

# 論文審査の結果の要旨

氏名 橋本 将

本論文は7章および1つの補遺からなる。

第1章は背景説明であり、宇宙創世の文脈の中でのインスタントンの役割、および、Hawking、Turok、Vilenkinなどが考察した、特異点があるインスタントンについての議論を簡単に解説する。

第2章は、この論文の対象であるHawking-Turokインスタントンの解説である。このインスタントンは、計量場とスカラー場があるときの $O(4)$ 不変なユークリッド解である。このモデルでは特殊なケースを除き、必然的に特異点をもってしまうのが特徴だが、各場の発散は相殺して全作用は有限になる。またVilenkinは同じような、ただし境界条件が異なる解を導いているが、論文提出者（橋本）はその任意次元への一般化をこの章で求めている。

このようなタイプのインスタントンの特徴は、作用の計算法が一意的ではないことである。これは特異点があること、およびアインシュタイン重力の作用が二階微分を含むことから生じる。一つの計算法は、特異点を含む微少部分を取り除き、最後に取り除いた部分の体積をゼロにすることだが、取り除いたときに出る境界の効果はどう扱うかが問題になる。たとえば境界に対する通常的作用であるGibbons-Hawking作用を使うことが考えられるが、この手法では、当然ゼロになるべき寄与がゼロにならなくなってしまう例が知られている（取り除いた部分にboltと呼ばれる固定点がある場合）。取り除いた部分の作用が、体積ゼロの極限でもゼロにならない（境界項のため）からである。

論文提出者はHawking-Turokインスタントンを、5次元時空の計量のdimensional reductionとして見ることによってこの問題を調べることを考えた。まず、5次元で考えるとこのインスタントンの特異点が、bolt（3次元の固定点）になることが示せた。そのように見るとそこはもはや特異点ではなくなるので、作用への寄与を曖昧さなく計算することができる。つまり切り放した（4次元の）特異点の部分を（5次元の）boltとみなし、その部分の作用を5次元の境界項（Gibbons-Hawking作用）を含めて計算する。この作用は境界項のためゼロにならない（第5章）。4次元で特異点の作用への寄与を、ナイーブに境界項なしで計算したとき、体積ゼロの極限でゼロになってしまうのとの違いが特徴的である。

論文提出者によるこの結果は、4次元で特異点を別の方法で正則化して計算したGarrigaの結果と一致しているのも興味深い。また論文提出者による計算を純粋に4次元の計算として見ると、特異点を除去したインスタントンの作用を、Gibbons-Hawking作用

の 3 分の 1 を適用して計算することに対応している（第 5 章、第 7 章）。これは特異点のある状況では解答が決まる問題ではなく、正則化の方法を指定して初めて答えが求まる問題である。

最後に第 6 章では、この論文で Hawking-Turok インスタントンに関して求めた全作用が、特異点のないコンパクトなインスタントンの作用と同じ形をしていることも示された。

また以上の結果は、論文提出者個人による研究の成果である。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。