

1. 素粒子理論グループ

教授 青木 慎也、石橋 延幸、宇川 彰、金谷 和至

准教授 石塚 成人、藏増 嘉伸、吉江 友照

助教 佐藤 勇二、谷口 祐介、八田 佳孝、毛利 健司

研究員 石井 理修、浮田 尚哉、梅田 貴士、加堂 大輔、滑川 祐介

博士研究員 井出 健智、佐々木 潔

大学院生 (17名)

【人事異動】

八田 佳孝氏が2008年2月に特任助教として着任した。

【研究活動】

素粒子理論グループにおいては、本年度も、格子場の理論の研究と超弦理論の研究を二本の柱に、活発な研究活動が行なわれた。また、2008年2月に新たに加わった八田 佳孝氏を中心に高エネルギーでのハドロン物理の研究も行われた。

格子場の理論グループでは、計算科学研究センターと密接な連携のもと、格子 QCD の大型数値シミュレーションが推進された。

筑波大学の格子ゲージ理論の研究者は、2006年7月に計算科学研究センターの次期並列計算機として PACS-CS が導入されたのを契機として新たな研究グループとして立ち上げられた PACS-CS Collaboration に参加している。PACS-CS Collaboration では、物理的な u, d クォーク質量での $N_f = 3$ QCD の大規模シミュレーションを行うことを目標にゲージ配位の生成を行った。

一方、一部の研究者は、高エネルギー加速器研究機構 (KEK) の IBM BlueGene/L と日立 SR-11000 を用いて研究を進める JLQCD Collaboration に参加し、格子上での厳密なカイラルを持つオーバーラップ・フェルミオン作用を用いた力学的クォークの数値シミュレーションによる研究を展開した。

また、これらの大規模な研究と並行して、核子間ポテンシャルの研究、有限温度・有限密度 QCD の研究、繰り込み定数の非摂動的計算、なども行われた。

さらに、格子 QCD 配位やその他のデータを国内・外で共有する為のデータグリッド JLDG・ILDG の構築に参画した。

超弦理論の分野では弦の場の理論、行列模型、超弦理論とゲージ理論との対応という3つの関連するテーマを中心として研究が行われた。最近この分野においては、D-ブレーンと呼ばれるソリトン解の研究を通じて、弦理論の非摂動的定式化としての行列模型や、超弦理論とゲージ理論の双対性等のテーマが盛んに研究されている。特に近年、超弦理論とゲージ理論の関係が定量的なレベルまで明らかにされたり、弦の場の理論における D-ブレーンの取り扱いが可能になったり等の大きな発展があっ

た。この状況の下で、弦の場の理論と D-ブレーン、弦理論/スピン鎖対応、higher spin 場の理論等についての研究を行った。

八田 佳孝氏は、ゲージ理論/重力理論双対性におけるジェットの時間発展を中心に研究を行った。

【1】 格子場の理論

(青木 慎也、宇川 彰、金谷 和至、石塚 成人、藏増 嘉伸、吉江 友照、谷口 裕介、石井 理修、浮田 尚哉、梅田 貴士、加堂 大輔、滑川 祐介、井出 健智、佐々木 潔)

(1) PACS-CS Collaboration の活動

計算科学研究センターでは、平成17年度から3ヶ年計画で特別教育研究経費(拠点形成)を受けて開発・製作が進められてきた超並列クラスタ計算機PACS-CS(計算ノード数2560、ピーク演算性能14.3Tflops)が平成18年7月から稼働を開始した。PACS-CS CollaborationはPACS-CSを主要な計算設備として格子QCDの研究を行うことを目的とし、筑波大学物理学系メンバーを中心として組織されている。その目標は、domain-decomposed HMC (DDHMC) アルゴリズムと polynomial HMC (PHMC) アルゴリズムを組み合わせることによって3種類(up, down, strange)の軽いクォークをその物理的質量(physical point)において動的に扱うシミュレーションを行い、QCDに関する近似のない物理的予言を行うことを目標としている。平成18年度は、PACS-CS稼働開始に伴うプログラム開発と比較的重いup-downクォーク質量でのシミュレーションが主要課題であったが、以下に平成19年度における進展を述べる。

平成18年度に引き続き、非摂動的に $O(a)$ 改良されたWilsonクォーク作用とIwasakiゲージ作用を用いて、格子サイズ $32^3 \times 64$ 、格子間隔 $a \approx 0.09\text{fm}$ のシミュレーションを行った。up-downクォーク質量に関しては、カイラル摂動論からの予言を検証するために $m_{ud} = 61, 41, 22, 19, 11, 3\text{MeV}$ という広範な値を採用した。strangeクォーク質量に関しては過去の計算によって推定された物理的質量に固定したが、 $m_{ud} = 19\text{MeV}$ の場合は20%程度軽い値を採用し、strangeクォーク質量依存性を調べた。平成19年度末の時点で最も軽いup-downクォーク質量は3MeV程度であり、これに対応するパイ中間子質量は155MeVである。パイ中間子のコンプトン波長よりも大きな空間格子サイズで行われているシミュレーションとしては、現在のところ世界で最も軽いup-downクォーク質量を実現している。 $m_{ud} = 3\text{MeV}$ のシミュレーションに関しては、これを可能とするためにDDHMCに対して幾つかのアルゴリズム的改良を施した。主な改良点は、(i)質量前処理、(ii)クロノロジカル解法、(iii)デフレーション解法、の3つである。改良されたDDHMC(MPDDHMC)アルゴリズムの計算コストと従来のHMCアルゴリズムの計算コストを図1において比較している。従来のHMC法と比べて格段のコスト削減に成功しているとともに、現在の計算機性能でphysical pointのシミュレーションが可能であることが見てとれる。現実世界におけるパイ中間子質量 $m_\pi = 140\text{MeV}$ はもはや目前であり、平成20年度における目標はphysical pointにおけるシミュレー

