

見 解

計算科学を基盤とした産業競争力強化を推進 する人材育成とエコシステムのあり方



令和5年（2023年）9月1日

日本学術会議

総合工学委員会・機械工学委員会合同

計算科学シミュレーションと工学設計分科会

この見解は、日本学術会議総合工学委員会・機械工学委員会合同計算科学シミュレーションと工学設計分科会計算科学を基盤とした産業競争力強化の検討小委員会の審議結果を踏まえ、総合工学委員会・機械工学委員会合同計算科学シミュレーションと工学設計分科会において取りまとめ公表するものである。

日本学術会議総合工学委員会・機械工学委員会合同
計算科学シミュレーションと工学設計分科会

委員長	越塚 誠一	(連携会員)	東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻教授
副委員長	金田千穂子	(連携会員)	東北大学国際集積エレクトロニクス研究開発センター教授
幹 事	高木 周	(連携会員)	東京大学大学院工学系研究科教授
幹 事	松尾亜紀子	(連携会員)	慶應義塾大学理工学部教授
	大島 まり	(第三部会員)	東京大学大学院情報学環/生産技術研究所教授
	小山田耕二	(第三部会員)	大阪成蹊大学データサイエンス学部学科長・教授
	所 千晴	(第三部会員)	早稲田大創造理工学研究科教授、東京大学大学院工学系研究科教授
	吉村 忍	(第三部会員)	東京大学大学院工学系研究科教授
	伊藤 恵理	(連携会員)	東京大学先端科学技術研究センター教授
	伊藤 宏幸	(連携会員)	ダイキン工業株式会社テクノロジーイノベーションセンターリサーチコーディネーター
	大出真知子	(連携会員)	国立研究開発法人物質・材料研究機構構造材料研究拠点設計・創造分野計算構造材料グループ主任研究員
	大林 茂	(連携会員)	東北大学流体科学研究所教授
	梶島 岳夫	(連携会員)	四国職業能力開発大学校校長・大阪大学名誉教授
	加藤 信介	(連携会員)	工学院大学非常勤特任教授
	金子 成彦	(連携会員)	早稲田大学理工学術院国際理工学センター教授
	金田 行雄	(連携会員)	名古屋大学特任教授
	河合 宗司	(連携会員)	東北大学大学院工学研究科航空宇宙工学専攻教授
	岸本喜久雄	(連携会員)	東京工業大学名誉教授
	北村 隆行	(連携会員)	京都大学総長特別補佐
	小林 広明	(連携会員)	東北大学大学院情報科学研究科教授
	坂本 真樹	(連携会員)	電気通信大学副学長、大学院情報理工学研

			究科情報学専攻教授
佐々木直哉	(連携会員)		山形大学工学部客員教授、立命館大学総合科学技術研究機構客員教授
渋谷 陽二	(連携会員)		大阪大学大学院工学研究科教授
高田 章	(連携会員)		ロンドン大学特任教授
高橋 桂子	(連携会員)		早稲田大学総合研究機構グローバル科学知融合研究所上級研究員/研究院教授
萩原 一郎	(連携会員) *		明治大学研究・知財戦略機構研究特別教授、東京工業大学名誉教授
橋口 公一	(連携会員)		明治大学客員研究員、九州大学名誉教授
藤井 孝藏	(連携会員)		東京理科大学工学部情報工学科教授
藤代 一成	(連携会員)		慶應義塾大学理工学部情報工学科教授
矢川 元基	(連携会員)		公益財団法人原子力安全研究協会会長、東京大学名誉教授、東洋大学名誉教授
平野 徹	(連携会員 (特任))		ダイキン工業株式会社テクノロジーイノベーションセンターシニアスキルスペシャリスト
吉村 卓也	(連携会員 (特任))		東京都立大学システムデザイン学部機械システム工学域教授

日本学術会議総合工学委員会・機械工学委員会合同
計算科学シミュレーションと工学設計分科会
計算科学を基盤とした産業競争力強化の検討小委員会

委員長	佐々木直哉	(連携会員)	山形大学工学部客員教授、立命館大学総合科学技術研究機構客員教授
副委員長	金田千穂子	(連携会員)	東北大学国際集積エレクトロニクス研究開発センター教授
幹 事	大出真知子	(連携会員)	国立研究開発法人物質・材料研究機構構造材料研究拠点設計・創造分野研究構造材料グループ主任研究員
幹 事	宇佐見 護		株式会社アスムス代表取締役社長
	越塚 誠一	(連携会員)	東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻教授
	萩原 一郎	(連携会員) *	明治大学研究・知財戦略機構研究特別教授、東京工業大学名誉教授
	青木 伸俊		キオクシア株式会社メモリ技術研究所デバイス技術研究開発センターフェロー
	青柳 岳司		旭化成株式会社デジタル共創本部インフォマティクス推進センタープリンシパルエキスパート
	井手 貴範		株式会社アイシン Tokyo Research Center

大野 隆央

小机わかえ

白鳥 正樹

立石 勝

先進開発部主査

国立研究開発法人物質・材料研究機構国際
ナノアーキテクトニクス研究拠点特別研究
員

神奈川工科大学工学部機械工学科教授

横浜国立大学名誉教授

株式会社テクノスター代表取締役社長

* 令和4年5月31日付連携会員任期満了となったが引き続きご協力いただいた。

本見解の作成に当たり、以下の方にご協力いただいた。

吉田有一郎 東芝インフォメーションシステムズ株式会社プロフェッションエグゼ
クティブ（当時）（第24期小委員会委員）

本見解の作成に当たり、以下の職員が事務を担当した。

事務	松室 寛治	参事官（審議第二担当）（令和4年7月まで）
	佐々木 亨	参事官（審議第二担当）（令和4年8月から）
	高橋 直也	参事官（審議第二担当）付参事官補佐（令和5年3月まで）
	柳原 情子	参事官（審議第二担当）付参事官補佐（令和5年4月から）
	影山 祥子	参事官（審議第二担当）付審議専門職付

要 旨

1 作成の背景

Society5.0、IoT、サイバーフィジカルシステム（Cyber-Physical System、以下「CPS」という。）、カーボンニュートラル等が標榜される複雑でグローバルな社会環境において、従来とは違う意味や目的等の新しい価値の製品、システム、サービス等の構築は喫緊の課題である。これに対し、計算科学の効果的活用は、特に CPS を推進する上で重要度が増加していくと考えられる。技術競争の加速に伴い、従来と比べて製造者と計算科学の距離が限りなく近づいていく中で、計算科学関連のソフトウェア開発、活用の現状を産業への実装を中心とした視点から俯瞰することは大切である。

作成の狙いは、特に国産計算科学ソフトウェアの特徴を最大限活かして、製造業での活用支援環境構築、汎用的ソフトウェアの開発・改良、人材育成などを促進し、各ステークホルダーの良好な関係を推進する仕組みのあり方を示すものである。現状課題を客観的に顕在化し、シンポジウムやアンケート等を実施することで、データを分析、俯瞰しながら議論を展開し、見解にまとめることにした。

2 現状及び問題点

製造業では様々な分野の計算科学活用が進められているが、現在では、汎用のソフトウェア活用が主流である。特に、海外発ソフトウェアが大半を占め、それらの特徴としてはメンテナンス、バージョンアップや使い勝手が優れている点が挙げられる。一方、地球シミュレータ、「京」、「富岳」等の開発を契機にスーパーコンピュータ使用を前提とした国産ソフトウェア開発が国主導プロジェクトの支援を受け精力的に行われてきた。

国産ソフトウェアを強化する狙いとしては、ソフトウェアの中身や理論を十分理解することで得られる高信頼で効果的な活用や人材育成の観点が大切である。さらに、昨今の海外情勢も踏まえ、データやソフトウェアの覇権争いなどで生じる機会損失のリスクや、長期的な安全保障上の観点から、国内ソフトウェア産業のグローバルな地位確保強化の視点は重要である。

しかしながら、これらのソフトウェアが実用化され製造業に十分浸透しているとはまだ言えない状況である。

浸透させる手段の一つとして、ユーザーがソフトウェアを有効に使いこなし、解析モデリングをノウハウ化しながら、ソフトウェア性能や利便性も適宜、継続的に改良していくこと、いわゆる、解析品質向上プロセスの普及が重要である。

このプロセスを継続的に推進、普及するには、有能な人材の確保や育成、産学連携、ソフトウェアの実用化等を支える仕組みとして、国内の関連する企業や人材、組織等のステークホルダーが有機的に結び付き、広く共存共栄して、産業競争力強化につながるような「新たなエコシステム」の構築が必要と思われるが、これまで十分検討されていない。また、長期的継続的な取組が必要であるが、現状では開発者自身の努力に頼っているのが実情であり、それを改善するための施策も明確ではない。

一方、人材評価の視点で考えてみると、従来、大学あるいは研究所等における研究者評

価には、インパクトファクター（Impact Factor、以下「IF」という。）やh-index等が活用されてきた。しかし、今後、製造業でシステムやサービス等へのシフトが盛んに行われる現状では、計算科学分野における多様な人材の有機的な協力が必要になり、計算科学のエコシステムの中で個人が果たす役割は多様化し、IFやh-indexの指標だけでは十分とは言えない状況である。どのように評価しモチベーションを向上させるのか、新たな方法論の検討が求められている。

上記の背景、課題を踏まえ、計算科学を産業競争力強化に寄与しうる技術として発展させ、人材育成も含めて利活用の裾野を広げる施策について見解を示す。

3 見解の内容

(1) 新たな視点に基づく評価の考え方（指標等）の導入検討

これからのモノづくり環境の進展の中、AIや情報科学等の技術との連携も踏まえると、今以上に多様なツール、ソフトウェアの組合せや最適化を行う技術人材育成において、システム・インテグレーションの研究開発及び競争力の源である事例研究に基づく解析品質研究やソフトウェアの改良、維持等の仕事に従事する者の役割は重要になる。それを積極的に評価する新たな連携や評価の仕組みを作ることが大切である。以下にその考え方を示す。

