

## 2022 年度 素粒子・宇宙論研究室

### 1. メンバー

教授 鈴木久男  
教授 小林達夫  
准教授 瀬戸治  
講師 末廣一彦

DC3 見村優太、内田光、Cristpher Chune

DC2 菊地渉太

DC1 徐明浩、那須海渡、戸田陽、

MC2 高田翔平、高井勇司、山本伊吹

MC1 原田基矢、富澤凌、佐久間陸、白井孝佳、愛甲泰大、河合俊毅、  
K. A. ShivaShnker

B4 中島恭仁夫、横山信吾、西尾勇哉、吉田新佑、Tim Jeric

### 2. 研究成果

%%%%%%%%

Mass matrices and CP violation in modular flavor symmetric models

(小林達夫、内田光、菊地渉太)

モジュラーフレーバー対称性をもつ模型において、クォークに質量行列の構造やCPの破れの構造を系統的に解析した。

%%%%%%%%

Quark and lepton flavor structure in magnetized orbifold models

(小林達夫、内田光、菊地渉太)

背景磁場をもつオービフォルドコンパクト空間上の超弦理論から導出されるクォーク・レプトンのフレーバー構造を解析し、現実的なクォーク・レプトンの質量と混合角の導出を行った。

%%%%%%%%

Index theorem on magnetized blow-up manifold of  $T^2/\mathbb{Z}_N$  (小林達夫、内田光)

滑らかな多様体上のゼロモード数の解析には、インデックス定理が有効である。しかし、オービフォルドは特異点をもつコンパクト空間なので、インデックス定理を直接適応することができない。この研究においては、オービフォルドの特異点を滑らかに変形した多様

体上でのインデックス定理の適応を提案し、オービフォルド上のゼロモード数と一致することを示した。

%%%%%%%%

Magnetized T4/ZN orbifold models (小林達夫、内田光、菊地渉太、那須海渡、高田翔平)  
背景磁場をもつT4/ZN オービフォルド上のゼロモード数の解析を系統的に行った。今回は、2次元の直積で表すことができないT4/ZN オービフォルド空間を解析した。このゼロモード数は、クォーク・レプトンの世代数に対応する。

%%%%%%%%

Quark masses and mixing angles in modular flavor symmetric models without fine-tuning  
(小林達夫、内田光、菊地渉太、那須海渡、高田翔平)

モジュラーフレーバー対称性をもつ模型において、モジュラの特別な点近傍では、湯川結合が階層的な値をとることを利用し、Gamma6,  $A4^3$  模型において、湯川結合の係数を恣意的に調整するのではなく、クォークに質量比と混合角を導出する模型を提案した。

%%%%%%%%

Modular weights in low-energy effective field theory from string theory  
(小林達夫、内田光、菊地渉太、那須海渡、高田翔平)

弦理論から導かれる低エネルギー理論において、モジュラーウェイトは重要な役割をする。様々なコンパクト化においてモジュラーウェイトが計算されているが、今回は背景磁場をもつコンパクトのモジュラーウェイトを解析し、そのウェイトが局所的な磁場や曲率に依存することを示した。さらに他のコンパクト化との対応を吟味した。

%%%%%%%%

電子質量の時間変化とビッグバン元素合成の整合性 (瀬戸治、戸田陽)

ハッブル定数不一致の問題の解決の有望なシナリオである電子質量が時間変化するシナリオについて、ビッグバン元素合成での軽元素合成の成否を研究した。

%%%%%%%%

Lepton flavor violation constraints on radiative neutrino mass models (瀬戸治)

量子補正によって小さなニュートリノ質量を説明する模型についてレプトンフレーバーの破れからくる制限を精査し、模型に現れる新粒子の質量の上限を導いた。

%%%%%%%%

Extra U(1) interacting dark matter (瀬戸治)

エクストラ U(1) ゲージ相互作用する暗黒物質の制限と検出可能性を評価した。

%%%%%%%%

Dirac gaugino model in 5D theory (瀬戸治)