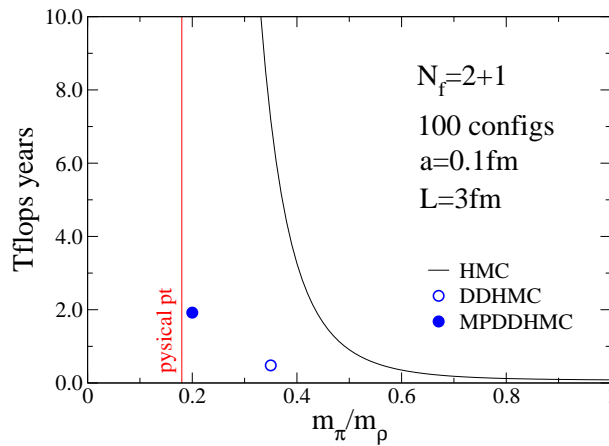


図 1: 改良された DDHMC(MPDDHMC) アルゴリズムと従来の HMC アルゴリズムの計算コスト比較。HMC アルゴリズムに対する計算コストのクォーク質量依存性は過去のシミュレーション結果から得られた経験則。DDHMC の結果は $m_{ud} = 11\text{MeV}$ のシミュレーションポイントにおける計算コスト。

シミュレーションである。これは 1980 年代初頭に格子 QCD シミュレーションが始まって以来の大きな夢であり、格子 QCD 分野における画期的成果となることが期待される。

平成 19 年度末までに、 $m_{ud} = 61, 41, 22, 19, 11, 3\text{MeV}$ の点において各々 2500、2000、2250、2000、2000、990 分子動力学時間単位分のシミュレーションが終了し、生成されたグルーオン配位を用いてハドロン伝播関数の計算が行われ、メソン・バリオン質量、擬スカラーメソン崩壊定数などの測定がなされた。各物理量におけるクォーク質量依存性を解析した結果、擬スカラーメソンチャンネルにおいてカイラル摂動論の予言に従う曲率を確認し、physical point におけるハドロン質量が数%の範囲内で実験と一致していることを見出した (図 2)。以上の結果は、2007 年 Lattice 国際会議で招待講演 (論文 1) と一般講演で発表された (論文 2,3)。以上と並行して、クォーク質量の繰り込み定数および強い相互作用の結合定数の非摂動的決定、 ρ 中間子の崩壊幅の計算、トポロジカルチャージ測定、重いクォークの物理等、本課題が目標とするテーマが推進された。

(2) 有限温度・有限密度 QCD の研究

$N_f = 2$ QCD の配位上での磁氣的、および電氣的遮蔽質量の計算を行った。Euclid 時間反転 と 荷電共役 の対称性を考えることによって Polyakov loop 相関をそれぞれの対称性に応じて分類し、これらの遮蔽質量を導出する事ができる。それらの結果、有限温度摂動論からの予想の通り、磁氣的遮蔽質量 (m_M)

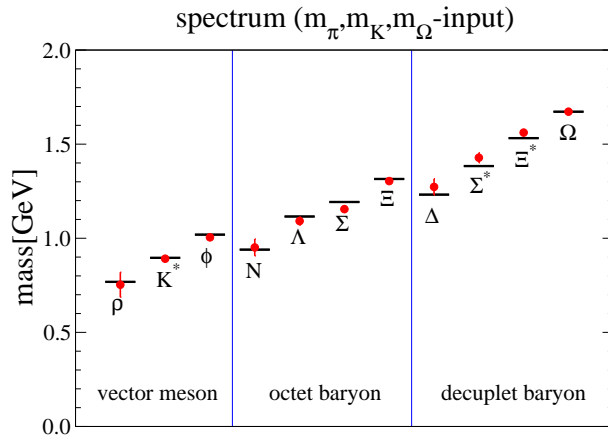


図 2: ハドロン質量の実験値との比較。横棒は実験値を表す。

は電氣的遮蔽質量 (m_E) よりも大きくなる事などを示した。さらに両者の質量比 (m_E/m_M) が AdS/CFT 対応より求められる値に良く一致する事などを議論した。また、昨年度までに計算した $N_f = 2$ QCD のゲージ配位を用いて重いクォークの自由エネルギーや、クォーク数サセプティビリティの有限密度効果に関する計算を行った。化学ポテンシャルに関する Taylor 展開法を用いた。従来の方法に加えて有限密度の複素位相部分をガウス関数で近似して reweighting 法を用いる手法による計算も行った (論文 4,5,7)。図 3 参照。

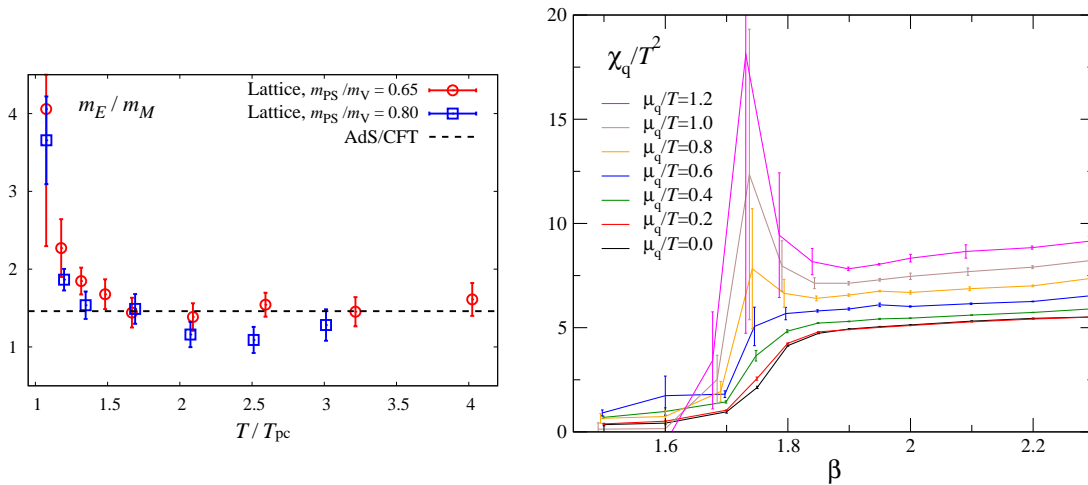


図 3: 有限温度・有限密度 QCD の研究。左図は、磁氣的遮蔽質量 (m_E) と電氣的遮蔽質量 (m_M) の比である遮蔽質量比の温度依存性。AdS/CFT 対応からの予想 $m_E/m_{\text{gap}} = 1.46$ も図中に示した。右図は、複素位相をガウス関数で近似する手法による有限密度でのクォーク数サセプティビリティ。

