

新ものづくり産業を開拓する計測・予測・制御の同化技術の創成

① 計画の概要

機械工学は計測・予測・制御の3つが一体となることで、新しいものづくりの創出が可能になる。過去30年、これら3つの各分野で先進的開発が進み、その連携により発展してきた。大学で実施される基礎研究や産業界でのR&Dでは、数値計算と実験計測の専門家を適切に配置したプロジェクトの運用が定着した。一方、計測、予測、制御の全体を跨がって活躍する研究者・技術者の数は減少した。機械工学が高度で複雑な対象に深化した所以である。研究者・技術者の個人単位のみならず、部署単位、企業単位で、分業が加速した。しいては学問と産業の棲み分けが進み、産学連携で機械工学を支える地盤が次第に弱体化した。技術立国・日本の伝統的な強みと言われてきたチームワーク型の総合力を発揮することに対する地位低下が看過できない。工業製品の世界競争は各々の細分化された小領域で展開され現在に至る。

産業社会の総合力を復活させるべく、鳥瞰的なマスタープランの策定を仕切る活動の弱体化も否めない。本提案は、機械工学分野の強みであった産学連携体制を、新しい世代のアイデアに乗せて企画・主導する実行部隊の設置を目指すものである。

体制づくりの対象は、機械工学の主幹を形成する4力学（流体力学、熱力学、材料力学、機械力学）である。特に環境・エネルギー技術分野では、熱・流体工学に横たわる難題解決の緊急性が高い。第5期科学技術基本計画に明記された、エネルギー高度利用・安定生産、地球環境保全、ならびに医工連携生命科学分野は、いずれも産学連携を前提とした重点領域にある。その解決を推進するため、専門家集団が分野横断的に双方向連携を企画する。本提案では、社会的重点課題の解決スキームを創出する「新しい道具づくり」を提唱し、とくに計算・実験の多次元データ融合論と、産学連携型の未来技術開発ビジョンの策定に注力する。

② 学術的な意義

日本機械学会のイノベーション研究協力事業委員会・RC277 分科会では毎回40名以上の専門家が集結し4回の分科会会議を開催した。ブレークスルーが必要な項目の明確化を目指し、以下の7項目における未解決問題を定義した。(1)乱流研究分野では大型高速計算が進展した。しかしこれを検定する実験計測手法の開発が追いついていない。高解像度・高密度時空間データに関する双方向連携の方法が必要である。(2)混相流の研究分野では、有効な実験計測技術が限定されることや、数値モデリングの外挿的な拡張に課題がある。実験と計算の双方から混相流の特質を抽出し、相補的な評価の体系化が必要である。(3)反応流の分野では、化学反応の素過程を記述する方程式群と、システム全体の性能予測に大きなスケール乖離がある。実験と計算の重畳領域を定義し、共通目標設定のための土俵作りが必要である。(4)非ニュートン流では、物質によって場合分けされたレオロジー構成方程式が提案され、分子構造などのマイクロ研究と、連続体としてマクロ表現する流体工学研究に二分された。この領域境界を緩和し、産業技術開発に直接繋げる必要がある。(5)分子流の研究分野では大容量計算手法が先端技術を支える。しかし実験による発見や検定では高度な技術が不可欠であり、設備の共有・開放により産学連携を推進する必要がある。(6)高速流の研究分野では、衝撃、振動、抵抗、騒音の低減が長年の課題であるが、計算による予測は現状で未解決である。実験と計算のデータ同化法の高度化が必要である。(7)生体流れの研究分野では、予測医療、個別化医療に向けた取り組みが進むが、生体システムデータの有効活用法が課題である。

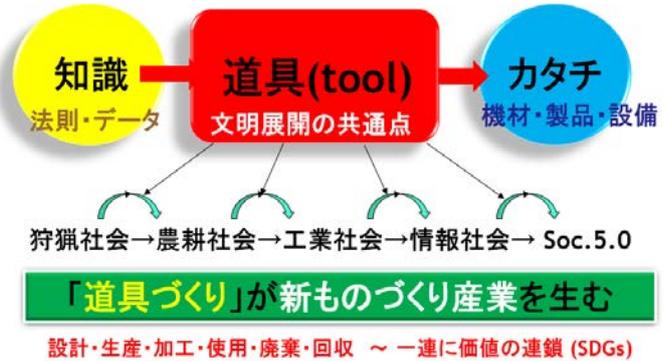
以上の統合から、次世代の機械工学の学術価値の再定義を主題とする活発な議論が展開される。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

本提案の準備として2018年内に日本機械学会の声かけのもと機械関連の国内11学協会（航空宇宙、伝熱、燃焼、船舶海洋工学、空気衛星調和工学、可視化情報、精密工学ほか）での推進課題を収集・把握・統合した。各学協会の会長および研究企画責任者が出席し、共通の重点課題を脱炭素社会と自律制御とした。これらを支援し加速する手段が本提案の計測・計算・制御の同化システムである。米国では米国機械学会の主導でNSFの支援のもと、全米を繋いだ工学研究のための機械学習リソース作りが始まった。Johns Hopkins 大学とミシガン大学では機械工学のための巨大ライブラリの構築を牽引している。ドイツではIndustry 4.0 計画を起爆剤としてIoT型の生産方式により高付加価値工業製品の高効率製造に向けて、産官学の一体運営が軌道に乗った。中国では国家主導により社会インフラ事業を中核としたハイテク産業が爆発的に成長した。我が国は、未だ高度経済成長期に形成された企業と大学の役割分担が一定の機能を発揮しているものの、ブレークスルー型事業の地盤が貧弱であり、最先端工業国としての地位を失いつつある。

