

Title	Minisuperspace in Two- and Four-Dimensional Quantum Cosmology
Author(s)	Ishikawa, Atushi
Citation	大阪大学, 1994, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3094111">https://doi.org/10.11501/3094111</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	石川温
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 11198 号
学位授与年月日	平成 6 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 理学研究科物理学専攻
学位論文名	Minisuperspace in Two- and Four-Dimensional Quantum Cosmology (二次元および四次元量子宇宙論におけるミニスーパースペース)
論文審査委員	(主査) 教授 吉川 圭二 (副査) 教授 高杉 英一 教授 大坪 久夫 助教授 窪田 高弘 助教授 糸山 浩

### 論文内容の要旨

この論文では、量子宇宙論の観点から、二次元および四次元において Minisuperspace の妥当性について論じた。

量子宇宙論の目的は、量子重力効果が重要になる Planck スケール宇宙の初期状態を記述することにあると言える。量子宇宙の状態は宇宙の波動関数で記述され、それは正準量子化、経路積分による量子化と二通りの量子化方により与えられる事が知られている。Einstein 重力を正準量子化すると、一般座標変換不変性から Wheeler-De Witt 方程式と運動量拘束条件という二つの拘束条件が、宇宙の波動関数に対して課せられる。前者は時間座標の付け換えに対して、後者は空間座標の付け換えに対して理論が不変になっていることを反映している。原理的には、この二つの拘束方程式を解いてやれば宇宙の量子状態は求まる。しかし、それらは二次の汎関数偏微分方程式で一般的に解くのは非常に困難である。そのため、Minisuperspace 近似や WKB 近似を使って方程式を解くことに精力が費やされてきた。ここで、Superspace とは拘束方程式が記述される無限次元汎関数空間であり、一様性を仮定して有限次元に Superspace を制限したものが Minisuperspace である。

一般に四次元では、Minisuperspace 近似は WKB 近似の範囲内で有用であると考えられている。これを具体的に確かめるため、四次元量子宇宙論のモデルとして、Einstein 重力とスカラー場からなる系を考えた。我々は、Friedmann Minisuperspace 近似は宇宙が Planck スケールに比べ十分大きくなった時のみ正しいと言うことを数値計算により示した。この結果は、Minisuperspace 近似の適用領域が WKB 近似の適用領域に一致している事を示している。

一方、量子重力の性質を探るのに二次元量子重力は魅力的である。しかし、二次元では Einstein 作用は単なるトポロジー数になってしまう。重力理論を展開するためには、もう一つの量子化、経路積分の測度のコンフォーマルアノマリーとして導かれる Liouville 作用を考えなくてはならない。二次元では、Superspace は Minisuperspace で正確に記述されると考えられている。一次元宇宙の成分は宇宙の長さしか無いと考えられているからであり、それは、格子重力理論からも部分的に支持されている。この仮定を確かめるため、二次元量子宇宙論のモデルとして、Liouville 場と共形物質場からなる系を考えた。世界面をアニュラスに固定した場合、共形物質場のセントラルチャージ(共形物質場の数)を 1 にし、かつ Neumann の境界条件を取った時のみ、宇宙の遷移振幅が場のゼロモードのみで書き表されることを我々は示した。この結果により、二次元においては Minisuperspace で Superspace を正確に表現していることが確認できた。

## 論文審査の結果の要旨

量子宇宙論において通常用いられるミニスーパー・スペース近似は、本来無限自由度のスーパー・スペースを有限の自由度で近似するために、その妥当性を検討する必要に迫られていた。石川君はこの問題を、ミニスーパー模型に幾つかの揺動項を加えることによってそれに対する安定性を検討した。また、二次元時空ではミニスーパー・スペースが正確に量子宇宙を記述することを、場の経路積分の測度を入念に検討することによって証明した。これらの成果は博士（理学）論文として価値があるものと認める。