

研究 Keyword

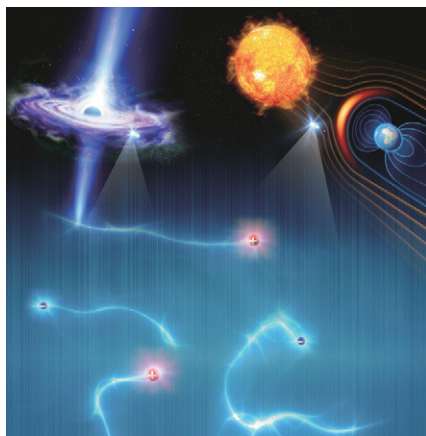
理論とシミュレーションで 宇宙プラズマの謎を解き明かす

データサイエンス経営学部 准教授 川面 洋平

私は、宇宙に存在するプラズマの性質を理論とシミュレーションを用いて研究しています。具体的には太陽から吹き出る「太陽風」、そしてブラックホールや中性子星を取り囲んでいる「降着円盤」を対象としています。

■プラズマとは

物質にエネルギーを加えると、固体↓液体↓気体と変化していくことはよく知られていますが、その先に、第四の状態があるのはご存知でしょうか？それがプラズマです。通常の気体では、プラスの電荷を持ったイオンの周りをマイナスの電荷を持った電子が回っているのですが、電氣的には中性です。しかし、プラズマは高温なので、電子とイオンはその束縛を破り、ある程度自由に動くことができます。このため、プラズマは電磁場に反応し、その運動を変化させます。実は、宇宙空間に存在する物質のうち、ダークマター（※）を除いた「目に見える物質」の99%がプラズマ状態にあると言われています。私たちの体はプラズマ状態ではないので、この残り1%であると言えます。



プラズマがブラックホール降着円盤や太陽に共通するものであることをイメージした図

■ブラックホール降着円盤の史上最高解像度シミュレーション

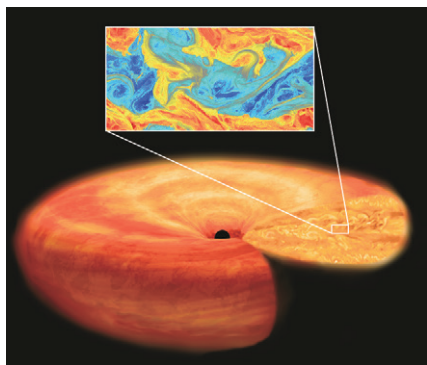
このように、私たちの身の周りから遠い宇宙まで普遍的に存在するプラズマですが、その運動は非常に複雑です。その代表例が乱流です。乱流は、車の周りの空気などに見られる複雑な流れですが、プラズマの場合、空気や水の乱流と違い、電磁場が絡むためさらに複雑です。プラズマの運動は電磁場によって変化し、プラズマが動くとき自ら電磁場を作り出すのです。私は、この複雑なプラズマ乱流を理解するために、理論とシミュレーションを組み合わせ、研究を行っています。

では、私が最近発見したブラックホール降着円盤に関する研究成果について説明します。降着円盤とは、ブラックホールの周りを回転しながら徐々に吸い込まれていくプラズマのことです。「え、ブラックホールはなんでも吸い

■複雑なプラズマの乱流

私の研究手法のユニークな点は、核融合プラズマを記述するために作られた方程式を天体プラズマ乱流に応用していることです。核融合プラズマは実験室で生成できるので、詳細な計測が可能です。そのため核融合プラズマの理論は、計測結果を説明できるように高度に発達しています。私は核融合プラズマで発展したモデルを使って、より正確に天体の姿を捉えようと試みています。