(3) クォーク・グルオン・プラズマ相におけるチャーモニウム消失の研究

チャームクォークと反チャームクォークの束縛状態であるチャーモニウム (特に J/ψ , χ_c , ψ' 状態など) がクォーク・グルオン・プラズマ (QGP) 相中で

消失する温度や特性を格子 QCD による第一原理計算で研究した。

これは、重イオン衝突実験で QGP 生成を示す重要なシグナルの一つである「 J/ψ 抑制」を判断する上で本質的な情報となる。チャーモニウムの相関関数から、状態の質量スペクトルを計算し、それらの空間方向の境界条件を変える事によって、QGP 相におけるチャーモニウム状態の消失を判定する。同時に波動関数を計算し、その温度依存性も調べた。さらに、“間接的 J/ψ 抑制”のシナリオに重要な、励起状態 $\psi(2S)$ の計算を行う為に、対角化のテクニックを用いて基底状態と各励起状態を分離し、また、メソン相関関数の定数モードの効果を取り除いた計算を行った。

手法の確認のため、第一段階として非等方格子でのクエンチ近似 QCD の計算を行い、少なくとも $2.3T_c$ まで、チャーモニウムの S 状態、P 状態、さらにそれらの励起状態まで含めてハドロンの状態の消失が確認できないことを示した (論文 6)。図 4 参照。

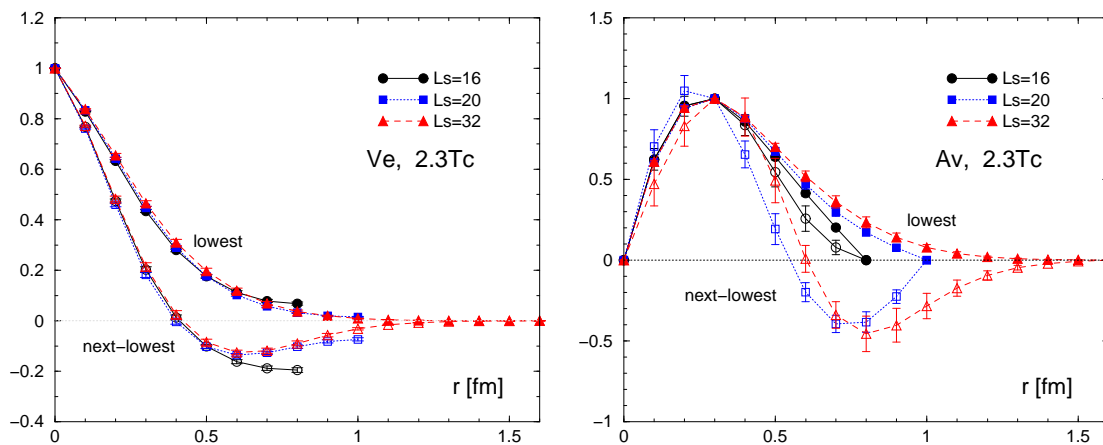


図 4: チャーモニウム消失の研究。Bethe-Salpeter 波動関数の体積依存性で、左図が S 波状態、右図が P 波状態に関する基底状態、第一励起状態を表す。

(4) 格子 QCD による中性 K 中間子の B パラメタの非摂動的繰り込み定数の計算

orbifolding を用いた格子上の Schrödinger functional の定式化を domain-wall fermion に適用し、その具体的な応用として Kaon B-parameter 及び u, d, s quark 質量の非摂動的な繰り込みを行った (論文 8)。

$N_f = 2 + 1$ QCD における結合定数の非摂動的な running を、Schrödinger functional を用いて求めるための研究に着手した (学会発表 10)。

(5) ILDG・JLDG の構築

ILDG (International Lattice Data Grid) (論文 10) は格子 QCD 配位を国際規模で共有するための Data Grid で、2002 年から開発が進められ、2007 年 7 月に 5 つの地域グリッドの相互運用が開始された (論文 11)。格子場理論グループは計算科学研究センターと協力して、ILDG の日本の拠点として ILDG 構築に参画し、Middleware 開発 (論文 11) と QCD markup 言語 QCDml の策

定(論文12)に貢献した。JLDG (Japan Lattice Data Grid) (論文10)は、国内の格子QCD及び関連分野の研究者のデータ共有をサポートするData Gridで、2005年に開発が開始され、2007年3月システムが完成した。2007年度は、JLDGに接続する6研究拠点の担当者と協力して、試験運用を行った。2008年第2四半期に実運用を開始する予定である。

(6) 格子QCDによる核力の研究

2つの核子の間に働く力、核力は、中遠距離では引力、近距離では強い斥力になることが実験的に知られているが、この核力の性質、特に近距離での斥力(斥力芯と呼ばれている)を理論的に導くことは、素粒子原子核物理に残された大問題の1つである。青木、石井は東京大学の初田との共同研究で、核子間のポテンシャルを格子QCDの方法で計算した。CP-PACS Collaborationがパイ中間子散乱の位相差を計算するために定義した2つのパイ中間子に対応する波動関数を2核子の場合に拡張し、その波動関数からポテンシャルを計算するという方法を使った。格子QCDのクエンチ近似で得られたポテンシャルを図5に載せる。中長距離の引力と遠方での斥力が再現されている。研究結果は論文13に発表された。

さらに、中心力以外の成分としてポテンシャルのテンソル力の計算を行ったり、力学的クォークの寄与を含むゲージ配位での計算も開始した(論文26)。また、この研究を発展させ、ストレンジ・クォークを含むバリオンであるハイペロンと核子のポテンシャルの計算も行った(論文18)。

