格子上の Glashow-Weinberg-Salam 模型

筑波大学 計算科学研究センター　加堂 大輔
E-mail: kadoh@ccs.tsukuba.ac.jp

Ginsparg-Wilson 関係式 [1] に基づいて，ゲージ不変性を明白に保つ格子 Glashow-Weinberg-Salam 模型を構成する．この格子 GWS 模型は，U(1) 群のトポロジーは自明なものに限定されるが，SU(2) 群については全ての非自明なトポロジカルセクター上で定義され，GWS 模型の非摂動効果として知られるバリオン数非保存過程の記述に応用が可能である．また，無限体積格子上では，摂動展開の全てのオーダーで電弱理論のゲージ不変な正則化を与える．

格子上で厳密なカイラル対称性を考えることは，Nielsen-Ninomiya の no-go 定理から長い間難しい問題とされてきた．しかし，近年格子理論におけるカイラル対称性が Ginsparg-Wilson 関係式で厳密に表現できることが分かってきたことで，格子上でカイラルなゲージ理論を非摂動的に構成することが可能になってきた．特に，ゲージ群が U(1) のカイラルゲージ理論を格子上に定式化する方法が M.Lüscher によって明らかにされた [2]．ただし，この U(1) 理論の構成論は，フェルミオンの径路積分測度を定義する際に無限自由度の演算が必要で，数値計算に直接応用するのは困難であった．そこで，我々はこの構成論を改良し，数値計算に応用できるように U(1) 理論を再定式化した [3]．

本研究では，U(1) のカイラルゲージ理論の格子定式化法を電弱理論の $\mathrm{SU}(2)_L \times \mathrm{U}(1)_Y$ ゲージ群の場合にまで拡張する．ただし，格子ゲージ場に周期境界条件とアドミシビリティ条件を課すことで生じたトポロジカルセクターは，SU(2) 群については任意のセクター，U(1) 群について自明なセクターに限定する．証明において，U(1) 理論の構成論と SU(2) 群の擬実性をうまく組み合わせることで，GWS 模型の場合でも必要条件を全て満足する形でカイラルフェルミオン径路積分測度の定義が行える．本研究において得られた格子 GWS 模型は，局所性，厳密なゲージ不変性などの格子理論が持つべき基本的要請を全て満足している [4]．

将来的には本研究の構成論を一般のゲージ群の場合にまで拡張し，数値シミュレーションを通して理論のダイナミクスを解くことで，カイラルゲージ理論において予想される様々な非摂動効果 (強結合理論におけるタンブリング，ゼロ質量複合フェルミオンの存在など) の解明につながると期待される．

[1] P. H. Ginsparg and K. G. Wilson, Phys. Rev. D **25**, 2649 (1982).
[2] M. Lüscher, Nucl. Phys. B **549**, 295 (1999)
[3] D. K., Y. Kikukawa and Y. Nakayama, JHEP 0412:006,2004. D. K. and Y. Kikukawa, JHEP 0501:024,2005, JHEP 0802:063,2008.
[4] D. K. and Yoshio Kikukawa, JHEP 0805:095, 2008.