

令和6年度高性能汎用計算機高度利用事業  
「富岳」成果創出加速プログラム  
「超大規模格子QCDによる新物理探索と次世代計算に向けた  
AI技術開発」  
成果報告書

令和7年5月30日  
国立大学法人筑波大学

山崎 剛

## 目次

1. 補助事業の目的.....	- 1 -
2. 令和6年度（報告年度）の実施内容.....	- 1 -
2-1. 当該年度（令和6年度）の事業実施計画.....	- 1 -
2-2. 実施内容（成果） .....	- 2 -
2-3. 活動（研究会の活動等） .....	- 7 -
2-4. 実施体制 .....	- 8 -
別添1 学会等発表実績.....	- 9 -

## 補助事業の名称

「富岳」成果創出加速プログラム

超大規模格子 QCD による新物理探索と次世代計算に向けた AI 技術開発

体系的番号： JPMXP1020230409

## 1. 補助事業の目的

「富岳」を用いた超大規模格子 QCD 計算により素粒子物理学で喫緊の課題である新物理探索に関係する物理量の精密計算を実施するとともに、次世代大規模格子 QCD 計算へ向けて、現在の大規模計算で顕在化した問題に対し、機械学習技術を応用した解決方法の開発研究を行う。

## 2. 令和 6 年度（報告年度）の実施内容

### 2-1. 当該年度（令和 6 年度）の事業実施計画

#### (1) 物理点超大規模格子 QCD による標準理論を超える新物理探索

u, d, s, c クォーク真空偏極効果を取り入れた、現実的クォーク質量かつ  $(10\text{fm})^3$  を超える巨大体積の超大規模格子 QCD 計算を「富岳」を用いて実施する。目標とする格子間隔 3 点 (0.085fm, 0.065fm, 0.045fm) での計算の内、令和 6 年度は格子間隔 0.065fm での基本物理量測定計算と結果解析を完了させるとともに、引き続き格子間隔 0.045fm でのゲージ配位生成計算と基本物理量測定計算を実施する。同時に、これまで生成したゲージ配位を用いて、K 中間子セミレプトニック崩壊形状因子計算および陽子崩壊行列要素計算と結果解析も実施する。

#### (2) 次世代格子 QCD へ向けた AI 技術開発

これまでの大規模格子 QCD 計算で顕在化したゲージ固定計算の長時間化および膨大なメモリ容量の問題に対する解決方法を、機械学習技術を応用し開発する。令和 6 年度は、長時間化の問題解決に向け、機械学習のインプットデータに対応するゲージ配位の対称性を取り入れたニューラルネットにより定式化した方法を用いて、ゲージ固定計算前処理法の開発を行い、ワークステーションを用いた小さな格子サイズでの試験計算を実施する。良好な結果が得られれば、機械学習を応用した計算のスケール調査、「富岳」用プログラム作成、「富岳」上テスト計算を実施する。また、クォーク逆行行列計算の機械学習を応用した計算高速化の定式化、プログラム作成、ワークステーションでのテスト計算を実施する。

#### (3) プロジェクトの総合的推進

本事業のアウトリーチを行うため令和 5 年度に開設した Web ページを用いて、本事業の研究目的、研究計画、研究成果などの平易な解説を行う。課題で得られた研究成果は速やかに学術論文としてま

とめ公表する。中間結果についても国際会議や国内研究会で積極的に発表を行う。また、各サブ課題による成果をまとめて発表するシンポジウムを令和5年度と同様に、他の基礎科学関連の「富岳」成果創出プログラム3課題と共同開催する。研究会には大学院生や若手研究者の参加を促すため、可能な限り旅費補助を行う。

## 2-2. 実施内容（成果）

### (1) 物理点超大規模格子 QCD による標準理論を超える新物理探索

令和4年度まで主に実行していた現実的クォーク質量直上で $(10\text{fm})^4$ を超える時空間体積を持つ2+1フレーバー格子QCDシミュレーション[1]（[]内数字は下記参考文献番号）を発展させ、2+1フレーバー計算で取り入れたアップ、ダウン、ストレンジクォーク真空偏極効果に加え、チャームクォーク真空偏極効果を取り入れた2+1+1フレーバー格子QCDシミュレーションを実行した。

