

## 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 25 回）議事録

日時：2021 年 12 月 8 日（水） 13:30 – 15:30

場所：オンライン

議事： 1. お知らせ

1-1. プラズマ核融合学会年会インフォーマルミーティング報告

1-2. プラットフォーム関連のアナウンス

1-3. LHD 常伝導化作業室の発足について

2. ユニットテーマ研究課題の整理（吉田善章）

### LHD 常伝導化作業室の発足について（森崎 友宏）

柳：一番重要になるのは耐電圧の問題だと思う。検討状況や試験を加味して、最終的に常伝導化改造をいつ決定する見通しか？

森崎：超伝導から常伝導にするときに一番の問題になるのは耐電圧の問題で、これまで計算で当たっていて、2kA 程度流すが大体大丈夫であろうと、計算上は考えている。一番弱いと考えられるところについては実物大の導体を並べた 2 層間の大気中での絶縁試験を今年度中に行う予定である。できる限りいろいろな方から弱そうなところを指摘いただいて、確認をしていく必要がある。ここがクリアできれば、そのあとは文科省等のオーサライズが必要となってくる。

柳：モックアップでの耐電圧試験に加えて、やはり最後は実機でやらないといけないのではないか？

森崎：今まで LHD を作るときに当時やってきたような対地や層間、ブロック間の絶縁試験などは、やっていきたいと思っている。

柳：ここがクリアしないと怖い。予算がついてから取り返しがつかなくなるのを避けるためにもこのステップが重要である。現在、超伝導でクエンチしたときに一番恐れているのは、層間に金属のゴミが存在することである。作った当時は最初に絶縁が落ちて、ゴミを掃除機で吸い取って、かなりきれいにした。フィルターを設置して外からのゴミは極力入らないようになっているが、万一ゴミが入り、クエンチした際に絶縁破壊するという危険性をずっと持っている。超伝導の場合はクエンチした場合のみであるが、常伝導では必ず電圧がかかるので、ゴミがなければ計算通りになるであろうが、やはり心配であり、気にしておく必要がある。

森崎：次のサイクルの前にできることはしておきたいと思う。

増崎：来年度の実験中も並行して作業をするということであるが、特に LHD 実験は止めずに可能か？

森崎：LHD に近いところは実験中は作業をやめるようにして、来年度はフルスペックで

LHD 実験を行う計画である。

### ユニットテーマ研究課題の整理（吉田所長）

菅野：異相連成のところ、NIFS のアクティビティとして“ダイバータプラズマ（ストキャスティック）”と整理されているが、ストキャスティックな領域とダイバータプラズマは少し離れているような気がするが、これはエッジフィジクスも入っているということか？

吉田所長：ダイバータの研究がいろいろある中に、NIFS のアクティビティの特徴としてストキャスティック領域の研究があるので、いままでのアクティビティの一つという意味で書いている。ここの提案で今まで出ているものを読むと、プラズマから固体、そしてその境目というところを広くとらえている。それが連成している現象としてとらえていきたいという問題意識と理解している。ダイバータのある所だけという研究はつまらない。プラズマと他のいろいろな相が連成しているという大きいとらえ方でやりたいということだが、ここでは網羅的には書いていない。考えていく上での補助線。この表をそのまま展開するというではない。

今、軸を議論している中で、これまでの NIFS でのアクティビティとの連続性は必要。同時にユニットを構築する際にはある程度のアグレッシブさを持ってもらいたい。レビューワーの方々にも説明しているが、場合によっては、それ、あなたたちにできるの？というレビューがついていることもある。それによって萎縮するとよくない。ユニットのテーマはある程度アグレッシブであってほしいと思っている。今までやってきたことで、看板をつけなおして再スタートということでは決してない。NIFS のアクティビティの欄は、今までやってきたことから理解しやすいということで記入している。網羅もしていないし、ここにとどまっても良いという意味でもない。

レビューワーのコメントも、あなたたちが今までやってきたのと違って、できないんじゃないかというコメントが出ている場合もある。しかし、今までやっていなかったけれども、こういったところに踏み出していきたいというアグレッシブさは持っていてよい。ただ、あまりにも漠然としていたり、不勉強があって他でいっぱいやられているのではないか、ということも困る。いままでやってきたことから踏み出そうということが重要。踏み出すことに躊躇しないほしい。だが、できもしないことを書いて大風呂敷になってはいけない。他分野でやられていることに対する競争力が分からない、というのも困る。積極性を持った提案にしてほしい。

