

2019年11月21日

1. 現在の客員研究員に関するレポート

-----  
客員名：北沢 正清（大阪大学）

研究目的・内容：

現在、J-PARCにおける重イオン衝突実験(J-PARC-HI)提案が検討されている。この実験では、最大約19GeV/Aの重イオンビームを用いた重イオン衝突により、標準核密度の5倍を超える高密度状態を生成することが可能であり、QCD臨界点やカイラル一次相転移の観測、高密度物質の状態方程式やハドロン間相互作用の解析などの多様な研究課題の解明が期待されている。一方で、この衝突エネルギー領域は、衝突後の時間発展を記述する動的描像が確立しておらず、RHICやLHCなどの高エネルギー衝突実験と比べて理論的不確定要素が大きい。このため、J-PARC-HIの実現に先立ち、これら様々な要素を理論側で詳細に検討しておくことが望ましい。また、J-PARC-HIと同等の衝突エネルギーでの重イオン実験を目指す、GSI-FAIRとの差別化を図るための議論も必要である。平成31年度は、昨年度に引き続きJ-PARC-HIに関する国内の理論研究者との議論を進めた他、実験研究者と連携して計画の実現に向けた議論を行った。

論文

- J-PARC-TH-0171: Study of 2+1 flavor finite-temperature QCD using improved Wilson quarks, at the physical point with the gradient flow, K. Kanaya, et al. PoS LATTICE2019 (2019) 088.  
J-PARC-TH-0165: A Study of Stress-Tensor Distribution around Flux Tube in Abelian-Higgs Model, R. Yanagihara, M. Kitazawa, PTEP 2019 (2019) 093B02.  
J-PARC-TH-158: Anisotropic pressure induced by finite-size effects in SU(3) Yang-Mills theory, M. Kitazawa, S. Mogliacci, I. Kolbe, W.A. Horowitz, Phys. Rev. D99 (2019) 094507.  
J-PARC-TH-0157: Exploring non-Abelian gauge theory with energy-momentum tensor; stress, thermodynamics and correlations, M. Kitazawa, PoS Confinement2018 (2019) 014.  
J-PARC-TH-0138: Thermodynamics in quenched QCD: energy-momentum tensor with two-loop order coefficients in the gradient-flow formalism, T. Iritani, M. Kitazawa, H. Suzuki, H. Takaura, PTEP 2019 (2019) 023B02.

-----  
客員名：佐藤 透（大阪大学）

研究目的・内容：

加速器ニュートリノ、大気ニュートリノにおけるニュートリノ振動実験に必要なとされる核子共鳴・深非弾性領域におけるニュートリノ反応模型、及び原子核における弱い相互作用過程に関して今年度は以下の課題を検討した。

- 1) 共鳴領域と深非弾性散乱の遷移領域  
ニュートリノによる中間子生成反応模型の検討、特に軸性ベクトル流の改良を試みた。これは、ニュートリノ反応におけるクォーク・ハドロンDualityの課題にもヒントを与えると考えられる。
- 2) 非スタンダードニュートリノ相互作用とニュートリノ原子核反応  
電子ニュートリノによるアイソスカラー・ベクトル流検証のために、中性電流によるニュートリノ・原子核非弾性散乱の検討を行った。
- 3) 低エネルギーにおける弱い相互作用過程、電子捕獲反応・ベータ崩壊・ニュートリノ反応  
原子核模型、電弱相互作用の専門家による検討会を行い、特に禁止遷移の記述を改良する定式化を行った。

また、中性子電気双極子モーメントに関する研究を、KEKの野村大輔氏、立命館大学の福山武志氏との共同研究として進めており、その結果を以下の研究会で発表する。

検討会・研究会

「KEK workshop on Nucleon electric dipole moments and spin structure in 2020」  
KEK, Tokai, Japan, January 11, Saturday, 2020

論文

- J-PARC-TH-0202: The ANL-Osaka Partial-Wave Amplitudes of piN and gammaN Reactions.  
H. Kamano, T.-S. H. Lee, S. X. Nakamura and T. Sato

arXiv:1909.11935

- J-PARC-TH-0203: Impact of final state interactions on neutron-nucleon pion production cross section extracted from neutrino-deuteron reaction data, S. X. Nakamura, H. Kamano and T. Sato, Phys. Rev. D99 031301 (2019).
- J-PARC-TH-0204: Pion Angular Distributions in Pion Production off Nucleons Induced by Neutrinos and Electrons J. Sobczyk, E. Hernandez, S. X. Nakamura, J. Nieves, T. Sato, JPS Conf. Proc. 26, 031012 (2019).
- J-PARC-TH-0205: Momentum distribution of the electron pair from the charged lepton flavor violating process  $\mu^- e^- \rightarrow e^- e^-$  in muonic atoms with a polarized muon, Y. Kunom J. Sato, T. Sato, Y. Uesaka, M. Yamanaka Phys. Rev. D100 075012 (2019).

