

モノポールとカイラル対称性の破れについて

Joint Institute for Nuclear Research, Bogoliubov Laboratory of Theoretical Physics,
Dubna, Moscow, 141980, Russia

長谷川 将康

目的: QCD の第一原理計算によってモノポールとカイラル対称性の破れの関係を明らかにしたい。

内容: モノポール生成・消滅演算子を QCD 真空中に作用させて、モノポールと反モノポールを加えた QCD 真空を生成する。その真空のゲージ場から、カイラル対称性を満たすクォークの定式である、オーバーラップフェルミオンのディラック演算子を計算して、固有値問題を ARPACK (サブルーチン) を使って解く。インスタントンは、カイラル対称性の破れと密接に関わりがあることが知られているので、求めた固有値に含まれるゼロモード (ゼロ運動量固有値) の数から QCD 真空中のインスタントンの数を計算して、モノポールとインスタントンの定量的な関係を示す。次に、カイラル対称性の破れを示す秩序変数であるカイラル凝縮を固有値・固有ベクトルの組から計算して、モノポールがカイラル対称性の破れに関係していることを示す。最後に、くり込み定数を含めてクォーク質量などを評価することによって、モノポールが物理量に与える影響を詳細に調べる。

結果: 生成されたモノポールと反モノポールがコヒーレント状態で QCD 真空中に存在することを確認した。そして、モノポールと反モノポールの一对が、一つのインスタントンを作ることを、解析計算による我々の予想と比較することによって定量的に示した。また、カイラル凝縮の絶対値が、モノポールと反モノポールの磁荷数を増やすと大きくなることを示した。最後に、予備的な結果であるが、クォーク質量がモノポールと反モノポールの磁荷数を増やすと大きくなることを示した。現在、以上の結果を論文にまとめている。

使用した計算機: SX-ACE (CMC)、汎コンクラスタ (CMC)、PCクラスタ (RCNP)。

SX-ACE の計算について: ベクトル化率 99.8%、自動並列化によるノード内並列 (4-core) 計算を行っている。計算メモリは約 10~30 [GB]。約 63,440 ノード時間を使用した。