

## 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

格子ゲージ理論の研究においては、平成3年6月完成の並列計算機 QCDPAX が稼働を続けており、高エネルギー物理学研究所プロジェクト研究による同研究所設置ベクトル計算機 HITAC S820/80 による計算や、筑波大学学術情報処理センターに新たに導入された VPP-500/30 での格子 QCD 計算と合わせて、多くの研究成果を生み出した。また、共形場の理論の分野においては、2次元重力理論と位相的場の理論を主テーマとして、活発に研究が行なわれた。

平成4年4月に岩崎洋一をプロジェクトリーダーとして開始された科学研究費補助金創成的基礎研究費「専用並列計算機による「場の物理」の研究」ではその第3年度分の研究として、並列計算機のハード・ソフト・OSの詳細設計と、それに基づいた実行速度の評価が行なわれた。本計画は、1000台以上の計算機を並列に接続し計算速度 300 GFlops 以上を達成する超並列計算機 CP-PACS (Computational Physics on Parallel Array Computer System) を製作し、それをを用いて素粒子物理・物性物理・宇宙物理の計算物理学的研究を推進しようとするものである。

また、この計画の推進母体として平成4年4月に設置された筑波大学全国共同利用施設「計算物理学研究センター」(センター長 岩崎洋一)では、センター建物第2期分(研究棟)が平成7年3月に竣工した。CP-PACSのフロント計算機システム(FCS)第2期分の稼働も開始し、周辺ワークステーション群と合わせて、小規模の格子 QCD 計算に応用されている。平成6年8月には、平成7年度末の CP-PACS 完成に向けてほぼ完了した基本設計の詳細と、それに基づくベンチマークテストの結果をまとめて「研究進捗状況報告書」が発行された。また、平成6年12月に計算物理学研究センター主催の第3回研究会「並列計算機と計算物理学」が、全国から約120名の参加者を集めて開催された。

### 【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、特に高速の計算機を使った格子 QCD の数値的研究によって多くの基本的性質の解明を行なった。有限温度 QCD 相転移、ハドロン質量の精密測定、弱電相互作用の現象論的解析に必要なハドロン遷移行列要素、ハドロン散乱長、 $\eta'$  中間子質量、核子フレーバ中性行列要素などのテーマに関わる諸問題の研究が進められた。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も、数値的・解析的両面から精力的に研究された。

- (1) SU(3) ゲージ理論の有限温度相転移における表面張力  
SU(3) ゲージ理論の有限温度相転移が1次相転移であることが格子上の研究で明らかになっているが、これを初期宇宙の進化に応用する上で、閉じ込め相と非閉じ込め相との間の境界面の表面張力は極めて重要な情報である。並列計算機 QCDPAX の小型機を使ったシミュレーションによって、格子上での様々な表面張力決定方法の比較検討を行ない、さらに QCDPAX による大きな格子上のデータを使って表面張力を計算した (論文 11,13)。
- (2) 格子上のハドロン質量の精密測定  
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、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、励起状態の影響が重要であることを示した (論文 15)。
- (3) 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 (2次転移、又はクロスオーバー、又は極めて弱い1次転移) であることを明らかにした (論文 14,22,32)。
- (4) 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  $N_f = 4$  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 22,32,33)。
- (5) 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  $N_f = 4$  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  $N_f$  の大きな格子でシミュレーションすればいいが、現在の計算機的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 34)。
- (6) 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リ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っ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 23)。
- (7) 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 12,19)。

(8) 量子色力学の結合定数

量子色力学の結合定数の値は、強い相互作用の基本的重要なパラメータである。格子上での sea quark を含むシミュレーションと含まない場合の物理量の計算結果に基づいて結合定数の値を求めることにより、この二つの場合で、その値に有意な差が見られることを指摘した(論文 10,29)。sea quark の効果をはっきりと認められる数少ない例である。また、この計算に関連して、KS クォーク作用による重いクォークを含む中間子の計算の可能性についての詳しい検討を行なった(論文 30)。

(9)  $\eta'$  中間子の質量

フレーバ中性擬スカラー中間子  $\eta'$  の質量が、他のフレーバ 8 重項の場合より格段に重いことは  $U(1)$  問題として、長らく研究されてきた。新たに開発したゲージ固定なしの wall source 法によりこの質量をクエンチ近似で計算し、その値が実験値と整合すること(論文 16)、またこの値になるのは、位相的に non trivial なインスタントンを含むグルオン配位が重要な役割を果たしていること(論文 25)を見出した。