(7) 厳密なカイラル対称性を持つクォーク作用を用いた研究

JLQCD Collaborationは、格子上で厳密なカイラル対称性を持つオーバーラップ・フェルミオンを力学的クォーク作用に用いた $N_f = 2$ の格子QCDの数値シミュレーションを行った。計算時間削減のためにゲージ場のトポロジーを固定して計算を行ったが、この方法の理論的正当化を行った。(論文17) また、この考察を用いて、トポロジカル電荷の帯磁率を計算した。

それ以外にもいろいろな物理量の計算を行った。(論文14,16,22,23,25) 最近、2+1フレーバーの格子QCDのゲージ配位生成を開始した(論文24)。

【2】 超弦理論

(石橋 延幸、毛利 健司、佐藤 勇二)

(1) 弦の場の理論とD-ブレーン

弦の理論はD-ブレーンと呼ばれるソリトンを使ってその非摂動的な振る舞いが調べられてきた。ところが、これまでこのD-ブレーンが本当に弦理論の運動方程式の解なのかということは問われてこなかった。弦理論を用いて素粒子のモデルを構築する際、このような基本的な問題が非常に重要になる。

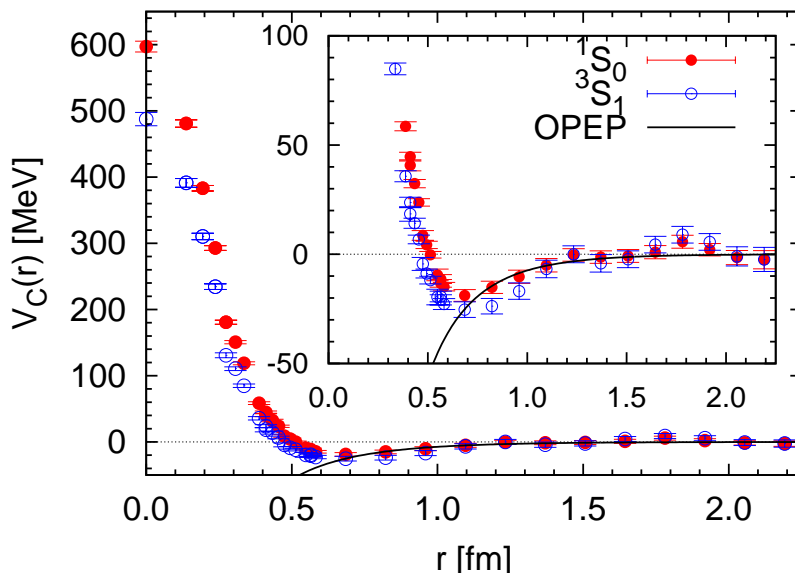


図 5: 格子 QCD のクエンチ近似計算で得られた 2 核子間のポテンシャル。●は核力のスピン 1 重項成分、○はスピン 3 重項の成分であり、実線は湯川ポテンシャルの寄与である。

石橋、馬場は村上 (KEK) とともに O_{Sp} 不変な閉弦の場の理論においては D-ブレーンは BRS 不変な演算子として実現できるのではないかと提案をした。この提案を更に研究するため、 O_{Sp} 不変な閉弦の場の理論における BRS 不変な観測量を分類し、弦理論に含まれる粒子に対応するものを同定した。また、これらの粒子の S 行列をどの様に計算すればよいかを示した (論文 32)。この結果を元に、 O_{Sp} 不変な閉弦の場の理論において D-ブレーンに対応する演算子を構築し、それを用いてディスク状のファインマングラフに対応する振幅を計算した (論文 33)。

(2) ゲージ理論/重力理論双対性における可解構造

弦理論の主要なテーマの一つにゲージ理論/重力理論の双対性がある。特に、 $AdS_5 \times S^5$ 中の弦理論と $\mathcal{N} = 4$ $SU(N)$ 超対称ゲージ理論の対応は、AdS/CFT (共形場理論) 対応と呼ばれている。この研究において、近年、弦理論側を記述するシグマ模型が古典的に可解であり、また、ラージ N (カラー) 摂動論の低次でゲージ理論演算子の異常次元が可解なスピン鎖模型のハミルトニアンで表されることがわかり、弦理論、ゲージ理論、双方の可解構造が明らかになってきた。この発見により、強/弱結合対応のために解析が困難であった、超対称セクターを超えた AdS/CFT 対応が議論できるようになり、弦理論の大きな成果の一つとなっている。さらに、弦の古典近似/ゲージ理論の低次の摂動近似にとどまらずにこれらの可解構造が保たれ、双方の理論が完全に可解であると期待されており、様々な状況証拠が積み上げられている。

こうした可解構造に基づく AdS/CFT 対応の研究の一つの到達点として、ゲージ理論演算子の異常次元/弦のエネルギースペクトルを、カラー数 N 、演算子の長さ/弦の角運動量が大い極限において、結合定数の全ての領域で記述するベータ方程式が提案されている。理論の対称性からゲージ理論/弦理論のスペクトルは、このベータ方程式に現れるスカラー因子で結びつけられていると考えられる。従って、このスカラー因子の物理的な意味や出現の機構を理解することは、ゲージ理論/重力理論双対性の理解にとって大変重要である。

佐藤は酒井（慶應義塾大学）と共に、このスカラー因子が実は、物理的な真空が非自明な配位を持っている時に現れる有効的な位相因子であり、真空の上の励起の散乱を具体的に計算することで導かれることを提案した（論文 34,35）。この結果は、スカラー因子は手で与えられるのではなく、背後にある可解模型の真空を正しく選ぶことで自然に導かれ、弦/ゲージ理論、双方のスペクトラムが自己完結的に決まっていることを示唆している。

(3) 行列模型を用いた higher spin 場の理論の研究

花田氏、川合氏、木村氏らによって導入された超行列模型の新解釈に基づき、齋藤は、超行列模型とスピンの $(3,5/2)$ を持つ質量 0 の 4 次元 $N=1$ 超対称多重項の場の理論との関係を自由場の場合について調べ、この超対称場の理論の運動方程式の解は超行列模型の運動方程式を満たすことを示した（論文 36）。

