Off-shell Crosscap State and Orientifold Planes with Background Dilatons [1]

理化学研究所　中村　真
E-mail: nakashin@postman.riken.go.jp

最近の研究により背景の開弦タキオン場が期待値を持つことで D-brane の次元が変化することが判明している。それでは orientifold plane の次元は背景場の期待値の影響を受け得るのだろうか。この研究ではこのような疑問から出発し、背景場が時空座標に依存する期待値を持った場合に orientifold plane が受ける影響について考察した。

一般に、orientifold plane は弦の世界面上では crosscap として表現され、orientifold plane の次元の違いは crosscap state の違いとして表現される。そこで、この研究では背景場の存在下における RP^2 世界面を考え、crosscap state と背景場の関係を調べた。RP^2 は例えば半径 $r=1$ の disc の境界を 180 度反対の点と同一視しながら縫い合わせて出来る閉じた面であり、この場合「縫い目」に相当する non-trivial closed loop $\{(r,\sigma)|r=1, 0\leq\sigma<\pi\}$ (σ は角度方向の座標とする) が crosscap である。特にスカラー背景場 $\Phi(X)$ として dilaton を考えると、$\Phi(X)$ は世界面の曲率 R と couple するが、特に RP^2 世界面の crosscap 以外の部分の計量が $g_{ab}=\delta_{ab}$ となるゲージを選ぶと

$$\sqrt{g}R = 4\left\{r\ln r\cdot\delta'(r-1)+(2+\ln r)\delta(r-1)\right\}$$

のように曲率が crosscap 上に局在し、$\Phi(X)$ の寄与は

$$\frac{1}{4\pi}\int_{\text{全 } RP^2} drd\sigma\sqrt{g}R\Phi(X) = \frac{1}{\pi}\int_{crosscap} d\sigma\Phi(X)|_{r=1}$$

となる。つまり、この特別なゲージでは $\Phi(X)$ の寄与は crosscap 上のみに集中し、他の部分には現れない。我々はこのゲージにおいて crosscap 近傍の場 X^μ が従うべき crosscap 条件を求め、その条件を満たす一般的な crosscap state (off-shell crosscap state) を背景場が $\Phi(X)=\Phi_0+\frac{1}{2\alpha'}\sum_\mu u_\mu {X_\mu}^2$ ($0\leq u_\mu\leq\infty$) の形の配位を持つ場合について求めた。その結果、得られた off-shell crosscap state は

$$\langle C(u_\mu)|\propto\langle 0|\exp\left(-\frac{u_\mu}{2\alpha'}X_0^\mu X_0^\mu\right)\exp\left(-\sum_{m>1}\frac{(-1)^m(m-u_\mu)}{m(m+u_\mu)}\tilde{\alpha}_m^\mu\alpha_m^\mu\right)$$

となり、通常の crosscap state ($u_\mu\to 0$) とその T-dual ($u_\mu\to\infty$) をスムーズに結び、パラメータ u_μ は対応する orientifold plane の次元をコントロールすることが示された。また off-shell crosscap state を用いて RP^2 上の分配関数を u_μ の関数として求め、$u_\mu\to 0$ および $u_\mu\to\infty$ の極限をとって比べることで異なる次元の orientifold plane の tension の比を求めると、T-duality の議論で得られている正しい tension 比を再現することも確かめられた。以上の結果は $\Phi(X)$ が時空座標に依存する期待値を持つと orientifold plane の次元が変化することを示唆している。

これまでのところ、$\Phi(X)$ の期待値は手で与えており、そのダイナミクスは議論していない。今後の課題としては、背景場のダイナミクスも議論し $\Phi(X)$ がうまく期待値を獲得するような例を探す必要がある。また、$\Phi(X)$ が dilaton 場の場合、その期待値が大きい領域では弦の非摂動効果を考える必要もあり、これらについても考察していく必要がある。

[1] この研究は大阪市立大学の糸山浩氏との共同研究である。参考文献は hep-th/0201035、hep-th/0205163。