

これまでの研究成果

松野 皐

接触多様体は接触形式と呼ばれる 1 形式を備えた奇数次元の多様体である。接触多様体の一種である佐々木多様体は数理物理の種々の分野に登場してきた。最も有名な例は AdS/CFT であろう。申請者は「接触幾何学と一般相対論」をテーマとして博論以降研究を続けている。2025 年の研究成果や状況を報告する。

① **3 次元擬リーマン多様体上での佐々木-準 Killing スピノルの幾何学的性質の研究**：3 次元擬リーマン佐々木多様体において SqK スピノルの性質を明らかにすることを目的として、2024 年に発表した論文が、2025 年に無事 *Journal of Geometry and Symmetry in Physics* に掲載された。

② **Newman-Penrose 形式による 3 次元概接触計量多様体の研究**：Newman-Penrose 形式は 4 次元時空を分析する手法として知られている。特に shear-free geodesic null congruence の存在する時空 (Robinson 時空) の分析において威力を発揮してきた。3 次元リーマン多様体においても NP 形式に類似の手法が 2015 年に Aazami により提案された。申請者は 3 次元概接触計量多様体において、正規という条件が shear-free geodesic の存在と同値であることを見つけ、3 次元 NP 形式が威力を発揮できる状況であると考えた。伝統的な概接触幾何における種々の概念を 3 次元 NP 形式に翻訳し、既存のいくつかの結果を簡潔に証明できた。また 3 次元正規概接触計量多様体で η -Einstein であるものはどれぐらいあるかという 1980 年代ぐらいからある問題はこれまで未解決であったが、多様体がコンパクトな場合にこの分類問題を解決することができた。同様の問題を扱った先行研究がこれまでにいくつかあるがこの結果は得られていなかったもので、NP 形式に翻訳したことで解きやすいように情報が整理されたことが解決につながったと考えられる。現在プレプリントを準備中である。

③ **3 次元概接触計量多様体を用いた非一様 string cloud 時空の構成**：NG-string を時空に連続的に配置したものは string cloud と呼ばれる。string cloud を物質場とする Einstein 方程式の解になっている時空が string cloud 時空である。string cloud 時空の先行研究は比較的一般論寄りの研究が多かったが、申請者は石原氏らのグループとの共同研究により、3 次元概接触計量多様体を用いて string cloud 時空を系統的に構成する方法を見つけた。3 次元概接触計量多様体の Reeb ベクトル場の flow に沿って NG-string を配置して、Robinson lift と呼ばれる shear-free geodesic null congruence (SGNC) を用いて 4 次元時空に lift させることで SGNC が世界面を這っている string cloud が得られる。さらにその string cloud の配位は空間的に非一様にすることができ、多くの既存の一様時空を string cloud により非一様化することができる。例えば、Taub-NUT, Schwarzschild, Freedman モデルなどを非一様化した string cloud 時空とすることができた。現在プレプリントを準備中である。