

Magnetic condensation, Abelian dominance and instability of Savvidy vacuum in Yang-Mills theory

千葉大学理学部物理学科 近藤 慶一

E-mail: kondok@faculty.chiba-u.jp

漸近的自由性を持つ非アーベル的ゲージ理論, すなわち, Yang-Mills 理論においては, 摂動的真空よりも, カラー磁場が自発的に生成した真空 (Savvidy 真空と呼ばれる) が, より低い真空エネルギーを与えることが 1978 年に Savvidy によって指摘された。しかし, その直後, Nielsen と Olesen によって, 直接計算されたカラー磁場に関する有効ポテンシャルは, 純虚数部分を含み, Savvidy 真空は不安定であることが指摘された。これは, エネルギー固有値に, tachyon モードが存在する結果とも見れる。これを回避する一つの方法は, 真空に有限の大きさを持つ磁区構造を導入し, その中では tachyon モードが現れないようにするもので, こうしてできた真空は, Copenhagen 真空と呼ばれる。一方, 漸近的自由ではない QED では, 磁場が自発的に生成した真空はより低い真空エネルギーを与えないし, 電場がかけられた場合は, 真空からの電子・陽電子対生成を引き起こし, 真空が不安定にすることは良く知られている。

Savvidy 真空の不安定性は, 最初, 1 ループの有効ポテンシャルの計算から導かれたので, 最低次数のループ計算に信憑性がない (つまり, 近似の artifact) として片付けられることもある。しかし, 同じ問題は, 高次のループ補正がないと考えられる, 超対称的 Yang-Mills 理論においても存在する。Savvidy 真空の不安定性は, 1 ループの範囲では解決しないのであろうか, また, 非摂動的な取り扱いを行えば解決するのであろうか。これらの問題は, クォーク閉じ込めの物理的描像と関係して重要な問題ではあるが, これまで十分には理解されていない。

本講演では, Savvidy 真空の安定性をその後の発展も取り入れて再吟味した。Nielsen-Olesen の計算の仮定は, 以下の通りである。1) カラー磁場は, 時空点に依存しない様な磁場として導入されている。2) ゲージ固定として, back ground gauge (Maximal Abelian gauge と全く同じもの) を採用している。3) 非対角グルーオンは, massless として扱われている。

我々の得た結果は, 以下の通りである。

- (1) 新しい型の磁氣的凝縮が起これば, グルーオンの非対角成分が質量を獲得する。
- (2) この磁氣的凝縮が十分大きな値を持てば, その結果として, 非対角グルーオンの質量が十分大きくなり, tachyon モードはキャンセルされ, Savvidy 真空の安定性が回復する。実際, (1),(2) は, 1 ループ (繰り込み群 improved) の計算の範囲内でも成立することが確認された。
- (3) この非対角グルーオンの質量を導く磁氣的凝縮の起源が magnetic monopole の自由度であることを指摘した。

実際, 1990 年以降の研究で, Maximal Abelian gauge を取った場合には, infrared Abelian dominance と monopole dominance が見られ, それらは, off-diagonal gluon が massive になることで理解できることも指摘されている。クォーク閉じ込めを理解する一つの有望な描像である双対超伝導描像においては magnetic monopole の凝縮が key concept であることを思い出せば, 極めて自然で, 整合的結果であると考えられる。これらの結果と非アーベル的 Stokes の定理を用いて, Wilson ループにおける infrared Abelian dominance と monopole dominance が理解できる。Copenhagen 真空を考えなくても, クォーク閉じ込めと Savvidy 真空の安定性は, 両立することができる。さらに, 最近, グルーボールを knot soliton として記述する模型として提唱されている Faddeev-Skyrme 模型との関係も議論した。

これらの結論は, 非アーベル的ゲージポテンシャルから, Cho-Faddeev-Niemi 分解 (magnetic monopole に対応する自由度を露に抜き出すことが可能な変数変換) を用いて解析した結果である。

更に, 詳しいことは, プレプリント e-print: hep-th/0404252 をご覧ください。