

研究活動

1. 素粒子理論グループ

教授 原 康夫、岩崎 洋一、宇川 彰、梁 成吉

助教授 金谷 和至、青木 慎也

講師 沢田 哲雄、小林 庸浩、吉江 友照

助手 伊藤 克司、石塚 成人

大学院生 11 名

素粒子理論グループにおいては、格子ゲージ理論の数値的研究と、共形場の理論の数理的研究を二本の柱に、本年度も活発な研究活動が行なわれた。

格子ゲージ理論では、平成7年1月に高エネルギー物理学研究所に導入されたベクトル型並列計算機 VPP500/80 を用いた格子 QCD の共同研究が本格化し、現在建設中の B ファクトリの稼働後の現象論的解析に重要となる B 中間子諸量を中心に大規模シミュレーションが実行されている。さらに、本学学術情報センター VPP500/30 も学内プロ等の資金を活用して有効利用され、主に有限温度 QCD の数値的研究が押し進められた。

平成4年度に開始された新プログラム研究 CP-PACS 計画は4年目を迎え、1024 プロセッサからなるピークスピード 300 GFLOPS の超並列計算機 CP-PACS の実機製作が行なわれた。同機は平成8年3月に計算物理学研究センターに設置され、4月始めより稼働を開始して、性能評価・物理計算プログラムの開発・テストラン等が精力的に遂行されている。平成8年度は同計画最終年度にあたり、格子 QCD の具体計算が実行される予定である。

計算物理学研究センターでは、CP-PACS の開発製作と並んで、各種計算設備を利用した格子ゲージ理論の研究が行なわれた。また、平成8年3月には格子場理論全般に関する「CCP Workshop on Lattice Field Theories '96」が開催されている。

共形場理論では、超対称 QCD の研究が一つの中心となった。QCD は解析的取り扱いが極めて困難であるが、超対称性を持つ場合には、複素解析性と双対性の組み合わせにより厳密解が求まる場合があり、この方向を追求して、ソリトン理論によるプレポテンシャルの基本等式の導出、4次元超共形対称なゲージ理論ユニバーサリティクラスの決定等が行なわれた。また、位相的シグマ模型の研究、W 重力の代数的研究等も行なわれ、弦理論との関連を含め、幅広い立場から共形場理論の数理的研究が行なわれた。

共形場理論は一次元量子多体系の統計力学に重要な役割を果たしている。川上則雄・梁成吉による一次元電子系の Tomonaga-Luttinger 流体としての特徴づけは既に良く知られた顕著な業績であるが、これに対して、平成7年度仁科記念賞が授与された。

以上の二分野に加え、量子力学基礎論の研究も引続き追求されている。

【1】 格子ゲージ理論

(岩崎 洋一、宇川 彰、金谷 和至、青木 慎也、吉江 友照、石塚 成人)

素粒子の強い相互作用は量子色力学 (QCD) によって記述されるが、その低エネルギーにおける諸性質は、時空格子上に定式化された格子ゲージ理論によってのみ系統的な研究が可能である。格子ゲージ理論研究グループでは、高速の計算機を使った格子 QCD の数値的研究と解析的研究により、QCD の多くの基本的性質の解明を行なった。Wilson 型クォーク作用を用いた有限温度 QCD の相構造と相転移のフレーバー数依存性の研究、それに関連した $O(4)$ ハイゼンベルグ模型の臨界指数の計算、ハドロン質量と崩壊係数の精密測定、 π - N シグマ項と陽子スピンにおけるクォークスピンの寄与の計算、弱い相互作用遷移行列要素 (K 中間子 B パラメータと B 中間子崩壊定数) の研究、さらに、弱電相互作用に於いて基本的な役割を持つカイラルフェルミオンの格子上の定式化の問題が、数値的・解析的両面から精力的に研究された。

(1) 場の物理学専用超並列計算機の開発

筑波大学で開発された並列計算機 QCDPAX を発展させて、場の物理学の数値シミュレーションの為に専用超並列計算機 CP-PACS を設計し、その開発を推進した (論文 6, 14, 15)。また、1996年3月5日-7日に計算物理学研究センターで格子ゲージ理論の研究会「CCP Workshop on Lattice Field Theories '96」を行なった。招待講演 14 名、一般講演 14 名、インフォーマルセッション 2 回、参加者約 70 名で、活発な議論が行われた。