増崎：示されている軸の2つ目の“システム”のところ、定常運転が課題として入っているが、定常運転は総合的な運転で、ダイバータの排気やリサイクリングも必然的に関わってくる。それが“システム”という形で独立して挙げられているところに若干違和感がある。異相連成

に書いてあるようなことがあって、最終的に定常運転ができるものになってくる。軸の主たる課題として、独立して出されていることに違和感を感じている。

吉田所長：この“システム”は物理とっていただきたい。核融合システムにおける定常性という、いろんなものが総合的に入ってくるが、“システム”というのは物理の課題として見たときのサステナブルシステムというイメージ。リアクターとしての定常運転というよりも、プラズマよりのものである。具体的なイメージは、長谷川先生がセミナーで話されたように、エントロピーの問題。システムが、どうやって低いエントロピー状態を保ち得るのか、つまり、プラズマはどうやって構造を保ち得るのか。オープン系でいろいろな物質の位相があるにも関わらず、どうやって構造が保たれていくのか。もちろん指摘のように、核融合炉の定常運転は他のところもいっぱい絡む。

笠原：“軸”と“核融合”としての課題“と”学術的展開“のところで、お互いに相互にクロスしているようなところが多々あるのではないか。その場合、今後我々が参加ユニットを選ぶときに、どこを中心に選ぶべきか？

吉田所長：ユニットは研究所を縦割りにするものとは絶対に思わないでほしい。楕円の絵のように重なり合っていて、中心に核融合科学があり軌道が回っている。そこで他のところとカップリングする。”定常運転“が典型的な例で、物理としてシステムの定常性を言っているというのと、リアクターの定常性、例えば、不純物がどうなっていくのか、など、様々ある。これらがいろんなカップリングする。カップリングしていることこそが大事。核融合研で核融合科学を10に分節化していて、それらがバラバラではなくて、1つの核融合というセンテンスが作れることが大事。”定常性“がいろいろなところに入っているのは、逆に言えば当然。それによってユニット間のコラボレーションができていくのであろうと期待している。どこに属するかは皆の判断になる。10年、どこでどのように活動するのが自分にとって一番良いかを考えていただきたい。失敗したと思ったり、関心が移れば、ユニットを移ればよい。分断するものではない。分断するのではなく一緒にしてしまえばよいのではないのかというもあるが、分節化してテーマを立てて、それが協同している、統合されているということがよいと思っている。例えば非線形のダイナミクスが絡んでいる3つのユニットで非線形ダイナミクスセミナーのようなものを合同開催し、著名な先生を呼んでくる。そのセミナーをオープンで開くと非常に学際性を持ったいいセミナーができると思う。核融合研がそういうセミナーを開いていると、核融合研は学術研究機関として非常に大きな貢献をしていることになると思う。共同利用研が、単に大きな装置、大きな予算ということだけでなく、素晴らしいセミナーを開いているといったことも素晴らしい研究所になりうる。そういう企画のためには、各ユニットが学術界に根を張っていて、それぞれに有名な講師を引っ張ってくる。そういったセミナーが核融合研で開かれると、お金をかけなくても核融合研はアカデミックにすごい研究所だということになる。核融合研のような中枢研でないとなかなかオーガナイズできない。ユニット間の強い協力がある、そのためのユニットである。

伊藤篤：マイクロマクロ階層混合というユニットを提案したが、“システム”のところにこのアイデアが植え付けられているという理解でよいか？

吉田所長：それとあと“時空”のところである。ここに“階層性”や“繰り込み”と書いたが、横断的だったので、どこともなかなか言いにくい、面白い話がいろいろあった。

伊藤篤：横断的であるがゆえに、いろんな現象の中で起こるマイクロマクロ階層混合を、それぞれの分野でパワーツールになっているような、例えばフリーエネルギー解析が分野ごとに違ふとか、そういうものを持ち寄ってアSEMBルして、波及して返すということも狙っていたが、“ダイナミクス・時空”のところに植え付けられると、他のところに移ろうかという人が半数以上出てきてしまう。

