1 素粒子論研究室 98 年度年次報告

素粒子論研究室では、物質の基本的構成要素とその間に働く相互作用の解明を目指して研究を続けている。基礎的なテーマである超弦理論や超対称性を持つ場の理論の様々な理論的な可能性の追求と同時に、高エネルギー物理や宇宙線物理に関する実験的な検証あるいは宇宙物理的な応用が研究されている。さらには、連続及び格子上の場の理論の定式化の改良や応用も重要なテーマになっている。

1.1 超弦理論

1.1.1 位相的弦理論

江口は昨年度に引き続き標的空間 M 上の位相的弦理論を調べ、その分配関数を打ち消す無限個の微分作用素とそれらが生成するビラソロ代数の構造を調べた。種数 0 と 1 の場合には知られた位相的漸化式とビラソロ作用素を併用する事によって M 上の正則曲線の数 (インスタントン数) を正しく再現する事が知られているが [1, 2]、江口は更に Xiong と共に 2 次元重力理論の結果を用いて任意の種数の場合の位相的漸化式を導き、ビラソロ作用素が特に種数 2,3 の場合にも正則曲線の数を正しく再現する事を確かめた [3]。これらの仕事は量子コホモロジーのビラソロ予想と呼ばれる。 種数 0 と 1 の場合にはビラソロ予想は最近数学的に厳密に証明された。

1.1.2 ブレーンダイナミックス, M(atrix) theory と超対称ゲージ理論

松尾は Hilbert scheme のアイディアを用いて、弦理論のソリトン (D-ブレーン) の力学のトポロジカルな部分についての量子論について研究した。特に、ソリトンの位相空間のトポロジカルに非自明なサイクルの分類が、第二量子化された自由ボソンで記述されることを用いて、低次元可解系特に Calogero-Sutherland 模型との関連が現れることを指摘した [5]。

川野と奥山は、マトリックス理論でのトーションのあるトーラスへのコンパクト化の方法を与え、この理論が非可換幾何に基づくトーラス上のヤン-ミルズ理論に対応していることを示した [6],[79]。

最近、TypeIIB 弦理論における string junction と呼ばれる状態が注目されている。この状態は、ブレーンを使った例外型のゲージ群の構成や、ゲージ理論のエキゾチックな粒子との対応などにおいて、その重要性が認識されはじめている。川野、奥山は D3 ブレーンをつなぐ string junction に対応する、4 次元 $N = 4$ 超対称ゲージ理論のソリトン解を構成した [7],[80]。

(p, q) 5-brane における instanton は、fractional tension を持つ string であることが知られており、それゆえ特異なふるまいを示す。奥山、菅原は、M-theory の立場から、fractional string 自身を Matrix string (1-brane probe) とみなす解析を行い、fractional string の物理的ふるまいが自然に理解できることを示した [8]。

羽柴は、大局的対称性の部分群がゲージ化された Izawa-Yanagida-Intriligator-Thomas 模型を, ブレーンの手法を用いて解析した。その結果、U(1) 部分群がゲージ化された場合には超対称性が自発的に破れるのに対し、SO(2N) 部分群 $(N > 1)$ の場合には runaway 型の振舞をするという、興味深い知見を得た [9, 82]。

佐藤 (昌) は、超弦理論のコンパクト化された空間による非摂動的現象の研究を、D-brane の自由度を考慮することにより新たな性質が現れるという点に着目して行った。この研究は次年度も継続して行われる予定である。

澁佐は、membrane 理論、とくに curved background における Matix model について研究し、次年度もこの研究を継続する予定である。

奥山は string junction について、M 理論および 4 次元ゲージ理論の立場から解析し、博士論文にまとめた [54]。

藤は、修士論文において超弦理論から Seiberg-Witten 理論を導出する方法である Geometric Engineering を review した [55]。

土井は、修士論文において Seiberg-Witten 理論の位相的場の理論への応用である超対称ゲージ理論と 4 次元多様体の不変量の関係についての基本的事項を review した [56]。

1.1.3 AdS/CFT 双対性

Maldacena の提案による AdS/CFT 双対性 (対応) の予想は、Anti-de Sitter (AdS) 時空上の重力理論 (弦理論) とその境界上の gauge 理論の間の IR/UV 双対性という興味深い観点から論じられるようになり、また large N QCD の非摂動論的解析や black hole physics への応用という意味においても、現在多くの理論家の注目を集める一分野となっている。

