



対談


 〔対談〕細胞ダイバース領域 / シンギュラリティ生物学


日時 : 2020年6月2日 13:00~
 場所 : オンライン (zoom & Google doc)
 参加者 : 堀川一樹 (シンギュラリティ生物学)、市村垂生 (シンギュラリティ生物学)、
 久保田晋平 (細胞ダイバース)、高木舜晟 (細胞ダイバース)
 司会 : 高里実 (シンギュラリティ生物学 / 細胞ダイバース)
 モデレーター : 坂内博子 (シンギュラリティ生物学)、洲崎悦生 (細胞ダイバース)

高里：今日は、皆様お集まりいただきましてありがとうございます。私は理化学研究所の高里です。進行を務めさせていただきます。シンギュラリティ生物学と細胞ダイバースの両方に参加させていただいています。今回は若手研究者の対談ということで、ダイバースとシンギュラリティ両方の領域から二人ずつ呼びして、合同ワークショップに参加して、どんな興味を抱いたか、お互いのどんな研究に興味を持ったか、というような話を中心に対談を進めていきたいと思えます。あともうひとつ、進行としましてシンギュラリティ領域の坂内先生をお願いしています。自己紹介よろしくお願ひします。

坂内：シンギュラリティ生物学の坂内と申します。1月にダイバース領域とシンギュラリティ生物学で合同のワークショップをやりまして、そこですごく議論が盛り上がったのを今もよく覚えています。そこで今回は両領域の若手が集まりまして今後の展望について話せたらいいなと思い、細胞ダイバースの洲崎先生とこの会を企画しました。本日はよろしくお願ひいたします。

高里：では、参加者のご紹介したいと思いますけども、細胞ダイバースからは高木さんと久保田さんが参加してまして、簡単に自己紹介お願ひできますでしょうか。まずは高木さんからお願いします。

高木：東京大学 D1 の高木です。細胞ダイバースでは公募班の岩見真吾先生のもとで研究を行っています。私は主に数理モデルやコンピュータシミュレーションを用いたがん細胞やウイルス感染細胞の細胞群の挙動の解析を行っていて、この領域では成人 T 細胞白血病のクローン多様性がどのように病態に影響するかという研究に取り組んでいます。よろしくお願ひします。

高里：続きまして久保田さんお願いします。

久保田：東京大学の宮園研究室で研究員をしている久保田晋平です。東京大学の上田研究室で大学院生として全身・全臓器透明化技術の開発に取り組んでおり、現在は組織透明化技術を用いて癌転移メカニズムの解明に取り組んでおります。シンギュラリティ生物学の前身の新学術領域である少数性生物学の頃から、非常に面白いグループだと関心を抱いていたので、1月の合同ワークショップはとても楽しませていただきました。

高里：続きまして、シンギュラリティ生物学からは堀川さんと市村さんのお二人に参加して頂いております。堀川さん最初に自己紹介お願ひ致します。

堀川：合同会議のプレーストーミングでお話をさせていただきました堀川です。今日は記憶を呼び起こしながら、みなさんと楽しく話ができればと思ってます。やってることは社会性アメーバの自己組織化です。発生屋なので、何もないうちにパターンができる過程の一番最初を見たいということで、市村さんらとともに AMATERAS (A Multi-scale/modal Analytical Tool for Every Rare Activities in Singularity) (注) で誰も見たことがない圧倒的なスケール感での発生現象を観察をしています。



対談

高里：続きまして市村さんお願いします。

市村：大阪大学の市村です。シンギュラリティ生物学の総括班で、広い視野で細胞を見る顕微鏡、通称「AMATERAS」の構築を中心にやってる人物です。応用物理学や分光学がバックグラウンドで、自分の研究の柱になってるのはマニアックな分光計測、ラマン分光とかブリルアン分光とかをやってきました。その流れもあって、光で生物のいろんな情報を光で取り出してやろうという事を色々やっています。細胞ダイバースとの合同会議から5か月ぐらい立ってるんで、若干記憶が薄れちゃってるんですけども頑張って掘り起こしてお話しさせていただきたいと思います。よろしくお願ひします。

