Gauge Invariant Overlaps for Classical Solutions in Open String Field Theory[1]

理化学研究所　岸本 功
E-mail: ikishimo@riken.jp

Witten の cubic な開弦の場の理論におけるゲージ不変量として on-shell 閉弦状態 $|V_{\rm c}\rangle \equiv c_1\bar{c}_1|V_{\rm m}\rangle$ を用いて構成される $\mathcal{O}_V(\Psi)$(gauge invariant overlap) がある。これは開弦場 Ψ について線形で

$$\mathcal{O}_V(\Psi) = \langle\mathcal{I}|V(i)|\Psi\rangle = \langle\hat{\gamma}(1_{\rm c},2)|V_{\rm c}\rangle_{1_{\rm c}}|\Psi\rangle_2$$

と表される。ここで $\langle\mathcal{I}|$ は identity state で、$\langle\hat{\gamma}(1_{\rm c},2)|$ は open string Hilbert space と closed string Hilbert space をつなぐ vertex の１種の Shapiro-Thorn vertex である。我々は、$\mathcal{O}_V(\Psi)$ を１パラメータ λ を含む Schnabl 解 Ψ_λ について解析的および数値的に評価した。その結果 $\lambda = 1$ の場合にのみ非自明な値をもつことがわかった。これは、これまでに調べられていた別のゲージ不変量である作用の値の計算結果と整合する結果である。つまり $\Psi_{\lambda=1}$ が非自明な非摂動論的真空を表す解であり、$\Psi_{-1\leq\lambda<1}$ は pure gauge 解である、という従来の解釈がより確かなものになった。さらに、Schnabl 解が構成される以前に level truncation による数値解としてよく知られていた Siegel ゲージの解 $\Psi_{\rm N}$ に関しても数値的に計算し、Schnabl 解 ($\lambda = 1$) とほぼ同一の値を得た：$\mathcal{O}_V(\Psi_{\lambda=1}) \simeq \mathcal{O}_V(\Psi_{\rm N})$ (L_0-level $(10,30)$ 近似で 97% の精度。）この gauge invariant overlap に関する結果は、従来の作用の値の評価の結果と合わせて、Schnabl のタキオン凝縮解 $\Psi_{\lambda=1}$ と Siegel ゲージの数値解 $\Psi_{\rm N}$ が互いにゲージ同値であることを示唆している。また上記の gauge invariant overlap $\mathcal{O}_V(\Psi)$ の式の右辺に着目して Schnabl 解 $\Psi_{\lambda=1}$ を Shapiro-Thorn vertex を用いて closed string Hilbert space に写すと

$$\langle\hat{\gamma}(1_{\rm c},2)|\Psi_{\lambda=1}\rangle_2\mathcal{P}b_0^- = \frac{1}{2\pi}\langle B| + (\cdots)$$

となる。ここで $\mathcal{P}b_0^-$ は閉弦の場の理論の projection であり、$\langle B|$ は D25-brane をあらわす境界状態である。（右辺の残りの $(\cdots)$ の項は on-shell 閉弦状態 $|V_{\rm c}\rangle$ と内積をとるとゼロになる部分。）これは Schnabl 解と境界状態を直接関係づける式であり興味深い。

次に Schnabl/Kiermaier-Okawa-Rastelli-Zwiebach の marginal 解 $\Psi^{\rm S/KORZ}_{\lambda_{\rm m}}$ についても $\mathcal{O}_V(\Psi)$ を計算した。その結果得られた公式は、同じ marginal operator $\lambda_{\rm m}J$ から構成した別の形の Fuchs-Kroyter-Potting/ Kiermaier-Okawa による marginal 解 $\Psi^{\rm FKP/KO}_{\lambda_{\rm m}}$ に対する (Ellwood によって発見された) 公式と等しい。つまり $\mathcal{O}_V(\Psi^{\rm S/KORZ}_{\lambda_{\rm m}}) = \mathcal{O}_V(\Psi^{\rm FKP/KO}_{\lambda_{\rm m}})$ となっており、この２種類の marginal 解が互いにゲージ同値であるという期待と整合している。

以上、古典解 Ψ に対する $\mathcal{O}_V(\Psi)$ の計算結果は全て $\mathcal{O}_V(\Psi) = \mathcal{A}^{\rm disk}_\Psi(V) - \mathcal{A}^{\rm disk}_0(V)$ ($\mathcal{A}^{\rm disk}_\Psi(V)$ は Ψ における disk 上の closed string の１点関数) という Ellwood の提案した形になっている。

---

[1] 川野輝彦氏 (東大理)、高橋智彦氏（奈良女大理）との共同研究に基づく：
T. Kawano, I. Kishimoto, T. Takahashi, Nucl. Phys. B **803**, 135 (2008) [arXiv:0804.1541 [hep-th]]; arXiv:0804.4414 [hep-th]. I. Kishimoto, arXiv:0808.0355 [hep-th].