院生企画セミナー報告書

　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　複合現象科学専攻　Ｄ１　草深　幸

院生企画セミナーでは、先生の研究テーマであるヤンミルズ場におけるクオークの閉じ込めについて情報科や数学科の学生にもわかるように、クオークの閉じ込めとはなにか？ということを基本的なことから丁寧に話してくださいました。物性の第２種超伝導体中においた磁荷とそれが作り出す磁場を、ＱＣＤ真空で双対超伝導体中においた電荷とそれが作り出す電場に適用されていました。

ただし、双対超伝導描像には、問題点があり、それは、双対マイスナー効果を実現させる元になるクーパー対として磁気単極子が存在しなくてはならないが、本当に存在するのか、しかも、それらは、カラー磁場によって結びつけられ、本当に凝縮するのかということです。後に磁気単極子配位がＱＣＤの低エネルギーの物理、すなわちクオークの閉じ込めについて支配的な役割を担っていることが明らかになってきたそうです。

ゲージ理論におけるマグネティックモノポールは、電磁気学におけるDiracモノポールとゲージ・ヒッグス理論におけるGeorge-Grashow模型（ゲージ場+スカラー場の理論）すなわちTopological　Solitonとして、t’Hooft-Polyakov モノポールが存在します。

ヤンミルズ理論はGeorge-Grashow模型とは異なり、基本場としてスカラー場（随伴表現に従う）を含まないが、ゲージ変換の下で随伴表現として変換するような（グルーオンの）複合場でLorentzスカラーである量を作ることができれば、George-Grashow模型におけるt’Hooft-Polyakov モノポールに対応するものを構成することができます。

　そして賞金１００万ドルというミレニアム賞問題となっているクオークの閉じ込めはなぜ難しいのかというと、ヤンミルズ理論は、古典的には、質量をもたないスケール不変（共形不変）な理論であり、４次元のヤンミルズ理論のラグランジアンは、次元を持ったパラメータを全く含んでいないことにも関わらず線形ポテンシャルを与える弦定数や質量ギャップのような次元を持った物理量を導いてこなくてはなりません。それには、非摂動的な方法論が必要であり、実際、グルーオンに対する、零質量のスピン１のベクトル粒子は観測されていません。グルーオンの複合粒子としてのグルーボールが質量を持つ粒子として観測されると期待されています。

先生の最近の研究において、latticeで計算させるとクオークの閉じ込めは結果に表れたが、双対超伝導描像によるものかどうかは理解できていないそうです。

素粒子関係の式が出てくると難しくなってきて、みんなわからなかったようです。私も、ヤンミルズ場は軽く勉強した程度なので、きちんとはわからなかったけれど基本的なことから話していただいたので大まかには理解できた気はしました。

素粒子の中でも数少ない物性のやり方でクオークの閉じ込めを研究されている近藤慶一先生に奈良女に来ていただき、研究のお話を聞け、とても励まされました。私の研究内容もSUSYによる論文がたくさん出ているためです。最後に院生が主体的に企画するセミナーの機会を与えてくださったイニシアティブに感謝します。