(2) 格子 QCD の相構造におけるフレーバー数依存性

Wilson クォーク作用を用いた格子 QCD の数値シミュレーションにより、有限温度の非閉じ込め相転移をカイラル極限で調べ、その相転移の次数がフレーバー数が 3 以上 6 以下の時には 1 次だが、フレーバー数が 2 の時には連続的であることを明らかにした。この結果は理論的に予想されているフレーバー数依存性 (3 以上では 1 次転移で、2 の時は不定性もあるがおそらく 2 次転移) と一致する (論文 1, 2, 4, 9)。

(3) s クォークを含む格子 QCD の有限温度相転移

QCD 有限温度相転移温度において u, d クォークの質量は無視することが出来るが、s クォークは相転移温度と同じ程度の質量を持っているので、現実の宇宙初期の QCD 有限温度相転移において s クォークが微妙な影響を持つ可能性がある。この研究では Wilson クォークを用いた格子 QCD を $N_t = 4$ の格子上で調べ、u, d クォークの質量が 0 の場合に s クォーク質量を現実の 150 MeV の周辺で 0-400 MeV まで変化させてもその相転移の次数が 1 次であることを明らかにした (論文 1, 4, 8, 10, 11)。

(4) 改良された作用による格子 QCD の有限温度相転移

フレーバー数が 3 及び 2+1 の s クォークを含む場合の QCD 有限温度相転移の研究によって、Wilson クォークの結果が Staggered クォークの結果と定量的に違っていることがわかった。これは、これらの研究で用いられた $N_t = 4$ の格子がまだ連続極限から遠いからと考えられる。連続極限に近付ける為には、単純には N_t の大きな格子でシミュレーションすればいいが、現在の計算機の能力では十分な計算を行なうことが難しい。ここではより連続極限に近くなるように改良された格子ゲージ作用を使って有限温度相転移がどのようになるかを研究した。その第 1 段階としてフレーバー数が 2 の QCD を調べ、標準作用の場合に連続極限からのずれと考えられていた現象が消えることを示した (論文 1, 3, 7, 11)。

(5) 3次元 $O(4)$ スピン模型における臨界指数

3次元 $O(4)$ スピン模型の相転移はフレーバー数2のQCDの有限温度相転移と同じユニバーサルティークラスに属すると考えられているが、その臨界指数はこれまで摂動論を使つての計算結果しか知られていなかった。格子QCDのシミュレーションを進める上でより精密な値が必要である。大きな格子の上で統計の高い数値実験を行ない、有限サイズ効果の解析の結果、摂動論の結果を確認するとともに、誤差を小さくすることに成功した(論文5)。

- (6) フレーバー数2の格子QCDの有限温度相転移のスケーリング
フレーバー数が2のQCD有限温度相転移がカイラル極限で2次相転移らしいことがわかったが、もしそうなら、この相転移は3次元 $O(4)$ スピン模型の相転移と同じユニバーサルティークラスに属すると期待されている。Staggered クォークを使った研究では期待されるスケーリングが見られるという報告があるが、フレーバー構造がより自然なWilson クォークの標準作用を使ったシミュレーションでは、連続極限からのずれが大きいため、期待されるスケーリングを現在の格子上では見ることができない。ここでは連続極限により近い改良された格子ゲージ作用を使ってカイラルオーダーパラメータを計算し、 $O(4)$ の臨界指数を持ったスケーリングを満たしていることを示した。また、別の可能性として示唆されていた平均場近似の臨界指数では、QCDのデータをうまく説明できないことを示した(論文11,12)。
- (7) 格子上のハドロン質量と崩壊係数の精密測定
格子QCDのクエンチ近似でのハドロン質量を数パーセントでの精度で求めるためには、フィット領域を変化させた系統的な研究により、励起状態の影響を正確に評価する必要があることを示した。並列計算機QCDPAXを用いた大規模数値シミュレーションにより得られたデータを用いて、ハドロン質量と崩壊係数の系統的研究を行い、連続極限における値を精密計算した(論文13)。
- (8) 格子量子色力学による sea quark 効果の研究
強い相互作用において、sea quark が重要な役割を果たすと考えられている現象には従来から理論的説明を巡って議論の多いものが多い。これらに対して格子量子色力学に基づく検討を加えるには、sea quark loop を含むハドロン多点グリーン関数の効率よい計算法が必要である。我々はこれを目的に平成4年度に「ゲージ固定なしウォールソース法」を開発し、各種ハドロン散乱長の計算(論文16)と、 η' メソン質量の計算(いわゆる $U(1)$ 問題:論文17)により、その有効性を確認している。平成7年度には、同方法を核子行列要素である $\pi - N$ シグマ項(論文18,22)と陽子スピンへのクォークスピンの寄与分の計算(論文19,22)に適用した。クエンチ近似の枠内での評価ではあるが、二つの量に対してはsea quark の寄与が重要であり、それを含めれば量子色力学により実験値を説明しうることを強く示唆する結果を得た。以上の結果はハドロン物理の古くからの諸問題に対して格子量子色力学の方法が有効な解決法を与えることを示したものであり、論文30に於いてこの点を強調した総合報告を行った。また、量子色力学の結合定数に対して、sea quark の効果の定量的評価を試み、現在のシミュレーションにおいて既にその効果が見えていることを示した(論文20,23)。
- (9) 弱い相互作用遷移行列要素の研究
格子量子色力学は強い相互作用の基礎理論であるが、弱電相互作用を含む素粒子の標準模型全体を考えた場合、極めて重要なテーマが、ハドロンの関与する弱い相互作用遷移行列要素に対する強い相互作用補正の研究である。即ち、ハドロンの弱い相互作用観測量は強い相互作用補正を含み、この補正に対する理論的評価を待つてはじめてCabibbo・小林・益川のクォーク混合行列等、標準模型に於ける弱い相互作用基本パ