江口は細道と共に、良く知られた 4 次元 ·5 次元のブラックホールがホライゾン付近に空間 AdS_3 を含み、従って AdS_3/CFT_2 対応を用いてブラックホールのエントロピーを計算する事が出来る事、この時 AdS_3/CFT_2 対応の性質から non-extreme な領域のブラックホールについても信頼される結果が得られる事を示した [50]。

細道は、AdS/CFT 双対性の予言に従い、D3-brane へのフェルミオンの吸収過程の解析を超重力理論とゲージ理論の両方から解析し、比較を行った [10]。

Giveon-Kutasov-Seiberg によって提案された framework によって、string の level での AdS_3/CFT_2 双対性が論じられるようになり、現在注目を集めている。細道、菅原は、GKS の space-time SCFT の正しい vacuum を決定し、chiral primary state のスペクトラムを詳細に解析した。また、有力な boundary SCFT の候補とされている T^{4kp}/S_{kp} 上の $N = (4,4)$ non-linear σ model と、space-time SCFT の比較を行い、chiral primary のスペクトラムに関しては満足すべき一致を見た [11]。

AdS_3/CFT_2 双対性において、$AdS_3 \times S^2$ 上の supergravity の dual $N = (0,4)$ $SCFT_2$ の詳細な構造は未解決問題であったが、菅原は、$Sym^N(M^4)$ $(M^4 = T^4, K3)$ 上の $N = (4,4)$ non-linear σ model の quiver projection としてこの boundary $N = (0,4)$ $SCFT_2$ を定義し、chiral primary の解析を、すべての twisted sector、更に一般の多粒子状態についても行った。そして $AdS_3 \times S^2$ SUGRA と consistent な結果を得ることに成功した [12]。

川野、奥山は、AdS 空間上の湯川理論におけるフェルミオン場を含んだ 4 点相関関数を求めた。Maldacena 予想より、この関数が強結合領域での共形場理論のフェルミオンを含んだ 4 点関数に対応することを利用して、そのオペレータ積展開からこの共形場理論のスペクトラムを求めた [81]。

野崎は、修士論文において AdS/CFT 対応とそのホログラフィーについて、基本的事項および最近の進展を review した [57]。

那珂は、修士論文において AdS_5/CFT_4, AdS_3/CFT_2 対応に関する具体的なモデルの解析を中心に review した [58]。

1.1.4 弦の場の理論

高橋は昨年に引き続き、開弦と閉弦が共存する系の弦の場の理論の研究を、京大理　九後氏、浅川氏と共に行った。弦の場の vertex に対する Generalized Gluing and Resmoothing Theorem

の別証明を与え、さらにループレベルへの一般化を行った[13]。また、開閉弦系の弦の場の理論の作用を与え、treeレベルでのBRS不変性を証明した[14]。

1.2 超対称統一理論

1.2.1 超対称模型の性質

現在、超対称性を持った統一模型の研究において、ゲージ伝達模型（gauge mediation）が注目を集めているが、井沢、野村（泰）、柳田は、真の真空において超対称性の動的な破れが起きるゲージ伝達模型を構成し、重力微子の質量が極めて広い範囲を実現し得ることを示した[15]。

単純な超対称標準模型は、実験的制限よりも大きいFCNC(Flavor Changing Neutral Current)過程を予言してしまう。この問題は、1,2世代の超対称粒子の質量が大きい(数10TeV)とすれば解決できるが、新たに強い相互作用が破れるという困難を引き起こす。野村(泰)は、久野(KEK)と黒沢(京大基研)とともに、この困難を解決する機構を提唱した[16]。

井沢、野村(泰)、柳田は、京大基研の黒沢とともに、R対称性をもつ大統一模型にアノマラスU(1)ゲージ対称性を課すことにより、大統一スケールを導くとともに、クォーク・レプトンの質量や世代間の混合の構造を再現する模型を構成した[17]。

佐藤(丈)と柳田は、Coset space($E_7/SU(5)\times U(1)^3$)上でのSU(5)統一模型を構築した。この模型では世代の対称性に相当するものが、coset spaceを規定する$U(1)^3$の中に自然に含まれている。この対称性により、quarkの質量を正しいorder of magnitudeで導出できるようにすると、leptonの質量だけでなくquark/leptonの混合角も正しいorder of magnitudeで導かれる。特にquarkのsmall mixingとleptonのlarge mixingが同時に説明できる特筆すべき模型となっている。[18, 19]

佐藤(丈)は坂東(愛知大)、吉岡(京大理)とともに非漸近自由な統一理論に於ける質量行列を考察した。[20]