ディラックゲージノ模型を5次元理論で構築した。

%%%%%%%%

クロモナチュラルインフレーションの暗黒輻射制限 (瀬戸治)

将来のCMB 観測による暗黒輻射制限から、隠れたゲージ場による重力波生成機構を制限できることを示した。

%%%%%%%%

Chiral  $Z'$  model in beam dump experiments (アリンダムダス、瀬戸治)

カイラルな相互作用をする中性ゲージ粒子に関する各種ビームダンプ実験による制限を包括的に調べ、また、将来実験におけるパラメーターの探査可能領域を明らかにした。

%%%%%%%%

Two component dark matter in context of a chiral  $U(1)$  extension of SM (A. Das)

%%%%%%%%

Heavy Majorana neutrino pair production from  $Z'$  at hadron and lepton colliders (A. Das)

We have studied pair production of heavy right handed neutrinos at the LHC and  $e-e^+$  colliders to study the Majorana nature of the neutrinos following same sign dilepton and trilepton scenarios involving fat-jets. In this case we use the chiral framework of a general  $U(1)$  extended SM choosing  $Z'$  as the mediator for the heavy right handed neutrino production mechanism.

%%%%%%%%

Charged Higgs induced 5 and 6 lepton signatures from heavy neutrinos at the LHC (A. Das)

Chiral  $Z'$  scenarios sometimes involve second Higgs doublet which under a special arrangement of the  $U(1)$  charges become neutrinophilic having 100% branching ratio into heavy right handed neutrino and charged lepton which can manifest a five and six lepton rare final state at the LHC which we have pointed out for the first time in a chiral scenario involving  $Z'$ .

%%%%%%%%

Multi muon/anti0muon signals via productions of gauge and scalar bosons in a  $U(1)_{\{L_{\mu}-L_{\tau}\}}$  model at muonic colliders (A. Das)

Phenomenological analysis in the context of a future muon collider has been started these days because muon mass helps the collider to reach at high energy at low radiation. We proposed a search strategy for a flavored  $L_{\mu}-L_{\tau}$  scenario where we studied associated production of scalar field with gauge field

### 3. 成果発表 (レフェリー制のあるジャーナルには \* 印を付ける)

<原著論文>

%%%%%%%%

T. Kobayashi, H. Okada, Y. Orisaka,

“Dark matter stability at fixed points in modular  $A_4$  symmetry”

Phys. Dark Univ. 37 (2022) 101080 \*

%%%

S. Kikuchi, T. Kobayashi, H. Otsuka, M. Tanimoto, H. Uchida, K. Yamamoto,

“4D modular flavor symmetric models inspired by a higher-dimensional theory”

Phys. Rev. D106 (2022) 3, 035001 \*

%%%

S. Kikuchi, T. Kobayashi, K. Nasu, H. Uchida, S. Uemura,

“Modular symmetry anomaly and nonperturbative neutrino mass terms in magnetized orbifold models” , Phys. Rev. D105 (2022) 11, 116002 \*

%%%

S. Kikuchi, T. Kobayashi, K. Nasu, H. Uchida,

“Classification of magnetized T4 and T4/Z2 orbifold models”

JHEP 08 (2022) 256. \*

%%%

S. Kikuchi, T. Kobayashi, K. Nasu, H. Otsuka, S. Takada, H. Uchida,

“Modular symmetry of soft supersymmetry breaking terms”

PTEP 2022 12, 123B02. \*

%%%

T. Kobayashi, H. Otsuka, M. Tanimoto, K. Yamamoto,

“Lepton flavor violation, lepton  $(g-2)_{\mu, e}$  and electron EDM in the modular symmetry”

JHEP 08 (2022) 013. \*

%%%

S. Kikuchi, T. Kobayashi, M. Tanimoto, H. Uchida,

“Mass matrices with CP phase in modular flavor symmetry”

PTEP 2022(2022) 11, 113B07. \*

%%%

K. Hoshiya, S. Kikuchi, T. Kobayashi, H. Uchida,

“Quark and lepton flavor structure in magnetized orbifold models at residual modular symmetric points” , Phys. Rev. D 106 (2022) 11, 115003. \*

