9 次元コンパクト化された PP-wave 上の弦理論

東京大学大学院理学系研究科　井手口 恒太
E-mail: ideguchi@hep-th.phys.s.u-tokyo.ac.jp

AdS/CFT 対応は弦 (重力) 理論とゲージ理論の間の双対性をいうもので、近年大くの研究がなされてきた。しかし、AdS 上の弦理論は量子化することが難しく、この分野の研究に対する大きな制限を与えていた。そのような中、2002 年に PP-wave/CFT 対応という AdS/CFT 対応の特別な形の対応が提唱された。$\mathrm{AdS}_5 \times S^5$ 空間のあるペンローズ極限で得られる PP-wave 上の弦理論は量子化可能であり、この対応によって、弦のモードと CFT のオペレータの対応が見えた。

上記の背景から様々な PP-wave 上の弦理論を調べることはとても有用であると考えられる。我々は Maximally supersymmetric な PP-wave 上の弦理論をコンパクト化することを考えた。

PP-wave には交換しないトランスバース方向の並進対称性がある。これらの並進対称性を用いてコンパクト化することを考える。これらの交換子はライト・ライク方向の生成子となるため、コンパクト化に用いる離散群が閉じるためにはライト・ライク方向にもコンパクト化する必要がある。

PP-wave のコンパクト化を考える際には並進対称性を見易くするために、トランスバース方向を回転座標にした座標を用いるのが便利である。我々はこの設定のもとで、最も一般的な場合のトランスバース方向 T^8 コンパクト化を考えた。トランスバース方向に加えてライト・ライク方向もコンパクト化されるので合わせて 9 次元がコンパクト化の影響を受ける。

PP-wave の回転座標で弦の運動を見た場合、系は定磁場のかかった平面上を電荷を持つ弦が運動すると見なせることが分かっている。そのために、弦のゼロ・モードはランダウ準位となり、重心位置には非可換性が出てくる。そのため、8 次元のトランスバース運動量の内 4 成分だけがラベルできる。

弦の物理状態のスペクトラムは、コンパクト化で用いた離散群の作用で不変な状態で、さらにレベル一致条件を満たすものである。離散群は非アーベル群であり、群の弦の状態への作用で状態の winding 数が変化する。そのため、不変な状態をラベルするためには運動量を離散化するという単純なコンパクト化とは違い、きちんと考える必要がある。実際に上手く状態をラベルすることができ、物理状態の詳細なスペクトラムを得ることができた。スペクトラムは massive モードの励起数、ゼロモードの励起数 (普通の PP-wave の半分の数 (4 つ))、ゼロモードの運動量 (4 つ)、トランスバース winding 数 (8 つ (T^8))、ライト・コーン運動量、ライト・コーン winding 数で指定される。コンパクト化の影響で運動量は離散化される。特に、トランスバース運動量は離散化された上にある箱の中の値をとる。

この系の超対称性であるが、元の 32 個のうちの半分が壊れ 16 個が残る。

このコンパクト化された PP-wave が何らかの AdS 背景のペンローズ極限で得られるかどうかは分かっていない。そのため、この系とゲージ理論との関係はまだ分かっていない。