

個別会合#4 (核融合データ駆動) _20210625 メモ

日時：2021年6月25日15～17時

参加者 (敬称略、順不同、所属名なしはNIFS)

藤井 (京大)、菊地 (統数研)、仲田、菅野、若月 (QST 那珂)、伊藤篤史、矢内、市口、武村、後藤拓也、釧持、村上泉、高橋、長友 (阪大)、庄司、小山 (統数研)、鈴木千尋、鈴木康浩、荒巻 (日大)、本島、小林達哉、横山達也 (東大)、奴賀、吉田善章、坂本隆一、田村直樹、中野、川手、河村、田中謙治、大谷、相良 (NIFS 名誉教授)、矢野 (統数研)、山口、沼波、筒井 (東工大)、家田 (名大)、横山雅之

ユニット提案内容発表：横山雅之

自由討論

(鈴木康) アルゴリズムの専門家ではない立場で、アルゴリズム開発まで踏み込むのか？データ駆動で何を明らかにするのか明確にした方がいい。

(横山) 最初は専門家からの輸入だが、データを持ち込んで相まみえて協働することでお互いの問題に昇華したい。先方はアルゴリズム開発の種、こちらは階層をつなぐところなどの問題、という双方ウィンウィンの関係にしたい。

(伊藤篤) マテリアルズインフォマティクス (MI) : 材料のシミュレーションやっていた人たちからすると、MI が唱えられる前からその枠内の話は始めていて、MI が走り始めた時に走る人と静観する人 (自分もそう) がいた。その前に数年やっていた時に、コストが見合わないという課題が見えた。プラズマと違ってデータがない、最終的な目標に対してデータを揃える費用や社会要請へのレスポンス含めてきつい。その面で、もし自分がこのユニットに入った時に、MI やってますと言うは言うけど、大々的に言わないといけないかどうか？MI やってる人が問題意識を持っているところを何とかしたいと思って、その一つがマイスターール。もう一つは、核融合の分野でデータ科学を集団として看板を掲げてやるというのは良いと思う。他の研究所や大学のデータサイエンス学部とかを作ってきているものと比べて、NIFS でデータ科学のチームを作った時のオリジナリティをどういうふうに出せるのか？10年かけてそこを見つけていくというのも重要だと思う。提案として、データのコストの話もあるが、逆に、プラズマはデータがたくさんあるので、データをいかに捨てるかという研究をしていくのがいいのではないか。宝探しのためのデータマイニングはなかなか難しいし、データ維持費を払って維持し続けるのか、宝が眠っているか眠っていないかの闘いがあるルールで見つけていけるのではないか？これができるのが、データがたくさんある所の強み。

(横山) 原型炉に向けて、本当に運転に必要なデータは何か、物理研究の対象としてではなくて、発電の時代のプラズマにとって計測、制御しないといけないデータは何ですかというところは、一つマイルストーンができそうかなと思う。「効く」パラメータだけ測るような原型炉ができたなら(データの知見でもいい(伊藤)) いい。

(伊藤) データを保管しておかないといけない理由: 学習器・モデル提案競争がされている時代で、よりよい学習器・モデルが出てきた時のために、データを保管しておかないといけない。いいモデルができた時にデータを捨てていいのかというのは問題で、入力パラメータだけ残しておけばいいのか、(数式ではない) 科学技術の継承の観点でどうなのか。データ科学としてやってきたことの「残し方」を考えているところはまだ少ないのではないかな?

(横山) MI: 吉田亮先生(統数研)のWeb講演会を昨年開催した際に、各大学の先生よりも大学院生からの申し込みが多くて、これが時代かな、などと思ったので、そういう若手層の分野を超えた受け皿としてのユニットもありではないかと考えている。

(伊藤) 人材育成という点で、あるといいと思う。特研制度の活用も。MI、データの作り方などの指導も可能。

(鈴木) ITER スケーリング則: どういう方向を考えているかな?

