



担当教授 田中 和廣

## 研究

### 主な研究テーマ

- 1. 陽子や中間子の衝突・崩壊等から内部構造を探る
- 2. 重いクォークのQCD束縛状態の計算
- 3. 超弦理論に存在する高次元オブジェクトの研究

## スタッフ

教授	田中和廣
先任准教授	
准教授	清 裕一郎
講師	
助教	矢田雅哉

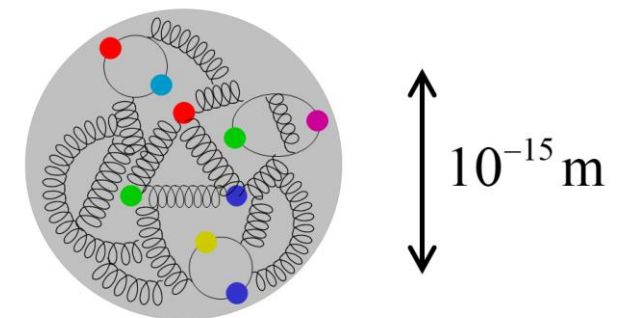
2020年9月1日現在

### 主な研究内容

#### 陽子の質量の起源に関わる式を発見・重いクォークの相互作用と質量を高精度で決定・超弦理論からの展開

田中教授は、陽子の質量を、内部の素粒子(クォークおよびグルーオン)それぞれが担う成分が足し合わさった合計として表現する公式を導きました。クォーク・グルーオンの基礎理論であるQCDのもつ“トレース異常”という性質を用いてこの公式の厳密な証明に成功し、また、同様な公式を $\pi$ 中間子の質量についても計算して、クォーク、グルーオンのそれぞれが質量の何パーセントを担っているかが、陽子とは大きく異なることを発見しました。

清准教授は、重いクォークのQCD束縛場のエネルギーや波動関数の情報から、QCD結合定数や重いクォーク質量を高精度で決定しました。また、これらの知見を新物理探索のためのコライダー物理へ応用して素粒子の標準理論を超える新たな物理を探索を進めました。矢田助教は素粒子を点ではなく弦として扱う超弦理論の研究を行い、超弦理論に存在する高次元オブジェクト「ブレーン」の間にある特別な関係(T-双対関係)を用いてエギゾチックブレーンと呼ばれる特別なブレーンの性質を明らかにしました。



陽子の内部のクォーク(色付きの点)およびグルーオン(巻き線)の様子を、Quantum Chromodynamics (QCD)の結果からイメージ化したもの。

# Division of Physics

## Department of General Education



Chief Professor K. Tanaka

### Research

#### Main Research Subjects

- 1. Tomography of nucleons/mesons from hard processes
- 2. Computation of QCD heavy quark boundstates
- 3. Study of extended objects in string theory

### Members

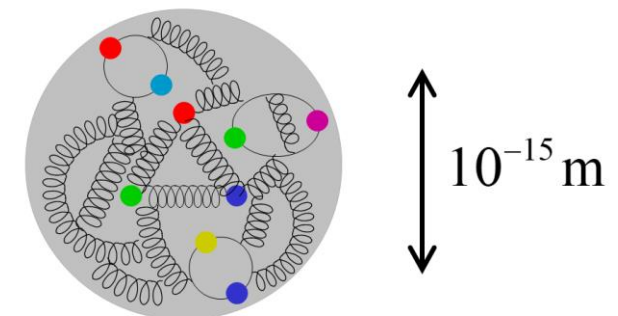
Professor	Kazuhiro Tanaka
Senior Associate Professor	
Associate Professor	Yuichiro Kiyo
Lecturer	
Assistant Professor	Masaya Yata

2020年9月1日現在

### Research Highlights

#### Formula for origin of proton mass • Precise quark-gluon coupling • String theory approach

Prof. Tanaka derived a formula for the proton mass as the sum of the contributions due to the quarks and gluons constituting a proton. He proved the formula using the "trace anomaly" in QCD, the theory for quarks and gluons. He also applied the formula to the pion mass and found the quite different result. Associate Prof. Kiyo determined the precise value of QCD coupling constant from heavy quark boundstate informations by computing the wave function and energy levels of heavy quarkonium. He also studied the application of these results to collider physics to search for new physics model beyond standard model of particle physics. Assistant Prof. Yata studied extended objects, "branes", in superstring theory. He examined the properties of exotic branes—branes that have unique geometrical structures, by using a technique in superstring theory called T-duality transformation.



