

研究活動

1. 素粒子理論グループ

教授 青木 慎也、石橋 延幸、岩崎 洋一、宇川 彰、金谷 和至

助教授 石塚 成人、吉江 友照

講師 藏増 嘉伸

助手 石川 健一、佐藤 勇二、谷口 祐介、毛利 健司、Oliver Bär

研究機関研究員 石川 智己

学振研究員 Victor Isaac Lesk

研究生 (1名)

大学院生 (22名)

【人事異動】2003年4月1日付けで、Oliver Bär氏(MIT PD)が助手(特別教員配置第II種)に、石川 智己氏(広島大学情報メディア教育研究センター研究支援者)が研究機関研究員(計算物理学研究センター)にそれぞれ着任した。梅田 貴士氏(COE研究員)が2003年3月31日に京都大学基礎物理学研究所(学振研究員)に、Victor I. Lesk氏(学振研究員)が2003年6月30日に Dept. Biological Sciences, Imperial College, London に転出した。石川 健一 助手が、2003年9月1日付けで広島大学大学院理学研究科 素粒子論研究室 講師に転出した。その後任として、2004年3月16日に藏増 嘉伸氏(高エネルギー加速器研究機構 助手)が物理学系講師に就任した。岩崎 洋一 教授が2004年4月1日に筑波大学学長に就任した。

【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。

陽子や中性子などのハドロンの性質を、QCDから直接計算することは、クォーク質量などの自然界の基本パラメータの精密決定や、宇宙進化に決定的な影響を与えるCPの破れや高温のクォーク物質を解明するうえで、きわめて重要である。ここで、クォークが強く相互作用しているため、格子量子色力学(格子QCD)にもとづく数値シミュレーションが唯一の系統的研究方法である。格子場の理論グループでは、計算物理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を推進した。特に、u, dクォークとsクォークを取り入れた $N_F = 3$ QCDの大規模シミュレーションを開始した。これは現実的なQCDシミュレーションを実現する最後のステップである。膨大な計算量が要求されるため、計算物理学研究センターの超並列計算機CP-PACS、そのフロント計算機システムSR-8000だけでなく、高エネルギー加速器研究機構(KEK)の並列計算機SR-8000、筑波大学学術情報処理センターの並列計算機VPP-5000、地球シミュレーションセンターの地球シミュレータなど、使える計算機資源を集約して、プロジェクトを進めている。また、これと並行して、 $N_F = 2$ QCDやクエンチ近似QCDで、クォークが軽い領域でのハドロンのクォーク質量依存性の研究、ハドロンの散乱長と散乱位相の研

究、重いクォークの物理の研究、有限温度 QCD の研究、格子上でカイラル対称性を実現するドメインウォールフェルミオンの研究なども推進した。

超弦理論の分野では、超弦理論の非摂動的取り扱いと、超弦理論とゲージ理論との対応という 2 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 プレーンと呼ばれるソリトン解の研究を通じて、超弦理論の行列模型による定式化、超弦理論とゲージ理論との双対性等のテーマが盛んに研究され、超弦理論とは何か、あるいは弦理論はいかにゲージ理論と関わっているかという長年の大問題に対して少しずつ知見が得られてきている。この状況の下で、膜の理論の行列模型を使った量子化、境界を持った面上の共形場の理論の構成、非コンパクト共形場の理論の研究等の研究を行った。

【1】 格子場の理論

(青木 慎也、岩崎 洋一、宇川 彰、金谷 和至、石塚 成人、吉江 友照、藏増 嘉伸、石川 健一、谷口 裕介、Olover Bär、石川 智己、Victor Isaac Lesk)

(1) $N_F = 3$ QCD: ダイナミカルな s クォークを含むシミュレーション

クォークのシミュレーションには膨大な計算量が要求されるため、通常、最も軽い u, d クォークの動的効果は取り入れるが、その次に重い s クォークについては対生成・対消滅を無視したクエンチ近似が用いられている ($N_F = 2$ QCD)。CP-PACS の $N_F = 2$ QCD シミュレーションにより、動的クォークが連続極限で重要であることが示されている。 s クォークも、質量が QCD の典型的エネルギースケール程度であるので、重要な効果があると考えられる。(他方、 s より重いクォークの対生成・対消滅は重要ではない。)従って、現実的なクォークとグルオンのシミュレーションに向けての最後のステップとして、動的な s クォークを導入した $N_F = 3$ QCD のシミュレーションを行い、 s クォークの効果を評価することが重要である。

格子場の理論グループでは、動的な s クォークまで取り入れた " $N_F = 3$ QCD" の系統的シミュレーションを推進した。プロジェクトの目標は、 $N_F = 3$ QCD の連続極限外挿を実行することにより、格子 QCD に残された最後の大きな近似を取り除いた完全に現実的なシミュレーションを初めて実現することにある。

$N_F = 3$ QCD の大規模計算は世界的にも例がないので、慎重に準備研究を行った。まず、その為のアルゴリズム開発とテストを行った。 $N_F = 2$ QCD では、Wilson 型格子クォークを使えば、厳密なシミュレーションアルゴリズムである Hybrid Monte Carlo (HMC) アルゴリズムが有効で、最近の全てのシミュレーションで使われている。 N_F が奇数の場合の厳密なアルゴリズムを評価・検討した結果、Polynomial HMC (PHMC) アルゴリズムがよいとの結論に達した。また、これを応用して、4 種類のクォークしか表現できない Kogut-Susskind 型格子クォークでより現実的な 2 種類のクォークの場合をシミュレーションするための近似の無い計算アルゴリズムを考案し、その性質を研究した(論文 33)。次に、PHMC を用いた $N_F = 3$ QCD の試験研究を行い、格子作用の改良が重要であるとの結果を得た。最後に、本格的なシミュレーションのために、 $N_F = 3$ QCD における改良格子パラメータの非摂動的な決定を行った(論文 15,50、本論文準備中)。

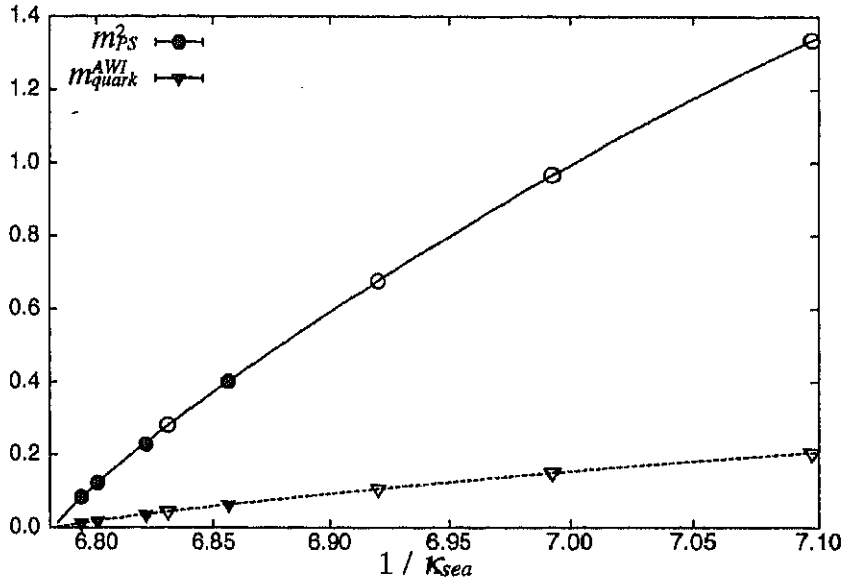


図 1: ウィルソン型クォークのカイラル摂動論による軽いクォーク領域の研究 (論文 58)。これまでの研究 (白抜きシンボル) より大幅にクォーク質量を下げたシミュレーションを実行した (黒シンボル)。連続時空のカイラル摂動論ではデータを説明できないが、実線で示されるように、ウィルソン型クォークによるカイラル対称性の破れを考慮したカイラル摂動論を用いれば、全てのクォーク質量領域のデータを説明できる。