ラメータの決定が可能となる。

この方向の我々の研究は、高エネルギー物理学研究所及び本学系の研究者を中心とする研究グループ JLQCD により、高エネルギー物理学研究所設置のベクトル型並列計算機 VPP-500/80 を用いて精力的に追求されている。平成7年度には、Kogut-Susskind 型クォーク作用を用いた K 中間子 B パラメータの精密計算 (論文 25) と、同 Wilson 型作用による場合の計算方法の開発、 B 中間子崩壊定数の予備計算 (論文 26) と、 b クォークが重いことから生じる大きな統計誤差の問題を解決するべく工夫された拡がりを持つ中間子ソースの方法の検討と本格計算、さらには、有限格子間隔の効果を小さくするよう改善されたクォーク作用 (Clover 型作用) の検討等が行なわれた。

(10) Wilson 型クォーク作用に基づく格子量子色力学の相構造の研究

Wilson 型クォーク作用はカイラル対称性をあらわに破るため、その相構造については従来から未解決の原理的問題が多かった。これに対して、青木により提唱された、パリティの自発的破れのアイデア (論文 28 はその総合報告) に基づく検討を行ないパイ中間子質量がゼロとなるいわゆる「臨界線」の、温度ゼロでの構造とその有限温度での変化、また有限温度相転移線と臨界線の関係の解明を行なった (論文 21,29)。

(11) 格子上のカイラル・フェルミオン

格子上にカイラルゲージ理論を定式化する新しい方法であるドメインウォール・フェルミオンの性質を摂動的な方法 (論文 32) と数値計算 (論文 33) の両方で調べ、いくつかの特徴的な性質と問題点を明らかにした。

【2】 超対称ゲージ理論、2次元重力、共形場の理論

(梁 成吉、伊藤 克司)

1994 年の Seiberg-Witten の仕事を契機として、4次元超対称ゲージ理論の強結合領域についての理解が飛躍的に深まりつつある。とくに、 $N=2$ 超対称性の場合には正則性と双対性を加味することにより厳密な解析的取り扱いが可能になっている。 $N=2$ ゲージ理論は超弦理論における双対対称性、可積分ソリトン方程式、位相的場の理論、 $N=1$ ゲージ理論などのテーマと密接に絡まり、今後の研究のより大きな進展を予期させるものがある。そこで、今年度は4次元 $N=2$ 超対称ゲージ理論の研究に集中的に力が注がれ、様々な興味ある結果が得られた。また、2次元重力と位相的シグマ模型、 W 重力理論、 W 対称性、さらに共形場理論の1次元量子臨界現象への応用などに関する研究も継続し、活発に行なわれた。

(1) 2次元位相的シグマ模型

梁は江口 (東大)、堀 (東大) と共に位相的 CP^1 模型の行列積分表示を詳細に解析し、その可積分構造を明らかにし、それより Landau-Ginzburg 型模型として定式化できることを示した (論文 34)。行列模型の与えるインスタントン数は、幾何的手法から得られる結果と完全に一致している。また、梁と野口は位相的 CP^n 、およびグラスマン模型の相関関数が対数型有効作用から直接計算できることを明らかにした (論文 39)。

