

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	コバノフ型絡み目不変量とホモトピー的量子場の理論
Title(English)	Khovanov type link invariant and homotopy quantum field theory
著者(和文)	田神慶士
Author(English)	Keiji Tagami
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9701号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:カルソン 夕シ,遠藤 久顕,小島 定吉,服部 俊昭,村山 光孝
Citation(English)	Degree:, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9701号, Conferred date:2015/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名		田神 慶士	
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名	
	主査	カールマン タマシユ	准教授	審査員	村山 光孝	准教授	
	審査員	小島 定吉	教授				
		遠藤 久顕	教授				
		服部 俊昭	准教授				

論文審査の要旨（2000 字程度）

結び目理論は、空間内の単純閉曲線の幾何的な複雑さを研究する分野である。この分野は前世紀を通じて大いに発展し、2000 年以降はコバノフホモロジーの発見に伴いその発展が加速された。コバノフホモロジーは、それ以前のジョーンズ多項式という革新的な考えをさらに深めた代数的な方法により定義されており、自明な結び目を特徴付けるという画期的なものである。本論文は「Khovanov type link invariant and homotopy quantum field theory」と題し、コバノフホモロジーに関する申請者による研究をまとめたものであり、導入とコバノフホモロジーの紹介に続く 5 つの章からなっている。

第 1 章「Introduction」では、本論文の主題であるコバノフホモロジーと位相的量子場の理論についての先行研究を述べた後、以下に続く 6 つの章の概要を記している。

第 2 章「Khovanov homology」ではコバノフホモロジーとそれに関連した不変量の定義を述べている。

第 3 章「Khovanov homology of cable links」では、結び目のケーブリングに対するコバノフホモロジーの最大ホモロジー次数を計算した。関連する先行研究として、Stosic により、特定のトーラス絡み目に対するコバノフホモロジーの最大ホモロジー次数が計算されている。トーラス絡み目は自明な結び目のケーブリングとすることができるが、本章の結果は、Stosic の結果を任意の結び目へ拡張したと言える。

第 4 章「Khovanov homology under twisting」では、第 3 章の結果をもとに、絡み目の一部をねじる操作におけるコバノフホモロジーの最大ホモロジー次数の漸近挙動を予想した。特に、平行に並んだ二本の紐を十分多くねじった場合に、コバノフホモロジーの最大ホモロジー次数の挙動を決定している。

第 5 章「The Rasmussen invariants of almost positive knots」では、概正結び目と呼ばれるある結び目のクラスに対して、0 次のコバノフホモロジーを計算し、応用としてそのラスムッセン不変量を決定している。定義から概正結び目は正結び目と非常に似ている結び目であると思える。本章のラスムッセン不変量に関する結果は正結び目の場合と同じ計算結果になっている。従って、本章の結果はこれらに類似する性質を提示したことになる。またこの結果から、正結び目は等質結び目であるが概正結び目は等質結び目ではない、ということがわかる。概正結び目と正結び目の違いはほとんど知られていなかったが、本章の結果は、これらの幾何的な違いの一つを記述したことになる。

第 6 章「Homotopy quantum field theory」では、extended crossed group algebra と呼ばれる代数を定義し、その代数と (1+1) 次元のホモトピー的量子場の理論の間に一対一の対応があることを示している。Turaev は crossed group algebra と「向き付けを仮定した (1+1) 次元のホモトピー的量子場の理論」の間に一対一の対応があることを示している。本章では、Turaev の証明を応用して、向き付けを仮定しない場合の結果を示している。

第 7 章「Khovanov type invariants and HQFTs」では、ホモトピー的量子場の理論を用いてコバノフホモロジーを曲面上の直線束に埋め込まれた絡み目へ拡張している。Bar-Natan は位相的量子場の理論を用いてコバノフホモロジーを説明している。本章では、Bar-Natan の証明がそのまま適用できるような状況設定を行い、自然な形でコバノフホモロジーを拡張している。そのため、構成や不変性の証明はシンプルなものとなっている。また、コバノフホモロジーが持つ基本的な性質が拡張後も成り立つことがわかる。

以上、本論文は、コバノフホモロジーの新たな性質、興味深い応用、さらなる拡張について述べられており、理学上貢献するところが大きい。よって本論文は、博士（理学）の学位論文として十分に価値があるものと認める。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。