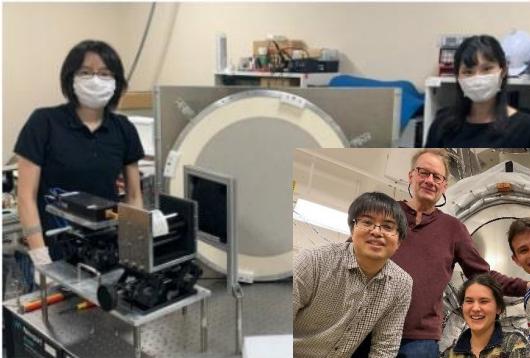
我々の興味 (の一部)
宇宙はどのようにはじまったのか?
暗黒物質・暗黒エネルギーの正体は?

日下 研究室 cmb.phys.s.u-tokyo.ac.jp



CMB観測で宇宙のはじまりと進化が分かる。

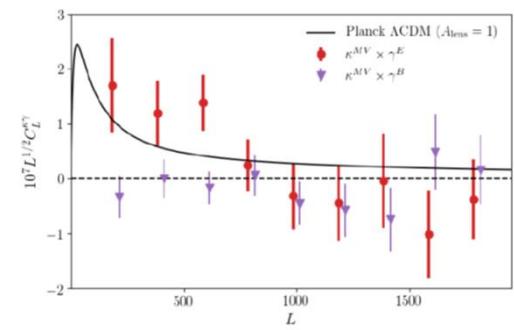
先端技術・望遠鏡開発

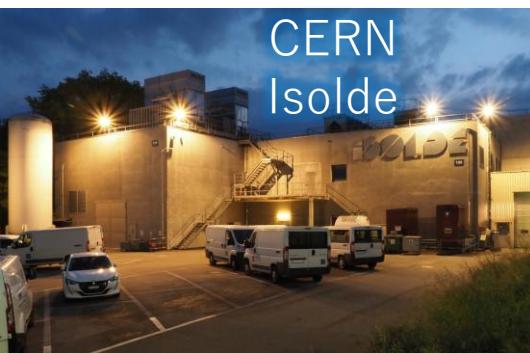
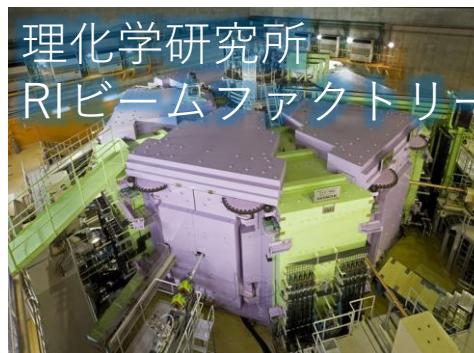


望遠鏡設置・観測



データ解析





准教授
鈴木 大介

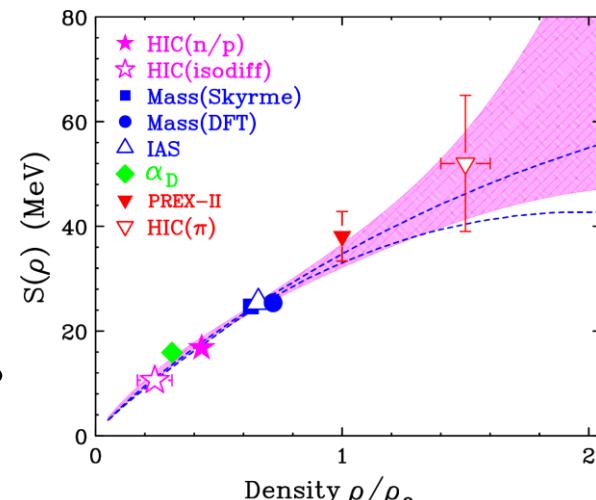
陽子・中性子比がアンバランスな原子核（放射性同位体, RI）に注目し、
短寿命RIビームを用いた加速器実験を展開しています

身近な物質の心臓部・原子核の迷宮に挑む

原子核は、アップクォークとダウンクォークからなる陽子・中性子が集まつた、一見すると単純な系です。ところが、実際には量子力学と強い相互作用が複雑に絡み合う、非常に難しい**量子多体問題**として知られています。

さらに原子核のミクロな量子構造とダイナミクスは、**重力波で観測される高密度天体の内部状態**や、**宇宙における元素合成の起源**とも密接に関連しています。原子核を主題として物質階層を縦断し、様々な謎に挑戦しています

