

論文内容の要旨

論文題目 : Aspects of Closed String Tachyons in Type II/Type 0 String Theory
(Type II/Type 0 弦理論における閉弦のタキオンの諸相)

氏名 信山 竜二

この博士論文では Type II 及び Type 0 弦理論に現れる様々な閉弦のタキオンについての考察を行う。タキオンとは光よりも早く伝播する粒子を意味しその存在は因果律を破るため一見して物理的な不整合を表すかのように思われるが、場の理論においてはこのような粒子は質量の 2 乗が負となることを意味し、単純にポテンシャルの不安定性を示唆している。即ちこの不安定性により一般にタキオンの真空期待値は原点から離れ有限となる方向に向かい、場合によってはある安定な真空に移行し得ることが知られている。弦理論においてもこのタキオンという粒子はしばしば現れ、弦理論に特有の不安定性に対応することが知られている。弦理論は現在の素粒子の統一理論における最も有力な候補の 1 つと考えられている一方でその性質は未だ完全には解明されていない部分が多く、タキオンに関する研究はその様々な現象論的応用への可能性と共に弦理論自体の性質を調べる上でも重要な位置付けとなることが期待されている。

弦理論におけるタキオンは大まかに開弦のタキオンと閉弦のタキオンの 2 種類に分類されるが、そのうち開弦のタキオンの振る舞いについては弦理論に現れる D ブレーンという物体の不安定性との対応を用いて詳細な理解が得られている。一方で閉弦のタキオンはそのタキオンが存在する時空自体の不安定性を示唆すると考えられ、それ故に開弦のタキオンと比してその解析及び解釈が非常に困難である。そのような閉弦のタキオンの中でも扱いが比較的容易なものとして局所化したタキオンというものを考えることが

出来る。局所化したタキオンが現れる場合として最も知られている系は Type II 弦理論におけるオービフォルドと呼ばれる時空で、その場合は実際にツイストモードのみにタキオンが現れるためタキオンによる不安定性はオービフォルドの固定点に局在することとなる。

この博士論文で考察するのは Type II 弦理論におけるオービフォルドの Ricci 平坦な変形であり、具体的にはまずそのような変形に起因するツイストモードの質量の (タキオンの) 補正 H_{int} を計算する公式を導く。 H_{int} は具体的にはオービフォルドの固定点における曲率テンソル R_{mnpq} および時空の回転対称性に付随したカレント $K_0^{mn}, \tilde{K}_0^{pq}$ を用いて

$$H_{\text{int}} = -\frac{\alpha'}{4} R_{mnpq} K_0^{mn} \tilde{K}_0^{pq}$$

という比較的平易な形に書き下されるが、この公式は一般的な系に応用可能であり、実際に公式を適用することにより様々な場合にオービフォルドの変形に対する質量の補正を得ることが出来る。

上記のような解析は Type II 弦理論における枠組みでなされているものであるが、ある種のオービフォルドの変形においてはその T 双対として Type 0 弦理論による記述が存在する点が非常に興味深い。特殊なコンパクト化を施した Type 0 理論では NS5 ブレーンと呼ばれる物体が閉弦のタキオンを誘引し、Type 0 弦理論と Type II 弦理論の T 双対性を用いることによってこの閉弦のタキオンが Type II 弦理論における閉弦のタキオンへ対応することが期待される。実際にそのような系を記述するオービフォルド及びその変形を調べることにより、Type II 理論においてもタキオンが現れることが確かめられ、Type 0 理論との対応を確認することが示される。特に興味深い系として Type 0 理論において NS5 ブレーンが 1 枚のみ存在する場合に、その T 双対は変形の寄与を除いて安定なオービフォルドとなるが、変形の寄与を加味することによりタキオンが 1 つのみ現れ、そのタキオンがその系における唯一のタキオンであることが示される。このタキオンに付随する不安定性は超対称性を破る Taub-NUT/ \mathbb{Z}_2 という時空の特異点の解消モードに対応するが、その特異点解消の不安定性がこの系に存在する唯一の不安定性であることはこの論文の結果で得られた新しい知見である。

また上で得られた公式は例えばオービフォルドの次元に関しても一般性を持ち、実際に論文中では空間の次元が 6 及び 8 となる例が示されるが更に広範な種類のオービフォルドに対する応用が期待される非常に有用な公式となっている。将来においてこのようなオービフォルドの変形により現れる閉弦のタキオンの振る舞いに関する研究においてはこの論文での手法により更なる知見が得られることが期待される。