

## ユニット構築会議／学術実験プラットフォーム検討会議（第6回） 議事録(案)

日時：2021年5月17日（月） 13:15-15:05

場所：オンライン

議事：

- お知らせ
- 研究テーマ紹介
  - 弱電離プラズマ・光・物質相互作用研究（小林政弘）
  - ボトムアップシミュレーション手法によるプラズマの階層性・多様性の解明（宇佐見俊介）
  - 大規模データが拓く学理と技術 ―核融合データの統合的取り扱いと、データ解析技法の高度化（大館暁）
  - 位相空間力学による非平衡系・非線形現象の研究（永岡賢一）
  - 乱流物理研究（徳澤季彦）
- 次回予定（2021年5月24日（月） 13:15-15:15）

書記：仲田

以下：敬称略

### ● お知らせ

### ● 研究テーマ紹介（質疑のみ記載）

#### ➤ No. 10：弱電離プラズマ・光・物質相互作用研究（小林政弘）

村上：光による制御ということだが、実際に制御して何を試みるのか？また、そういった制御が技術的に可能なのか分からない。

小林：原型炉では放射損失光が光吸収によってダイバータプラズマの外に出てこないことが予測されている。電磁誘導透過(EIT)の応用などで光学的厚さを薄くすることで回避策を提示したい。また、外部光によって分子の振動励起状態を作り出せば、分子活性化再結合を促進してデタッチメントを制御することができる。

永岡：積極的な分子励起制御ということだが、プラズマへの影響も含む形で積極的に作用させることは可能なのか？なにか見通しがあるか？

小林：まずは実証実験から始める必要がある。現状ではダイバータについて決定打が無いため、新しい考え方を打ち出して解決を目指す研究として捉えている。

鈴木(千)：外部から光入射は波長可変レーザーを想定していると思われる。実験は所内にあるような直線プラズマとレーザーの組み合わせを想定しているか？それらのアップ

グレードや新設はどう考えているか？

小林：まずは直線プラズマで実証実験を行いたい。そこから実際の閉じ込め装置へと展開したい。

吉田：弱電離プラズマは興味深いが、広い研究対象という印象がある。弱電離の“弱”という言葉に反して、強い非線形性を持っており、そういったテーマに実験物理としてどう貢献するのか？をシャープにしてもらいたい。低温プラズマとの関係や、この研究からの波及を具体化してもらいたい。

小林：テーマを具体化しながら検討したい。

➤ **No. 11：ボトムアップシミュレーション手法によるプラズマの階層性・多様性の解明**  
(宇佐見俊介)

伊藤(篤)：トップダウン形式同様、ボトムアップにも“ゴールまでどれくらいかかるのか？”が説明しづらいという弱点があると思う。具体的な研究ターゲットやゴールが異なると、方法論(とるべき自由度など)が分離してくるのではないか？両者の良いところ取りをするために、テーマ毎のタイムスケールなどの多様性を認めながら、バックキャストの考えを取り入れてはどうか？

宇佐見：検討したい。

横山：ボトムアップであれトップダウンであれ、なんらかの方程式を想定して挑戦するということだと理解したが、シミュレーションとデータ科学あるいはその他の方法論との融合も有用ではないか？ また、プラズマ分野だけでないテーマ設定も重要だと思う。

宇佐見：AI 研究者との連携も含めて考えている。今はプラズマに特化しているが、そこから発展させることを期待している。

吉田：ボトムアップシミュレーションの考えを正しく理解していないが、シミュレーションから自由度を減らす、あるいは、普遍性を見出すということかと思う。普遍的な構造であればトポロジーの考えもある。理論はたくさんあるが、そういった理論にどう打ち勝つのか？(理論でわからないパラメータを決めるなど)を深めてほしい。ある意味、普遍性を探すというところでは、こういったシミュレーション手法では苦手な側面があるのではないか。

宇佐見：理論研究者との協力をより深めていきたい。

➤ **No. 12：大規模データが拓く学理と技術 ー核融合データの統合的取り扱いと、データ解析技法の高度化** (大館暁)

芦川：資料に核融合データの統一フォーマットとオープンデータ化と書いてあったが、世界的には General Atomics 社のフォーマットが流通している。それに比べてどのような優位性が考えられるか？

大館：MDSPlus の開発も進んでいるが、幾分古くなってきている。ITER においても異なるフォーマットの採用が検討されているので、新しい形を提案することには意義があると考えている。国際展開を見据えて、まずは国内のデータの統一化を図っていききたい。JT-60SA データもこの枠組に取り込みたい。

