

アクシオン暗黒物質の生成と発展のシミュレーション

Simulation of axion dark matter production and its evolution

関口豊和

高エネルギー加速器研究所

1. 研究目的

本研究の目的は、暗黒物質の有力候補であるアクシオンについて、その主要な生成機構の 1 つである位相欠陥からの生成とその後の発展を明らかにすることである。特にアクシオン宇宙紐について長期間シミュレーションを行うことで、長距離力の影響など依然として理解が不十分なそのダイナミクスを解明し、生成されるアクシオン暗黒物質量を正確に見積もることを行う。

2. 研究成果の内容

アクシオン暗黒物質の主要な生成機構の一つであるアクシオン宇宙紐について解析を行った。これまでに我々を含む複数のグループによりアクシオン宇宙紐の時間発展において長期ダイナミクスが存在することが発見されているが、その物理的起源は依然不明である。我々は one-scale モデルなどの解析的に宇宙紐ダイナミクスを記述するモデルを拡張することにより、アクシオンの長期ダイナミクスを記述しようと試みているが、現在までに満足な結果は得られていない。我々のグループを含むこれまでの数値計算結果から、長期ダイナミクスは初期条件に依らないアトラクターであると信じられているが、張力や輻射効率の時間変化を取り入れてもアトラクターかつ長期ダイナミクスを実現するには至っていない。解析モデルの構築を試みる中で、更に長期の数値計算及び宇宙紐の組み替え過程など数値シミュレーション・解析を充足させる必要性が明らかとなった。その上で、まず更に数値計算の長期化を実現する上で必要となる計算コードの効率化を行った。併せて宇宙紐の組み替え効率の算出など、これまで行われていない解析手法の導入を行った。その一方で、アクシオン輻射エネルギースペクトルなど他のグループとの相違点の原因の検証なども行い、計算コード全体の改善を行った。

3. 学際共同利用が果たした役割と意義

大規模シミュレーションの結果を用いることで、解析モデルの構築を試みることができた。その上で、新たな解析手法の導入や計算コードの効率化の必要性などが判明した。解析コードの開発や数値コードの効率化などの小規模なテスト計算を行うとともに、現在本計算を行っており、今後の研究につながる重要なステップとなった。

4. 今後の展望

宇宙紐の組み替えなど、新たな解析を組み込んだ上で大規模シミュレーションを継続する。その結果を元に、アクシオン宇宙紐のダイナミクスの理解を向上させるとともに、ダイナミクスを定量的に記述する現象論モデルの構築を行い、最終的には宇宙紐から生成されるアクシオン暗黒物質の精確な理論予言を構築する。

5. 成果発表

(1) 学術論文

(2) 学会発表

- ① Toyokazu Sekiguchi, Masahiro Kawasaki, Masahide Yamaguchi, Jun'ichi Yokoyama, “Dynamics of axion strings and Implications for axion dark matter,” TAUP, Toyama, Japan, Sept 8-14 (2019).

(3) その他

使用計算機	使用計算機 に○	配分リソース※	
		当初配分	追加配分
Cygnus			
Oakforest-PACS	○	225000	
※配分リソースについてはノード時間積をご記入ください。			