- 1) AIや情報科学等との連携、今以上に多様なソフトウェアの組合せや最適化を行う人材の育成において、解析品質研究やソフトウェアの改良、維持等の仕事に従事する人材を積極的に評価、地位向上させる仕組み、社会貢献や実用化への貢献等も考慮できる新たな指標モデルや仕組み、表彰制度、情報交流の場の整備。
- 2) 新たな指標モデルにはその弊害も含め賛否両論があり、定義や算出方法を慎重に検討していく必要があり、今後、製造業界、学术界で検討すべき課題。

(2) 計算科学活用における多様なエコシステムの構築

今後の産業競争力を強化するための計算科学ソフトウェアの戦略的活用と実用化、維持、継続、人材育成を実現する上で、以下の要素を整備、改善、活性化しながら、多様な連携のあり方としてのエコシステム構築が必要である。

エコシステムを推進する上で必要と思われる仕組みや組織を以下に示す。

- 1) ソフトウェアベンダーと大学（開発者を含む）、ユーザーのスパイラル的な連携の仕組み、国産汎用ソフトウェア、オープンソースソフトウェアと商用ソフトウェアの交流の場
- 2) 解析品質の考え方を踏まえた事例研究等の各分野の関係者が有用情報を共有、活用する活動を担うための、産業界の人材も含めた、学協会連携・統合、NPO等の組織化
- 3) ソフトウェア企業への解析人材育成支援コンサルティング機能（学協会等）
- 4) パンデミック等の社会活動が困難な状況下においても計算科学活用を維持できるオンラインシステム、人材ネットワーク、成果公開の仕組み

- 5) AI や情報科学系を含むソフトウェアインテグレーションや関連組織、及び異分野間連携を促進、コーディネートできる人材の育成プログラム
- 6) 上記1)～5)をサポートして、研究者個人の努力にのみ頼るのではない、エコシステムのドライブフォースとなるインキュベーション組織

(3) 出口を見据えた戦略

上記(1)、(2)を推進する上での具体的な出口の戦略案を以下に示す。

- ① 計算科学活用に関する研究者活動を探索、抽出、評価する仕組み開発
 - ・ 研究論文以外の個人活動及び他者との連携度合いを把握するためのデータ収集の仕組みや SNS 等探索技術を活用した人材評価の仕組み構築
 - ・ 学協会を主体とした、研究業績以外の活動に対する表彰、認定制度拡充
- ② 独立行政法人、国立研究開発法人、学協会等と産業界との連携によるインキュベーション支援組織の構築や運営システム
 - ・ 関係する独立行政法人、国立研究開発法人、学協会が柔軟に連携できる組織運営
 - ・ ベンチャー設立支援等も含むプロモーションできる運営システム
 - ・ 計算科学関連ベンチャー企業支援
 - ・ 計算科学活用中小企業等への支援充実
 - ・ ソフトウェアベンダーと大学（開発者を含む）、ユーザーのスパイラル的な連携の場提供、産業界からの連携場への積極的参画促進の仕組み
- ③ ①、②を試行、実用化するための新たな国主導ファンド等の施策
 - ・ FS（フュージビリティスタディ）検討委員会又はプロジェクトの設置
 - ・ 製造業に広く普及する視点での国産汎用ソフトウェアの継続的な開発

目 次

1	はじめに	1
2	現状の認識、問題点	3
	(1) 産業競争力強化における視点	3
	(2) 計算科学ソフトウェア（CAE、シミュレーション）活用の現状	4
	(3) 開発ソフトウェア維持、継続的改良の安定化、事業化の仕組み作り	5
	(4) 研究者、開発者の評価、モチベーションの問題、人材のあり方	6
	(5) ポスト・ウィズコロナ視点から見た新たな課題	7
	(6) 国産ソフトウェア実用化における課題とエコシステムのあり方、海外比較 及び製造業における活用課題	8
	(7) 「ものづくり白書」から見た、製造業のデジタルトランスフォーメーショ ンに求められる人材	10
	(8) オープンサイエンス時代における新たな研究開発評価の論点	11
3	課題解決のための新たな施策提案	13
	(1) ソフトウェア開発者モチベーション向上を意図した新たな評価の考え方	14
	(2) 計算科学シミュレーション活用における新たなエコシステムの構築	15
4	見解	22
	(1) 新たな視点に基づく評価の考え方（指標等）の導入検討	22
	(2) 計算科学活用における多様なエコシステムの構築	23
	(3) 出口を見据えた戦略	23
	<用語の説明>	24
	<参考文献>	26
	<参考資料> 審議経過	28
	<付録>	30
	1) 計算科学を基盤とした産業競争力強化に関するこれまでの提案、報告等の 動向	
	・ 日本学術会議における関連する過去の報告書等概要	
	・ 製造業における活動（産業競争力懇談会（COCN）の活動例）	
	・ 小規模企業のシミュレーション技術活用活性化の『ものづくり連携システ ム』	
	2) 先端的国産ソフトウェアの実用化における課題とエコシステムのあり方	
	・ 国家プロジェクトソフトウェアの実用化・事業化の壁となる大きな課題	
	・ 国家プロジェクトソフトウェアの戦略的な維持・改良・活用推進のための エコシステムのあり方とその構築のための仕組み構築	
	3) シミュレーションソフトウェア活用に関する新たな課題	
	・ アンケートの内容	
	・ アンケートから見えてくる課題	
	<補足> これまで開催したシンポジウム概要とアンケート結果	38

1 はじめに

千変万化の社会情勢、環境問題の深刻化と脱炭素化、新しい情報技術や最先端科学の急激な進展に伴い、人や社会を取り巻く環境は複雑化している中で、Society5.0 や SDGs、AI、IoT 等の大きな動きと技術の変化・進化、さらに、気候変動に伴い多発する自然災害や新型コロナウイルスによるパンデミック、さらには安全保障に関わる問題など、VUCA(Volatility [不安定]、Uncertainty [不確実]、Complexity [複雑]、Ambiguity [曖昧]) とも言われる、今まで経験したことがない不確実で不透明な時代を迎えている。

この背景の中、これまで、計算科学を活用した様々な複雑で不確実な現象予測等の研究成果が報告されている[1] [2] [3]。すなわち、人や社会、環境、エネルギー、情報、機械システム等において、アナリシスやシンセシスとしての特徴を活かした計算科学的アプローチが力を発揮する時代になってきた。特に、ポスト・ウィズコロナ社会におけるモノづくりやコトづくりにおいて、複雑かつ不確実な現象やシステムをシミュレーションやそこから得られるデータで予測・俯瞰し異分野をつなげる方向感覚は、これからの大きな課題解決や従来とは違う意味や目的、役立て方等の新たな価値を生み出すきっかけになると思われる[4]。

また、従来からの日本の得意分野のさらなる強化に留まらず、AI やデータ、情報科学との連携を視野に入れた新たな手法としての計算科学は、サイバーフィジカルシステム (Cyber-Physical system、以下「CPS」という。) と極めて親和性が良く、その効果的活用は、CPS を推進する上で、重要度がこれから増加していくと考えられる。

計算科学と他分野との連携においては、今後、VUCA という言葉が示すような、例えば、対象として、曖昧で複雑な現象やシステム等を扱う機会が多くなることが予想され、今以上に多様なツール、ソフトウェアの深い理解、組合せや最適化等を行う人材の育成が今後、産業競争力強化においてますます必要になると思われる。しかし、現状、我が国では、計算科学と他分野との連携が必要な分野に携わる人材 (特に、アカデミア) の評価が十分高いとは言えない状況であり、モチベーションにつながらず優秀人材確保に支障を来していると推測される。

一方、これまでの地球シミュレータ、「京」、最近の「富岳」の開発等を契機として超並列スーパーコンピュータを前提とした国産ソフトウェア開発が、国主導のプロジェクトの支援を受けて精力的に行われてきた。これらは国際的に見ても超一流の能力を持った優れたソフトウェアであるが、これらが実用化され、製造業に十分浸透しているとはまだ言えない状況である[5]。特に、日本の製造業のおおよそ 90%を占める中小、中堅企業における計算科学に関するシミュレーションや CAE の活用は地域も含めて広く展開できている段階ではないと思われる[5]。

ソフトウェアのほとんどは大企業を中心に、主に研究ベースで使われており、活用範囲の拡大とともに、ユーザー側に高度な専門性を要求しない普及版の工夫と開発、浸透活動も必要であるが、活用普及が十分にはできていない状況である。その要因は明確ではない。

本見解の狙いは、特に国産計算科学ソフトウェアの利活用における課題を抽出し、計算科学の特徴を最大限活かして、計算科学を基盤としたエコシステム、すなわち「計算科学

分野に関連する複数の企業や人材等のステークホルダーが有機的に結びつき、広く共存共栄して、日本の産業競争力強化につながる仕組み」のあり方を示すことである。

それに関して、

- (1) 今後解決すべき技術的・政策的課題
- (2) 必要とされる人材及びその育成、並びにソフトウェア開発者のモチベーションの向上施策
- (3) 産業競争力強化に寄与するためのソフトウェア活用支援基盤の方法論及びソフトウェア実用化、その継続的維持改良（メンテナンスを含む）、事業化等の仕組み、連携のあり方

などについて議論や調査を行い、見解にまとめた。

2 現状の認識、問題点

計算科学を基盤とした産業競争力強化に関するこれまでの提案、報告等に関してはいくつかの活動があるが、詳細内容について、付録 1 及び参考文献[5][6][7]に示し、ここでは割愛する。