(2) 4次元 $N=2$ 超対称ゲージ理論

梁と伊藤は $N=2$ 超対称 $SU(2)$ QCD のクーロン相における低エネルギー有効作用 (プレポテンシャル) を Picard-Fuchs 方程式の方法により厳密に求めた (論文 35,43)。また、梁は江口と共に $N=2$ 超対称 QCD のプレポテンシャルの満たすべき基本恒等式を導いた (論文 40)。その導出は、 $N=2$ ゲージ理論との関連で最近提唱されたソリトン方程式に基づいている。さらに、梁と伊藤は江口、堀と共同で新しいクラスの4

次元 $N=2$ 超対称共形場の理論を見出し、ユニヴァーサルリティクラスと様々なスケールリング次元を決定した(論文42)。Seiberg-Witten 解に代表される $N=2$ 超対称ゲージ理論の量子モジュライ空間で真空期待値を調節することにより、互いに非局所的な質量ゼロのダイオンが共存する点を探すと、そこがスケール不変な臨界点になっているというものである。

(3) 1次元量子臨界現象

梁は藤本(京大)、川上(阪大)と共に近藤効果における厳密な有限サイズスペクトルと境界付き共形場の理論を用いて種々の臨界指数を決定した(論文36,41)。また同様の方法を応用して、川上、山本(京大)と共に境界付き Calogero-Sutherland 模型における相関関数の漸近形を得た(論文38)。さらに、福井(京大)、川上と共に分数排他統計に従う1次元量子系の高スピン化を試みた(論文37)。

(4) W 重力理論

伊藤は二次元重力理論の非自明な拡張である非臨界次元における W 重力理論における拡大された超共形代数についてアフィン超リー環 $A(n, n-1)^{(1)}$ の量子ハミルトニアン縮約の立場から研究を行なった(論文44)。

(5) W 代数の自由場表示

伊藤と寺嶋は量子ハミルトニアン縮約の理論を調べ、従来その構造がよく知られていなかった non simply-laced 代数に基づく量子 W 代数の自由場表示を系統的に構成した(論文45)。

【3】物理学基礎論

(小林 庸浩)

量子力学における非干渉性の機構の問題は、量子力学の観測問題だけでなく、何故古典力学や熱統計力学が成り立つのかという問題も含めて、量子力学体系から実験値を導く上で避けては通れない問題である。更に、最近盛んに議論されている量子力学系を使った情報伝達やコンピュータのアルゴリズム作成の問題の際にも、量子力学系からいかに情報を取り出すかという点で非干渉性の問題をはっきりさせることは重要な課題となっている。こうした観点から量子力学の非干渉性の機構を幅広く研究した。

(1) 量子力学における非干渉性の機構

小林は、量子力学における非干渉性の機構は一つのものでなく量子力学の観測問題、熱統計力学、古典力学でかなり異なる機構になっていることを示した(論文46)。

(2) 古典マクロ系における非干渉性と超準解析

古典系は通常無限大に近いマクロな量子系であり、この無限大に近い数をいかにあつかうかが課題である。小林は、この無限大に近い数を超準解析の超積における無限積として表し、古典マクロ系を超積空間で記述することに成功した。そして、 h (プランク定数) が無限小の極限で古典マクロ系の重心運動は古典力学で記述できることを示した(論文47,50)。

(3) 熱統計力学における非干渉性の機構

小林は、熱統計力学における非干渉性の機構は、粒子間に働く相互位相相互作用の導入と、その相互作用の効果が実験誤差に隠れてしまうために起こることを示した(論文48,49,51)。

