

( 続紙 1 )

京都大学	博士 ( 理学 )	氏名	川口 維男
論文題目	Integrable deformations of principal chiral models and the AdS/CFT correspondence		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>AdS/CFT 対応は現在の素粒子物理学において最も精力的に研究されているテーマの一つである。これは AdS 空間を標的空間とする弦 (重力) 理論と共形場理論の間の等価性の予想であり、弦理論の双対性に基づいて提唱された予想である。この対応関係は強・弱双対性であることが知られており、その研究において弦理論あるいは場の理論の可積分構造が重要な役割を果たしてきた。実際、対称性と可積分性の要請から決定される可積分な長距離相互作用するスピン鎖模型を用いることで、弦理論および場の理論における摂動計算の結果を高次まで再現できることが知られている。このような AdS/CFT 対応における可積分構造の存在は、特に4次元理論の側からみた場合に非自明であり、ある意味では弦理論の双対性を通じて2次元的な理論である弦理論の可積分構造が、4次元の場の理論へ誘導されたと看做すことが可能である。このような状況を踏まえ、本論文では AdS/CFT 対応の可積分変形について考察している。特に弦理論の側から可積分変形を考えることで、4次元の場の理論に対する可積分変形に対する知見を得ることを視野に入れて分析を進めている。</p> <p>本論文で具体的に議論されたのは、3次元球面を標的空間とする非線形シグマ模型 (SU(2)主カイラル模型) の可積分変形である (3次元AdS空間を標的空間とする非線形シグマ模型、すなわちSL(2, R)主カイラル模型の可積分変形も同時に考察した)。これは比較的単純な標的空間の例であり、より興味のある場合 (AdS<sub>5</sub>×S<sup>5</sup>上のIIB超弦など) を考察する前のステップとして、分析することは有益である。SU(2)主カイラル模型は有理型の可積分模型であることが知られているが、本論文ではその一変数変形である三角型への変形を提案した。対応する標的空間は3次元squashed球面として知られているものになり、結局、「3次元squashed球面を標的空間とする非線形シグマ模型」の古典可積分構造を議論することと等価である。</p> <p>本論文では、Squashedシグマ模型の可積分構造は標的空間のアイソメトリー、SU(2)<sub>L</sub> × U(1)<sub>R</sub>に基づいて2種類の記述を持つことを示した。また、それぞれの記述に応じた無限次元対称性が存在することを示している。一つの記述は SU(2)<sub>L</sub> に基づく記述であるが、そのラックス対は有理型であり、それに伴って SU(2)<sub>L</sub> は su(2)<sub>L</sub> ヤンギアンへと拡大する事が示された。もう一つの記述は U(1)<sub>R</sub> に基づくものであるが、そのラックス対は三角型であり、U(1)<sub>R</sub> は量子アファイン su(2)<sub>R</sub> へと拡大する。</p> <p>さらに、この2種類の記述が等価であることも示している。2種類の記述は相異なる可積分系の類に属しているため、従来の解釈では、両者の等価性は成り立たないと考えられる。実際、両者のスペクトルパラメータの空間のトポロジーは異なっているが、本論文では、その空間を再解釈することによって、不一致は解消でき、両者が等価であることを示した。</p> <p>本論文では、さらに、squashedシグマ模型に Wess-Zumino項を加えた場合や、3次元Schrodinger時空を標的空間とする場合への拡張も議論し、そこでも類似の可積分構造が見られることを示した。</p>			

(続紙 2 )

(論文審査の結果の要旨)

AdS/CFT対応は現在最も精力的に研究されているテーマの一つであるが、本論文はその可積分変形の可能性について考察している。特に弦理論の側から可積分変形を考えることで、4次元の場の理論の可積分変形に対する知見を得ることを視野に入れて、考察を進めている。

まず、squashedシグマ模型というシグマ模型の変形を提案し、その模型が2種類の記述を持ち、それぞれに応じた無限次元対称性が存在することを示し、さらに、その2種類の記述が等価であることを示した。従来の見地からは、2種類の記述は相異なる可積分系の類に属しているため等価ではないと考えられるが、実際は、この不一致が解消可能であることを示した。これは従来 of 可積分模型の研究で素朴に信じられてきた「1つの可積分模型は1つの可積分系の類にしか属することができない」という常識を覆すインパクトを持つ結果である。

さらに、squashedシグマ模型に加えて、Wess-Zumino項を加えた場合や、3次元Schrodinger時空を標的空間とする場合への拡張も議論し、そこでも類似の可積分構造が見られることを示した。特にSchrodinger時空は、非相対論的な共形対称性をもつ場の理論に双対な重力解であると考えられており、本論文の結果に基づいて、AdS/NRCFT対応に対する知見がひろがることが期待される。

また最近、本論文に基づいて、AdS<sub>5</sub> × S<sup>5</sup>上のIIB超弦理論の可積分変形が議論されており、大変興味深い進展を見せている。

以上で述べたように、本論文の結果は、可積分系自身および AdS/CFT対応への応用の両面において、今後の方向性を示唆するすぐれたものである。よって、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成26年1月16日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公表可能日：                      年              月              日以降