吉田所長：その提案をいろんなところと議論してインプットして、いろんなところに植え付けてもらった。”システム”にも入っているし、メソドロジーオリエンテッドということで、“階層連結”という言葉がある”計算科学”にも入るかもしれない。問題意識は、階層連結が難しく、階層にならないというところがモダンな問題だという話であった。それを計算科学として実現するということだとすると”計算科学”にも入ってくる。もう少し数理的な感覚でいうと、空間の定義がはっきりしないといけない。階層化というのは、空間を階層化する。階層化できれば、空間の中のサブマニフォールドにしてしまうということになるが、それがやりにくい問題があった。私としては第一義的に、全体が入る主軸としては、“ダイナミクス・時空”であった。”システム”の問題でもあるし、いろいろなところに関連している。

伊藤：あとはユニットをまたいだ共同研究で、エンハンスしてよいということか？

吉田所長：そういうことになる。

伊藤：本籍をプラズマプロセッシングのある“異相連成”や“シミュレーション”におくのか迷うが、本籍を”ダイナミクス・時空”に置いたまま、応用としてプラズマプロセッシングや計算機をやることは可能か？

吉田所長：研究したときにどちらが軸足かによる。具体的な現象側に軸足があるのか、抽象的な数理的な構造のようなところに軸足があるのか、になるかと思う。

中村浩：30弱のユニット提案から11になっているが、当初10というのが目的だった。せっかくどこに属するかの方針を決めたところで、数が10に減ってしまったら、ケーススタディするのが無駄になってくるのではないか？11である理由があるのか？

吉田所長：レビューワーの方々に意見を聞いて、これで行くことになっている。

中村浩：10ではなくて11に変わったということか？

吉田所長：そうである。最初10と思っていたが、いろいろ考えて、テーマがぼやけるのはよくないところから、増やした。”素過程・相互作用”と”異相連成現象”を分けた。自然に考察できた方がよいし、インフォーマルミーティングでも出たが、普通考えないような軸になると、どこに取り付いてよいかわからなくなる。教科書的なテーマではあるが、コン

テンポラリーな問題意識である。コンテンポラリーは、一つは核融合での喫緊の未解決問題、もう一つはコンテポラリーサイエンスとして他分野で議論されている話題。

中村浩：この11が最終的なひな形で、レビューを通すように努力するということか？

吉田所長：そうである。公聴会を開く前に、公聴会に耐えうるかどうか内容を見て、提案者とディスカッションを進めていきたい。公聴会でうまくいけば、ユニットテーマとして成立する。ユニットテーマとしては成立するが、その次はユニットを構築したときのフィージビリティになってくる。それがないと、その段階でユニットが流れてしまう。そういうことが起きないように、できるだけアドバイスしつつ通るものにして、さらに評価委員会と運営会議を通さないといけないので、ガイドする立場としてできるだけ通るように持っていきたい。

小林政：“異相連成現象”の学術的展開がプラズマプロセッシングとプラズマバイオになっているが、学術になりにくいテーマという感じがするが、他の学术界とつながるときにどのように展開するのか？

吉田所長：ここは私が書き切れていない面がある。プラズマバイオは非常にフロンティアである。フロンティアとして大きなポテンシャルを感じている。Multi-phase coupling 自体がそういうとらえ方をすると、フロンティアだと思う。スピノーダル分解のように液相と固相、氷がとけている界面のようなものはいっぱいある。しかし、違う物質がカップリングしていて、そこにプラズマという非常に強い非平衡性を持ったものがカップリングする。このdiscipline 自体が新しいと思う。それぞれの phase に分けると、この表の下に非常に多くの項目が並ぶ。例えば、プラズマプロセッシングの人は固体側から見ている人、プラズマ側から見ている人、両方あって、それぞれ、下にたくさん項目が並ぶ。その計測法もたくさん並ぶ。既存のものがたくさんあって、その非常に inter-disciplinary なものとして、“異相連成現象”が新しいものとして立ち上がってくるのではないか。それが核融合界ではダイバータということになり、伝統的にやられているのであるが、こういう切り口でやると普通のサイエンスの世界ではあまり研究されて来なかった複雑な問題である。ここは、実学的なものと生命の起源のようなものを並べてあるが、inter-disciplinary な新領域の雰囲気でないかと思っている。皆さんで一杯埋めていただいてよいと思う。私が思いついたものを書いており、規定しているものでは決していない。

吉村泰：11のテーマが上がっているが、例えば“計算科学”というユニットができたとして、NIFSのシミュレーション系、2つある人たちが、皆、そこに入る状況になったとして、組織化の段階で人数的な凸凹ができてしまうと思う。この凸凹を希望者同士で調整するのは難しいと思うが、最終的に組織化の段階で調整に入っていただけなのか？

