

AMS Aihara Moonshot Project, JST NewsLetter

合原ムーンショットプロジェクト

生体の制御工学の構築を目指して

課題推進者 井村順一(東京科学大学・教授)

No.6

2025年6月

合原ムーンショットプロジェクト (AMS) では、制御理論の観点から、超早期治療（予防治療）の研究も行っています。治療は、生体の制御工学(望みの振る舞いを実現すること)と言えるものかもしれません。今回は、この新しい制御理論の構築を目指すネットワーク制御グループの井村順一教授を紹介します。

私は、これまで、制御工学、特に理論研究を中心に、スマートグリッド、道路交通システム、鉄鋼プロセス、ロボットなどの応用研究もしてきました。近年は、特に本プロジェクトに加えて、道路交通システムの制御に注力しています。

私は、1980年代後半から非線形系のロバスト制御を中心に研究していました。ロバスト制御とは、制御したい対象の数理モデルに含まれる物理パラメータなどの値が不確かさを含む場合であっても適切に安定化し、望みの振る舞いを実現する制御を指します。1980年代から1990年代はロバスト制御の全盛期でした。その後、1990年代後半から、オランダでの滞在を機に、連続値だけでなく離散値を状態変数として含むハイブリッドシステムの制御に関する研究を行いました。当時、日本の研究者は少なく、ハイブリッドシステムの国際会議に出席してもマイノリティのため苦労したことが思い出にあります。実は日本では2010年後半になって Society5.0 や IoT とともに良く使われるようになった Cyber-Physical System (CPS、2005年頃に米国の計算機科学の研究分野から出てきた言葉です) の元になったのがハイブリッドシステムで、Cyber の離散世界と Physical の連続世界で構成される系の重要性が認識されたことによるものです。同時に、2000年頃から制御理論分野でも、力学系理論分野に追従するように、遺伝子ネットワークや電力ネットワークに代表されるネットワーク系の制御理論研究が盛んになり、現在でも、ネットワーク系をベースにした研究が中心にあると思います。

私の研究紹介

井村順一

生体の制御工学の構築を目指して



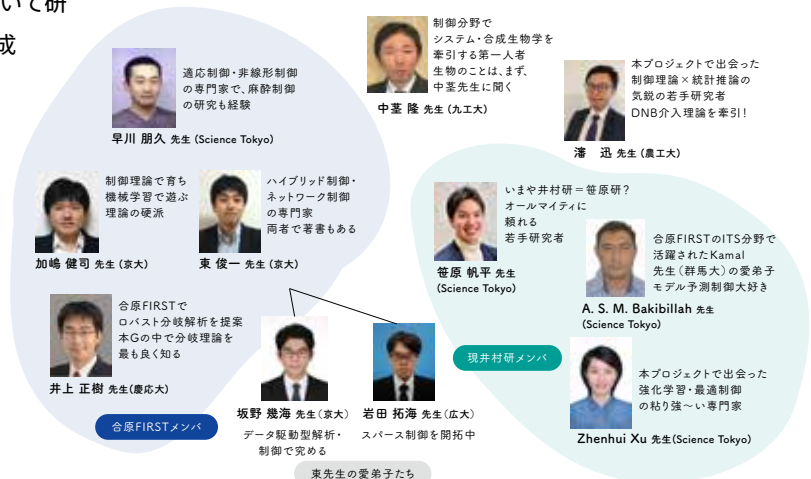
☞ 合原先生との出会い

合原先生との出会いはハイブリッドシステムの研究が契機となります。当初は合原先生のCRESTに力学系理論のハイブリッドシステムと制御理論としてのハイブリッドシステムの融合研究を行うということで参加させていただく予定でしたが、最終的に合原FIRST(2010-2014)に、ハイブリッドシステムに限定しないで、力学系理論と制御理論の融合という、さらに大きなテーマで参加させていただくことになりました。ここで力学系理論に加えて、道路交通システムや鉄鋼プロセスなど様々な応用研究にも参加させていただきました。このプロジェクトで合原先生、陳先生がDNB理論を構築されたのですが、それまでの制御理論は数理モデルありきで構築されていたので、データ駆動型であるDNB理論を制御理論に展開していくことなど、当時は夢にも思いませんでした。

その後、2020頃まで私は次世代の電力系統制御にメインテーマをシフトしていました（このときも合原先生には大変お世話になりました）。この度、合原MSにお誘いいただいたときには制御分野でもデータ駆動型の制御研究が盛んになってきていましたので、DNB理論をデータ駆動型の制御理論の観点から展開できるのではないかと思います、参加させていただきました。ただ、治療に向けた研究は全くの門外漢でしたので、大きな不安がありました。有難いことに、DNB理論の医療への適用を研究されていた富山大の齋藤滋学長、そして、そのグループの小泉桂一先生、門脇真先生、奥牧人先生、林周作先生、赤木一考先生などの素晴らしいご支援により、ここまでやっていくことができたと考えています。この場をお借りして感謝申し上げますとともに引き続き、よろしくお願いします。

☞ 研究内容とグループメンバー

ネットワーク制御グループでこれまでに得られた研究について簡単に紹介させていただきます。未病状態での遺伝子介入により健康状態に引き戻すために、どの遺伝子の発現に介入（促進や抑制）するのがよいのかについて主に研究しています。未病時のバルクRNAデータを使って介入効果の高い遺伝子の候補群を絞ることができます。まだ完全ではありませんので、現在は、シングルセルRNAデータを用いて、より精度の高い候補群を抽出できないか、遺伝子ネットワーク系から細胞間、そして臓器間を含むネットワーク系に向けて本理論をいかに拡張していくか、などについて研究しています。メンバーは、制御理論分野の研究者で構成され、合原FIRSTのメンバーに加えて、このプロジェクトで新たに会ったメンバーもいて、規模感・専門分野・年齢など丁度良いバランスになっています。現在は、遺伝子発現ネットワークを中心に研究していますが、構築している理論は様々な疾病治療に利用できる可能性があります。必要な情報は、未病状態が特定できていること、介入方法（介入ポイントやタイミングが不明であると尚良いです）があることがポイントです。そこから新しい制御理論を構築していきたいと思っています。もちろん、数理アプローチとしての融合研究も大歓迎です。是非、メンバーにお声かけください。



ネットワーク制御グループ

☞ 東京科学大学について一言

最後になりましたが、私が2001年より着任し慣れ親しんできた東京工業大学は、2024年10月に東京医科歯科大学と統合して東京科学大学になりました。合原MSと時を同じく、理工学と医学の融合を目指す大学として新たな船出をしています。英語名称はInstitute of Science Tokyoです。略称は「科学大」ではなく「Science Tokyo」を推奨しています。是非覚えてくださいますと有難く存じます。



2024.6.8

毎年、OB/OGも集まる恒例の研究室BBQにて(井上正樹先生、岡本有司先生も参加)