野村(大)は、久野、岡田、清水(以上KEK理論部)および田中(阪大理)と共同で、繰り込み不可能な項の効果を考慮した超対称SU(5)模型においてレプトンフレーバー数を破る過程$\mu \to e\gamma$について調べた[21, 85]。

1.2.2 宇宙線物理と統一模型

野村(大)は久野(KEK理論部)と共同で、右巻きニュートリノを含む超対称模型において、最近の太陽、大気ニュートリノ振動の実験結果を考慮に入れて、$\mu \to e\gamma, \tau \to \mu\gamma$などのレプトンフレーバー数を破る稀崩壊過程について詳細に調べた[22, 86, 61, 87]。特に、$\mu \to e\gamma$の分岐比が太陽ニュートリノ振動のパラメータにも依存することを初めて明確に指摘し、更に、太陽ニュートリノ問題の解のうちの一つであるMSW大角度解が真実であれば、$\mu \to e\gamma$の分岐比は現時点での実験の制限($\sim 5\times 10^{-11}$)と同程度であってもおかしくないほど非常に大きくなる可能性を指摘した。現在$\mu \to e\gamma$崩壊実験は、分岐比で10^{-14}程度の精度を狙う実験が東京大学素粒子物理国際研究センターを中心に計画されており、今後の展開が注目される。

スーパーカミオカンデ実験等で観測された太陽ニュートリノ欠損は、ニュートリノが太陽から地球に飛来する間に異なるフレーバー間で振動したものとして解釈できる。野村(泰)と柳田は、従来実現が難しいと考えられてきたバイマキシマル混合と呼ばれるシナリオを実現する超対称性SO(10)大統一理論の模型を提案した[23]。さらに野村(泰)と杉本は上記の模型が観測されたクォーク、レプトンの質量および混合角を再現することを確かめ、模型がニュートリノ振動に対してどのような予言を持つのか考察した[24]。

現在、Greisen-Zatsepin-Kuzmin カットオフエネルギー ($\sim 5\times10^{19}$eV) を超える超高エネルギーの宇宙線が世界の数ヶ所で独立に観測されており、注目を浴びている。これらの宇宙線は、我々の銀河内で非常に長寿命の (10^{10} – 10^{22} 年) 重たい粒子 (質量 $\sim 10^{13}$ – 10^{14}GeV) が崩壊していると考えれば自然に説明出来る。浜口、野村 (泰)、柳田は、離散的ゲージ対称性の導入によって上記のような大きな質量を持った粒子が望ましい寿命 (10^{10} – 10^{22} 年) を持ち得ることを示した [25, 26]。

浜口、井沢、野村 (泰)、柳田は、超対称性 QCD ゲージ理論に基づいたモデルを構築し、そこに現れる複合粒子バリオンが望ましい質量 (10^{13} – 10^{14}GeV) と寿命 (10^{10} – 10^{22} 年) を持つことを示した [27]。またこのモデルではゲージーノが凝縮するため、超対称性の自発的破れも自然に説明することが出来る。

杉本は、修士論文において、最近のニュートリノ振動実験の結果を踏まえ、実験を再現するような１つの SO(10) のモデルについて考察した [59]。

浜口は、修士論文において超高エネルギー宇宙線及びそれを説明する様々な現象論的模型について review した [60]。

1.2.3 素粒子論的宇宙論

井沢、柳田は、R不変なマター凝縮によって宇宙項零のディラトン固定を実現する模型を構成し、真空の選択について考察した [28]。更に、井沢、柳田は、川崎（宇宙線研）とともにR不変な位相的インフレーション模型を構成し、再加熱温度や密度揺らぎなどの特徴を調べた [29]。

井沢、橋本、柳田は、山口（東北大）との共同研究において、質量が 100GeV – 1TeV の不安定なグラヴィティーノに主に崩壊する一般的なスカラー粒子（モジュライなど）に対して、ビッグバン元素合成の予言を壊さないために厳しい質量の制限 $100\text{TeV} \leq m_\varphi \leq 10^9\text{TeV}$ がつくことを示した。

1.3 場の理論の諸問題

1.3.1 揺動散逸定理

藤川は、揺動散逸定理のより物理的に理解し易い定式化の試みとして、Nambu-Goldstone の定理との類推に基づく定式化を行い、それを用いて摩擦のある系のトンネル効果を論じた。温度０の場合および有限温度の場合に、過去の結果を、ある意味での ”モデルに依らない ”定式化により再導出した。一部は、寺嶋との共同研究で、特にフェルミオン的な揺動と散逸の定理を定式化した。[38] [39]。