(4) ホログラフィック QCD

ゲージ/重力対応を用いて、重力側の模型で QCD を解析する方法はホログラフィック QCD と呼ばれ、近年盛んに研究されている。齋藤は、0 型弦理論の中で、ある D-ブレーン配位のもとでゲージ/重力対応を用いることで、QCD に近い模型が得られることを議論し、ベクトルメソンの質量スペクトルなどの計算をした。

(5) 1 次元の非臨界弦の場の理論

1 次元以下の時空で定義された非臨界弦と呼ばれる理論は、通常の弦理論のおもちゃの模型として、長年研究されてきた。この理論を用いて D-ブレーンとは何かという疑問について理解が進んでいる。石橋は山口（KEK）とともに 1 次元の非臨界弦の場の理論を構築し、D-ブレーンに対応するフェルミオン的な演算子を弦の場で厳密に表す公式を与えた（論文 37）。

【3】 高エネルギーハドロン物理

（八田 佳孝）

(1) ゲージ理論/重力理論双対性におけるジェットの時間発展

RHIC 加速器における原子核衝突実験で生成されたと考えられるクォークグルオンプラズマは、従来の予想と異なり非常に強く相互作用している物質であることが実験的に分かっている。ここでは有限温度の QCD 摂動論は適用できず、

なんらかの非摂動的な手法を用いて物理量を計算しなければならない。 $\mathcal{N} = 4$ 超対称ゲージ理論はゲージ理論/重力理論双対性によって強結合での解析が可能であり、クォークグルオンプラズマのモデルとして近年非常に注目を集めている。

強結合プラズマ中の高エネルギー反応を解明するために、八田は Iancu(サクレ)、Mueller (コロンビア大学) らとともに有限温度 AdS/CFT を用いて、プラズマ中を伝播するジェットの状態を調べた。双対性を用いると、高いエネルギーを持つジェットの減衰は超重力場がブラックホールの事象の地平線に落ちていく過程で記述される。超重力場の方程式を解析することにより落下の詳細な時間発展とそれに付随するゲージ理論側での現象をさまざまなエネルギーの領域で理解することができた (論文 38)。

<論文>

1. Yoshinobu Kuramashi for the PACS-CS Collaboration, $N_f = 2 + 1$ dynamical Wilson quark simulation toward the physical point, PoS(LATTICE 2007) 017.
2. PACS-CS Collaboration: N. Ukita, S. Aoki, N. Ishii, K.-I. Ishikawa, N. Ishizuka, T. Izubuchi, D. Kadoh, K. Kanaya, Y. Kuramashi, Y. Namekawa, M. Okawa, K. Sasaki, Y. Taniguchi, A. Ukawa, T. Yoshié, Light hadron spectrum with 2+1 flavor dynamical $O(a)$ -improved Wilson quarks, PoS(LATTICE 2007) 138.
3. PACS-CS Collaboration: D. Kadoh, S. Aoki, N. Ishii, K.-I. Ishikawa, N. Ishizuka, T. Izubuchi, K. Kanaya, Y. Kuramashi, Y. Namekawa, M. Okawa, K. Sasaki, Y. Taniguchi, A. Ukawa, N. Ukita, T. Yoshié, Application of chiral perturbation theory to 2+1 flavor lattice QCD with $O(a)$ -improved Wilson quarks, PoS(LATTICE 2007) 109.
4. WHOT-QCD Collaboration: Y. Maetzawa, N. Ukita, S. Aoki, S. Ejiri, T. Hatsuda, N. Ishii and K. Kanaya, Heavy-Quark Free Energy, Debye Mass, and Spatial String Tension at Finite Temperature in Two Flavor Lattice QCD with Wilson Quark Action, Phys. Rev. D 75 (2007) 074501.
5. WHOT-QCD Collaboration: Y. Maetzawa, S. Aoki, S. Ejiri, T. Hatsuda, N. Ishii, K. Kanaya and N. Ukita, Thermodynamics of two-flavor lattice QCD with an improved Wilson quark action at non-zero temperature and density, J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 34 (2007) 651-654.
6. Takashi Umeda, Study of constant mode in charmonium correlators at finite temperature, PoS(LATTICE 2007) 233.

7. WHOT-QCD Collaboration: Y. Maezawa, S. Aoki, S. Ejiri, T. Hatsuda, N. Ishii, K. Kanaya, N. Ukita, T. Umeda, Thermodynamics and heavy-quark free energies at finite temperature and density with two flavors of improved Wilson quarks, PoS(LATTICE 2007) 207.
8. Y. Nakamura, S. Aoki, Y. Taniguchi and T. Yoshie [CP-PACS Collaboration], Precise determination of B_K and right quark masses in quenched domain-wall QCD, arXiv:0803.2569 [hep-lat].
9. Y. Nakamura and Y. Taniguchi [CP-PACS Collaboration], Non-perturbative renormalization of four-quark operators and B_K with Schroedinger functional scheme in quenched domain-wall QCD, PoS(LATTICE 2007) 248.
10. 佐藤 三久, 建部 修見, 吉江 友照, 石井 理修, 朴 泰祐, 宇川 彰, 計算素粒子物理学分野の国際データグリッドILDGと国内グリッドJLDG, 情報処理学会研究報告, 2007-HPC-113, pp.13-18, 2007
11. P.Coddington, S.Zhang, N.Ishii, M.Sato, D.Melkumyan, D.Pleiteer, G.Beckett, R.Ostrowski, J.Simone, B.Joo, C.Watson (ILDG Middleware Working Group), Towards an interoperable International Lattice Datagrid, PoS(LATTICE 2007) 044.
12. P. Coddington, B. Joo, C.M. Maynard, D. Pleiteer, T. Yoshie (ILDG Metadata Working Group), Marking up lattice QCD configurations and ensembles, PoS(LATTICE 2007) 048.
13. N.Ishii, S.Aoki, T.Hatsuda, Nuclear Force from Lattice QCD, Physical Review Letters 99 (2007) 022001.
14. JLQCD collaboration: H. Fukaya, S. Aoki, T.W. Chiu, S. Hashimoto, T. Kaneko, H. Matsufuru, J. Noaki, K. Ogawa, M. Okamoto, T. Onogi, N. Yamada, Two-flavor lattice QCD simulation in the epsilon-regime with exact chiral symmetry, Physical Review Letters 98 (2007) 172001.
15. T.Kaneko, S.Aoki, M.Della Morte, S.Hashimoto, R.Hoffmann, R.Sommer, Non-perturbative improvement of the axial current with three dynamical flavors and the Iwasaki gauge action, JHEP 0704 (2007) 092.
16. H. Fukaya, S. Aoki, T.W. Chiu, S. Hashimoto, T. Kaneko, H. Matsufuru, J. Noaki, K. Ogawa, T. Onogi, N. Yamada, Two-flavor lattice QCD in the epsilon-regime and chiral Random Matrix Theory, Physical Review D76(2007) 054503.
17. Sinya Aoki, Hidenori Fukaya, Shoji Hashimoto, Tetsuya Onogi, Finite volume QCD at fixed topological charge, Physical Review D76(2007) 054508.

