

Renormalizability of the Type-I Neveu-Schwarz-Ramond Open Thermal Superstring

立教大 理 中川 弘一

近年、Leblancらにより、^{1), ~ 8)} thermofield dynamics (TFD) ⁹⁾ に基づく有限温度における超弦理論が研究されている。特に、TFD形式は熱的場のくり込みを実行する際に非常に有効である。したがって、TFD形式によって定式化された熱的超弦のくり込み可能性を調べてみることは興味深い問題の1つである。

Leblanc¹⁾ は conventional representation of thermal propagator (CRTP) に基づくTFDの計算法にしたがい、熱的開ボゾン弦およびI型Neveu-Schwarz-Ramond (NSR) 熱的開超弦の1ループ振幅を計算し、赤外発散のくり込みについて議論した。CRTPは通常の熱的場の理論をTFD形式で定式化する場合に広く用いられていたものであるが、この表示法により、熱的開ボゾン弦およびI型NSR熱的開超弦の1ループ振幅に現われる赤外発散のくり込み見通し良く実行することは困難である。この困難を解決するために、Leblanc²⁾ は improved representation of thermal propagator (IRTP) を提案し、この表示法に基づいて、Neveu-Scherkの方法¹⁰⁾ により熱的開ボゾン弦のくり込みを実行した。さらに、Fujisakiと Nakagawa^{6), ~ 7)} はIRTPに基づくTFD形式における熱的開ボゾン弦のくり込み可能性を詳しく検討し、次の結果を得た。まず、熱的開ボゾン弦のくり込みならびにゲージ不変性の熱的安定性が、1ループ平面振幅のNeveu-Scherkの方法による正則化をとおして、明かにされた。つぎに、熱的開ボゾン弦のくり込み可能性に関する最高温度として、一般に知られていた開ボゾン弦のHagedorn温度 $\beta_0^{-1} = 1/4\pi\sqrt{\alpha'}$ より高い温度 $\beta_H^{-1} = 1/2\pi\sqrt{2\alpha'}$ が出現することが示された。ここで、 α' はRegge slope parameterである。従って、これらの研究の発展として、IRTPに基づくTFD形式によって、ゼロ温度において確立されたGliozzi-Scherk-Olive (GSO) の方法により射影されたI型NSR開超弦の10次元時空における超対称性とゲージ不変性の熱的安定性を調べることがこの報告の目的である。なお、紙面の都合上、計算の詳細は参考文献8) をご覧いただくことにし、ここではその概略を述べる。

まず、IRTPに基づくTFDの計算法に従い、GSO射影を施したI型NSR熱的開超弦模型におけるmassless vector boson の1ループ平面振幅の表式を導出した。つぎに、その有限温度におけるmassless vector boson の1ループ平面振幅の温度依存実部のくり込み可能性を調べ、Neveu-Scherkの正則化法を実際に適用し、温度依存実部がゼロエネルギーにおいてゼロになることを確かめた。さらに、有限温度におけるmassless vector boson の1ループ平面振幅の温度依存虚部は、Neveu-Scherkの正則化法を用いずに、ゼロエネルギーにおいてゼロになることを示した。以上のことから得られた結果は次のとおりである。第1に、有限温度におけるmassless vector boson の1ループ平面振幅に現われる赤外発散のうちtachyon tadpoleによる発散は、ゼロ温度の場合と同様、有限温度においてもGSO射影によって無くなっていることがわかった。第2に、赤外発散のうちdilaton tadpoleによる発散について次のことが明らかになった。温度領域 $\beta^{-1} < \beta_m^{-1}$ においてdilaton tadpoleによる発散は現われない。ここで

$\beta_m^{-1} = 1/\pi\sqrt{2\alpha'}$ である。また、温度領域 $\beta_m^{-1} \leq \beta^{-1} < \infty$ において出現する dilaton tadpole による発散は Neveu-Scherk subtraction により除去可能である。さらに、赤外発散のうち見かけ上の 1 次発散は、温度によらず、Neveu-Scherk off-shell continuation により回避できる。したがって、Neveu-Scherk の方法による有限温度における massless vector boson の 1-ループ平面振幅の正則化をとおして、IRTP に基づく TFD 形式での I 型 NSR 開超弦の 10 次元時空における超対称性とゲージ不変性の熱的安定性が任意の有限温度において保証されることが明かになった。第 3 に、I 型 NSR 熱的開超弦のくり込みに関する臨界温度として、一般に知られていた I 型 NSR 開超弦の Hagedorn 温度 β_H^{-1} よりも高い温度 β_m^{-1} が現われることが確かめられた。この β_m^{-1} は、Leblanc¹¹⁾ により温度の双対性の観点から指摘された混成弦の最高温度と一致する。

以上述べた IRTP に基づく TFD 形式は I 型 NSR 熱的開超弦に限らず、II 型 NSR 熱的閉超弦および混成弦の取扱についても有効であると思われる。この形式により有限温度における II 型 NSR 熱的閉超弦および混成弦の諸性質を調べてみることは今後の興味深い研究課題である。

参考文献

- 1) Y. Leblanc, Phys. Rev. D36 (1987), 1780; D37 (1988), 1547.
- 2) Y. Leblanc, Phys. Rev. D39 (1989), 1139.
- 3) E. Ahmed, Int. J. Theor. Phys. 26 (1988), 1135; Phys. Rev. Lett. 60 (1988), 684.
- 4) H. Fujisaki, Prog. Theor. Phys. 81 (1989), 473; Rikkyo Univ. Preprint RUP-90-1 (1990).
- 5) H. Fujisaki, K. Nakagawa and I. Shirai, Prog. Theor. Phys. 81 (1989), 565; 570.
- 6) H. Fujisaki and K. Nakagawa, Prog. Theor. Phys. 82 (1989), 236.
- 7) H. Fujisaki and K. Nakagawa, Prog. Theor. Phys. 82 (1989), 1017; 83 (1990), 18.
- 8) K. Nakagawa, Rikkyo Univ. Preprint RUP-90-2 (1990).
- 9) 例えば、H. Umezawa, H. Matsumoto and M. Tachiki, *Thermo Field Dynamics and Condensed States* (North-Holland, Amsterdam, 1982).
- 10) A. Neveu and J. Scherk, Nucl. Phys. B36 (1972), 317.
- 11) Y. Leblanc, Phys. Rev. D38 (1988), 3087.