Superstrings on PP-Wave Backgrounds and Symmetric Orbifolds

東京大学大学院理学系研究科物理学専攻　疋田泰章
E-mail: hikida@hep-th.phys.s.u-tokyo.ac.jp

最近 AdS/CFT 対応として知られる、超重力理論あるいは超弦理論と超対称ゲージ理論の双対性が盛んに研究されている。最も研究されている例は、$AdS_5 \times S^5$ 空間上の超弦理論と 4 次元の超対称ゲージ理論との対応であるが、$AdS_5 \times S^5$ 空間上の超弦理論の量子化が知られていないため、超重力理論の範囲内でしか対応を調べることができなかった。ところが最近、Berenstein、Maldacena、Nastase [1] によって、Penrose 極限と呼ばれる極限を取ることによってより広い領域でも対応の成り立つことが示された。超弦理論側は Penrose 極限をとることによって pp-wave 背景上の超弦理論となり、量子化できるようになる。その超弦理論の状態が、超対称ゲージ理論側では、ほとんど BPS な状態 (超対称性によってほとんど量子効果を受けない状態) と一対一対応していることが示された。

ここでは、$AdS_3 \times S^3 \times T^4$ 空間上の超弦理論と AdS_3 空間の境界に住んでいる 2 次元の理論との双対性を、Penrose 極限を取ることによって調べた \ citeHS。$AdS_3 \times S^3 \times T^4$ 空間上の超弦理論は、Q_1 個の D1-brane と Q_5 個の D5-brane を T^4 に巻き付けた配位の、horizon 近傍に注目した系で現れる。ただし、ここでは簡単のため、S 双対をとって基本弦と NS5-brane の系に移ることにする。その場合、$AdS_3 \times S^3 \times T^4$ 空間上の超弦理論は NSNS-flux しか存在していないため、Wess-Zumino-Witten 模型を用いて比較的簡単に扱うことができる。また、双対な理論は D1/D5 の系の有効理論として得られ、Symmetric orbifold $((T^4)^{Q_1 Q_5}/S_{Q_1 Q_5})$ を target とする 2 次元の超共形場理論で記述できることが知られている。この次元の AdS/CFT 対応は、境界の理論が 2 次元の超共形場理論になっており、他の次元の場合よりも対称性が大きいため、より深く双対性を調べられると期待できる。また、関係の深い 5 次元ブラックホール物理への応用も興味深い。

$AdS_3 \times S^3 \times T^4$ 空間上の超弦理論の Penrose 極限を取ると、Nappi-Witten 模型 (の一般化したもの) \ citeNW になることが知られている。ここでは Nappi-Wiiten 模型を自由場表示を用いることで調べ、実際に超弦理論のスペクトルを DDF 演算子を用いることで構成した。また双対な超共形場理論の方では、Penrose 極限は大きな R 電荷 (超対称性に関係する電荷) をもつほとんど BPS であるような状態に注目することに対応する。この理論のスペクトルは一般的な Orbifold の技術を使うことで調べることができ、実際に両者を比較した。今までは、超重力理論の状態と BPS 状態との対応しか示されていなかったが、Penrose 極限を取ることによって、超弦理論側のスペクトルが双対な超共形場理論のほとんど BPS な状態で再現できることを示した。ただし、Hilbert 空間としては双対な超共形場理論の方が広くなっていることが分かった。これからの課題としては、超弦理論側で存在していなかった状態 (おそらく非摂動論的な状態) を構成することや、RR-flux の入っている場合を調べて \ citeBMN の論文と比較することなどがある。

参考文献

[1] D. Berenstein, J. M. Maldacena and H. Nastase, JHEP **0204**, 013 (2002) [arXiv:hep-th/0202021].

[2] Y. Hikida and Y. Sugawara, JHEP **0206**, 037 (2002) [arXiv:hep-th/0205200].

[3] C. R. Nappi and E. Witten, Phys. Rev. Lett. **71**, 3751 (1993) [arXiv:hep-th/9310112].