p-braneのdynamics

1998 年若手三者夏の学校予稿

東京大学理学部物理
松尾泰

最近の弦理論の発展を本質的に特徴づけるものは何でしょうか？それは、弦理論が「弦」の理論として閉じた体系になっていなかったという発見なのかも知れません。これはちょうど 2 次元の Sine-Gordon 方程式の非摂動論的力学の理解のためにはボゾンだけではなく、そのソリトンとしてのフェルミオンの導入が欠かせなかったこととパラレルです。

本講義では超弦理論の非摂動的な振る舞いの理解に本質的な役割を果たす p 次元的に広がった object — p-brane — の Dynamics の解説を行います。弦理論は重力を含んだ統一理論であるため、そのソリトンであるこれらの励起は古典的には多次元的に広がったブラックホールと見なすことができます。その一方で弦理論の世界面の立場から見ると p-brane は Dirichlet 型の境界条件で特徴づけることも可能です。後者の立場をとると、p-brane の力学はそこに端点を持つ開いた弦の力学、つまり非可換 Yang-Mills 理論で記述されることが自然に導かれます。これらの多様な視点により p-brane の物理は非常に内容豊かなものになっています。

この講義ではこれらのトピックスについての解説を行います。内容として具体的には下記のようなものを考えています。

1. 弦理論の復習: まず弦理論のいろいろな摂動論的真空の定義とその性質をまとめる。あとで必要となる基本的な性質、例えば massless mode の粒子のスペクトルの導出、modular 不変性などについてもここでまとめておく。予想されている Duality Web を紹介し brane が果たすべき役割を紹介する。
2. **D-brane**: D-brane の定義と基本的性質を与える。基本的な定義のあと brane の dynamics を規定している Dirac-Born-Infeld 作用の導出を行う。
3. **Matrix 理論**: M 理論の有効作用として有望視されている Matrix 理論について解説を行う。基本的な思想 (M 理論との対応、holographic principle) にふれたあと、幾つかの問題点 (Lorentz 対称性、amplitude の計算) などについて review する。最後に最近注目されている AdS-CFT 対応を紹介する。