(横山) 我々は乱流などの分野知識を積み上げて答えを出そうとしているが、「 S_n 回帰に基づく実験提案で性能向上」という実例のように、実験的に埋めることと、相補的に、数理的に内挿から外挿へというのは数理の分野でも大きな問題だと思うので、そのような視点で取り組むと面白いのではないかな。回帰を行ったときに統計の専門家も関与していたが、彼らは外挿点を打つことをよしとしなかったはず。

(鈴木) ISS 作る時にも統計の専門家に入ってもらって、かなり激しい議論があったが、統計の専門家から見てこういうの(回帰、外挿)がいいのかというのはあると思う。何が一番問題かと言うと、スケールリング則には式に陽に現れていないパラメータがあって、結局、我々がジャイロボームを信じるかどうかだと思う。その辺まで取り払って、全くゼロベースの視点で統計的にデータを見てみたらどうなるのかというのは非常に興味がある。

(横山) 問題を統計数理の専門家に持ち込んで、一緒にやる。まずは分野知識でわいわい言うのは止めて、データとしてみたらどのような特性があって、予測できるのか、外挿できるのか、という問題設定はいろいろな分野にもあるし、核融合研究なら実験検証ができる。

(鈴木) ジャイロボームを信じるかは、ボーム拡散で心を折られかけた時に一縷の光明を見出したということでかなり我々の遺伝子に深く刻み込まれている。そのような状況でも、先ほどのようなことができるといい。

(横山) ITER の自律燃焼プラズマはこれまでとは様相が変わるはずなので、そこに今までのデータからの外挿で点を打ってしまっているのは問題だ、我々はそんな簡単な問題をやっているのではないという自負。

(釘持) ユニットとして必要かどうかの答えは出せていないが、仕組みとしては NIFS に絶対必要と思っている。データ駆動の仕事はどのユニットにいてもやるし、予算もついている。他にもデータ駆動をやる人、これからやる人も多い。その問合せや相談先にもなるので、何らかの形で必要なグループだと思う。ユニットとしてやるのがいいかはちょっとわからない。ユニット内のテーマで、伊藤篤史さんのマイスタールールが非常に面白いとっていて、データからデータだけでなく、最近、機械学習でプログラムを作るプログラムなどもあると思うので、そうすると加速的にこの分野が進むのではないかと思うので、伊藤さんの加入云々に関わらずお願いします。

(伊藤) 補足 : GitHub のコードを参考にプログラムを作るプログラムがある。ただ、それはオートコーディングなので、マイスターであるところが欲しい。データ科学使っても、プラズマの人がデータ科学使ったときにだけマイスターとしてこだわっている部分と、プラズマのデータをもらってデータ科学のアルゴリズムを作る人がやる、気をつける部分はきっと違っていると思う。それは足かせになるかも知れないが、それを残すことが科学を文化として残すことなのかなと思う。その残すに注目した時に、データを数字の羅列として残すのは辛いというのがあって、マイスタールールとして残したいというのがある。

(釘持) マイスタールールで作ったプログラムがまたプログラムを作っていくといったことは想定できるのか？

(伊藤) できると思うが、最初のプログラムをこういうふうには書けようまくいくみたいなのは人間が最初に作るのがまずはスタートだと思う。人間が到達できて、データや機械学習だけでは到達できないところが見えてきた中で、なぜ人間はそこに到達できているのかというのを数字として取り出せないが、うまくその人と禅問答すればルールとして取り出せるのではないかというのが自分のスタンス。ルールとして取り出せてしまえば、勉強しなくていいのではないとか、勉強量を減らせるのではないか。出所は一万工程もある半導体の製造工程、さすがに設計者が全て頭に入らずに設計できないというところ。核融合炉設計ができてるのは後藤拓也さんがスペシャルだからできているのであって、そうでないといけない

