

未来社会創造事業 第3回成果報告会(2024 年 12 月 9 日(月)開催)

参加者からの質問への回答

<飯田 琢也氏・質問回答>

	質問	回答
1	この光濃縮技術を使うことにより、ガン等の早期発見が可能である点、素晴らしいと思いました。一方で、受診者を増やす取り組みも同時並行的に重要ではないかと思いますが、社会実装・普及に向けて既に取り組まれていることはありますでしょうか。	分析機器、科学機器メーカーが一堂に会する国際展示会(JASIS2024)への出展や、臨床検査機器・試薬・システム展示会(JACLaS EXPO 2024)での情報収集など、検査機器メーカー様との交流を積極的に行っています。また、医学系の学会での講演や、研究所イベントでの情報発信などにも積極的に取り組んでいます。特に、講演の中でもご紹介しましたが、我々最先端光学の研究開発を進めているアカデミアメンバーと様々な医療機関の皆様、そして検査機器メーカー様や体外診断薬メーカー様が三位一体となった「光濃縮医工計測エコシステム」の構築に向けた活動も推進しています。2025 年の夏ごろに公開シンポジウムも企画中です。是非ご参加いただけると嬉しく思います。
2	なぜ光を使って濃縮ができるのでしょうか。また、どのような手段で光を用いた濃縮を制御しているのでしょうか。光濃縮を行うにあたり(溶媒、レーザの出力、波長など)制約があれば教えてください。	光濃縮にはいくつかの方法がありますが、根本原理は光の電磁気学的な相互作用によって発生する「光誘起力」と、光照射により生じる熱によって発生する「光誘起対流」をバランスよく組み合わせ、広い作用範囲を実現してレーザ照射領域の近傍に標的となる物質を引き寄せて濃縮を実現しています。たとえば、冒頭にお見せした例では、直径0.1 mm程度の微粒子の上部に金属薄膜を被覆し、そこにレーザ照射して、集

		積部位に熱が伝わらないように工夫して生きたまま乳酸菌を濃縮・集積することに成功しています。 光濃縮用の溶媒は対象とする生体物質に影響の少ないものを選んでいきます。また、選択検出を行う場合にはホスト分子との結合が効率よく起こるものを調製して用いています。また、レーザ出力に関しては、光誘起力を用いる場合は大面積に集積するため数百mW程度をデフォーカスして照射し、光誘起対流を用いる場合は光発熱効果を高効率化した基板によりレーザーポイントと同程度の数mWで光濃縮を実現しています。波長は生体物質にダメージを与えない吸収の少ない赤外領域のものを選んでいきます。
3	先生の技術は、大腸がんや認知症のほかに、どのような疾患の早期診断に有効でしょうか。	がんや認知症以外にも、感染症の早期診断への利用も可能です。まさに、パンデミックの時期に研究室に配属された学生が、ウイルス感染症への適用を目指した「光誘導イムノアッセイ」に関する研究を意識高く行ってくれました。従来の抗原抗体反応を用いた方法(ELISA など)では半日かけて抗体修飾してから数時間かけて計測を行っていましたが、抗体修飾からウイルス由来タンパク質の検出までを 5 分以内で行える画期的な光濃縮基板を開発して論文化もされています。
4	産学官(民)の研究開発チームを作り回していくにあたっての秘訣を教えてください。	我々のチームでは企業出身の産学官民連携部門の特任教授の方やURA、知財部門が研究現場に寄り添って密に企業様との協業をサポートして下さる体制が整っています。特に、そういった方々との信頼関係を構築し、業務をしやすい環境・体制を作ることが大切だと思っています。 また、日ごろから学会発表や論文発表の成果など研究現場で得られたシーズをリアルタイムに共有するとともに、産学連携ミーティングを定例で毎月行い多数の産学連携の状況をアクションログで進捗管理し、スピード感をもって意思決定を行う努力をしている点も秘訣と言えるかもしれません。