(1) 産業競争力強化における視点

製造業において、新しい価値の製品、システム、サービス等の提案や技術開発の重要性が叫ばれる中で、計算科学活用においては、今以上に多様なツール、ソフトウェアの組合せや最適化を行うシステム技術分野の人材育成が今後、産業競争力強化の観点から必要になると思われる。ドイツで Industry4.0 が標榜され、我が国でも Society5.0 や Connected Industries（経済産業省が 2017 年提唱）等が標榜される環境の下で、CPS 等における大規模、複雑システムの設計、開発は喫緊の課題であり、そのような事業に携わる人材育成は急務である。特に、大規模、複雑システムへの応用例として、日本の強みである、地震や津波等の災害予測や自動車分野への応用、さらに、持続可能な社会の実現のための SDGs に対応した色々な分野における社会課題の解決等に、計算科学を中心としたシステム技術が寄与することが重要になってきている[1][2]。

「産業競争力強化とは何か」という問いに対して、具体的な産業競争力強化の内容としては、計算科学を駆使することで、従来よりも向上できるいくつかの競争力因子を想定している。因子としては、以下のものが考えられる。

- A: 従来よりも高効率、低コストでグローバルに勝てるモノづくり技術力
- B: 多様なデータやシミュレーションを活用して、モノづくりの上流における高付加価値で革新的なアイデアや製品、システム、サービスを生み出す手法
- C: 設計の上流で、システムやサービス全体を俯瞰、統合、設計できる手法、技術人材の育成
- D: 上記 A～C を支えるソフトウェア実用化、維持、改良等を担う人材育成の仕組み

例えば、因子 C に関係するシステム統合化の課題としては、

- ① 最先端の知見を社会に有用な知識として社会実装するための規格・基準の作成、改定等
- ② 上記をさらに一般化した標準化戦略
- ③ 自動運転や CPS、ロボット活用生産、保守サービス等に代表される IoT 時代の巨大システムの構築

等が挙げられる。

いずれにしても、我が国の国際競争力を維持、発展させていくために必要かつ重要な課題である。特に、単にソフトウェア自身の性能、機能向上だけでなく、ソフトウェアを有効に使い、様々な産業分野への応用と多くの事例データを蓄積しながら解析モデル

ングをノウハウ化し、解析の妥当性や品質等を検証すると同時に活用視点でのソフトウェア性能も適宜、継続して向上していくことが重要と思われる。すなわち、解析品質研究が重要となる[8]。

特に、大規模複雑システム等の不確実性が高い解析には、ソフトウェア工学に基づく品質管理プロセスで開発されたソフトウェアが必要になる場合がある。ソフトウェアが大学で開発され商用化される場合には、手法やアルゴリズム等のシーズ技術に重きが置かれる傾向があるため、用途が何かを明確化することが肝要と思われる。規格としては American Nuclear Society の “verification and validation of non-safety-related scientific and engineering computer programs for the nuclear industry ” 等がある。

解析品質の観点から見ると、計算結果と現実の事象データの比較（いわゆる Validation）において、誤差やバラツキも含めて、数値が合わないことが多く、いかに予測精度を向上させるかが重要である。単に数値をチューニングするのではなく、複雑な現象を理解しながら、理にかなった計算モデルの修正（いわゆる Verification）が大切であり、そのためには多様な事例に基づき、解析の経験を積む必要があり、そのノウハウを継承してソフトウェアの改良や解析結果の妥当性を把握するためのユーザーインターフェースの使い勝手向上も含めて、解析品質向上プロセスの実施を継続していくことが大事である。

また、1でも述べたが、日本の製造業の中小、中堅企業におけるシミュレーションや CAE 活用は広く普及しているとは言えない状況である[5]。汎用のツール、国家プロジェクト（以下「国プロ」という。）等で開発したツールのほとんどは大企業を中心に、主に研究ベースで使われており、活用範囲の底上げとともに、ユーザー側に高度な専門性を要求しない普及版の工夫や開発、地道な浸透活動も必要である。

(2) 計算科学ソフトウェア（CAE、シミュレーション）活用の現状

計算科学ソフトウェア活用例として、製造業の CAE に関して現状を述べる。

従来から、製造業では様々な分野のシミュレーション技術を活用したモノづくりを進めてきているが、現在では、汎用のソフトウェアが主流になってきている。特に、海外発の CAE ソフトウェアが大半であり、ソフトウェアのメンテナンス、バージョンアップや使い勝手が優れているという特徴がある。代表的なものとして、ANSYS、COMSOL、STAR-CD 等がある。他方、国産ソフトウェアとしては ADVENTURE、OCTA 等、活用されているものも少しはあるが、これらの CAE ソフトウェアは国際的に見て主流になっているとはいえない。

2 (1) でも言及したが、製造業におけるモノづくり関連事業は最近では作ったものを活用してサービス事業を行う“コトづくり”としてのソリューションの比率が高くなってきている。その中で果たす CAE の役割の重要性については、欧米において早くから認識され、CPS の一環として、デジタルモノづくり（Virtual Engineering、以下「VE」という。）の体系化に取り組んできた。我が国でも、デジタルツイン等の概念を導入してき

ており、多くの企業がハードウェアからソリューションやサービス事業への転換を模索しているが、基本的にはあくまで作られるもの（ハードウェア）の品質にこだわり続けて、VE の体系化に対しては欧米に比べ周回遅れの状態にある。したがって、CAE に関わる人材に対する社会的評価が、直接モノづくりに関わる人材（設計者、生産技術者等）の評価に比べて低い傾向があり、前者は一種の下請け的な立場に甘んじてきた。

一方、地球シミュレータ、「京」の開発を契機として超並列のスーパーコンピュータの使用を前提とした国産ソフトウェア開発が国プロの支援を受けて精力的に行われてきた。さらに最新のスーパーコンピュータ「富岳」においては、国産ソフトウェアと併用して汎用ソフトウェア（特に海外製）も使用することができる状態である。国産ソフトウェアは国際的に見ても超一流の能力を持った優れたソフトウェアであり、1 で言及したように、多くの成果が示されているが[1] [2] [3] [4]、これらのソフトウェア群が実用化され、製造業に十分浸透し、活用されているとは言えない状況である [5]。

これらのソフトウェアを製造業が汎用のソフトウェアとの使い分けを行い、特徴を活かして積極的に活用することによって、これまで、日本が苦手としていた新たなイノベーションの可能性が開けてくると考えられる。そのために、これらのソフトウェアを製造業が積極的に活用できる環境を整えることは、我が国の産業競争力の強化に直接つながる大事な施策である。

国産ソフトウェアに対しては現在、引き続き国の支援を受けて開発が継続されているものも多い。しかし、開発者の世代交代、国の支援の打ち切り等に直面した時に、開発ソフトウェアの活用普及の担い手である、解析人材とその育成の仕組み不足が課題である[9]。さらに、この課題は CAE 活用の製造業だけに限定したのではなく、計算科学活用における産業界共通の課題とも言える。

すなわち、最先端の技術が盛り込まれたソフトウェアを絶えず更新、改良し、利用者において使いやすく、有用なツールとして提供を続けていくためには、ソフトウェアの活用・維持・改良に継続して対応する有能な人材、人員の確保と育成のための新しい産学連携の場、経済的基盤の構築が大きな課題である。

さらに、昨今のコロナ禍であぶり出されたサプライチェーン寸断のリスク、大国間、GAFA を代表とする大企業間におけるデータ及びソフトウェアの覇権争い・囲い込み、最近の不安定な海外情勢などにより生じる機会損失の面からも、国内におけるソフトウェアの維持・発展、人材確保、さらには国内ソフトウェア産業のグローバルな地位確保などの取組がますます求められる。

(3) 開発ソフトウェア維持、継続的改良の安定化、事業化の仕組み作り

ソフトウェアの開発段階では、国プロという形で国の大きな財政的支援を受けることができた。しかし、国プロの出口戦略としては、民間で自立して使用されることが前提となっており、実使用における課題に基づいたソフトウェアの改良段階で引き続き国の経済的支援を期待できない。先端的ソフトウェアの改良や機能追加等を主体的に進めていくには、開発に関わった（大学側の）人材が引き続き関わっていくことが必要である

が、大学側にはこれを行う積極的なモチベーションがない。

実際の現場での活用の仕事は多くの経験と専門的知識を必要とするが、これは主に製造業が主体で様々な課題に対して個別に推進している。アカデミアに期待される仕事自体はユーザーニーズにこたえるための受け身で現場的工作が多く、独創的な論文を書くことが第一優先となっている大学研究者が喜んでする仕事ではない。

受け皿となる民間においても、ソフトウェアの活用と様々な解析事例に関して、ノウハウの蓄積による製品開発支援が重要であり、従来は経済的に自立した事業として立ち上げていくものではなかった。さらに、省庁においては、国がいつまでも支援し続けるのは不健全という考え方が存在すると思われる。

(4) 研究者、開発者の評価、モチベーションの問題、人材のあり方

従来、大学又は研究所等において第一線の研究を行う研究者の評価には、インパクトファクター（Impact Factor、以下「IF」という。）やh-indexが活用されてきた。しかしIFは本来、同じ分野の異なる雑誌の重要度を評価するために提案されたもので、個人の業績を評価する指標ではない。また、h-indexは量と質のバランスが取れた指標ではあるが、研究業績が主である。