い。そこから工程分のルールだけ列挙していくとウィンドウがすっと通る、それをベースに設計者は半導体のアーキテクチャを設計して、どこかでルール違反しているとアプリがブザーを鳴らしてくれる（デザインルール）。それに関する予算獲得をしようとしていた時に出てきたのがマイスタールール、職人の技である。いろいろな解釈で進めたらいいと思う。

（藤井）ITER スケーリング：まあまあいいのではないかとと思っている。物理システム（プラズマ）のスケールフリー性（いろいろなところで見える）を原理として想像しているわけで、だから log-log で描いた時に直線になるだろうというユニバーサルな原理を知っているなのでこの回帰がある。

（横山）言葉で言うと、風洞実験？

（藤井）今議論しているのは、スケールアップさせて成り立つというのをどこで担保するかということ。風洞実験が成り立たないというのはスケールフリー性を想定していないということになる。このスケールアップが成り立つというのは、システムのスケールフリー性という原理を持っているから、これでいいとまでは言えないかもしれないが、しているというのが実情だと考える。データから求めるというコメントがあったと思うが、それはあまり納得がいかなくて、データからだけでは結局何も求まらない。何か原理を持っておかないといけないと思う。この ITER スケーリングは、スケールフリー性が想像している原理に当たる。その原理が何であるかを問うというのは物理のかなり奥深い問題なのではないかという気がしていて、そこを逃げてはいけないと思う。方法論を借りてきたらできるというものではなくて、やはり原理があって、完全には正確ではないかもしれないけれども、広く普遍的に成り立つものがあってそれに基づいて予測や区分、回帰をしたりするわけである。そこは統計の問題ではなくて、システムの問題である。だから統計の人と組むだけではダメかなと思う。かなり理想論を言えば、物理分野を想定すればこのようなスケールフリー性があって、おそらく統計の人たちが扱っている（ものによるが）対象とは性質が違う。その意味で、物理現象のためのモデル、アルゴリズム、手法が開発されるようなことができたらいいなと思う。その辺りを目指さないと、借りてくるだけ、統計の人に相談するだけで何かできるわけではない。かなり物理の深いところに踏み込まないといけないというのがこのユニットの本質ではないか？

（横山）スケールフリーという原理が、私たちが扱ったことがないような燃焼プラズマのようなものまで成り立つのかというところが一つの問いになる。

（藤井）それは間違いなくそうであるが、少なくとも統計サイドとしては、そこはどうしようもなく、物理モデルを入れるしかない。問題は、物理モデルは間違っていることもある

ので、その辺りが取り組み対象になるのでは？

(横山) そのような統計数理モデリングの中に分野知識を入れるというのも面白いのではないかと思う。完全にデータだけでできるところと、Bayes 統計の事前知識のように分野知識を入れるようなところで新しい展開ができると面白いかもしれない。

(藤井) ぜひそのようにしてほしいと思いつつ、できればユニバーサルなものになるといい。プラズマの熱輸送だけに使えるというのではなくて、統計の人たちが普段関わっているような問題ではない物理特有の問題はこういうのがあって、全てに正確ではないけれども、広くこのように考えればいいといったものを主導するようになるといいと思う。

(横山) 私がちょっと考えていたのは、物理を捨て去ってではないけれども、切り替えようということだったが、今までのことも踏まえつつ、と思うようになった。

(田中謙治) データ駆動というのは、詰まるところ、いかに統計精度を上げるか、外挿性は置いておいて、ということになるのか？

(横山) 私たちがやってきた第一原理とか要素還元とかとは別の視点で、データから帰納的に回帰するとか、内部推定とか、逆問題、特徴抽出 (データが持っている構造)、中身はわからないが、入力と応答を把握してそれを制御に使うとかといういろいろな視点がある。統計精度を上げるだけではなくて、そのような様々な手法をきっかけに、データと手法が出会って、そこから双方の分野で進むというのが一番考えているところである。