18. CP-PACS Collaboration: S. Aoki, M. Fukugita, K-I. Ishikawa, N. Ishizuka, K. Kanaya, Y. Kuramashi, Y. Namekawa, M. Okawa, K. Sasaki, A. Ukawa, T. Yoshie, Lattice QCD Calculation of the ρ Meson Decay Width, Physical Review D76(2007) 094506.
19. Sinya Aoki, Oliver Bär, WChPT analysis of twisted mass lattice data, Eur. Phys. J. A **31** (2007) 781.
20. Sinya Aoki, Lattice QCD simulations with light dynamical quarks, AIP Conf. Proc. **892** (2007) 1.
21. S. Aoki and O. Bär, The Vector and axial vector current in Wilson ChPT, PoS(LATTICE 2007) 062.
22. JLQCD Collaboration: J.Noaki, S.Aoki, H.Fukaya, S.Hashimoto, T.Kaneko, H.Matsufuru, T.Onogi, E.Shintani, N.Yamada, Light meson spectrum with $N_f = 2$ dynamical overlap fermions, PoS(LATTICE 2007) 126.
23. JLQCD Collaboration: N. Yamada, S. Aoki, H. Fukaya, S. Hashimoto, J. Noaki, T. Kaneko, H. Matsufuru, T. Onogi, B(K) with dynamical overlap fermions, PoS(LATTICE 2007) 379.
24. JLQCD collaboration: S. Hashimoto, S. Aoki, H. Fukaya, T. Kaneko, H. Matsufuru, J. Noaki, T. Onogi, N. Yamada, Lattice simulation of 2+1 flavors of overlap light quarks, PoS(LATTICE 2007) 101.
25. JLQCD collaboration:H. Fukaya, S. Aoki, S. Hashimoto, T. Kaneko, H. Matsufuru, J. Noaki, K. Ogawa, T. Onogi, N. Yamada, Meson correlators in the epsilon-regime of two-flavor lattice QCD, PoS(LATTICE 2007) 073.
26. Hidekatsu Nemura, Noriyoshi Ishii, Sinya Aoki, Tetsuo Hatsuda
Hyperon-nucleon potentials from lattice QCD, PoS(LATTICE 2007) 156.
27. Noriyoshi Ishii, Sinya Aoki, Tetsuo Hatsuda, Lattice QCD approach to nuclear force, PoS(LATTICE 2007) 146,
28. Sinya Aoki, Hidenori Fukaya,Shoji Hashimoto, Tetsuya Onogi, Theta vacuum physics from QCD at fixed topology, PoS(LATTICE 2007) 080.
29. Sinya Aoki, Hadron interactions from lattice QCD, PoS(LATTICE 2007) 002.
30. Taku Izubuchi, Sinya Aoki, Koichi Hashimoto, Yoshifumi Nakamura, Toru Sekido, Gerrit Schierholz, Dynamical QCD simulation with theta terms, PoS(LATTICE 2007) 106.
31. N. Namekawa, Y. Kikukawa, Thermodynamics of $N_f = 2$ QCD on anisotropic lattices, PoS(LATTICE 2007) 212.

32. Y. Baba, N. Ishibashi and K. Murakami, D-brane States and Disk Amplitudes in $O\mathcal{S}p$ Invariant Closed String Field Theory, JHEP0710 (2007) 008.
33. Y. Baba, N. Ishibashi and K. Murakami, D-branes and Closed String Field Theory, Proceedings of “Workshop on Progress of String Theory and Quantum Field Theory” (Osaka City University, December 7-10, 2007).
34. K. Sakai and Y. Satoh, On the origin of the dressing phase in $\mathcal{N} = 4$ Super Yang-Mills, Phys. Lett. B 661 (2008) 216-219.
35. K. Sakai and Y. Satoh, Microscopic formulation of the S-matrix in AdS/CFT, JHEP 0712 (2007) 044.
36. T. Saitou, Superfield formulation of 4D, $N=1$ massless higher spin gauge field theory and supermatrix model, JHEP 0707 (2007) 057.
37. N. Ishibashi and A. Yamaguchi, An exact bosonization rule for $c=1$ noncritical string theory, JHEP 0708 (2007) 097.
38. Y. Hatta, E. Iancu and A. H. Mueller, Jet evolution in the $N=4$ SYM plasma at strong coupling, arXiv:0803.2481 [hep-th], JHEP in press.

<著書・総説等>

1. 岩崎 洋一, 次世代スーパーコンピュータと計算科学の発展, 応用数理 17, No.1 (2007) 57-64.
2. 金谷 和至, 格子QCD理論の進展, 別冊・数理科学「素粒子物理学の発展 - 未解決問題への多彩なアプローチ」(2007) 54-60.

