

( 続紙 1 )

京都大学	博士 ( 理学 )	氏名	奥村 傑
論文題目	Integrable deformations in 2D dilaton gravity models 可積分変形に基づいた2次元ディラトン重力模型の研究		
(論文内容の要旨)			
<p>紫外領域における重力の振る舞いを理解することは、素粒子論における中心的な課題の一つである。場の理論の相互作用はくりこみ群の観点からmarginal、relevant、irrelevantの三種類に分類される。marginalやrelevantな作用は古くから多くの研究成果がある一方で、irrelevantな作用は十分に研究がなされていなかった。なぜならば、前二者と異なりirrelevantな作用は赤外領域から紫外領域へのフローを意味し、紫外領域に行くにつれ無限個の相互作用項を誘起するため、普遍的な性質を示さず系統的な解析が困難だからである。しかし、重力はirrelevantな作用であり、その性質を理解することは、古典重力理論から量子重力理論へ至る重要な知見を与える。</p> <p>本論文では、近年提案された2次元場の理論における<math>T\bar{T}</math>変形に注目し、2次元ディラトン重力系との関係について議論している。<math>T\bar{T}</math>変形は系のエネルギー・運動量テンソルの行列式によって誘起される変形として定義され、irrelevantな摂動になっている。<math>T\bar{T}</math>変形はirrelevantでありくりこみ不可能であるにもかかわらず、系の可積分性を保つ変形になっており、系のスペクトルや分配関数などの物理量が計算可能である。さらに驚くべきことに、<math>T\bar{T}</math>変形は重力や弦理論と密接に関係していると考えられている。例えば自由スカラー場の理論に対して<math>T\bar{T}</math>変形を実行すると弦理論の南部・後藤作用が得られる。<math>T\bar{T}</math>変形と重力の関係を調べることで、紫外領域における重力の振る舞いに対して新しい知見が得られると期待される。</p> <p><math>T\bar{T}</math>変形と重力の関連を示す重要な成果として、Dubovskyらによる2次元ディラトン重力系の議論が挙げられる。彼らはJackiw-Teitelboim (JT) 模型と呼ばれる、AdS時空を背景に持つ2次元ディラトン重力模型から出発して、その平坦時空極限 (flat-space JT模型) を解析した。その結果、flat-space JT模型と任意の物質場とが結合した系における重力摂動が、元の物質場理論の<math>T\bar{T}</math>変形として解釈可能であることが示された。つまり、古典的な重力摂動による場の理論への補正を議論することができ、実際に重力摂動によるS行列への補正が先行研究内で評価されている。しかし、この議論は平坦時空周りかつ特定のディラトン重力模型に対してしかなされていなかった。</p> <p>本論文は、Dubovskyらによる先行研究の一般の2次元ディラトン重力模型に対する拡張を試み、曲がった時空周りでの重力摂動と場の理論のirrelevantな摂動との関係を明らかにしたものである。はじめに、一般のディラトンポテンシャルを持つ2次元ディラトン重力模型と物質場が結合した系における重力摂動が解析されている。2次のon-shell作用を計算することで、重力摂動が物質場理論の<math>T\bar{T}</math>変形として解釈されるためには、ディラトンポテンシャルと物質場に一定の条件が課されることが示されている。また、JT模型と共形対称な物質場が結合した系を詳しく解析し、具体的な重力解の構成に成功した。さらに興味深い例として、負の宇宙定数をもつLiouville重力系における重力摂動を議論し、共形不変性を仮定することなく、重力摂動がAdS時空上における<math>T\bar{T}</math>変形として解釈可能であることを指摘している。</p>			

(続紙 2 )

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、 $T\bar{T}$ 変形と呼ばれる場の理論の可積分な変形と重力理論との関係性を明らかにするために、2次元ディラトン重力系における重力摂動の解析を行ったものである。一般のポテンシャルを持つ2次元ディラトン重力模型と物質場が結合した系を考察し、運動方程式の解を代入して2次の作用を評価することで、重力摂動を元の物質場の $T\bar{T}$ 変形として再解釈できるための条件が導かれる。この議論により一般の背景時空に対しては重力作用を $T\bar{T}$ 変形として単純には解釈できないことが初めて明らかになった。一方で、条件を満たすディラトンポテンシャルを考察し、いくつかの例が構成されている。その一つがJT模型である。JT模型の場合は共形不変な物質場と結合した場合は、重力摂動がAdS時空上における元の物質場理論の $T\bar{T}$ 変形として解釈できることが示されている。さらに、具体的な重力解を構成して、ディラトン場の解が非局所的な解になっていることが指摘されている。こうした非局所解は変形された理論に対するホログラフィック双対な理論を同定する上で重要な役割を果たすと期待される。

しかしJT模型の場合は、無限小変形の場合にのみこの議論が適用でき、有限のパラメータに対して拡張することができない。なぜならば $T\bar{T}$ 変形はirrelevantであり、物質場の共形不変性を破ってしまうためである。この問題を回避する模型として、負の宇宙項を持つLiouvilleディラトン重力系が本論文で提案されている。この模型は真空解としてAdS時空を含むことが知られている。この系における重力摂動を解析することで、物質場理論が共形不変であるかによらず、重力摂動がAdS時空上での $T\bar{T}$ 変形として解釈できることが示されている。この場合の重力解も具体的に構成され、再びディラトン場が非局所的な解で記述されることが本論文の成果として明らかになった。さらに、このLiouville重力模型はYang-Baxter変形の手法を援用することでJT模型から導出できる。Yang-Baxter変形とはsigma模型の系統的な可積分変形の手法の一つであり、超弦理論の分野において近年盛んに研究されている手法である。Yang-Baxter変形された時空には一般に時空の境界付近に特異性が現れるが、こうした時空構造の変形とその性質を理解することで、 $T\bar{T}$ 変形した場合におけるゲージ重力対応に対しての新しい理解を与えると期待される。Liouville重力は高次元Einstein重力理論に埋め込むことが可能であり、本論文での2次元の議論を高次元理論の観点から理解できると期待される。

以上のように、本論文は $T\bar{T}$ 変形と2次元ディラトン重力系における重力摂動との関係を一般化し、重力作用による場の理論へのirrelevantな摂動に対して重要な知見を与えたものである。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、令和3年1月19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