

**[IPNS workshop] 素粒子物理  
の今と未来**

**Report of Contributions**

Contribution ID: 1

Type: **not specified**

はじめに

*Thursday, 21 December 2023 13:05 (5 minutes)*

**Presenter:** ISHINO, Masaya

Contribution ID: 2

Type: **not specified**

## 誰がためのエネルギーフロンティア

*Thursday, 21 December 2023 13:10 (40 minutes)*

このような特別な催しに際して「好きなことを勝手に話す」機会を頂いたということで、お題の「LHC」を少しだけ逸脱して、通常の間ではほとんど扱わないテーマを問いとして掲げてみたい。それはこの方向性の「学問」が存立できる根拠（存立理由）を考えるということである。この分野の数十年の発展が、一回きりの資源（例：新粒子の発見）を燃焼することで、幸運にも自己再帰的に次の爆発の **driving force** を生み出してきた構造（ $\infty$  急激に増大するエントロピー）にあったことは否定しにくい。それが今後も起こる「保証」がもはや失われた現在、問うべきは「内在的な情熱の熱源」をどこに求めるか、ではないかと思う。その熱源の熱量と、物理的に消費するエネルギー＋労力のバランスが、フロンティアの到達点を定めると思われるからである。これから何かの戦略を立てる前に、われわれには、この分析・研究が不足していると思っているのだが、それを考えるための正しい方法論を、果たしてわれわれは持ち合わせているのだろうか？

**Presenter:** 秀行, 生出 (KEK)

Contribution ID: 3

Type: **not specified**

## LHC ビーム軸方向でのニュートリノ研究および新粒子探索

*Thursday, 21 December 2023 13:50 (40 minutes)*

LHC では陽子・陽子衝突点の周囲に大規模検出器を配置した実験が行われているが、それらの実験ではカバーされないビーム軸方向での研究は進んでいなかった。我々はビーム軸方向での新粒子探索や 3 世代ニュートリノの研究による新物理発見の可能性に着目し、衝突点から 480m 地点に小型検出器を配置する FASER 実験を立ち上げた。LHC 第 3 期 (2022-2025) に実施している FASER 実験の初期成果、および並行して取り組んでいる高輝度 LHC に向けた新たな大規模施設 Forward Physics Facility (FPF) 建設計画について議論する。

**Presenter:** 智子, 有賀 (九州大)

Contribution ID: 4

Type: **not specified**

## Dark Matter in the Universe

*Thursday, 21 December 2023 15:00 (40 minutes)*

宇宙のエネルギー密度の約 25% を占める暗黒物質の正体は未だ不明である。Weakly Interacting Massive Particle (WIMP) と呼ばれる粒子が長年有力と目されてきたが、加速器実験・直接探査実験・間接探査実験のいずれでもその証拠となる事象はまだ得られていない。WIMP に許されるパラメータ領域が確実に狭められていく中で、WIMP 以外の暗黒物質探査の動きも活発化しつつあるが、そのモデル空間は広大である。本講演では宇宙での暗黒物質の姿とその位置付けに焦点を当て、特に今後包括的な描像を確立していくための鍵となりうる暗黒物質ハローの物理とその周辺について説明する。関連研究の動向についても紹介予定である。

**Presenter:** 渚, 広島 (富山大)

Contribution ID: 5

Type: **not specified**

## ニュートリノ振動・陽子崩壊実験の展望 + $\alpha$

*Thursday, 21 December 2023 15:40 (40 minutes)*

現在運転中のスーパーカミオカンデはニュートリノ振動実験、陽子探索実験において世界を先導してきた。それを更に大型化, 高性能化したハイパーカミオカンデではより高感度での実験が可能となり、ニュートリノ振動における CP 対称性の破れの確認や陽子崩壊の初観測等の成果が期待される。本講演ではスーパーカミオカンデにおけるニュートリノ、陽子崩壊研究の現状とハイパーカミオカンデで期待される展望等について述べる。