寺嶋は、Minkowski時空中を等加速度で動く観測者にとっては真空が熱浴にみえるという Unruh 効果を揺動散逸定理を使って解析し、曲がった時空の場の量子論における熱的状態に対しても揺動散逸定理が適用できることを示した [40]。更に、この系においても、上記のフェルミオン的な揺動散逸定理 [39] がうまく機能することを示した [40]。

1.3.2 トンネル効果、バレー法

20 年以上前から、トンネル効果のある系では摂動論はボレル和可能でないことが知られており、その特異性の解析から摂動論はそれ自身では不十分であり、トンネル効果と摂動論的効果を統一的に扱う必要があると考えられていた。

佐藤 (昌）は、昨年に引き続き、青山、和田、大河内（京都大学)、菊地（奥羽大学）らとともに、この問題に対するアプローチとして、バレー法の研究を行い、希ガス近似を越えた新しい計

算法を開発した[41]。すなわち、位相的に自明な経路積分の配位空間におけるインスタントンを“谷” (valley) として定義し、同時に、無限自由度の経路積分を有限自由度の谷の座標の積分に還元させる事によって、希ガス近似では正しく計算できないエネルギー領域での解析を可能とすることに成功した。また、いままで知られていなかった、新しい超対称性 (N-fold supersymmetry) と新しい非繰り込み定理を導き、上の研究で開発した新しい計算法の正しさを徹底的に調べた。

更に、佐藤 (昌) は、バレー法を標準理論におけるバリオン数非保存過程の計算に適用した。バレー法に基づき構成されたインスタントンと入射粒子の結合の大きさをレッジェ理論に基づき計算し、インスタントンの結合の大きさは、高エネルギーでも小さいままの可能性が高い事を示唆した。また、光学定理を用いた計算では、結合が大きくなりうる事を示唆した[77]。

1.3.3 格子ゲージ理論

藤川は、格子ゲージ理論におけるフェルミ粒子の扱い、特にカイラルな性質の研究を行った。最近の新しいフェルミ粒子の定式化は、過去における連続理論の定式化と非常に整合性がよく、量子異常の問題に対する理解がより明快になった[42]。

山田は、菊川（名大）との共同研究において、オーバーラップディラックオペレーターについて弱結合近似を議論し、例として axial $U(1)$ anomaly を計算し [44]、axial current の表式を導いた[45]。また、先の axial $U(1)$ anomaly 計算とこれまでの axial $U(1)$ anomaly の計算との比較等を論じた [46]。

1.3.4 有限温度の場の理論

佐藤 (丈) は、荒船、小暮 (共に宇宙線研) とともに、有限温度下の場の理論に於いて有効ポテンシャルを計算するための、前年度に提案した新しい方法 (擬質量の方法) を用いて、様々なスカラー理論に於ける有効ポテンシャルを計算した。これにより、この方法では二次相転移だけでなく一次相転移も扱える事、O(N) 対称性の有るスカラー理論でも正しく二次相転移が見えて臨界指数もかなり定量的に正しく計算できる事、など この方法の有効性を確かめた。[47, 48, 49]

1.3.5 ボーム・アハロノフ効果

江口は南部 (シカゴ大) と共に磁束が 1 次元の格子状に並んでいる場合のボーム · アハロノフ効果を調べ、入射粒子のエネルギーがあるしきい値より低いときは波は干渉効果のため減衰して伝搬せず、しきい値より高い場合にのみ伝搬することを示した。現在研究が進行中である。

＜報文＞

(原著論文)

[1] T.Eguchi, K.Hori and C.-S. Xiong : “Quantum Cohomology and Virasoro Algebra”, Phys.Lett. B402, (1997) 71-80.

[2] T. Eguchi, M. Jinzenji and C.-S. Xiong : “Quantum Cohomology and Free-Field Representation”, Nucl. Phys. B510 (1988) 608-622.

[3] T. Eguchi and C.-S. Xiong : “Quantum Cohomology at Higher Genus”, Adv. Theor. Math. Phys. 2 (1998) 217-227.

[4] K. Ezawa, Y. Matsuo, K. Murakami : "Matrix model for Dirichlet open string" Phys. Lett. B439 (1998) 29-36.

[5] Y. Matsuo : "Matrix theory, Hilbert scheme and integrable system" Mod. Phys. Lett. A13 (1998) 2731-2742.