「知識」を「カタチ」にもっていく機械工学

工学とは、優れた理論や技術を開発し、それらを実現する「カタチ」を創り出す学問である。「知識」と「カタチ」の間には



④ 実施機関と実施体制

本提案は日本機械学会が主導・運営し、国内の22大学に委員を置く。幹事校は北海道大学、大阪大学、東北大学が担当する。委員参加校として、慶應義塾大学、静岡大学、ほか17校を登録し、各校1名以上の委員を置く。日本機械学会の主要任務としては大学・高専と企業・地域とのパートナーシップ強化がある。また、日本機械学会イノベーション委員会を提案母体として、国内22企業に企業委員を置く。以上は日本機械学会イノベーション委員会からの委嘱があり合意済みである。

2018年4月から4回の分会会を開催し、以下の項目をマスタープランの骨格とすることが合意された。(1)プラントや製品での離散計測型データの計算科学による補間・融合を実現する上位技術。(2)実験データと計算予測データとの比較と融合における方法論と注意点の体系化と産学官での評価基準の統合。(2)機械学習と計算科学の組合せによる、何が出来て何が出来そうにないかの現状技術の整理。(3)巨大データ活用による発見と逆解析による製品形状設計のブレークスルー事例の情報公開と集約。(4)微細空間の高速流、液滴・気泡・微粒子の流れ、非ニュートン流れの物性値取得方法など、21世紀後半の機械工学の展開を目指す項目で定義されている。

⑤ 所要経費

総経費 15.5 億円 (1,550,000,000 円)

- ・リアルタイム3次元熱流体空間場の高解像度計測装置(2機関×2.80億円) 5.60億円
- ・データ同化技術開発用スーパーコンピュータ使用量(10機関×年間5000万円) 5.00億円
- ・機械工学データ融合システム開発研究費(研究機関配分、20大学×600万円) 1.20億円
- ・機械学習ベンチマーク実験装置製作費(製作費、3式×5000万円) 1.50億円
- ・機械工学イノベーション戦略会議費(委員旅費、40名×8回) 0.40億円
- ・国際合同シンポジウム開催運営経費(運営経費、4回) 0.40億円
- ・大学に置く産学連携特任研究員(人件費、10名) 1.00億円
- ・学会に置く学協会横断運営のための技術補佐員(人件費、3名) 0.30億円
- ・学会に置く学協会横断運営のための事務補佐員(人件費、2名) 0.10億円
- ・広報活動費(国内広報、国際広報活動費) 0.20億円

⑥ 年次計画

計測・予測・制御の3項目を独立に進めて、後で連携するスタイルは、社会緊急課題に対応できない。エネルギー関連プラントにおける事故・災害、人命を扱う輸送機械(自動車、鉄道、航空機、船舶)におけるリアルタイムの安全性の保証、医療やバイオテクノロジーにおける固体差に対応した計測・予測・制御技術の開発の遅延の問題がある。本提案ではこれらを同化(assimilate)する新技術概念を世界に先駆けて開発する。特に熱・流体工学における高度な非線形性と複雑性を伴う難題を正面から扱うことで、ブレークスルーを実現する。その手順は以下のとおりである。

[A]研究者を以下の各専門領域に分けて、計測、予測、制御の3分野における最新動向のレビューを行う。(1)乱流～DNSからの知見と3次元計測の連携、(2)混相流～実験情報集約と産業用数値モデリング、(3)反応流～素反応過程と機器・バルク性能の橋渡し、(4)非ニュートン流～学問としてのレオロジーの産業高度利用、(5)分子流～計算科学と実証実験の相互立証の方法、(6)高速流～圧縮性流や衝撃波の実験と計算の融合論、(7)生体流れ～大型数値計算と計測値の相関性の追求。

[B]企業委員から最新の製品開発動向および企業を超えて研究者側に取り組んでほしい研究ニーズの提案を収集する。RC277分科会において要望のリストは作成済みであり、(1)実験値をCFDで補間/同化する技術、(2)実験値とCFDの相互比較上の注意点、(3)巨大データ活用方法、AI/MLの成功事例、(4)実験もCFDも困難な個別複雑流場の究明。を調査項目とする。

[C]上記の活動を踏まえて、共通的に取り組むテーマを設定する。具体的には4つのベンチマーク研究課題を設定し、計測・予測・制御の同化技術の開発試験を実施する。また、議論の成果および関連研究をまとめて中間報告書、最終報告書を作成する。

⑦ 社会的価値

打開策が見通せない課題への機械工学の責任とは何か、それが本提案の背景にある主題である。同時に、今後30年間の成長が期待できる夢の機械工学とは何かを問う。そのアドヴァレールとなる挑戦課題は、(1)固体差と偶発性に対応する実時間制御、(2)ビッグデータからの複数目的達成の理論の構築、(3)クロススケール現象に伴う未解決問題の解決(super dynamics range)、および(4)推進課題を促す道具づくりと価値の連鎖、である。これらの挑戦は、いずれも新しい方法論の開発、すなわち機械工学のための新しい道具づくりそのものである。今世紀後半に向けての持続的成長目標(SDGs)とは、その基本を形成する「道具づくり」である。機械工学を初めて習う学生諸君に教えていることが、次世代への橋渡しを実現する真理になっている。

⑧ 本計画に関する連絡先

村井 祐一(北海道大学・工学研究院)

それは機械工学のO.S.のバージョンアップ



- ★ 3つの新領域で標準事例を作成、今後の展開の共通基盤に
- ★ 社会と人々をクライアントとした機械工学という学問の強化