**Presenter:** 拓也, 田代 (ICRR)

Contribution ID: 6

Type: **not specified**

## 地球ニュートリノ観測による地球内部熱量理解の今と未来

*Thursday, 21 December 2023 16:50 (40 minutes)*

地球活動を駆動する熱量の約半分を占める地球内放射性物質起源の熱量の理解は、地球ニュートリノ観測という素粒子物理・地球科学の分野融合研究として進展してきた。世界中で行われているニュートリノ実験の中でも KamLAND 実験は 2005 年の世界初観測以降、現在でも世界最高精度での観測を安定的に継続しており、日本発の融合研究分野とも言える。本講演では「ニュートリノ地球科学」の今と未来をニュートリノ実験の立場から紹介し、新たな研究発展への議論へと繋ぎたい。

**Presenter:** 寛子, 渡辺 (東北大)

Contribution ID: 7

Type: **not specified**

## 暗黒物質直接探索の現状と展望

*Thursday, 21 December 2023 17:30 (40 minutes)*

暗黒物質の存在は、宇宙の進化や天体の観測により疑いがなく、宇宙背景放射の観測結果によると宇宙の物質の 80% 以上を占めることが判明しているが、その性質は現在も未知のままである。暗黒物質の有力な候補としてこれまで精力的に探索されてきたのが、WIMP と呼ばれる質量が重く、非常に弱い相互作用を持つ素粒子である。この WIMP の有力な探索手法として、WIMP が検出器中の原子核を跳ね飛ばす現象を探索する直接探索と呼ばれる方法があり、2021 年より液体キセノンを約 10 トン用いた XENONnT/LZ の二つの実験が稼働を始め、太陽・大気ニュートリノのコヒーレント散乱の観測に遂に手が届く感度に迫ろうとしている。本講演では暗黒物質直接探索の今と未来について紹介するとともに、液体キセノン検出器が今後開拓する様々な物理について議論を行う。

**Presenter:** 慎吾, 風間 (名古屋大)

Contribution ID: 8

Type: **not specified**

## 我々の宇宙のための超弦理論

*Friday, 22 December 2023 09:30 (40 minutes)*

超弦理論は量子重力の理論である一方、豊富な数学的内容をもつ精緻な理論であり、それ自体大変興味深い研究対象である。その一方で、我々の住んでいる宇宙そのものについて、いかにして超弦理論から実験的・観測的帰結を引き出すかは長年の課題である。超弦理論から我々の宇宙の実験・観測についてどのような知見が得られる可能性があるのか？またそのために何が必要なのか？本講演ではこれらの問いについての手がかりのいくつかを議論し、超弦理論の可能性について展望したい。

**Presenter:** 雅人, 山崎 (IPMU)

Contribution ID: 9

Type: **not specified**

## Belle II 実験の現状と展望

*Friday, 22 December 2023 10:10 (40 minutes)*

BelleII 実験は、電子 (7GeV)・陽電子 (4GeV) 衝突型加速器 SuperKEKB を用いて大量の B 中間子などを生成し、その崩壊を複合型検出器 BelleII で精密測定する実験で、前身の Belle 実験の 50 倍 (50ab<sup>-1</sup>) のデータ収集を目標としている。2019 年から現在まで世界最高ルミノシティ ( $4.7 \times 10^{34} / \text{cm}^2 / \text{s}$ ) と積分ルミノシティ 420fb<sup>-1</sup> を達成し、B、D、 $\tau$  崩壊の精密測定や、新粒子の直接探索、ハドロン物理等の様々な物理解析を行っている。本講演では、これまでに得られた成果と関連分野との位置づけ、高輝度化のための課題等について議論する。

**Presenter:** 太一朗, 古賀 (KEK)

Contribution ID: 10

Type: **not specified**

## 量子技術の素粒子実験への応用

*Friday, 22 December 2023 10:50 (40 minutes)*

量子ビットはエネルギー準位が制御可能できる人工原子としての側面を持ちつつ、デザイン次第では原子に比べてはるかに大きな結合定数を持つ。センサーとして高いポテンシャルを秘めているのは明らかである。同時にこれはノイズにも弱いことも意味するが、低ノイズ環境への追求は量子コンピューターの文脈でこの 20 年大きな飛躍を遂げ、電磁ノイズといった凡庸なノイズは効かないが面白いノイズ (コヒーレント光子・ダークマター・重力波 etc.) は見えるというオイシイ状況が凶らずも典型的な実験系で実現されている。単一マイクロ波光子検出、単一マグノン検出などの重要なマイルストーンが達成されている一方で、量子ビットの粒子センサーへの応用はまだ研究が初期段階である。このトークではこうした研究の現状と、量子ビットが近い将来大きなインパクトをもたらさうる素粒子実験の領域や、そこから外挿される長期展望について、ここまで研究してきた雑感を交えながら議論する。