これらの準備研究に基づき、大規模シミュレーションを開始した (論文 51)。第一段階として、格子間隔 $a \simeq 0.1 \text{ fm}$ ($a^{-1} \simeq 2 \text{ GeV}$) の 1 点で、シミュレーションを行った。 $N_F = 3$ QCD における有限サイズ効果は未知であったため、 $16^3 \times 32$ ($La \simeq 1.6 \text{ fm}$) と $20^3 \times 40$ ($La \simeq 2.0 \text{ fm}$) の二つの格子でシミュレーションを行い、その結果を比較することにより、有限体積効果の判定をめざした。u,d クォーク質量としては、擬スカラー中間子とベクトル中間子の質量比で換算して $m_{PS}/m_V \simeq 0.64$ – 0.77 の範囲の 5~6 点 (現実の u,d クォーク質量は $m_{PS}/m_V = 0.18$)、s クォーク質量は $m_{PS}/m_V \simeq 0.72$, 0.77 の 2 点 (現実の s クォーク質量は $m_{PS}/m_V = 0.68$) を調べた。現在データの最終的解析を進めているが、有限サイズ効果については、 $m_{PS}/m_V > 0.64$ では、格子サイズが $1.6 \sim 2.0 \text{ fm}$ 程度あれば中間子質量に有意な影響が見られないことを確認した。この結果を受けて、2004 年度以降は、 $a \simeq 0.07 \text{ fm}$ 、 $28^3 \times 56$ 格子と $a \simeq 0.125 \text{ fm}$ 、 $16^3 \times 32$ 格子で研究を行う予定である。そのシミュレーションパラメータを決定するための予備的シミュレーションを実行中である (論文 38,41)。

(2) カイラル外挿の研究：ウィルソン型クォークのカイラル摂動論

格子 QCD では、クォークが軽くなると計算量がクォーク質量に逆比例して増大するため、これまで主にクォーク質量 50 MeV 程度以上しか計算されていなかった。これを現実の軽いクォークの質量である $3 \sim 4 \text{ MeV}$ までカイラル外挿しなければならないことが、現在の格子計算における大きな系統誤差の要因となっている。

連続時空におけるハドロンの有効理論であるカイラル摂動論によると、カイラル極

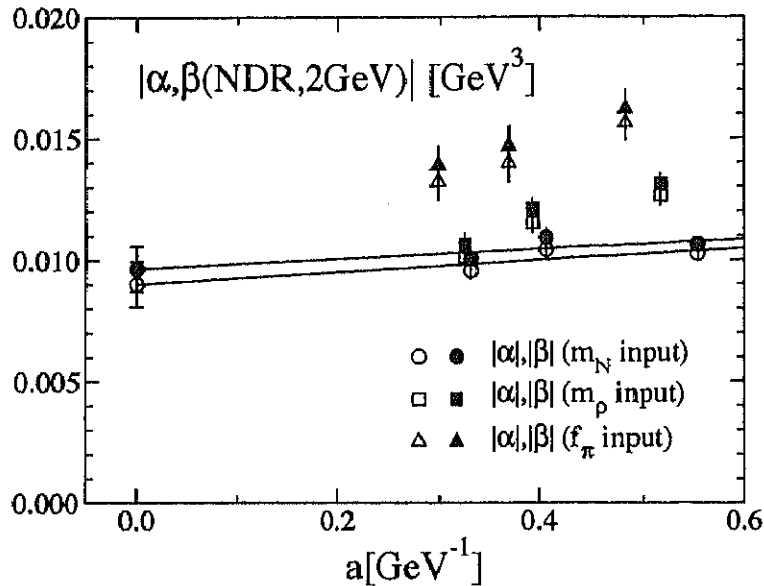


図 2: 陽子崩壊におけるハドロン 2 体行列要素 α, β の QCD 第一原理計算 (論文 57)。動的クォークの効果を取り入れた計算を初めて実行し、連続極限外挿を行った。この結果により、統一模型に強い制限が課された。

限で特異的なクォーク質量依存性が予想されるが、50 MeV 程度以上のデータではその傾向は見えていない。他方、格子クォークは格子化によるカイラル対称性の陽な破れがあり、有限な格子上ではカイラル摂動論に大きな補正が入ると考えられる。そこで、ウィルソン型のクォークのカイラル対称性の破れの効果を取り入れたカイラル摂動論を定式化し 1 ループまでの計算を行い、実際の格子の数値データを再現できる可能性を示した (論文 32)。

さらに、連続極限を取れるぎりぎりの粗い格子で、クォーク質量を約 15 MeV までの $N_F = 2$ QCD シミュレーションを実行した。クォークを軽くしてゆくと、クォーク行列の逆行列計算アルゴリズムと、配位更新に使われている Hybrid Monte Carlo (HMC) アルゴリズムの分子動力学発展部分に、不安定性が現れることがわかった。前者については、BiCGStab(L) 法を応用することである程度対応できるが、後者については、現状では分子動力学発展のステップサイズを細かくするしか対処法がなく、軽いクォークの計算時間が当初の予想よりも大きくなることが判明した (論文 14,30)。シミュレーションの結果、以前の 50 MeV 以上のクォーク質量からの外挿からずれてはいるが、連続時空のカイラル摂動論から予想されている特異的なクォーク質量依存性は、15 MeV までの範囲には現れないことを示した。さらに、上記の、ウィルソン型クォークのカイラル対称性の破れの効果を取り入れたカイラル摂動論により全領域の格子データをよく説明できることを示した (図 1、論文 58)。

(3) 陽子崩壊

標準理論を超える物理を探索する重要な実験の 1 つとしてスーパーカミオカンデによる陽子崩壊の実験がある。現在のところ何れの崩壊モードも見つかっていないが、長年にわたる実験によって陽子寿命の下限が押し上げられ、大統一理論或いは

超対称大統一理論に対する制限は序々に強まってきている。他方理論的予言には幾つかの大きな不確定要素が存在するが、その1つが陽子崩壊におけるハドロン行列要素の評価である。これまでこの行列要素は様々なモデルを使って行われてきたが、それらは陽子の寿命に対して100倍程度の不定性を与えていた。格子QCDを用いてクエンチ近似でこのハドロン行列要素を計算し、カイラル外挿と連続極限への外挿を初めて実行した。その結果、不定性を大幅に減少させることに成功した(図2参照)。2体行列要素の係数 α, β に関し、これまでの模型による予言の約3倍の値が得られ、統一模型により強い制限が加わることを示した(論文44,57)。

(4) フレーバー1重項中間子

ハドロンの長年の課題にU(1)問題がある。これはフレーバー1重項中間子である η' が、フレーバー8重項の π, K 等よりかなり重いことをどう理解するかという問題である。単純なクォーク模型ではもっと軽い質量しか導けないことが示されている。QCDのグルオン配位の位相的構造が関係していると考えられており、格子QCDによる非摂動的な計算で η' 質量を導くことは、ハドロンを構成するクォークの力学がQCDであることの重要なテストである。我々は、CP-PACSで生成された動的 $N_F = 2$ QCDの高統計な配位を用い、さらにsmeared noisy sourceを用いることにより、1重項中間子質量のカイラル極限と連続極限の両方の外挿を初めて実行した。その結果、 $s\bar{s}$ 状態との混合を無視した近似で、 $960(87)_{-248}^{+36}$ MeVという、現実とほぼ一致する大きな値が得られた(論文6)。

現実には s クォークも存在し、 η' は $s\bar{s}$ 状態とも混合している。現在推進している $N_F = 3$ QCDのシミュレーションで、 $s\bar{s}$ 状態との混合などがフレーバー1重項中間子にどのような影響を持つかを調べることは興味深い。

(5) 格子上の重いクォークの研究

重いクォークを現在シミュレーションで用いられている程度の格子間隔で格子化すると格子化誤差が大きく、実用的でない。我々は、格子理論の改良を行うことにより、格子上で重いクォークを取り扱うための新しい格子作用を提唱した(論文5)。

(6) RG作用を用いた場合のシュレディンガー汎関数法の $O(a)$ 改良

境界改良係数を摂動の1ループまでで決定した。(??) この方法を用いてQCDの結合定数のスケール依存性を評価する予定である。また、 $O(a)$ 改良した力学的クォークの数値計算で、残りに a^2 の寄与を通常のプラケット作用の場合に評価した。(論文47)

