

位相空間乱流ユニット 質疑応答

『2024 年度研究成果の概要』（徳沢季彦）

Q：ミクロ場からマクロ場への影響は何を見ることで解明してくのか？

A：非常に重要な点である。ステップバイステップで進めていく。現在はイオン速度分布の変化が観測できるようになり、イオンの速度分布が変化したときにフローや MHD 的な振動の発生している場合があり、そのような大きな振動や変化はマクロなパラメータと直接的にリンクしているのが見える。そのような繋がることを 1 つずつ追いかけていきながら、速度分布関数の変化と、大きなパラメータの変化をできるところで繋いでいく。MHD 的な振動やフローといった観測量と近いパラメータがどう変わったかになると思っている。

Q：マクロなトランスポートによるロスが重要であると思うが、具体的には？

A：例えば磁場揺動が強くなるといった例がある。また、違う例としては速度分布関数が変わることによって密度分布が変わることが確認されている。この例では速度分布が変わったことで直接的に密度分布が変化したのか、その間に乱流が関与しているのかについては、乱流を計測し、その変化を捉え、マクロな影響に繋げていく必要があると思っている。そのため速度分布だけでなく、乱流そのものの計測を行なっていく必要があると考えている。MCPoP 研究では速度分布計測と乱流計測で同じ場所を見るように展開していくことを考えている。

C：非線形・非平衡だけでなく、開放形であることも大事である。開放形の入出力とミクロな関係を結びつけることで、マクロからミクロへの繋がりがはっきりしてくる。単にマクロ場の密度勾配といった影響だけでなく、閉じ込めプラズマ全体へのつながりを見てほしい。

Q：ミクロな構造からマクロな構造への影響についての仮説検証のためにはどれくらいの時空間分解能が必要になるといった戦略を立てる必要があると思うが、仮説検証のために戦略を作り、それを出口にして進んでいくという方向性はないのか？

A：その方向性は非常に重要である。マクロなものの量は当然測れるので、時間スケールの短い、サイズの小さい乱流まで測って担保しようとは考えている。理論研究とも組み合わせながら進めていく。

C：さらに定量化した戦略を立ててほしい。

『オーロラ観測プロジェクトの成果報告』（吉沼幹朗）

Q：オーロラ研究としては興味深い。大気分光学の高精度化の研究として考えて良いのか？電子のエネルギーはわかるが、電子のエネルギー分布まではわからないのではないかと？

A：ハイパースペクトルカメラの 2 次元の線スペクトル解析を通して、あるエネルギー分布の電子が来るとどのようなスペクトルが出るかシミュレーションできるようになると比較できる。

Q：ピークはわかると思うが、位相空間の分布まではわからないのではないかと？

A：その通りである。

Q : 分光学としては非常に進んでいるのはわかるが、位相空間乱流としての測定器としてはまだいっていないのではないか？

A : 位相空間の情報としては、人工衛星の観測を利用して、どのようなオーロラになるかという情報を得ないといけない。

速度分布関数に関しては、 $H\beta$ のスペクトルからプロトンの速度分布を測ることができるので、そのための準備をしている。

『磁気リコネクションに関する成果報告』（田辺博士）

Q : 磁気リコネクションが起こるためのイオンの電子の位相空間の動き、それに伴う不安定性を解明すると面白いと思う。不安定が起きてマクロな変化が起こったのは良いと思うが、その原因がわかって初めて位相空間乱流ユニットの意義があると思うがその辺りはどうなのか？

A : 次の課題として意識しているところではある。X 点の電子温度がピークする現象を調べたいと思っているが、これまでは電子の衝突時間より遅いスケールの現象しか見ていなかったもので、今後はその現象に注目していく。

Q : 不安定性の同定までは至っていないが、原因を解明していくことを目指しているという理解で良いのか？

A : 2 次元計測では当てる場所によってピークの見える見えないがあったので、まずは特徴的な空間構造がどこにあるのかを見ていく。

Q : アウトフローが流れていった下流で、イオン温度の上昇するメカニズムを教えてください。

A : フローのエネルギーが温度に変換されている。

『センサーフュージョンプロジェクトの成果報告』（小林達哉）

Q : MHD バースト時に速度分布関数を計測すると2パターンあったということだが、バルク加熱を担う波と勾配等で最初に励起される波の 2 つの波が関与する必要があるということだったと思うが、この場合は MHD のシングルバーストで位相空間が変化し、これから2次的な波が期待されるということか？

A : そのように捉えることもできると思うが、今回は、正方向に進む波が発生する場合と正負両方向に進む波が発生する場合での波動粒子相互作用の2つを観測した。正負方向に進む波の場合は、両側から速度分布関数が引っ張られるので加熱効率が良いことがわかっている。つまり両方効いている。

Q : 両方効いているということだが、それが2次的な波の励起の確証なのか？それともバルクが加熱されているということなのか？

A : 実験的には言いきれない。今後、調べていく。

『磁気回転乱流における慣性領域の解像』（川面洋平）

Q：富嶽を使って研究であり、色々工夫があったと思うが、工夫したポイントを教えて欲しい。

A：富嶽を使っている他のコードでは精度の問題で慣性領域に到達できない点を工夫している。

全体に関して

Q：非常に多様性が高くて、広げすぎると発散してしまう可能性がある。戦略として多様性を広げることを行っているのか、それとも出口戦略があって多様な研究を行っているのか？ユニット全体のマネジメントについて聞きたい。

A：ご指摘の点は大事である。位相空間の歪みが見えるテーマについて、トライできるところから始めているのが今の段階である。そこから捉えられれば、そこから深掘りしていく展開を考えている。大きな目標を立てているので、今はまず手の届くところから始めている。^[1]_{SEP}

ゴールまで繋がったステップバイはできていないのが、今の段階である。

Q：現状は理解した。次に進むための戦略はないのか？

A：戦略はまだできてない。今は基盤を広げているところである。^[1]_{SEP}

オーロラや MRI でもスモールスケールでは同じだと思うので、大きなスケールでは異なるが、一緒にやっていくことはできると思う。

Q：シミラリティは理解できるが、インタラクションで何ができるか踏み込んでいただきたい。

A：今後ユニット全体でどこに落ち着けるか議論していきたい。