

論文審査の結果の要旨

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なっている。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 乗が負となることに相当し、理論の真空がポテンシャルの極大点に存在することに対応している。この不安定性により一般にタキオンの場は真空期待値を獲得しポテンシャルが最小の値に移動する。そこでタキオンの無い安定な真空が実現される。この現象はタキオン凝縮と呼ばれる。弦理論においてもタキオンはしばしば現れ、弦理論に存在する様々な不安定性に対応することが知られている。弦理論のタキオンに関する研究はその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を持っている。

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。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、そのため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良く知られている系は 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。

この博士論文では Type II 弦理論におけるオービフォルドのリッチ平坦な変形を考察する。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

ビフォー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。この公式は一般的な系に適用可能であり、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ー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ールドの変形においてはその T 双対として Type 0 弦理論による記述に移る事が出来る。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配位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りこのタキオンが Type II 弦理論におけるタキオンへ対応することが期待される。この論文で実際にそのような系を記述するオービフォー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た。

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であるが、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。その特異点解消のモード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の一つである。

この論文は 2 名の研究者との共同研究に基づくものであるが、学位申請者が主体となって研究を行ったものでその寄与は十分であると判断する。審査員全員によりこの論文は博士（理学）の学位にふさわしいものと認める。