This represents an intuitive picture of the quarks (colored dots) and gluons (curly lines) constituting a proton, implied by the results based on Quantum Chromodynamics (QCD).

2019年（平成31・令和元年） 研究業績

講座名：物理研究室

所属長名：田中和廣

区分	番号	学位論文	全著者名,論文名,掲載誌名, 掲載年 ; 巻(号) : ページ番号	国際共同
英文原著	1		K Tanaka. Three-loop formula for quark and gluon contributions to the QCD trace anomaly. Journal of High Energy Physics, 2019; 1901: 120-1~120-23.	
英文原著	2		H Takaura, T Kaneko, Y Kiyo, Y Sumino. Determination of $\alpha_s$ from static QCD potential with renormalon subtraction. Physics Letter, B789, 2019, 598-602.	
英文原著	3		H Takaura, T Kaneko, Y Kiyo, Y Sumino. Determination of $\alpha_s$ from static QCD potential: OPE with renormalon subtraction and lattice QCD. Journal of High Energy Physics 04, 2019, 155.	
区分	番号		全著者名,論文名,掲載誌名, 掲載年 ; 巻(号) : ページ番号	国際共同
英文総説	1		E Kou et al, Belle-II Collaboration, The Belle II Physics Book. Progress of Theoretical and Experimental Physics 2019, 2019, 12.	
区分	番号		全著者名,論文名,掲載誌名, 掲載年 ; 巻(号) : ページ番号	国際共同
英文症例報告	1		K Tanaka. Operator relations for gravitational form factors. JPS Conference Proceedings, 2019; 26: 021003-1~021003-4.	○
区分	番号		発表者名,発表タイトル(題目・演題・課題等),学会名,場所,発表年月日等	国際共同
国際学会発表	1		K Tanaka. Operator relations for gravitational form factors. 9th International Conference on Physics Opportunities at an Electron-Ion-Collider, Berkeley, USA, September 21, 2019	○
国際学会発表	2		Y Kiyo. $\alpha_s$ determination from static QCD potential with lattice data. Workshop on Determination of Fundamental QCD parameters, ICTP-SAIFR, Sao Paulo, Brazil, October 3, 2019.	
区分	番号		発表者名,発表タイトル(題目・演題・課題等),学会名,場所,発表年月日等	国際共同
国内学会発表	1		田中和廣, ハドロン重力形状因子に対するQCD複合演算子の関係式, 日本物理学会 第74回年次大会, 九州大学 伊都キャンパス, 2019年3月17日	
区分	番号		講演者名, 講演タイトル, 学会名, 場所, 発表年月日等	国際共同
特別講演・招待講演	1		田中和廣, Theory on exclusive Drell-Yan and GPDs, 高エネルギー加速器研究機構研究会「QCDと核子構造の進展2019」, 高エネルギー加速器研究機構 つくばキャンパス, 2019年3月1日	○
特別講演・招待講演	2		田中和廣, ハドロン重力形状因子に対するQCD関係式, 研究会「クォーク模型からみたエキゾチックハドロン研究の進展とQCDの新展開」, 理化学研究所 和光キャンパス, 2019年7月6日	○
特別講演・招待講演	3		K Tanaka, Accessing GPDs with the exclusive pion-induced Drell-Yan process at J-PARC. 11th Circum-Pan-Pac Symposium on High Energy Spin Physics, Miyazaki, Japan, August 28, 2019	○

特別講演・招待講演	4	清裕一郎,リニア・コライダーにおけるトップ・クォーク物理-摂動QCDの進展-, 素粒子現象論研究会2019, 大阪市立大学,2019年11月24日	
区分	番号	研究者名, 活動の名称 (執筆、出演、受賞等), 執筆や出演の媒体 (賞の主催者等), 年月日等	国際共同
その他 (広報活動を含む)	1	矢田雅哉, 若年層に向けた科学広報, 見える化シンポジウム2019 バーチャルでリアルを超えろ, 秋葉原UDXシアター, 主催: 文部科学省 ポスト「京」で重点的に取り組むべき社会的・科学的課題 (重点課題) (7), 2019年3月2日	