Lattice Chiral Symmetry in Fermionic Interacting Theories

新潟大学教育人間科学部　五十嵐 尤二[1]
E-mail: igarashi@ed.niigata-u.ac.jp

最近、与えられた正則化とナイーヴには両立しない対称性の実現に関心が集まっている。「格子上のカイラル対称性」は、その prototype であると考えられる。連続理論にも類似した問題がある。Wilson くりこみ群におけるゲージ対称性の実現で、RG flow 方程式を得るために導入する IR 正則化が、ゲージ対称性と折り合いが悪いことに起因している。

格子上のカイラル対称性や Wilson くりこみ群でのゲージ対称性は、「正則化に依存した対称性」として実現されると期待される。格子理論、連続理論を問わず、このような対称性を定式化する一般論が展開できることが望ましい。これに対する有力な候補がある。UV 領域での理論と IR 領域での有効理論を関連づける「ブロック変換」の idea をゲージ理論のもっとも一般的な定式化を与える「Batalin-Vilkovisky (BV) antifield formalism」にとりこんだ定式化である。ブロック変換は、Ginsparg と Wilson が格子上のカイラル対称性の定式化で重要な役割を果たす「Ginsparg-Wilson 関係式」を Ward-Takahashi 恒等式として導出する際、使用したものである。後年、Wetterich は、これの連続理論版を考え、 Wilson くりこみ群と結び付けた。我々は、これらをさらに BV 形式として一般化した。

BV 形式に現れる antifields は、非物理的だが UV 領域で組み込まれた対称性を IR 領域での対称性へいわば「伝搬する役割」を果たす。この形式では、対称性の存在は大局的、局所的を問わず、いわゆるマスター方程式で記述される。格子上のカイラル対称性の場合、Ginsparg-Wilson 関係式は、このマスター方程式から自然に導かれる。

今回は、我々の方法を、自己相互作用をもつ フェルミオン系 (ゲージ場なし) に適用した結果を報告する。自己相互作用をそのまま取り扱うのは困難なので、「粗い格子」上でスカラー、擬スカラーに対応する補助場を導入し理論を線形化する。適当な仮定のもとに、量子論的マスター方程式から、この相互作用系の Ginsparg-Wilson 関係式とその他の WT 関係式を導出した。これらの関係式の解は、閉じた形で解析的に求まる。カイラル変換の表し方に 2 通り、Dirac 演算子の解が 2 通り、都合 4 通りの理論ができる。しかし、ブロック変数を用いて構成されたこれらの解は、singularity を持つことがわかった。regular な action は、これらの正準変換から得られる。このとき、無矛盾な理論が 2 組得られるが、変換された理論のカイラル変換は、自由場に対する既知のものに帰着し、action の相互作用部分は、その変換に対して不変な湯川相互作用と補助場のポテンシャル項で書かれ、Luescher のカイラル代数を用いて構成されるものと一致する。従って、我々の結果は、自由場に対する変換を使ってナイーヴに作られた action の構成を正当化するものであるが、ブロック変数と異なる変数で書かれていることに注意すべきである。また、変換後の理論では、補助場の積分が容易になり、格子上での Nambu-Jona-Lasinio model を得ることができる。詳しくは、hep-lat/020319 と hep-lat/0206006 を参照して下さい。

なお、本研究は、科研費特定領域 (B) 課題番号 13135209、基盤研究 (C) 課題番号 12640259, 12640258 からサポートを受けている。

[1] この話しは、新潟大理の宗 博人氏、浮田 尚哉氏との共同研究に基づくものである