(田中) 物理は長年やってきたけどもう進歩がないということ？物理がブラックボックスになっていると、強いフラストレーションがあって、そこはあまり投げやりにならずに、データ駆動を使って理屈を理解するという方向にはいけないのか？理屈がわかれば、回帰からの外挿に理由を与えることができる (炉で衝突頻度が下がった場合の予測など) と思うので、単なる統計に留まらずに、理屈とリンクさせるのがあって、物理をブラックボックスとせずに解き明かすというスタンスの方が反対者はいないのかなと思う。

(横山) 自分の回帰解析も平坦な道ではなかったが、そこから、統計の情報量規準で自ずと選り出された変数が物理的にも重要な変数に一致しているという発見もあった。複雑に入り組んでいてよくわからない現象に対して、情報量規準を出発点として整理して (方程式やモデルベースによる整理と相補的に) 「糸をほどく、尻尾をつかむ」というのもあってもいいと考えている。そうすると物理との接点が出てくる。

(田中) 統計視点で重要な変数というのは、運転領域によっても違ってくるのでは？それはどのように取り込むのか？データ領域を広げるにつれて重要な変数が変わってくるのであれば、それも含めて予測モデルを作るということか？

(横山) NF2020 は LHD の高イオン温度放電を対象に回帰した。結局は内挿、外挿の問題に帰着する。妥当な範囲はそのデータベースの範囲内ということになる。そこからいかに外挿するかというところには当然物理が必要であるが、物理だけで現状の (LHD) プラズマを完全に理解している人はいないのではないかとということからすると、少し違うやり方をやってみるのもいいかなというところである。

(田中) パラメータ依存性は運転領域でだいぶ違うようなので、そのようなことも検討できれば、と思う。

(小林達哉) ユニット人員：10人というのが絶妙な線で、乱流やっている人で10人集まらないような印象である。せつかくの機会なので、ユニット合同のような形で新しいこともできそうである。これからの学生さんからも集めて10人という話もあったが、現時点でどこかのユニット提案と有機的にくっついて10人にして、このような手法を活かしてやっていくのを考えた方が面白いのでは、と思って、来週合同会合も計画している。「別荘」と言わずに一緒にやっていけたらと思う。

(横山) 合同会合の声かけをしていただいて、その議論で気づくこともあって今日の資料にもだいぶ反映した。4月の提案以降静かにしていたのは、「本籍10人」は集まらないだろう、いずれにしろ個人としてはやるからユニットにならなくてもいいかな、などと思っていたため。しかし、自分の考えを発表できる機会でもあるし、たとえ今2、3人であっても、若手の方がぞろぞろと来てくれるような場になっていれば、4、5年後には10人集まっている。データサイエンスの学生さんはあふれるほどいる時代なので、その方々に「人類のエネルギー問題に役立ってみませんか」という声かけをして核融合分野に入ってきてくれる時代を創る、そのための準備としてユニットを作っておきたいと一念発起して個別会合を開いた。学生さんにも宣伝してほしい。

(横山達也) 「おせっかい」という意味で、ユニットが窓口として存在してくれると、NIFS や総研大ではない大学の立場からやってみたいとなった時にやりやすいと思う。自分が5年ほど前にデータ駆動的なものを始めた時、何もわからず、本を読んでいたが、たまたま専攻内で研究課題について話しているときに、では一緒にやってみましょうとなってやり方や方針が決まっていた部分があった。その時にユニットのような枠組みがあったら、そこに相談して、そこと、さらにその先にいる専門家とやってみましょうといった感じでスター

トが切りやすい形になっていたと思うので、そういうのは非常にありがたいと思う。物理が、という話をされていたと思うが、4, 5年データをいろいろいじってやってきて最近思うのは、自分が今やっている放射崩壊の予知も、すでにある物理的な知見から出発して、それを補強するというをやっているのに近いのかなという感覚がしてきている。機械学習で、このインプットでこうなるというので終わってはいけないと思うが、そこをとっかかりにして、新しい物理の議論をすと思ったときに、本当にデータだけから出発するようなスタートの切り方ができると面白いかなと最近考えている。機械学習で言うと、教師データを与えないようなやり方でどんなことができるかということ最近考えていて、もちろん、どっちのやり方も必要で、色々なやり方があるのかなと思っている。