(10) ハドロンの散乱長

ハドロン間の散乱情報は強い相互作用の理解という意味から興味深いが、この量を格子量子色力学の数値シミュレーションから得るには、4 点関数の計算という計算技法上の問題がある。wall source 法の拡張によりこの問題を克服することを試み、 $\pi$ - $\pi$ 、 $\pi$ - $N$  及び  $N$ - $N$  の散乱長の計算を行なった(論文 17,18,24)。前二者についてはカレント代数と一致する値を得た。また、物理的に最も興味を持たれる  $N$ - $N$  の場合には重いクォークに対してではあるが、 $\pi$ - $\pi$ 、 $\pi$ - $N$  の場合より大きな値を得た(論文 18)。これは、現実世界の状況と整合する結果である。

(11) 核子フレーバ中性行列要素

核子の  $\sigma$  項やフレーバ中性軸性カレント行列要素(この量は、核子のスピン構造を反映する)は、実験結果とナイーブな理論的予想が矛盾しており、その原因がどこにあるかを巡って多年にわたり、議論が行なわれて来ている。これらの量は sea quark の寄与が重要である可能性がある量である。これらの寄与の計算にゲージ固定なし wall source 法が適用可能であることに着目して、高統計の計算を行なった(論文 26,27,28)。結果は両者とも実験結果と一致する値を得た。この理由は、 $\sigma$  項については、sea quark の寄与が valence quark の約二倍と大きいためである(論文 26)。フレーバ中性軸性カレント行列要素については、各クォークあたりの sea quark 寄与は 10% 程度と小さいものの、符号が負であり、且つこれらのことが up, down, strange の三つのクォークに共通であることから、行列要素全体としては、実験的に示唆されている 0.2-0.3 の小さい値となる(論文 27)。以上の結果は、これら二つの懸案について量子色力学が自然な解決を与えることを強く示唆している。

(12) 格子カイラルゲージ理論

Wilson-Yukawa の方法を用いて格子上にカイラル湯川模型を構成し、湯川結合定数とフェルミオン質量の関係を調べた(論文 5)。数値計算で Wilson-Yukawa 模型のフェルミオンのスペクトラムを調べ対称相では電荷を持つフェルミオンは 1 粒子状態では存在し得ないことを示した(論文 6)。カプランの方法によって定式化された 2 次元カイラル QED の性質を摂動論で調べた(論文 4)。カプランの方法を拡張したナラヤナンとノイバーガーの方法を 2 次元カイラル QED に適用し、その性質を摂動論で調べた(論文 31)。

(13) 格子 4 フェルミ模型の相構造

Wilson fermion による格子上の 4 フェルミ模型を Large  $N$  極限の計算で調べ、バリ

ティを破る相が存在することを示した（論文7）。

## 【2】 2次元重力、共形場の理論

（梁 成吉、伊藤 克司）

2次元共形場の理論は素粒子物理学における超弦理論、統計力学における古典統計系の臨界現象、固体物理学における量子1次元系の臨界現象など、低次元の物理学の様々な分野の基礎となるものである。最近では、 $N=2$  超対称な共形場の理論のもつ普遍的構造が、2次元重力理論における位相的場の理論、超弦理論のコンパクト化、さらに可積分有質量場の理論の観点から注目を浴びている。今年度は、 $N=2$  超対称共形場の理論を中心に2次元重力理論の位相的構造、位相的シグマ模型の行列模型表示、 $N=2$  ランダウ・ギンツブルグ場の理論、拡張された無限次元代数（ $W$ 代数）の構造、 $W$ 対称性をもつ弦理論についての研究が行なわれた。

### (1) 2次元重力と位相的場の理論

梁は、江口（東大理）、山田（九大）と共に A-D-E 単純特異点型の位相的ミニマル模型が2次元位相重力に結合した系における高次種数展開の定式化を調べた。我々の方法は高種数のストリングの寄与を KP 階層系の分散無しの極限についての補正として取り扱うものであり、A-D-E 型以外の位相的ミニマル模型は種数が1を越えると整合性を失うことが指摘された（論文39）。つぎに、江口と共に位相的  $CP^1$  模型が位相重力に結合した系を記述する行列模型を構成した。行列模型の作用に対数項が現れる点が特徴である（論文40）。これは  $CP^1$  シグマ模型の漸近自由性によるスケール則の対数的破れに由来している。可積分構造は1次元 Toda 格子の拡張版であることを見出した。分配関数は任意種数のリーマン面から  $CP^1$  への正則写像（インスタントン）の和を与えるものである。さらに、江口、堀（東大理）と共にこの  $CP^1$  模型における Virasoro 条件からインスタントン・モジュライ空間上の交点数を計算し、また  $CP^1$  模型を Landau-Ginzburg 型に定式化することにより  $N=2$  サイン・ゴルドン模型との等価性を示した（論文42）。