高里：ありがとうございました。まずは、今タイムリーな話として、新型コロナウイルスの感染拡大がありまして、今現在も継続してるんですけども、こちらの話から進めたいと思います。最先端の研究をされている先生方達が、自分達の研究はおそらく今現在止まってると思いますけども、この対談を読んでいらっしゃる読者の皆さんにも非常に参考になると思いますので、自分の研究体制を変えたと変わったとかそういうアイデアについて、もしありましたら教えていただけたらと思います。市村さん、自分の研究について、今まで通りの研究はできるのか、それとも今、自宅待機の体制とかで、取り組みが変わった点があるかどうかを聞かせていただけたらと思います。

市村：大阪大学は、そろそろみんな大学に来て研究をし始めてる状況です。自粛期間中は実験はストップしましたが、ちょうど論文を書いたり解析したり自宅でする仕事が多かったので、研究が止まったというほどではなかったです。おそらく今後ですね、次の冬に同じことが起こることを予想しておかないといけないと思っています。11月ぐらいから始まったら非常に長いじゃないですか。だから今年は4ヶ月ぐらいしか実験できないかもしれないと考えて実験計画を立てないといけないなと思っています。それと、ウイルスや感染症を対象にした研究を考えないといけないと思って、このイメージング装置で感染症対策に対して何ができるかということは議論してました。

高里：ありがとうございます。実際にコロナウイルスに対する研究に多少でも contribute するという意識を持っていて、非常に素晴らしいと思います。機器とか顕微鏡とかツールを開発する研究の場合、色々な新しいことにチャレンジしやすい環境にもあるのかなと思いました。他に例えばダイバースから、久保田さんいかがでしょうか。

久保田：新型コロナウイルスの拡大によって実験は止まってしまいました。また東京大学が4月上旬から活動制限レベル3になるのと同時に保育園も休園になり、リモートワークもなかなか難しかったです。画像解析などは家にいても行えるように環境を構築していたので、以前に取得した画像の再解析などは行うことができました。

高里：シンギュラリティの堀川さん、今回のウイルス騒動で、研究に対して意識や体制が変わったっていうことはありますか？

堀川：徳島は、日常生活も込みで変わったことはほぼありません。とても幸運な状況で研究できてますし、皆さんの対応はやがて徳島も大変になった時に参考にさせてもらうよう興味深く聞いています。

高里：ありがとうございます。情報があまりにも少なすぎて、どう行動すれば良いのか、我々自身もわからないというのが実情だと思います。高木さんはいかがでしょう。

高木：実は僕もそんなに変わってはいなくて、というのも基本的に解析は自分のコンピューターでやっているんで、家でも何ら差し支えなくできるんですね。ただ、計算の規模によっては大学のPCを使いたいことがあったので、そこに關しては外からアクセスできるように設定したり、オンラインストレージみたいなものを拡張してデータをそこでずっとやり取りができるようにという環境は整えました。あとは、気軽に議論できる環境ってやっぱりいいなと思って。パツと思ひ浮かんだ事とかちょっと浮かんだ疑問とかそういうことをすぐ研究室にいれば隣にいる学生とか先生とかと相談したり議論したりできるんですけど、それが少しやりづらひのかなどは思ひました。





対談

高里：例えば私のところでは、オンラインチャットツールの Slack を導入し、リアルタイムでコミュニケーションができるようにしました。色々な研究室のやり方を参考にしました。

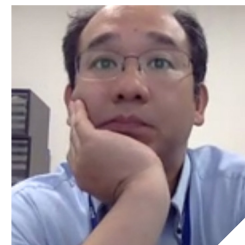
高里：それでは次の話題に移ります。我々は1月に細胞ダイバースとシンギュラリティの JOINT workshop を開催しました。そこで双方の研究者たちがお互いの研究を発表し、実際どういう共同研究ができるか、お互いにどこに興味の共通点があるかという事を共有する、非常に良い機会となりました。皆さんには、この JOINT workshop に参加した率直な感想をお聞きしたいと思います。まずは、ダイバースの高木さんからお願いします。