(横山) 小川先生がデータ整理されているところからあつという間の進展で、そういった若手の方の勢いも核融合業界に必要と思う。窓口だけでなく、その中で私自身が **Player** たれということで、統合といった視点を出したが、いろいろな要素(鈕持さんの GAN による加熱制御や、横山達也さんの放射崩壊予知)などが集まってきて、「放電まるごとデータ駆動」のようなものも面白いかなと思っている。

(藤井) 横山達也さんが行っているスパースモデリングは、現象がスパースであるという原理に基づいていると認識している。スパースモデリングプロジェクトというものがあった(補足: 岡田真人: 新学術領域研究 (H25~H29) 「スパースモデリングの深化と高次元データ駆動科学の創成」 <http://sparse-modeling.jp/program/>)。スケールフリー性といった原理に基づいて、その次として発展するようなものを見つけることができると面白いなと思う。

(横山) 上記の新学術は多様な産業分野に波及することを目指されていたと思う(訂正: 実際には学術も)ので、ここは逆にそれを集約して、難しいシステムを描き切るというふうに舵を切っても面白いかもしれない。

(鈕持) 物理が、という話で、このデータ駆動の関連で、革新的な実験とか、今まで注目していなかったパラメータを発見していろいろ調べることはできると思う。横山達也さんの今期の実験提案(アイデアなので割愛: ビデオにはありますが)への期待。

(横山達也) データをいじるだけに留まらないことが大事と思っている。

(横山) 実証の場がある。昨年度の横山達也さんの放射崩壊回避実験で喜んでいたことを思い出す。

(横山達也) あれは実証という観点で一つ形になった。そういう実証の場が創りやすい枠組みだと、データ科学のやりがい、やり応えがある。

(伊藤) 藤井さんの話で、核融合研で作るデータサイエンスのユニットというものが、データサイエンスの方法論という意味でスパースモデリングの次のものを出せると素晴らしいが、向こうは方法論専門でやっている集団で、こちらは実アプリ応用もやっていかないとはいけない、むしろそっちの方が人数が多くなる集団だとした時に、新しい方法論を目指しますというのは、掲げるのはいいが現実的には難しいと思う。別の切り口の提案として、スケーリングの図があったが、核融合でよくあるスケーリングの問題はいろいろな実験器でのデータをプロットしている。一つの実験器でコンディションが違うデータが並んでいるのではなくて、いろいろな実験器で、あるコンディションだけ揃えてプロットしているの、それ以外のコンディションはばらばらだったりするので、仮にこれに物理的背景があつてそれとぴったり合ったスケーリングだったとしても、信じていかかわからない、というのがあつた。そこが核融合分野の、データは大量にあるけど、いろいろなマシンのデータを一緒にプロットしてしまうというのは、文化の一つで結構特有なことのよう思う。むしろ、それを特徴的なデータの使い方だと割り切つて、データ科学のやり方を考えていけば他はやっていないかもしれない。MI はあまりやっていなくて、第一原理計算と言われる DFT (量子科学計算) から電子物性を予測しようとした時に、メジャーな DFT のコードが世界で 5, 6 個あつて、0.1 eV 単位の特性を当てようとする、コード間の誤差とコンパラになつてしまつて、コード間では比較しないというのが常套手段になつている。お金さえかければ一つのコードで閉じてデータを作れるので、核融合のデータは実験器だし、そんなわけにいかない。この予測が外れてしまったかもしれない一つの例が、ダイバータの熱流束“幅”。C.S.Chang の XGC1 シミュレーション: ITER サイズで SOL まで全部解くと、幅が太くなる。既存マシンのスケーリングが外挿できない例が出てきているので、スケーリングに関する問題意識は面白いと思う。先行事例

- C.S.Chang et al., NF 57 (2017) 116023, “Gyrokinetic projection of the divertor heat-flux width from present tokamaks to ITER”
- C.S.Chang et al., PP 28 (2021) 022501, “Constructing a new predictive scaling formula for ITER’s divertor heat-load” width informed by a simulation-anchored machine learning.