**Presenter:** 詩遠, 陳 (ICEPP)

Contribution ID: 11

Type: **not specified**

## 重力波と天体と新物理

*Friday, 22 December 2023 13:00 (40 minutes)*

連星ブラックホールや連星中性子星が合体する際の重力波は LIGO を筆頭に地上重力波検出器によって多数検出されており、近年ではパルサータイミングアレイが低振動数での重力波背景放射の兆候を報告している。特に連星が関与する天体物理は不定性が大きく、いずれの重力波信号も標準的な物理で想定される天体物理のシナリオと整合的だと理解されている。今後は天体物理の理解自体が重力波の観測結果を参照する形で進み、整合性はより顕著なものとなり、翻って新物理が許される余地も限定的となることは一つのありうる未来であろう。本講演では、精密観測が得意とは言い難い宇宙観測の一つである重力波観測から、将来的にどうすれば新物理に迫ることができるか議論する。

**Presenter:** 浩太郎, 久徳 (京都大)

Contribution ID: 12

Type: **not specified**

## 一立方キロメートルニュートリノ望遠鏡の成果と次世代望遠鏡に向けた展望

*Friday, 22 December 2023 13:40 (40 minutes)*

高エネルギー宇宙ニュートリノは、宇宙のどこかで加速されている超高エネルギー宇宙線が天体内外の光や物質と相互作用することで生成される荷電パイオンの崩壊によって作られる。同時につくられる中性パイオンの崩壊からはガンマ線が出るので、ニュートリノ天文学と言う時は常に光を使った観測と組み合わせ、マルチメッセンジャー天文学として統合的に宇宙を理解するということを目指す。このような高エネルギー宇宙ニュートリノの観測目指し南極点に建設されたのが世界初となる一立方キロメートルの容量を持つ IceCube ニュートリノ望遠鏡である。北半球の地中海やバイカル湖でも同規模の望遠鏡の建設が進められている。本講演では IceCube の完成から約 10 年で得られた成果を紹介し、その成果を踏まえた将来展望について議論する。

**Presenter:** 安野, 石原 (千葉大)

Contribution ID: 13

Type: **not specified**

## CMB 実験の現状と今後の展望

*Friday, 22 December 2023 14:20 (40 minutes)*

宇宙マイクロ波背景放射（CMB）の精密観測による物理成果は、宇宙物理学のみならず素粒子物理学においても歴史的に大きなインパクトを与えてきた。観測装置の向上や実験の大型化によって、CMBの偏光観測による宇宙のインフレーションやニュートリノの絶対質量等の重要な課題に大きな進展を迎えつつある。本講演では、現行のCMB実験の現状と将来計画の進展を紹介しつつ、それらの物理成果がもたらす宇宙・素粒子物理学の新展開に関して議論する。

**Presenter:** 雄基, 櫻井 (岡山大)

Contribution ID: 14

Type: **not specified**

## Recent Progress and Future Prospects in Flavor Physics

*Friday, 22 December 2023 15:30 (1 hour)*

フレーバー物理は、弱い相互作用を通じて生じる理論誤差が小さいプロセスを、網羅的かつ精密に調べることでボトムアップ的に新物理を探る分野であり、その歴史は古い。また、現段階で CP の破れを観測できる唯一の手法である。物質反物質非対称性の謎やフレーバー構造の起源に迫ることを目標としている。近年、実験技術の進歩と格子 QCD 計算の改良により多くの不定性が改善されたことで、新物理への感度が高まり、さらにはいくつかのアノマリーが報告されている。本講演ではこのような背景を基に、最先端のフレーバーの理論とその未来の展望をいくつか紹介するとともに、現在特に注目されている B アノマリーの物理について議論を行う。

Flavor physics is the field that explores new physics in a bottom-up approach by comprehensive and precise measurements of processes that occur through weak interactions, leading to small theoretical uncertainty. Flavor physics is also the only method that can observe CP violation at this moment. The goal is to explore the mysteries of matter-antimatter asymmetry and the origin of flavor structures. In recent years, progress in experimental techniques and improvements in lattice QCD simulations have boosted sensitivity to new physics, and even reported several flavor anomalies. Based on this background, I will present some of the recent flavor theories and their future prospects, and also discuss physics related to B anomaly, which is currently attracting particular attention.