<坂上 貴之氏・質問回答>

	質問	回答
1	「万物は渦で記述できる」ことが基となるのであれば、先生の技術により、あらゆることが見える化できる、と理解してよろしいでしょうか。	万物が渦で記述できるとは思いませんが、一方で、現代の科学が発展する以前から、らせん状の「渦のかたち」に人は魅了されてきたことも多くの古代の造形や意匠を視れば明らかだと思います。このように、渦というのは、我々が無意識のうちに捉えている原型的な「かたち」であると思っています。私たちの技術は、こうした潜在的な認知を顕在化する技術だと考えています。
2	数学・数理科学というと、一般人には少しとっつきにくいイメージですが、企業として数理科学を応用できるかもしれないと考える場合のヒントがあれば教えてください。	数学・数理科学は「考えること」そのものと考えています。その背景にある(習得に時間がかかる)Art の難しさに惑わされて、多くの人が知らず知らずのうちに数学との壁を作ってしまう、それを研究している数学・数理科学の専門家との交流をためらうことはよくわかります。実際、数学の専門家も分野を超えた交流にあまり興味を示さないのも事実です。しかし、そこをお互いが一歩超えて、皆さんが抱えている課題を素直に「問う」こと、その問いについて一緒に考えることが大切だと思っています。その問いと一緒に考えてくれる数学・数理科学の研究者と知り合うことも(それほど機会は多くはかみませんが少なからずいます)大切だと思います。あるいは、数学・数理科学の話を聞くときに、それが提案しているコンセプトが何かを考えてみるとよいかもしれません。私たちの技術は、「ながれの言語化」というキーワードやコンセプトを提示しているので、そのコンセプトが皆さんの課題解決の糸口と少しでも感じられたら、気軽に聞いていただくのがよいと思います。もちろん、100%解決に導くことはないかもしれませんが、数学者のような全く違う視点を持っている人々と話しているうちに課題の本質やヒントが次第に明らかになってくると思います。

3	トポロジー解析の一例として海流のご説明をされましたが、現在我が国周辺海域の海流構造は気候変動の影響を受け急速な変化を示し、生態系や水産資源へ大きな影響を与えています。先生のご研究は、このような地球規模の気候変動予測に応用可能でしょうか。	たいへん重要なポイントだと思います。気候は様々なスケールの多くのプロセスが関与する長期にわたる現象なので、今の科学技術では(プロセス駆動型の)精密なモデルを作ることが容易ではありません。また変動が過去にない様相を呈していることを踏まえれば、過去のデータから未来を推定するデータ駆動型のアプローチも劇的に有効とは言いがたいと思います。人類の科学の発展の歴史を振り返ると、帰納的なデータ駆動モデルから演繹的なプロセス駆動モデルを構成、そして精密な予測・制御へという流れが一つのルートですが、私たちの手法はこの二つモデルをつなぎうる技術と位置づけています。ですから、気候変動に関連しては、様々なデータに対して適用を試み、その有効活用や新しい学理や仮説の創出を目指したいと思っています。
4	流行している AI による解析と数学的なアプローチでは、どのような違いがあるのでしょうか。	大きな観点からは AI は帰納的なアプローチ、数学は演繹的なアプローチという違いがあると思います。ですので、私には AI と数学の相互作用によって新しい科学が生まれうるという期待があります。つまり、お互いが補完しあってよりよい発展があるのではないかと考えているのです。かつて(私が学生であった30年前でも)計算機による近似的なシミュレーションと数学の厳密な議論とは相容れないと考えられ、計算機を使った数学研究はありえないし、そういう研究をする人は(一流の)数学者ではないと言われてきました。しかし、いまやそのようなことは言われません。実際、計算機の有効利用を促すための数学研究が行われ、逆に数学研究に計算機が利用されるようになりました。いまおそらく AI を使った数学研究というと忌避感がある人も多いと思いますが、本来、抽象的な数とその演算を扱う数学は計算機と AI は相性がよいので、いずれ AI と数学も同じ関係になるだろうと感じます。すなわち、AI に数学的な構造を入れることでより効果的に少ないデータから有益な帰納的解析ができるようになるでしょうし、数学の研究に AI を使って演繹的アプローチの「種」を見い出す時代がすぐそこまで来ている(あるいはもう来ている)と思います。

5	臨床の研究ではモデル動物の心臓などから知見を積み上げていきますが、ヒトの心臓で進めている先生の研究は、逆輸入でそういった研究にも利用出来るのでしょうか。	数学は対象の個別性にとらわれず、そこに潜む普遍的な構造を厳密に扱うため、ある分野で有効な手法が別の分野で有効であることがしばしばです。ですから、今回、私たちはヒトの心臓血流の特徴付けに集中していますが、別の動物の心臓血流の解析でも当然有効な知見を与えるものと思います。むしろ、単純な構造を持つ動物の心臓血流データに、この技術を応用することで、「自己拍動ポンプ」(というまだ工学的には確立していない技術)の性能の評価という観点での流体力学的な知見が積み上がる可能性が高く、それに基づいて、新しい効率的なポンプの開発といった産業への展開も見えるのではないかと考えます。
6	産学官(民)の研究開発チームを作り回していくにあたっての秘訣を教えてください。	王道はないと考えています。こうした異分野の研究者が集まった開発というのは人間くさい面がありますので、それぞれの得意分野や課題意識をよく理解し、相互に対話を重ねて共通のゴールを目指せるようにすることが大切なのではないかと思います。