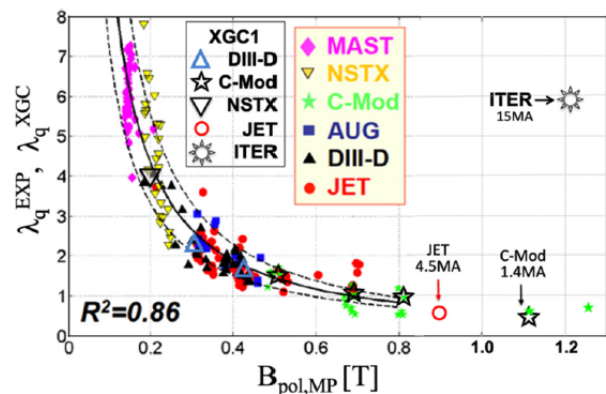


FIG. 1. XGC that has predicted the λ_q values in agreement with the Eich scaling formula in all three major U.S. tokamaks predicts $\lambda_q = 5.9$ mm in a model ITER plasma edge at $I_p = 15$ MA, as shown in Ref. 5. After the publication of Ref. 5, two new simulation points are added: JET at 4.5 MA ($B_{pol,MP} = 0.89$ T, open red circle) and C-Mod at 1.4 MA ($B_{pol,MP} = 1.11$ T, open black star) at far-right bottom. They both follow the Eich scaling formula, approximately. A couple of new high field C-Mod experimental points are also shown together (at $B_{pol,MP} = 1.1$ T).

(横山) そこを分野知識だけでなく、データ視点はあってもいいし、そういうところが問題だということを核融合研が言っていく。

(伊藤) そのように言っていくのはいいのではないかな？

(横山) 途中でも言ったが、現実世界、装置依存のあるプラズマを対象としているが、国際協力という名の下にこのようなことをやっている文化が、分野を出た時にはおそらくすんなりとは受け入れてもらえない。

(伊藤) それを否定せずに、そういう文化の中でこの外挿をするにはどうしたらいいのか、とポジティブに、解くべき問題だとして主張すればよい。

(横山) ポジティブに行きましょう。

(長友) 提案は面白いと考えている。伊藤さんの「データを捨てる」というのは、1日数ショットしかできないレーザーからするとだいぶ文化が違うように思う。例えば、データ同化一つとってもだいぶ真逆な話になっているのかなと思う。できれば、その辺りも広げてもらえると、幅広い一般的な非線形物理といった話にも持っていけると思う。Livermore で NIF の点火実験をやっているが、まさに外挿の話で、今までの外挿で点火できるということだったが、それが怪しいという話になってきて、数年前にプラズマよりは統計の人が Bayes 統計モデリングを使って、今までの実験データと1次元のシミュレーションから外挿したら、今のままエネルギーをちょっと増やしても点火しないという話をしていた。それは確かにネガティブな話ではあったが、それを受けて、では今までのものでは何がだめだったのかという話になって、低次モードの流体力学不安定性に基づいてビームバランスを変えて、非線形なクロスビームトランスファー（シーベット）を逆にうまく利用して、低次モードの不安定性を抑えればいけるという実験が今年の IAEA-FEC で、ブレイクイーブンの八十数パーセント、内部エネルギーの数倍の核融合エネルギーが出てきたという新しい結果が出てきたので、そのような物理とのインタラクションをうまく入れていけば、ネガティブでなくて新しいことにつながられると思うので、こういった問題で、今まで単に外挿していたところの弱点を補えるという意味で非常に大事だと思う。データ同化に関しては、流体力学の先生でも、単に水とか空気だけでもシミュレーションと合わないというのがあって、そういう部分でデータ同化は非常に大事だと思うし、レーザー研でもショット数が足りない部分はデータ同化だし、今後、高繰り返しレーザーが出てきても、シミュレーションやデータ同化を組み合わせないとおそらくちゃんとした外挿には使えないだろうなという文化は出てきたので、しかも、レーザープラズマをやっている人もそんなにデータ同化やデータ駆動やっている人はいないので、核融合研がリーダーシップをとってコミュニティを拓いていってもら