高木：僕自身は、数理モデルを扱ってる関係上、こういったワークショップはどこに参加しても新鮮というか異分野なので、ある意味いつも通りではありました。でも、やっぱり違うコンセプトの二つの領域が議論してるのがすごく面白くて。どこでどうすり合わせていくか、融合していくかっていうブレインストーミングが最後にありましたよね。解析自体の親和性とかは自分はよくわからないので何とも言えないんですけど、コンセプト的な所で言うと、融合というよりは合体じゃないかっていう感じがして。お互いの何かを利用して混ぜり合うというよりは、ダイバースは平均的な、大局的な挙動を見ていて、シンギュラリティはニッチって言ったらちょっと言い方違うかもしれないですけど、特異な部分を見ていて、その二つを両方ともカバーできると、バランス良くというか、全体的な現象を見れるのかなと思っていて、そういう意味で今回のワークショップみたいな意見交換の場があると普段お互いが見てない部分が見れて面白いのかなっていう風には思いました。

高里：ありがとうございます。シンギュラリティの堀川さん、どうでしょうか？

堀川：両者はよく似ているが、全く同じものかと言われると同じではない。ねっこにあるコンセプトで違いを感じた、という感想ですね。

ダイバースはプレイヤーが多様で、それらの内部状態を細かく分析して、どういう相互作用してるかという立ち位置。シンギュラリティはそれらのシステムがどうやってうまれるかというスタンスでしょうか。



高里：ありがとうございます。私の記憶だと、ワークショップで堀川さんがおっしゃってたリーダー細胞の話が非常に面白くて、そのようなコンセプトはまさにダイバースにはなくてシンギュラリティの研究者の方にはあるコンセプトであると、印象的に感じました。久保田さんはいかがでしたか？

久保田：シンギュラリティの領域で開発されているそれぞれの要素技術に関して、すごく楽しませていただきました。AMATERAS をはじめとして発光イメージング系や超音波イメージングなどの技術は、シンギュラリティとダイバースで研究対象は異なりますが、それぞれの領域で応用が利く技術だと思うので協力、議論を重ねたらより良い研究を行えるのではないかなと参加しながら考えていました。

高里：シンギュラリティの市村さん、ご感想いかがでしょうか？

市村：高木さんと堀川さんがおっしゃってることにほぼ同意です。それを踏まえた上で、僕の場合は計測という立場から、実際使ってる計測方法がそれぞれシンギュラリティとダイバースで違いがある点に着目しました。思考実験的には、オミックスもできるシイメージングもできる、スーパーイメージング装置みたいなものがあつたら、この二つの分野ってのは分かれる必要はないのかなっていうことを考えていました。現実的な計測技術で同時に実施できないため、研究



対談

対象として分かれているだけなのかなって思いました。計測に軸足を置いている自分だから勝手にそう思ってるだけで、観察対象に軸足がある人には当てはまらないと思いますが、本質はかなり近いものがあると思います。高里さんの場合が一番顕著だと思っていて、一つの生物対象に対して両方の切り口で両方の領域に参加されてるわけですけども、一連の流れとして全部込み込みですべてが見えるような装置があったら、もう分ける必要がないじゃないですか。だから、計測装置が分野を分けてるのかなって思いました。

10年、20年後に、もしものすごい計測装置が
できたら、この二つの分野はひとつの分野に
なるのかなって思ったりしてます。



変なこと言ってると思うんですけどもどう思いますか。

高里：私の場合は、細胞ダイバースでは1細胞解析をメインに行って、シンギュラリティの方ではライブイメージングで細胞の挙動をみるということをやっています。1細胞ごとの挙動とオミックス情報がミックスして計測できるようなテクノロジーがあれば、両方とも解決してしまうというのはおっしゃる通りだと思います。

