

C h a r g e d D i l a t o n i c B l a c k H o l e
a n d
S u p e r s y m m e t r i c D i l a t o n G r a v i t y
i n T w o D i m e n s i o n s

お茶の水女子大学理学部物理学科 小田 一郎

第1章 Introduction

最近、2次元のディラトン重力の研究が世界的に注目を集めています。この研究の目的は、4次元の量子重力の理論を作ろうとする際に、直接、4次元の理論を作るのは難しいので、時空の次元を4から2に落として、まず簡単な2次元で量子重力の理論をしっかりと構成し、その理論から4次元でも成り立つ普遍的な教訓を得て、4次元の量子重力の理論を作ろうとしているのだと思います。

上記の研究の端緒は、キャラン、ギディンクス、ハーヴェイ、ストロミンジャーによって今年の終わりごろ付けられました。彼らが行った事をまとめると、次の様に成ります。まず、2次元のディラトン重力のモデルが、ウィッテンの見つけた2次元のブラックホール解と線形真空解を古典解として持っていることを示しました。次に、物質場の量子効果を取り入れるために、作用にトレースアノマリーを加えて、これから得られる運動方程式を、 N が大きい極限で解いてみると、ホーキング輻射のために動的に変化するブラックホール解が得られる。しかも、量子効果が強い為に、最初に持っていたブラックホールの特異点はなくなってしまうだろうと考えた。キャラン達の仕事の面白い所は、量子場が重力場に及ぼす反作用（バックリアクション）を初めて取り入れて、ホーキング輻射を解析したことです。

しかし、キャラン達が行った最後の指摘は、間違いであることがすぐに明かにされました。なぜなら、新しい特異点が現われることがわかったからです。しかも、この新しい特異点の近傍では、重力場の量子効果が強くなって、キャラン達の行った近似は、破れてしまいます。ですから、重

力場も物質場と同様に量子化する必要があるわけです。

実際、ごく最近の仕事では、2次元ディラトン重力を完全に量子化した理論を作ろうと多くの人達が試みっていますが、まだ完成していないのが実情です。このことについては、あとで述べたいと思います。

我々は、キャラン達の仕事を発展させた二つのモデルを作りました。まず、キャラン達のモデルに、電磁場をいれて、モデルを作りました。また、スーパーシンメトリーを持つ理論を作りました。理論の詳細は、オリジナルの論文を見てください。

第2章 Charged Dilatonic Black Hole

我々が、考える作用は、

$$S_c = \frac{1}{2\pi} \int d^2x \sqrt{-g} [e^{-2\phi} \{R + 4(\nabla\phi)^2 + 4\lambda^2\} - \frac{e^{2\phi}}{g_A} F^2 - \sum_{j=1}^N i\bar{\Psi}_j \gamma^\mu (D_\mu - iA_\mu) \Psi_j]$$

です。ここで、最初の項は、キャラン達の作用と同じものです。第二項目が電磁場の項です。最後の項は、物質場の項でチャージを持たせたい為に、質量のないフェルミオン場を考えます。この作用から得られる運動方程式を解くと、チャージを持ったブラックホール解と線形真空解が古典解として存在することが解かります。面白い点は、チャージが宇宙項とある係数で持って等しいときに、温度がゼロの”エクストリーム解”が存在し、これがホーキング輻射の最終点になる可能性があることです。

量子効果を考える為には、うえの古典的な作用に、トレースアノマリーに加えてカイラルアノマリーの項、さらに、重力場とディラトン場の量子効果に付随する項を加えます。この有効作用から運動方程式を導いて解くと、正確に解けて、ホーキング輻射の運命が決定されます。詳細は、我々のオリジナルの論文を参照して下さい。

第3章 Supersymmetric Dilaton Gravity

キャラン達のモデルを量子化したモデルも、我々のモデルも、ブラックホールのボンディ質量を計算すると、下からバウンドされないという致命的欠陥を持っています。この欠点を回避する方法の一つとして、理論をスーパーシンメトリー化するという考えが在ります。実際、我々は、キャラン達の理論のスーパー版を作りました。その結果、次のことが解かりました。古典的な作用をスーパー化できるのは、宇宙項が正のときのみです。このスーパーシンメトリックな理論は、古典解として、スーパー化していない理論と同じ解を持っていることが解かります。

次に、量子効果も入れて、スーパー化すると、なんと自由場の作用になってしまい、ブラックホール解も真空解もなくなってしまいます。このことを積極的に評価すると、スーパーシンメトリーと量子効果が一緒になって、古典的に存在するブラックホール解、即ち、特異点を除去する可能性があるかもしれない。しかし、消極的に考えると、自由場のコンフォーマルフィールドセオリーをバーテックスオペレーターで摂動して、スーパーシンメトリックなブラックホールのコンフォーマルフィールドセオリーを作ることが、そもそも難しいためなのかもしれません。

第4章 Conclusion

2次元の無矛盾な量子重力の理論を作るという仕事は、まだ始まったばかりですので、これからおおいに発展する可能性があると考えられます。ディラトンの入っていない2次元の量子重力の理論は、既に行列模型や連続理論でも量子化されており、同じ結果が得られることが示されています。一方、ディラトン重力理論では、行列模型や光円錐ゲージで量子化された理論を、我々はまだ知らないのです。正しく量子化されたかどうかを、物理的な結果で判断しなければなりません。つまり、例えば、ブラックホールのボンディ質量が下から押さえられていて、ホーキング輻射の総量が有限でなければなりません。多分、近い将来、望ましい特徴を持ったモデルが見つかるにちがいないと思って、ここでペンをおきたいと思えます。

文献

我々のオリジナルな論文

- [1] S. Nojiri and I. Oda, Phys. Lett. B294 (1992) 318
- [2] S. Nojiri and I. Oda, preprint NDA-FP-5/92, OCHA-PP-27
- [3] S. Nojiri and I. Oda, preprint NDA-FP-6/92, OCHA-PP-30, Mod. Phys. Lett. A. (in press)