---

客員名：田中 和廣（順天堂大学）

研究目的・内容：

核子のスピンおよび質量は、身のまわりの世界の有り様を決める基本物理量だが、それらの起源は解明されていない。特に、いわゆるスピン危機（単純なクォーク模型によればクォークのスピンが核子スピンの起源となるはずであるが、偏極レプトン・核子散乱実験の解析によってその割合は非常に小さい(20-30%)）を契機として、グルーオンのスピンの寄与のみならず、クォーク・グルーオンの軌道角運動量の解明が必要となっている。また、核子質量の起源についても、グルーオンの運動や量子アノマリーからくる寄与の解明が必要である。このために、ハドロン内部での空間的分布と運動量分布を同時に表現することを可能にする一般化パートン分布などの3次元構造関数を用いた研究が世界的な潮流となっている。この分野は3次元内部構造の研究であるためハドロン・トモグラフィと呼ばれ、重力形状因子など新たな側面からのハドロン構造研究とも関連している。本研究では、核子の3次元構造をJ-PARCの実験で探り、これに基づいて核子スピンおよび質量の起源の解明を目指す。J-PARC高運動量ビームラインを用いた2次 $\pi$ 中間子ビームと陽子標的との排他的Drell-Yan過程( $\pi^+ p \rightarrow \mu^+ \mu^- n$ )で一般化パートン分布を研究することを実験研究者と検討し、令和1年度にはJ-PARC実験で予想されるシグナルおよび理論式の補正項の評価など、実験の具体的提案に必要な議論を進めた。KEKつくばおよび東海キャンパスで、QCDと核子構造の理論および実験の進展についての研究会を企画開催した。

検討会・研究会主催

「KEK workshop on Nucleon electric dipole moments and spin structure in 2020」  
KEK, Tokai, Japan, January 11, Saturday, 2020

論文

- J-PARC-TH-0140: Three-loop formula for quark and gluon contributions to the QCD trace anomaly, K. Tanaka, JHEP 1901 (2019) 120, arXiv:1811.07879 [hep-ph].
- J-PARC-TH-0164: Operator Relations for Gravitational Form Factors, K. Tanaka, JPS Conf.Proc. 26 (2019) 021003, arXiv:1905.01934 [hep-ph].

---

客員名：原田 融（大阪電通大）

研究目的・内容：

J-PARCでは三ハイパー核やK-pp中間子原子核などのストレンジネス核の実験データが続々と報告されている。その構造解析や反応機構の解明には理論解析が不可欠である。ストレンジネス核の構成粒子である $\Sigma$ や $\Lambda$ ハイペロンなどの相互作用の性質も未だよく分かっておらず、ストレンジネス核の研究はハイペロンなどの相互作用を調べる重要な手段のひとつである。また中性子星内部にはハイペロンが混在することが期待されており、核物質中でのハイペロンのポテンシャルの性質は中性子星の最大質量や冷却過程に強く影響する。現在、中性子星にハイペロンが混在すると太陽の2倍の質量を支えることができない問題（ハイペロン・パズル）を解決するために、核物質中のハイペロン混合やバリオン3体力などの理解が急務である。J-PARCにおける(K-, $\pi$ )や( $\pi$ ,K+), (K-,K+)反応で生成されるストレンジネス核の構造と反応機構を理論的に解明することが望まれる。2019年度は、J-PARC E15、E31実験などの実験研究者との会合を行い、K-中間子原子核の実験データの結果と理論解析を議論した。またJ-PARC実験で計画されている、 $^3\text{He}$ と $^4\text{He}$ を標的にした( $\pi$ ,K)反応による $^3\text{H}_\Lambda$ と $^4\text{He}_\Lambda$ の生成断面積をそれぞれ計算した。さらに三ハイパー核の構造とその生成スペクトルを計算し、核物質中の $^3\text{N}-\Lambda\Lambda$ 結合や $\Lambda\Lambda\text{N}$ 、 $\Lambda\text{NN}$ の3体力の効果を検討した。