**Presenter:** 鉄平, 北原 (中国科学院)

Contribution ID: 15

Type: **not specified**

## ミューオン稀崩壊探索実験の現状と展望

*Friday, 22 December 2023 16:50 (40 minutes)*

ミューオン電子転換過程は荷電レプトンフレーバー保存を破る過程 (CLFV) であり、標準理論ではニュートリノ質量を考慮したとしても到底実験で観測できるレベルの崩壊分岐比にはならない。すなわち、発見すれば直ちに新物理を示唆する。ミューオン電子転換過程探索実験は現在 J-PARC の COMET 実験、FNAL の Mu2e 実験が準備を進めている状況で、双方ともいよいよ近い将来に実験開始予定である。本講演では、主に COMET 実験の現状について紹介し、Mu2e の状況や他のミューオン CLFV 実験について、さらに将来の展望について議論する。

**Presenter:** 一樹, 上野 (大阪大)

Contribution ID: 16

Type: **not specified**

## K 中間子の稀崩壊探索実験の現状と展望

*Friday, 22 December 2023 17:30 (40 minutes)*

K 中間子を用いた実験として、稀崩壊事象である  $K \rightarrow \pi \nu \nu$  の精密測定を通じた新物理の探索が欧州と日本で進められている。この崩壊では s クォークが d クォークにフレーバーを変える中性カレントによって遷移する。標準理論の枠内では小林益川行列の特異な構造により遷移確率が抑えられている上、理論的な不定性が小さいために、新物理の探索に有益なモードとなっている。本公演では、現在進行中の CERN の NA62 実験と J-PARC の KOTO 実験の成果とこれらの将来実験の展望について議論を行う。

**Presenter:** 公志, 塩見 (KEK)

Contribution ID: 17

Type: **not specified**

## 観測的宇宙論: 大規模銀河サーベイの現状と将来 (zoom)

*Saturday, 23 December 2023 10:10 (40 minutes)*

宇宙マイクロ波背景放射の精密測定を始めとする天文学観測技術の飛躍的な発展によって、宇宙のエネルギー密度のうち、既知の物質はたった約5%しかなく、残りの約26%は未知の物質である暗黒物質、約69%は加速膨張を引き起こす未知のエネルギーである暗黒エネルギーであることがわかった。宇宙の暗黒成分の正体を探るため、世界中で多くのサーベイ観測が実行・計画中である。宇宙の大規模構造は暗黒物質による引力と、暗黒エネルギーによる加速膨張とのせめぎ合いの下で形成される。よって、大規模構造の時間発展を測定することで、暗黒成分の性質を調べることができる。本講演では、すばる望遠鏡超広視野主焦点カメラ Hyper Suprime-Cam による広視野深宇宙サーベイデータの弱重力レンズ効果精密測定による最新の結果を中心に、他の競合するサーベイの成果や将来計画について解説する。

**Presenter:** 広直, 宮武 (名古屋大)

Contribution ID: 18

Type: **not specified**

## 波動的な性質を持つ軽いダークマターの探索実験の現状と展望

*Saturday, 23 December 2023 09:30 (40 minutes)*

今まで、素粒子実験におけるダークマターといえば、粒子的な描像を持つ **Weakly Interacting Massive Particle (WIMP)** が活発に探索されてきたが、まだその証拠が得られていないことから、様々なモデルのダークマター候補が探索されるようになってきている。その中でも、特に活発に探索されているのが、アクシオンやダークフォトンといった波動的な性質を持つ **eV** 以下の軽いダークマターである。本講演では、わたしが行なっている **DOSUE-RR (Dark-photon dark-matter Observing System for Un-Explored Radio-Range)** の話をベースに、昨今行われているアンテナを利用したダークマター探索の現状と展望を話す。

**Presenter:** 俊介, 安達 (京都大)

Contribution ID: 19

Type: **not specified**

## ILC のこれまでと今後、大型計画の生みの苦しみ

*Saturday, 23 December 2023 10:50 (40 minutes)*

ILC の源流となる電子陽電子線形コライダーは 80 年代にさかのぼる。その後 40 年にわたり計画は変遷しながらも本質は変わらず、国内では 20 年以上ずっと (少なくとも公式には) トッププライオリティの計画であり、海外からも実現を期待されながら明確な日の目を見ることはなく今日に至り、今ふたたびヒッグスファクトリーの一つとして国際競争のさなかにある。