(7) ドメインウォール・フェルミオンのラムダ・パラメタ

ドメインウォール・フェルミオンを力学的クォークに用いた格子QCDの繰り込みなどに必要なラムダ・パラメタを摂動展開の1ループで決定した。(29)

(8) $O(a)$ 改良係数、繰り込み係数の摂動計算

通常摂動展開の方法を用いて $O(a)$ 改良の係数である c_{sw} をクォーク質量がゼロの場合に決定できることを示した。(34) また、この方法を重いクォークに対する新

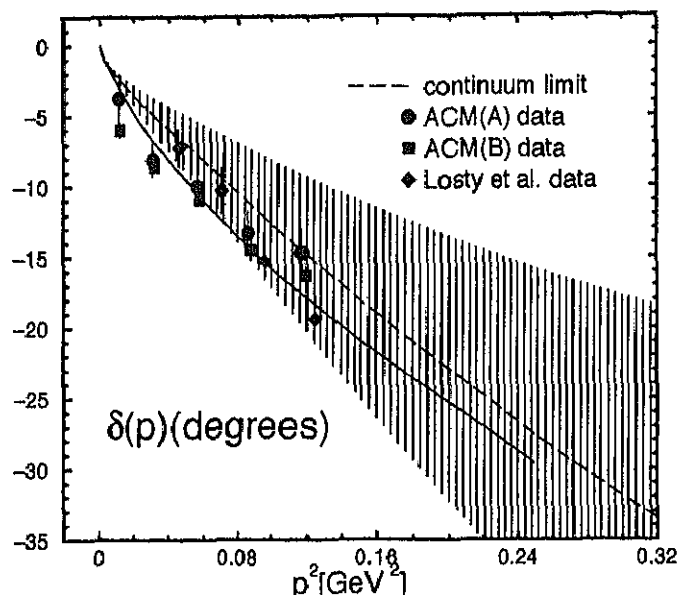


図 3: $N_f = 2$ 格子 QCD による $I = 2 \pi\pi$ 散乱位相の結果 (破線、縦の線は誤差) と実験結果 (黒シンボル) との比較 (論文 56)。格子の結果は連続極限に外挿されている。

しい格子作用に適用し、作用の改良係数 (論文??) やカレントの改良係数/繰り込み係数 (論文 62) を摂動展開の 1 ループで決定した。

(9) 軽いハドロンの散乱位相

ハドロンの相互作用の理解の為には、ハドロンの散乱長、および散乱位相を、格子上の数値計算により第一原理から定量的に評価し実験値と比較することが非常に重要である。しかし、これまで動的フェルミンの効果を見逃し、連続極限をとっていない計算しか行われておらず、不完全な計算結果しかなかった。この研究では、物理系をアイソスピンが 2 である 2 体パイメソン系に限定し、散乱長、および散乱位相を動的フェルミンの効果を取り入れた完全な計算の元で計算し、連続極限をとることにより実験と比較できる最終結果を得ることを目的とした。

我々の計算結果は完全に実験と一致しており、当面の目標は達成された。計算結果は 2004 年度に報告予である。しかし、更に細かく計算結果を質量や運動量依存性を研究し、ハドロンの相互作用を深く理解するには、我々の計算結果はあまりにも大きい誤差をともなっている。これは、散乱長、および散乱位相では格子間隔依存性が大きく、連続極限をとる際に大きな誤差を産み出すためである。この問題は、ゲージ場、およびクォークの作用として非摂動改良作用を用いることによって完全に解決されると期待される。これは将来の課題となった (図 3、論文??)。

(10) 軽いハドロンの 2 体波動関数

ハドロンの散乱長、および散乱位相を格子上の数値計算により計算する場合、これまで有限体積法が使われてきた。その方法では、有限体積での多体ハドロンのエネルギー固有値を計算し、それから散乱長や散乱相算出する。この場合、ハドロンの

相互作用の到達距離が、考えている体積よりも小さいという仮定が必要である。これまでの計算では、実際その仮定が満たされているかどうかは完全には考えられていなかった。

この研究では、物理系をアイソスピンが2である2体パイメソン系に限定し、2体波動関数を数値的に計算した。更に、計算された波動関数を解析することにより、相互作用の到達距離を求めた。それにより、一辺が3fmの体積であれば、アイソスピンが2である2体パイメソン系では、有限体積法の仮定がほぼ満たされることが分かった。我々の計算結果は2004年度に報告予定である。今回の研究を他のハドロン系に応用することは将来の興味深い課題である(論文43)。

(11) 共鳴状態の散乱位相による研究

一般に、共鳴状態の存在は散乱位相の計算を非常に難しくする。格子場の理論による数値的研究により、共鳴状態の性質を散乱位相から調べる事は、ハドロン間相互作用を理解する上で非常に重要である。これらを踏まえ、将来現実の量子色力学のもとでの共鳴状態の研究することをみすえ、その第一歩として、最大エントロピー法を用いて有効理論での研究を行った(論文8,10)。

(12) 非等方格子による有限温度QCD

有限温度QCDの効率のよい計算方法として、我々は、非等方格子の方法を提案し、純ゲージ系の場合にその有効性を示した。この方法を動的なクォークを含む $N_F = 2$ QCDの場合に応用して状態方程式の初めての連続極限外挿を行うことを目標に、第一段階として、 $N_F = 2$ QCDにおける改良された非等方格子作用に含まれる複数の非等方パラメータを決定した。格子作用の改良を非等方格子上で行うことは自明ではなく、まずその基礎研究を行い、目的としている非等方度の範囲では等方格子の改良パラメータでも十分な改良が得られることを示した(論文26)。次に、温度方向格子が空間方向より2倍細かい場合に対応する場合について、ゲージ部分とクォーク部分の非等方度が矛盾無く同じ非等方度を導くように、非等方パラメータを同時調整(カリブレーション)して、それらの値を格子間隔とクォーク質量の関数として決定した(論文28)。

(13) QCD真空のフレーバー数依存性

QCDは、カラーの閉じ込め、カイラル対称性の自発的破れ、漸近自由性という3つの特異的な性質をもっている。これらのうち、「漸近自由性」は摂動で計算でき、クォークのフレーバー数 N_F が17以上で壊されることが示されている。他の「カラーの閉じ込め」と「カイラル対称性の自発的破れ」が N_F でどのように変化するかは、QCDの本質を理解する上で重要だが、これらは本質的に非摂動的で、格子場の理論による研究が要求される。ウィルソン・フェルミオンを用いた数値シミュレーションを $N_F = 6 \sim 360$ で実行し、 $N_F \geq 7$ でカラーの閉じ込めとカイラル対称性の自発的破れが壊されることを示した。これは $N_F = 7 \sim 16$ で自明でない赤外固定点が存在することを示唆する。現実世界ではカラーの閉じ込めとカイラル対称性の自発的破れが実現しており、この結果は軽いクォークのフレーバー数に大きな制限を導く(論文24,36)。

LATTICE QCD ARCHIVE

Two-flavor full QCD configurations by CP-PACS

The two-flavor full QCD configurations in this archive are generated by the CP-PACS Collaboration on the CP-PACS parallel computer at the Center for Computational Sciences, University of Tsukuba.

When you download / use the files in this archive, please note the conditions given in the top page.

Simulation parameters

These gauge configurations are generated with a renormalization-group improved gauge action and a mean field improved clover quark action at three values of $\beta = 6/g^2$, corresponding to lattice spacings of $a \approx 0.22, 0.16$ and 0.11 fm, and four sea quark masses corresponding to $m_{ps}/m_l \approx 0.8, 0.75, 0.7$ and 0.6 . The sizes of lattice are chosen to be $12^3 \times 24, 16^3 \times 32$ and $24^3 \times 48$ so that the physical spatial size is kept constant at $L_a \approx 2.5$ fm. The scale a is fixed by $M_{ho} = 768.4$ MeV.