中性子星内の核物質に関する
RIビーム実験のデータ





～身边に潜む最先端～ 非平衡の統計物理法則を探る 理学部 物理学科 准教授 竹内一将

kat@kaztake.org

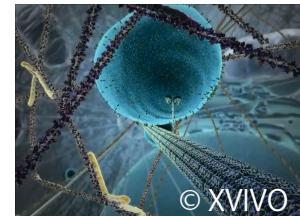
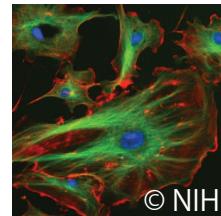
labjp.kaztake.org



非平衡な現象とは？

熱力学・統計力学は、熱平衡状態（一定一様な環境下で行きつく状態）の物質について、深くて強力な物理法則の存在を教えてくれました。

一方で、私たちの周りには、熱平衡にないからこそ起こる自然現象もたくさんあります。

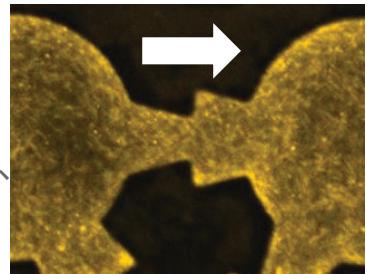


非平衡では、要素が集まり相互作用することで、自己組織的にパターンや構造、機能が出現できます。それを司る非平衡の統計物理とは何か？ 私たちは実験で挑んでいます。

研究例 1：新奇物質としての「生物集団」

生き物や細胞が集まると、様々な運動や構造、秩序が集団レベルで生まれます。これを物理の言葉で理解できるでしょうか？

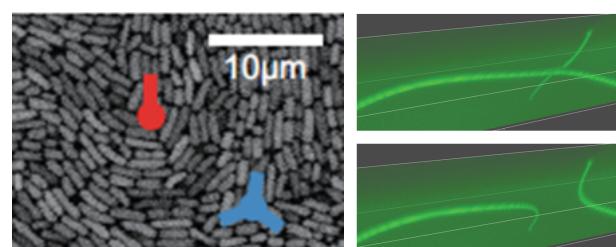
「極限まで単純化し、制御した環境下で本質を探る」物理の精神に則り、独自の実験系を開発して、バクテリア集団の秩序形成や制御、ゆらぎの法則性を実験的に探求しています。生物集団を新奇の物質 active matter と捉え、その「物性」や支配原理の理解を目指して、研究に取り組んでいます。



バクテリア集団からなる液体は、通常液体なら熱力学で禁止されている諸現象を引き起す。写真は研究室で発見した自発的整流の例。

研究例 2：複雑な現象をトポロジーで読み解こう

無数の自由度が絡み合い、通常の熱統計力学で扱うことも困難な非平衡系。途方もなく複雑な対象と思えるかもしれません、複雑さに隠れた規則を見出し、理解を深める試みが進んでいます（2021年ノーベル物理学賞など）。その1つとして私たちは、秩序が局所的に乱れた点「トポロジカル欠陥」に注目した研究を展開しています。液晶やバクテリア集団でも欠陥は出現し（右図）、トポロジーの規則に従いながら、バクテリアの塊の成長起点となったり液晶の乱流を作ったりしています。欠陥をキーワードに、非平衡でミクロとマクロをつなぐ理解ができるか、私たちはチャレンジしています。



左: 大腸菌の集団に生じるトポロジカル欠陥 [嶋屋・竹内 PNAS Nexus 2022]
右: 液晶乱流緩和過程におけるトポロジカル欠陥の繋ぎ換え [図司・竹内 PNAS 2022]

