



Title	Anomalies and D-branes in the Dabholkar-Park background
Author(s)	和田, 博貴
Citation	大阪大学, 2025, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/101918
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏名(和田 博貴)	
論文題名	Anomalies and D-branes in the Dabholkar-Park background (アノマリーとDabholkar-Park背景のDブレーン)
論文内容の要旨	
<p>Dブレーンは開弦が端を持つことができる超平面であり、弦理論の非摂動的側面を理解する上で重要な役割を果たす。弦理論は通常、2次元の世界面の共形場理論を用いて摂動的に定式化される。興味深いことに、この摂動的な定式化からは一見異なるように見える弦理論が等価である場合がしばしば見られる。特に、強結合領域と弱結合領域が対応する双対性は、摂動的定式化を超えて弦理論を理解するための有用な手がかりとなる。安定なDブレーンは双対変換の下で安定な物理的状態に対応すると考えられるため、与えられた弦理論における安定なDブレーンを調べることは、双対性への理解を深める上で必要不可欠である。</p> <p>タキオン凝縮に基づく議論によりDブレーンの電荷がK理論で分類されることが知られているが、近年の対称性とアノマリーに関する進展によって、K理論による分類が世界面の理論のアノマリーを通じて理解できることが明らかになってきた。弦理論を定式化する際、典型的には世界面の理論が持ついくつかの対称性がゲージ化される。しかし、閉弦に対応する境界のない世界面ではゲージ化を妨げるアノマリーが現れなくても、Dブレーンを導入して境界のある世界面を考える場合にはアノマリーが発生することがある。このような場合、アノマリーを相殺するために、境界上を伝搬する1次元のマヨラナフェルミオンを導入する必要が生じる。Dブレーンの安定性や張力といったいくつかの性質は、この導入された1次元のマヨラナフェルミオンに由来する。</p> <p>本論文では、Dabholkar-Park (DP) 背景におけるDブレーンを世界面の理論の観点から調べた。DP背景は、円周にコンパクト化されたタイプIIB弦理論において特定の対称性をゲージ化することによって得られる9次元のオリエンティフィオールド理論である。特筆すべき点として、DP背景の強結合領域は、AOB背景と呼ばれる別の9次元弦理論の弱結合領域に対応することが知られている。我々は、K理論によるDP背景のDブレーンの分類の一部が、世界面の理論のアノマリーの解析から導き出せることを示した。特に、対応するK理論の周期が4であることを、世界面のボゾンの寄与を考慮することで説明した。また、円周に巻き付いたDブレーンの安定性をはじめとするいくつかの性質が、世界面の理論のアノマリーの情報から導き出せることを明らかにした。</p> <p>さらに、この解析に基づき、我々はDブレーンを閉弦のヒルベルト空間の状態として構成した。その結果、K理論による分類を正確に再現できることを確認した。加えて、非BPSブレーンに関して、円周の半径に応じて安定なブレーン配位が変化することを示した。</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏名	(和田 博貴)
論文審査担当者	(職)	氏名	
	主査	教授	西岡 辰磨
	副査	教授	大野木 哲也
	副査	教授	兼村 晋哉
	副査	准教授	山口 哲
副査	助教	広野 雄士	

論文審査の結果の要旨

博士論文「Anomalies and D-branes in the Dabholkar–Park background」の論文審査の結果の要旨は、下記の通りである。

D ブレーンは閉弦が端を持つことができる超平面であり、弦理論の非摂動的側面を理解する上で重要な役割を果たす。弦理論の双対性において、D ブレーンの安定性は理論の一貫性を確保する上で不可欠であり、その電荷の分類が K 理論を通じて記述されることが知られている。特に、最近の研究では K 理論による D ブレーンの分類が世界面理論のアノマリーを通じて理解できることが明らかになってきた。ただし、これは時空が 10 次元ミンコフスキーハイドロゴン上の Type I、Type II と呼ばれる超弦理論についてのものであり、より一般の超弦理論でも同様のことが成り立つかは未解明であった。

本論文では 10 次元空間のうち 1 次元をコンパクト化した時空の一つである Dabholkar–Park (DP) 背景における D ブレーンの性質を詳細に解析し、その安定性や分類が世界面の理論のアノマリーの情報を用いて説明できることを示した。この模型は強結合領域の振る舞いが AOB 背景と呼ばれる別の模型の弱結合領域と双対であることから、多くの模型の中でも超弦理論の非摂動効果を探る上で重要な模型と考えられている。

和田氏は、DP 背景における D ブレーンの K 理論分類の一部が、世界面理論のアノマリー解析を通じて導き出せることを示し、この中で DP 背景のアノマリーが超弦理論のフェルミオンセクターだけでなく 1 次元コンパクト化したボゾンセクターからも生じることを発見した。これは 10 次元ミンコフスキーハイドロゴン上の超弦理論にはなかった特徴である。その上で K 理論の周期が 4 であることを上記の世界面のボゾンの寄与を考慮することで説明できることを明らかにした点は特筆すべきである。また、 S^1 に巻き付いた D ブレーンの安定性を含むいくつかの性質が、世界面の理論のアノマリーの情報から導き出せることを示した。

さらに、D ブレーンを閉弦のヒルベルト空間の状態として構成することで、D ブレーンを含む理論の遷移振幅を定量的に計算する方法を与えた。これを応用することで、K 理論による分類を正確に再現するだけでなく、その非自明な生成元がどの開弦状態に対応するかを具体的に示した。この解析を基に、非 BPS ブレーンに関して S^1 の半径に応じた安定なブレーン配位の変化を示し、D ブレーンの安定性に対する新たな視点を提供している。

本論文の成果は、弦理論における D ブレーンの性質とその分類に関する理解を深めるものであり、特に世界面の理論のアノマリーを用いた解析は、K 理論との関係をより明確にする上で重要な役割を果たしている。これらの成果は、弦理論の双対性の理解にも貢献し、理論の一貫性を確保する上で有用な知見を提供する。

和田氏の研究は、弦理論における D ブレーンの分類と安定性に関する理解を深めるとともに、K 理論と世界面理論のアノマリーの関係を明らかにする新たな知見を与える優れた成果である。よって、本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。