

Title	Holographic Entanglement Entropy in the dS/CFT Correspondence and Entanglement Entropy in the Sp(N) Model( Abstract_要旨 )
Author(s)	Sato, Yoshiki
Citation	Kyoto University (京都大学)
Issue Date	2016-03-23
URL	<a href="https://doi.org/10.14989/doctor.k19494">https://doi.org/10.14989/doctor.k19494</a>
Right	
Type	Thesis or Dissertation
Textversion	ETD

( 続紙 1 )

京都大学	博士 ( 理学 )	氏名	佐藤 芳紀
論文題目	Holographic Entanglement Entropy in the dS/CFT Correspondence and Entanglement Entropy in the $Sp(N)$ Model		
(論文内容の要旨)			

ホログラフィー原理(ゲージ/重力対応)は、量子重力が、より次元の低い場の理論と等価であるという予想であり、量子重力を構築するための指導原理になる可能性が期待されている。具体的な例としてAdS/CFT対応が挙げられるが、それは、反de Sitter時空(AdS時空)上の重力理論と、時空の境界上で定義された共形場理論(CFT)とが1対1に対応していることを主張している。これをさらに進めて、ホログラフィー原理に基づいて、現実の宇宙を記述しようとするのは興味深い試みであるが、そのためには、正の宇宙定数を持つde Sitter時空(dS時空)と場の理論との対応(dS/CFT対応)を解明することが必要となる。本論文は、dS/CFT対応についての申請者の研究成果をまとめたものである。

dS/CFT対応はdS時空上の重力理論とdS時空の時間無限遠方で定義された共形場理論との間の双対性であると予想される。dS時空は形式的にAdS時空の二重解析接続として得られるため、dS/CFT対応もAdS/CFT対応の解析接続として定義できるのではないかと予想されていたが、比較的最近になり、4次元dS時空の高階スピンゲージ理論が、3次元 $Sp(N)$ 反可換スカラー場模型と双対であることが、解析接続により示された。しかし、解析接続によるdS/CFT対応の構成はこのようにうまくいく例もあるが、一般には、ゴーストが現れ、理論が病的になってしまうことが多い。

一方、AdS/CFT対応においては、笠・高柳公式により、場のエンタングルメント・エントロピーを時空の極小曲面に結びつけることができ、ホログラフィック・エンタングルメントエントロピー(HEE)とよばれている。これは、ブラックホール・エントロピーの公式を一般化したものであり、ブラックホールの場合と同様に、dS時空や、漸近的dS時空でも成り立つと期待される。本論文では、この点に着目して、dS/CFT対応におけるHEEについての一般的な議論を展開している。

本論文では、まず、Einstein重力理論の場合に、dS時空上のHEEの公式を提案している。双対な場の理論はdS時空の時間無限遠方に住むと予想されるため、そこに端を持つ極小曲面をHEEの考えるのが自然であるが、そのような極小曲面は、実空間では存在しない。そのため、本論文では、AdS時空における極小曲面を解析接続し、複素座標に拡がった曲面を考え、それを用いてHEEの公式を提案し、さらに、漸近的dS時空の場合への拡張も議論している。

さらに、提案の正当性を確かめるために、得られた極小曲面と $Sp(N)$ 模型のエンタングルメント・エントロピーとの比較を行っている。 $Sp(N)$ 模型のハミルトニアンはエルミートではないため、通常の内積は時間発展のもとで保存しないが、適当な擬ユニタリー演算子を導入することで、ハミルトニアンを擬エルミートにできる。本論文では、この擬ユニタリ一性を考慮して、 $Sp(N)$ 模型におけるエンタングルメント・エントロピーを定義し、その性質を詳しく調べている。その結果、極小曲面の面積とエンタングルメント・エントロピーが確かに一致していることを示した。

(続紙 2 )

(論文審査の結果の要旨)

以上のように、申請者は、de Sitter 時空におけるホログラフィックエンタングルメント・エントロピーの公式を提案し、その整合性を確認するために $Sp(N)$ 反可換スカラー模型について詳しい解析を行い、エンタングルメント・エントロピーの定式化および、その具体的な計算を行っている。さらに、えられた結果を詳細に解析することにより、dS/CFT対応がAdS/CFT対応の解析接続として定式化できるのは、重力側の理論の次元が4の整数倍に限られるという事実に言及している。本論文の解析によると、現実の4次元の宇宙をホログラフィックに記述するためのdS\_4/CFT\_3対応は、AdS\_4/CFT\_3対応の解析接続として定式化できるが、一方で、最も簡単な双対性であるdS\_3/CFT\_2対応は解析接続としては、定式化できないということになる。この結果は、dS時空上のスカラー場の2点関数から得られる結果とも矛盾がなく、今後の更なる解析が待たれる。また、将来、ホログラフィー原理に基づいて現実の宇宙を記述する試みが発展する可能性があるが、その際に、本論文でえられた結果が重要な役割を果たすことが期待される。

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28年1月15日、論文内容とそれに関連した事項について口頭試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公表可能日： 年 月 日以降