原子核三者若手夏の学校・素粒子論パート

日程：平成 15 年 8 月 18 日 (月) – 23 日 (土)
場所：国立オリンピック記念青少年総合センター センター棟 101

1　日程

	午前 (8:45-12:00)	午後 (13:30-16:45)	夕方 (18:30-)
8/18 (月)	——	——	(開校式)
8/19 (火)	畑氏講義 1	畑氏講義 2	(懇親会)
8/20 (水)	研究会 A	菊川氏講義 1	パート総会
8/21 (木)	菊川氏講義 2	(三者共通講義)	(三者総会)
8/22 (金)	研究会 B	波場氏講義 1	ポスターセッション
8/23 (土)	波場氏講義 2	——	——

- 講義では基礎的な内容を、研究会では最先端の研究について話して頂きます。
- ポスターセッションは二時間半行います。
- 講師を囲む会は 8/20 (畑氏・菊川氏)・8/22 (波場氏) に、それぞれパート総会・ポスターセッション終了後に飲み屋で行います。

2　講義

弦理論パート (8 月 19 日) : 畑 浩之氏 (京都大学)
「弦理論と弦の場の理論」
場の理論パート (8 月 20、21 日) : 菊川 芳夫氏 (名古屋大学)
「格子場の理論入門 –厳密なゲージ対称性とカイラル対称性–」
現象論パート (8 月 22、23 日) : 波場 直之氏 (徳島大学)
「ニュートリノから余次元理論、超対称性理論、 大統一理論へ」

3　研究会

3.1　研究会 A （8 月 20 日午前）

8:45 - 10:05

- 畑 浩之氏（京大）:
  「タキオンの転がりと弦の場の理論」(45)
- 浜中 真志さん（東大 総合文化）:
  「ソリトンのお話」(35)

10:15 - 12:00

- 岸本 功さん（東大理）:
  「モーヤル積を用いた弦の場の理論の記述」(35)
- 中村 真さん（理研）:
  「Decay Rates of Fixed Planes and Closed-string Tachyons on Unstable Orbifolds」(35)
- 大橋 圭介さん（東工大理工）:
  「On Superconformal gravity in 5D」(35)

3.2　研究会 B （8 月 22 日午前）

8:45 - 10:15

- 菊川 芳夫氏（名大）:
  「$SU(2)_L \times U(1)$ Electroweak Gauge Theory の格子上での構成について」(Tentative)(45)
- 波場 直之氏（徳島大）:
  「Gauge-Higgs unification in E_6 and E_7 5D SUSY GUTs on orbifold」(45)

10:25 - 11:35

- 丸 信人さん（理研）:
  「Discrete Gauged R-symmetry and GUT」(35)
- 太田 俊彦さん（阪大理）:
  「ニュートリノ振動の現象論と実験の現状」(35)

11:40 - 12:00

- ポスターセッションの前説

3.3　ポスターセッション（8月22日夕方）

- 東 武大さん（京大理）：
  「Quantum fluctuation of higher-dimensional fuzzy-sphere solutions of a matrix model」
- 森田 健さん（京大理）：
  「Dijkgraaf-Vafa theory as large-N reduction」
- 伊藤 悦子さん（阪大、神大）：
  「Three Dimensional Nonlinear Sigma Models in the Wilsonian Renormalization Method」
- 長澤 智明さん（神大）：
  「Discrete transformations and supersymmetry on a circle with point interactions」
- 佐藤 隆一さん（東工大）：
  「超弦理論とソリトン方程式の関係」
- 稲垣 輝明さん（茨城大）：
  「Axial anomaly in the reduced model : Higher representations」
- 西原 康介さん（阪大）：
  「Anomaly Mediation における tachyonic slepton mass problem について」
- 金森 逸作さん（北大理）：
  「格子上の非可換微分形式とそれを用いたフェルミオン」
- 松盛 美歌さん（名大）：
  「pQCD(摂動的量子色力学) を用いた $B->K^{*}\gamma$ 崩壊の解析による、標準模型の検証」
- 相阪 有理さん（東大 総合文化）：
  「超弦理論の共変的定式化に向けて」
- 藤山 和彦さん（名大）：
  「有限密度 QCD におけるパリティ対称性の自発的破れ」
- 浅原 彰規さん（北大）：
  「ニュートリノ振動の物理」
- 柿崎 充さん（東北大）：
  「デモクラティックな（ス）フェルミオンとレプトンフレーバーの破れ」