%%%

S. Kikuchi, T. Kobayashi, K. Nasu, S. Takada, H. Uchida,

“Quark hierarchical structures in modular symmetric flavor models at level 6”

Phys. Rev. D 107 (2023) 5, 055014. \*

%%%

K. Asai, A. Das, J. Li, T. Nomura, O. Seto.

“Chiral Z’ in FASER, FASER2, DUNE, and ILC beam dump experiments”,

Phys. Rev. D 106, no.9, 095033 (2022). \*

%%%%%%%%

S. Eijima, O. Seto, T. Shimomura.

“Revisiting sterile neutrino dark matter in gauged U(1)<sub>[B-L]</sub> model”,

Phys. Rev. D 106, no.10, 103513 (2022). \*

%%%%%%%%

N. Okada, O. Seto.

“Dirac dark matter, dark radiation, and the type-II seesaw mechanism in alternative U(1)<sub>X</sub> standard model”,

Phys. Rev. D 105, no.12, 123512 (2022). \*

%%%%%%%%

O. Seto, T. Shindou, T. Tsuyuki.

“Lower bounds on lepton flavor violating branching ratios in a radiative seesaw model”,

Phys. Rev. D 105, no.9, 095018 (2022). \*

%%%%%%%%

H. Nakano, M. Sato, O. Seto, T. Yamashita.

“Dirac gaugino from grand gauge-Higgs unification”,

Prog. Theor. Exp. Phys., 2022, no.3, 033B06 (2022). \*

%%%%%%%%

M. Kakizaki, M. Ogata, O. Seto.

“Dark radiation in spectator axion-gauge models”,

Prog. Theor. Exp. Phys., 2022, no.3, 033E02 (2022). \*

%%%%%%%%

W. Cho, K. Choi, O. Seto.

“Sterile neutrino dark matter with dipole interaction”,

Phys. Rev. D 105, 015016 (2022). \*

%%%%%%%%

A. Das, S. Gola, S. Mandal, N. Sinha,

“Two-component scalar and fermionic dark matter candidates in a generic U(1)<sub>X</sub> model”

Phys. Lett. B829 (2022) 137117. \*

%%%%%%%%

A. Das, S. Mandal, S. Shil,

“Heavy Majorana neutrino pair production from  $Z'$  at hadron and lepton colliders”,  
Phys. Rev. D 105 (2022) 9, 9. \*

<会議抄録等>

%%%%%%%%

A. Das,

“Proving the minimal  $U(1)X$  model at future electron-positron colliders via the  
fermion pair-production channel”

NuFact2021(2022)185 and EPS20212(PoS EPS-HEP2021 (2022) 622.

%%%%%%%%

A. Das,

“Testing the neutrino mass generation mechanism at the future colliders”

PoS EPS-HEP2021 (2022) 249.

<著書> 《単著》

《共著》

T. Kobayashi, H. Ohki, H. Okada, Y. Shimizu, M. Tanimoto

“An Introduction to Non-Abelian Discrete Symmetries for Particle Physicists”

Second edition, Springer

《編著》

4-1. 学術講演（国際学会・国際シンポジウム）（発表者に \* 印を付ける）（開催年月  
日を入れる）

<基調講演>

<招待講演>

%%%%%%%%

T. Kobayashi

“Modular flavor symmetry from string-theoretical viewpoint”’,

at the APCTP workshop “Recent development of modular flavor symmetry”’,

(online) Pohang, South Korea, Nov. 24-25, 2022

%%%%%%%%

T. Kobayashi

“Stringy modular flavor symmetries”’,

at 2023 Winter-I NRF-JSPS Workshop in particle physics, cosmology, and gravitation,

Sapporo, Jan. 16-18, 2023

%%%

T. Kobayashi

``Quark mass hierarchy in modular flavor symmetric models'',  
at the APCTP workshop ``Recent development of modular flavor symmetry'',  
(online) Pohang, South Korea, Mar. 14-15, 2023