高里：ここまでのところ、建設的な意見がかなり多かったと思いますが、逆に次の課題として、分野融合ということ考えた時に、逆にちょっと足りないところがあるとか、もうちょっとこういう風にすれば歩み寄れるんじゃないかというような感想を聞きたいなと思ったんですけども、高木さんどうですかね。例えば、お互いの研究発表を聞いててとてもよくわかったとか、もうちょっとお互いに理解し合える部分があったかなとか、研究発表って自分たちの言葉で喋るので、相手の言語がちゃんと理解できたかなとか、そういう点についてはいかがでしょうか。

高木：そうですね、僕が勉強不足なところもあって、実験の話などはなかなか難しい部分もあったんですけど、一番最初の方に出てきたリーダー細胞の話が非常にわかりやすく、誰が見ても何が起ってるか分かると思うか、本当に面白いなと思って。どんな細胞もリーダー細胞の資質を持っているわけではなく、誰でもなり得るっていう状態でしたっけ？

堀川：リーダー細胞の起源ですね。僕もとても不思議に思ってますが、リーダーを決める仕組みはまだわかってません。もともと等価な細胞群からランダムにリーダーが決まるのか、協調的な走化性を始めるずっと前に運命決定されているのかAMATERASを使って解析しているところです。

高里：堀川さんはワークショップに参加した後、お互いの話でちょっと分かりにくかったとか、ダイバースとシンギュラリティが共同研究する際に、お互いに歩み寄った方が良いなという点は気づきましたか。

堀川：細胞ダイバースでは、対象となるシステムを徹底的に分析し、そこには多様なプレーヤーがいるということを皆さん明らかにされようとしてるように見受けました。シンギュラリティ領域ではそれほど多くのプレーヤーを想定していないので、細胞ダイバース的なシステムのユニークさとか強調してもらえるとより接点を見出しやすかったかなと思いました。

高里：今のお話は、お互いの領域のこういう話題が面白かったなという話にも通じてるんですけど、シンギュラリティの市村さん、ダイバースの方でこういう話題が特に印象に残ったとか面白かったなっていう話題で記憶に残っているものはありますか？



対談

市村：血清じゃなくて人工物で造血幹細胞を制御するっていう話（東大医科研の山崎先生）が印象に残ってます。僕みたいな生物は素人で物理とか化学を専門にしている人間というのは、ピュアな系を信奉しがちなところがあって、理解しやすいだろうなという思いがあります。それに幹細胞っていうのは僕が扱った数少ない生物のうちの一つなので、そこは面白いなど。こういう生物の複雑さを出来るだけ排除できる手法は、パラメーターを振りやすいので計測とも馴染みがいいと思いながら聴いていました。

高里：あの研究は非常にインパクトが大きかったですね。ダイバース側から久保田さん、シンギュラリティ側で非常に記憶に残ったなっていうトークがありましたか？

久保田：AMATERASの開発をされている市村さんのお話は記憶に残ってます。発表後の交流会で開発経緯に関する詳細を聞いたのでありがたかったです。大浪先生の画像解析に関して理解が不十分だった点があったので、もう少し話を聞けたらよかったなと考えています。また顕微鏡作製を行われている渡邊先生や、全脳イメージング手法を開発されている橋本先生の話も機会があればお聞きしたいです。

高里：お互い分野はかなり似ていますが、見る物だけでなく言語も違う可能性があるという話がありました。でも、実際言語もそんなに違わなくて、発生物学の先生方が多かったのも、私としてはどちらもわかりやすいトークが多かったなと感じました。次の話題にしたいんですけど、特にシンギュラリティ側でAMATERASという非常にユニークなマシンを開発されている話がありまして、AMATERASについて市村さんに聞きたいのですが、AMATERASってどんなことができるのかを少し教えていただけますでしょうか。