### (2) $N=2$ 超対称共形場の理論

梁は、河合（KEK）と共に  $N = 2$  超対称ランダウ・ギンツブルグ型オービフォルド模型における双対対称性、およびミラー対称性を elliptic genus を用いて考察した（論文41）。スーパーポテンシャルのもつ離散対称性に基づきオービフォルド化を実行し双対（ないしミラー）変換を施すと、理論のスペクトルの非ツイスト状態とツイスト状態が入れ替わることを見出した。具体例として様々な  $N = 2$  模型の結果がまとめられた。

### (3) $W$ 対称性と2次元重力

伊藤は、 $N=2$  超共形代数の高階スピンの拡張（ $N=2$  超  $W$ 代数）を量子化された相構造縮約の理論に基づいて研究し、それを位相的な対称性として持つ新しいタイプの重力理論（ $W$ 弦理論）を調べるのに応用した（論文35,36）。これは、リウビル重力を高階スピン場により拡張した  $W_3$  重力と  $W_3$  ミニマル模型が結合した重力理論であり、通常の2次元重力の非自明な拡張になっている。

### 【3】物理学基礎論

(小林庸浩)

純粋状態のみを扱える量子力学には、その理論計算を混合状態のみを扱う実験値と比較するために、密度行列の干渉項を消す操作が必要になる(非干渉性の機構)。この機構は有限系の量子力学では不可能なことがわかっており、量子力学を実験をも含み得る理論体系にするためには、なんらかの拡張が必要であることは良く知られている。そのためには、量子論の極限を無矛盾に扱えるような拡張が要求される。超準空間への拡張は、興味ある一つの可能性であり、メゾスコピック領域の問題を扱うにも有効であろう。

#### (1) 量子力学における測定器

小林は測定器を含めた具体的に解けるモデルを作り、測定器内で発生するエネルギーが量子レベルのエネルギーに比較して、十分大きくなる極限で非干渉性の機構が導かれることを示した(論文44)。

#### (2) 超準空間上の量子力学

小林は量子力学を超準空間上に拡張することにより、多体系やあらゆる物理量の無限大、無限小の極限を厳密に扱えるようにした。その応用として、 $\hbar \rightarrow 0$  無限小により古典力学を(論文44,45,47)、多体極限で統計力学を(論文44)導いた。特に、調和振動子の例を詳しく解くことにより、古典力学における粒子性と波動性を明らかにした(論文47)。

#### (3) 量子力学における非干渉性の機構

小林は量子力学においては非干渉性を導くいくつかの異なる機構が存在し、その一つ一つが古典力学、統計力学、量子力学における波束の収縮に対応しており、非干渉性の機構の違いが力学系の違いに対応していることを示した。また、この違いが超準空間上のフィルターを決める無限小量の違いとして扱えることを示した(論文48)。

#### (4) 非レプトン崩壊

小林は重いクォークを含むハドロンの非レプトン崩壊を一つの統一した機構で説明することを試み、K,D,B中間子の崩壊に適用し、成功した(論文46)。

#### 〈論文〉

1. C. Bernard, M. Golterman, J. Labrenz, S. Sharpe and A. Ukawa, Pion-pion scattering in the quenched approximation, Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 34 (1994) 334-334
2. N. Ishizuka, M. Fukugita, H. Mino, M. Okawa and A. Ukawa, Operator Dependence of Hadron Masses for Kogut-Susskind Quarks on the Lattice, Nucl. Phys. B411 (1994) 875
3. N. Ishizuka, Y. Shizawa, Perturbative renormalization factors for bilinear and four-quark operators for Kogut-Susskind fermions on the lattice, Phys. Rev. D49 (1994) 3519-3539
4. S. Aoki and H. Hirose, Perturbative analysis for Kaplan's lattice chiral fermions, Phys. Rev. D49 (1994) 2604
5. S. Aoki and Y. Kikukawa, Fermion mass in the Wilson-Yukawa approach for chiral Yukawa theory, Int. J. of Mod. Phys. A9 (1994) 4565-4580