%%%

岡田宣親、瀬戸 治 \*

``The type-II seesaw mechanism in alternative gauged  $U(1)_X$  and dark sector''  
18th International Conference of Computational Methods in Sciences and Engineering,  
イラクリオン/ハイブリッド、ギリシャ、2022年10月26-29日

%%%

瀬戸 治 \*, 戸田 陽

``CMB and BBN constraints on the variation of the electron mass''  
2022 Summer NRF-JSPS Workshop in particle physics, cosmology, and gravitation、南  
原、韓国/松本、2022年7月6-8日

%%%

尾形優仁、柿崎充、瀬戸 治 \*

``Dark radiation constraints on hidden gauge-axion system''  
2022 winter NRF-JSPS Workshop in particle physics, cosmology, and gravitation、釜  
山、韓国/online、ハイブリッド、2022年2月22-24日

%%%

<一般講演> 《口頭発表》

%%%

尾形優仁、柿崎充、瀬戸 治 \*

``Dark radiation constraints on hidden gauge-axion system''  
16th International Workshop on the Dark Side of the Universe/2nd Gordon Godfrey  
Workshop on Astroparticle Physics、シドニー、オーストラリア、2022年12月5-9日

%%%

永島伸多郎、瀬戸 治 \*, 下村 崇

``Gauged B-L interacting sterile neutrino dark matter revisited''  
7th IBS-ICTP-MultiDark Workshop、大田、韓国、2022年11月28日-12月2日

%%%

岡田宣親、瀬戸 治 \*

``Minimal type-II seesaw model with alternative  $U(1)_X$  and cosmology''  
International Conference on Neutrinos and Dark Matter (NuDM-2022)、シャルム・エル・

シェイク、エジプト/オンライン、2022年9月25–28日

%%%%%%%%

永島伸多郎、瀬戸 治 \*、下村 崇

``Gauged B-L interacting sterile neutrino dark matter revisited``

COSMO 22、リオデジャネイロ、2022年8月22–26日

%%%%%%%%

瀬戸 治 \*、進藤哲央、露木 孝尚

``Various bounds on a three-loop radiative seesaw model``

Physics in LHC and Beyond、松江、2022年5月12–15日

%%%%%%%%

菊地渉太, “Texture zeros of quark mass matrices at the fixed point  $\tau=i$  in modular flavor symmetry” APCTP workshop(オンライン)、2022年11月24日(30分)

%%%%%%%%

瀬戸治, 戸田陽

Varying electron mass solution to the Hubble tension and Big Bang Nucleosynthesis  
Canary Islands Winter School of Astrophysics, 21 November – 2 December 2022, La Laguna, Tenerife, Spain

%%%%%%%%

#### 《ポスター発表》

4-2. 学術講演（国内学会・国内その他）（発表者に \* 印を付ける）

#### <招待講演>

%%%

内田光、

“Anomaly structure of finite discrete symmetries”、  
新ヒッグス勉強会第33回定例会、2022年5月7日、大阪大学

%%%%%%%%

#### <一般講演> 《口頭発表》

%%%%%%%%

岡田宣親、瀬戸 治 \*

``Minimal type-II seesaw model with alternative U(1)<sub>X</sub> and cosmology``

日本物理学会 2022 年秋季大会、岡山、2022 年 9 月 6–8 日

%%%%%%%%

Wonsub Cho、Ki-Young Choi、瀬戸 治 \*

``Sterile neutrino dark matter with dipole operator``

日本物理学会第 77 回年次大会、オンライン、2022 年 3 月 15–19 日



%%%%%%%%%

内田光、  
“Localized mode on magnetized blow up manifolds of  $T^2/Z_N$  orbifolds”、  
基研研究会 場の理論と弦理論 2022、2022 年 8 月 22 日、オンライン

%%%%%%%%%

菊地渉太、小林達夫、谷本盛光、内田光、  
“CP violation in modular flavor models”、  
日本物理学会 2022 年秋季大会、2022 年 9 月 6 日、岡山理科大学