市村：現状のスペックとしては、1.8 cm ぐらいの視野内で、1 細胞レベルの空間分解能でライブイメージングができます。この先にあるのは、もともとAMATERASは、センチメートルスケールの視野内の全ての細胞を見ることを謳っています。たとえば、マウス体内を全部見るとかですね。理想的には、それに向かって装置を改良していくんですが、作ってる人間としてはなかなかハードルが高いと感じています。現状は奥行き分解能がない2次元イメージングなんですけれども、3次元のイメージングができるように共焦点系を組み込んでいきたいというのが現実的な次の一歩だと思ってます。それにプラスして、1細胞をピックアップする装置を組み込んで、イメージングで見つけた特徴的な細胞を取得して例えば発現解析をしましょうというのも、近いところにある次の一歩だと思います。

高里：例えば、イメージングした後に今お話しされたような特徴的な細胞を見つけるために、おそらく機械学習などを利用したイメージング解析をしないといけないのだと思うのですが、これは市村さんご自身でされているのでしょうか。それともシンギュラリティの他のメンバーと組んで画像解析の部分を実施してるのでしょうか。

市村：私自身でできることもあるんですが、最終的には大浪グループにお任せする形になると思います。話し合いながら進めているところです。やっぱり細胞数が非常に多いので、一個一個の細胞を人間の目で見るとのはもう不可能なので、そういう機械学習との融合は必須で、早く進めたいなと思っています。

高里：ダイバースの高木さん、今の話を聞いて使ってみたいアイデアとかありますか？

高木：そうですね。生きたまま複数の情報を時系列で取れるとなると、例えばシミュレーションをやる上では現象のトレースできてるか、将来的な予測がバッチリ合っているかというところを検証しないとイケないんですけども、その情報を取る時って、実験の時に1回そこで細胞をつぶしてというふうになるので、時系列データを取るときにどうしても別個体になるって問題を避けられないんですよね。その点で精度の高い検証ができそうだなと漠然と感じました。

高里：例えば、高木さんが今やってらっしゃる研究内容との親和性はどの程度でしょうか？

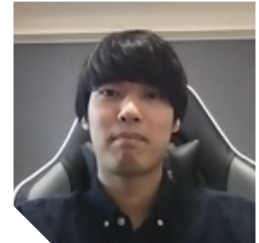
高木：頭の中でなんとなく考えてることなんですけど、細胞内の遺伝子発現動態とかそれがその最後にダイレクトに影響を与えて細胞が動くみたいなシミュレーションを、実験に併せて構築したいと思っています。細胞株育てて薬かけてどういう風に細胞内情報の変化が出るのか見たいと思っていて、でもそれってさっきも挙げましたけど例えば1日目と2日目と7日目のデータ取りますとなった時に、この1日目と2日目と7日目の細胞ってのは全部別物になっちゃうんで



対談

すよね。それでどうしてもそこで平均的な挙動で見えるしかなくなっちゃうので、それこそシンギュラリティじゃないですけど、一つの細胞群に着目してどういう経歴をたどったかっていうところも重視するという意味では、

もし AMATERAS で細胞内情報を時系列で見ることができるのであれば、平均的な挙動だけでなく色々なパターンについて網羅できるのかなと。



高里：平均的な挙動と言うと、通常は n を沢山とってその平均を見てバラツキを見ることをしてるんですけども、この AMATERAS も結局 n は沢山とる必要はありますよね。毎回毎回少しずつ挙動が違うんだけども、こういう特性を持った細胞はこういう挙動に進みやすい、というようなデータをとるためには n が必要と思うんですけども、堀川さんいかがでしょうか。

堀川：市村さんに何例も何例も撮ってもらってる状態です。

高里：そうすると、AMATERAS の運用はかなり労働力的に大変と想像します。例えば細胞ダイバースと一緒にやろうとすると、結構人手が足りなくなってしまうそうですね。