[6] T. Kawano and K. Okuyama : "Matrix Theory on Noncommutative Torus", Phys. Lett. B433 (1998) 29-34.

[7] T. Kawano and K. Okuyama : "String Network and 1/4 BPS States in $\mathcal{N} = 4$ $SU(N)$ Supersymmetric Yang-Mills Theory", Phys. Lett. B432 (1998) 338-342.

[8] K. Okuyama and Y. Sugawara, "Fractional Strings in (p, q) 5-brane and Quiver Matrix String Theory", JHEP 9808 (1998) 002.

[9] J.Hashiba : "Branes and Vector-like Supersymmetry Breaking Theories with Gauged Global Symmetry", Nucl. Phys. 550B (1999) 329-349.

[10] K. Hosomichi : "Absorption of Fermions by D3-branes", JHEP **06**(1998)009, hep-th/9806010.

[11] K. Hosomichi, Y. Sugawara : "Hilbert Space of Space-time SCFT in AdS_3 Superstring and T^{4kp}/S_{kp} SCFT", JHEP **01**(1999)013, hep-th/9812100.

[12] Y. Sugawara : "$N = (0, 4)$ Quiver $SCFT_2$ and Supergravity on $AdS_3 \times S^2$," UT-835, hep-th/9903120.

[13] T. Asakawa, T. Kugo and T. Takahashi: "On the Generalized Gluing and Resmoothing Theorem", Prog. Theor. Phys. 100 (98) 437-454.

[14] T. Asakawa, T. Kugo and T. Takahashi: "BRS Invariance of Unoriented Open-Closed String Field Theory", Prog. Theor. Phys. 100 (98) pp. 831-879.

[15] K.-I.Izawa, Y.Nomura and T.Yanagida : "A Gauge-Mediation Model of Dynamical SUSY Breaking with a Wide Range of the Gravitino Mass", hep-ph/9901345, to appear in Phys. Lett. B.

[16] J. Hisano, K. Kurosawa and Y. Nomura: "Large Squark and Slepton Masses for the First-Two Generations in the Anomalous U(1) SUSY Breaking Models", Phys. Lett. B445 (1999) 316-322.

[17] K.-I. Izawa, K.Kurosawa, Y. Nomura and T. Yanagida: "Grand-Unification Scale Generation through the Anomalous U(1) Breaking", UT-842, hep-ph/9904303.

[18] J.Sato and T.Yanagida : "Large lepton mixing in a coset space family unification on $E_7/SU(5) \times U(1)^3$", Phys. Lett. B430 (1998) 127-131.

[19] J.Sato and T.Yanagida : "Large Lepton Mixing in Seesaw Models: Coset Space Family Unification", hep-ph/9809307

[20] M.Bando, J.Sato and K.Yoshioka " Quark and Lepton Mass Matrix in Asymptotically Non-Free Theory", Prog. Theor. Phys. 100 (1998) 797-816.

[21] J. Hisano, D. Nomura, Y. Okada, Y. Shimizu, and M. Tanaka : "Enhancement of $\mu \to e\gamma$ in the Supersymmetric SU(5) GUT at Large $\tan\beta$", Phys. Rev. D58 (1998) 116010, hep-ph/9805367.

[22] J. Hisano and D. Nomura : "Solar and Atmospheric Neutrino Oscillations and Lepton Flavor Violation in Supersymmetric Models with Right-handed Neutrinos", Phys. Rev. D59 (1999) 116005, hep-ph/9810479.

[23] Y. Nomura and T. Yanagida: "Bi-Maximal Neutrino Mixing in $SO(10)_{GUT}$", Phys. Rev. **D59** (1999) 017303.

[24] Y. Nomura and T. Sugimoto: "Quark and Lepton Mass Matrices in the SO(10) Grand Unified Theory with Generation Flipping", hep-ph/9903334.

[25] K.Hamaguchi, Y.Nomura and T.Yanagida : "Superheavy Dark Matter with Discrete Gauge Symmetries", Phys. Rev. D58 (1998) 103503.

[26] K.Hamaguchi, Y.Nomura and T.Yanagida : "Long Lived Superheavy Dark Matter with Discrete Gauge Symmetries", Phys. Rev. D59 (1999) 063507.

[27] K.Hamaguchi, K.-I.Izawa, Y.Nomura and T.Yanagida : "Long-Lived Superheavy Particles in Dynamical Supersymmetry-Breaking Models in Supergravity", hep-ph/9903207.

