

論文審査の結果の要旨

論文提出者氏名 島田英彦

重力の量子論の無矛盾な定式化は理論物理学における最大の難題のひとつであるが、超弦理論はそれに対するほぼ唯一の候補であると同時に、ゲージ理論に基づく素粒子の統一理論の枠組みをも与え、非常に豊かな内容を持った理論となっている。

この超弦理論の研究の進展の中で、近年 AdS/CFT 対応と呼ばれる、ゲージ理論と重力理論（あるいは弦理論そのもの）の間のある種の等価性が予見され、様々な形でそれを示す試みや、あるいはそれに基づく場の理論の研究が精力的に行われている。

これは、D ブレインと呼ばれる様々な次元の拡がりをもつ、一種のソリトン的な対象が超弦理論に存在し、その所謂地平線付近をあるパラメータ極限をとりながら取り出すことで、AdS 空間が得られるのであるが、一方で D ブレイン上の弦の励起からは超対称ゲージ理論が得られ、これが AdS 空間の境界上の理論に対応している。

興味深いのは、このとき境界上のゲージ理論の量子論的な相関関数が、ある種の極限で AdS 空間上の半古典的作用積分によって表されてしまう点である。

これまでのところ、具体的に対応関係が一定の確実性をもって理解できているのは AdS 空間（バルクと呼ぶ）側で弦理論のゼロモード、即ち重力子の場のみが関与するような場合のみである。しかしながら対応関係は弦の他のモードを含むような場合にも拡張されると予想されている。これを具体的に議論することは未だ技術的に難しいのであるが、pp-wave 近似と呼ばれる極限付近では、ある程度調べられるように最近になってきた。

このような背景の下に、島田氏の研究は、むしろ近似を使わずに、弦理論とゲージ理論の対応関係が成立していたとした場合に、相関関数などの間にどのような具体的対応関係が成り立つべきかを、いくつかの仮

定は置きつつもできる限り一般的に論じ、その上で上記の pp-wave 近似を当てはめることで、その一般の場合の係数関係を同定していくという方法論を展開した。

その結果、一般の配位の 3 点相関関数をゲージ理論と比較できる形で求め、またバルク側の弦の有効場の理論における相互作用でそれまで提唱されていた項の不定性に対するひとつの解釈を与えることができた。

具体的には、超重カレベルでの対応関係で提案されていた GKP/W 関係式を弦理論レベルまで拡張し、それを展開するための基底を提案している。その基底は pp-wave 極限で BMN 演算子と対応する弦理論側の基底に一致するようにとられており、その極限での情報から展開係数に対する一連の関係式を得ることが出来る。一方、共形不変性を課すことで、例えば三点関数の関数形が制限でき、それを先の一般式と比較することで、三点関数の規格化因子を展開係数で表すことができたのである。

島田氏のプログラムを完全に遂行するには、技術的に克服すべき点も多々あるが、大変独創性に富む野心的なアプローチであることは間違いなく、審査員一同高い評価をもって、博士（学術）の学位にふさわしい研究成果であると認める。