

OSp 不変な超弦の場の理論¹

理化学研究所 馬場裕

E-mail: ybaba@riken.jp

この講演では、Siegel によって提唱された OSp 不変なボソンの閉弦の場の理論の超弦への拡張について議論する。

light-cone gauge のボソンの閉弦の場の理論は、light-cone 方向 X^+, X^- に関しては、独立な振動を持たずゼロモードのみで表されており、それ以外の方向 $X^i (i = 2, \dots, 25)$ のゼロモードと振動のモードを含めて理論が記述されている。そのため、Lorentz 群 $SO(25, 1)$ の明白な共変性を持たず、その部分群 $O(24)$ に関してのみ明白な共変性を持つ理論である。この理論には ghost が含まれていないため unitarity が明らかである。また、Lorentz 共変性は明らかではないが、S 行列は Lorentz 共変であることが知られている。

light-cone gauge の理論にボソンの方向 $X^{+''}, X^{-''}$ と、フェルミオンの方向 $X^C, X^{\bar{C}}$ を $OSp(25, 1|2)$ 共変な形で付け加えることで明白に Lorentz 共変な理論を作ろうというのが OSp 不変なボソンの閉弦の場の理論の発想である。実際、worldsheet 上の理論としては、 OSp 群の生成子の一つである $M^{C-''}$ を BRST 演算子とみなすと²、付け加えたセクターは topological になっており振幅に影響を与えない。特に、ゼロモードの自由度 $(p^{+''}, p^{-''}, p^C, p^{\bar{C}})$ は Parisi-Sourlas メカニズムによりキャンセルしている。ここで、 \pm'' と \pm の役割を入れ替えてみよう。すると、もともと (X^\pm, X^i) が時空の座標を表し $(X^{\pm''}, X^C, X^{\bar{C}})$ がキャンセルしていたので、 $(X^{\pm''}, X^i)$ が時空の座標を表し $(X^\pm, X^C, X^{\bar{C}})$ がキャンセルすることになる。このようにすることで、明白に Lorentz 共変な理論を作ることができる。まとめると、 OSp 不変な弦の場の理論とは、light-cone gauge の弦の場の理論に $(+'' , -'' , C, \bar{C})$ 方向を付け加え、 M^{C-} で不変なセクターに限ったものである。実際、この理論の BRST 不変な observable は通常の弦理論の物理的な状態と一対一に対応し、S 行列は light-cone gauge の弦の場の理論で得られるものと一致することが示せる。

上の構成を超弦の場合に行いたい。ここでは、NSR 形式の超弦を考える。ボソンの場合と同様に考え、 $(+'' , -'' , C, \bar{C})$ 方向を付け加えればよいと期待される。実際、NS-NS セクターに関しては、これで正しい 2 点関数を得られる。ところが、R セクターが入るとこのままでは上手くいかない。その理由は、R セクターにはフェルミオンのゼロモード $(\psi_0^{-''}, \psi_0^{\bar{C}})$ が存在するためである³。これらは、 $M^{C-''}$ を BRST 演算子とみなしたときに、互いにキャンセルしている必要があるが、実際にはキャンセルしていない。そこで我々は、さらに $(+', -', C', \bar{C}')$ を付け加え、 $(\psi_0^{\bar{C}}, \psi_0^{C'}, \psi_0^{-''}, \psi_0^{+'})$ の組み合わせで Parisi-Sourlas メカニズムにより自由度をキャンセルさせることを考えた。そのためには、 $M^{C-''} + M^{C'-'}$ を BRST 演算子と考えればよい。実際、この理論は通常の超弦理論の物理的な状態と一対一に対応する observable を持ち、これらの 2 点関数は正しい propagator を与えることが示せる。

¹この講演は、石橋延幸氏（筑波大）、村上公一氏（理研）との共同研究に基づく。

² $M^{C-''}$ は OSp 代数より冪零である。

³ここでは、 $\psi_0^{-''}, \psi_0^{\bar{C}}$ の波動関数表示を用いている。この表示では、 $\psi_0^{+'} = -\partial/\partial\psi_0^{-''}, \psi_0^C = i\partial/\partial\psi_0^{\bar{C}}$ である。