[28] K.-I.Izawa and T.Yanagida : "R-Invariant Dilaton Fixing", Prog. Theor. Phys. 101 (1999) 171-175.

[29] K.-I.Izawa, M.Kawasaki and T.Yanagida : "R-Invariant Topological Inflation", hep-ph/9810537, to appear in Prog. Theor. Phys.

[30] M. Hashimoto, K. Izawa, M. Yamaguchi and T. Yanagida : "Gravitino Overproduction through Moduli Decay", Prog. Theor. Phys. 100 (1998) 395-398.

[31] T. Han, T. Yanagida, R.-J. Zhang : "Adjoint Messengers and Perturbative Unification at the String Scale", Phys.Rev. D58 (1998) 095011, hep-ph/9804228.

[32] T. Kanazawa, M. Kawasaki, Naoshi Sugiyama, T. Yanagida : "Observational Implications of Axionic Isocurvature Fluctuations", astro-ph/9805102.

[33] M. Kawasaki, T. Yanagida : "Primordial Black Hole Formation in Supergravity", Phys.Rev. D59 (1999) 043512, hep-ph/9807544.

[34] M. Fukugita, M. Tanimoto, T. Yanagida : "Embedding Phenomenological Quark-Lepton Mass Matrices into SU(5) Gauge Models", hep-ph/9809554.

[35] W. Buchmüler, T. Yanagida : "Quark Lepton Mass Hierarchies and the Baryon Asymmetry", Phys. Lett. B445 (1999) 399-402, hep-ph/9810308.

[36] A. Masiero, T. Yanagida : "Real CP Violation", hep-ph/9812225.

[37] M. Fukugita, M. Tanimoto, T. Yanagida : "Prediction of the CP violation in the Phenomenological Quark-Lepton Mass Matrix Approach", hep-ph/9903484.

[38] K. Fujikawa : "Fluctuation-dissipation theorem and quantum tunneling with dissipation", Phys. Rev. E57,No 5(1998)5023-5029.

[39] K. Fujikawa and H. Terashima: "Fluctuation-dissipation theorem and quantum tunneling with dissipation at finite temperature", Phys. Rev. E58, No 6 (1998) 7063-7070.

[40] H. Terashima : "Fluctuation-Dissipation Theorem and the Unruh Effect of Scalar and Dirac Fields", hep-th/9903062.

[41] H. Aoyama, H. Kikuchi, I. Okouchi, M. Sato and S. Wada: "Valley Views: Instantons, Large Order Behaviors, and Supersymmetry", hep-th/9808034 to appear Nucl. Phys. B.

[42] K. Fujikawa: "A continuum limit of the chiral Jacobian in lattice gauge theory", hep-th/9811235 (To be published in Nuclear Physics B).

[43] K. Fujikawa: "Coment on anomaly matching in N=1 supersymmetric QCD", Prog. Theor. Physics Vol 101, No 1 (1999) 161-170.

[44] Y. Kikukawa and A. Yamada: "Weak coupling expansion of massless QCD with a Ginsparg-Wilson fermion and axial U(1) anomaly," Phys. Lett. **B448**, (1999) 265.

[45] Y. Kikukawa and A. Yamada: "Axial vector current of exact chiral symmetry on the lattice," to appear in Nucl. Phys. **B**、hep-lat/9808026.

[46] Y. Kikukawa and A. Yamada: "A Note on the exact lattice chiral symmetry in the overlap formalism," hep-lat/9810024.

[47] J.Arafune, K.Ogure and J.Sato : "Nonperturbative Evaluation of the Effective Potential of $\lambda\ \phi^4$ Theory at Finite Temperature under Superdaisy Approximation", Prog. Theor. Phys. 99 (1998) 169-176.

[48] K.Ogure and J.Sato : "Critical Exponents and Critical Amplitude Ratio of The Scalar Model from Finite-temperature Field Theory", Phys. Rev. D57 (1998) 7460-7466.

[49] K.Ogure and J.Sato : "Critical Properties of the O(N) Invariant Scalar Model Using Auxiliary Mass Method at Finite Temperature", Phys. Rev. D58 (1998) 085010.

(会議抄録)

[50] T. Eguchi and K. Hosomichi : *Black Hole Entropy away from Extremality and AdS/CFT Correspondence*, Summer Institute '98 報告集 102-113, 編集 九後 太一.

[51] T. Eguchi : *Seiberg-Witten Theory and S-Duality*, in the Proceedings of Cargese Summer school 1997 on "*Strings, Branes and Dualities*", Kluwer Pub., 1999, 103-120.