吉田所長：あまり調整する必要はないと思っている。あるユニットの人数が多くてもかまわない。大体10人くらいといっているのは、単に120人くらいを11で割ると大体10人

が平均になると、大学と同じといわれないチームが重要というところからきている。構築されていく状況を見て、あるユニットが50人で、あるユニットが3人というようにはならないと期待している。20人でも構わない。極端に少ないのは困るかもしれない。特例的に認められるかもしれない。評価委員会の判断による。

渡邊清：プラ核学会での報告の時に、LHD計画共研に代わる計画があるかとの質問に対して、LHD計画共研に代わる計画をいろいろ検討しているという話があったと記憶している。その計画もプラットフォームと非常に関わると考えられるので、個人的にはそのような話は聞いていないので、是非、どのような計画があるかというような話を、プラットフォーム検討の場等で紹介していただきたい。

吉田所長：プラ核学会でその質問に答えたのは、LHD計画共研は終わらざるを得ない。それは核融合研の共同研究事業がそのままだと縮小するので、それに代わるものを考えないといけないということが一つ。核融合研の役割の規模的な話。もう一つは核融合科学のパラダイムチェンジを核融合研が中核となって進めるといっているが、その一環としてソフトの面ではユニットをやっている。ハードの面は、まず核融合研の中のハードウェアの整理をしている。どの装置をどのように運用していくのか、と一方には経済的な切実な問題もある。これをコミュニティー全体に広げると、まず国内にどのような装置があるか、さらに海外にどのような装置があるか、大学にある小さな装置群もその中に入ってくる。とりわけ大きいものとしては **broader approach** の枠組みにあるものがある。核融合研のユニットの議論の中でも重要な意味を持つであろうし、ユニットに参画される大学の先生にとっても重要な意味を持ち、核融合分野の共同研究をしたいという大学の先生たちにとっても重要。国内のこの分野で利用可能な道具、研究プランの中で必要な道具についての共同利用の可能性を総合的に考えていく必要がある。パラダイムチェンジと道具の話は表裏一体。仕組みはできるがお金は概算要求をしていく必要があり、準備をしていきたい。

渡邊清：道具であるプラットフォームの議論は共同利用を含むので、プラットフォームの会合でも素案などを議論する予定であるか？

吉田所長：ユニット、プラットフォーム両方、ここで議論していく。

渡邊清：スケジュール等もこのプラットフォームの会合で提示していただきたい。

吉田所長：共同利用の体制については、共同利用委員会なので、運用体制がどのようになっているかというのは、ここではあまり情報が提供されていないかもしれない。共同利用委員会では一般共同研究をどのように改革するかについて議論されて、今回の共同利用の書類にそのことが表現されている。

渡邊清：これまでは核融合研の施設をほかの大学の方々が使うということがメインだったと思うが、核融合研にLHDのような大きな装置がなくなれば、他大学の装置なり **broader approach** の装置を核融合研の所員の方が使うことが多くなってくると思う。おのずと仕組みが変わってくるのではないかと思うが。

吉田所長：ユニットの計画の中に土岐以外の装置をつかうものもある。中国やドイツの装置なども含めて。その中に JT-60SA もあると思う。それは共同利用のフレームワークを使うことになるだろうが具体的な交渉は行われていない。共同利用のフレームワークを作る中で、具体的な協定のようなものを作っていくといけない。NIFS の人たちだけでなく、ユニットは開かれているので、大学の人もそれに参加する。そう考えれば、Q S T 等と共同利用のフレームワークを作っていくということになる。

渡邊清：ユニットが固まった段階で、SA などの装置使用の希望が出てきて、そこから実現化していく流れになるとの理解でよいか？

吉田所長：ユニットが決まればユニットの計画書を書いてもらう。その中に実験計画があり使用する装置を書くが、単に勝手に書いているのではなく、交渉が成り立っているのか、ということになる。その段階で、精査することになる。

渡邊清：下交渉はいつまでしておくべきか？

吉田所長：計画書の中で、その装置を使うというのであれば、使えることのフィージビリティを確立しないといけない。下交渉は、研究者同士でやりましょうというレベルはよいが、組織間でオーソライズされるというのはなかなか難しい。そこは、計画書の中で使いたいという記述でも良いかもしれない。