例えば、医療系、材料系にはIFの評点が高い雑誌が多く、建築、土木、機械等では比較的IFの評点が低い。しかしこれは前者の分野が優れた論文が多く、後者が少ないということをも語るものではない。論文の優劣比較はあくまで同分野の論文においてのみ可能となる。このIFを個人の業績評価に活用するという間違っただけの風潮に影響されて、上記、後者の分野に従事する研究者（特に、業績評価が自身のキャリアパスに直接影響する若手の研究者）がよりIFの高い分野の研究テーマを積極的に選ぶ可能性があり得る。これらのテーマは分析的な手法（アナリシス）が多いため、そのような研究者において、製造業で重要なシステム統合化、最適化等の研究が疎かになることが危惧される。

これらの分野では、異分野の人材が有機的に協力して実施されるもので、このような仕組みの中で個人が果たす役割をどのように評価するのか、その方法論の開発が求められている。例えば、異なる分野の専門家を有機的に結び付けてシステムとしての能力を最大限に発揮させるためのインターフェイス・マネジメント（Interface Management）[10]が重要であるが、これまではこれを専門とする人材は育っていない。企業ではこの業務を“すりあわせ”と称しており、我が国ではこの異なる部署間のすりあわせが優れているために、品質の優れたモノづくりが行われているとされている。しかし、この方法は技能とでもいうべきあくまで暗黙知の集合であり、科学的知識に基づいて体系化されているとは言い難い。

計算科学活用の取組においても、昨今のSDGsに見られるように、「社会課題の解決」のためのシステム・インテグレーション的なシミュレーション技術はアナリシスからシンセシス（総合的、すりあわせ的）に重点を置いた取組が必要であり、今後、有望な目標となる。この場合、技術的な視点だけではなく、多様な国や環境における文化的、思想的な違いを考慮した、モノづくりやシステム設計が大切になる。この“すりあわせ”

で行っている作業は一人でできるものではなく、連携が大切であるが、シミュレーション活用に従事するメンバーに対する評価も低いために、優秀な人材が集まりにくい（補足1：第1回シンポジウムアンケート設問2のアンダーライン回答参考）。結果として、欧米諸国が次々に発信する研究成果（例えば、システムエンジニアリング等）を周回遅れで追隨する立場に追い込まれている。

また、計算科学と類似点もある、組込みソフトウェア技術者の評価の国際比較によれば、生産性、労働条件、人のマネジメント等において、欧米諸国より低位にあることが示されており、人材に関する課題は多いと言える[11]。

さらに、上述2(1)でも述べたように、解析を高精度化し妥当性を適切に評価するためには、事例研究による解析品質研究の方法論と管理、それに基づくソフトウェアの維持、改良が必要であり、今後、精度保証やモデリングを主とした解析品質の考え方を拡張して、ソフトウェアの維持、管理、改良プロセスも含めた現象解明の全体プロセス研究を新たな研究分野と見なすことが必要である。そのためには、ソフトウェアを熟知したアカデミアの理論的な力が必要であり、人材育成も含めた産学連携が有効になる。

したがって、個別のシミュレーションも含め、システム・インテグレーションの研究開発及びその事例研究の仕事に従事する者である、いわゆる実用化人材に対して、それを積極的に評価する新たな指標や仕組みが必要である。

(5) ポスト・ウィズコロナ視点から見た新たな課題

新型コロナウイルス感染の例に見るように、パンデミック状態での製造業への影響において、人を中心とした現場での働き方や環境の問題点が新たに顕在化している。特に、対面や現場での議論等が難しい状況において、オンライン活用でのモノづくりのあり方が重要になってきており、その中で、シミュレーション技術等の有効活用が期待されている。その例として、スーパーコンピュータ「富岳」によるマスク越しの飛沫やエアロゾルの飛散現象の大規模流体シミュレーションなど[4]、身近な社会課題に対するスーパーコンピューティング活用も実績が出てきているが、この研究では、現場での計測等が困難な状況において、人への飛散の影響予測だけでなく、計算結果を高性能なマスクや換気装置等のモノづくりに有効に反映できるものである。他方、一般の人や社会に向けた計算結果の説明や解釈表現の難しさも見え隠れしている。

今後を見据えて、いくつかの新たな課題抽出と対策案を以下にまとめた。

- ① バーチャルとリアルをつなぐモノづくりの考え方、設計・製造、教育
 - ・ 計算科学を活用したオンラインモノづくりのあり方、仕組みの必要性
例えば、オンラインやVR/AR等活用による計算結果データの可視化、デザインレビュー、実験・計測装置とのデータ連携等による、現場レベルのモノづくりを再現できる技術や環境の開発
 - ・ 実験や実作業の代替えとして、シミュレーション仮想実験による現象理解や議論の促進と教育

- ・臨床研究としての計算科学（ウィルス飛散シミュレーション等）活用方法論の検討、社会認知
- ・オンライン環境でも設計から製造、検査、販売等の一連のエンジニアリングチェーンを俯瞰、理解ができるバーチャルネットワーク応用シミュレーション、設計・製造デジタル化の推進

② パンデミック等の非常時における計算情報、成果の公開、社会的価値の説明のあり方

- ・コロナ感染予測における例から想定するには、様々な非常時にシミュレーション技術を迅速にかつ正確に対応させるため、平時からの専門人材確保の仕組みが必要
- ・国との連携における、行政担当者から見た相談できる専門家人材データベース構築、シミュレーション成果と意義の一般向け説明に関する方法論や基準構築、マスメディア対応のあり方

③ 上記①、②を推進するための新たな人材育成のあり方

- ・計算科学の社会貢献に対する評価として、研究論文評価とは違う視点の貢献度認知の啓発、文化
- ・非常時や緊急時における、人の働き方の変化に柔軟に対応ができる、多様なソフトウェア維持・保守・活用を担う人材の育成と産学連携・対応体制の仕組み

(6) 国産ソフトウェア実用化における課題とエコシステムのあり方、海外比較及び製造業における活用課題

これまで述べてきたように、計算科学に関するシミュレーションを産業競争力強化のために有用に活用するためには、人材の育成とともに、開発したソフトウェアをユーザーに継続的に活用してもらうことが大切であるが、最終的には、広くユーザーに普及するために、ソフトウェアの実用化、事業化が必須になる。しかしながら、現実には、これまで言及してきたように、実用化推進はまだ十分ではなく、汎用ソフトウェア（特に、海外製）が主流になっている。

この課題に対しては、2019 年度に開催した「国産ソフトウェアの実用化、事業化に関する公開シンポジウム」におけるアンケート、及び講演や討論を基に、主な課題や施策を抽出した内容をまとめて付録 2 に記載する。アンケート回答数は 12 件と少ないが（詳細は補足 2 参照）、専門的テーマのため参加者数は 27 名と少ない中、回答比率 50%弱と高く、いくつか特徴的な知見も示唆していると思われる。また、これまで計算科学シミュレーションを活用するユーザーの現在の意識や実態を把握するため、アンケートを実施し（2018 年度に日本学術会議にて開催した「AI 時代のもの・コトづくりに向けた新たな計算科学活用における課題と期待」に関する公開シンポジウム）、最大 25 件(113 名

参加)の回答(記述式)をまとめて付録3に記載する(詳細は補足1を参照)。なお、詳細な企業アンケート等による分析も報告されている[5]。

上記内容を参考に、要点を以下にまとめる(回答者の文章をそのまま記載)。

① 国プロソフトウェアの実用化・事業化の壁となる大きな課題

- ・ソフトウェアベンダー、ユーザー連携での実用化・事業化の仕組み不足
- ・ユーザー、製造業から見た時の使いたくなる「特徴的魅力」の実現
- ・ビジネス上のボリューム vs 研究開発・保守・サポート体制のコスト
- ・ソフトウェアベンダー立ち上げ、育成、ユーザー企業開拓の仕組み不足
- ・サービスへの評価が高くない? Simulation As A Service の戦略
- ・「国プロソフトウェアはタダ」という思い(込み)
- ・(フリー版)ソフトウェア完成度に対する過剰な期待

② 国プロソフトウェアの戦略的な維持・改良・活用推進エコシステムのあり方

- ・実用化・事業化にはソフトウェアベンダーとユーザーの開拓・支援が必要
- ・ソフトウェアベンダーを排除するような仕組み、例えば、国がその役割を直接に果たそうとすることは、むしろ実用化・事業化を阻害する
- ・公益的なソフトウェアは、国がユーザーの役割を果たす必要がある
- ・R&D、メジャー進化を担う大学 + 開発保守サービス・マイナー改良を担うソフトウェアベンダー、の戦略的連携
- ・様々なルート(国プロ、委託解析等)で、必要資金を呼び込む仕組み
- ・多様な人材育成(研究(大学等)、開発(ベンダー等)、活用(ユーザー))
- ・志を持ったリーダーとメンバー、ステージにより異なるチーム編成
- ・オープンソースウェア(Open Source Software、以下「OSS」という。)に倣ったコミュニティづくり、開発者とユーザーをつなぐ仕組みが有効
- ・政策、研究・教育のための予算と評価システムが大事

③ 製造業における計算科学活用の課題

- ・製造業からみた課題として、ソフトウェア開発者に対する評価が低い
- ・解析人材の主な課題として、課題設定、解くべき課題に合う計算モデルが構築できない
- ・今後のシミュレーション活用拡大の主な機能、仕組みとして、事例研究に関する技術・ノウハウ交流の場、仕組みが必要
- ・シミュレーションをモノづくりに浸透させる因子として、経営層の理解と成功事例が大事
- ・産業競争力に寄与できる主な因子として、多様なデータ活用や複雑現象の解明、予測、制御

また、我が国の革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ（High Performance Computing Infrastructure、以下「HPCI」という。）の整備や運用に関する方針、意見等を提言する活動をしている、一般社団法人 HPCI コンソーシアムが 2021 年に出した提案[9]における、計算科学技術振興についての人材育成項目でのアンケート結果によると、特に我が国の計算科学分野においては、往々にしてプログラム開発はほとんど評価されず、その結果、彼らのポストやキャリアパスは非常に貧弱な状態であることが指摘されている。