いたいと思っている。

(横山) 長友先生には、昨年度の統数研共同研究集会でもお話していただいた。ユニットテーマとして、「後追いでない」という点でデータ同化はひっかかるが、それをういて新しい知見を出すとか、制御に使うといったところは核融合分野が打って出れるのではないかと考えている。

(仲田) スケーリング則の話：皆さん問題視されているというところで、核融合分野の大きな原動力の一つではある。しかし、これがあるからといって容易に出来るとは誰も思っていないだろう。昔の装置は計測や条件が限られている状況があったので、どうしてもそれらをつなぎ合わせて何かえいやとスケーリング則を作る時には、元々の方程式の次元解析はあれど、零次元パラメータで構成されている。しかも、指数則なので基本的に log 線形フィッティングで、本質的に非線形性を見ているわけではないということがあって、前世紀的な展開であったのだと思う。今は、LHD はじめ DIII-D とか、零次元パラメータだけではなくて、空間分布とかトランジション含めた時間発展などが、グローバルな値 (エネルギー閉じ込め時間 τ_E は最たるもの、基本的に体積で決まっていて、中心の閉じ込めは反映されない) だけではなくて、細かな分布とか、その分布の構造変化などが実際の核融合炉の出力や効率、循環を決める上で非常に重要だということが、実験、シミュレーション研究で進んで見えてきている部分がたくさんある。特定のスケール則の善し悪しの判定や、どの変数をたせばより良くなるのかということよりも、もっと次元を広げて、せっかく非線形高次元と言っていたので、空間、分布とかも含めた、零次元パラメータの線形結合スケールングを超えた新しいタイプのスケール則のようなものを創っていけないのではないかと思う。

(横山) 物理的な理解も含みつつ、外挿できるモデルに仕上げていくような方向性か。

(仲田) 横山さんの以前の仕事 (NF2020) で、無次元パラメータのスケール則ではないけれども、局所的な温度勾配を入れてよりよく再現するということがあったが、せっかくの一次元の量を零次元化して組み入れたというわけで、やはり、その一次元性は大事で、どういう分布を持っていつその分布に遷移したかというのも大事。それらを含めた (スケール則とかどうかは難しいが) 縮約モデルができるといいと思うし、それが閉じ込めプラズマの本来の姿を反映したものではないかと思う。

(横山) NF2020：一次元の情報 (温度勾配) を加味した縮約モデルとして、尻尾をつかむ際にはいろいろできそうだと思う。

(仲田) シミュレーションも計測も多次元時代になっているので、データをフル活用するというユニット提案であるので、温度計で一点だけ測るといった前時代的なこともさることながら、多次元時代に即した回帰などができるといいと思う。

(横山) 核融合ならではの、というキャッチフレーズがあると、なぜ核融合研がデータサイエンスなのかという説明もしやすくなると思う。

(山口) データを直接見る、というのは、計測の生信号データなのか、例えば、温度や密度に焼き直した後のデータなのか？

(横山) 物理変数になったデータである。放電まるごとの時系列データはそれをそのまま見て、変化点を見るというようなこと。突発現象を時系列データの変化点と捉えれば、世の中の広大な時系列データ関連の方々と繋がれる。

(伊藤) ユニット活動要項、ロードマップのようなものを示してもらえるとよい。