

学 位 論 文 題 名

Twisted $D = N = 2$ superspace formulation

(ツイストされた $D = N = 2$ 超空間の定式化)

学位論文内容の要旨

本論では、ツイストされた $D=N=2$ 超空間上での理論を構成し、Wess-Zumino および Yang-Mills タイプで記述される理論が、それぞれ、ツイストされた $N=2$ 超対称性を持つことが知られている量子化された $D=2$ BF 理論および $D=2$ topological Yang-Mills 理論の拡張になっていることを示した。

ツイストとは、フェルミオンの表現をスピノールから反対称テンソルに変換する操作のことであり、時空が 2 次元の場合、ツイストされた超空間上でのフェルミオンは、スカラー、ベクトルおよび疑スカラーで表現される。超場はその空間上での関数であり、表現を与えると各成分の変換則が得られる。超場の一般的表現は可約であるが、ある種の制限を課すことでツイストされたカイラルやベクトルのマルチプレットが得られる。超空間上での定式化の利点の一つは、変換則が定義されることであり、これまでに知られている超対称性を持つ理論の変換則は、発見法的に見つけるしかなかった。

ツイストされた超対称変換のスカラー生成子は、一般にべき零性を持っている。ある種のトポロジカルな場の理論では、量子化の際に導入される BRST 生成子をこのスカラー生成子と見なし、ツイストされた超対称な理論になっていることが知られている。ここでは、そのような理論として知られている 2 次元の BF 理論と topological Yang-Mills 理論に注目する。

$D=2$ BF 理論をローレンツ・ゲージをとって BRST 量子化をすると、 $N=2$ 超対称性を持つ作用が得られることが知られている。我々の定式化では、カイラルな超場で記述される Wess-Zumino タイプの作用がこの理論の拡張になっていて、この拡張された BF 理論が、ディラック・ケーラーの機構を通して $D=N=2$ Wess-Zumino 理論と等価なことが示された。その際、量子化に伴って現れたゴースト・フェルミオンが、ディラック・ケーラーのフェルミオンを構成することがわかった。

一方、Kawamoto と Tsukioka によると、 $D=2$ topological Yang-Mills 理論にインスタントン条件を課し、ある種の量子化をすると、ツイストされた $N=2$ 超対称性を持つ Yang-Mills 理論が得られる。この理論には、カイラルおよびベクトル超場で記述されるゲージ不変な Yang-Mills タイプの作用が対応しているがわかった。

我々が調べたモデルでは、ツイストされた超空間におけるゴースト・フェルミオンが、ディラック・ケーラーのフェルミオンを構成する。ディラック・ケーラーの作用は、通常のスピノールで記述されるディラック作用の曲がった時空間上への拡張

と考えることができる。重力を含んだ統一模型を記述する際に、このディラック・ケーラーのフェルミオンが重要な役割を果たすと期待しており、我々の定式化の4次元へ拡張は興味ある問題である。

学位論文審査の要旨

主査	教授	河本	昇
副査	教授	石川	健三
副査	教授	加藤	幾芳
副査	助教授	中山	隆一
副査	助教授	鈴木	久男

学位論文題名

Twisted $D = N = 2$ superspace formulation

(ツイストされた $D = N = 2$ 超空間の定式化)

申請者はこの論文に於いて、ツイストされた $D=N=2$ 超空間上での新しい定式化を提案し、それに基づいてスカラー超場を用いた Wess-Zumino 及びベクター超場を用いた Yang-Mills タイプで記述される理論が、それぞれ、ツイストされた $N=2$ 超対称性を持っている量子化された 2 次元の BF 理論及び 2 次元の topological Yang-Mills 理論の拡張になっていることを発見した。

その結果、これまでトポロジカルな場の理論で知られていたツイストと言う操作の新しい解釈を与えていることが明らかになった。またこれは新しいタイプの定式化になっており、量子化の際に発生する BRS 対称性の変換の生成子が $N=2$ 超対称性のスカラー部分に対応している事が示された。これまでベクター超対称性として部分的に発見されていた BRS 対称性の生成子の仲間は実は義スカラーを加えて $N=2$ 超対称性を構成している事が明かに成った。それと同時にこのツイストされた超空間上の定式化は、Dirac-Kaehler フェルミオンとして知られている反対称テンソル場を用いたフェルミオンの定式化と本質的に結びついており、ツイストは実は Dirac-Kaehler フェルミオンの定式化そのものである事を明かにした。即ち、量子化の際に発生するゴーストが、ツイストと言う操作で物質場としてのフェルミオンに変化する機構は、Dirac-Kaehler フェルミオンと呼ばれるフェルミオンの定式化に他ならないという重要な事実を指摘しており、それがまた超対称性と本質的に結びついているという新たな発見をした事に対応しており高く評価できる。

上記の研究成果により審査員一同、申請者が博士（理学）の学位を受けるのに十分な資格があるものと認めた。