新たに取り入れるチャームクォーク真空偏極効果は0.1%オーダーと予想されているが、標準模型を超える物理の間接的探索では1%よりも小さな不定性での計算が求められており、このような系統誤差をも取り除いた精密計算が望まれている。このような高精度計算を実行するため、本課題では異なる格子間隔3点（格子間隔, 格子サイズ）=  $(0.085\text{fm}, 128^4)$ ,  $(0.065\text{fm}, 168^4)$ ,  $(0.042\text{fm}, 256^4)$ でゲージ配位生成を計画している。このパラメータは2+1フレーバー計算結果との比較を念頭に置き、2+1フレーバー計算で生成したゲージ配位と同程度になるよう設定した。これらのゲージ配位は、HPCI戦略プログラム分野5において「京」コンピュータを用いて生成された $96^4$ 格子サイズの配位[2]と比較してそれぞれ3.2, 9.4, 50.6倍の格子体積を有している。現在の典型的な格子QCD計算が $(5\sim 6\text{fm})^4$ の体積で行われていることを考えると、本課題計算は格段に大きな時空間体積でのシミュレーションである。現在の日本国内において、このような巨大な、特に $256^4$ 格子サイズのようなゲージ配位生成および以下で記述する物理量計算を実行できる計算機環境は「富岳」のみしか存在しない。令和2年度以前と比べ、「富岳」を用いることで10倍以上となった本研究グループで利用可能な計算機資源と、「富岳」に合わせ最適化・高速化したコードにより、このような大規模シミュレーション実行が初めて可能となった。

令和5年度生成した $128^4$ 格子サイズのゲージ配位[3]に続き、令和6年度は $168^4$ 格子サイズのゲージ配位生成を実施した。本計算は「富岳」の2744ノードを用いた長時間ジョブを逐次的に実行する必要があったが、1つのジョブ終了後に次のジョブが開始されるまで長時間待たされることが頻発し、計算が予定通り進まない問題が発生した。この問題を軽減する方法を文科省やRIST関係者、「富岳」管理者からの助言により把握でき、この方法を用いることで $168^4$ 格子サイズゲージ配位生成は令和6年度内に完了することができた。

$168^4$ 格子サイズゲージ配位を用いて計算した種々のハドロン質量結果と実験値との相対差を図1に示す。実験値に対応に対応する横破線と我々の計算結果は概ね2%程度以内で一致する結果となっている。緑印と赤印のチャームクォークを含む中間子の一部が実験値からやや離れているのは、有限

格子間隔による系統誤差と考えられる。実際に、格子間隔の大きな  $128^4$  格子サイズの結果[3]と比較すると、これらの差は小さくなっていることが確認できている。

また、それだけではなく、 $168^4$  格子サイズゲージ配位を用いてキャビボ-小林-益川クォーク混合行列要素  $|V_{us}|$  の決定に不可欠な、K 中間子セミレプトニック崩壊形状因子計算を実行した。図 2 には、 $|V_{us}|$  の決定に重要となる K 中間子セミレプトニック崩壊形状因子のゼロ運動量移行を、格子間隔二乗に対して図示した。 $a^2=0.004\text{fm}^2$  のデータ(赤丸、赤四角)が  $168^4$  格子サイズから得られた結果であり、統計誤差 0.2%以下の高精度結果となっている。同程度の格子間隔の 2+1 フレーバー計算結果(黒丸、黒四角)[4]とは統計誤差の範囲で一致する結果となっており、予想通りチャームクォーク効果は小さいことが期待される。令和 7 年度に生成される  $256^4$  格子サイズのゲージ配位を用いて、K 中間子セミレプトニック崩壊形状因子計算を実施し、その結果を取り入れた解析を行うことで、格子間隔ゼロの連続極限での結果を求めることが最終的な目標である。

一方、2+1 フレーバーの K 中間子セミレプトニック崩壊形状因子計算は、図 2 の黒印で示すように、格子間隔 3 点での計算が完了[4]しており、格子間隔ゼロ外挿を行った暫定結果が得られている(図 2 ピンク印)。図 3 には、この結果を用いて得られた  $|V_{us}|$  が赤丸印で示してある。この結果は、実験結果と格子 QCD 計算の誤差を合わせても 0.3%程度の不定性という高精度決定となっている。我々の結果は、他グループの計算結果や別の K 中間子崩壊過程により決定された  $|V_{us}|$  ととも概ね一致している。一方で、灰色帯で示されている標準模型による  $|V_{us}|$  の予言値とは  $2\sigma$  ( $\sigma$ : 標準偏差) 程度の違いが見られているが、標準模型を超える物理探索のためには更なる精度向上が望まれる。

さらに、令和 5 年度生成を完了した 2+1+1 フレーバー  $128^4$  格子サイズのゲージ配位を用いて、標準模型を超える物理の直接的探索に関係する、陽子崩壊行列要素の計算も実施した。その計算結果の一部を図 4 に示す。本課題で得られた青丸の結果は目標としていた統計精度 10%を達成する結果とな