検討会・研究会主催

「ストレンジネス核物理第3回」（予定）

KEK, Tokai, Japan, December 14-17, 2019  
「ストレンジネス核物理第2回」(予定)

KEK, Tokai, Japan, November 24-26, 2019  
「K中間子原子核研究の今後の展開について」

RIKEN, Wako, Japan, October 5, 2019  
「ストレンジネス核物理第1回」

KEK, Tokai, Japan, June 29-July 1, 2019

#### 論文:

J-PARC-TH-0167: Production of a  $4\text{He}_\Lambda$  hypernucleus in the  $4\text{He}(\pi, K)$  reactions reexamined,

T. Harada, Y. Hirabayashi,  
Phys. Rev. C100, 024605 (2019).

J-PARC-TH-0156: Production spectra of  $3\text{He}(\pi, K)$  reactions with continuum discretized coupled channels,

T. Harada, Y. Hirabayashi,  
JPS Conf. Proc. 26, 023004 (2019).

---

客員名: 瀧澤 誠 (昭和薬科大学)

#### 研究目的・内容:

最近、ハドロン物理学領域においては、チャームクォークとボトムクォークを含む系で、色々なエキゾチックなハドロンが存在することが、理論的にも実験的にも示唆されている。2019年4月に新たにLHCb実験で発見されたチャームクォークと反チャームクォークを含むペンタクォーク状態について、長距離相互作用はヘビークォーク有効理論を用いて、パイ中間子交換相互作用を考え、短距離相互作用はクォークモデルを用いて評価した相互作用を導入し、状態を複素スケーリング法で、可能なチャンネル結合を入れて、質量を崩壊幅に関して共同研究者と研究を行った。結果は、観測された3つの状態の質量、幅共に実験値をよく再現した。また、スピン $1/2$ と $3/2$ 状態の質量差について、テンソル力が大きく寄与していることを見出し、その結果を論文にして投稿した。ヘビークォークエキゾチックハドロンについて、ヘビークォーク有効理論によるアプローチに関するレビュー論文を共同研究者と執筆し、投稿した。また、Belle実験データの解析を行い、ハドロンの構造、反応、崩壊、CP対称性の破れの現象、標準理論を超えた新物理の探索等を行った。

#### 検討会・研究会主催

「ヘビークォークとエキゾチックハドロンの物理」

KEK, Tokai, Japan, January 25-27, 2020 (予定)

#### 論文:

J-PARC-TH173: Heavy hadronic molecules with pion exchange and quark core couplings: a guide for practitioners, Y. Yamaguchi, A. Hosaka, S. Takeuchi and M. Takizawa, arXiv:1908.08790 [hep-ph].

J-PARC-TH174: Heavy quark spin symmetry with chiral tensor dynamics in the light of the recent LHCb pentaquarks, Y. Yamaguchi, H. Garcia-Tecocoatzi, A. Giachino, A. Hosaka, E. Santopinto, S. Takeuchi, M. Takizawa, arXiv:1907.04684.

J-PARC-TH175: Measurements of isospin asymmetry and difference of direct CP asymmetries in  $B \rightarrow X_s \gamma$  decays with a sum-of-exclusive technique, S. Watanuki et al. (Belle Collaboration), arXiv:1807.04236, PRD 99, 032012 (2019).

J-PARC-TH176: Observation of  $B^+ \rightarrow p \Lambda^{\bar{b}} K^+ K^-$  and  $B^+ \rightarrow p^{\bar{b}} \Lambda K^+ K^-$ , M.-Z. Wang et al. (Belle Collaboration), arXiv:1807.10503, PRD 99, 032003(R) (2019).

J-PARC-TH177: Observation of transverse  $\Lambda/\Lambda^{\bar{b}}$  hyperon polarization in  $e^+ e^-$  annihilation at Belle, Y. Guan et al. (Belle Collaboration), arXiv:1808.05000, PRL 122, 042001 (2019).

その他論文14編 (J-PARC-TH-0178, ..., 0201)

\*\*\*\*\*