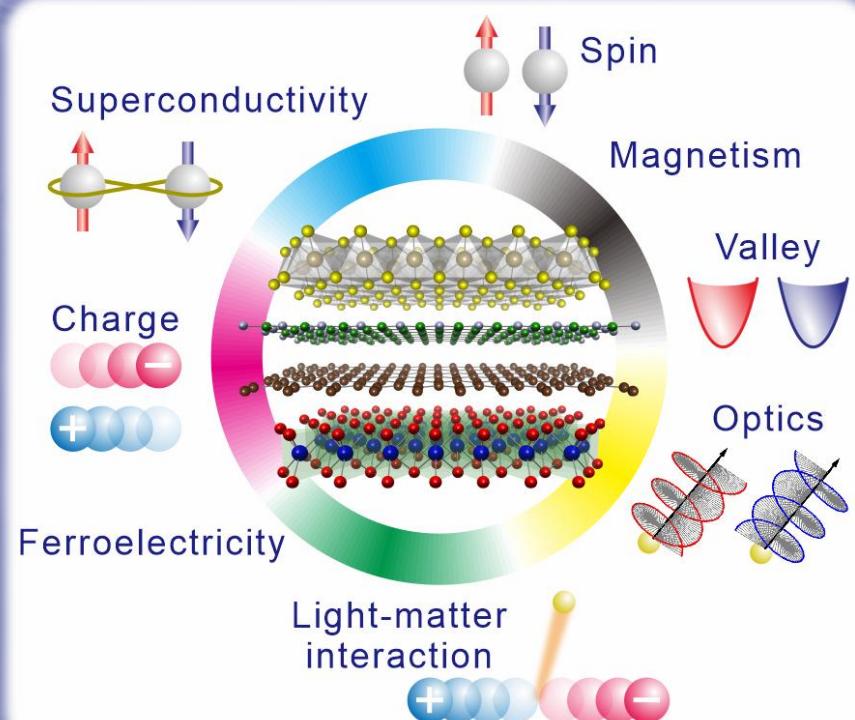
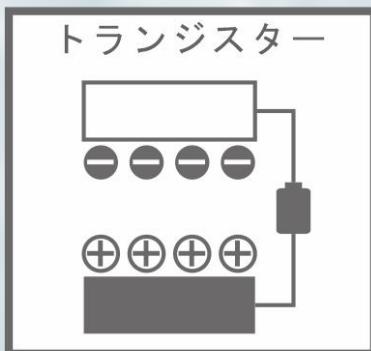


対称性から探るナノマテリアルの量子物性

E-mail: zhang.yijin@phys.s.u-tokyo.ac.jp

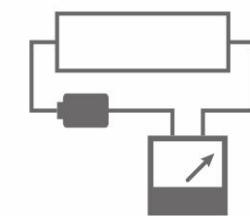
研究概要 二次元や一次元のナノマテリアルを舞台に量子物性を研究しています。結晶構造の対称性は物性を決める重要なパラメーターの一つですが、グラフェンやカーボンナノチューブなどの低次元ナノマテリアルを用いると、様々な対称性を持つ構造を人工的に作り出すことができます。極低温や高磁場における量子輸送特性の評価や顕微分光測定を通じ、新たな量子物性の探索と創出を目指します。

試料作製技術

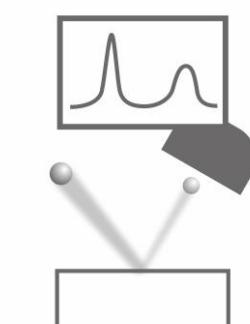


測定技術

電気伝導測定



顕微分光測定





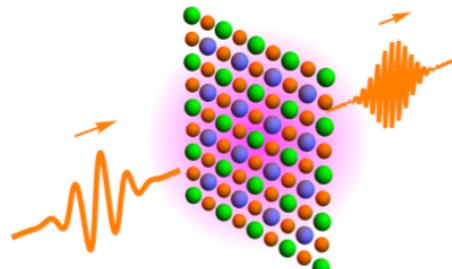
辻直人研究室 (物性理論)