[52] T. Yanagida : "Massive Newtrino in a Coset-Space Family Unification", Proceedings at the Conference on "New Era in Nwutrino Physics", Tokyo 1998.

[53] Y. Matsuo : "Brane dynamics and Solvable systems", Proceeding of the Workshop KOMABA 99 on "D-brane, Matrix Models, and AdS/CFT Correspondence"

(学位論文)

[54] K. Okuyama, "String Junction and 1/4 BPS State in $\mathcal{N} = 4$ $SU(N)$ Supersymmetric Yang-Mills Theory".

(修士論文)

[55] 藤 博之: 「超弦理論に基ずく超対称ゲージ理論の非摂動論的解析」

[56] 土井 護: 「サイバーグ・ウィッテン理論の幾何」

[57] 野崎 真利: 「ホログラフィック原理とアンチ・ド・ジッター時空 」

[58] 那珂通博 :「超共形ゲージ理論と AdS 超重力理論の双対性」

[59] 杉本尊史: 「クオーク・レプトンの質量行列とニュートリノ混合」

[60] 浜口幸一 : 「超高エネルギー宇宙線と素粒子物理」

＜学術講演＞

(国際会議)

一般講演

[61] D. Nomura : "Solar and Atmospheric Neutrino Oscillations and Lepton Flavor Violation in Supersymmetric Models with the Right-handed Neutrinos", in the workshop "Supersymmetry and Unified Theory in Particle Physics", Hayama, Japan, December 3 - 5, 1998.

[62] Y. Nomura: "Superheavy Dark Matter with Discrete Gauge Symmetries", Supersymmetry and Unified Theory in Particle Physics, The Graduate University for Advanced Studies, Hayama, Japan, December 1998.

[63] Y. Nomura: "Long-lived Superheavy Particles and Ultra-high Energy Cosmic Rays", The Workshop on the Highest Energy Cosmic Rays, KEK-Tanashi, Tanashi, Japan, March 1999.

招待講演

[64] K. Fujikawa: "Aspects of BRST quantization of supersymmetric gauge theories and supermembrane", Talk presented at Ringberg Conference, Muenchen, Germany, October 12-16, 1998.

[65] K. Fujikawa: "Fluctuation-dissipation theorem and quantum de-coherence", Tlak given at ISQM-98, Hatoyama, Japan, August 24-28, 1998.

[66] K. Fujikawa: "Quantum anomalies; from photon phase operator to proton decay", Departmental Colloquium, Department of Physics , Seoul National University, Seoul, Korea, March 24, 1999.

[67] T. Eguchi : "Quantum Cohomology and Virasoro Algebra", AMS-IMS-SIAM Summer Research Conference on "Quantum Cohomology" , June 1998, Mount Holyoke College, U.S.A.

[68] T. Eguchi : "World-sheet Instantons and Virasoro Algebra", "Integrability: the Seiberg-Witten and Whitham Equations", September 1998, Edinburgh, England.

[69] T. Eguchi : "Structure of Topological String Thoery", "Supersymmetry Symposium at KIAS", October 1998, Seoul, Korea.

[70] T. Eguchi : "Structure of Toplogical String Theory", "Supersymmetry and Unified Theory of Elementary Particles", YITP Kyoto, Feb. 1-3, 1999.

[71] T. Yanagida : talk given at "XVIII International Conference on Neutrino Physics and Astropysics", Takayama, June 4-9, 1998.

[72] T. Yanagida : talk given at "International Workshop on New Era in Neutrino Physics", Tokyo, June 12-14, 1998.

[73] T. Yanagida : talk given at "SUSY-98 Conference", Oxford, July 11-17, 1998.

[74] T. Yanagida : talk given at "DESY Theory Workshop 1998", Hamburg, Sept. 30 - Oct. 2, 1998

[75] T. Yanagida : talk given at "Supersymmetry and Unified Theory of Elementary Particles", YITP Kyoto, Feb. 1-3, 1999.

[76] Y. Matsuo : "Moduli space of brane motion and integrable system", talk given at "Workshop Komaba 99 on string theory", UT-Komaba, Jan. 6-7, 1999.

[77] M. Sato : "Electroeweak Baryon and Lepton Number Violating Process at High Energies by the Valley Method", International Symposium On Lepton And Baryon Number Violation, Torento,Italy, 20 April - 25 April, 1998.