さらに、海外動向として欧州の例を見ると[12]、日本では基礎研究者がソフトウェア開発者も兼ねているケースが多いが、欧州では、基礎研究者と HPC 専門家が連携する体制となっており、さらに HPC 専門家は計算センター教員等のポジションやキャリアパスが確立されている。アカデミアでは材料計算科学に的を絞ったカリキュラム等を推進している大学等もある[13]。

製造業界との人材交流においては、例えば、OSS である OpenFOAM ではユーザーコミュニティが機能し、Fraunhofer では学位取得者が円滑に製造業界へ巣立つ仕組みができています。PRACE (Partnership for Advanced Computing in Europe) というリソース提供機関では、中小企業が HPC を活用できるプログラムを広くユーザーに提供して、専門家のサポート体制も整備されている。これらの活動から推察すると、ある程度の充実したエコシステムが出来ていると思われる[12]。

(7) 「ものづくり白書」から見た、製造業デジタルトランスフォーメーションに求められる人材[14]

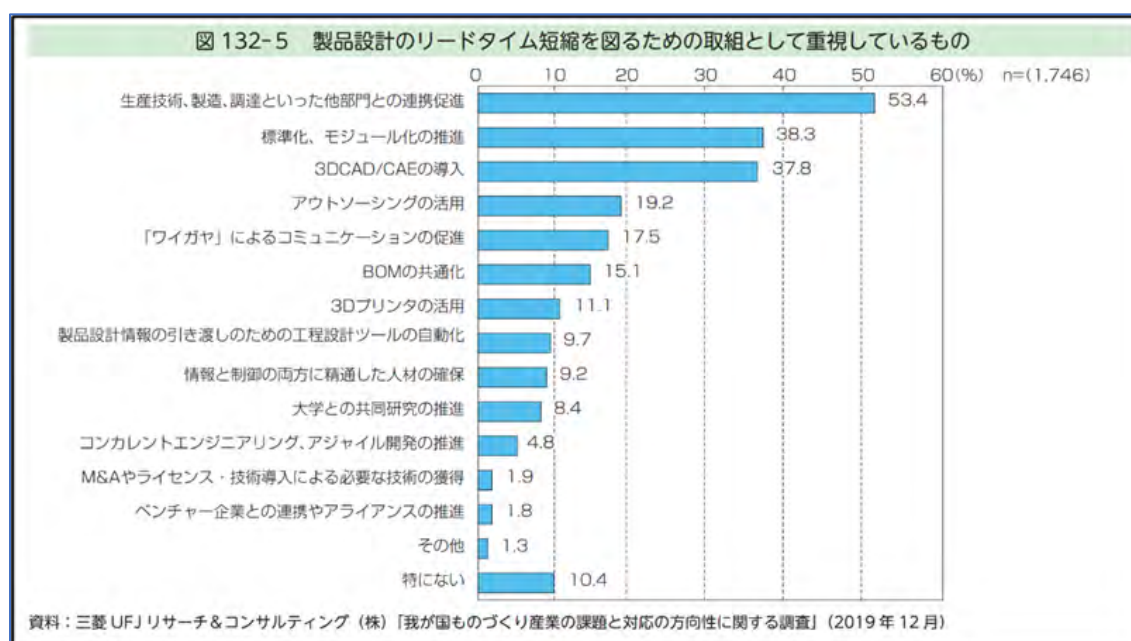


図 1 製品設計リードタイム短縮を図るために重視している点

（出典）2020年版ものづくり白書（製造基盤白書）[14]

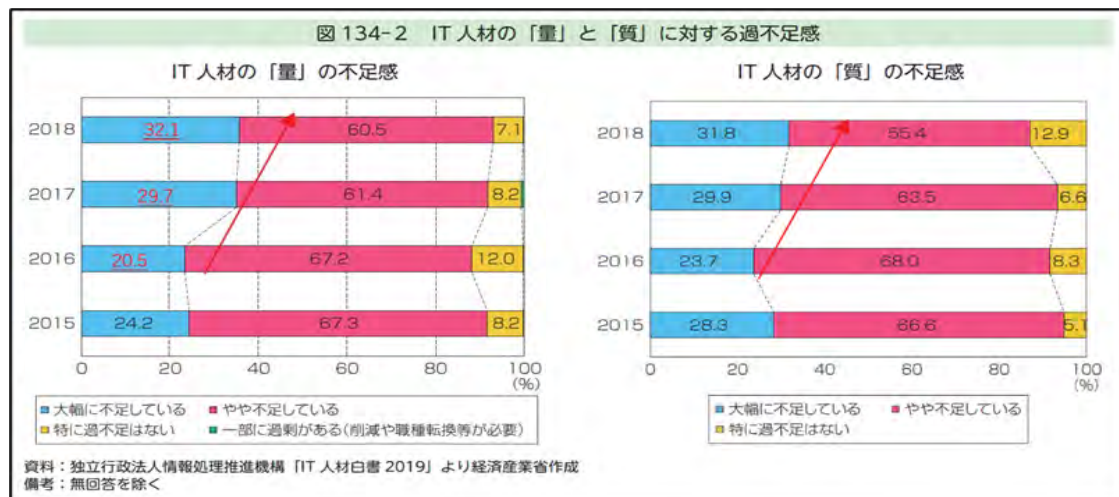


図2 IT人材の過不足感（__付き数値は正誤表による修正データ）

（出典）：2020年版ものづくり白書（製造基盤白書）（正誤表による修正を反映）[14]

2020年度の「ものづくり白書」、第1章「我が国ものづくり産業が直面する課題と展望」の中の第3節「製造業の企業変革力を強化するデジタルトランスフォーメーション（DX）の推進」において、エンジニアリングチェーンの上流になる、製品設計力強化において、CAEの重要性が述べられている（図1）。

また、計算科学シミュレーション開発者、技術者を含む、いわゆるデジタル化に必要な人材がエンジニアリングチェーン強化に有効であることが示唆されている。一方、現状では、このような人材の供給不足が問題と記載されている（図2）。デジタル人材の供給は十分に進んでいない。「IT人材白書 2019」（独立行政法人情報処理推進機構）の中でIT企業やユーザー企業に対して行われたアンケートによれば、特にIT人材の「量」の不足感が強まっている状況が確認できる。デジタル技術を理解しているIT人材の質・量両面での供給不足は、デジタル化によるエンジニアリングチェーンの強化に向けた課題の一つである。そういう意味でも、計算科学シミュレーションにおけるソフトウェア開発等に関する人材の育成、モチベーション向上等に寄与する人材供給の仕組みとして、エコシステム構築は喫緊の課題と言える。

（8）オープンサイエンス時代における新たな研究開発評価の論点[15]

計算科学分野はこれからのオープンサイエンス時代においても、解析、モデルデータも含めて、データ活用の視点では研究開発及び人材育成として重要な役割を果たすものである。

文部科学省において、「政策評価から俯瞰するオープンサイエンス時代の研究評価の論点検討会」[15]が設置され、議論が進められている。ここでは、研究開発をよりよくするための評価、研究現場で活かせる評価（評価を受ける側の価値ある評価）、マネジメントに活かすための評価に向けてオープンサイエンスの進展や既存の指標の限界を踏まえ、以下6つの論点が整理されている。

① 社会的インパクトの評価

- ・社会や人類共通の問題の解決に貢献し、国際的な競争環境の中で持続的に発展し、安全・安心で質の高い豊かな生活を目指すための社会的インパクト評価の可能性
- ② オープンサイエンス等に関わる評価
 - ・オープンサイエンスの潮流を踏まえた研究データの共有・公開やチームサイエンスの推進・研究者の多様な貢献など、研究活動のプロセスや組織的な仕組みの評価の可能性及び評価の迅速性と質のバランス
- ③ 質的評価
 - ・質的評価に関するピアレビュー／エキスパートジャッジ／エキスパートパネルの有効性
- ④ 研究活動への関わりの多様性を踏まえた評価
 - ・研究活動に関わる多様な人材・機能に対する適切な評価
- ⑤ 指標の厳選
 - ・研究の進捗管理におけるKPIの厳選及び研究機関の特性に応じた柔軟な指標設定の可能性
- ⑥ 評価に伴う研究支援体制の組織化
 - ・日本の研究力の向上のためには、評価書作成等に伴う研究者の負担軽減が必要であることから[16]、評価書や評価プロセスの改善と、研究開発評価における研究支援体制の構築（又は再構築）を促進

現在、オープンサイエンスの進展により、研究開発の過程で生まれるデータそのものが価値を持ち、それを共有・公開することなど、従来の学術論文を基本とした研究成果とは異なる次元の状況が生まれている。このような背景において、データが生まれる環境や保持、流通などの仕組みを適切に評価することにより、良質のデータが集積、価値創造されることが期待される。この検討会の論点において、トップを狙う競争のサイエンスだけではなく、新たな価値創造、地球規模課題の解決など協調による新たな研究活動のパラダイムも生まれつつあると指摘されている。また、近年のオープンサイエンスの議論は、デジタルな学術コンテンツを単にオープンにすることを超えて、学術を社会に対して開き、社会とともに学術を共創していくことにシフトしている。

さらに、研究の定量的評価の課題に対して質的評価の重要性も言及されており、オープンサイエンスの潮流を踏まえ、特に、研究成果のみならず、研究者の多様な貢献、研究活動のプロセスや仕組みの評価が望まれること、研究活動に関わる多様な人材・機能に対する適切な評価の重要性も指摘されている。