なぜこれまで実現しなかったのか、これからどうするのかについてはここ数年将来計画委員会等でも議論が活発に行われてきた。その議論も踏まえて、個別の観点よりもできるだけ大型計画の実現という一般的な課題に関するケーススタディとしてこの問題に関する私見を述べ、皆様のさらなる議論のきっかけにしたい。(物理の話も少しはします)

**Presenter:** 大幹, 末原 (ICEPP)

Contribution ID: 20

Type: **not specified**

## 電子 EDM 探索の今と未来

*Saturday, 23 December 2023 13:00 (40 minutes)*

電子の電気双極子モーメント (EDM) は時間反転対称性を破る存在であり、標準模型から予測される値は非常に小さい。したがって標準模型の予想より大きな有限値の電子 EDM を観測することができれば、新物理の間接的な証拠となる。近年では原子や分子を用いた電子 EDM 探索が盛んに行われており、すでに既存の加速器実験を超えるエネルギー領域に対しても制限を与えつつある。本講演では、冷却された極性分子 ThO のビームを用いる ACME 実験の現状に加え、現行実験・将来計画についても紹介し、電子 EDM 探索の展望について議論する。

**Presenter:** 綾美, 平本 (岡山大)

Contribution ID: 21

Type: **not specified**

## 低速中性子を用いた基礎物理実験の現状と展望

*Saturday, 23 December 2023 13:40 (40 minutes)*

中性子は電荷を持たず約 15 分という長寿命を持つため、電気相互作用の影響を受けずに精密に相互作用の検証を行うことができるプローブである。特に波動性が顕著に表れ光学的に制御することが可能な低速中性子は、次に述べるような種々の基礎物理実験に用いられている。中性子 EDM の存在は時間反転対称性を破り、CPT 保存を仮定すればこれは CP 対称性の破れと同義である。標準理論における計算値は現在の観測精度に比べ桁違いに小さいため、クリーンな環境で新物理の検証が行える。中性子が原子核に吸収された際の複合核反応において離散的対称性が増幅する場合があります、これを用いた時間反転対称性の検証実験も行われている。中性子ベータ崩壊寿命はビッグバン元素合成や小林-益川理論におけるユニタリー性の検証にとって重要な物理量である。重力場中の中性子の波動的振る舞いから既知の相互作用からのずれを観測することによって未知短距離力を検証することもできる。

これらの低速中性子を用いて観測できる物理量やその測定手法についての現状についてのレビューを行い、観測技術の向上や将来の展望について議論する。

**Presenter:** 真介, 川崎 (KEK)

Contribution ID: 22

Type: **not specified**

おわりに

*Saturday, 23 December 2023 14:20 (20 minutes)*

**Presenter:** 将志, 横山 (東京大)

Contribution ID: 23

Type: **not specified**

懇親会

*Thursday, 21 December 2023 18:30 (2 hours)*

Contribution ID: 24

Type: **not specified**

## 挨拶 (on line)

*Thursday, 21 December 2023 13:00 (5 minutes)*

**Presenter:** 直人, 斎藤

Contribution ID: 25

Type: **not specified**

## ミュオン冷却と加速の現在と将来展望

*Saturday, 23 December 2023 09:00 (30 minutes)*

ミュオンの冷却と加速によって得られる高品質のミュオンビームは、既存のミュオンビームでは不可能であった素粒子実験を可能にする新しい技術であり、精密測定実験からミュオンコライダーを目指したもので世界中で開発が行われている。日本では J-PARC で進行中のミュオン  $g-2/EDM$  実験の根幹をなす技術として熱ミュオニウムのレーザーイオン化による正ミュオンの冷却と線形加速器による再加速の開発が進んでいる。本講演では J-PARC ミュオン  $g-2/EDM$  実験での開発を中心に、海外で行われている開発にも触れながら、ミュオン冷却と加速技術の現在、そしてその将来展望について講演する。

**Presenter:** 修星, 上岡 (KEK)

Contribution ID: 26

Type: **not specified**

アンケート

*Saturday, 23 December 2023 14:40 (10 minutes)*