(国内会議)

一般講演

[78] 松尾泰 : "Matrix theory, Hilbert scheme and integrable system", 基研研究会「超弦理論と量子場の理論の非摂動的解析」, 1998 年 7 月 14-17 日.

[79] 川野輝彦、奥山和美：「Matrix Theory on Noncommutative Torus」, 日本物理学会　1998 年秋の分科会, 秋田大学, 1998 年 9 月.

[80] 川野輝彦、奥山和美： 「String Network and 1/4 BPS States in $N = 4$ $SU(N)$ Supersymmetric Yang-Mills Theory」, 日本物理学会　1998 年秋の分科会, 秋田大学, 1998 年 9 月.

[81] 川野輝彦、奥山和美：「Spinor Exchange in AdS」, 日本物理学会　第 54 回年会, 広島大学, 1999 年 3 月.

[82] 羽柴次郎: 「Branes and Vector-like Supersymmetry Breaking Theories with Gauged Global Symmetry」, 日本物理学会, 広島大学, 1999 年 3 月

[83] ○野村 泰紀、久野 純治、黒沢 毅一:「Large Squark and Slepton Masses for the First-Two Generations in the Anomalous U(1) SUSY Breaking Models」, 日本物理学会, 広島大学, 1999 年 3 月

[84] ○黒沢 毅一、井沢 健一、野村 泰紀、柳田 勉:「R-invariant Unification and Anomalous U(1) Gauge Symmetry」, 日本物理学会, 広島大学, 1999 年 3 月

[85] 野村大輔 : "Enhancement of $\mu \to e\gamma$ in the SUSY SU(5) GUT at Large tan β", 基研研究会「素粒子物理学の新展開」, 1998 年 6 月 23 - 26 日。

[86] 久野純治、野村大輔 : 「Lepton Flavor Violation in Models with Right-handed Neutrinos」, 日本物理学会, 秋田大学, 1998 年 10 月 3 - 6 日。

[87] 野村大輔 : “Solar and Atmospheric Neutrino Oscillations and Lepton Flavor Violation in Supersymmetric Models with the Right-handed Neutrinos”, 基研研究会「新時代を迎えてのフレーバー物理」, 1999 年 1 月 18 - 20 日。

[88] 野村 泰紀: 「Dimension-six Proton Decays in the Modified Missing Doublet SU(5) Model」, 日本物理学会, 東邦大学, 1998 年 4 月

[89] 野村 泰紀: 「Superheavy Dark Matter with Discrete Gauge Symmetries」, 素粒子物理学の新展開, 京都大学基礎物理学研究所, 1998 年 6 月

[90] 野村 泰紀: 「Bi-Maximal Neutrino Mixing in $SO(10)_{GUT}$」, ニュートリノ混合と統一模型の検討, 京都大学基礎物理学研究所, 1998 年 8 月

[91] 野村 泰紀: 「Superheavy Dark Matter with Discrete Gauge Symmetries」, 日本物理学会, 秋田大学, 1998 年 10 月

[92] 野村 泰紀: 「Large Squark and Slepton Masses for the First-Two Generations in the Anomalous U(1) SUSY Breaking Models」, 日本物理学会, 広島大学, 1999 年 3 月

招待講演

[93] 藤川和男 : “Lattice fermions and chiral Jacobian”, Lecture given at Sapporo Winter School, Niseko, Japan, March 3-8, 1999.

[94] 江口徹 ： “Black Holes and the Number of Holomorphic Curves”, 弦理論の数学的側面, 1998 年 12 月, 関西セミナーハウス.

[95] 柳田勉 :「ニュートリノの謎」、市民向け講演会 “1999 Spring School”、日本物理学会 第 54 回年会、広島市平和記念公園、1999 年 3 月 30 日

[96] 松尾泰 : “An introduction to Duality/String Theory/CFT”, 若手夏の学校講義, 1998 年８月.

[97] 松尾泰 : “Hilbert scheme and solvable systems”, 弦理論の数学的側面, 1998 年 12 月, 関西セミナーハウス.

[98] 菅原祐二 ： 「AdS Superstring と Large N 超共形場理論」, 基研研究会「超弦理論と量子場の理論の非摂動的解析」, 1998 年７月 14-17 日.

[99] 菅原祐二 ： 「AdS_3/CFT_2-duality の最近の進展 - Superstring Theory として」, 日本物理学会 第 54 回年会 特別講演, 広島大, 1999 年 3 月

[100] 細道和夫 : 「ブラックホールと超弦理論」, KEK 理論研究会 '99, 1999 年 3 月 16-18 日.