

データ駆動型社会に向けた力学基盤の強化による社会的・産業的課題解決への貢献

① ビジョンの概要

近年、サイバー空間と実世界の関係性がますます重要性を増している。サイバー空間における動的現象を実世界で再現するには、力学が極めて重要な役割を果たす。力学は、我々の周りの様々な現象を保存方程式の形で記述することを可能にする。しかし、力学の知識が深まるにつれ、非線形現象による問題が広範囲に存在し、従来の解析手法では解決できない問題が多いことも明らかになってきた。

このような課題に対応するためには、データ駆動科学の最新の手法を取り入れた力学の新しい研究・教育体制の構築が必要である。特に、現象を予測するバーチャルツイン構築を視野に入れたアプローチが注目されている。バーチャルツインは、現実世界のシステムを数学モデルやシミュレーションを用いて再現し、現象の解析や予測を行う手法である。データ駆動科学の手法を組み合わせることで、力学の研究と実践においてより高度な解析手法が可能となる。

一方、工学は課題の解決を目的とした学問であり、地球温暖化対策や少子高齢化社会への対応など、社会的に重要な課題への貢献が求められている。なかでも、機械工学をはじめ力学を基盤とする工学は、これらの課題の解決に貢献する役割を果たすことが期待されている。これに対し、このような課題解決を実現するためには、従来型の力学の進展だけでは不十分であり、基礎的な研究から革新的技術への展開、さらには社会的・産業的課題の解決へと結びつける新たな力学基盤の創出が不可欠となっている。

以上を踏まえ、本提案ではサイバー空間における動的現象の再現と解析を通じて、実世界の課題解決に貢献する力学の新しい研究・教育体制を構築することを提案する。データ駆動科学の最新の手法を取り入れ、バーチャルツインの概念を活用することで、現象の予測や解析の精度を向上させる。さらに、機械工学をはじめとする工学のコア学術の進展を推進し、社会的に重要な課題の解決に向けた研究開発を強化する。

この提案により、工学における伝統的な学術基盤である力学と、進展著しい情報科学分野との融合による新たな研究領域が形成され、社会的な課題解決のための具体的な成果を生み出すことが期待される。

② ビジョンの内容

サイバー空間に存在するバーチャルツインから得られる様々な情報を実空間で再現し、実社会においてその結果を活かしていくために、力学は極めて重要な役割を担っている。力学はニュートンの時代から現代に至るまで、物体の動きや相互作用を記述してきた。力学は、ヒトが感じる力覚や乗り物の移動、構造物の振動、津波の動きなど我々が目にし、触れることができる様々な現象を質量・運動量・エネルギーに関する保存方程式を適切な初期条件と境界条件の下で解くことにより、精度良く現象を再現することを可能にする。

しかしながら、我々の世界は強い非線形性を持つ力学で多くの現象が支配されており、力学の知識が深まるほど、従来の解析手法ではスーパーコンピュータによるシミュレーションでも多くの問題が解決できないことがわかってきた。このような状況のもと、近年発展が目覚ましい情報科学の分野の手法を取り入れて、実社会により役に立つ力学を構築するための検討が始まっている。

歴史的に見ると、日本の力学の進展は大きく二つの流れがある。一つは、関東大震災の直後に設立された東京大学地震研究所に端を発する防災や災害予測のための力学研究であり、もう一つは、高度経済成長期から1990年台半ばに向けて、日本経済の急速な発展とともに産業界と大学が連携しながら発展を遂げた力学研究である。前者は震災予測だけでなく、津波や気象（台風）、火山など自然災害大国である日本の中で災害予測の観点から力学の重要性が認識され、多くの研究費のもと力学の基盤構築と結びついて発展してきた。一方、後者は産業応用の観点からは、自動車産業を代表してスーパーコンピュータを用いた大規模力学シミュレーションが導入され、設計の初期段階で大幅なコストと時間の削減が実現され、効率の良い製品開発が実践されてきた。さらに産業側からのニーズに合う数値計算手法も開発され、産学連携を通じて学術分野への貢献も大いにあったと言える。このような二つの潮流の中で、日本の力学研究は大きな発展を遂げ、現在に至っている。

さて、このような状況の中で、新たな潮流が生まれようとしている。それは、近年著しい発展を遂げている情報科学分野との融合による新しい力学の誕生である。従来の力学は、原理原則となる基礎方程式を下に、現象の予測をボトムアップ的に行うものであったが、データ駆動型社会においては、センサにより取得されるデータやバーチャルツインから得られる膨大なデータなどを積極的に活用しながら、力学の基礎方程式と関連付けて実現象を予測するデー

タ同化型の解析が重要な意味を持つ。情報科学分野の発展が著しく、世界的にも多くの人材が集積している現在だからこそ、データ駆動科学の手法と力学との融合により様々な分野で実世界の現象を精度よく再現するモデルを構築できる人材の育成が必要である。また、そのような人材の育成と解析ツールの開発と維持を目指す組織体制の構築も非常に重要である。

したがって、本提案では、脱炭素化をはじめとした社会的課題や産業的課題を解決するための実証研究を推進し、アナリシスを基軸とする学術とシンセシスを基軸とする学術をより強固に連携させた形で力学および力学を基盤とする工学の進展を図る。また、現実直面する科学技術が関連する多くの課題で、現有の科学的知識だけでは結論がでないものも多く、それらの課題に取り組むためにはアナリシス、シンセシスだけで分類できない社会科学的問題に対するアプローチも重要となる。技術に関連する者に求められているものは、その技術の問題点を解決する能力だけでなく、広範な情報の中から科学的に真偽が見つかる問題とそうでない問題を適切に見極め、真偽のつかない問題に対しても意見の多様性を考慮しつつ、指針を示すことが重要となる。このようなことを達成していくためには、高度化されたシミュレーションモデルと知能化されたデータを中核として、データ駆動科学の最新の手法を積極的に取り入れながら、力学の新たな領域への展開を図る必要がある。人材の育成も含めた、このような取り組みによって、我が国の力学研究は従来の枠組みを超えて大きな飛躍を遂げ、社会や産業において有益な成果を生み出すことが期待される。

⑨ 連絡先

松尾 亜希子（機械工学委員会／理論応用力学分科会、慶應義塾大学）、

伊藤 宏幸（一般社団法人日本機械学会、ダイキン工業）、川崎 さおり（一般社団法人日本機械学会事務局）