(4) 相互位相相互作用の実験的検証と冷中性子実験

小林は、熱的な非干渉性を導くのに必要な相互位相相互作用の存在を実験的に検証するため、超冷中性子のベータ崩壊を使った実験を提案した（論文 52）。

<論文>

1. Y. Iwasaki, Phase diagram of QCD at finite temperatures with Wilson fermions, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 42 (1995) 96-102
2. Y. Iwasaki, K. Kanaya, S. Kaya, S. Sakai, and T. Yoshié, Nature of the finite temperature transition in QCD with strange quark, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 42 (1995) 499-501
3. Y. Iwasaki, K. Kanaya, S. Sakai, and T. Yoshié, Finite temperature transition in two flavor QCD with renormalization group improved action, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 42 (1995) 502-504
4. K. Kanaya, Deconfining chiral transition in QCD on the lattice, Prog. Theor. Phys. Suppl. 120 (1995) 25-36
5. K. Kanaya and S. Kaya, Critical exponents of a three dimensional O(4) spin model, Phys. Rev. D51 (1995) 2404-2410
6. T. Yoshié, Benchmark test of CP-PACS for lattice QCD, Prog. Theor. Phys. Suppl. 122 (1996), *in press*
7. K. Kanaya, QCD phase transition with two flavors of Wilson quarks using a RG improved action, Progr. Theor. Phys. Suppl. 122 (1996), *in press*
8. K. Kanaya, Finite temperature phase transition in QCD with strange quark: study with Wilson fermions on the lattice, in the proceedings of international RCNP workshop on color confinement and hadrons, *Confinement 95* (eds. H. Toki *et al.*, World Scientific, Singapour) (1996) 119-126
9. Y. Iwasaki, K. Kanaya, S. Sakai, and T. Yoshié, Chiral phase transition in lattice QCD with Wilson quarks, Z. Phys. C (1996), *in press*
10. Y. Iwasaki, K. Kanaya, S. Kaya, S. Sakai, and T. Yoshié, QCD phase transition with strange quark in Wilson formalism for fermions, Z. Phys. C (1996), *in press*
11. K. Kanaya, Finite temperature QCD on the lattice, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 47 (1996), *in press*
12. Y. Iwasaki, K. Kanaya, S. Kaya, S. Sakai, and T. Yoshié, Finite temperature QCD with Wilson quarks: a study with a renormalization group improved action, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 47 (1996), *in press*
13. Y. Iwasaki, K. Kanaya, T. Yoshié, T. Hoshino, T. Shirakawa, Y. Oyanagi, S. Ichii, and T. Kawai, Hadron masses and decay constants with Wilson quarks at $\beta = 5.85$ and 6.0, Phys. Rev. D (1996), *in press*
14. 岩崎洋一、宇川彰、梅村雅之、計算物理学と CP-PACS 計画, 情報処理 37 (1996) 11-17
15. 青木慎也、金谷和至、吉江友照、超並列計算機 CP-PACS の計算物理学分野における実効性能の予測, 情報処理 37 (1996) 38-42

16. M. Fukugita, Y. Kuramashi, H. Mino, M. Okawa and A. Ukawa, Hadron scattering lengths in lattice QCD, Phys. Rev. D 52 (1995) 3003-3021
17. M. Fukugita, Y. Kuramashi, M. Okawa and A. Ukawa, Lattice QCD solution to the U(1) problem, Phys. Rev. D 51 (1995) 3952-3955
18. M. Fukugita, Y. Kuramashi, M. Okawa and A. Ukawa, Pion-nucleon sigma term in lattice QCD, Phys. Rev. D 51 (1995) 5319-5322
19. M. Fukugita, Y. Kuramashi, M. Okawa and A. Ukawa, Proton spin structure in lattice QCD, Phys. Rev. Lett. 75 (1995) 2092-2095
20. S. Aoki, M. Fukugita, S. Hashimoto, N. Ishizuka, H. Mino, M. Okawa, T. Onogi and A. Ukawa, Manifestation of sea quark effects in the strong coupling constant in lattice QCD, Phys. Rev. Lett. 74 (1995) 22-25
21. S. Aoki, A. Ukawa and T. Umemura, Phase structure of lattice QCD with Wilson quark action, Phys. Rev. Lett. 76 (1996) 873-876
22. M. Fukugita, Y. Kuramashi, M. Okawa and A. Ukawa, Scalar and axial vector matrix elements of proton in quenched QCD: Calculation of both connected and disconnected contributions, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 42 (1995) 334-336
23. T. Onogi, S. Aoki, M. Fukugita, S. Hashimoto, N. Ishizuka, H. Mino, M. Okawa and A. Ukawa, Charmonium spectroscopy with heavy Kogut-Susskind quarks, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 42 (1995) 303-305
24. A. Ukawa, Status of the CP-PACS project, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 42 (1995) 194-200
25. JLQCD Collaboration: S. Aoki, M. Fukugita, S. Hashimoto, Y. Iwasaki, K. Kanaya, Y. Kuramashi, H. Mino, M. Okawa, A. Ukawa, T. Yoshie, Toward Precision Measurement of B_K with Quenched Kogut-Susskind Quarks, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.), *in press*
26. JLQCD Collaboration: S. Aoki, M. Fukugita, S. Hashimoto, Y. Iwasaki, K. Kanaya, Y. Kuramashi, H. Mino, M. Okawa, A. Ukawa, T. Yoshie, Heavy-Light Matrix Elements with the Wilson Quark Action, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.), *in press*
27. JLQCD Collaboration: S. Aoki, M. Fukugita, S. Hashimoto, Y. Iwasaki, K. Kanaya, Y. Kuramashi, H. Mino, M. Okawa, A. Ukawa, T. Yoshie, Analysis of Hadron Propagators with One Thousand Configurations on a $24^3 \times 64$ Lattice at $\beta = 6.0$, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.), *in press*
28. S. Aoki, On the Phase structure of QCD with Wilson fermions, Prog. Theor. Phys., *in press*
29. S. Aoki, A. Ukawa and T. Umemura, Fate of the critical line and chiral transition in finite temperature lattice QCD with the Wilson quark action, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.), *in press*
30. A. Ukawa, Hadron physics from lattice QCD viewpoint, in Proceedings of the International Workshop "Chiral symmetry in hadrons and nuclei" (Seoul, February, 1995), eds. D.-P. Min and M. Rho (Seoul National University Press, Seoul 1995) p. 52-81