β	Lattice Size	β	a [fm]	L_a [fm]	m_{ps}/m_l	m_{ps}/m_l	m_{ps}/m_l	m_{ps}/m_l
1.80	$12^3 \times 24$	1.80	0.2150(22)	2.580(26)	0.807(1)	0.753(1)	0.694(2)	0.547(4)
					6250	5000	7000	5250

図 4: LQA (Lattice QCD Archive: <http://www.lqa.rccp.tsukuba.ac.jp/>) の構築と格子 QCD 配位の公開。

(14) 格子 QCD データの国際的ネットワークの構築

格子 QCD の計算には膨大な計算機資源が要求されるため、そこで生成される配位を蓄積し、様々な研究に再利用する体制の整備が望まれていた。近年のネットワークの高速化とグリッド技術の進展 (論文 52) により、実用性のある世界的データベースが可能になってきた。筑波大学の計算物理学研究センターを中心とする格子場の理論グループは、イギリス、アメリカ、ドイツなどのグループと共同で、配位の標準フォーマットの作成と、データグリッドによるデータベースシステムの開発を推進した (論文 39)。

これと並行して、CP-PACS 上の大規模シミュレーションによって生成された $N_F = 2$ QCD の配位を、インターネット上に公開した (図 4)。今後他の配位も順次追加される予定である。

【2】 超弦理論

(石橋 延幸、毛利 健司、佐藤 勇二、山口 貴史)

(1) membrane と matrix string

1次元コンパクト化された M 理論を記述している理論として matrix string 理論と呼ばれるものが提唱されている。最近、関野と米谷は、コンパクト化された方向にまきついた membrane の行列正則化を考えると丁度この matrix string 理論が得られることを示した。石橋は早川 (理研) とともに、この関野と米谷の結果を M 理論で通常使われている結果を使って導出できることを示した。この事実を使って、matrix string 理論におけるローレンツ変換の生成子を構築し、時空の次元が 10 次元のときローレンツ代数にアノマリーが出ないことを確かめた (論文 67)。

(2) $SU(2)_1/G$ における共形境界状態の構成

山口は、レベル 1 の $SU(2)$ WZW 模型のオービフォールド ($SU(2)_1/G$) において、ラショナルな対称性を一般に破る共形不変な境界状態の構成を行った (論文 66)。

(3) 重力/ゲージ対応と非コンパクト共形場理論

近年の弦理論の進展の背後にある基本的な考え方の一つに gravity/gauge 対応 (双対性) というものがある。5次元反ドジッター (AdS) 時空中の超弦理論と 4次元 $N=4$ 超ヤン・ミルズ (共形場) 理論の双対性等を含む AdS/CFT 対応はその一例であり、今なお精力的に研究が行われている主題である。昨年以降 AdS 時空の平面波極限を通して、従来の超重力近似・超対称 (BPS) 状態の比較を越える質的に新たな研究が可能になった。また、これらの研究に伴って超ヤン・ミルズ理論、AdS 時空中の超弦理論の双方に可解構造があるという興味深い発見もなされた。佐藤は最上等とともに、平面波極限、強曲率極限あるいは理論の可解構造などを手掛かりに AdS 時空中の弦理論の量子化とその性質を研究した (論文 63,64)。また、AdS・平面波時空など非自明な時空中の弦理論を量子化する上で必要となる非コンパクト共形場理論の研究も行った (論文 65)。

(4) ローレンツ AdS/CFT

佐藤は J. Troost (MIT, USA) と共に、ローレンツ符号の場合の AdS/CFT 対応を研究した。様々な AdS 側のグリーン関数と CFT 側のグリーン関数の正確な対応を明らかにし、CFT 側のグリーン関数 (例えば遅延グリーン関数) を AdS 側のデータから求める基本的な処方箋を与えた (論文 64)。

<論文>

1. CP-PACS Collaboration: S. Aoki, M. Fukugita, S. Hashimoto, K-I. Ishikawa, N. Ishizuka, Y. Iwasaki, K. Kanaya, T. Kaneko, Y. Kuramashi, V. Lesk, M. Okawa, Y. Taniguchi, A. Ukawa, T. Yoshié, *I = 2 Pion Scattering Phase Shift with Wilson Fermions*, Phys. Rev. D 67, No.1 (2003) ref.014502, pp.1-13
2. JLQCD Collaboration: S. Aoki, M. Fukugita, S. Hashimoto, K-I. Ishikawa, N. Ishizuka, Y. Iwasaki, K. Kanaya, T. Kaneko, Y. Kuramashi, M. Okawa, T. Onogi,

- N. Tsutsui, A. Ukawa, N. Yamada, T. Yoshié, $B^0 - \bar{B}^0$ mixing in quenched lattice QCD, Phys. Rev. D 67, No.1 (2003) ref.014506, pp.1-22
3. CP-PACS Collaboration: S. Aoki, G. Boyd, R. Burkhalter, S. Ejiri, M. Fukugita, S. Hashimoto, Y. Iwasaki, K. Kanaya, T. Kaneko, Y. Kuramashi, K. Nagai, M. Okawa, H.P. Shanahan, A. Ukawa, T. Yoshié, Light hadron spectrum and quark masses from quenched lattice QCD, Phys. Rev. D 67, No.3 (2003) ref.034503, pp.1-46
 4. O. Bär, On Witten's global anomaly for higher SU(2) representations, Nucl. Phys. B650, No.3 (2003) 522-542
 5. Sinya Aoki, Yoshinobu Kuramashi, Shin-ichi Tominaga, Relativistic Heavy Quarks on the Lattice, Prog. Theor. Phys. 109, No.3 (2003) 383-413
 6. CP-PACS Collaboration: V.I. Lesk, S. Aoki, R. Burkhalter, M. Fukugita, K.-I. Ishikawa, N. Ishizuka, Y. Iwasaki, K. Kanaya, Y. Kuramashi, M. Okawa, Y. Taniguchi, A. Ukawa, T. Umeda, T. Yoshié, Flavor Singlet Meson Mass in the Continuum Limit in Two-Flavor Lattice QCD, Phys. Rev. D 67, No.7 (2003) ref.074503, pp.1-8
 7. Kazuyuki Kanaya, Recent lattice results relevant for heavy ion collisions, Nucl. Phys. A715 (2003) 233-242
 8. T. Yamazaki and N. Ishizuka, Analysis of an unstable particle with the maximum entropy method in O(4) ϕ^4 theory on the lattice, Phys. Rev. D 67, No.7 (2003) ref.077503, pp.1-4
 9. N. Ishizuka, $K \rightarrow \pi\pi$ Decay Amplitude on the Lattice, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 119 (2003) 84-92
 10. N. Ishizuka and T. Yamazaki, Study of unstable particle through the spectral function in O(4) ϕ^4 theory, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 119 (2003) 308-310
 11. CP-PACS Collaboration: S. Aoki, M. Fukugita, S. Hashimoto, K.-I. Ishikawa, N. Ishizuka, Y. Iwasaki, K. Kanaya, T. Kaneko, Y. Kuramashi, V. Lesk, M. Okawa, Y. Taniguchi, A. Ukawa, T. Yoshié, $I = 2$ Pion Scattering Phase Shift with Wilson Fermions, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 119 (2003) 311-313
 12. JLQCD Collaboration: T. Kaneko, S. Aoki, R. Burkhalter, M. Fukugita, S. Hashimoto, K.-I. Ishikawa, N. Ishizuka, Y. Iwasaki, K. Kanaya, Y. Kuramashi, M. Okawa, N. Tsutsui, A. Ukawa, N. Yamada, T. Yoshié, Light hadron spectrum with two flavors of $O(a)$ improved dynamical quarks : final results from JLQCD, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 119 (2003) 329-331
 13. JLQCD Collaboration: S. Hashimoto, S. Aoki, M. Fukugita, K.-I. Ishikawa, N. Ishizuka, Y. Iwasaki, K. Kanaya, T. Kaneko, Y. Kuramashi, M. Okawa, N. Tsutsui,

