

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 槌谷 将隆

論 文 題 目

5次元等角運動量ブラックホール時空における  
Killing-Yano 3-形式の重力摂動への寄与の解析

論文審査担当者

主 査 名古屋大学大学院理学研究科

教授 理学博士 野尻 伸一

委 員 名古屋大学大学院理学研究科

教授 博士(理学) 渡邊 智彦

委 員 名古屋大学大学院多元数理科学研究科

教授 博士(理学) 白水 徹也

## 論文審査の結果の要旨

別紙 1 - 2

時空の対称性とその上での場の方程式の変数分離性についての研究は、時空の安定性解析といった物理的、あるいは純粋に数理的な観点から研究が進められている。4次元の定常回転する Kerr ブラックホール時空においては、等長変換、つまり Killing ベクトル場に付随する明らかな対称性に加えて、Killing テンソルと呼ばれる特殊なテンソル場の存在によって、様々な場の変数分離性が保証されている。このような特殊な対称性は隠れた対称性と呼ばれ、その変数分離性との関係について、様々な研究が行われている。

隠れた対称性の存在によって場の方程式が変数分離可能であるとき、場の方程式の演算子と交換する symmetry operator と呼ばれる演算子が一般に構成できる。また、隠れた対称性から構成される演算子が昇降演算子となり、ある解を別の独立な解に写す場合も知られている。この場合、安定性が判明しているモードに symmetry operator を作用させ、より広い解空間での安定性解析を行うことなどが期待できる。

申請者は、隠れた対称性の一種である Killing-Yano 3-形式を用いて得られる、真空の重力摂動方程式に対する非自明な 1 階 symmetry operator の作用について具体的な時空を用いて調べた。Killing-Yano 3-形式を許す時空としては、奇数次元の Myers-Perry 時空が知られている。その中でも最も簡単な例である 5 次元 Schwarzschild 時空および等角運動量を持つ 5 次元 Myers-Perry 時空を解析した。これらの時空は等長変換の対称性が豊富であることから Killing-Yano 3-形式とは独立に重力摂動方程式が変数分離可能であり、摂動のモード展開が定義される。それぞれの時空において、重力摂動の各モードに symmetry operator を作用させ、変換の詳細を調べた。

Schwarzschild 時空の場合には、重力摂動の方程式を使うことなく、symmetry operator が 3 次元球面上の演算子に帰着し、3 次元球面上のテンソル調和関数が symmetry operator に対する固有関数であることを示した。特に、スカラー型摂動は symmetry operator に対して固有値 0 を持つことを明らかにした。

等角運動量 Myers-Perry 時空については、申請者は、まず重力摂動の方程式を使うことなく、変換によってモード間の遷移がないことを示した。次に、重力摂動の方程式を用いた解析によって、いくつかのモードについて、symmetry operator が高々等長変換の線型結合として振る舞うことを示した。

結論として、申請者は、Killing-Yano 3-形式から構成された symmetry operator は今回解析した範囲では、モードについての昇降演算子を与えず、等長変換に付随する解の変換のみ与えることを示した。Killing-Yano 3-形式に付随する symmetry operator の具体的な作用の全容は未解明で、本研究はその理解につながる重要な結果を与えており、高く評価できる。また、参考論文はいずれも非自明な重力場中の相対論的なオブジェクト（流体、南部-後藤ひも）の運動について研究したものであり、価値あるものである。以上のように、申請者は博士（理学）の学位を与えられるに相応しいと認められる。