31. A. Ukawa, Lattice QCD at finite temperature, in Proceedings of the 1993 Uehling Summer School "Phenomenology and lattice QCD" (Seattle, July 1993) , eds., G. Kilcup and S. Sharpe (World Scientific, Singapore 1996), p. 211-305
32. S. Aoki and R.B. Leven, Kaplan-Narayanan-Neuberger lattice fermions pass a perturbative test, Phys. Rev. D51(1995) 3790-3802
33. S.Aoki and K. Nagai Domain-wall fermions with U(1) dynamical gauge fields, Phys. Rev. D., *in press*
34. T. Eguchi, K. Hori and S.-K. Yang, Topological σ -Models and Large- N Matrix Integral, Int. J. Mod. Phys. A10 (1995) 4203-4224
35. K. Ito and S.-K. Yang, Prepotentials in $N = 2$ $SU(2)$ supersymmetric Yang-Mills theory with massless hypermultiplets, Phys. Lett. B366 (1996) 165-173
36. S. Fujimoto, N. Kawakami and S.-K. Yang, Exact Critical Exponents for Pseudo-Particles in the Kondo Problem, J. Phys. Soc. Jpn. 64 (1995) 4552-4556
37. T. Fukui, N. Kawakami and S.-K. Yang, Higher-Spin Generalization of Fractional Exclusion Statistics, J. Phys. Soc. Jpn., *in press*
38. T. Yamamoto, N. Kawakami and S.-K. Yang, Critical Properties of the Calogero-Sutherland Model with Boundaries, J. Phys. A29 (1996) 317-327
39. M. Noguchi and S.-K. Yang, Non Scale-Invariant Topological Landau-Ginzburg Models, Phys. Lett. B360 (1995) 35-40
40. T. Eguchi and S.-K. Yang, Prepotentials of $N = 2$ Supersymmetric Gauge Theories and Soliton Equations, Mod. Phys. Lett. A11 (1996) 131-138
41. S. Fujimoto, N. Kawakami and S.-K. Yang, Exact Finite Size Spectra in the Kondo Problem and Boundary Conformal Field Theory, Suppl. J. Kor. Phys. Soc., *in press*
42. T. Eguchi, K. Hori, K. Ito and S.-K. Yang, Study of $N = 2$ Superconformal Field Theories in 4 Dimensions, Nucl. Phys. B, *in press*
43. K. Ito and S.-K. Yang, Picard-Fuchs Equations and Prepotentials in $N = 2$ Supersymmetric QCD, Proceedings of the Workshop "Frontiers in Quantum Field Theory" (Osaka, Japan, December 14-17, 1995), *in press*
44. K. Ito, Quantum hamiltonian reduction and non-critical W strings, Prog. Theor. Phys. Suppl. 118 (1995) 329-342
45. K. Ito and S. Terashima, Free field realization of WBC_n and WG_2 algebras, Phys. Lett. B 354 (1995) 220-231
46. T. Kobayashi, Decoherence Mechanisms in Quantum Mechanics, Proceedings of the Symposium on Theory of Quantum Informations and Open Systems , edited by M. Ohya, (Press of Science University of Tokyo), (1995) 1-16
47. T. Kobayashi, Solvable Quantum Macroscopic Motions and Decoherence Mechanisms in Quantum Mechanics on Nonstandard Space, Proceedings of the Fourth International Conference on Squeezed States and Uncertainty Relations, edited by D. Han et al. (NASA Conference Publication 3322) 301-306