<佐塚 隆志氏・質問回答>

	質問	回答
1	現在は脱炭素を主な目的として育種デザインを行っているかと思いますが、自由な育種デザインが可能とのことですので、今後は脱炭素に限らずどのような性質を持つ植物をデザインしてみたいでしょうか。お考えはありますでしょうか。	次の研究として最も興味があるのは、ソルガムの搾汁糖液において、ショ糖対単糖（グルコース、フルクトース）の比の改良です。例えば、ショ糖を大量に生産できるソルガムは、結晶糖を得ることができるため、輸送・保管に有利になりますし、グルコースを大量に生産できるソルガムは、バイオものづくりにおける微生物培養において有用です。
2	ソルガムの原産地はどこでしょうか。日本にも在来種はあるのでしょうか。家畜は飼料として食べるとのことですが、ヒトの直接の食料にするための育種とかは行われていないのでしょうか。	栽培ソルガムは、子実の食用を目的として、エチオピア周辺で野生種が栽培化されたと考えられています。その後、アジアを経由して日本にも伝来しました。日本のタカキビはソルガムの在来種で、穀粒が雑穀としてごく少量流通しています。 この子実型ソルガム（子実を食用とする）と、名大品種「炎龍」のような高糖蜜性高バイオマスソルガムのようなエネルギーソルガム（茎と葉を利用する）とは、利用面から考えれば全く別の作物です。 名大品種「炎龍」は、脱炭素社会を担う「非可食の未利用資源」です。 ちなみに、当研究室で日本在来種のコレクションを材料としたタカキビの育種学研究も行っております。

3	ソルガム以外のどんな品種も、自在に品種改良ができるのでしょうか。	今回の研究は、バイオマスの雑種強勢、特に茎の長さの雑種強勢を解明したものです。キャベツの雑種強勢は葉、ミニトマトの雑種強勢は実、お米の雑種強勢は種子の数や大きさが雑種強勢の対象になりますので、今回の研究とは違う遺伝子が担っていることが予想されます。言い換えれば、生物には多様性に特徴があり、右から左へ自由自在に、というわけにはいきません。 しかし、雑種強勢の研究モデルとして、このような解析アプローチが成立する成功事例ことが示されたことで、同様のアプローチによって、遺伝的仕組みが明らかになる作物はきっとあるはずです。
4	他の植物と比較してソルガムが優れている点を、実験植物と産業利用それぞれの観点から教えてください。	高いバイオマス収量と機械化収穫体系が確立していることや、産業利用面では、温帯全域において、まとまった量の糖が生産できる唯一の作物であることが極めて重要です。
5	産学官(民)の研究開発チームを作り回していくにあたっての秘訣を教えてください。	アカデミアの研究者の多くは、大学や学会や研究者仲間など、俗世から離れた環境の中で真理を探究することに興味があり、その中で評価を得ることに熱心なため、基礎研究に没頭しがちです。しかし、大学でフルポジションを獲得した研究者、特に、社会と接する部分を研究対象とする農学工学医学の研究者は、社会の中のアカデミアの位置づけや、社会がアカデミアに求めていることも理解しつつ研究を進める必要があります。真に社会に役に立つ研究であれば、(当たり前ですが)産業界は必ず興味を示して頂けます。官の方々は、そのような広い視野を持つ研究者を見過ごすことなく、積極的に評価し支援して頂きたいと思います。 そうすれば、必然的に産官学の連携は出来上がります。今回のJST未来社会創造事業は、その最も成功した例と言っても過言ではありません。

<中山 一郎氏・質問回答>

	質問	回答
1	育種技術を開発されている吉崎先生の半永久保存などは、サバ育種以外の活用にも使えると思うのですが、本技術の展開の新たな可能性について教えてください。	開発した優良品種の保存以外にも、様々な活用法があり、例えば、絶滅しそうな魚から生殖細胞を取り出して凍結保存しておけば、もしその魚が絶滅しても、近縁の魚を代理親魚に用いることで、絶滅種を復活させることが可能です。
2	開発されている魚油・魚粉を一定量代替可能な餌などは、陸上養殖にも展開できると思うのですが、他魚種への展開など今後の展望について教えてください。	研究進行中のため、具体的なお話は控えさせていただきますが、サバ以外にも、魚油・魚粉を必要とする様々な魚種にも活用が可能になると考えております。

<竹内 昌治氏・質問回答>

	質問	回答
1	作成された培養ステーキ肉をより、実際のステーキ肉に近づけるために、味を真の肉に近づけることが重要だと思いますが、何かお考えはありますか？	今後の研究課題ではありますが、肉の味や香りに寄与しており、培養肉に不足している成分※を様々な手法により、補うこと等が考えられます。 ※例えば、一般的には赤身肉の香り等を生み出すには、ヘム鉄が重要とされています。
2	歯応えを作るためには線維性結合組織が必要と思いますが、どうでしょうか？	歯応えを作るためには、線維性結合組織の作成以外にも、様々なアプローチがあると考えています。筋肥大なども歯ごたえを付与することは可能と考えており、どの方法を選択するかは、今後の検討課題であると考えています。

以上