Chiral symmetry and Polchinski equation in the renormalization group

新潟大学大学院自然科学研究科博士後期課程 3 年　石掛 真人
E-mail: ishikake@muse.sc.niigata-u.ac.jp

非摂動繰り込み群は、場の理論の非摂動的な解析手法として有用であるが、その構成方法として運動量のカットオフを行うので、ゲージ対称性を破ってしまう。この問題に対し様々なアプローチが考えられているが，ここでは，反場形式上のマスター方程式を使った、「厳密な」ゲージ対称性の構成を考える [1]。考え方としては、Lüscher による格子正則化に於ける厳密なカイラル対称性の構成と関連がある [2]。[1] では、一般論は議論されているが、未だ具体的なモデルでの計算は為されていない。問題は、如何にして厳密な対称性を保ちつつ、近似計算を行なうかという事である。そうして、初めて、厳密な対称性を保った flow の β 関数を具体的に求めることができる。

そこで今回は、簡単の為にゲージ対称性ではなく、まず、2 次元の Nambu-Jona-Lasinio モデル、フレーバー数 $N_f = 1$ におけるカイラル対称性を解析した。マスター方程式を用いた議論では、ブロックスピン変換を考えるので通常の意味のカイラル対称性は破れているが、上述の意味での厳密なカイラル対称性は構成できる。対称性を表現するマスター方程式は、Ginsparg-Wilson 関係式の連続理論版に対応している。今回のポスター発表では、実際にこのモデルで Polchinski 方程式から、4 体フェルミ結合定数 G_4 の β 関数 β_4 の導出を試みた。

マスター方程式は、Wilson 有効作用で書かれているので、繰り込み群方程式は、Polchinski 方程式を扱う。従って、β_4 を求めるために、6 体フェルミが必要であることに注意する。4 体フェルミは、論文 [3] によって既に構成されている。6 体フェルミは、4 体フェルミを場で一回微分したものを GW 関係式を満たす Dirac 演算子の逆でつなげる、という方法で構成した。この構成方法が妥当かどうかは議論の余地がある。この 6 体は、カイラル不変であり、結合定数は、$G_6 \sim G_4^2$ の関係がある。あとは、Polchinski 方程式から β 関数を読みとればよい。一般に、この 6 体までの truncation により、最初に用意した理論空間からはみでる 4 フェルミが繰り込みの効果により生成されるが、今回のモデルでは、特定の運動量空間を制限し、2 次元の Fierz 変換を行なうことで、最初に用意した 4 体の部分空間に押し戻す事ができた。通常の解析では、零運動量近似をすることで β 関数を読みとるが、この零運動量近似を行なうと、$\beta_4 = 0$ の結果が得られた。これは、摂動論での計算 [4] と Consistent である。

さて、今後課題となるのは、まず、Polchinski 方程式を扱う際に必要な 6 体の構成方法、それから零運動量付近では、カイラル対称性は通常の変換に帰着してしまうので、β 関数を零運動量以外の場所で読みとる工夫をすること。また、この時、今扱っている形式では、一般には結合定数だけでなくオペレータ部分もスケール依存性が出てくるので、この部分の取り扱いをどうするかということ。そして、今回は最も簡単な場合を計算したので、$\beta_4 = 0$ となってしまったが、$N_f \neq 1$ の場合や 4 次元の場合を計算してみることである。

参考文献

[1] Y. Igarashi, K. Itoh and H. So, Phys. Lett. **B479** (2000) 336

[2] M. Lüscher, Phys. Lett. **B428** (1998) 342

[3] Y. Igarashi, K. Itoh and H. So, Phys. Lett. **B526** (2002) 164

[4] W.Wetzel, Phys. Lett. **B153** (1985) 297