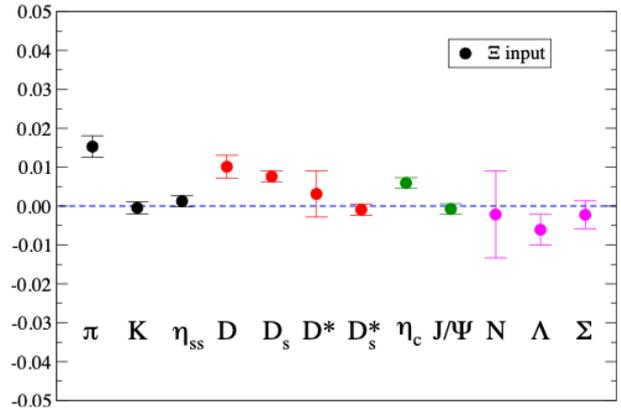


図 1: 2+1+1 フレーバー  $168^4$  格子サイズ計算から得られた各種ハドロン質量の実験との相対差。横破線は実験値に対応。

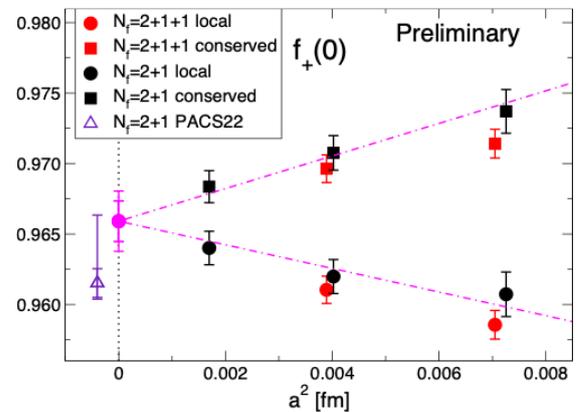


図 2: ゼロ運動量移行の K 中間子セミレプトニック崩壊形状因子の暫定結果。赤印が 2+1+1 フレーバー計算中間結果。黒印が 2+1 フレーバー計算結果。横軸は格子間隔二乗。点破線とピンク印は連続極限外挿結果[4]。紫印は大きな格子間隔 2 点を使った外挿結果[5]。

っている。また、2+1 フレーバー得られた緑星印の結果[6]とよく一致しており、この物理量に対してもチャームクォーク効果が小さいことが確認できた。本計算は現実的クォーク質量直上での計算結果であり、大きなクォーク質量の結果を用いたフィットから予測された結果(水色帯)とは誤差を超えて異なる結果となっている。この違いは現実的クォーク質量計算の重要性を示すものである。

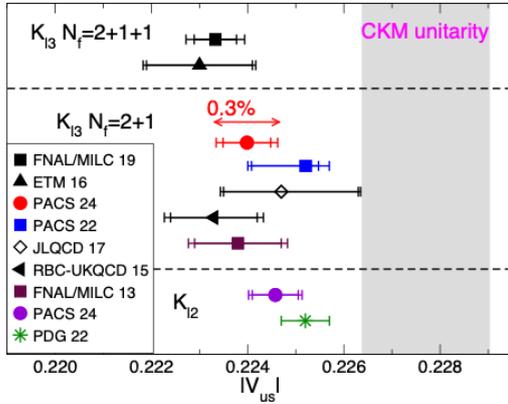


図 3: 2+1 フレーバー計算で得られた  $|V_{us}|$  の暫定結果(赤丸)と我々の以前の計算結果(青四角)。星印と紫丸は K 中間子レプトニック崩壊過程から決められた値。それ以外の黒色印は他グループの結果。灰色帯は標準模型の予言値。

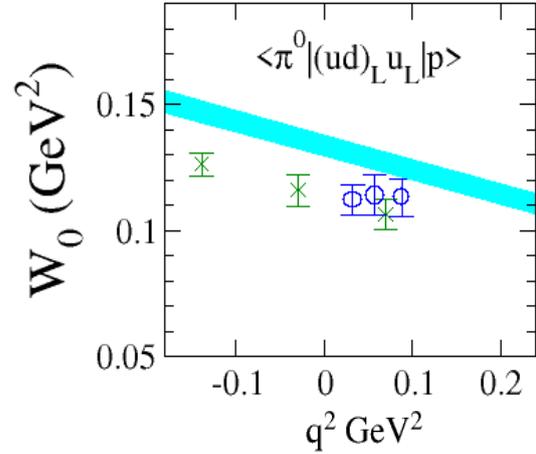


図 4: 陽子崩壊行列要素計算結果。青丸印が 2+1+1 フレーバー $128^4$ 格子サイズ計算、緑星印が 2+1 フレーバー計算の結果。水色帯は他グループによる大きなクォーク質量での計算結果からの予測。

## (2) 次世代格子 QCD へ向けた AI 技術開発

令和 6 年度の研究では、格子 QCD 計算の加速を目指し、AI 技術を用いた理論的探索を行った。具体的には、格子 QCD における計算は、モンテカルロ法によるゲージ配位の生成とゲージ配位から物理量を計算する段階に分かれている。その中で、ゲージ固定とソルバーの計算は計算時間のボトルネックとなっており、これらを AI 技術で高速化することが目的であった。

令和 6 年度は、格子ゲージ系に対して、ゲージ対称性を保ったトランスフォーマー型のニューラルネットワークを考案し実装した。このトランスフォーマー型ニューラルネットワークは、ゲージ対称性を保ちつつフェルミオンが持つ長距離相関を捉えることができるものである。これにより、自己学習モンテカルロ法として利用可能であることを確認した。これは実際の格子 QCD 計算に用いる事が可能なモデルである。