ホームページ

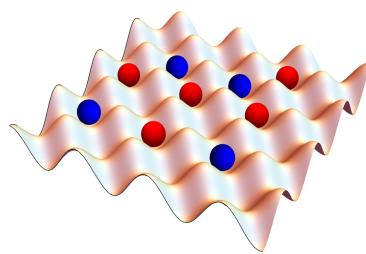
<https://dyn.phys.s.u-tokyo.ac.jp/home>



◆ 物性理論、特に非平衡量子多体系に興味をもって研究しています。



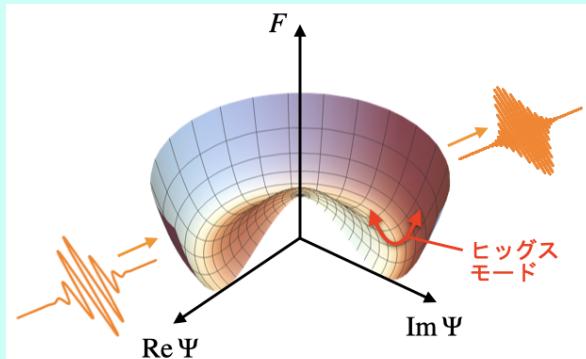
固体電子系



冷却原子系

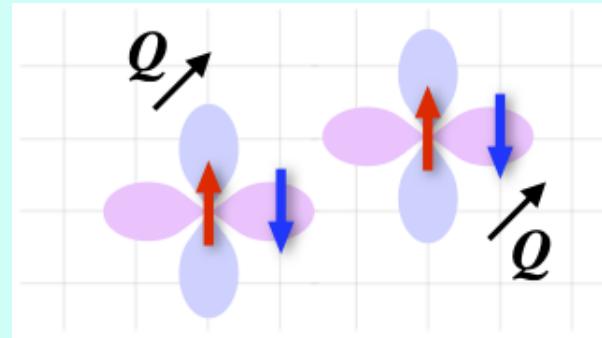
量子多体系の舞台として、固体結晶中で相互作用する電子の集団(固体電子系)、レーザーによってトラップされて極低温まで冷却された原子の集団(冷却原子系)などがあります。それらの系に外から力を加えたり振動させたりすることで非平衡状態にすると何が起きるでしょうか?一見すると非平衡にすることで秩序が乱され、外から加えたエネルギーが熱に変わつて、量子系の面白い性質が搔き消えてしまうように思われます。ところが、非平衡にすることで平衡状態では実現できなかった秩序や物性が発現する例が実験的、理論的に見つかってきています。それらの現象を理解し、さらに非平衡物性の可能性を広げていくことを目標にしています。

例: 超伝導体中の“ヒッグス粒子”



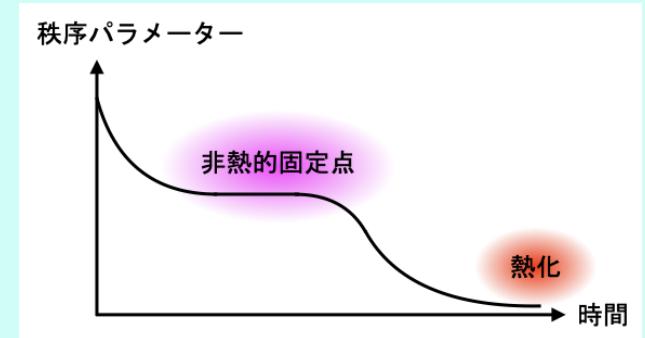
Matsunaga, Tsuji et al., Science (2014)

量子多体系スカーラー状態



Imai, Tsuji, Phys. Rev. Res. (2025)

非熱的固定点と非平衡臨界現象



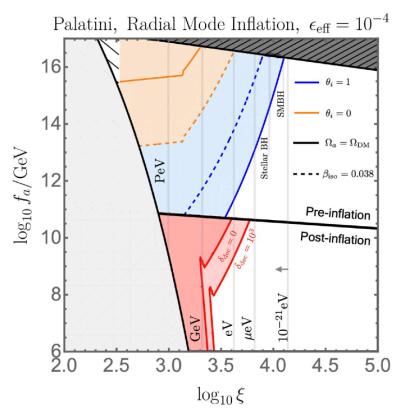
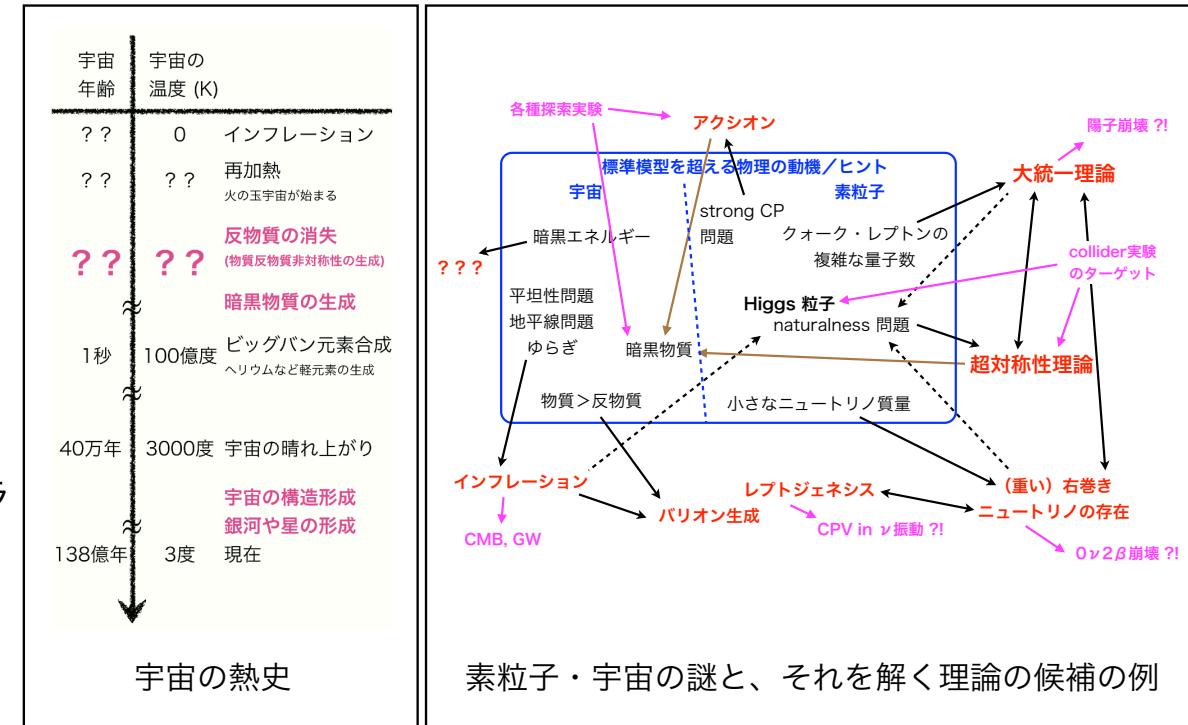
Tsuji et al., Phys. Rev. Lett. (2013)



