

AdS/CFT 対応に基づくグルーオン散乱振幅の解析と 2 次元可積分模型

京都大学基礎物理学研究所 初田泰之

E-mail: hatsuda@yukawa.kyoto-u.ac.jp

近年、AdS/CFT 対応と呼ばれるゲージ理論と超弦理論の間の双対性を利用して、ゲージ理論の強結合ダイナミクスを弦理論の弱結合領域の解析から知ろうとする研究が活発に行われている。最もよく知られている AdS/CFT 対応は 4 次元 $\mathcal{N} = 4$ 超対称 Yang-Mill 理論と $AdS_5 \times S^5$ 上の IIB 型超弦理論の間の双対性である。

2007 年、Alday と Maldacena は $\mathcal{N} = 4$ 超対称 Yang-Mill 理論の強結合領域におけるグルーオンの散乱振幅を AdS/CFT 対応を用いて計算する手法を提唱した。彼らは超弦理論における T 双対性の一種を考えることにより、グルーオンの散乱振幅と light-like な辺をもつ多角形 Wilson ループの期待値の間に等価性があることを予想した。AdS/CFT 対応によれば、強結合領域における Wilson ループの期待値は、AdS 空間内で同一のループを境界条件として持つ極小曲面の面積によって与えられるので、結局弦理論側ではこのような極小曲面の面積をいかに計算するかという幾何学的な問題に帰着する。素朴には AdS 空間をターゲットとする 2 次元非線形シグマ模型における、light-like 多角形ループを境界条件に持つ弦の古典解を構成する必要があるが、具体的な解は特別な場合を除いてこれまでのところ構成されていない。

しかし 2009 年に Alday、Gaiotto と Maldacena はシグマ模型の古典解をあらわに構成せずとも、開弦の極小曲面の面積を計算出来ることを示した。彼らの結論は、熱力学的ベータ仮説 (TBA) 方程式と呼ばれる可積分な 2 次元場の理論でよく知られている積分方程式を解き、その自由エネルギーおよび Y 関数と呼ばれる量が分かれば、それらから極小面積が計算できるというものである。どのような可積分模型の TBA 方程式が対応するのかは、グルーオンの数によって決まる。

[1] において、我々は極小曲面が AdS_3 部分空間にあるような特別な場合には、TBA 方程式は homogeneous sine-Gordon 模型と呼ばれる既知の可積分系のもので同一であることを見出した。一般に TBA 方程式を解析的に解くことは難しいが、特別な極限付近では厳密な結果を得ることが出来る。[2] では、このような TBA 系の高温極限付近の展開を考え、その結果を利用することで、10 点までの強結合散乱振幅の解析的表式に得ることに成功した。得られた結果は TBA 方程式を数値的に解いて評価したものと十分な精度で一致することが確かめられた。また現在準備中の [3] では、より多点の散乱振幅についても同様の高温展開が可能であることを示した。このように可積分性を通じて、4 次元のゲージ理論と 2 次元の場の理論が関係していることは興味深い。

References

- [1] Y. Hatsuda, K. Ito, K. Sakai and Y. Satoh, JHEP **1004**, 108 (2010).
- [2] Y. Hatsuda, K. Ito, K. Sakai and Y. Satoh, JHEP **1104**, 100 (2011).
- [3] Y. Hatsuda, K. Ito, and Y. Satoh, in preparation.