

氏名	矢野 航平		
学位の種類	博士 (理学)		
学位記番号	第 6333 号		
授与報告番号	乙第 2833 号		
学位授与年月日	平成 28 年 12 月 22 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当者		
学位論文名	One-loop superstring amplitudes and genus one super-Green's function (1-ループ超弦振幅と種数 1 の超グリーン関数)		
論文審査委員	主査 教授	糸山 浩	副査 教授 石原 秀樹
	副査 准教授	丸 信人	副査 准教授 森山 翔文

論文内容の要旨

There are four fundamental forces in nature. String theory has been developed as a candidate for quantum gravity which unifies the all four forces. String theory predicts higher dimensional spacetime than the four-dimensional spacetime we live, and extra dimensions are considered to be compactified (by an orbifold as an idealized example), not being observed at the low-energy scale. There are few articles which are dedicated to calculate explicitly one-loop amplitudes with more than one external line on orbifolds.

In this thesis, we derive genus one super-Green functions under the general boundary condition in σ and τ directions twisted by an arbitrary respective angle. Using these Green functions, we calculate one-loop amplitudes on the Z_2 orbifold as a prototypical example in the case of non-maximal supersymmetry.

In order to derive these super-Green functions on torus, we start from the eigenmode expansion. Exploiting partial fractions, we find out that the bosonic part is given by an infinite series consisting of a hypergeometric function. This structure is consistent with the calculations of tree amplitudes under a constant B field. Using Ramanujan's formula in analytic number theory, we reveal that the fermionic part can be written in terms of the Jacobi theta functions.

As an application of the super-Green function, we calculate one, two and three point one-loop amplitudes on the Z_2 orbifold, and obtain the non-vanishing result for the three point amplitude. In the case of maximal supersymmetry where one, two and three point one-loop amplitudes vanish due to the non-renormalization theorem in QFT, non-vanishing amplitudes start from four. Our string theory computation confirms that the theorem of this type in QFT does not hold in the case of non-maximal supersymmetry. Uses of the Riemann identity have simplified our final results greatly.

論文審査の結果の要旨

自然界には重力、電磁気力、強い力および弱い力という 4 つの力が存在する。超弦理論は、量子重力を含む 4 つの力の統一理論の中で最も有望なものみなされている。ミクロの理論物理学の実験的検証は、振幅と呼ばれる量を通じて行なわれる。本論文では、超弦理論における one-loop 振幅計算が大きなテーマとなっている。本論文の内容は、第一部と第二部に大別される。第一部では、振幅計算に必要な超 Green 関数を構成した。後述する orbifold 等のコンパクト化時空中での振幅を計算する場合、最も一般的な「捻れた」境界条件を満たす Green 関数が必要となる。超 Green 関数は bosonic および fermionic な Green 関数から成るが、本論文では、bosonic な部分は部分分数分解と無限和の公式を用いることにより超幾何関数の無限和で書け、また fermionic な部分は解析数論における Ramanujan の和公式を用いることで Jacobi テータ関数により記述できることを示した。この様にして、一般化された境界条件の下での超 Green 関数を、顕に構成することに成功した。第 2 部では、第 1 部で構成した超 Green 関数を用いて、orbifold 上での 1, 2 および 3 点の 1-loop 振幅を計算した。超弦理論は 10 次元時空を予言するが、我々が住む 4 次元時空以外の 6 次元空間はコンパクト化されている。本論文では厳密に解け、かつ素粒子物理学において重要と考えられている Calabi-Yau や K3 曲面への toy model を与える T_4/Z_2 orbifold コンパクト化を考察し、0 とならない多点振幅を得た。汎用性の高い超 Green 関数の構成、及びこれまで殆ど研究されてこなかった平坦でない時空中での多点振幅の計算は、今後の当該学問分野の進展に対して極めて有益である。よって、本論文は博士 (理学) の学位を授与するに値するものと審査した。