鈴木(千)：統一フォーマットは環状装置だけであるか？直線装置も含むものか？

大館：初期は環状のみを想定していたが、定形データ・フォーマットに合わないデータの重要性も指摘されているので、より広い種別のデータをどう統一化するか自体も研究対象になり得ると思う。また、分光スペクトルのデータも対象だと捉えている。

坂本：ITER のデータも視野に入れているのか？

大館：入れている。JT-60SA については今後の議論であるが、ITER については積極的に取り込んでいきたい。

伊藤(篤)：スパッタリングなどの核融合材料データは過去にもまとめられたが、どれが実験かシミュレーションか、あるいはどの装置でのデータかの情報が不明になっている場合もある。これらに加えて、誰がコンタクトパーソンかも併せて整理されるとよい。

大館：専門委員会でも議論したい。

吉田：データサイエンス関連のユニット研究テーマがいくつか挙がってきているが、しっかりと議論を深めてほしい。基本的には方法論だと認識しているが、学術なのか？技術なのか？を議論してほしい。学術であれば核融合データの特徴を特定した上でアピールする必要がある。ここから出てくる方法論がどのようなイノベーションをもたらすか？といった特徴を考えてもらいたい。

大館：方法論であっても重要な学問だと認識しているが、今後さらに深めていきたい。

## ➤ No. 13：プラズマ運動論による非平衡系・非線形現象の研究（永岡賢一）

### → タイトル変更「位相空間力学による非平衡系・非線形現象の研究」

加藤：原子エネルギー準位には複雑な分布関数があり、自身もそれらのモーメントと物理過程を結びつける研究も進めているが、そういった分野との関連が深いと感じた。プラズマでは、分布関数のモーメントと物理との結びつけはどれほど成されているのか？

永岡：モーメントだけではなく、分布関数全体の形で捉えることが大事になってくると考えている。

小林(達)：必要なプラズマという記載があったが、具体的にはどういう実験装置で活動していくことを想定しているか？（例えば小型実験装置でもよいのか？NBIが必要なのか？など）

永岡：まだ整理しきれていないが、課題設定と併せて考えたい。

仲田：非平衡統計力学の近年のブレークスルーとして「揺らぎの定理」の発見があり、第2法則、線形応答、平衡と非平衡の結合性について統一的に理解しようと試みられている。元々は熱浴モデルの粒子シミュレーションという数値実験から発見されたことに鑑みると、核融合プラズマならではの方法論(分布関数ダイナミクス)に基づいた実験から、揺らぎの定理の発見に相当するような新たな非平衡力学的性質が開拓できると良いと思う。

永岡：理論研究者と一緒にその辺りも調査したい。

吉田：位相空間力学はある意味あたりまえだが、揺らぎだけでなく粒子の分布関数も測れることが重要だと考える。物理の中でもそういったケースはとても稀である。分布関数を測ればエントロピー原理を直接評価できる。物理学における2つの変分原理（ラグランジアンとエントロピー）に対して、分布関数を以て踏み込めることの重要性をどうアピールするかを考えてもらいたい。

永岡：今後検討していきたい。

#### ➤ No. 14：乱流物理研究（徳澤季彦）

仲田：研究者個々ではなく、実験・理論が混ざったグループとして外部との共同研究を展開し、集団的に相互作用を図る研究スタイルは重要だと感じるし、なにより楽しいと思う。また、ユニットの活動のアウトプットとして学術成果だけでなく、書籍という形でもまとめることを目標のひとつにすることは良い設定に感じた。

伊藤(篤)：乱流と非平衡というワードは関連があるが、何を持って乱流を理解したことになるのか？を考える必要がある。理解としてのゴールと意義を明確に発信しななければ、その暗黙の意義の見えていない他分野研究者からは「役に立つ/立たない」の指標でしか研究が評価されずもったいないことになる。

吉田：“乱流が分かる”という表現に不自然さを感じる。“幾何学が分かる”と表現されても的を射ないように。“理解する”ということに対して真摯に考える必要がある。10年間のユ

ニット活動の中で、乱流という対象そのものを明らかにするのみではなく、乱流の中にある何を明らかにするのか？を重要視してほしい。

徳澤：検討していきたい。

居田：「乱流を理解するとは？」について、特に“何を“理解するのか？を1つか2つ、特出しする必要がある。具体的な目標を掲げようとしたとき、ひとつの考えとして位相空間乱流があると思う。そういった”何を“使って乱流の”何を”理解するのかの議論を深めていく必要がある。

徳澤：LHD 実験テーマグループと関連付けているのもそういった観点である。今後も議論を深めたい。