これらの視点は、主に文献[15]からの抜粋であり、上位の考え方として、今回の計算科学分野に関する見解の狙いと共通する動き、課題認識と言える。特に2（4）でも言及したように、IFやh-index等の研究成果中心の評価だけでは現状は不足であり、成果活用としての多様な貢献、研究活動プロセスの質的評価と両者のバランス、重みづけ、質的評価における評価データの構造化、探索法等の検討も含め、評価指標をいかに適切に扱うかの議論が必要である。

3 課題解決のための新たな施策提案

前述2におけるいくつかの課題認識、参考となる関係文献、2(4)(6)に記載したシンポジウムやアンケート等からの議論、意見分析を通して得られた計算科学に関するシミュレーション利活用における様々な課題を解決するために、いくつかの施策の必要性を説明する。

新たなCAE・シミュレーションソフトウェアの開発には、解析の対象とする最先端分野の科学技術に関する知識とともに、計算科学に関する知識を持った有能な人材が必要である。また、システムアーキテクチャの構築を行うシステムエンジニア及びプログラミングのプロフェッショナルなサポートを行う技術者が欠かせない。国産のソフトウェアは、それぞれ大学に拠点を置くリーダーの下に大学とソフトウェア業界の密接な協働により開発されてきたものである。

また、一般の製造業は各応用分野の事例解析とモデリング、使いやすさに対する要求の提示等を通じて、ソフトウェアの改良に貢献してきた。すなわち官の経済的支援の下、学の主導と産の協力の下にこのような優れたソフトウェアが開発されてきたと言えよう。これらのソフトウェアは現在、製造業で活用が始まり、成果が出始めている段階である。このような状況の下、これらのソフトウェアが引き続き製造業における有用なソフトウェアとして活用され、さらに発展していくためには、これまで言及してきたように、多様で数多くの解析事例の蓄積とそこから得られる知恵の活用が適正に行われる必要がある。また、それに基づいた、開発ソフトウェアが最終的に実用化、事業化まで継続していける、ユーザーを含む全ステークホルダーの協創の仕組みである、エコシステム構築が必要である。この場合、従来の単発の例題的な事例研究（ケーススタディ）を超えた、様々な解析事例に基づく知見を体系化、構造化して共有するための戦略的な連携の場が有効であると考えられる。ソフトウェアを事業化するソフトウェアベンダーにとってもこの連携の場は魅力的になることが重要である。

エコシステムを構築し、さらに、その中で、様々な事業として成り立たせるには、以下の5点について具体的な方策を立てていくことが重要と思われる。

- 1) ソフトウェア等の維持、管理、改良を含む、解析モデリングの知見を体系化、構造化する仕事を「事例に基づく解析品質研究」とみなし、知的なノウハウを伴う一種の専門職として位置付け、これを積極的に評価することによって有能な人材が集まる仕組みを作ることが重要である。
- 2) 解析品質研究に関する活動の重要性に鑑みて、国は引き続き必要かつ健全な範囲で財政支援（例：携わる人材の人件費の支給や新たな産学連携のスキーム等）を行う。その際に、開発から社会実装までを見据えた長期的視野から、予算配分の見直しを行う。製造業は利用実績に応じた対価を支払う、あるいは必要な人材派遣を行う等の支援を行う。
- 3) 何らかの財政基盤や人材活動が継続できるクラウドファンディング、SNSや情報ネットワークを活用した新しいコミュニティの形を検討する。

- 4) 国プロ等における様々な開発ソフトウェアの具体的情報とユーザー、ベンダー企業との情報断絶を埋めるための、情報交流、公開の仕組みの構築（関連学会が交流の場としての役目を担う）を推進する。
- 5) AI やデータ科学等と計算科学の連携や融合を担うシステム思考の人材の育成が可能な産学連携の仕組みを構築する。

これらの観点より我が国の産業競争力強化の施策として、以下の提案を行う。

(1) ソフトウェア開発者モチベーション向上を意図した新たな評価の考え方

研究開発及び競争力の源である、特に事例研究に基づく解析品質研究、ソフトウェアの改良、維持等の仕事に従事する者に対して、それを積極的に評価する仕組みを作ることが大事である。

2 (6) でも言及した、2018 年度に日本学術会議において開催した公開シンポジウム「AI 時代のもの・コトづくりに向けた新たな計算科学活用における課題と期待」に際し、アンケートにおける設問にて、研究成果とは違う視点において、ソフトウェア活用の貢献度を示す指標として、「インダストリアルファクター（仮称）」のような指標の必要性を問いかけた。

アンケートの回答における主な意見として、以下に示す（回答者の文章をそのまま記載）。

- ・CAE・シミュレーション技術者の地位・待遇向上に新たな指標は必要。
取得者が学外・社外で認められ、活躍できる周囲の施策も必要。
- ・日本として、従来路線（得意分野）でもある「すりあわせ統合技術（今回の場合は分野横断的な開発技術、人材）」を今後も重要視していくのであれば、こうした指標は有効であると考える。
- ・工業あるいはビジネスに使えるようなソフトウェア、技術には人々は資金を出す。
結局は金額で評価すればよいのではないのか？ ビジネスに応用される前でインダストリアルファクターは計算が難し過ぎる。
- ・企業にもあると良い。しかし、CAE やソフトウェアの貢献度を真面目に算出しなければいけない。
- ・透明性の高い指標を作るのが難しそう。
- ・企業と同じ評価となると大学研究者の役割が同質化して、それでよいのか？

これらのアンケートを基に、検討すべき内容をまとめて以下に示す。

① 必要性和意義

- ・IF に代表される研究評価とは別の視点として、“ソフトウェアの「実用化、維持、普及、体系化」に貢献した人材（特にアカデミア）の評価”によるモチベーション向上
- ・特に、国産ソフトウェアの実用化、事業化に従事するアカデミア研究者、技術者の活性化とやりがい醸成、地位向上

② 考え方、定義、算出方法

- ・客観的な指標、簡単で分かり易く定義できる内容
- ・算出方法、データ収集、獲得（他者からの引用等）のし易さ、公開性、平等性

③ 社会浸透に向けた新たな評価指標の普及展開

- ・事業として、指標や場を提供する組織や民間機関の設立
- ・大学や国立研究開発法人（以下「国研」という。）における評価制度改革
- ・指標の必要性を理解してもらうまでの継続できる活動体制
- ・学会などによる表彰制度の活性化、標準化活動の推進
- ・ソフトウェア開発系技術論文の価値向上、指標普及のための組織（新しい学会、ジャーナル創設等）
- ・論文の著者カテゴリーからの該当者抽出による寄与度算出手法の普及

④ 具体的評価法及び推進策

ア 評価のための因子の例

- (ア)開発ソフトウェアに関する技術講演、論文数
- (イ)解析事例情報データ
- (ウ)ソフトウェア製品開発、事業化への参画実績データ（自己申告）

イ モチベーション向上策

- (ア)研究論文とは違う視点での事例研究的講演、講演論文等への奨励賞的表彰制度（各学会等）
- (イ)研究者、技術者からの相互評価による表彰制度（本屋大賞やスポーツ大会の MVP のようなイメージ）

ウ データ収集のための環境

- (ア)開発ソフトウェアの事例研究公開サイトの設置（公開可能な範囲）及びデータ検索機能
- (イ)事例研究分野と思われる範囲、カテゴリーの定義と関連データ検索システムの整備

⑤ 課題

評価の考え方は、ともすると、評価指標による新たな束縛やルール等の生成など、副作用が発生して弊害になることも懸念されるため、慎重に検討すべき内容であり今後の課題と言えるが、適切な評価の考え方の構築とそれを普及する仕組みの検討は必要と思われる。また、ソフトウェア開発者が経済的に潤う仕組みとして、新たな指標がアカデミア内だけでなく、アカデミアと企業間の相互的キャリアパスを活性化する指標としても重要と思われる。

(2) 計算科学シミュレーション活用における新たなエコシステムの構築

我が国が国策として開発してきた、スーパーコンピュータ対応のアプリケーション・ソフトウェアの戦略的な維持・改良・活用推進を行う仕組みや啓発、経済的支援体制に関し、シンポジウム等の議論やアンケート、製造業との意見交換等から見えてきた、エ

コシステムにおける考慮すべき点を、以下に挙げる。

- ・ソフトウェアが高度化し汎用性が低くなると、もはや国や研究機関などでの公的資金による維持が不可欠。それへの投資に対して、利用する産学界がソフトウェア使用料や活用支援に対する対価を支払い、ある程度は回収できるサステナブルなエコシステム。エコシステムへの具体的な必要性やニーズ把握。
- ・研究開発段階からのソフトウェアベンダーとユーザーを開拓・支援
- ・ソフトウェアベンダーを排除するような仕組みは、むしろ実用化・事業化を阻害することになることが多い。
- ・公益的なソフトウェアは、国がユーザーの役割を果たす必要がある。
- ・R&D、メジャー進化を担う大学＋開発保守サービス・マイナー改良を担うソフトウェアベンダーの戦略的連携。実用化ニーズの具体的把握。
- ・様々なルートで、必要資金を呼び込む仕組み
- ・多様な人材育成（研究（大学等）、開発（ベンダー等）、活用（ユーザー等））
- ・「開発者」と「ユーザー」の間をつなぐ OSS に倣ったオープンで柔軟なコミュニティづくり

