Spectrum of Eleven-dimensional Supergravity on a PP-wave Background

KEK & 大阪大学大学院 理学研究科　木村 哲士[1]
E-mail: tetsuji@post.kek.jp

かつて、単に低次元時空超重力理論を統一的に扱うことができる数学的道具としてのみ見做されていた 11 次元超重力理論は、現在、M 理論の低エネルギー理論であろうと目されているのは周知の事実である。M 理論の理解はまだ遥かに遠いが、低エネルギーではどのような理論になるのかを再検討する必要はまだまだあると思われる。

11 次元超重力理論は 32 個の超電荷を持っているが、これが実現される時空は現在迄に Minkowski, $AdS_4 \times S^7$, $AdS_7 \times S^4$ そして "*Kowalski-Glikman (KG)* 解" のみが知られている。この最後の KG 解の計量は

$$\mathrm{d}s^2 \;=\; -2\mathrm{d}x^+\mathrm{d}x^- - \Big[\Big(\frac{\mu}{3}\Big)^2 \sum_{\widetilde{I}=1}^{3}(x^{\widetilde{I}})^2 + \Big(\frac{\mu}{6}\Big)^2 \sum_{I'=4}^{9}(x^{I'})^2\Big](\mathrm{d}x^+)^2 + \sum_{I=1}^{9}(\mathrm{d}x^I)^2$$

で与えられる。これは $AdS_{4(7)} \times S^{7(4)}$ の Penrose 極限で実現されるものであり PP-wave background と呼ばれる。更にこの時空は $\mu \to 0$ 極限で Minkowski となる。

我々はこの計量の周りで線型化された超重力理論を考察し、重力子、重力微子、3 階のゲージ場の揺らぎのエネルギースペクトラムを導出した。光錐座標を用いるため重力多重項のハミルトニアン固有値は縮退しない。揺らぎの場は互いに複雑に絡みあいながら、ボソンの自由度とフェルミオンの自由度が丁度 **128** ずつ登場する:

エネルギー ($\times\frac{1}{2}\mu$)	ボソン (自由度)			フェルミオン (自由度)		自由度
4	$\overline{h}(1)$					1
7/2				$\psi_{\mathrm{L}}^{\oplus\parallel}(8)$		8
3	$\overline{H}_{\widetilde{I}J'}(18)$	$\mathcal{C}^{\oplus}_{I'J'K'}(10)$				28
5/2				$\psi^{\oplus\perp}_{\widetilde{I}\mathrm{R}}(16)$	$\psi^{\oplus\perp}_{I'\mathrm{L}}(40)$	56
2	$\mathcal{C}_{\widetilde{I}J'K'}(45)$	$h^{\perp}_{\widetilde{I}\widetilde{J}}(5)$	$h^{\perp}_{I'J'}(20)$			70
3/2				$\psi^{\oplus\perp}_{\widetilde{I}\mathrm{L}}(16)$	$\psi^{\oplus\perp}_{I'\mathrm{R}}(40)$	56
1	$H_{\widetilde{I}J'}(18)$	$\mathcal{C}^{\ominus}_{I'J'K'}(10)$				28
1/2				$\psi^{\oplus\parallel}_{\mathrm{R}}(8)$		8
0	$h(1)$					1

得られたスペクトラムは KG 解上の行列模型で記述される超膜理論のゼロモードのハミルトニアン固有値と一致する。この結果は KG 解上の超膜理論 (行列模型) が、KG 解周りに線型化された超重力理論を内包することを支持し、M 理論とその低エネルギー有効理論に対する理解が進んだことを示唆する。超重力理論と超膜理論 (行列模型) の相互関係に対する理解をさらに進展させるには、M(atrix) theory で議論される平坦時空の場合と同様に、KG 解上での超重力理論、超膜理論 (行列理論) それぞれの散乱振幅を計算し、比較検討する事が重要である。また、上の結果は $AdS_{4(7)} \times S^{7(4)}$ 上のスペクトラムと対応する事も非常に興味深い。

参考文献

[1] T. Kimura and K. Yoshida, "*Spectrum of Eleven-dimensional Supergravity on a PP-wave Background*," hep-th/0307193.

[1] 吉田健太郎氏 (KEK) との共同研究。