格子上のカイラルゲージ理論における
曲率テンソルを用いたコホモロジー的解析

名大理　加堂大輔
E-mail: kadoh@eken.phys.nagoya-u.ac.jp

格子上でカイラルフェルミオンを単位とするゲージ理論を考えるのは，格子ゲージ理論が理論の非摂動的解析を可能にする枠組みであるということ以外に，そもそもカイラルゲージ理論が摂動論を越えて無矛盾に存在できるのか？またそのような理論にはゲージ不変性を明白に保つ定式化が存在するのか?という疑問に答えるという目的がある．現在までに，格子上におけるカイラル対称性の実現において，Ginsparg-Wilson 関係式が重要な役割を果たすことが知られており，この関係式を満たす格子上の演算子として Neuberger の演算子が構成されると，格子上で厳密なカイラル対称性が考えられるようになった．さらにこの関係式に基づいて，格子上で可換ゲージ群に対するカイラルゲージ理論の厳密なゲージ不変を保つ定式化の存在が証明されている．しかしながら，今のところ非可換ゲージ群の場合の構成論は知られていない．

すでに定式化の方法が知られている可換カイラルゲージ理論の構成論において，有限の格子間隔をもつ格子上で厳密なゲージ不変性を保証しようとするとき，ゲージアノマリーが，その積分がゲージ場の関数形に依存しない量であるトポロジカル場であるという事実に注目が払われる．実際に一般のトポロジカル場 $q(x)$ は, ベクターポテンシャルを導入してコホモロジー的解析をすると，無限体積の格子上で次のような形に分類できることが分かっている．

$$q(x) \;\; = \;\; \alpha + \beta_{\mu\nu} F_{\mu\nu}(x) + \gamma \epsilon_{\mu\nu\rho\sigma} F_{\mu\nu}(x) F_{\rho\sigma}(x + a\hat{\mu} + a\hat{\nu}) + \partial^*_\mu k_\mu(x).$$

連続極限におけるゲージアノマリー相殺条件を課しても相殺しない格子理論のアーティファクトは，この分類によってゲージ不変なカレント $k_\mu(x)$ の全微分の形にまとまる．このカレントから局所相殺項を構成して理論をゲージ不変できるのである．

一般の非可換ゲージ群の場合にも，4+2 次元のあるトポロジカル場に対して同様の分類がなされれば理論をゲージ不変にできる．今までに，ゲージ不変性の証明は摂動論的にはなされているが，非摂動論的証明は電弱理論以外には知られていない (証明が可換群の場合のように非摂動論的に実行できない一つの原因は，ベクターポテンシャルが良い自由度でないことが挙げられる)．それゆえ非摂動論的に実行可能な何らかの新しいコホモロジー的解析法の確立が望まれている．

そこで可換カイラルゲージ理論の局所コホモロジー問題に対してこれまでと異なるアプローチが実行できることを示した．第一の方法は，数値解析への応用を目指して，有限体積の格子上で直接コホモロジー問題が解き，トポロジカル場が分類できることを示した．第二の方法は，非可換ゲージ群への応用を目指して，トポロジカル場を曲率テンソルの関数と見なして解析することで，ベクターポテンシャルを導入することなしトポロジカル場が分類できることを示した．

参考文献

[1] P. H. Ginsparg and K. G. Wilson, Phys. Rev. D **25**, 2649 (1982).

[2] M. Lüscher, Nucl. Phys. B **538**, 515 (1999)

[3] M. Lüscher, Nucl. Phys. B **549**, 295 (1999)

[4] D. Kadoh and Y. Kikukawa, “Field tensor-based cohomological analysis of the axial anomaly in abelian lattice gauge theories,” in preparation