



## 私たちの研究室

# 藤井・松尾・立川 研究室

工学部 情報工学科 准教授  
たつかわ ともあき  
立川 智章 先生



研究室の学生たちと

## デジタルツインを活かし、 社会の問題解決に向かう

### デジタルツイン研究の立ち上げ

今回ご紹介する立川智章先生は、先達である藤井孝藏教授と JAXA で流体力学や最適化などの研究を行ってきたが、2015 年、共に本学に移籍し共同研究室を開設した。研究室開設後、文部科学省のスーパーコンピュータ関連研究プロジェクト「萌芽的課題」に、藤井教授が主導する「航空交通流」の研究提案が採用され、もう 1 つの大きなテーマが加えられた。航空交通流の研究を含め、行っている研究のほとんどが今話題の「デジタルツイン」の要素技術であることから、2020 年に別講座として立ち上がったデジタルツイン研究を担当されている松尾裕一教授も加わる形で実質的な研究室運営を進めている。

「今、デジタルツインは社会で大きな興味を持たれています。これは『現実世界と同様のものをデジタル空間にも作り、活用する』ものです。一般の仮想現実（バーチャルリアリティ、VR と呼ばれる）は仮想空間にアバターなど人のモデルを作り、現実の制約なしに様々なことが体験できるものとして紹介されていますが、デジタルツインでは現実のものと仮想空間に作られたモデルがリアルタイムに情報をやり取りします。

例えば、すでに Google Map などでは現実に行っている道路の渋滞などがデジタル空間に反映されています。我々の行動はそれらの情報に影響を受けて変化し、我々の取った行動がデジタル空間に再び反映される、ということが繰り返されます。これも一種のデジタルツインです。デジタル空間に作ったモデルに様々

な条件などを与えて動かし、そこで得た情報を現実社会にフィードバックし、実社会の生活に役立てるようにしたいと考えています。デジタルツインを実現するためには、モデリングやデータ科学、最適化など多種多様な要素技術が必要となります。この研究室では、デジタルツインが社会に普及し、究極に情報を活用された社会において、キーとなる要素技術の研究に取り組んでいます」と立川先生は話す。

近年はスマートフォンやカメラなどのセンサー技術が進み、リアルタイムで処理できる社会インフラの整備が進んだことがデジタルツインを支える大きな基盤となっているようだ。

### 次世代航空交通流の研究

立川先生は本学に移籍後、多目的進化計算の手法も使い、デジタルツイン研究の 1 つである「航空交通流」の研究に取り組んでいる。

現在、我が国の航空機の運行は国際線、国内線を合わせて 1 年間に 40 万飛行、7300 万人の利用がある（コロナ以前のデータによる）。現在はコロナ禍の影響で一時的に需要は減っているが、2040 年には現在の 2 倍程度になるとの予測があるようだ。

「私を作ろうとしているのは、増加する航空交通流に対し、新しい運用ルールを作る上で、実務者の手助けとなる分析ツールや集積されたデータの解析ツールです。そのためには航空機モデルの開発だけでなく、多目的最適化などを使った運行スケジュールの最適化

を行い、理想的なスケジュールとそこに含まれる運用ルールなどを示して、実務者の判断の基盤としたいのです。我々が研究テーマ中に「社会問題への挑戦」と掲げているのは、研究の成果を「社会実装」することを視野に入れてきたからなのです」とも語る。

現在、人間がシミュレーションの中に入るシミュレータを利用した実践的な研究が進められている。ここには管制卓があり、そこで管制官役が指示を出すと、離れたところにいる飛行機のパイロット役がその指示に従って速度や経路を変えるなどの操縦操作をする。この装置を用いた実験から、自分たちが作った運用ルールに基づいた管制、操縦がどう行われるか、実際に運用可能かどうかを検証することができるのである。

### 多目的最適化と結果の見える化

「最適化ではある目的に対し、最も良くなるパラメータを探していくのですが、現実には良くしたい目的は1つとは限りません。複数の目的を考える場合、同時に両方を良くすることができないことがよく起きます。自動車開発の中で、製造コスト節減のために複数の車種のフレームを共通化しようとした例を取り上げましょう。複数の車種間で共通の部品を多くできればコストの削減になりますが、そこにもう1つ、車体をできるだけ軽くする、という目的も加えます。複数の目的を同時に考慮する最適化を多目的最適化と言います。重量が減れば燃費が向上するのですが、最適化の結果、共通部品を増やしていくと重量が上がっていく傾向が見えてきたのです。片方を良くするともう片方が悪くなる関係をトレードオフと言いますが、データを元に「重量」と「共通部品」を縦横の軸として可視化した図を作成するとトレードオフ関係が視えてきます。より良い最適化手法の開発だけでなく、結果をわかりやすく現場の担当者に提示する研究も重要で、それにより現場での活用につながっていくと考えています」

## 最適化結果の比較

出発時間をパラメータとした場合の最適化結果



### 各研究グループがともに影響し合う

交通流を研究する博士課程1年の関根将弘さんは「私は東京の田端という大きな操車場のある町に生まれ、電車がとても好きでした。今は航空交通を対象とした研究をしていますが、同じ交通を良くするための研究であり、自分にピッタリの研究の場だと思っています。立川先生も話していた通り、近年は社会課題の解決を社会実装まで含めて考えることが多くなっています」。

デジタルツイングループ修士1年の市川竜也さんは「デジタル空間に交通環境を再現して、自動車の車線検出の深層学習を用いた研究を行っています。研究ではゲームエンジンがよく使われますが、自分がゲームを開発し、そこで使うツールと組み合わせる研究ができれば面白いと思います」。

また、流体計算グループ修士1年の渡部航太郎さんは、「物理とプログラミングが好きで藤井先生の研究に興味を持ちました。現在は航空機の翼部分にある送風ダクトの曲り部の流れをプラズマアクチュエータを用いて改善させる研究を行っています。本学計算機室には「SX-Aurora TSUBASA」というスーパーコンピュータがあり、一般のパソコンとは比較にならないパワフルな計算ができる環境もあるので、流体計算のようなとても時間がかかる計算でも学内でできるのはとても魅力的です」とそれぞれ話してくれた。

太田 正人 (ジェイクリエイト)