4　アブスト

4.1　講義

- 畑 浩之氏（京都大学）:
「弦理論と弦の場の理論」

超弦理論は、重力を含む無矛盾な統一理論の最有力候補である。また、『弦の場の理論』は Yang-Mills 理論や Einstein 理論と同様に弦理論をゲージ理論として表現する定式化であって、最近、タキオン凝縮等の弦理論の非摂動論的性質の解析に活躍している。この講義では、弦理論の BRST 第一量子化等の基礎を解説した後、弦の場の理論 (第二量子化) の構成を述べ、更にそれを用いた弦理論の解析に関する最近の話 題に触れる。

- 菊川 芳夫氏（名古屋大学）:
「格子場の理論入門 –厳密なゲージ対称性とカイラル対称性–」

クォークの閉じ込め, カイラル対称性の自発的破れ, 有限温度相転移などゲージ場の量子論の非摂動的な性質を解析する場合, 対称性を厳密に保つ構成的な定式化が有効である。この講義では, ゲージ対称性とカイラル対称性を厳密に保つ格子ゲージ理論の定式化とその応用について概説する (予定です)。

講義内容予定:

1. クォークの閉じ込めと Wilson の格子ゲージ理論
2. 格子理論と連続極限, 繰り込み群
3. 格子ゲージ理論におけるカイラル対称性
   3-1 Ginsparg-Wilson 関係式
   3-2 ゲージ共変な格子 Dirac operator の構成
   3-3 カイラルアノマリー, 指数定理, 格子ゲージ場のトポロジー

A1. 格子上の Weyl フェルミオンとゲージアノマリー相殺

A2. 数値シミュレーション:
   a) SU(2) Yang-Mills 理論における string tension
   b) QCD における, Pion 崩壊定数 (Quench 近似)

A3. Open problems

- 波場 直之氏（徳島大学）:
「ニュートリノから余次元理論、超対称性理論、 大統一理論へ」

ニュートリノ振動実験は、ニュートリノが微少質量を持ち、レプトン系のフレーバー混合の構造がクォーク系のそれとは大きく異なることを明らかにした。このことは、素粒子の標準模型を超える理論への探求の最も有力な手がかりの一つである。そこで、まず、ニュートリノについて、現在の実験の現状を紹介し、「何故、質量が他のクォーク・レプトンと比べて非常に小さいのか？」を理論的見地から解説する。ニュートリノ質量の小ささを説明する新しい試みとして近年提唱された余次元理論を解説する。そして、さらに、「レプトン系のフレーバー混合がクォーク系のそれとは大きく異なるのは何故か？」という問いに対する、余次元理論、超対称性理論、大統一理論を用いた解答の試みを紹介する。

4.2　研究会Ａ （８月20日 (金) 午前）

- 畑 浩之氏（京大）:
「タキオンの転がりと弦の場の理論」

　タキオン・モードをもつ不安定 D-brane(例えば bosonic string 理論) では、タキオン場の凝縮により D-brane が消滅した状態がより安定な状態として実現することが、ここ数年の弦の場の理論を用いた解析により明らかになりました。更に最近は、不安定 D-brane の時間に依存した崩壊過程の物理が多方面から議論されています。本講演では、この D-brane の崩壊過程 (タキオンの転がり) の弦の場の理論による解析についてお話する予定です。

- 浜中 真志さん（東大 総合文化）:
「ソリトンのお話」

　このトークではソリトンの易しく楽しいお話をしたい。前半で簡単なレヴューを行い、後半で私達の研究について紹介をする。
(参考 URL:[http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/ hamanaka/])