コード開発において直面した課題は、ニューラルネットワークの学習時に必要な誤差逆伝播法を実現するための自動微分の実装であった。令和 6 年度の研究においては、東京大学の永井とサブ課題責任者富谷の共同研究により、Julia 言語での実装を行った。開発パッケージは JuliaQCD [<https://github.com/JuliaQCD>]として公開を行った。

ゲージ固定の加速に関する研究はまだ進行中であり、ゲージ対称性を尊重したトランスフォーマ

ーを開発中である。これまでに定式化と簡単な実装は終了しており、従来法より高効率でゲージ固定を行うことができた。図 5 および図 6 にそれぞれ、考案した機械学習モデルと現在得られている予備的な結果を示す。このニューラルネットを改良し、ゲージ固定の計算をさらに高速化する予定である。また、様々なパラメータでの基礎データ収集が完了した後、「富岳」を利用した本格計算を実施する。

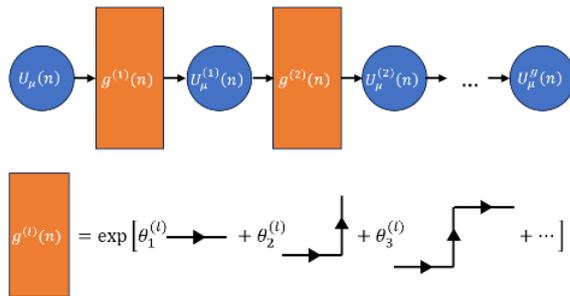


図 5: ゲージ固定のための機械学習モデル。ゲージ変換関数  $g$  を様々な長さのウィルソンラインの組み合わせで構成。

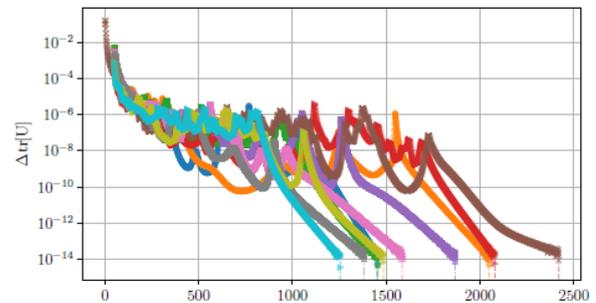


図 6: 様々な機械学習モデルと従来法（茶色）におけるゲージ固定の収束性の比較。横軸はゲージ変換の反復回数。

同様に、クォーク逆行列計算の加速に関する研究も進行中であり、以前使用していた Grid Python Toolkit から大規模数値計算に向けて Julia 言語に切り替えて実装を行い、ワークステーションでの試験計算を実施した。その他、ソルバーが必要な計算を削減することで物理量計算を加速することを目的として、勾配ブースティング決定木を用いた物理量推定モデルを作成した[7]。対象とした物理量はカイラル凝縮とその高次キュムラントで、これらは QCD の相構造を調べる上で重要な物理量である。例えば尖度の計算にはディラック行列の 1 乗から 4 乗までのトレースが必要となるが、1 乗のトレースをインプットとして 2 乗から 4 乗のトレースの推定を試みた。その結果、図 7 に示す通り、実際のデータをよく再現する機械学習モデルの作成に成功した。

令和 7 年度の計画としては、ゲージ対称性を保つトランスフォーマー型ニューラルネットの効率化・大規模化を行い、応用を行うことを目標とする。

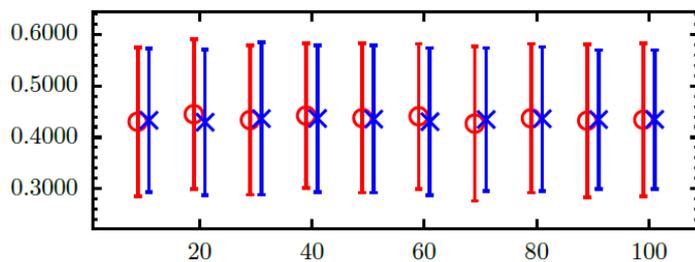


図 7: 機械学習モデルによるカイラル凝縮の尖度の推定値（赤）と実際のデータ（青）との比較。横軸は学習に用いたデータの割合。

### (3) プロジェクトの総合的推進

課題全体の進捗状況を踏まえ、その後の方針や課題全体に関する研究報告会、ミーティング開催についての検討を行った。実際に開催したミーティングと研究会等については、2-3にまとめた。特に令和6年度は、マインツ大学と格子場の理論に関する二国間セミナーを共催し、また若手研究者育成のため格子場の理論 夏の学校 2024 を開催した。また、課題目的、研究内容、実施体制の説明、および研究成果を発信するための課題ウェブページを作成し、研究成果発表などを行った際に随時更新を行った。

