



Title	Study of Holography for Three Dimensional Spin-3 Gravity Coupled to a Scalar Field [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	鈴木, 智貴
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第13563号
Issue Date	2019-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/74288
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Tomotaka_Suzuki_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士 (理 学) 氏 名 鈴 木 智 貴

審査担当者	主査	准教授	中 山 隆 一
	副査	教 授	鈴 木 久 男
	副査	教 授	小 林 達 夫
	副査	講 師	末 廣 一 彦

学 位 論 文 題 名

Study of Holography for Three Dimensional Spin-3 Gravity Coupled to a Scalar Field
(スカラー場と結合した 3 次元スピンの 3 重力に対するホログラフィーに関する研究)

博士学位論文審査等の結果について (報告)

近年、超弦理論に基づく反ドジッター (AdS) 時空の重力理論とこの時空の無限遠境界上のコンフォーマル不変な場の理論 (CFT) の双対性に関する研究が盛んに行われており、いわゆる AdS/CFT 対応の正しさについての証拠が積み上げられてきている。しかし、この対応関係が通常の重力理論のみに限られるのか、それとも重力理論の対称性を拡張した場合にも成り立つかどうかについては、今後の発展が待たれている状況にある。そのような拡張された重力の例として 3 次元スピン 3 重力理論がある。この理論は超弦理論の tensionless 極限と考えられており、まだ運動方程式しかなく、完全な定式化がされていない Vasiliev の 4 次元高スピンゲージ理論を単純化したものとなっている。

物質場と相互作用しない 3 次元スピン 3 重力理論は $SL(3, \mathbb{R}) \times SL(3, \mathbb{R})$ Chern-Simons ゲージ理論を用いて定義できることがわかっており、境界上には W_3 代数の対称性が現れることが知られている。一方、スカラー場など物質場がスピン 3 重力と相互作用する場合には、これまで作用積分による定式化の方法は知られていなかった。本学位論文は、3 次元反ドジッター (AdS₃) 時空を 8 次元の補助的空間内の 3 次元超曲面とみなす定式化を用いることにより、 W_3 変換の幾何学的意味づけを明らかにし、スピン 3 重力理論を扱うためのこれまでにない新しい観点を与えたものである。この定式化を用いることにより、3 次元スピン 3 重力理論のスカラー場との結合系の 8 次元における作用積分を用いた定式化が可能になり、その運動方程式の解を 3 次元超曲面に制限することによりスカラー場と結合する 3 次元スピン 3 重力を記述することができるようになった。本論文ではさらに、3 次元スピン 3 重力のバルク理論の状態を境界上の CFT のヒルベルト空間において再構築することや、CFT の相関関数に対する GKPW dictionary の確立によって、この拡張された重力理論においてもホログラフィー的な双対性が成り立っていることを示した。

具体的な内容は次のとおりである。バルク中のスカラー場の状態は、 W_3 対称性の中心電荷 c の無限極限である $SU(1, 2) \times SU(1, 2)$ 対称性の半分の対称性をもつ状態として構成される。この状態は 8 次元の補助的空間である $SU(1, 2)$ 群多様体内のスカラー場の運動方程式を満たす。余分な 5 次元座標はこの群多様体の $AdS_3 = SU(1, 1)$ によるコセット空間 $SU(1, 2)/SU(1, 1)$ の座標となっている。 W_3 代数は境界の 2 次元座標のコンフォーマル対称性の他に新しい対称性を含むが、これは単に内部空間の対称性ではなく、時空の座標変換と切り離せない変換である。そのため、3 次元空間の座標以外に新しい座標が必要となる。また、この 8 次元空間中に埋め込まれた 3 次元の超曲面が実際の 3 次元空間にあたるが、動径座標 y の紫外 (UV) 極限 $y \rightarrow 0$ をとることで、境界上の

CFT が W_3 真空上のものから、新しい対称性である $W_3^{(2)}$ 代数対称性をもつ CFT にフローすることが示された。さらにスカラー場の運動方程式の境界値問題の解をスカラー場の作用に代入することにより、半古典近似の重力の分配関数が CFT の分配関数と一致することが示された。また、スピン 3 重力の重力場とスピン 3 ゲージ場を導く運動方程式が 8 次元のゲージ平坦条件の形で与えられることを示し、この運動方程式を導く作用積分が得られた。そして、この運動方程式を解くことにより、新しいブラックホール解が得られた。この研究によってスピン 3 重力理論という一般座標性以外の対称性をもつ重力理論でも、適切な補助的空間を考えることにより、境界上の場の理論とのホログラフィックな双対関係が成り立つことが示された。

これを要するに、学位申請者は、物質場と相互作用する 3 次元スピン 3 重力理論に関して、 W_3 変換の幾何学的な意味づけを明らかにし、スピン 3 重力理論を扱うためのこれまでにない新しい観点を与え、さらに重力/CFT 対応に関する新しい知見を得たものであり、重力/CFT 対応に関して貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格あるものと認める。