市村：高里さんのご指摘は仰るとおりで、マンパワーや時間的に結構問題はありますね。特にこの研究の場合データサイズが大きいので、計測用パソコンから解析用パソコンにコピーするだけでも非常に時間がかかります。ファイルを開くのにも時間がかかります。そういう面で、人的リソースも含めての環境整備が未だに完全にはできてないです。

高里：共同研究する際のリソースとかはやはり限界があるということですよ。

市村：面白い話があったら是非やりたいですけども、やはりマンパワー的に限界があって、なかなか安易には受けにくい状況です。また、今のところ装置が一台しかないのですが、理想的には開発機と応用機が別にあった方が研究が進めやすいです。

高里：例えば、既存の顕微鏡等をちょっと改造したりとかして、AMATERAS を量産する的な計画はあるんでしょうか。それとも、そういうことはそもそも難しいんでしょうか？

市村：今の AMATERAS 装置は、いわゆる既存の生物用顕微鏡で使われるものを使っていないので、ただちに量産するのは難しいと思います。

高里：細胞ダイバースの久保田さんは、例えば AMATERAS を使ってこんなことしてみたいなっていうアイデアをお持ちでしょうか？

久保田：シンギュラリティの橋本先生たちが開発している、



全脳 1 細胞解像度で見るとは、1 細胞オミクスとの接続性が良いと感じていて、これらの技術の融合に AMATERAS が非常に有用なのじゃないかと考えています。



対談

その様な技術が今後実現するのであれば、細胞ダイバースだけでなく様々な研究領域にインパクトを与えたいと思います。実現するのは難しいと思うのですが、発光イメージングで1細胞を検出できるようになってきているので、個体をライブで見たいなどは思っています。

高里：今のお話で思い出したんですけども、シンギュラリティでは二次元がメインでそのレアなイベントを見るという事をされていて、ダイバースの方は三次元組織を主に扱っているんですけども、実際はその三次元的なサンプルを処理するための計測装置を持ち合わせてる人はほとんどいない。ダイバースの中には透明化の研究をされている先生もいて、透明化して三次元の組織を沢山見る事はできるんですけども、ライブでその三次元の細胞同士のインタラクションを解析するのはまだ技術的には難しいと感じました。今後、ダイバースとシンギュラリティのインタラクションができるとしたら、そういう三次元の組織をライブで観察して、そこからシンギュラリティなイベントを解析するというような視点があるのかなと、個人的に思いましたけども。堀川さんいかがでしょうか

堀川：おっしゃる通りだと思います。もちろん細胞ダイバースに限らず、シンギュラリティでも三次元組織の経時観察を目指しています。ただし相当ハードルが高いことなので、装置開発してくれる市村さんたちが「これは何としても作り上げよう」と思ってくれるほどの問いと現象を実験屋が提供できるかっていうのがとても重要です。ただし、2Dでも暴力的に大きなデータにヒイヒイ言わされてる状況なので、これが3Dになるととても人の手に負えるようなデータではなくなります。ビックデータ解析など情報処理の観点から新たなコラボを展開させるいいきっかけにしたいですね。

高里：ありがとうございます。それではちょっと市村さんにお聞きしたいんですけども、細胞ダイバースの研究対象で、AMATERAS で見てみたいという研究はありましたか。先ほどは、造血幹細胞のお話は出ていたみたいですが。私のケースだと腎臓オルガノイドを四次元的に解析するのはひとつの面白い研究対象と思うんですけども、市村さんの場合は、こういうマテリアルを提供してほしいな、解析したいな、っていう相手はございますか。もちろん架空のマテリアルでもいいんですけども、こういうものだったら計測する価値があるな、という。

市村：ダイバース領域で研究対象にしている方がおられるかわかりませんが、ES 細胞や iPS 細胞の分化におけるヘテロジェニシティの研究に対して、この顕微鏡が貢献できると思っています。同時にたくさんの細胞やコロニーを時間を追って観察し続けられると思っています。細胞の多様性を見るという点においては、ダイバースに近いかもしれないし、コロニーの状態が一気に遷移するシンギュラリティ現象を見ることもできると思います。この顕微鏡のちょうどよい用途と思います。