#### 参考文献

- [1] 山崎 剛, HPCI 研究成果令和4年度利用報告書, 「富岳」一般課題A期 hp220079, <https://www.hpci-office.jp/output/hp220079/outcome.pdf?1716801347>.
- [2] K.-I. Ishikawa, N. Ishizuka, Y. Kuramashi, Y. Nakamura, Y. Namekawa, Y. Taniguchi, N. Ukita, T. Yamazaki, and T. Yoshié (PACS Collaboration), Proceedings of Science (LATTICE2015), 075 (2016).
- [3] 山崎 剛, HPCI 研究成果令和5年度利用報告書, 「富岳」成果創出加速プログラム hp230199, [https://www.rist.or.jp/sc/report/r05/f409\\_r05.pdf](https://www.rist.or.jp/sc/report/r05/f409_r05.pdf).
- [4] T. Yamazaki, K.-I. Ishikawa, N. Ishizuka, Y. Kuramashi, Y. Namekawa, Y. Taniguchi, and N. Ukita (PACS Collaboration), arXiv:2412.05778, Proceedings of Science (LATTICE2024), 227.
- [5] K.-I. Ishikawa, N. Ishizuka, Y. Kuramashi, Y. Namekawa, Y. Taniguchi, N. Ukita, T. Yamazaki, and T. Yoshié (PACS Collaboration), Phys. Rev. D106, 9, 094501 (2022).
- [6] R. Tsuji, Y. Aoki, Y. Kuramashi, and E. Shintani (PACS Collaboration), arXiv:2501.13429, Proceedings of Science (LATTICE2024), 435.
- [7] Benjamin J. Choi, Hiroshi Ohno, Takayuki Sumimoto, Akio Tomiya, arXiv:2411.18170, Proceedings of Science (LATTICE2024), 330.

## 2-3. 活動（研究会の活動等）

### ● 課題全体定例ミーティング

ミーティングを概ね月2回オンラインで開催し、特に機械学習応用研究や研究会開催方針についての打ち合わせを行った

開催日：4/15, 5/10, 5/21, 6/3, 6/10, 6/26, 7/8, 7/11, 7/16, 8/6, 9/4, 10/4, 10/21, 11/5, 11/18, 12/9, 12/23, 1/17, 1/31, 2/18, 3/4

### ● 物理点超大規模格子 QCD による標準理論を超える新物理探索定例ミーティング

大規模格子 QCD に関する定例ミーティングを概ね週1回オンラインで開催した

開催日：4/5, 4/15, 4/22, 5/7, 5/14, 5/21, 5/28, 6/4, 6/11, 6/18, 6/25, 7/2, 7/9, 7/16, 7/23, 8/9, 8/21, 9/3, 9/20, 10/1, 10/11, 10/18, 11/1, 11/8, 11/18, 11/26, 12/3, 12/10, 12/17, 12/24, 1/16, 1/24, 1/31, 2/20, 3/7, 3/21, 3/28

### ● 次世代格子 QCD へ向けた AI 技術開発研究打ち合わせ

機械学習技術の格子 QCD 計算応用研究に関する研究打ち合わせを主に対面で行った

開催日：4/12, 4/25, 4/26, 5/13, 5/16, 5/30, 6/3, 6/5, 6/12, 6/18, 7/2, 7/8, 7/9, 7/10, 7/16, 7/17, 9/5, 10/9, 10/21, 11/1, 11/22, 12/16, 1/17, 2/20, 3/4, 3/18

### ● 格子場の理論 夏の学校 2024

分野振興、若手育成のため、格子場の理論に関する夏の学校を開催した

開催日：令和6年9月9日～9月13日

開催場所：筑波大学東京キャンパス(ハイブリッド)

参加者：280名(オンライン参加者含む)

研究会ホームページ：<https://akio-tomiya.github.io/latticeschool2024/>

### ● 日独国際ワークショップ

格子場の理論に関する二国間セミナー Garman Japanese seminar 2024 をマインツ大学と共催した

開催日：令和6年9月25日～9月27日

開催場所：マインツ大学

参加者：32名

研究会ホームページ：<https://indico.zdv.uni-mainz.de/event/16/overview/>

### ● 成果創出加速プログラム基礎科学5課題合同シンポジウム

素粒子・原子核・宇宙物理に関連する成果創出加速プログラム5課題合同のシンポジウムを開催し、各課題の進捗状況や研究成果の報告を行った

開催日：令和7年1月8日～10日

開催場所：アーバンネット神田カンファレンス(ハイブリッド)

参加者： 81 名

主催： 計算基礎科学連携拠点、『富岳』成果創出加速プログラム基礎科学 5 課題

共催： 筑波大学・計算科学研究センター、高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・理論センター