- 岸本 功さん（東大理）:
「モーヤル積を用いた弦の場の理論の記述」

　近年、Witten 型の弦の場の理論を用いて非摂動的真空が議論されるようになった。その計算法として振動子を用いる方法と、CFT を用いる方法が主に使われてきたが、I.Bars によりモーヤル積を用いて記述する方法が提案された。モーヤル積は非可換空間上の場の理論においてよくみられるようになったもので、これは、その自然な拡張とみることもできる。ここではモーヤル積による弦の場の理論の定式化 (MSFT) を紹介する。(これは I.Bars 氏、松尾（泰）氏との共同研究です。)

- 中村 真さん（理研）:
「Decay Rates of Fixed Planes and Closed-string Tachyons on Unstable Orbifolds」

　本講演では $C/Z_{2n+1} \times R^{7,1}$ orbifold の twisted sector に現れる closed string tachyon 凝縮について考える。まず、この orbifold 上の superstring の分配関数に現れる tachyon 由来の IR 発散を適切に処理することにより、orbifold 上の fixed plane の崩壊確率を求めることが出来ることを示す。さらに、fixed plane の崩壊確率は tachyon が凝縮するにつれて単調減少し、最終的に時空が平坦になると崩壊確率もゼロとなることを示す。さらに fixed plane に局在したエネルギー密度と tachyon potential の関係についても議論したい。

- 大橋 圭介さん（東工大理工）:
「On Superconformal gravity in 5D」

　5 次元のＳＵＧＲＡは 超対称化されたブレーンワールドシナリオの研究を追究する上で、不可欠な理論となっている。5 次元のＳＵＧＲＡといってもどのような物質場と相互作用するかで様々なタイプのＳＵＧＲＡがあるが、超共形対称性といった一見余分な対称性を持った理論を用いれば、ゲージ固定を通じてこれらのＳＵＧＲＡを統一的に見通しよく扱えるのである。今回はこの理論についての紹介をする。

4.3　研究会Ｂ （8月22日 (火) 午前）

- 菊川 芳夫氏（名大）：
  「$SU(2)_L \times U(1)$ Electroweak Gauge Theory の格子上での構成について」(Tentative)

  Ginsparg-Wilson 関係式にもとづく格子カイラル対称性によれば, Weyl fermion を導入することが可能になる. 矛盾のないカイラルゲージ理論を格子上で構成するためには, まづ, ゲージアノマリーの相殺を厳密に示すことが必要になる. ここでは, $SU(2)_L \times U(1)$ Electroweak Gauge Theory におけるゲージアノマリーの厳密な相殺を議論する. さらに, Path Integral measure を構成する際の課題を議論する.

- 波場 直之氏（徳島大）：
  「Gauge-Higgs unification in E_6 and E_7 5D SUSY GUTs on orbifold」

  余次元理論におけるゲージ場の余次元成分は、余次元方向をコンパクト化した 4 次元の有効理論では、スカラー場とみなせる。このスカラー場をヒッグス場とみなせないだろうか ?(ヒッグス場とゲージ場は元々同じ起源であるなんて面白いではないか！) もしも「みなす」ことが可能であれば、余次元ゲージ理論の要請 (ゲージ場の質量はゼロ) から、ヒッグス質量の量子補正に発散が無く「軽い」ことが自然に説明できるし、(ヒグシーノは元々ゲージーノだから) μ 項と gaugino mass の起源も同じになる。この試みを 5 次元 E_6, E_7 SUSY GUT で行ったので紹介する。

- 丸 信人さん（理研）：
  「Discrete Gauged R-symmetry and GUT」

  R 対称性は超対称理論において重要な役割を果たします。たとえば、宇宙項を小さくしたり、超対称性の破れと関連づけて TeV スケールのμ 項を生成したり、R パリティで次元４のバリオン・レプトン数を破る相互作用を禁止します。このトークでは、ＧＵＴにおいて上の性質に加えて次元 5 のバリオン・レプトン数を破る相互作用を十分抑制するアノマリーフリーな離散 R ゲージ対称性があることを示し、その物理的意味を考察します。

