1999年度原子核三者夏の学校素粒子パート
講義予稿

7月21日、22日 9:00～12:00

講　　師: 川崎 雅裕氏 (東京大学宇宙線研究所)

タイトル: 素粒子的宇宙論

現在の宇宙論では、宇宙はビッグバンと呼ばれる大爆発によって高温・高密度の状態で生まれ膨張をしながら冷えて現在に至っているという「ビッグバン宇宙モデル」が宇宙の進化を記述する標準モデルであるとされている。この標準ビッグバン宇宙モデルはもともとはガモフが1940年代に提案したモデルである。もし、このモデルが記述するように宇宙がかつて熱かったとすればその痕跡として現在の宇宙は宇宙背景輻射と呼ばれるマイクロ波に満たされていることになるが、1960年代になってこのマイクロ波が電波望遠鏡を使って発見され、さらには宇宙が熱い時期に陽子と中性子からヘリウムが合成され、その合成量が現在の宇宙のヘリウムの存在量を良く説明できることが分かり、ビッグバン宇宙モデルは大成功を収め宇宙の標準モデルとしての地位を確立したのである。その後の様々な理論的・観測的研究によってこの標準ビッグバンモデルは宇宙が誕生して約1秒から現在に至るまでの宇宙の進化を正しく記述していると考えられている。

しかし、標準的宇宙モデルは宇宙背景輻射の等方性に関係した地平線問題や宇宙が100億年たった現在平坦に近いという事実を説明できないという平坦性問題といった原理的な問題、さらには、素粒子の統一理論で予言されるモノポールが宇宙初期に作られそれが宇宙の臨界密度を超えてしまうという素粒子モデルに関係した問題、宇宙の構造形成の種となる揺らぎの起源が説明できない等の問題があることが知られている。

インフレーション宇宙モデルはこれら標準的宇宙モデルの様々な問題を解決する新たな宇宙モデルの枠組として非常に魅力的なモデルである。インフレーション宇宙モデルの最も重要な特徴はインフラトンと呼ばれるスカラー場の真空のエネルギーが宇宙を支配して宇宙が指数関数的に膨張する時期(インフレーション)があることである。そのためにはインフラトンのポテンシャルが非常に平坦であることが必要とされ、インフレーション宇宙モデルはインフラトンのポテンシャルによって、ニュー・インフレーション、カオティック・インフレーション、ハイブリッド・インフレーションなどと分類される。

今回の講義ではビッグバン宇宙モデルにしたがって宇宙誕生後約1秒後から現在に至る宇宙の進化、標準的宇宙モデルの様々な問題点、インフレーション宇宙モデルについて解説する。

7月23日、24日 9:00∼12:00

講　　師: 鈴木 博氏 (茨城大学理学部)

タイトル: カイラルなゲージ理論の正則化

我々の現実の世界はゲージ相互作用するカイラルフェルミオンを含む場の量子論によって記述されることが知られている。場の量子論は無限の自由度に伴う発散を含むために、正則化と呼ばれる作業が必要になるが、カイラルなフェルミオンの正則化はいわゆるゲージアノマリーの存在と関係して自明ではない。この講義では、主に連続理論の枠内で、アノマリーの簡単な解説からはじめて、ゲージ共変な正則化とその応用、カイラルな超対称性理論への拡張などについて議論したい。

内容：

Section 1　**Introduction**

- What is the chiral gauge theory?

Section 2　γ_5 **and its pathology**

- γ_5 in the dimensional regularization (DR)
- Vacuum polariation and the axial anomaly in DR
- Regularization independence of the axial anomaly
- Counterterm

Section 3　**Gauge anomaly**

- What is the gauge anomaly?
- Wess-Zumino consistency condition
- Consistent anomaly vs covariant anomaly

Section 4　**Gauge covariant regularization**

- Basic idea
- Applications including, consistent anomaly, η-invariant, Chern-Simons form...

Section 5　**Supersymmetric generalization**

- Supersymmetry and superfield
- Applications of the covariant regularization

Section 6　**Conclusion**

7月25日、26日 9:00～12:00

講　　師: 川合 光氏 (京都大学理学研究科)

タイトル: 弦理論の構成的定義

超弦理論はここ数年めざましく発展しており、いわゆる Theory of Everything になりうる可能性、すなわち、時空の次元をはじめ、ゲージ群、世代数、結合定数など、すべての量が簡単な一つの基本原理から導かれる可能性がひろがってきた。しかしながら、現時点では理論はまだ完成したわけではなく、もう一段階深い理解が必要と思われる。これは逆にいうと、あとほんの少し積み重ねれば、究極の原理に到達できるということであり、研究者にとって現在は非常にエキサイティングな時期である。研究をはじめたばかり、あるいはこれから勉強をはじめようという若手にとっても、このような時期に巡り合わせたことは大変な幸運だと思う。講義では、超弦理論の本質を見極めることに重点をおき、数学的側面にとらわれて木をみて森をみないといったことにならないよう留意したい。具体的には、次のような順に話を進め、理論を完成させるためには今後どういう具合に研究を進め、何をしていく必要があるのかがわかるようにつとめたいと思う。

(1) 弦の摂動論とその限界
　世界面と摂動論的な弦の定式化
　摂動論の限界

(2) 弦の非摂動効果
　D-brane、duality、M-theory、AdS-CFT 対応など

(3) 弦の構成的な定式化
　行列模型による弦理論の定式化
　行列模型のいいところ、わるいところ、今後の課題