<学位論文>

[博士論文]

1. 馬場 裕 「D-branes in $O\mathcal{S}p$ invariant closed string field theory」
2. 中村 庸介 「クエンチのドメインウォール QCD における 4 クォーク演算子と Kaon バックパラメータのシュレディンガー汎関数スキームを用いた非摂動的繰り込み」

[修士論文]

1. 大野 浩史 「クエンチ近似を用いた有限温度格子 QCD によるチャーモニウム消失温度の探索」

2. 幸田 義行「格子 QCD のトポロジーとアノーマラスワード高橋恒等式」
3. 杉山 友規「揺らぎ定理」
4. 武田 光平「Pi-N Sigma term の研究に向けた all-to-all propagator による核子相関関数の計算」
5. 田宮 亮「Witten の弦の場の理論におけるタキオン凝縮の解析解」

<集中講義>

1. 石橋 延幸、「D-branes and String Field Theory」 The 2nd Asian School of Particles, Strings and Cosmology, 2008 年 1 月 16 日～18 日.
2. 石橋 延幸 「D-brane と弦の場の理論」 立教大学、2007 年 11 月 10, 15, 16 日.

<研究成果発表 (講演)>

[国際会議]

1. 藏増 嘉伸「Dynamical Wilson quark simulations toward the physical point」 The XXV International Symposium on Lattice Field Theory 招待講演 (Regensburg, Germany, July 30 - August 4, 2007)
2. 浮田 尚哉「Light hadron spectrum with 2+1 flavor QCD with $O(a)$ -improved Wilson quarks」, The XXV International Symposium on Lattice Field Theory (Regensburg, Germany, July 30 - August 4, 2007)
3. 加堂 大輔「Application of Wilson chiral perturbation theory to 2+1 flavor lattice QCD with $O(a)$ -improved Wilson quarks」 The XXV International Symposium on Lattice Field Theory (Regensburg, Germany, July 30 - August. 4, 2007)
4. 梅田 貴士「Study of constant mode in charmonium correlators at finite temperature」 The XXV International Symposium on Lattice Field Theory (Regensburg, Germany, July 30 - August 4, 2007)
5. 梅田 貴士「Study of constant mode in charmonium correlators in hot QCD」 QCD in extreme conditions (INFN Frascati, Rome, Italy, August 6-8, 2007)
6. 梅田 貴士「Charmonium dissociation temperatures in lattice QCD with a finite volume technique」 The 20th International Conference on Ultra-Relativistic Nucleus-Nucleus Collisions (QM2008) (Jaipur, India, Feb. 9, 2008)
7. 吉江 友照「QCDml: Update Proposal」 Workshop ILDG10 (Video conference hosted by CSSM, May 18, 2007)

8. 吉江 友照 「Marking up lattice QCD configurations and ensembles」 The XXV International Symposium on Lattice Field Theory (Regensburg, Germany, July 30 - August 4, 2007)
9. 吉江 友照 「Update of the QCDmll」 Workshop ILDG11 (Video conference hosted by CSSM, Nov 30, 2007)
10. 青木 慎也 「Can we extract physics at fixed topological charge ?」 YITP@40 Aniversary Symposium 招待講演 (SUNY at Stony Brook, Stony Brook, NY, USA, May 2-5, 2007)
11. 青木 慎也 「Hadron interactions from lattice QCD」 The XXVth International Symposium on Lattice Field Theory 招待講演 (Regensburg, Germany, July 30 - August 4, 2007)
12. 青木 慎也 「Nuclear force from lattice QCD」 Riken BNL Research Center Annual Review meeting (Riken BNL Research Center, Upton, USA, November 5-6, 2007)
13. 石井 理修 「Lattice QCD approach to baryon-baryon potentials」 Nuclear Physics at J-PARC –Pre-symposium of INPC2007– (RICOTTI in Tokai village, Japan, June 1–2, 2007).
14. 石井 理修 「Lattice QCD studies to nuclear force」 International Nuclear Physics Conference(INPC2007) (Tokyo, Japan, June 2007).
15. 石井 理修 「Lattice QCD approach to nuclear force」 , The XXV International Symposium on Lattice Field Theory (Regensburg, Germany, July 30 - August 4, 2007).
16. 石井 理修 「(The) Nuclear Force from lattice QCD」 , Workshop on Hadron Physics on the Lattice 招待講演 (Milos, Greece, September 2007).
17. 石井 理修 「Lattice QCD calculation of Nuclear Forces」 The international workshop on chiral symmetry in hadrons and nuclei 招待講演 (Osaka, Japan, November 13 - 16, 2007).
18. 石井 理修 「Lattice QCD approach to NN potentials」 QCD Downunder II (Auckland, New Zealand, January 17 - 19, 2008).
19. 滑川 裕介 「Thermodynamics of $N_f = 2$ QCD on anisotropic lattices」 The XXV International Symposium on Lattice Field Theory (Regensburg, Germany, July 30 - August 4, 2007)
20. 中村 庸介 「Non-perturbative renormalization of four-quark operators and B_K with Schroedinger functional scheme in quenched domain-wall QCD」 The XXV International Symposium on Lattice Field Theory (Regensburg, Germany, July 30 - August 4, 2007)

21. 石橋 延幸 「D-branes and closed string field theory」 Progress of String Theory and Quantum Field Theory 招待講演 (Osaka City University, Osaka, Dec. 7-10, 2007)
22. 佐藤 勇二 「S-matrix in AdS/CFT」 Asia-Pacific Center for Theoretical Physics Workshop “Liouville, Integrability and Branes (4)” 招待講義 (APCTP, Pohang, Korea, December 11- 24, 2007)
23. 八田 佳孝 「Small-x physics in QCD and in gauge/string duality」 YITP International Symposium “Fundamental Problems in Hot and/or Dense QCD” (京都大学基礎物理学研究所、京都、2008年3月3-6日)

[国内学会、研究会]