- 太田 俊彦さん（阪大理）：
  「ニュートリノ振動の現象論と実験の現状」

  ニュートリノ振動の現状についてのトーク。これまで行われてきた実験の結果から分かったことや、これから行われる実験で分かることについてのレビューが主。時間があれば、次世代の精密実験に際しての提案として lepton flavor を破る相互作用がニュートリノ振動に及ぼす効果についても言及します。

4.4　ポスターセッション（8月22日(日) 夕方）

- 東 武大さん（京大理　D3）：
「Quantum fluctuation of higher-dimensional fuzzy-sphere solutions of a matrix model」

　行列模型において、曲がった時空をどのように明白な形で記述するかは、行列模型と重力との関係を明らかにする上で重要な課題である。これまで行列模型が fuzzy sphere など曲がった空間の多様体を古典解に持つことは指摘されてきたが、その量子論的な安定性はまだ明らかにされていない。本研究では、fuzzy sphere 解の安定性を、行列模型の Monte-Carlo simulation によって調べることにする。

- 森田 健さん（京大理　D1）：
「Dijkgraaf-Vafa　theory as large-N reduction」

　４次元 N=1 Super Yang-Mills に adjoint matter や fundamental matter, bi-fundamental matter が結合した理論の F-term の低エネルギーでの振る舞いを調べると、ある Matrix 理論と等価であることが知られている。(Dijkgraaf-Vafa theory) この reduction のメカニズムが昔から知られている large-N reduction であったことを説明します。

- 伊藤 悦子さん（阪大、神大　D2）：
「Three Dimensional Nonlinear Sigma Models in the Wilsonian Renormalization Method」

　3 次元非線形シグマ模型の繰りこみ群方程式を使い、いくつかの模型の繰りこみ群の流れを調べたり、SU(N) 対称性を持った共形場の理論の構成したりしました。 3 次元では摂動論的に繰りこみ不可能であり、非摂動論的な解析が必要です。 今までいくつかの模型に対し、Large-N 展開などで調べられてきましたが、この論文では 3 次元のシグマ模型の繰りこみ可能性に対し、新しいアプローチをしていることになります。

- 長澤 智明さん（神大　D1）：
「Discrete transformations and supersymmetry on a circle with point interactions」

　点状相互作用のある 1 次元量子力学系は、非常に単純な系にもかかわらず、数々の物理的に重要な概念が現れることが知られている。今回の講演では、円周 S^1 上に点状相互作用がある理論で重要な意味を持つことになる様々な不連続変換を導入し、それらが満たす代数を明らかにする。そして、それらの不連続変換を用いて構築した超対称性量子力学のモデルを紹介する。なお、本研究は坂本眞人氏（神戸大理）と竹永 和典氏（阪大理）との共同研究に基づくものである。

- 佐藤 隆一さん（東工大　M1）：
「超弦理論とソリトン方程式の関係」

　素粒子の分野では粒子間の相互作用を考えることが重要である。超弦理論ではこの相互作用を” 弦の相関関数” というものを用いて記述する。この弦の相関関数がソリトン方程式の解となっていることは興味深い結果である。ソリトン方程式は” 完全可積分系” という、物理的にも数学的にも非常によく研究された分野に属するので、両者の対応が完全につけば、超弦理論を完全可積分系の立場から考えることが可能になる。超弦理論で

ば‘ 開いた弦”(Open String) と‘ 閉じた弦”(Closed String) の 2 種類の弦が登場するので、その 2 通りの場合について対応関係を説明する。

- 稲垣 輝明さん (茨城大　M2) :
「Axial anomaly in the reduced model : Higher representations」

U(N) reduced model は U(N) lattice gauge theory の zero-volume limit で定義される。reduced model のゲージ場にある制限 (U(1) embedding) を与えると U(1) lattice gauge theory と等価に扱うことができる。この時 reduced model (matrix) でも chiral anomaly が存在することを紹介します。

