Pure Spinor Formalism for Superstring and its Extension

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な量子化を行いうる形式として近年提案された, Berkovits によるピュアスピノル (PS) 形式を紹介し, 続いて PS 形式の不明瞭な部分を補い, それを超弦理論の摂動論的定式化として確立するために行っている, 風間氏 (東大総文) との共同研究の結果を発表した.

はじめに　超弦を, 時空の超ポアンカレ対称性が明白な形で第 1 量子化することは, 摂動論的超弦理論の成立以来, 未解決のまま残されてきた最重要問題の 1 つである. 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, 様々な背景場中の超弦理論を解析することがより重要な課題となったが, 既存の定式化—Green-Schwarz(GS) 形式, Ramond-Neveu-Schwarz(RNS) 形式—は, この点に関して深刻な限界を持つ: すなわち, GS 形式が光円錐的ゲージを取ることができない背景場中での量子化ができない一方, RNS 形式では D ブレインが源となり生成される Ramond-Ramond 場の取り扱いが極めて困難である.

ピュアスピノル (PS) 形式　2000 年, Berkovits は GS 形式の座標場・グラスマン座標場 (x^μ, θ^α) に加え, PS 条件と呼ばれる非線型関係式を満たすボソン的スピノル (PS) λ^α を補助的に用いることにより超弦の "自由場" 作用, 及び "BRST 演算子" Q を超ポアンカレ共変的な形に書き下し, Q により定まる物理的状態が GS 形式の光円錐スペクトルを再現することを示した [**1**]. さらに, Berkovits はツリー振幅を計算する規則も, 共変的に与えることができると主張している. これらは極めて興味深い結果であるが, 一方で PS 形式を真に自由場の理論と捉えるためには, λ^α を, その独立な成分を用いてパラメトライズする必要があり, その際にローレンツ共変性は $U(5)$ 的部分群にまで破られる. また, より根本的な問題点として, Q は天下り的に与えられており, 何の "BRST 演算子" であるかは不明であることがあげられる. ツリー振幅計算規則もやはり PS 形式の背後にあるべき古典的作用から系統的に導かれたものではなく, この事と関連してループ振幅の計算規則は未だ与えられていない.

Extended PS (EPS) 形式　PS 形式の古典的作用を追及するため, 我々はまず, λ^α の全成分を独立場に昇格すると同時に PS 条件を間接的に課すフェルミオニックなゴースト場を導入し, このより広い演算子空間において PS 形式と等価でより取り扱いが容易である拡張形式を作ることに成功した [**2**]. この場合もやはり, PS 条件を課すためのゴースト・セクタのローレンツ対称性を $U(5)$ 的部分群にまで壊さなくてはならないが, PS 条件の除去は Homological Perturbation 法と呼ばれるある数学的処方箋を用いることにより系統的に実行でき, また演算子空間を広げたことにより, エネルギー運動量テンソル $T(z)$ と BRST 演算子 Q を重要な関係式 $T = \{Q, B\}$ で結ぶいわゆる "座標変換ゴースト場" $B(z)$ を具体的に構成することに成功した.

さらに, 続く研究において PS 形式の古典的作用の手がかりを得るため, EPS 形式と RNS 形式の関係を調べ, 互いの BRST 演算子をうつし合う相似変換を具体的に構成するこに成功した [**3**]. 超弦の RNS 形式においては, 古典的作用と BRST 演算子・散乱振幅計算規則の関係が良く理解されているため, 両者の関係を明らかにしたことは, PS 形式の古典的起源の探究や, ループ振幅の計算規則の発見等のために役に立つことが期待される.

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 **0302** (2003) 017, [hep-th/0212316]
[**3**] Y. Aisaka and Y. Kazama, JHEP **0308** (2003) 047, [hep-th/0305221]