1. 浮田 尚哉 「Light hadron spectrum with 2+1 flavor dynamical $O(a)$ -improved Wilson quarks」 日本物理学会 第62回年次大会 (北海道大学、札幌、2007年9月21-24日)
2. 浮田 尚哉 「 $O(a)$ 改良されたウィルソフェルミオンを用いた現実的なクォーク質量での $N_f = 2 + 1$ 格子 QCD とハドロンスペクトラム」 日本物理学会年会 第63回年次大会 (近畿大学、東大阪、2008年3月22-26日)
3. 加堂 大輔 「Application of Wilson chiral perturbation theory to 2+1 flavor lattice QCD with $O(a)$ -improved Wilson quarks」 日本物理学会 第62回年次大会 (北海道大学、札幌、2007年9月21-24日)
4. 加堂 大輔 「 $O(a)$ 改良したウィルソフェルミオンによる $N_f = 2 + 1$ 格子 QCD におけるウィルソカイラル摂動論を用いた解析」 日本物理学会 第63回年次大会 (近畿大学、東大阪、2008年3月22-26日)
5. 滑川 裕介 「Topological susceptibility in 2+1 flavor lattice QCD」 日本物理学会 第63回年次大会 (近畿大学、東大阪、2008年3月22-26日)
6. 梅田 貴士 「格子 QCD による QGP 物質の性質の解明」 基研研究会「熱場の量子論とその応用」(京都大学基礎物理学研究所、京都、Sept.5-7, 2007)
7. 梅田 貴士 「Finite temperature lattice QCD with $N_f=2+1$ Wilson quark action」 日本物理学会 第62回年次大会 (北海道大学、札幌、2007年9月21-24日)
8. 梅田 貴士 「Lattice QCD study of charmonium dissociation temperatures」 日本物理学会 第63回年次大会 (近畿大学、東大阪、2008年3月22-26日)
9. 大野 浩史 「有限温度格子 QCD によるチャーモニウム消失温度の探索」 日本物理学会 第63回年次大会 (近畿大学、東大阪、2008年3月22-26日)

10. 谷口 裕介 「Non-perturbative renormalization of quark mass for three flavours QCD with Wilson fermion and RG improved gauge action」 日本物理学会 第62回年次大会 (北海道大学、札幌、2007年9月21-24日)
11. 吉江 友照 「格子 QCD 計算の将来像 -ペタフロップス計算機からグリッドまで」 「計算科学による新たな知の発見・統合・創出」 シンポジウム (筑波大学、つくば、2007年9月3-4日)
12. 吉江 友照 「格子 QCD データグリッド ILDG/JLDG の開発と運用」 日本物理学会 第62回年次大会 (北海道大学、札幌、2007年9月21-24日)
13. 吉江 友照 「シミュレーションのためのデータグリッド -JLDG/ILDG の現状と将来」 in シンポジウム “未来の素粒子・原子核数値シミュレーション” (エポカルつくば、つくば、2007年12月19-20日)
14. 吉江 友照 「HEPnet-J/sc 報告」 HEPnet-J 利用者会 2008 (岡山大学、岡山、2008年1月13日-14日)
15. 青木 慎也 「格子 QCD のチャレンジ: ハドロンからハドロン間相互作用へ」 in シンポジウム “未来の素粒子・原子核数値シミュレーション” (エポカルつくば、つくば、2007年12月19-20日)
16. 石井 理修 「The nuclear force from lattice QCD」, 理研 RIBF ミニワークショップ “不安定核・ストレンジハドロン原子核の合同理論研究会—軽いエキゾチック系の構造を中心として—” (理化学研究所、和光、2007年7月17日)
17. 石井 理修 「格子 QCD による核力の研究」 日本物理学会 第62回年次大会 (北海道大学、札幌、2007年9月21-24日)
18. 石井 理修 「NN potentials from lattice QCD」 原子核・ハドロン物理横断研究会 招待講演 (KEK、つくば、2007年11月)
19. 石井 理修 「核力の第一原理計算」 日本物理学会 第63回年次大会 (近畿大学、東大阪、2008年3月22-26日)
20. 武田 光平 「all-to-all クォークプロパゲーターを用いた核子の相関関数の計算」 日本物理学会 第63回年次大会 (近畿大学、東大阪、2008年3月22-26日)
21. 石橋 延幸 「D-branes and closed string field theory」 理研シンポジウム “弦の場の理論07” 招待講演 (理化学研究所、和光、2007年10月16-17日)
22. 佐藤 勇二 「Microscopic formulation of the S-matrix in AdS/CFT」 KEK 集中セミナー 招待講演 (KEK、つくば、2008年1月10-12日)

23. 佐藤 勇二 「ゲージ/重力双対性は証明できるだろうか？」日本物理学会第62回年次大会 企画講演（北海道大学、札幌、2007年9月21-24日）
24. 馬場 裕 「D-brane states and disk amplitudes in OSp invariant closed string field theory」基研研究会「弦理論と場の理論 ー量子と時空の最前線」(近畿大学、東大阪、2007年8月6-10日)
25. 馬場 裕 「D-brane States and Disk Amplitudes in OSp Invariant Closed String Field Theory」日本物理学会 第62回年次大会（北海道大学、札幌、2007年9月21-24日）
26. 馬場 裕 「OSp 不変な閉弦場の理論における annulus 振幅」日本物理学会 第63回年次大会（近畿大学、東大阪、2008年3月22-26日）
27. 齋藤 卓 「Holographic QCD in Type 0 String Theory」日本物理学会 第63回年次大会（近畿大学、東大阪、2008年3月22-26日）

〈国内外の共同組織への参加、および顕著な学会の委員活動〉

1. 佐藤 勇二 日本物理学会会誌編集委員

〈その他特記事項〉

1. 青木 慎也と石井 理修は2007年6月20日に「原子核の中にある”強い力”の起源を解明 ー格子ゲージ理論とスーパーコンピュータが拓く物質研究ー」という記者説明会を筑波大学本部棟で行った。その内容が読売(6月20日)、朝日(6月21日)、東京(7月15日)などの各新聞やそのインターネット版などで紹介された。
2. 論文 N. Ishii, S. Aoki and T. Hatsuda, “Nuclear Force from Lattice QCD”, Physical Review Letters 99 (2007) 022001 がネイチャー誌による2007年の自然科学のハイライト研究21件の1つに選ばれた。(Research Highlights 2007, Nature 450 (2007) 1130)