6. S. Aoki, H. Hirose and Y. Kikukawa, Charged fermion states in the quenched U(1) chiral Wilson-Yukawa model, *Int. J. of Mod. Phys. A9* (1994) 4129-4148
7. S. Aoki, S. Boettcher and A. Gocksch, Spontaneous Breaking of Flavor Symmetry and Parity in the Nambu-Jona-Lasinio model with Wilson Fermions, *Phys. Lett. B331* (1994) 157
8. S. Aoki, T. Umemura, M. Fukugita, N. Ishizuka, H. Mino, M. Okawa and A. Ukawa, Finite-size effects of hadron masses in lattice QCD: a comparative study for quenched and full QCD simulations, *Phys. Rev. D50* (1994) 486
9. S. Aoki, T. Umemura, M. Fukugita, N. Ishizuka, H. Mino, M. Okawa and A. Ukawa, Finite-size effects of hadron masses with Kogut-Susskind quarks, *Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 34* (1994) 363-365
10. T. Onogi, S. Aoki, M. Fukugita, S. Hashimoto, N. Ishizuka, H. Mino, M. Okawa and A. Ukawa, Sea quark effects on the strong coupling constant, *Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 34* (1994) 492-494
11. Y. Aoki and K. Kanaya, Interface tension in SU(3) lattice gauge theory at finite temperatures on an  $N_t = 2$  lattice, *Phys. Rev. D50* (1994) 6921-6930
12. Y. Iwasaki, Computers for Lattice Field Theories, *Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 34* (1994) 78-92
13. Y. Iwasaki, K. Kanaya, Leo Kákkánen, K. Rummukainen and T. Yoshié, Interface tension in quenched QCD, *Phys. Rev. D49* (1994) 3540-3545
14. Y. Iwasaki, K. Kanaya, S. Sakai and T. Yoshié, Quantum chromodynamics with various number of flavors, *Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 34* (1994) 314-316
15. Y. Iwasaki, K. Kanaya, S. Sakai, T. Yoshié, T. Hoshino, and T. Shirakawa, High statistics calculations of quenched QCD spectrum using various quark sources, *Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 34* (1994) 354-356
16. Y. Kuramashi, M. Fukugita, H. Mino, M. Okawa and A. Ukawa,  $\eta'$  meson mass in lattice QCD, *Phys. Rev. Lett. 72* (1994) 3448-3451
17. Y. Kuramashi, M. Fukugita, H. Mino, M. Okawa and A. Ukawa, Lattice QCD calculation of hadron scattering lengths, *Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 34* (1994) 117-122
18. Y. Kuramashi, M. Fukugita, H. Mino, M. Okawa and A. Ukawa, An Exploratory Study of Nucleon-Nucleon Scattering Length in Lattice QCD, *Phys. Rev. Lett. 73* (1994) 2176-2179
19. A. Ukawa, Status of the CP-PACS Project, *Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.) 42* (1995) 194-200
20. A. Ukawa, Topics in Lattice QCD, Proceedings of the 21st INS International Symposium on Physics of High Energy Colliders (Tokyo, May (1994)), (1995)
21. A. Ukawa, Hadron Physics from Lattice QCD Viewpoint, Proceedings of the International Workshop "Chiral symmetry in hadrons and nuclei" (Seoul, 6-10 February, 1995), (1995)

