



Title	ワイル重力理論における自発的対称性の破れによるアインシュタイン重力
Author(s)	松尾, 直樹
Citation	大阪大学, 1988, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/35953
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名・(本籍)	松尾直樹
学位の種類	理学博士
学位記番号	第 8073 号
学位授与の日付	昭和 63 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	ワイル重力理論における自発的対称性の破れによるAINシュタイン重力
論文審査委員	(主査) 教授 吉川 圭二 (副査) 教授 森田 正人 教授 山本 邦夫 教授 細谷 曜夫 (広島大学) 助教授 佐藤 行

論文内容の要旨

近年、高階微分を含んだ重力理論が注目され始めている。これは、古典論としては確立されている Einstein の重力理論が量子効果まで考えた場合、くりこみ不可能になるという困難を改良しようとする試みの一である。一方、一般に物理系の対称性はエネルギーが高くなるほど回復していくことが期待される。これらの観点に立つと、高エネルギー領域においては単に局所 Poincare 対称性を持つ Einstein 重力理論よりも、くりこみ可能でかつより高い対称性（局所共形対称性）を持つ Weyl 重力理論が成り立っていると考えることは自然であろう。

しかし、低エネルギー領域においては Einstein の重力理論がきめわて正確に成り立っていることが確かめられているため、宇宙初期のある時期（おそらく Planck 時程度）に、局所共形対称な相から局所 Poincare 対称な相への相転移が起きたと考えられる。この論文では、この種の対称性の破れが実際に量子効果によって『自発的に』起こりうることを Weyl 重力子の量子効果を 1 ループ近似で計算することによって実際に示した。

Weyl の重力理論は、その運動方程式において 4 階微分を含むため通常の場の量子論の計算方法はそのままでは使えない。また極めて高い対称性を持つため、そのゲージ条件をどの様にして課すかなどの問題点がある。この論文では、量子効果の計算は De Witt-Schwinger の方法を高階微分の場合に拡張し、ゲージ固定には 't Hooft の平均化に方法を用いて上記の技術的な問題点を解決した。それにもとづいて Weyl 重力場と共形的に結合しているスカラー場の有効ポテンシャルを計算し、スカラ場が真空期待値を持つかどうかを調べた。

その結果、背景場が平坦な場合、ポテンシャルは安定な停留点を持ち、スカラー場の真空期待値が

Einsteinの重力定数となりうることが判った。また、このポテンシャルは標準的な大統一理論では説明が困難とされていたインフレーション宇宙モデルの説明にも有効であると期待される。

更に、このモデルを背景場が曲がっている一般的な場合にも拡張し、有効ポテンシャルを局率テンソルの2次のオーダーまで求めた。この結果、背景場のスカラー局率が正の値をとるときには対称性の破れた相だけが存在し、負の値をとるときには、局所共形対称な相から単なる局所Poincare対称な相への相転移が起こりうることが判った。

論文の審査結果の要旨

現在、基礎物理学の中心課題の一つはいかにして矛盾のない量子重力理論を作るかということである。弦理論もそのひとつ試みであるが、その場合は高次元時空を力学的にコンパクト化して4次元時空を作るという問題をふくんでいる。もう一つの可能性として考慮されているのが、4次元時空における共形または超共形不变性をもつ局所場の理論である。一般に理論の対称性が高くなるほど、発散項の間の相殺の度合いが大きくなるので、模型の種類によってはくりこみ可能な量子重力理論が構成できる可能性がある。本論文はこの共形不变な重力において起こる未解決の問題の一つを取り上げている。

共形不变な重力理論として知られているものにWeyl理論があるが、これはEinsteinの重力理論と異なって、作用積分が高階微分を含む。一方、我々は大きなスケールで見る限り、Einstein理論は実験的に確立されていることを知っている。松尾君は、この矛盾を解決するために、Weyl理論から出発しても量子効果によって自発的に共形不变性が破れ、大きなスケールではEinstein型の重力理論が誘導されるのではないかと考えた。そして、いくつかの簡単な模型において、実際にそのことが起こることを、1ループ近似の範囲内で示した。

ここで調べられた模型は、超共形不变性までは含まないこと、高階微分を含む理論に特有のゴーストの出現、また対称性の自発的破れを引き起こすために導入されたスカラー場自身が負ノルムをもつなどいくつかの問題点をもつが、共形不变性の原理を採用しても、Einstein型の重力理論が導出される機構が存在することを具体的に示した点において意義は大きい。なお、ここに伴ってあらわれた上記の問題点は共形理論に共通した困難であり、いくつかの解決案も人々によって提案されているので、松尾君の寄与は重要な前進である。

以上の点を考え、本論文は理学博士の学位論文として十分価値のあるものと認める。