- A. Ukawa, N. Yamada, T. Yoshié, Chiral extrapolation of light-light and heavy-light decay constants in unquenched QCD, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 119 (2003) 332-334
14. CP-PACS Collaboration: Y. Namekawa, S. Aoki, M. Fukugita, K-I. Ishikawa, N. Ishizuka, Y. Iwasaki, K. Kanaya, T. Kaneko, Y. Kuramashi, V.I. Lesk, M. Okawa, Y. Taniguchi, A. Ukawa, T. Umeda, T. Yoshié, Exploring QCD at small sea quark masses with improved Wilson-type quarks, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 119 (2003) 335-337
 15. CP-PACS, JLQCD Collaborations: S. Aoki, M. Fukugita, S. Hashimoto, K-I. Ishikawa, N. Ishizuka, Y. Iwasaki, K. Kanaya, T. Kaneko, Y. Kuramashi, M. Okawa, V. Lesk, Y. Taniguchi, N. Tsutsui, A. Ukawa, T. Umeda, N. Yamada, T. Yoshié, Non-Perturbative Determination of c_{sw} in Three-flavor Dynamical QCD, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 119 (2003) 433-435
 16. CP-PACS Collaboration: T. Umeda, S. Aoki, M. Fukugita, K-I. Ishikawa, N. Ishizuka, Y. Iwasaki, K. Kanaya, Y. Kuramashi, V. Lesk, Y. Namekawa, M. Okawa, Y. Taniguchi, A. Ukawa, T. Yoshié, Dynamical fermions on anisotropic lattices, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 119 (2003) 455-457
 17. S. Aoki, Y. Kuramashi, Perturbative determination of four parameters in relativistic heavy quark action, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 119 (2003) 583-585
 18. JLQCD Collaboration: T. Onogi, M. Fukugita, S. Hashimoto, K-I. Ishikawa, N. Ishizuka, Y. Iwasaki, K. Kanaya, T. Kaneko, Y. Kuramashi, M. Okawa, N. Tsutsui, A. Ukawa, N. Yamada, T. Yoshié, Precise determination of the Grinstein ratio of heavy-light decay constant in unquenched QCD, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 119 (2003) 610-612
 19. CP-PACS Collaboration: V.I. Lesk, R. Burkhalter, M. Fukugita, K-I. Ishikawa, N. Ishizuka, Y. Iwasaki, K. Kanaya, T. Kaneko, Y. Kuramashi, M. Okawa, Y. Taniguchi, A. Ukawa, T. Umeda, T. Yoshié, Results for the Eta-prime Mass from Two-Flavor Lattice QCD, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 119 (2003) 691-693
 20. O. Bär, On Witten's global anomaly for higher SU(2) representations, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 119 (2003) 834-836
 21. JLQCD Collaboration: K-I. Ishikawa, M. Fukugita, S. Hashimoto, N. Ishizuka, Y. Iwasaki, K. Kanaya, Y. Kuramashi, M. Okawa, N. Tsutsui, A. Ukawa, N. Yamada, T. Yoshié, An exact Polynomial Hybrid Monte Carlo algorithm for dynamical Kogut-Susskind fermions, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 119 (2003) 1000-1002
 22. Sinya Aoki, Taku Izubuchi, Yoshinobu Kuramashi and Yusuke Taniguchi, Perturbative renormalization factors in domain-wall QCD with improved gauge actions, Phys. Rev. D 67, No.9 (2003) ref.094502, pp.1-25

23. O. Bär, G. Rupak, N. Shoresh, Simulations with different lattice Dirac operators for valence and sea quarks, *Phys.Rev. D* 67, No.11 (2003) ref.114505, pp.1
24. Y. Iwasaki, Phase Structure for Many Flavors in Lattice QCD, Proceedings of SCGT2002, Nagoya, 10-13 December 2002 (2003) 117-132
25. CP-PACS Collaboration: J. Noaki, S. Aoki, Y. Aoki, R. Burkhalter, S. Ejiri, M. Fukugita, S. Hashimoto, N. Ishizuka, Y. Iwasaki, T. Izubuchi, K. Kanaya, T. Kaneko, Y. Kuramashi, V. Lesk, K.-I. Nagai, M. Okawa, Y. Taniguchi, A. Ukawa, T. Yoshié, Calculation of nonleptonic Kaon decay amplitudes from $K \rightarrow \pi$ matrix elements in quenched domain-wall QCD, *Phys. Rev. D* 68, No.1 (2003) ref.014501, pp.1-36
26. S. Ejiri, K. Kanaya, Y. Namekawa, T. Umeda, Renormalization group improved action on anisotropic lattices, *Phys. Rev. D* 68, No.1 (2003) ref.014502, pp.1-11
27. Shinji Takeda, Sinya Aoki, Kiyotomo Ide, Perturbative determination of $O(a)$ boundary improvement coefficients for the Schrödinger Functional coupling at 1-loop with improved gauge actions, *Phys. Rev. D* 68, No.1 (2003) ref.014505, pp.1-9
28. CP-PACS Collaboration: T. Umeda, S. Aoki, M. Fukugita, K-I.I shikawa, N. Ishizuka, Y. Iwasaki, K. Kanaya, Y. Kuramashi, V.I. Lesk, Y. Namekawa, M. Okawa, Y. Taniguchi, A. Ukawa, T. Yoshié, Two flavors of dynamical quarks on anisotropic lattices, *Phys. Rev. D* 68, No.3 (2003) ref.034503, pp.1-17
29. Sinya Aoki, Yoshinobu Kuramashi, The Lattice Λ Parameter in Domain Wall QCD, *Phys. Rev. D* 68, No.3 (2003) ref.034507, pp.1
30. S. Itoh and Y. Namekawa, Improvement of DS-BiCGstab(1) and its application for the linear systems in lattice QCD, *J. Comp. Appl. Math.* 159 (2003) 65-75
31. JLQCD Collaboration: S. Aoki, R. Burkhalter, M. Fukugita, S. Hashimoto, K-I. Ishikawa, N. Ishizuka, Y. Iwasaki, K. Kanaya, T. Kaneko, Y. Kuramashi, M. Okawa, T. Onogi, N. Tsutsui, A. Ukawa, N. Yamada, T. Yoshié, Light hadron spectroscopy with two flavors of $O(a)$ -improved dynamical quarks, *Phys. Rev. D* 68, No.5 (2003) ref.054502, pp.1-44
32. Sinya Aoki,, Chiral perturbation theory with Wilson-type fermions including a^2 effects: $N_f = 2$ degenerate case, *Phys. Rev. D* 68, No.5 (2003) ref.054508, pp.1
33. JLQCD Collaboration: S. Aoki, M. Fukugita, S. Hashimoto, K-I. Ishikawa, N. Ishizuka, Y. Iwasaki, K. Kanaya, T. Kaneko, Y. Kuramashi, M. Okawa, N. Tsutsui, A. Ukawa, N. Yamada, T. Yoshié, An Exact Algorithm for Any-flavor Lattice QCD with Kogut-Susskind Fermion, *Comput. Phys. Commun.* 155, No.3 (2003) 183-208

34. Sinya Aoki, Yoshinobu Kuramashi, Determination of the Improvement Coefficient c_{sw} up to One-Loop Order with the Conventional Perturbation Theory, Phys. Rev. D 68, No.9 (2003) ref.094019, pp.1-8
35. JLQCD Collaboration: S. Aoki, M. Fukugita, S. Hashimoto, K-I. Ishikawa, N. Ishizuka, Y. Iwasaki, K. Kanaya, T. Kaneko, Y. Kuramashi, M. Okawa, T. Onogi, N. Tsutsui, A. Ukawa, N. Yamada, T. Yoshié, B-Bbar mixing in unquenched lattice QCD, Phys. Rev. Lett. 91, No.21 (2003) ref.212001, pp.1-4
36. Y. Iwasaki, K. Kanaya, S. Kaya, S. Sakai, T. Yoshié, Phase structure of lattice QCD for general number of flavors, Phys. Rev. D 69, No.1 (2004) ref.014507, pp.1-21
37. Sinya Aoki, Chiral perturbation theory with Wilson-type fermions including a^2 effects, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 128 (2004) 9-17
38. Kazuyuki Kanaya for CP-PACS/JLQCD Collaborations, Three flavor dynamical QCD project by CP-PACS/JLQCD, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 128 (2004) 100-106
39. A.C. Irving, R.D. Kenway, C.M. Maynard, T. Yoshié, Progress in building an International Lattice Data Grid, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 129, 130 (2004) 159-163
40. O. Bär, G. Rupak, N. Shoresh, Chiral perturbation theory for lattice QCD including $O(a^2)$, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 129, 130 (2004) 185-187
41. CP-PACS, JLQCD Collaborations: T.Kaneko, S.Aoki, M.Fukugita, S.Hashimoto, K-I.Ishikawa, T.Ishikawa, N.Ishizuka, Y.Iwasaki, K.Kanaya, Y.Kuramashi, M.Okawa, N.Taniguchi, N.Tsutsui, A.Ukawa, T. Yoshié, Light hadron spectrum in three-flavor QCD with $O(a)$ -improved Wilson quark action, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 129, 130 (2004) 188-190
42. CP-PACS Collaboration: T. Yamazaki, S. Aoki, M. Fukugita, K-I. Ishikawa, N. Ishizuka, Y. Iwasaki, K. Kanaya, T. Kaneko, Y. Kuramashi, V. Lesk, M. Okawa, Y. Taniguchi, A. Ukawa, T. Yoshié, $I = 2$ pion-pion scattering phase shift in the continuum limit calculated with two-flavor full QCD, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 129, 130 (2004) 191-193
43. N. Ishizuka, T. Yamazaki, $I = 2$ Pion Scattering Length from Two-Pion Wave Function, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 129, 130 (2004) 233-235
44. CP-PACS, JLQCD Collaborations: N. Tsutsui, S. Aoki, M. Fukugita, S. Hashimoto, K-I. Ishikawa, T. Ishikawa, N. Ishizuka, Y. Iwasaki, K. Kanaya, T. Kaneko, Y. Kuramashi, M. Okawa, T. Onogi, N. Taniguchi, A. Ukawa, T. Yoshié, Continuum limit of proton decay matrix elements in quenched lattice QCD, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 129, 130 (2004) 284-286