22. K. Kanaya, Deconfining chiral transition in QCD on the lattice, *Progr. Theor. Phys. Suppl.* (1995) UTHEP-296
23. K. Kanaya and S. Kaya, Critical exponents of a three dimensional  $O(4)$  spin model, *Phys. Rev. D* 51 (1995) 2404-2410
24. M. Fukugita, Y. Kuramashi, H. Mino, M. Okawa and A. Ukawa, Hadron Scattering Lengths in Lattice QCD, KEK-CP-24 (1994), to appear in *Phys. Rev. D*
25. M. Fukugita, Y. Kuramashi, M. Okawa and A. Ukawa, Lattice QCD Solution to the  $U(1)$  Problem, *Phys. Rev. D* 51 (1995) 3952-3954
26. M. Fukugita, Y. Kuramashi, M. Okawa and A. Ukawa, Pion-nucleon Sigma Term in Lattice QCD, *Phys. Rev. D* (1995)
27. M. Fukugita, Y. Kuramashi, M. Okawa and A. Ukawa, Proton spin structure in lattice QCD, KEK-CP-23 (1994)
28. 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
29. 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
30. S. Aoki, M. Fukugita, S. Hashimoto, N. Ishizuka, H. Mino, M. Okawa, T. Onogi and A. Ukawa, Charmonium Spectroscopy with Heavy Kogut-Susskind Quarks, *Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.)* 42 (1995) 303-305
31. S. Aoki and R.B. Leven, Kaplan-Narayanan-Neuberger Lattice Fermion Pass a Perturbative Test, *Phys. Rev. D* 51 (1995) 3790-3802
32. Y. Iwasaki, Phase diagram of QCD at finite temperatures with Wilson fermions, *Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.)* 42 (1995) 96-102
33. 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
34. 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
35. K. Ito and H. Kanno, Hamiltonian Reduction and Topological Conformal Algebra in  $c \leq 1$  Non-critical Strings, *Mod. Phys. Lett. A* 9 (1994) 1377
36. K. Ito and H. Kanno, Lie Superalgebra and Extended Topological Conformal Algebra in non-critical  $W_3$  Strings, *Mod. Phys. Lett. A* 9 (1994) 3063
37. S. Fujimoto N. Kawakami and S.-K. Yang, Microscopic Calculations of the Finite-Size Spectrum in the Kondo Problem, *Phys. Rev. B* 50 (1994) 1046-1056
38. T. Kawai, Y. Yamada and S.-K. Yang, Elliptic Genera and  $N = 2$  Superconformal Field Theory, *Nucl. Phys. B* 414 (1994) 191-212

39. T. Eguchi and Y. Yamada and S.-K. Yang, On the Genus Expansion in the Topological String Theory, *Rev. Math. Phys.* 7 (1995) 279-309
40. T. Eguchi and S.-K. Yang, The Topological  $CP^1$  Model and the Large- $N$  Matrix Integral, *Mod. Phys. Lett. A*9 (1994) 2893-2902
41. T. Kawai and S.-K. Yang, Duality of Orbifoldized Elliptic Genera, *Prog. Theor. Phys. Suppl.* (1995)
42. T. Eguchi, K. Hori and S.-K. Yang, Topological  $\sigma$ -Models and Large- $N$  Matrix Integral, UT-700 (March, 1995)
43. T. Kobayashi, Exactly Calculable Model for Detector with Macroscopic Energy Emissions and Wave-Function Collapse in Quantum Mechanics, *Phys. Lett. A*185 (1994) 349-354
44. T. Kobayashi, Analyses of Classical and Thermodynamical Limits of Quantum Mechanics and Quantum Measurements on the Basis of Nonstandard Analysis, *Proceedings of the International Symposium on Fundamental Problems in Quantum Mechanics, Oviedo, Spain, 1993* (1994)
45. T. Kobayashi, Classical Solutions of Schroedinger Equations, *Proceedings of the Third International Wigner Symposium, Oxford, England, 1993* (1994)
46. T. Kobayashi, Nonleptonic Weak Decays of Hadrons with Heavy Flavors, *Proceedings of the Workshop on Heavy-Light Quark Bound Systems and Symmetries, Qubna, Russia, 1993* (1994)
47. T. Kobayashi, Analysis of Classical Solutions in Schroedinger Equations Based on the Idea of Nonstandard Analysis and Harmonic Oscillator Motions, *Nuovo Cim.*110B (1995)61
48. T. Kobayashi, Decoherence mechanisms in Quantum Mechanics, *Proceedings of the Symposium on Theory of Quantum Informations and Open Systems, Noda, Japan, Dec.,(1994)* (1995)

<著書・総説等>

3. 川上 則雄、梁 成吉 「一次元量子系の物理」  
 固体物理、1994年5月号 p.467-477、8月号 p.658-668、11月号 p.861-872、  
 1995年1月号 p.26-36、



<学位論文>

博士論文

1. 広瀬 治人

「Perturbative Study of Kaplan's Lattice Fermion Formalism for Construction of the Standard Model on the Lattice」

修士論文

1. 金児 隆志

「くり込み群により改良された作用を用いた SU(3) ゲージ理論の有限温度相転移の研究」

2. 東 治企

「2次元 QCD の幾何学的構造」

<講演>

[国外]

1. 岩崎 洋一 「Phase diagram of QCD at finite temperatures with Wilson fermions」  
The XII International Symposium on Lattice Field Theory (Bielefeld, Germany, Sept. 27-Oct. 1, 1994)

2. 宇川 彰 「Status of the CP-PACS project」  
The XII International Symposium on Lattice Field Theory (Bielefeld, Germany, Sept. 27-Oct. 1, 1994)