研究会ホームページ： <https://kds.kek.jp/event/52621/>

● JuliaQCD ライブラリ

Julia 言語で実装した格子 QCD ライブラリ公開

ウェブページ： <https://github.com/JuliaQCD>

● 課題研究内容、研究成果情報発信

課題目的、研究内容、実施体制の説明、および研究成果を発信するための課題ウェブページを作成し、随時更新を行った

ウェブページ： [https://www-het.ph.tsukuba.ac.jp/~latticeqcd\\_ai/latticeqcd\\_ai/](https://www-het.ph.tsukuba.ac.jp/~latticeqcd_ai/latticeqcd_ai/)

## 2-4. 実施体制

業務項目	担当機関	担当責任者
(1) 物理点超大規模格子 QCD による標準理論を超える新物理探索	筑波大学 茨城県つくば市天王台一丁目 1 番 1	山崎 剛
(2) 次世代格子 QCD へ向けた AI 技術開発	東京女子大学 東京都杉並区善福寺二丁目 6 番 1	富谷 昭夫
(3) プロジェクトの総合的推進	筑波大学 茨城県つくば市天王台一丁目 1 番 1	山崎 剛

## 別添 1 学会等発表実績

### 1. 学会誌・雑誌等における論文掲載

No.	掲載した論文（発表題目）	発表者氏名	発表した場所（学会誌・雑誌名等）	発表した時期
1	JuliaQCD: Portable lattice QCD package in Julia language	Yuki Nagai, Akio Tomiya	arXiv:2409.03030	令和 6 年 9 月
2	Lattice gradient flows (de-)stabilizing topological sectors	Yuya Tanizaki, Akio Tomiya, Hiromasa Watanabe	arXiv:2411.14812	令和 6 年 11 月
3	Machine Learning Estimation on the trace of inverse Dirac operator using the Gradient Boosting Decision Tree Regression	Benjamin J. Choi, Hiroshi Ohno, Takayuki Sumimoto, Akio Tomiya	arXiv:2411.18170 Proceedings of Science	令和 6 年 11 月
4	Update of kaon semileptonic form factor using $N_f=2+1$ PACS10 configurations	Takeshi Yamazaki et al. for PACS Collaboration	arXiv:2412.05778 Proceedings of Science	令和 6 年 12 月
5	Calculation of meson charge radii using model-independent method in the PACS10 configuration	Kohei Sato, Hiromasa Watanabe, Takeshi Yamazaki for PACS Collaboration	arXiv:2412.18166 Proceedings of Science	令和 6 年 12 月
6	CASK: A Gauge Covariant Transformer for Lattice Gauge Theory	Yuki Nagai, Hiroshi Ohno, Akio Tomiya	arXiv:2501.16955 Proceedings of Science	令和 7 年 1 月
7	Machine Learning for Lattice QCD	Akio Tomiya	J. Phys. Soc. Jpn. 94, 031006 (2025)	令和 7 年 2 月
8	Lattice gauge ensembles and data management	Yasumichi Aoki, Ed Bennett, Ryan Bignell, Kadir Utku Can, Takumi Doi, Steven Gottlieb, Rajan Gupta, Georg von Hippel, Issaku Kanamori, Andrey Kotov, Giannis Koutsou, Agostino Patella, Giovanni Pederiva, Christian Schmidt, Takeshi Yamazaki, Yi-Bo Yang	arXiv:2502.08303 Proceedings of Science	令和 7 年 2 月

2. 国際会議・シンポジウムにおける口頭・ポスター発表

No.	発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名（所属機関）	発表した場所（学会名等）	発表した時期
1	Machine learning and theoretical physics [口頭]	Akio Tomiya (東京女子大学)	JICFuS meeting (オンライン)	令和6年5月17日
2	Let's see inside of ChatGPT [口頭]	Akio Tomiya (東京女子大学)	Akita Prefectural Odate Homei High School	令和6年7月4日
3	MLPhys in Japan and Developments of CASK: Gauge Symmetric Transformer [口頭]	Akio Tomiya (東京女子大学)	ML meets LFT, Swansea	令和6年7月26日
4	Update of kaon semileptonic form factor using $N_f=2+1$ PACS10 configurations [口頭]	Takeshi Yamazaki (筑波大学)	Lattice2024, Liverpool	令和6年7月28日～8月3日
5	Calculation of meson charge radii using model-independent method in the PACS10 configuration [口頭]	Kohei Sato (筑波大学)	Lattice2024, Liverpool	令和6年7月28日～8月3日
6	Proton decay matrix elements on PACS configurations [ポスター]	Ryutaro Tsuji (KEK)	Lattice2024, Liverpool	令和6年7月28日～8月3日
7	Machine Learning Estimation on the trace of inverse Dirac operator using the Gradient Boosting Decision Tree Regression [口頭]	Benjamin J. Choi (筑波大学)	Lattice2024, Liverpool	令和6年7月28日～8月3日
8	Development of CASK: Gauge Symmetric Transformer [口頭]	Akio Tomiya (東京女子大学)	Lattice2024, Liverpool	令和6年7月28日～8月3日
9	Machine Learning Methods in Lattice QCD [口頭]	Akio Tomiya (東京女子大学)	Confinement, Cairns	令和6年8月21日
10	機械学習 [口頭]	Akio Tomiya (東京女子大学)	格子場の理論 夏の学校 2024, 筑波大学	令和6年9月9日～13日
11	有限温度 [口頭]	Hiroshi Ohno (筑波大学)	格子場の理論 夏の学校 2024, 筑波大学	令和6年9月9日～13日
12	格子 QCD シミュレーションハンズオン [口頭]	Yuki Nagai (東京大学), Akio Tomiya (東京女子大学)	格子場の理論 夏の学校 2024, 筑波大学	令和6年9月9日～13日