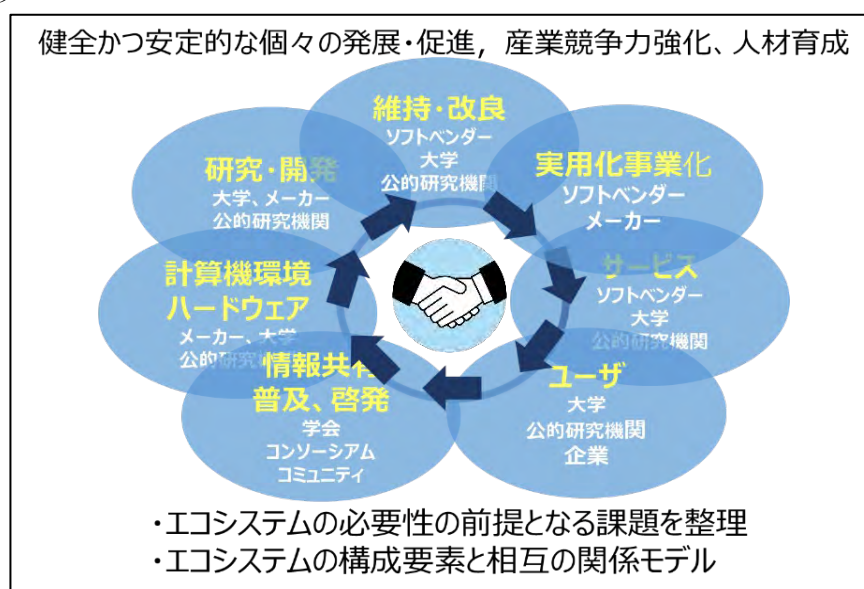


図3 エコシステムを構成するステークホルダー（佐々木（立命館大））

（出典）24 期 公開シンポジウム（第二回）

「計算科学基盤強化に向けた国産ソフトウェア実用化の課題と期待
—国プロ開発ソフトウェアの実用化・事業化における現実—
における講演スライドに小委員会が追記

例えば、エコシステムを構成するステークホルダーのイメージを図3に示す。図は、主なステークホルダーの活動間の連携を矢印で示している。例えば、研究開発を担う大学等は、開発ソフトウェアの維持改良を行うソフトウェアベンダーとの協力が必要不可欠である。また、異なる連携により生まれる成果（図の協調マークで示す）は、我々の想像以上に多様であることが期待できる。様々なステークホルダーが、上記考慮すべき点も踏まえて多様な WIN-WIN の良好な関係を築くことが大切である。そして、関係する様々な人材が育つことが、エコシステムの構築とそこでの良好な関係性形成の原動力に

なると思われる。現場起点での基本的なエコシステムモデルの例を次に示す。

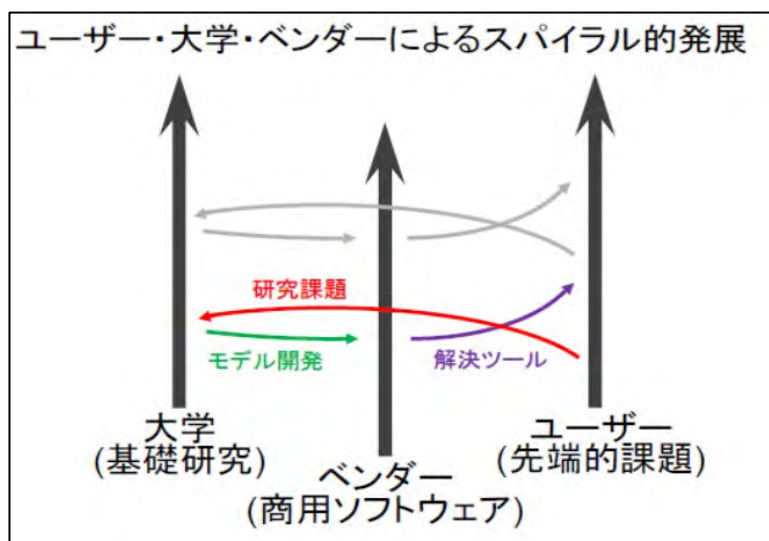


図4 エコシステムモデルの例（スパイラルモデル（越塚（東大）））

（出典）24 期 公開シンポジウム（第二回）

「計算科学基盤強化に向けた国産ソフトウェア実用化の課題と期待
—国プロ開発ソフトウェアの実用化・事業化における現実—
における講演スライド

モデルとして、図4に示すようなスパイラルモデルがある（2019 年度公開シンポジウム：東京大学 越塚誠一氏講演スライドからの抜粋）。このモデルは、ユーザー、大学、ソフトウェアベンダーから構成され、①ユーザー（企業）から先端的な難しい課題が大学側に提示され、②大学は、限定範囲でのソフトウェアプロトタイプを開発し、③ソフトウェアベンダーの協力の下で実用化、④これをユーザーが活用することでさらなるブラッシュアップの課題が提示され、⑤それを受けて大学側が改良や改善の開発を継続、という持続性を持った段階的なスパイラル構造をとりながらソフトウェアツール開発を実現する。このような先進的取組の例がすでに日本で行われている[17][18]。

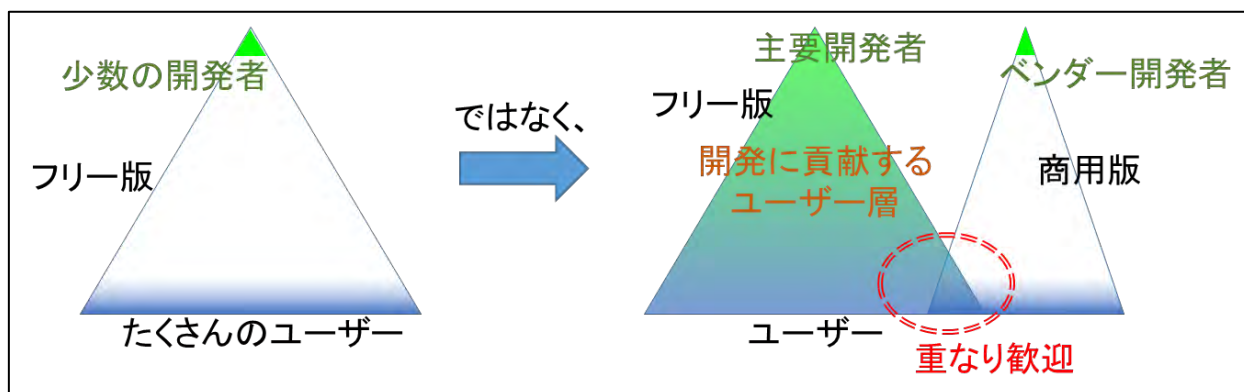


図5 エコシステムモデル例（OSS モデル（宇佐見（株）アスミス））

（出典）24 期 公開シンポジウム（第二回）

「計算科学基盤強化に向けた国産ソフトウェア実用化の課題と期待
—国プロ開発ソフトウェアの実用化・事業化における現実—
における講演スライド

別のモデルとしては、OSS を活用して、開発者とユーザーをつなぐ場を構成するモデルである。ここでは、オープンツールと商用版の重なりを歓迎し、ツールの不具合を適切に報告してくれることも、立派な貢献となり、開発に貢献するユーザーを評価する仕組みで後押しが行われる（図5：2019 年度公開シンポジウム 株式会社アスミス 宇佐見護氏講演スライドからの抜粋）。

さらに、今後の CPS 時代の AI、データ科学との連携を踏まえ、エコシステムを支える人材に必要な共通の素養のイメージを図6に示す。

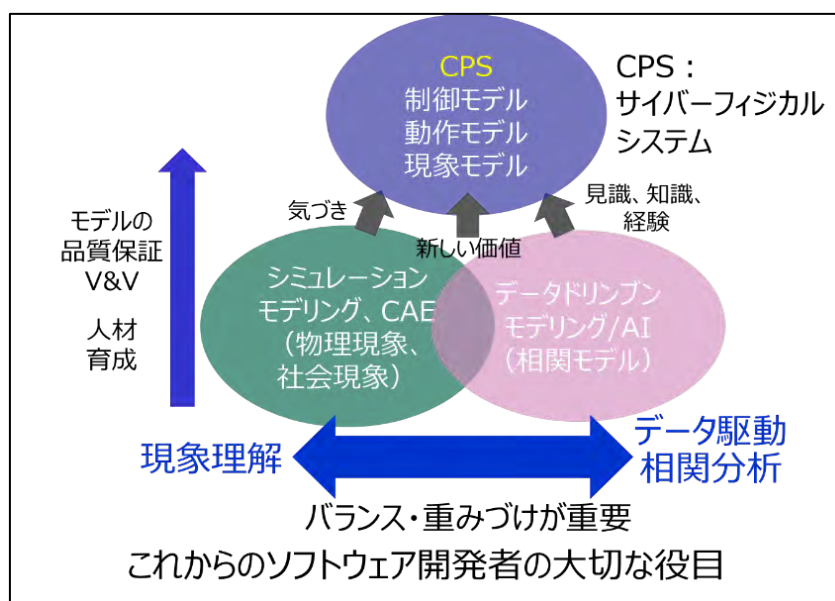


図6 エコシステムを支える人材に必要な共通の素養
（出典） 小委員会にて作成

基本的素養としては、主に図6の緑色で記載されているような、物理法則等に従うシミュレーションやモデリングを使いこなしながら様々な現象を理解する力である。しかし、現在のCPS時代におけるAI、データ科学との連携を見据えた場合、図中のピンク色で記載されている法則性は不明確だが、実際に得られたデータからの分析に基づく統計的な相関モデル等を活用するデータドリブンの考え方や手法の理解も重要となってくる。さらに、これからの難しい課題解決のためには、この2つの分野をうまく連携し、従来からのモデル品質保証V&Vの手法も活用しながら、最終的に製品やサービス等におけるCPSモデル(図中の紫色)を構築できる人材の育成がとても大切になると考えられる。

すなわち、製造業における様々な課題に直面していく中で、従来からの現象理解による解明と新たなデータ駆動、分析等とのバランス、連携を理解できる人材育成が大切であり、そのための人材育成のシステムが必要と考えられる。