3. 宇川 彰 「Hadron Physics from Lattice QCD Viewpoint」  
International Workshop "Chiral symmetry in Hadrons and Nuclei" (Seoul, Korea, Feb. 6-10, 1995)

4. 金谷 和至 「Finite temperature deconfining chiral transition in QCD with Wilson quarks for  $N_F = 2, 3,$  and  $2+1$ 」  
European Research Conference "Complex Systems in Subatomic Physics: Thermodynamics of Quarks and Hadrons" (Seeheim, Germany, Sept. 19-25, 1994)

5. 金谷 和至 「Nature of the deconfining transition in QCD with the strange quark」  
The XII International Symposium on Lattice Field Theory (Bielefeld, Germany, Sept. 27-Oct. 1, 1994)

6. 青木 慎也 「Charmonium Spectroscopy with Kogut-Susskind Quarks」  
The XII International Symposium on Lattice Field Theory (Bielefeld, Germany, Sept. 27-Oct. 1, 1994)

7. 吉江 友照 「Finite Temperature Transition in Two Flavor QCD with Renormalization Group Improved Action」  
The XII International Symposium on Lattice Field Theory (Bielefeld, Germany, Sept. 27-Oct. 1, 1994)

[国内]

1. 梁成吉 「The topological  $CP^1$  model and the large- $N$  matrix integral」  
基研ワークショップ (京大基研、1994年11月)
2. 梁成吉 「Matrix model approach to topological sigma-model」  
Fadeev ワークショップ (国際高等研、1994年11月)
3. 梁成吉 「位相的ストリング理論と  $N = 2$  超対称性」  
KEK 研究会 (1995年2月)
4. 金谷和至 「Nature of the deconfining chiral transition on the lattice」  
International Workshop “From Hadronic Matter to Quark Matter: Evolving View of Hadronic Matter” (YITP, Kyoto Univ., Kyoto, Japan, 1994/10)
5. 金谷和至 「Finite temperature QCD with improved action」  
Japan-German Seminar “QCD on Massively Parallel Computers”  
(Yamagata, Japan, 1995/3)
6. 金谷和至 「Finite temperature transition in QCD with strange quark – Study with Wilson fermions –」  
International RCNP Workshop on “Color Confinement and Hadrons” – CONFINEMENT95 (RCNP, Osaka Univ., Osaka, Japan, 1995/3)
7. 青木慎也 「Determination of the Strong Coupling Constant from Lattice QCD」  
場の理論研究会 (基研、京都、1994年12月)
8. 青木慎也 「CP-PACS による計算物理学 素粒子物理研究計画」  
筑波大学計算物理学研究センター研究会 「並列計算計算機と計算物理学」  
(筑波大学、つくば、1994年12月)
9. 青木慎也 「On the phase structure of lattice QCD with Wilson fermions」  
Japan-German Seminar “QCD on Massively Parallel Computers”  
(山形、日本、1995年3月)
10. 青木慎也 「格子上のカイラル対称性」  
日本物理学会年会 特別講演 (神奈川大学、横浜、1995年3月)
11. 小林庸浩 「量子力学における非干渉性の機構」  
研究会 「量子情報理論と開放系」 (東京理科大学、野田) 11月29 – 12月1日、  
1995。
12. 吉江友照 「CP-PACS による計算物理学 計算性能評価」  
筑波大学計算物理学研究センター研究会 「並列計算計算機と計算物理学」  
(筑波大学、つくば、1994年12月6 – 7日)
13. 吉江友照 「超並列計算機 CP-PACS」  
スーパーコンピュータ高度利用のための研究会  
(高エネルギー物理学研究所、つくば、1995年3月1 – 3日)
14. 吉江友照 「Physics on CP-PACS: benchmark test」  
International Workshop “QCD on Massively Parallel Computers”  
(Yamagata, Japan, March 16-19, 1995)
15. 榎昌吾 「FLV=3, degenerate quark の有限温度相転移」  
日本物理学会分科会 (山形大学、山形、1994年10月)

16. 長井 敬一「Chiral Zero modes and Dynamical Gauge Field in Domain Wall Model」  
日本物理学会年会（神奈川県、横浜、1995年3月）
17. 野口 雅之「2次元N = 2超対称非線形シグマ模型の有効ポテンシャル」  
日本物理学会年会（神奈川県、横浜、1995年3月）

〈受賞〉

岩崎 洋一、宇川 彰、1994年度仁科記念賞（仁科記念財団）  
「格子量子色力学の大規模シミュレーションによる研究」