- 西原 康介さん (阪大　D2) :
「Anomaly Mediation における tachyonic slepton mass problem について」

SUSY breaking のメカニズムの一つである Anomaly Mediation には、slepton mass の二乗が負になる問題が知られている。以前より知られているのとは別の計算方法を用いることによって、この tachyonic slepton mass problem が解決できる可能性があることを議論する。

- 金森 逸作さん (北大理　D2) :
「格子上の非可換微分形式とそれを用いたフェルミオン」

格子を用いる動機を解説した後、前半は格子空間での単体と連続な空間での微分形式との対応をレビューする。 格子上では微分は差分に置き換えられるが、単純な置き換えではライプニッツ則を満たさない。関数と微分形式の間に非可換性を導入すればこれを回避でき、格子上であってもライプニッツ則を満たす微分を定義できるようになる。後半はそのような非可換微分形式を用いて、格子上でフェルミオンを記述する話を紹介する。

- 松盛 美歌さん (名大　D1) :
「pQCD(摂動的量子色力学) を用いた $B->K^*\gamma$ 崩壊の解析による、標準模型の検証」

B 中間子の崩壊を用いた標準模型の検証が、現在 KEK や SLAC の B ファクトリーで行われている。そのさまざまな B 中間子の崩壊の中で、$B->K^*\gamma$ は、標準模型を超えた新しい物理の効果が検出できるのではと期待されている崩壊過程である。そのためにはまず、この崩壊過程を標準模型において厳密に解析する必要があり、ここでは pQCD を用いてその解析を行い、実験と比較することによって 標準模型の検証を行う。

- 相阪 有理さん (東大 総合文化　D1) :
「超弦理論の共変的定式化に向けて」

時空の超対称性とローレンツ対称性は, 超弦理論の持つべき極めて重要な対称性であるが, これらが明白に見える形での超弦理論の量子化法は, 未だ得られていない. 本講演では, まず, 超弦理論を『共変的に』定式化することの意味および意義を短かくまとめ, さらに, 近年 Berkovits により提唱され, 共変的定式化に向けた有力な道筋を与えていると考えられている, 超弦理論のピュア・スピノル形式について, 関連研究を交えつつ, 簡単に紹介する.

- 藤山 和彦さん (名大　D1) :
「有限密度 QCD におけるパリティ対称性の自発的破れ」

　ゼロ温度ゼロ密度の QCD は、Vafa-Witten の定理によりパリティが自発的に破れることが禁止されている。有限密度 QCD もこの定理の適用を受ける筈だが、ある特別な状況の下でそれを回避することが可能かもしれないことがわかっている。そこで、非摂動くりこみ群によって有限密度 QCD のダイナミクスを調べ、フェルミ面付近でのパリティの破れを見るためにはどうすればよいかを議論する。

- 浅原 彰規さん (北大　M2) :
「ニュートリノ振動の物理」

　近年の観測・実験により、標準理論では質量が 0 とされているニュートリノにも質量があることがわかってきた。ここでは、その結果起きる現象であるニュートリノ振動と、その物質中の効果であるＭＳＷ効果の量子力学的な取り扱いについて、太陽ニュートリノを例にとって説明する。その上で、場の量子論的な計算など、もっと厳密な取り扱いは必要ないのか、現状を簡単に紹介する。¡p¿

- 柿崎 充さん (東北大　D3) :
「デモクラティックな (ス) フェルミオンとレプトンフレーバーの破れ」

　超対称標準理論には、フェルミオンの質量・混合角以外にも、その超対称粒子 (スフェルミオン) の質量・混合角といった世代構造を持つパラメータが導入される。一般にはこの新たな混合角の存在により、実験と矛盾する程大きくフレーバーを変える反応が予言される。この問題に対する解決策の一つは、スフェルミオンとフェルミオンの混合角を揃えることである。本発表の目的は、この着想を自然に実現する新しい機構を提唱することと、この種類の機構と他の典型的な超対称模型の予言の違いを提示することである。