13	クォークソルバー [口頭]	Ken-ichi Ishikawa (広島大学)	格子場の理論 夏の学校 2024, 筑波大学	令和6年 9月9日 ～13日
14	格子ゲージ理論 [口頭]	Takeshi Yamazaki (筑波大学)	格子場の理論 夏の学校 2024, 筑波大学	令和6年 9月9日 ～13日
15	経路積分 [口頭]	Hirosa Watanabe (京都大学)	格子場の理論 夏の学校 2024, 筑波大学	令和6年 9月9日 ～13日
16	Kaon semileptonic form factor from the Nf=2+1 PACS10 configuration [口頭]	Takeshi Yamazaki (筑波大学)	第79回日本物理学会年会, 北海道大学	令和6年 9月16日 ～19日
17	Calculation of pion and kaon charge radii using PACS10 configuration [口頭]	Kohei Sato (筑波大学)	第79回日本物理学会年会, 北海道大学	令和6年 9月16日 ～19日
18	PACS10 coordination generation at Nf=2+1, 2+1+1 and hadron measurement [口頭]	Naoya Ukita (筑波大学)	第79回日本物理学会年会, 北海道大学	令和6年 9月16日 ～19日
19	Machine learning estimation on the trace of inverse Dirac operator [口頭]	Hiroshi Ohno (筑波大学)	German Japanese Seminar 2024, Mainz	令和6年 9月25日 ～27日
20	Machine learning in lattice gauge theory [口頭]	Akio Tomiya (東京女子大学)	German Japanese Seminar 2024, Mainz	令和6年 9月25日 ～27日
21	Calculation of pion and kaon charge radii using model-independent method in the PACS10 configuration [口頭]	Kohei Sato (筑波大学)	German Japanese Seminar 2024, Mainz	令和6年 9月25日 ～27日
22	Calculation of K13 form factor at the physical point on large volume [口頭]	Takeshi Yamazaki (筑波大学)	German Japanese Seminar 2024, Mainz	令和6年 9月25日 ～27日
23	Machine learning estimation on the trace of inverse dirac operator using the gradient boosting decision tree regression [口頭]	Benjamin J. Choi (筑波大学)	Foundation of “Machine Learning Physics”, Area workshop, 東京大学	令和6年 9月25日 ～27日
24	Symplectic integrators in lattice QCD [口頭]	Akio Tomiya (東京女子大学)	Analytical Mechanics Mini-workshop, 東京	令和6年 9月30日
25	Search for physics beyond the standard model from 2+1+1 Flavor Lattice QCD	Naoya Ukita (筑波大学)	16th symposium on Discovery, Fusion, Creation of New Knowledge by	令和6年 10月7日 ～8日

	with the Physical Quark Masses [ポスター]		Multidisciplinary Computational Sciences, つくば	
26	Calculation of meson charge radius without fit ansatz [ポスター]	Kohei Sato (筑波大学)	16th symposium on Discovery, Fusion, Creation of New Knowledge by Multidisciplinary Computational Sciences, つくば	令和6年 10月7 日～8日
27	Let's see Inside of generative AI [口頭]	Akio Tomiya (東京女子大学)	Akita Prefectural Odate Homei High School	令和6年 10月9 日
28	Lattice QCD with Machine Learning [口頭]	Akio Tomiya (東京女子大学)	Physics-of-intelligence-and-machine-learning-2024, Heiderburg	令和6年 10月16 日
29	Search for physics beyond the standard model using very large scale lattice QCD simulation and development of AI technology toward next generation lattice QCD [ポスター]	Naoya Ukita (筑波大学)	The 11th Project Report Meeting, 東京	令和6年 10月24 日～25日
30	Machine learning applications to Lattice QCD [口頭]	Hiroshi Ohno (筑波大学)	Tsukuba/LBNL Collaboration Meeting, Lawrence Berkeley National Laboratory	令和6年 11月7日 ～8日
31	Why AI study got Nobel prize? [口頭]	Akio Tomiya (東京女子大学)	TWCU Faculty Union Sponsored Event: "Exploring the Charms of Tokyo Women's University" Research Presentation, 筑波大学	令和6年 11月9日
32	Let's see Inside of generative AI [口頭]	Akio Tomiya (東京女子大学)	Yakumo High School	令和6年 12月2 日
33	Gauge Covariant Transformer [口頭]	Akio Tomiya (東京女子大学)	Lattice Field Theory and Machine Learning, Taipei	令和6年 12月5 日
34	Efficient and Accurate Molecular Dynamics: The Self-Learning Hybrid Monte Carlo Method [口頭]	Yuki Nagai (東京大学)	52nd ASE Seminar, 東京大学	令和6年 12月9 日