48. T. Kobayashi, Quantum Mechanical Description of Thermal Equilibrium States as Eigenstates of Relative-Phase Interaction, Phys. Letters A207 (1995) 320-326
49. T. Kobayashi, Quantum Mechanical Interactions for Realizing Thermal Equilibriums, Phys. Letters A210 (1996) 241-250
50. T. Kobayashi, Exactly Solvable Quantum Macroscopic Motions and Decoherence Mechanism based on Many Quantum-Mechanical Space Theory, Nuovo Cimento B (1996), *in press*
51. T. Kobayashi, Quantum Mechanics for Thermal Equilibriums, Proceedings of the Symposium on Theory of Quantum Informations and Open Systems, (1996)
52. T. Kobayashi, Quantum Mechanics for Thermal Equilibriums and Cold Neutron Physics, Proceedings of the International Symposium Neutron Optics and Related Research Facilities-NOK'96, (1996)
53. C. Berbarud, T. Blum, A. De, T. DeGrand, C. DeTar, S. Gottlib, U. M. Heller, N. Ishizuka, L. Kärkkäinen, J. Labrense, A. Soni, R. Sugar, D. Toussaint, Preliminary Heavy - Light Decay Constants from the MILC Collaboration. Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 42 (1995) 388-390

<著書・総説等>

1. 川上 則雄、梁 成吉 「一次元量子系の物理」
固体物理、1995年4月号 p.331-343、5月号 p.425-437、7月号 p.611-623
2. 伊藤 克司 「N=2 超対称 Yang-Mills 理論と Seiberg-Witten 方程式」
数理科学、1995年10月号 p.37-43
3. 藤本 聡、川上 則雄、梁 成吉
「近藤効果における厳密な有限サイズスペクトルと境界のある共形場理論」
固体物理、1996年2月号 p.109-116
4. 梁 成吉 「4次元 N=2 超対称ゲージ理論の解法」
日本物理学会誌、1996年3月号 p.197-203

<学位論文>

博士論文

1. 梅村 俊彰
「Phase Structure of Lattice QCD with the Wilson Quark Action」
2. 青木 保道
「Nature of the Hot Electroweak Phase Transition in the SU(2) Higgs Model」

修士論文

1. 金田 知之
「Wilson quark action による quenched lattice QCD の有限温度相構造」
2. 佐藤 純三
「非対称格子上の改良された作用を用いた SU(n) ゲージ理論のスケール」

3. 寺嶋 靖治
「超対称ゲージ理論の非摂動的解析と双対性」

<講演>

[国外]

1. 宇川 彰 「Hadron physics from lattice QCD viewpoint」 International Workshop "Chiral symmetry in Hadrons and Nuclei" (Seoul, Korea, Feb. 5-11, 1995)
2. 宇川 彰 「Analysis of Hadron Propagators with One Thousand Configurations on a $24^3 \times 64$ Lattice at $\beta = 6.0$ 」 The XIII International Symposium on Lattice Field Theory (Melbourne, Australia, July 10-14, 1995)
3. 梁 成吉 「Critical properties of one-dimensional long-range interacting systems with boundaries」 Pacific Conference on Condensed Matter Theory (Seoul, Korea, December 1995)
4. 金谷 和至 「Finite temperature QCD - status 1995 -」 The XIII International Symposium on Lattice Field Theory (Melbourne, Australia, Jul. 11-15, 1995)
5. 青木 慎也 「Toward Precision Measurement of B_K with Quenched Kogut-Susskind Quarks」 The XIII International Symposium on Lattice Field Theory (Melbourne, Australia, July 11-15, 1995)
6. 小林 庸浩 「Solvable Quantum Macroscopic Motions and Decoherence Mechanisms in Quantum Mechanics on Nonstandard Space」 The Fourth International Conference on Squeezed States and Uncertainty Relations (Tayuan, China, June 5-8, 1995)
7. 吉江 友照 「Finite Temperature QCD with Wilson Quarks: A Study with a Renormalization Group Improved Gauge Action」 The XIII International Symposium on Lattice Field Theory (Melbourne, Australia, July 11-15, 1995)

[国内]

1. 岩崎 洋一 「CP-PACS project」 筑波大学計算物理学研究センター研究会
「CCP Workshop on Lattice Field Theories '96」 (筑波大学、つくば、1996年3月5-7日)
2. 宇川 彰 「格子上の量子色力学」 京都大学基礎物理学研究所統合記念シンポジウム
「基礎物理学の現状」 (京都大学数理解析研究所、京都、1995年12月)
3. 宇川 彰 「有限温度格子量子色力学」 筑波大学計算物理学研究センター研究会「CCP Workshop on Lattice Field Theories '96」 (筑波大学、つくば、1995年3月5-7日)
4. 宇川 彰 「有限温度格子量子色力学の現状」 日本物理学会年会 素粒子論分科シンポジウム講演 (金沢大学、金沢、1996年3月)
5. 宇川 彰 「Phase structure of Lattice QCD with the Wilson Quark Action」 日本物理学会年会 (金沢大学、金沢、1996年3月)
6. 梁 成吉 「Seiberg-Witten 理論について」 ワークショップ (城崎、1995年4月)
7. 梁 成吉 「2次元共形場の理論の変形問題」 数理物理 95 (学習院大学、東京、1995年9月)