高里：ありがとうございます。坂内先生から何かございますでしょうか。

坂内：細胞ダイバースのプレゼンテーションを聞いていて、全身を全部見なきゃいけないような現象を扱っていると感じました。最近、臓器間連携というようなことも注目されています。例えば脳の認知症と腸内細菌などといったようなことです。シンギュラリティはまだそこまですらアプローチしていかかわからないのですけれども、細胞ダイバースの発表を見ていたら、何かもう答えを持っていらっしゃるのかなという気がしました。久保田さんは特に全身透明化ということをやっていらっしゃるんですが、臓器や全身を含めた生命現象っていうのに、何かどんなアプローチをしていくかとかアイデアはありますか？



久保田：組織透明化手法は生命現象を調べる入口として非常に有用な手法だと考えています。現在は組織透明化手法を用いて少数の細胞が個体内で引き起こす表現型を観察したいと考えて研究に取り組んでいます。仮説に対して適切な動物モデルを考え、全身・全臓器イメージングし実際にその少数の細胞がそもそも存在するのか、存在するとしたらそれがどういう機能をしているのかっていう風にアプローチをしています。ただ実際には少数の細胞が非常に重要であるという現象を見つけることは結構難しく、この研究アプローチが適切なのかどうかに関しては少し悩んでいます。



対談

坂内: 高木先生は数理モデルを使っていらっしゃいますが、そのファクターとなる、プレイヤーとなる細胞がすごく空間的に広がっていた場合にも、数理モデルで扱うことができる問題なんですか？

高木: それは面白いですね。学会などでもご指摘をいただくことがあって、実際、例えば大腸がんの転移の数理モデルの時には、その空間的な広がりというものは考慮しています。ただその細胞が移った先でその周りの環境によってどう変わるかっていうところまで考える時に、どうしてもその臓器の情報をある程度しぼることになります。例えば坂内さんがおっしゃっていた認知症と腸内細菌の関係となった時に、腸内細菌の方は割と具体的に定義できるとして、脳の方でどの要素を取捨選択するかというのは検討が必要になりますね。なので一応アプローチとして可能ではあるんですけどいわゆる“間違っていない”というところまで持っていくとなったときに疑問が残るといった感じですかね、解析量の限界と僕の今の知識の範囲で見ると。

坂内: ありがとうございます。何を測るべきかが、まだわかってない状況？

高木: シミュレーションはある意味何でもできてしまう、何でも言えてしまうんですけど、やはりより現実の現象に沿ってとなると、ファクターがどれくらい絞れているかによって変わってきます。例えば、今やっている HTLV 1 による成人 T 細胞白血病の発症というのは、がんは基本的に本当にいろんな要因があるので一概にこれが原因でこういう風に広がっていくのは難しいんですけど、この白血病に関してはウイルス感染という強力な起因があるので、そこに焦点を絞ってシミュレーションできる、という部分があるんですね。ただ逆に、例えば現象を制御するいくつかのファクターが候補に上がってるときに、どれが一番影響を与えているかというのを数理モデルやシミュレーションで検証したりということはできます。

高里: ありがとうございます。これまでのところ、ダイバースから見るとシンギュラリティの技術とか、シンギュラリティ的な視点をぜひ取り入れたいという感想が多かったんですけど、非常に参考になりました。最後に、皆様から一言ずつ願います。

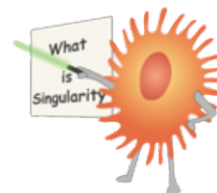
久保田: 今回のような合同ミーティングは、シンギュラリティ班の考え方を学ぼうえでも、シンギュラリティ班で開発されている技術を学ぼうえでも非常に有用だったと思います。共通する要素技術などもあるため、今後もこの様な交流の機会があればぜひ参加させていただきたいと考えています。