35	Julia ではじめる格子 QCD [口頭]	Akio Tomiya (東京女子大学)	Julia in Physics 2024, 東京	令和 6 年 12 月 14 日
36	Machine Learning Estimation on the Trace of Inverse Dirac Operator using the Gradient Boosting Decision Tree Regression [口頭]	Benjamin J. Choi (筑波大学)	Julia in Physics 2024, 東京	令和 6 年 12 月 14 日
37	スーパーコンピュータと AI を使った新しい極微世界の探索 [ポスター]	Takeshi Yamazaki (筑波大学)	第 4 回「富岳百景」シンポジウム, オンライン	令和 6 年 12 月 25 日
38	課題紹介「超大規模格子 QCD による新物理探索と次世代計算に向けた AI 技術開発」[口頭]	Takeshi Yamazaki (筑波大学)	成果創出加速プログラム基礎科学 5 課題合同シンポジウム	令和 7 年 1 月 8 日 ～10 日
39	Gauge covariant Transformer [口頭]	Akio Tomiya (東京女子大学)	成果創出加速プログラム基礎科学 5 課題合同シンポジウム	令和 7 年 1 月 8 日 ～10 日
40	Lattice QCD simulation in very large volumes [口頭]	Naoya Ukita (筑波大学)	成果創出加速プログラム基礎科学 5 課題合同シンポジウム	令和 7 年 1 月 8 日 ～10 日
41	Machine Learning Estimation on the Trace of Inverse Dirac Operator using the Gradient Boosting Decision Tree Regression [口頭]	Benjamin J. Choi (筑波大学)	成果創出加速プログラム基礎科学 5 課題合同シンポジウム	令和 7 年 1 月 8 日 ～10 日
42	Transformer for lattice QCD [ポスター]	Akio Tomiya (東京女子大学)	第 4 回「富岳」成果創出加速プログラム研究交流会	令和 7 年 2 月 21 日
43	Machine Learning Estimation on the Trace of Inverse Dirac Operator using the Gradient Boosting Decision Tree Regression [ポスター]	Benjamin J. Choi (筑波大学)	第 4 回「富岳」成果創出加速プログラム研究交流会	令和 7 年 2 月 21 日
44	Nucleon structures in large-volume lattice QCD at the physical point [ポスター]	Ryutaro Tsuji (KEK)	第 4 回「富岳」成果創出加速プログラム研究交流会	令和 7 年 2 月 21 日
45	計算機を用いた中間子荷電半径の精密計算 [ポスター]	Kohei Sato (筑波大学)	博士後期課程学生支援プロジェクト (SPRING/BOOST) 採用者による研究発表会	令和 7 年 3 月 7 日
46	格子 QCD 向けのトランスフォーマーの開発 [ポスター]	Akio Tomiya (東京女子大学)	計算物理春の学校 2025	令和 7 年 3 月 10 日

				日～14日
47	Machine Learning-based Estimation of the Cumulants of Chiral Condensate using Gradient Boosting Decision Tree Regression [ポスター]	Benjamin J. Choi (筑波大学)	計算物理春の学校 2025	令和7年3月10日～14日
48	格子 QCD が切り開く中間子荷電半径の高精度な決定 [ポスター]	Kohei Sato (筑波大学)	計算物理春の学校 2025	令和7年3月10日～14日
49	PACS10/L128 配位上のパイ中間子と K 中間子荷電半径の結果 [口頭]	Kohei Sato (筑波大学)	日本物理学会 2025 年春季大会, オンライン	令和7年3月18日～21日
50	Machine Learning Approaches for Lattice Landau Gauge Fixing [口頭]	Benjamin J. Choi (筑波大学), Ho Hsiao (筑波大学), Hiroshi Ohno (筑波大学), Akio Tomiya (東京女子大学)	日本物理学会 2025 年春季大会, オンライン	令和7年3月18日～21日
51	勾配ブースティング決定木回帰分析を用いた逆ディラック演算子のトレースの機械学習的推定 [口頭]	Benjamin J. Choi (筑波大学), Hiroshi Ohno (筑波大学), Naoyuki Sumimoto (FLECT), Akio Tomiya (東京女子大学)	日本物理学会 2025 年春季大会, オンライン	令和7年3月18日～21日
52	CASK: A Gauge Covariant Transformer for Lattice Gauge Theory [口頭]	Akio Tomiya (東京女子大学)	University of Cambridge	令和7年3月26日
53	CASK: A Gauge Covariant Transformer for Lattice Gauge Theory [口頭]	Akio Tomiya (東京女子大学)	London Institute of mathematical science	令和7年3月27日