8. 梁 成吉 「Integrable one-dimensional electron systems and Tomonaga-Luttinger liquids」 Workshop on Integrable Systems (関西セミナーハウス、京都、1996年1月)
9. 金谷 和至 「Finite temperature QCD transition - simulations on the lattice -」 International Symposium on "Origin of Matter and Evolution of Galaxies in the Universe" (熱海、1996年1月18-20日)
10. 金谷 和至 「CP-PACS プロジェクト」 KEK ワークショップ「並列計算機による計算物理の進展」(高エネルギー物理学研究所、つくば、1996年2月8-9日)
11. 青木 慎也 「Lattice calculation of B_K with staggered quarks」日本物理学会年会(金沢大学、金沢、1996年3月31日-4月3日)
12. 小林 庸浩 「Quantum Mechanics for Thermal Equilibriums」 Symposium on Theory of Quantum Informations and Open Systems (Kyoto, Japan, Dec. 25-27, 1996)
13. 小林 庸浩 「Quantum Mechanics for Thermal Equilibriums and Cold Neutron Physics」 The International Symposiumn Neutron Optics and Related Research Facilities-NOK'96 (Kumatori, Japan, March 19-22, 1996)
14. 吉江 友照 「Light Hadron Spectrum」筑波大学計算物理学研究センター研究会「CCP Workshop on Lattice Field Theories '96」(筑波大学、つくば、1996年3月5-7日)
15. 吉江 友照 「Hadron Masses and Meson Decay Constants with Clover Fermion Action」日本物理学会年会(金沢大学、金沢、1996年3月-4月)
16. 伊藤 克司 「 $N = 2$ 超対称 Yang-Mills 理論における最近の話題」京都大学基礎物理学研究所研究会「場の理論の新しい展開」(京都大学、京都、1995年8月1-4日)
17. 伊藤 克司 「Prepotentials in $N = 2$ $SU(2)$ supersymmetric Yang-Mills theory with massless hypermultiplets」研究会「Frontiers in Quantum Field Theory」(Osaka Univ. Toyonaka, Japan, Dec. 14-17, 1995)
18. 伊藤 克司 「Introduction to the Seiberg-Witten Theory」 Sapporo Winter School in Niseko '96 (ニセコ、1996年1月6-10日)
19. 青木 保道 「Nature of the Hot Electroweak Phase Transition in the $SU(2)$ Higgs Model」 CCP Workshop on Lattice Field Theories '96 (筑波大学、つくば、1996年3月)
20. 榎 昌吾 「繰り込み群によって改良された作用を用いた有限温度格子 QCD のカイラル相転移」日本物理学会年会(中部大学、1995年9月)
21. 榎 昌吾 「Finite temperature transition with the Wilson quark action and a RG improved gauge action」 CCP Workshop on Lattice Field Theories '96 (筑波大学、1996年3月)
22. 榎 昌吾 「Finite temperature QCD with various number of flavors」日本物理学会年会(金沢大学、1996年3月)
23. 長井 敬一 「Domain-wall fermion with dynamical gauge fields」日本物理学会年会(金沢大学、金沢、1996年4月)

24. 野口 雅之「Non-Scale Invariant Topological Landau-Ginzburg Models」
日本物理学会分科会（中部大学、名古屋、1995年9月）
25. 金兎 隆志「くりこみ群により改良された作用を用いたSU(3)格子ゲージ系の有限温度相転移」日本物理学会分科会（中部大学、名古屋、1995年9月）
26. 金兎 隆志「Finite temperature phase transition of SU(3) pure gauge system with R.G. improved action」CCP Workshop on Lattice Field Theories '96（筑波大学、つくば、1995年3月）
27. 金兎 隆志「くりこみ群により改良された作用を用いたSU(3)格子ゲージ系の有限温度相転移2」日本物理学会年会（金沢大、金沢、1995年3月）
28. 金田 知之「Quenched lattice QCDにおけるWilson quark actionのcritical lineと有限温度相転移」日本物理学会年会（金沢大学、金沢、1996年4月）
29. 寺嶋 靖治「WBC_n代数の自由場表示」
日本物理学会分科会（中部大学、春日井、1995年9月）

<受賞>

梁 成吉、1995年度仁科記念賞（仁科記念財団）

「共形場理論に基づく1次元電子系臨界現象の研究」