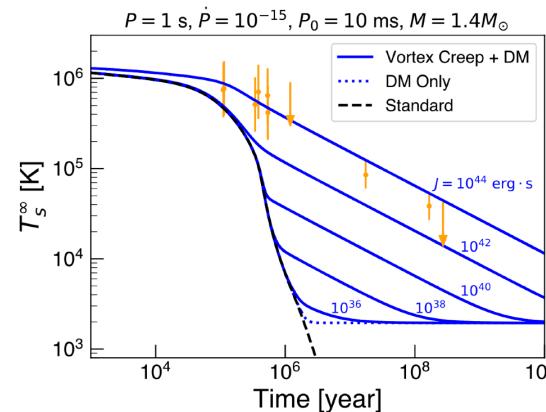
濱口幸一 (素粒子理論)

宇宙や素粒子も宇宙も謎だらけです (右図)。

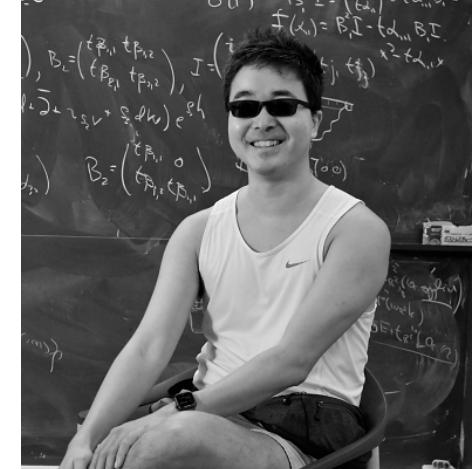
私たちの研究室では、こうした宇宙や素粒子の謎の解明を目指して、素粒子模型構築 (大統一理論からTeVスケールまで)、インフレーション、バリオン数生成、暗黒物質、コライダー現象論、天体物理との境界領域、など幅広いテーマにおいて研究を行なっています。最新の素粒子実験や宇宙観測の結果にも注目して理論的研究に還元していきたいと考えています。



図：アクションワームホール解の寄与によって質量を持つ axion-like particle (ALP) 暗黒物質シナリオを提案し、生成機構と制限を調べた最近の研究 (2411.07713) から転載。



図：中性子星における暗黒物質による加熱効果と、中性子星自身による内部加熱 (超流動渦糸の運動による内部摩擦がもたらす加熱) の影響を調べた最近の研究 (2309.02633) から転載。



専門：素粒子理論(!) 超弦理論(!!) 数理物理(!!!)

興味のあることはなんでも：

宇宙論, 物性理論, 量子情報, 統計力学, 純粹数学, ...

ホームページ

YouTube

Twitter/X

紙と鉛筆, GPU, スパコン, 量子コンピュータ, ...

