

Origin of Pure Spinor Superstring

東京大学大学院総合文化研究科 相阪有理

E-mail: yuri@hep1.c.u-tokyo.ac.jp

超弦の超ポアンカレ共変的第 1 量子化法として近年 Berkovits により提案されたピュア・スピノル (PS) 形式を簡単に紹介し、続いて風間氏 (東大総文) との共同研究に基づいて、PS 形式を基礎づける (世界面上の座標変換不変性を持った) 古典作用と、それを半光円錐ゲージで Dirac 量子化して PS 形式の BRST 演算子を第一原理から導出する方法を紹介した。

ピュア・スピノル (PS) 形式 近年、超弦理論の持つ非摂動的性質が活発に調べられる中、D ブレインが源となり生成される Ramond-Ramond(RR) 背景場の中の超弦理論を解析することの重要性が認識されてきた。しかし、その解析を実際に行うためには、既存の定式化—Green-Schwarz(GS) 形式と Ramond-Neveu-Schwarz(RNS) 形式—では不十分である。何故ならば、GS 形式では光円錐的ゲージを取れない背景場の取り扱いができない一方、RNS 形式では RR 場の取り扱いが極めて困難だからである。

そのような中、近年、Berkovits により RR 背景場中の超弦理論の解析へ向けた有望な定式化 (PS 形式) が提案された [1]。Berkovits は PS 条件と呼ばれる非線型関係式を満たすボソンのスピノル (ピュア・スピノル) を巧妙に用いてある自由場 CFT を構成、その上でスペクトルを定める “BRST 演算子”、及びツリー・ループ振幅の計算規則を天下りの与え、それらにより平坦時空中の超弦理論が得られると主張した。これらの規則の妥当性は様々なチェックにより裏づけられており、超弦理論の一つの定式化を与えていることは、現在では間違いないと考えられている。

しかし、“BRST 演算子” の背後にあるべき世界面上の対称性は理解されておらず、PS 形式をより深く理解して更なる発展を目指すためには、それを基礎づける古典的作用を明らかにする必要がある。

PS 形式の古典作用 我々が今回得た PS 形式の古典作用 S_{PS} は、GS 形式の古典作用において Grassmann 座標場 Θ の原点を “ゲージ化” して得られる。すなわち、 Θ が現れる全ての所で $\Theta \rightarrow \tilde{\theta} - \theta$ の置き換えをし、(同時に Bosonic 座標場 x^m と θ のセクタの超対称性を綺麗な形にするため、 $x^m \rightarrow y^m = x^m - i(\theta\gamma^m\tilde{\theta})$ と置き換えて) 得られる。この構成法から S_{PS} は $\tilde{\theta}$ と θ を揃えてシフトする (世界面上の) 局所変換に対して不変であるため、 $\theta = 0$ とゲージ固定することができる。そうすることで S_{PS} は通常の GS 作用に戻るため、 S_{PS} が GS 作用と等価な古典論を与えることは明白である。一方で、我々はこのゲージ対称性を保ったまま量子化することもできることを発見し、この対称性が Berkovits の与えた BRST 演算子の起源となる対称性に他ならないことを示した。

今後の展望 今回の研究により PS 形式を基礎づける古典作用が明らかになったため、散乱振幅の計算規則も第一原理から導出できるはずである。また同時に、PS 形式を考える元々の動機であった RR 背景場中の超弦理論の解析、11 次元超膜理論への応用なども考えていきたい。

参考文献:

- [1] N. Berkovits, JHEP **0004** (2000) 018; JHEP **0009** (2000) 046; JHEP **0108** (2001) 026.
- [2] Y. Aisaka and Y. Kazama, JHEP **0505** (2005) 046.