45. Sinya Aoki, Yasuhisa Kayaba, Yoshinobu Kuramashi, One-loop calculation of mass dependent $\mathcal{O}(a)$ improvement coefficients for the relativistic heavy quarks on the lattice, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 129, 130 (2004) 352-354
46. JLQCD Collaboration: T. Onogi, S. Aoki, M. Fukugita, S. Hashimoto, K-I. Ishikawa, N. Ishizuka, Y. Iwasaki, K. Kanaya, T. Kaneko, Y. Kuramashi, M. Okawa, N. Tsutsui, A. Ukawa, N. Yamada, T. Yoshié, Heavy-light decay constants for B and D mesons in $n_f = 2$ unquenched QCD in Fermilab formalism, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 129, 130 (2004) 373-375
47. R. Sommer, S. Aoki, M. Della Morte, R. Hoffmann, T. Kaneko, F. Knechtli, J. Rolf, I. Wetzorke, U. Wolff (ALPHA, CP-PACS, JLQCD Collaborations), Large cutoff effects of dynamical Wilson fermions, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 129, 130 (2004) 405-407
48. Shinji Takeda, Sinya Aoki, Kiyotomo Ide, A perturbative determination of $\mathcal{O}(a)$ boundary improvement coefficients for the Schrödinger Functional coupling at 1-loop with improved gauge actions, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 129, 130 (2004) 408-410
49. CP-PACS Collaboration: K. Ide, S. Aoki, M. Fukugita, N. Ishizuka, Y. Iwasaki, K. Kanaya, T. Kaneko, Y. Kuramashi, V. Lesk, M. Okawa, Y. Taniguchi, A. Ukawa, T. Yoshié, Non-perturbative renormalization of vector and axial vector currents in quenched QCD for a renormalization group improved gauge action, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 129, 130 (2004) 426-428
50. CP-PACS, JLQCD Collaborations: K-I. Ishikawa, S. Aoki, M. Fukugita, S. Hashimoto, N. Ishizuka, Y. Iwasaki, K. Kanaya, T. Kaneko, Y. Kuramashi, V. Lesk, M. Okawa, N. Tsutsui, A. Ukawa, T. Umeda, N. Yamada, T. Yoshié, Study of finite volume effects in the non-perturbative determination of c_{SW} with the SF method in full three-flavor lattice QCD, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 129, 130 (2004) 444-446
51. S. Aoki, K.-I. Ishikawa, Y. Iwasaki, K. Kanaya, T. Kaneko, Y. Kuramashi, N. Tsutsui, A. Ukawa, T. Yoshié, Lattice QCD on Earth Simulator, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 129, 130 (2004) 859-861
52. T. Boku, M. Sato, K. Onuma, J. Makino, H. Susa, D. Takahashi, M. Umemura, and A. Ukawa, HMCS-G : Grid Enabled Hybrid Computing System for Computational Astrophysics, Proceedings of Grid and Advanced Network (GAN'03) in CCGrid2003 (2003) 558-565
53. JLQCD Collaboration: S. Aoki, M. Fukugita, S. Hashimoto, K-I. Ishikawa, N. Ishizuka, Y. Iwasaki, K. Kanaya, T. Kaneko, Y. Kuramashi, M. Okawa, N. Tsutsui, A. Ukawa, N. Yamada, T. Yoshié, Heavy quark expansion parameters from lattice NRQCD, Phys. Rev. D submitted

54. Oliver Bär, Gautam Rupak, Noam Shores, Chiral perturbation theory at $O(a^2)$ for lattice QCD, Phys. Rev. D submitted
55. CP-PACS Collaboration: S. Aoki, M. Fukugita, N. Ishizuka, Y. Iwasaki, K. Kanaya, T. Kaneko, Y. Kuramashi, M. Okawa, Y. Taniguchi, A. Ukawa, T. Yoshié, Non-perturbative calculation of Z_V and Z_A in domain-wall QCD on a finite box, Phys. Rev. D submitted
56. CP-PACS Collaboration: T. Yamazaki, S. Aoki, M. Fukugita, K-I. Ishikawa, N. Ishizuka, Y. Iwasaki, K. Kanaya, T. Kaneko, Y. Kuramashi, M. Okawa, A. Ukawa, T. Yoshié, $I = 2 \pi\pi$ Scattering Phase Shift with two Flavors of $O(a)$ Improved Dynamical Quarks, Phys. Rev. D submitted
57. CP-PACS, JLQCD Collaborations: N. Tsutsui, S. Aoki, M. Fukugita, S. Hashimoto, K-I. Ishikawa, N. Ishizuka, Y. Iwasaki, K. Kanaya, T. Kaneko, Y. Kuramashi, M. Okawa, T. Onogi, Y. Taniguchi, A. Ukawa, T. Yoshié, Lattice QCD calculation of the proton decay matrix element in the continuum limit, Phys. Rev. Lett. submitted
58. CP-PACS Collaboration: Y. Namekawa, S. Aoki, M. Fukugita, K-I. Ishikawa, N. Ishizuka, Y. Iwasaki, K. Kanaya, T. Kaneko, Y. Kuramashi, V.I. Lesk, M. Okawa, A. Ukawa, T. Umeda, T. Yoshié, Light hadron spectroscopy in two-flavor QCD with small sea quark masses, Phys. Rev. D submitted
59. CP-PACS Collaboration: K. Ide, S. Aoki, R. Burkhalter, M. Fukugita, S. Hashimoto, K.-I. Ishikawa, T. Ishikawa, N. Ishizuka, Y. Iwasaki, K. Kanaya, T. Kaneko, Y. Kuramashi, V. Lesk, M. Okawa, Y. Taniguchi, T. Umeda, A. Ukawa, T. Yoshié, Non-perturbative renormalization of meson decay constants in quenched QCD for a renormalization group improved gauge action, Phys. Rev. D submitted
60. Sinya Aoki, Yasuhisa Kayaba, Yoshinobu Kuramashi, A Perturbative Determination of Mass Dependent $O(a)$ Improvement Coefficients in a Relativistic Heavy Quark Action, Nucl. Phys. B (2004) submitted
61. O. Bär, M. Imboden and U.J. Wiese, Pions versus magnons: From QCD to antiferromagnets and quantum Hall ferromagnets, Nucl. Phys. B submitted
62. Sinya Aoki, Yasuhisa Kayaba, Yoshinobu Kuramashi, Perturbative Determination of Mass Dependent $O(a)$ Improvement Coefficients for the Vector and Axial Vector Currents with a Relativistic Heavy Quark Action, Nucl. Phys. B submitted
63. S. Mizoguchi, T. Mogami and Y. Satoh, Penrose limits and Green-Schwarz strings, Class. Quant. Grav. 20 (2003) 1489-1502
64. Y. Satoh and J. Troost, On time-dependent AdS/CFT, JHEP 0301 (2003) 027
65. S. Mizoguchi, T. Mogami and Y. Satoh, A note on T-duality of strings in plane-wave backgrounds, Phys. Lett. B564 (2003) 132-142