少数のがん細胞とがん微少環境を構成する多様な細胞との相互作用を、組織透明化手法を用いて明らかにしていこうと考えているのですが、シンギュラリティで開発されている解析技術もフォローさせていただき応用させていただければと思います。

高里: ありがとうございます。高木さん、最後一言いかがでしょうか

高木: 最初の繰り返しにもなっちゃうんですけど、違うコンセプトを持って同じ現象を観ている 2 領域が議論しあうというのは面白かったですね。今日の対談で出てきた「計算技術の違いによって領域が分かれている」というのもスッと落ちました。やはり、それぞれが違う視点で補い合う、という形が取れるという点で非常に貴重だったんじゃないかと思います。

私個人の関わり方という、やはり数理モデルは究極的には平均的な挙動を見ていることが多くて。ここから得られる情報ももちろんたくさんあるんですが、いわゆる“外れ値”というか、特殊な挙動を示すものに対して、もっと見ていく必要があるなということが再確認できましたし、そういった議論の場としても、なかなか用意していただくのは大変かと思いますが、個人的にはあると嬉しいなと思います。





対談

市村：融合ができたならもちろんいいんですけど、あまり堅く考えずに気軽に情報交換できる機会を持てたらいいなって思いました。それから、一つ別の観点として、この二つの領域の共通点としてデータが多いということがあると思います。多変量データだったり多画素イメージだったり。そこから、統計的に意味のある情報を抽出する数学的手法は重要だと思えます。最近流行の深層学習とかAIではなく、クラシカルな統計数学で理解することがまだ結構重要じゃないかという思いを持っていて、そういう解析手法に関しての情報交換もできるのではないかと思います。

高里：最後、シンギュラリティの堀川さん一言お願い致します。

堀川：細胞ダイバースもシンギュラリティも共に魅力的な領域ですが、こういう活動を続けていくためには若い人たちの参入が必須です。今日は若手ってことで呼ばれたみたいですけど（笑）、可能性を秘めた若い人たちをどうリクルートするのか考えてます。今回の合同会議と対談を通して、細胞ダイバースの若手の方々がシンギュラリティに関してどんな興味を持ってきてるのかっていうのがわかったことがとても有意義でした。シンギュラリティ領域としては細胞ダイバースの方々に加えて、その向こう側にいるよりたくさんの人たちに向けてこんなことをやってるよというアピールをしていきたいですね。AMATERASで取得されたデータの美しさスケール感には圧倒されます。こういう感覚をみなさんと共有できるように学んで、データ公開のプラットフォームを整備するとなどしているんな領域が何をやってるのかっていうのをクイックに知れるような領域間連携みたいなのが今後できたら、新たな若い人たちを呼ぶ呼び水になるのではないのかなと思いました。ありがとうございます。

高里：今回の対談を通して私が感じたのは、冒頭で高木さんがおっしゃったように細胞ダイバースは大局的な面から細胞の多様性という点にフォーカスして研究し、シンギュラリティは個々の細胞の特徴からその特異性を見出して、その特異性が生命現象にどう影響を与えるかという点を追求している点。

同じ生命現象を見ていても、それを**どういう切り口で解析する**かという違いが、解析する手法や、解析装置の違いとなる。



これまでは、お互にどういったイデオロギーや解析手法を用いて研究を進めているかというのを良くわかってなかったのですが、今回のジョイントシンポジウムを開催することでお互いの研究姿勢を良く知ることができ、自分の研究にも取り入れたいという良い機会になったと思います。今後も、研究協力という形で二つの新学術領域が絡み合って研究を進めていけたら良いと思いました。みなさま、本日は有意義な議論をありがとうございました。

(注) AMATERAS (A Multi-scale/modal Analytical Tool for Every Rare Activities in Singularity) はシンギュラリティ領域で開発中のイメージング装置。AMATERASにより、マイクロな精度でマクロな時空間動態の解析を可能にし、「マイクロからマクロをシームレスにつなぐ」真のトランススケール解析を展開することを目指している。