Gauge Structure of Vacuum String Field Theory [1]

京都大学理学研究科　古結　尚
E-mail: kogetsu@gauge.scphys.kyoto-u.ac.jp

Vacuum String Field Theory (VSFT) のアプローチによるタキオン凝縮の解析では、D25-ブレイン解のまわりのゆらぎとして開弦の励起モードのスペクトルやゲージ構造が再現される必要がある。この研究では、massless vector についてゲージ変換と横波条件を再現するかどうかを調べた。まず例として、Kato-Ogawa の BRST charge に対するゲージ変換と横波条件を考える。ゲージ変換は以下のように導かれる。

$$Q_{\rm B}(b_0 b_{-1}|0\rangle\lambda) = b_{-1}|0\rangle\Box\lambda + b_0\alpha^\mu_{-1}|0\rangle\partial_\mu\lambda$$

ここで第二項は massless vector state に比例しており、massless vector field A_μ に対するゲージ変換 $\delta A_\mu = \partial_\mu\lambda$ を引き起こす。他方、偏極 ζ_μ を持つ massless vector state の運動方程式は以下である。

$$0 = Q_{\rm B}(b_0\alpha^\mu_{-1}|0\rangle\zeta_\mu) = \alpha^\mu_{-1}|0\rangle\Box\zeta_\mu + b_0 c_{-1}|0\rangle\partial^\mu\zeta_\mu$$

この最後の項から横波条件 $\partial_\mu\zeta^\mu = 0$ が得られる。

このようなゲージ変換や横波条件が VSFT で再現されるかどうか調べる。VSFT 作用は次のように与えられる。

$$S = -\frac{1}{2}\Psi\cdot\mathcal{Q}\Psi - \frac{1}{3}\Psi\cdot(\Psi*\Psi)$$

ここで Ψ は弦の場である。$\mathcal{Q}$ は c ゴーストのみで構成されており、物理的な状態が存在しない真空に対応している。また $*$-積は弦をはり合わせる操作である。このはり合わせの条件は、弦を励起モードで展開すると、無限次元行列であるノイマン係数行列と呼ばれる係数の恒等式として表わせる。この作用の古典解 $\Psi_{\rm c}$ は D25-ブレインに対応しており、そのまわりのゆらぎ Φ に対するゲージ変換は $\mathcal{Q}_{\rm B}|\Phi\rangle = \mathcal{Q}|\Lambda\rangle + |\Psi_{\rm c}*\Lambda\rangle - |\Lambda*\Psi_{\rm c}\rangle$ と与えられる。

massless vector state に対して $\mathcal{Q}_{\rm B}|\Phi\rangle$ を計算したところ、無限次元のノイマン係数が満たす恒等式を naive に用いると massless vector state に対するゲージ変換の項が出てこなかった。ところがこの計算を注意深く見ると、$\mathcal{Q}_{\rm B}|\Phi\rangle$ の項の中に無限大に発散するものが存在することが分かった。この無限大を評価するためにノイマン係数行列を有限次元に正則化すると、運動方程式が厳密には満たされておらず、無限大とは別のところに無限小の寄与が存在することが分かった。無限大を D、無限小を ε と模式的に書くと、$|\Psi_{\rm c}*\Lambda\rangle - |\Lambda*\Psi_{\rm c}\rangle$ の部分から次のように有限の寄与が残ることがわかる。

$$De^{X+\varepsilon} - De^{X-\varepsilon} \simeq 2D\varepsilon e^X$$

この有限の項がちょうど massless vector state に比例しており、期待どおり massless vector state に対するゲージ変換の項が表われた。

同様に横波条件に対して調べた。正則化により有限に残る項を含めると、運動量方程式は以下のように求まる。

$$\left(\left(1-2^{-p^2}\right)\eta_{\mu\nu} + \sqrt{2}\,2^{-p^2}p_\mu p_\nu\right)\zeta^\nu = 0$$

このような弱い条件式しか得られず、期待される横波条件 $p_\mu\zeta^\mu = 0$ は再現されなかった。

[1] H. Hata, H. Kogetsu and S. Teraguchi, "Gauge structure of vacuum string field theory," [arXiv:hep-th/0305010].

[1] この発表は畑浩之氏、寺口俊介氏との共同研究 [1] に基づく。