

Title	M-theory Perspectives on Codimension-2 Defects
Author(s)	森, 裕紀
Citation	大阪大学, 2017, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/61517
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

論文内容の要旨

氏名 (森 裕 紀)

論文題名

M-theory Perspectives on Codimension-2 Defects
(M理論に基づく余次元2欠陥演算子の解析)

論文内容の要旨

本論文では、超対称ゲージ理論における余次元2の欠陥演算子の解析を行う。余次元2の欠陥演算子はWilson線演算子に代表される非局所演算子の一種であり、場の量子論における様々な性質を解明するために重要な役割を担う演算子である。しかし幾つもの精力的な試みがなされているにもかかわらず、余次元2の非局所演算子の性質はその多くがまだ謎のままである。一方で近年、6次元超対称共形場理論から低次元における幅広いクラスの場の理論の構成手法が発展してきており、この意味で6次元超対称共形場理論は場の理論におけるある種の起源であると捉えられるようになってきた。さらに、この6次元理論は量子重力を統一する究極理論の候補であるM理論において自然に現れる。つまりM理論の確立のためには6次元超対称共形場理論の理解が不可欠であり、そのような観点からこの理論は重要な研究対象となっている。M理論にはM2ブレーンとM5ブレーンの二種類の力学的物体が存在し、M5ブレーン上の場の理論として6次元超対称共形場理論が実現される。そしてこの6次元理論はその物理的自由度として通常の点粒子ではなく自己双対な弦により記述される。この自己双対弦はM5ブレーンに端を持つM2ブレーンの境界として与えられる。6次元超対称共形場理論において本来自己双対弦は張力を持たないが、そのような物体の解析は非常に困難である。そこで自己双対弦の物理から6次元超対称共形場理論の力学を解明しようとする試みの一つとして、M弦と呼ばれる自己双対弦のモデルが提唱された。このモデルは自己双対弦にわずかに張力を持たせて既知の手法を応用しその性質を解析できるようにしたものである。本論文ではこのM弦の立場から6次元超対称共形場理論における余次元2の欠陥演算子に関する解析を行った。まずM理論において、M弦の存在する6次元超対称共形場理論を実現するM5ブレーンに交差するM2ブレーンを導入することで、余次元2欠陥演算子が適切に構成出来ることを見出した。そして二通りの計算手法を用いて2次元トーラスにコンパクト化されたM弦の分配関数を求めこの構成法の妥当性を確認した。一つ目は位相的バーテックスと呼ばれる弦理論から構築される場の理論においてBPS状態の数を与える手法である。M弦を構成するM理論の系は双対性により位相的バーテックスを用いることの出来る弦理論と結びつけることができ、余次元2欠陥演算子を含むM弦の系にも応用が可能であることが判明した。この手法は双対性に基づいているという意味で間接的ではあるが、計算が比較的容易で一般のM弦の分配関数を系統的に求めることが出来る。二つ目は局所化を用いて厳密計算される楕円種数という量である。これは2次元トーラス上の分配関数であり、トーラスにコンパクト化されたM弦の寄与を直接計るものである。楕円種数の計算は一般に複雑であるが、簡単な場合に実行してみると位相的バーテックスの結果と完全に一致した。さらにこの計算結果から、ここで採用した構成法に基づく6次元超対称共形場理論の余次元2欠陥演算子はM弦に対してある演算子として作用することがわかり、ヤング図で特徴づけられるその作用の仕方を同定した。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (森 裕 紀)		
	(職)	氏 名
論文審査担当者	主 査	教授 橋本 幸士
	副 査	教授 大野木 哲也
	副 査	教授 越野 幹人
	副 査	准教授 山口 哲
	副 査	助教 飯塚 則裕
論文審査の結果の要旨		
<p>博士論文「M-theory Perspectives on Codimension-2 Defects (M理論に基づく余次元2欠陥演算子の解析)」の論文審査の結果の要旨は、下記の通りである。</p> <p>M理論とは、type IIA型超弦理論の強結合極限として出現する理論であり、時空次元は11次元、そしてそこに現れるダイナミカルな物体としてはM2ブレーンとM5ブレーンの二種類があると考えられている。この理論は重力を含む力と物質の統一理論の重要な側面を担っていると考えられるが、理論の定式化はなされておらず、様々な状況における個別の研究が集成している現況である。</p> <p>本博士論文では、平行なM5ブレーンが2枚ほぼ重なっている場合のM5ブレーン上の理論について、その間に橋渡しの形で存在するM2ブレーンの分配関数を計算することにより、研究を行っている。本論文では特に、M5ブレーンに他のM5ブレーンが余次元2で交差する場合、M2ブレーンの分配関数に対するその寄与を、二通りの方法で計算している。</p> <p>M5ブレーンが2枚以上ある場合の、M5ブレーン上の理論は、様々な性質が知られているものの、その作用の形は書かれていない。しかし一方で、M2ブレーンはM5ブレーンに端を持つことができるため、M5ブレーン間を橋渡しするM2ブレーンは、M5ブレーン上の自己双対弦としてみることができ、その分配関数がM5理論の一部となることが考えられる。これをM弦と呼ぶ。2013年にHaghighatらは、M弦の分配関数を、トポロジカルバーテックスを用いたBPS状態数の数えあげの方法と、type IIA理論へ落としてからD2ブレーンの上の理論の局所化を用いる方法、の二通りで計算した。本論文は、そこにさらにもう一つのM5ブレーンを刺し、余次元2の欠陥が入った場合のM5理論を考察している。</p> <p>Haghighatらと同様にトポロジカルバーテックスを用いた計算では、geometric transitionを用いることにより計算が簡素化されることを発見し、最終的なM弦の分配関数に対する余次元2の欠陥の寄与が因子として分離された形になることを見た。また、局所化を用いる方法でも、flavor D4ブレーンを導入した効果となることを見、分配関数の結果は第一の方法と一致することを見た。</p> <p>これらは数学的に非自明であるだけでなく、M理論の新たな側面に光を当てた。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。</p>		