※ダークマター：宇宙に存在すると考えられている、光などの電磁波で観測できない未知の物質



富岳で行った降着円盤のシミュレーションと、降着円盤のイメージ図を重ねた図

込むんじゃないの？」と思うかもしれませんが、ブラックホールにプラズマが吸い込まれるのは自明ではありません。地球は太陽に引っ張られています、太陽の周りを回るだけで太陽に向かって落ちては行きません。これは角運動量と呼ばれる「回転の勢い」が保存しているからです。プラズマがブラックホールに吸い込まれるためには角運動量の保存を破り、回転の勢いを徐々に失っていくかなければなりません。乱流はこのために重要なのです。さらに、ブラックホールに吸い込まれるプラズマは、電磁場のゆらぎのエネルギーを吸収して高温に加熱され、X線や電波を放射します。2019年にドーナツ状のブラックホールのシャドウが撮影されて話題を呼びましたが、実は、あの輝きは乱流によって熱せられたプラズマからの光を捉えたものなのです。しかし、降着円盤のプラズマ乱流が持つ性質には多くの謎が残されています。例えば、乱流の中にどのような種類の波が存在しているのかわかっていませんでした。プラズマの波は、電磁

$$\begin{aligned}\frac{d\psi}{dt} &= v_A \frac{\partial \Phi}{\partial z}, \\ \frac{d}{dt} \nabla_{\perp}^2 \Phi &= v_A \nabla_{\parallel} \nabla_{\perp}^2 \psi - 2\Omega \frac{\partial u_{\parallel}}{\partial y}, \\ \frac{du_{\parallel}}{dt} &= v_A^2 \nabla_{\parallel} \frac{\delta B_{\parallel}}{B_0} + (2-q)\Omega \frac{\partial \Phi}{\partial y}, \\ \frac{d}{dt} \left(1 + \frac{v_A^2}{c_s^2} \right) \frac{\delta B_{\parallel}}{B_0} &= \nabla_{\parallel} u_{\parallel} + \frac{q\Omega}{v_A} \frac{\partial \psi}{\partial y},\end{aligned}$$

川面准教授が最近導出した降着円盤のプラズマを記述できる新しい方程式

私の 学生時代

ベンチャー企業でのエンジニア経験とNY留学、大きな転機に 川面 洋平

小学2年生のとき、テレビでブラックホールやビッグバンなど宇宙の神秘を探るドキュメンタリー番組を見て、宇宙に強い興味を持ちました。進学した東京大学には、2年生の途中で進む学部学科を決める「進学選択」という制度があり、宇宙物理学に関心を持つ学生の多くが理学部に進み、私は工学部システム創成学科に進み、主にプログラミングを学びました。現在はブラックホール降着円盤の研究をしています、宇宙物理学に関する研究者としては珍しい経験かもしれません。

大学院に入ってから、大学院生として研究をしながら、ベンチャー企業でエンジニアとして働きました。当時、その会社は設立されたばかりで、数名の社員しかおらず、プログラミングができる人材が求められていました。納期直前や忙しい時には研究より仕事を優先し、泊まり込んで作業することもありました。秋葉原で安価なパソコンを購入し、サーバーを構築して商品の試作版を提供しました。その頃は、スマートフォンが普及し始めた時期で、主に携帯電話（いわゆるガラケー）を用い



日本学術振興会主催の国際会議「HOPEミーティング」のメンバーと（前列中央が本人）

た顧客満足度調査のシステムを開発していました。学部時代に学んだプログラミング技術を社会で実践することができ、とても貴重な経験になりました。

博士課程在学中には、米国のニューヨーク大学に研究留学しました。海外の大学は非常にオープンな雰囲気、私も国際性を高めたいと考えようになりました。この留学は私にとって大きな転機となり、人生を大きく変える経験となりました。今の学生にも国際性を持ってもらいたいと願い、ぜひ留学に挑戦してほしいと思います。

この留学をきっかけに、大学院卒業後も海外で働きたいという思いが強まりました。その後、縁あってオックスフォード大学でポスドクとして働くことができました。

オックスフォード大学では、それまでの研究内容から大きく方向を転換し、ブラックホールや太陽におけるプラズマに関する研究を始めました。子供の頃の夢だった宇宙の研究に再び携わることができたのです。また、研究手法として、それまで未経験だったスーパーコンピュータを使ったシミュレーションを導入するようになり、工学部で学んだ知識やベンチャー企業で実践したプログラミングスキルが大いに役立ちました。オックスフォード大学で始めた研究は、現在も私の主な研究テーマとなっています。

宇都宮大学には今年着任したばかりですが、現在は授業でAIの基礎を教えています。AIは以前と比べ手法として簡単に、親しみやすくなってきており、多くのAI関連ベンチャー企業が生まれています。私自身がベンチャー企業で働いた経験を生かし、教育を通じて地域に貢献できたいと考えています。

My Campus Life