

Title	ミックスマスター宇宙の古典的及び量子的カオス
Author(s)	古澤, 豊明
Citation	大阪大学, 1986, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/35211">https://hdl.handle.net/11094/35211</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a>〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

【17】

氏名・（本籍）	ふる 古	さわ 澤	とよ 豊	あき 明
学位の種類	理	学	博	士
学位記番号	第	7183	号	
学位授与の日付	昭和61年3月25日			
学位授与の要件	理学研究科 物理学専攻 学位規則第5条第1項該当			
学位論文題目	ミックスマスター宇宙の古典的及び量子的カオス			
論文審査委員	(主査) 教授 吉川 圭二 (副査) 教授 森田 正人 教授 小谷 恒之 助教授 佐藤 行 助教授 細谷 暁夫			

論文内容の要旨

アインシュタイン方程式の一様非等方解の一つであるミックスマスター宇宙モデルは、空間の三つの方向に対するスケール因子が互いに複雑な非等方的振動を行い、その振動が確率的であると言う意味で、カオス系と考えられている。実際に本文の中で、ミックスマスターモデルの力学系を多様体を用いて議論を行い、ある時刻に互いに近接していたスケール因子の古典軌道間の距離が時間と共に指数関数的に増大する事を示した。それ故に、この系では初期値のいかなる小さな誤差といえども充分時間が経過すると無視できない程成長する。この意味で、系の運動は予測不能である。

古典系に現われるこの種の確率性は、その量子系においても確率性に関連した何らかの性質を表すと考えられている。たとえば、エネルギー準位のランダムな分布や波動関数の節線nodal lineが不規則なパターンを描く事等である。

この論文の主要なテーマは、ミックスマスター宇宙の量子系における量子カオスの性質を示す事である。具体的には、ペレスの提唱した量子混合性、及び確率密度のランダムな分布について調べる。そのために、この量子系の波束を考え、その時間発展をウィーラー・ドゥウィット方程式を数値的に解く事により調べた。

結果として、非等方性の期待値が宇宙の膨張と共に或る平衡値、等方点の周囲のおよそ0.12の範囲内に入る事を示した。これは量子混合性の表われと考えられる。また、コンフィギュレーション空間における確率密度のランダムな分布を図示した。

## 論文の審査結果の要旨

標準的な宇宙モデルでは、空間の一様・等方性を仮定していくつかの観測事実を説明することに成功してきた。しかし、等方性を仮定しない、より一般的な宇宙が、いかにして現在の等方宇宙になったかは説明を要することであり、その試みは従来からなされてきた。その代表的なものが、ミスナー、リフシツ等によるミックスマスター宇宙モデルである。興味深いことに、空間三方向の縮尺が複雑な伸縮をくりかえし、ミックスマスター宇宙モデルは数学的に厳密な意味でカオス系であることが近年明らかにされた。

古澤君は、ミックスマスター宇宙が適用されるのは、量子重力が重要になるプランク時刻程度の初期宇宙であることに留意して、それを量子力学的に扱った。本論文では、ミックスマスター宇宙モデルが量子的にもカオス系であると、数値計算を用いて結論している。

具体的には、ウィラー・ドゥウィットによる量子重力の方程式を数値的に解いている。初期値として、ガウス型の波束から出発し、一定時間ののちに確率分布が非等方パラメーターの関数としてランダムになることをまず確認している。次に非等方パラメーターの量子力学的な期待値がゼロ、すなわち平均として等方的な宇宙に時間とともに近づくことを数値的に示している。これは一般のカオス系に対してペレスの提唱した量子混合性という量子カオスの特徴と整合している。この論文は、量子カオス系の数値的研究と、非等方宇宙モデルの研究という二つの面で興味深い貢献をしている。

以上の諸点に鑑み、本論文は理学博士の学位論文として十分価値あるものと認める。