%%%%%%%%%

星谷幸毅、<sup>①</sup>菊地渉太、小林達夫、内田光、(北大理)、 “Quark and lepton flavor structures in the vicinity of S-symmetric vacuum of magnetized orbifold models” 日本物理学会 2022 年秋季大会(岡山理科大学)、2022 年 9 月 6 日(15 分)

%%%%%%%%%

<sup>①</sup>菊地渉太、小林達夫、谷本盛光<sup>A</sup>、内田光、(北大理、新潟大<sup>A</sup>)、 “モジュラーフレーバー対称性の固有値  $\tau = \omega$  におけるクォーク質量行列のテクスチャーゼロ” 日本物理学会 2023 年春季大会(オンライン)、2023 年 3 月 25 日(15 分)

%%%%%%%%%

瀬戸治、戸田陽  
電子質量の時間変化モデルに関する BBN 制限  
日本物理学会、9/6、岡山理科大学

%%%%%%%%%

菊地渉太、小林達夫、○那須海渡、高田翔平、内田光  
背景磁場をもつ  $T^4/Z_N$  オービフォルドモデルにおけるフェルミオンゼロモードとモジュラー変換  
日本物理学会 2022 年秋季大会  
岡山県岡山市、岡山理科大学 (岡山キャンパス) 2022 年 9 月 7 日

%%%%%%%%%

那須海渡  
Magnetized  $T^4/Z_N$  orbifold model  
KEK, 2022 年 11 月 29 日

%%%%%%%%%

菊地渉太、小林達夫、○那須海渡、高田翔平、内田光  
Phenomenological aspects of toroidal compactification with magnetic fluxes  
日本物理学会 2023 年春季大会、2023 年 3 月 25 日 (オンライン)

%%%%%%%%%

菊地渉太、小林達夫、那須海渡、大塚啓、○高田翔平、内田光

ソフトな超対称性の破れの項に関するモジュラー対称性

日本物理学会 2022 年秋季大会

岡山県岡山市、岡山理科大学（岡山キャンパス）2022 年 9 月 7 日

%%%%%%%%%

菊地渉太，小林達夫，那須海渡，○高田翔平，内田光

背景磁場をもつ T2n/ZN オービフォールド模型

日本物理学会 2023 年春季大会、2023 年 3 月 25 日（オンライン）

%%%%%%%%%

### 《ポスター発表》

#### 5. 国際学会および国際シンポジウムの組織で（開催年月日を入れる）

<主催（委員長）>

<組織・運営委員>

<座長>

#### 6. 在外研究

#### 7. 科研費、助成金等の取得状況

%%%%%%%%%

瀬戸治（研究代表者）

新学術領域研究（研究領域提案型）（公募研究）

2021-2022 “不活性ニュートリノ暗黒物質の間接検出可能性”

90 万円

%%%%%%%%%

瀬戸治（研究代表者）

基盤研究(C)（一般）

2019-2023 “重力波による右巻きニュートリノ質量の解明”

0 万円（延長・繰り越しのため）

%%%%%%%%%

瀬戸治（研究分担者）

基盤研究(C)（一般）（代表者 中野博章・新潟大）

2019-2022 “ヒッグス質量が示唆する大統一理論と陽子崩壊の研究”

0 万円（繰り越しのため新規分担金なし）

%%%%%%%%%

内田光

研究種目名：特別研究員奨励費

課題番号：20J20388

研究課題名：

「超弦理論におけるコンパクト空間の幾何学から導かれる素粒子現象論的性質について」

研究期間：令和2年度～令和4年度

2020年度：80万円

\*次年度使用による追加額：57万円（計：137万円）

## 8. その他

\*\*\*\*\*

作成上のお願い

1. 成果発表や学術講演の関係は例年どおり、年(1月～12月)です。
2. 「7. 科研費、助成金等の取得状況」には、シンポジウム開催経費・設備更新費など、取得した全ての経費を含みます。
3. その他には、受賞、表彰、外国の科学アカデミー会員、学会および学外の研究組織の役職、特異な研究活動などを書いてください。

部門長 根本 幸児

運営委員 末廣 一彦