The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Wilson Loops in Five Dimensional Cohomological Field Theories
Author(s)	野間, 唯
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/48751
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。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

【30】

氏　　名	野　間　　唯（の　ま　ゆい）
博士の専攻分野の名称	博　士（理　学）
学　位　記　番　号	第　２１７４５　号
学位授与年月日	平成 20 年３月 25 日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当 理学研究科物理学専攻
学　位　論　文　名	Wilson Loops in Five Dimensional Cohomological Field Theories （五次元位相的場の理論に於ける Wilson loop についての研究）
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　細谷　　裕 （副査） 教　授　東島　　清　　教　授　窪田　高弘　　准教授　後藤　竜司 准教授　波場　直之

論　文　内　容　の　要　旨

五次元コホモロジカルなゲージ理論での観測量のひとつである Wilson loop の期待値を厳密に計算した。

五次元コホモロジカルゲージ理論は四次元での Donaldson-Witten 理論のアナログであり、それは Nekrasov によって提唱された。五次元コホモロジカルゲージ理論での観測量は、Donaldson-Witten 理論と同様にゲージ不変性、計量非依存性および BPS 条件から強く制限が加わる。五次元方向に巻き付いた Wilson loop 及び Chern-Simons 形式から作られる観測量はその例である。これ以外の観測量は報告されておらず、また作ることも難しいと思われる。五次元コホモロジカルゲージ理論の分配関数及び観測量の相関関数は、結合定数に依らないということが理論の位相的不変性の帰結として得られる。そのことから理論を経路積分形式で定式化したときに、その無限次元の積分領域を古典解であるインスタントンのモジュライ空間上の積分にまで落とすことができる。インスタントンのモジュライ空間の構成法は ADHM 構成と呼ばれるものが知られている。しかし一般にインスタントンモジュライ上の積分、たとえばその体積などは発散し、意味のある結果を導かない。それ故、五次元コホモロジカルゲージ理論の分配関数及び観測量の相関関数を計算するのは大変困難である。

一方で、五次元コホモロジカルゲージ理論をオメガ背景場と呼ばれる背景場で考える事により、理論のコホモロジカルな構造がドラームコホモロジーから同変コホモロジーへ変更される。理論を同変にすることにより、我々は局所化公式という積分を評価する強力な方法が使える。それによりインスタントンモジュライ上の積分を厳密に計算することが可能となる。

五次元コホモロジカルゲージ理論の特徴の一つに理論がインスタントンモジュライ上の超対称量子力学に簡約出来ることがある。私は五次元方向に巻き付いた Wilson loop の超対称性量子力学での解釈を与え、さらにそれが普遍束の Chern character を与えることを示した。特に Wilson loop の一点関数がインスタントンモジュライ上のディラック作用素の指数で与えられることも導いた。さらに Wilson loop の一点関数及び生成汎関数を局所化の公式をもちいて厳密に計算した。

オメガ背景場での五次元コホモロジカルゲージ理論の分配関数は、位相的弦理論の振幅と一致する。これは一種のケージ/ストリング対応の表れと考えることができる。また Chern-Simons 結合定数は、Calabi-Yau 多様体のフレー

ミングと呼ばれる量に対応することが分かっている。さらに理論のある種の Z_N に因る商を考えることにより、非可換 U(1) ゲージ理論の分配関数から可換 SU(N) ゲージ理論のそれが出ることも知られている。それらのことを考えると、今回計算した Wilson loop も対応する重力または弦理論の対象があることが期待される。

論文審査の結果の要旨

超弦理論はゲージ場だけでなく、重力を含む量子論として唯一、整合性のある理論である。弦には開いた弦と閉じた弦があるが、この二つの種類の弦の理論の間には双対性があることが知られている。低エネルギーでは、この双対性は、ゲージ理論と重力理論の対応として現れる。論文「Wilson Loops in Five Dimensional Cohomological Field Theories」では、ゲージ理論として５次元のコホモロジカルな理論をとりあげ、量子効果を完全にとりいれた厳密な関係式を導き、強く相互作用する系での物理的性質を明らかにしようとするとともに、将来、対応する重力理論を同定し、超弦理論の理解を深めようとする。この論文で、このコホモロジカルな理論での５次元目の円をまわる Wilson loop 演算子の厳密な相関関数をもとめ、更に、それをインスタントンモジュライ空間上での超対称量子力学に関係づけたのは斬新であり、今後、ゲージ理論および超弦理論の理解を深める上で重要である。よって、本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値のあるものと認める。