66. A. Yamaguchi, Conformal and fractional boundary states in the symmetric orbifold of the level one SU(2) WZW model, [hep-th/0309102]
67. M. Hayakawa and N. Ishibashi, Perturbative dynamics of matrix string for the membrane, JHEP 0404 (2004) 047 [hep-th/0401227]

〈著書・総説等〉

1. 青木 慎也, 格子上のカイラルフェルミオン, 現代物理学最前線 7 (共立出版) (2003) 1-61
2. 岩崎 洋一, クォークの質量, 数理科学 41, No.5 (2003) 41-48

〈学位論文〉

[博士論文]

1. 滑川 裕介
「Light hadron spectroscopy in two-flavor lattice QCD with small sea quark masses (軽いクォーク領域の2フレーバー格子量子色力学によるハドロンスペクトルの研究)」
2. 最上 武志
「Penrose limits and θ -expansion of the Green-Schwarz action (Green-Schwarz 作用の θ -展開と Penrose 極限)」
3. 山崎 剛
「 $I = 2$ S-wave Pion Scattering Phase Shift with Two Flavor Dynamical Quark Effect (2 フレーバー動的クォーク効果を含んだ $I = 2$ S-波 パイ中間子散乱位相差)」

[修士論文]

1. 鈴木 隆平
「有限密度格子 QCD とランダムマトリックスモデル」
2. 中村 庸介
「超対称性模型における $K^0 - \bar{K}^0$ 混合の格子ドメインウォール QCD を用いた解析」
3. 清水 洋輔
「Twisted Mass Lattice QCD and Chiral Limit (ツイテッド・マス格子 QCD とカイラル極限)」(理工学研究科)
4. 高野 智暢
「The Study of Time-Dependent Tachyon Fields (時間依存性のあるタキオン場の研究)」(理工学研究科)

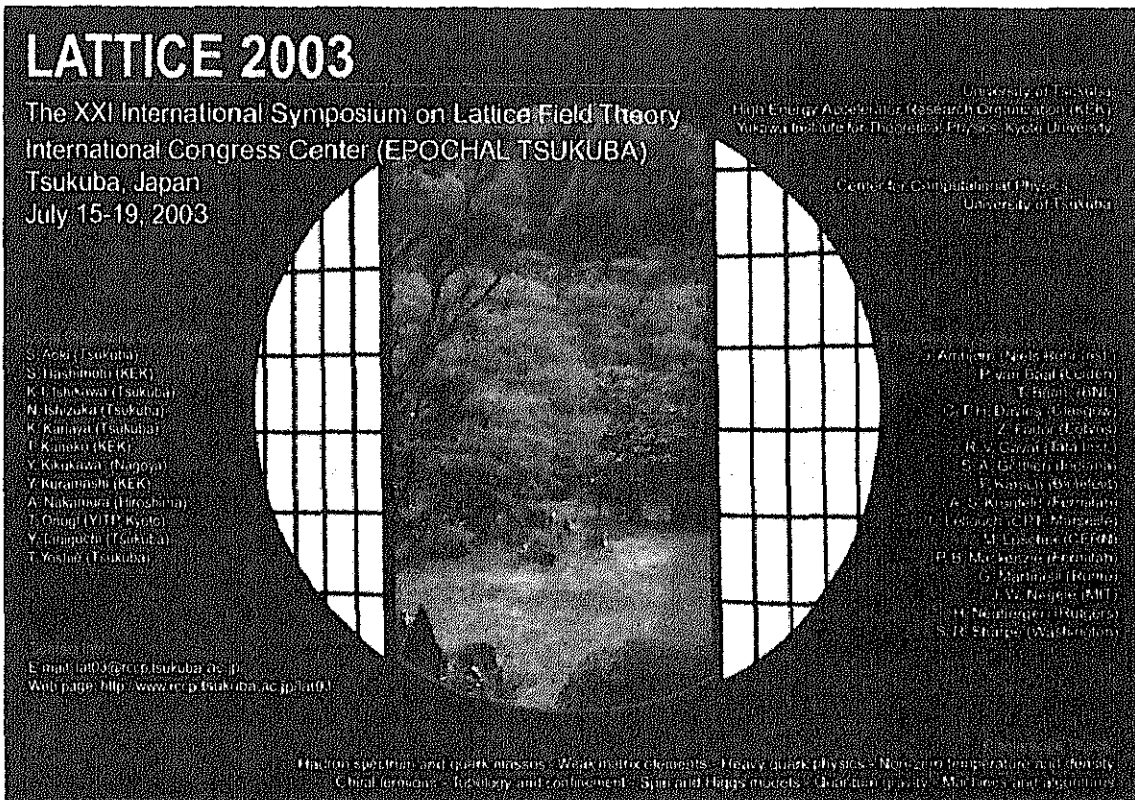


図 5: 第 21 回格子上の場の理論国際会議 (LATTICE 2003)。

〈集中講義〉

1. 青木 慎也「量子物理学特別講義 I、II」愛媛大学理学部、2003 年 11 月 26 日～29 日
2. 石橋 延幸「超弦理論の最近の進展」東京工業大学、2003 年 12 月 8 日～10 日
3. 金谷 和至「格子上の場の理論：クォークの物理の第一原理計算（素粒子物理学特別講義 1）」名古屋大学、2003 年 12 月 10 日～12 日
4. 石橋 延幸「超弦理論」北海道大学、2004 年 2 月 9 日～12 日
5. 石橋 延幸「弦理論と行列模型」京都大学基礎物理学研究所、2004 年 3 月 8 日～10 日

〈その他特記事項〉

1. 格子場の理論分野で最も重要な国際会議である
「LATTICE 2003 — The XXI International Symposium on Lattice Field Theories
(第 21 回格子上の場の理論国際会議)」

を、平成15年7月15日～19日につくば市の国際会議場EPOCHAL TSUKUBAで開催した(図5)。金谷和至組織委員長をはじめとし、格子場の理論グループの多くのメンバーが組織委員会に加わった。

海外22カ国からの229人を含む322人が参加し、15のプレナリ講演、195の一般講演、59のポスター講演などを通じて、活発な研究交流が行われた。プロシーディングスはELSEVIERからNuclear Physics B (Proc. Suppl.) 129, 130 (2004)として出版された。

2. 朴 泰祐, 牧野 淳一郎, 須佐 元, 梅村 雅之, 福重 俊幸, 宇川 彰 による論文

「Heterogeneous Multi-Computer Systemにおける重力効果を含む宇宙輻射流体計算」(情報処理学会論文誌:ハイパフォーマンスコンピューティングシステム vol. 43, SIG-6 (HPS-5), (2002) 219-229)

が、情報処理学会平成14年度論文賞を受賞した。

<研究成果発表(講演)>

[国内外の国際会議]

1. Bär, Oliver 「Chiral perturbation theory for lattice QCD including $O(a^2)$ 」, The XXI International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2003) (Tsukuba, Japan, July 15-19, 2003)
2. 井出 健智 「Non-perturbative renormalization in quenched QCD for a renormalization group improved gauge action」, The XXI International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2003) (Tsukuba, Japan, July 15-19, 2003)
3. 茅場 靖剛 「One-loop calculation of the $O(a)$ improvement coefficients for the relativistic heavy quarks on the lattice」, The XXI International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2003) (Tsukuba, Japan, July 15-19, 2003)
4. 吉江 友照 「QCD on Earth Simulator」, The XXI International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2003) (Tsukuba, Japan, July 15-19, 2003)
5. 吉江 友照 「QCD Markup Language for the International Lattice Data Grid」, The XXI International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2003) (Tsukuba, Japan, July 15-19, 2003)
6. 山崎 剛 「 $I=2$ pion-pion scattering phase shift in the continuum limit calculated with two-flavor full QCD」, The XXI International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2003) (Tsukuba, Japan, July 15-19, 2003)

7. 石川 健一 「A study of finite volume effects in the non-perturbative determination of c_{sw} with the SF method in full three-flavor QCD」 ,
The XXI International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2003) (Tsukuba, Japan, July 15-19, 2003)
8. 石塚成人 「I=2 Pion Scattering Length from Two Pion Wave Function」 ,
The XXI International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2003) (Tsukuba, Japan, July 15-19, 2003)
9. 武田 真滋 「Perturbative determination of $O(a)$ boundary improvement coefficients for the Schrödinger Functional coupling at 1-loop with improved gauge actions」 ,
The XXI International Symposium on Lattice Field Theory (Lattice 2003) (Tsukuba, Japan, July 15-19, 2003)
10. 金谷 和至 「Three flavor dynamical QCD project by CP-PACS/JLQCD」 ,
Workshop on Lattice Hadron Physics 2003 (LHP2003) (Cairns Colonial Club Resort, Cairns, Australia, July 22-30, 2003)
11. 青木 慎也 「Chiral perturbation theory with Wilson-type fermions including a^2 effects: $N_f = 2$ degenerate case」 ,
Workshop on Lattice Hadron Physics 2003 (LHP2003) (Cairns Colonial Club Resort, Cairns, Australia, July 22-30, 2003)
12. 滑川 裕介 「Light hadron spectroscopy in two-flavor lattice QCD with small sea quark masses」 ,
Winter School and Workshop on Lattice Gauge Theories "Non-perturbative improvement and renormalization" (CCP, Univ. Tsukuba, Tsukuba, Japan, Feb. 2-4, 2004)
13. 茅場 靖剛 「Charmed meson spectrum and decay constants with the one-loop $O(a)$ improved relativistic heavy quark action」 ,
Winter School and Workshop on Lattice Gauge Theories "Non-perturbative improvement and renormalization" (CCP, Univ. Tsukuba, Tsukuba, Japan, Feb. 2-4, 2004)
14. 山崎 剛 「I=2 S-wave Pion Scattering Phase Shift with Two Flavor Dynamical Quark Effect」 ,
Winter School and Workshop on Lattice Gauge Theories "Non-perturbative improvement and renormalization" (CCP, Univ. Tsukuba, Tsukuba, Japan, Feb. 2-4, 2004)
15. 石川 智己 「Unquenched QCD projects by CP-PACS and JLQCD」 ,
Winter School and Workshop on Lattice Gauge Theories "Non-perturbative improvement and renormalization" (CCP, Univ. Tsukuba, Tsukuba, Japan, Feb. 2-4, 2004)

16. 武田 真滋 「Schrödinger functional coupling with improved gauge actions in SU(3) gauge theory」,
Winter School and Workshop on Lattice Gauge Theories "Non-perturbative improvement and renormalization" (CCP, Univ. Tsukuba, Tsukuba, Japan, Feb. 2-4, 2004)

[国内]

1. 山崎 剛 「 $I=2$ pion scattering phase shift on the lattice」,
基研研究会「素粒子物理学の進展」(京都大学基礎物理学研究所, 京都, June 22-25, 2003)
2. 武田 真滋 「Perturbative determination of $O(a)$ boundary improvement coefficients for the Schrödinger Functional coupling at 1-loop with improved gauge actions」,
基研研究会「素粒子物理学の進展」(京都大学基礎物理学研究所, 京都, June 22-25, 2003)
3. 山口 貴史 「レベル1のSU(2)WZW模型のオービフォールドにおける共形境界状態と分数ブレン」,
基研研究会「場の量子論2003」(京都大学基礎物理学研究所, 京都, Aug. 5-8, 2003)
4. 滑川 裕介 「Chiral extrapolations of hadron spectrum in $N_f = 2$ lattice QCD」,
日本物理学会秋季大会(宮崎コンベンションセンター・サミット, 宮崎, Sept. 9-12, 2003)
5. 茅場 靖剛 「One-loop calculation of the $O(a)$ improvement coefficients for the relativistic heavy quarks on the lattice」,
日本物理学会秋季大会(宮崎コンベンションセンター・サミット, 宮崎, Sept. 9-12, 2003)
6. 山崎 剛 「 $I = 2 \pi\pi$ scattering phase shift with two flavor full QCD」,
日本物理学会秋季大会(宮崎コンベンションセンター・サミット, 宮崎, Sept. 9-12, 2003)
7. 武田 真滋 「Perturbative determination of $O(a)$ boundary improvement coefficients for the Schrödinger Functional coupling at 1-loop with improved gauge actions」,
日本物理学会秋季大会(宮崎コンベンションセンター・サミット, 宮崎, Sept. 9-12, 2003)
8. Bär, Oliver 「Chiral Perturbation Theory for Lattice QCD」,
Sapporo Winter School (Niseko, Sapporo, Japan, Jan., 2004)
9. 宇川 彰 「クラスタによる大規模格子QCDシミュレーションの可能性と課題」,
2004年High Performance Computing Symposium(日本科学未来館, 臨海副都心, Jan. 15-16, 2004)

10. 滑川 裕介 「Light hadron spectroscopy in two-flavor lattice QCD with small sea quark masses」 ,
KEK 大型シミュレーション研究ワークショップ「ハドロン物理と格子QCD」 (KEK, つくば, Jan. 28-30, 2004)
11. 茅場 靖剛 「Charmed meson spectrum and decay constants with the one-loop $O(a)$ improved relativistic heavy quark action」 ,
KEK 大型シミュレーション研究ワークショップ「ハドロン物理と格子QCD」 (KEK, つくば, Jan. 28-30, 2004)
12. 山崎 剛 「 $I=2$ S-wave Pion Scattering Phase Shift with Two Flavor Dynamical Quark Effect」 ,
KEK 大型シミュレーション研究ワークショップ「ハドロン物理と格子QCD」 (KEK, つくば, Jan. 28-30, 2004)
13. 武田 真滋 「Schrödinger functional coupling with improved gauge actions in SU(3) gauge theory」 ,
KEK 大型シミュレーション研究ワークショップ「ハドロン物理と格子QCD」 (KEK, つくば, Jan. 28-30, 2004)
14. 茅場 靖剛 「Charmed meson spectrum and decay constants with the one-loop $O(a)$ improved relativistic heavy quark action」 ,
筑波大学計算物理学研究センター研究報告会「CP-PACS による計算物理学 2003」 (筑波大学, つくば, Feb. 9, 2004)
15. 山崎 剛 「 $I = 2 \pi\pi$ scattering phase shift with two flavors dynamical quark effect」 ,
筑波大学計算物理学研究センター研究報告会「CP-PACS による計算物理学 2003」 (筑波大学, つくば, Feb. 9, 2004)
16. 武田 真滋 「Schrödinger functional coupling with improved gauge actions in SU(3) gauge theory」 ,
筑波大学計算物理学研究センター研究報告会「CP-PACS による計算物理学 2003」 (筑波大学, つくば, Feb. 9, 2004)
17. Bär, Oliver 「Chiral perturbation theory for lattice QCD」 ,
日本物理学会第 59 回年次大会 (九州大学, 福岡, Mar. 27-30, 2004)
18. 雨宮嘉照 「ハイブリッド形式による D ブレーン」 ,
日本物理学会第 59 回年次大会 (九州大学, 福岡, Mar. 27-30, 2004)
19. 茅場 靖剛 「Charmed meson spectrum and decay constants with the one-loop $O(a)$ improved relativistic heavy quark action」 ,
日本物理学会第 59 回年次大会 (九州大学, 福岡, Mar. 27-30, 2004)
20. 山崎 剛 「 $I = 2 \pi\pi$ scattering length from two-pion wave function」 ,
日本物理学会第 59 回年次大会 (九州大学, 福岡, Mar. 27-30, 2004)

21. 新谷 栄悟 「Neutron electric dipole moment with domain-wall fermion in quenched lattice QCD」,
日本物理学会第 59 回年次大会 (九州大学, 福岡, Mar. 27-30, 2004)
22. 石川 智己 「Light hadron spectrum in three-flavor QCD」,
日本物理学会第 59 回年次大会 (九州大学, 福岡, Mar. 27-30, 2004)
23. 武田 真滋 「Schrödinger functional coupling with improved gauge actions in SU(3) gauge theory」,
日本物理学会第 59 回年次大会 (九州大学, 福岡, Mar. 27-30, 2004)