以上の考察も含め、検討すべき施策案として、改めて定性的にまとめると以下のようなものが考えられる。

- ① エコシステムを構成するためのベースとしての多様な連携のあり方
 - ・ソフトウェアベンダーと大学、ユーザーの新たな連携の仕組み
 - ・既存関連学会やコンソーシアム等の連携促進の仕組み、ソフトウェア事例研究活

動を深く掘り下げて推進、扱う学会の連携、統合、NPO化

- ・オープンソフトウェア関連組織、製造業主体の業界関連団体との連携

② エコシステムドライブフォースとしての人材育成と評価システム

- ・開発元大学等における評価システムの改変、新たな表彰制度、仕組み
- ・国の技術移転支援プログラム（例えば、A-STEP）等を提案したいソフトウェア企業への獲得支援のコンサルティング機能、組織（学会等）
- ・AIや情報科学系を含むソフトウェアのインテグレーションや関連組織、異分野間連携をコーディネートできる人材育成プログラム構築
- ・課題を提案し、課題に合う計算問題を構築できる人材育成の仕組み作りと、それを促進する事例研究を通した解析品質研究分野の強化

以上の検討内容を系統的に結び、考慮することで、現在、計算科学ソフトウェアの研究、開発、活用に関係する様々な機関、組織等、現状を含めたあるべきエコシステムの具体的イメージ案を図7に示す。

これは、国産ソフトウェアの基本開発から、試行、改良、実用化、事業化、メンテナンス等のプロセスに参画する、様々なステークホルダーの関係性や情報伝達、活動目的等を詳細に示してみたものである。

新たな計算科学ソフトウェアの研究開発、実用化のプロジェクトが推進される場合、

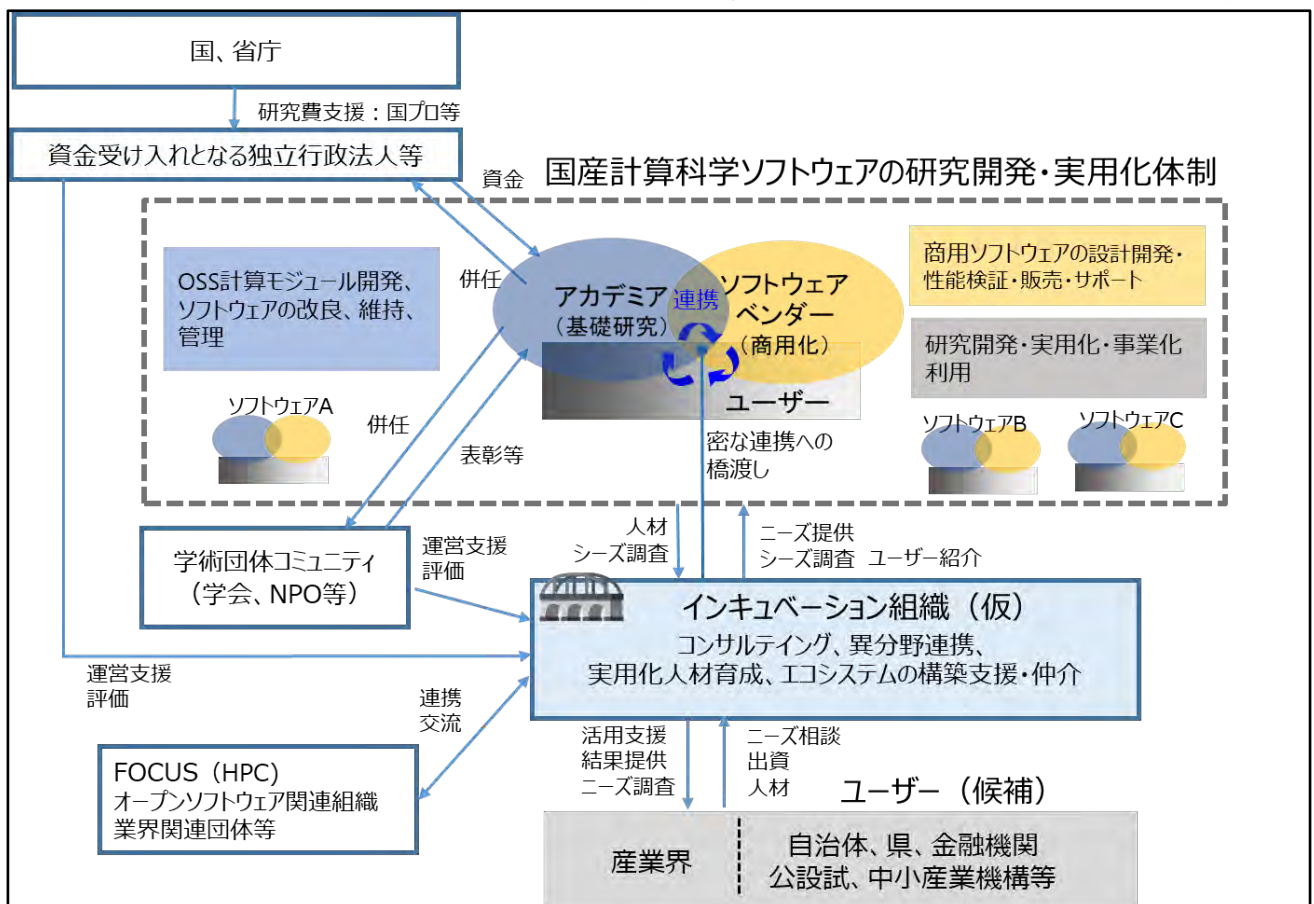


図7 あるべき国産計算科学ソフトウェア実用化・普及展開・人材育成エコシステム

（出典） 小委員会にて作成

従来どおり、国の主導するファンドとして、独立行政法人等が資金受け入れも含めとりまとめを行なう。一方、技術開発の推進母体は、主にアカデミアやソフトウェアベンダー、ユーザーの連携により構成される。アカデミアはソフトウェアの開発主体となり、プロトタイプとして基盤的ソフトウェアの計算モジュール開発やソフトウェアの改良、維持、管理等も含めた活動を担う。ソフトウェアベンダーは基盤的ソフトウェアをベースとした商用ソフトウェアの設計開発、性能検証、販売、サポートを検討する。ユーザーは連携を通じて、アカデミアやベンダー等へ基盤的ソフトウェアの試行、検証等を通して得られる問題点や改善点等を議論、提示して基盤的ソフトウェアの性能や機能向上に反映するとともに、最終的な成果としてのソフトウェア利用による研究開発、実用化、事業化を計画する。

図7では上記分担内容を色分けして示している。ソフトウェア(図中A,B,C等)ごとに構築されたこのような連携体制の中、国プロによる基盤的ソフトウェア開発、コンソーシアム等によるプロトタイプのアジャイル的な試行とフィードバックによる普及展開という従来型のプロセスだけでなく、さらに、関係組織や学会等が密に連携することで、開発ソフトウェアの品質向上や実用化、維持・管理を考慮した人材育成を推進できることが望ましい。

この中で重要な役割を担うものとして今後構築検討が必要なのが、エコシステムの全体像を理解しながら、維持管理ノウハウを含むコンサルティングや人材育成支援を行い、さらに、異分野組織や技術間の連携への橋渡しを行う、新たな“インキュベーション組織”である。

この組織の活動内容としては、例えば、以下が想定される。

- ・産業界や自治体、公設試験研究機関などの現場ニーズや技術相談の調査、分析を通じた、該当するプロジェクト等への活用課題情報のコンサルティング
- ・プロジェクトで開発したシーズ技術や活用事例情報のユーザーへの展開
- ・オープンソフトウェア関連組織、製造業主体の業界関連団体との連携
- ・プロジェクトとユーザー間の人材の交流の橋渡し、人材育成支援
- ・スパイラルモデル等のエコシステムモデルを構築する場合のサポート
- ・ソフトウェアの維持、管理ノウハウ等のコンサルティング
- ・プロジェクト成果の異分野への展開、異分野との連携促進

また、この組織を維持、運営するためには、様々な関係機関からの運営支援や客観的評価の仕組み検討も必要と思われる。

この場合、新組織設立の可能性もあるが、協力、連携可能な組織群として、実績も踏まえ、例えば、FOCUS のようなスーパーコンピュータ対応の計算科学振興財団、エンジニアリング関係学協会による連合体組織、産業技術総合研究所/理化学研究所/RIST/JST/NEDO 等の国研などの独立行政法人や一般財団法人などが考えられる。

また、産業界、あるいは企業ごとの人材育成については、個々の企業戦略が様々であることが推測され、公開情報が少なく議論は難しいが、3(2)で言及した、図4に示すス

パイラルモデルに近い先進的取組例[17][18]では、アカデミアから企業の研究者や技術者に向けた講義や、ソフトウェアのハンズオンセミナーなどが行われている。このような取組に対して、企業側から、技術者、研究者に対して、学びの機会や場への参加を積極的に与えるような施策や企業風土を継続してもらう仕掛けが必要と思われる。

図5に示すエコシステムモデル例においても、ある程度の国産ソフトウェアを企業が自由に試行を出来るような仕組みがあれば、敷居が下がり、魅力的に見えて産業界からの参画が活性化されることが期待できる。

また、図7に示した全体エコシステムにおいて、産業界にはインキュベーション組織に対してニーズ相談や出資、人材の協力、開発されたソフトウェアの積極的な利用とこれに対する対価の提供が期待される。特に、ソフトウェア開発の出口においては、協調領域としての事例研究を中心とした活用のノウハウや知恵がこの組織に蓄積されることで、中小企業も含めて様々な製造業に活用され、スパイラル的に維持発展も可能になると考えられる。

さらに、2(6)で言及した欧州のPRACEの例では、産業界との関係を重視し、産業利用セミナー等、企業が参画して意見を反映させる仕組みが出来ている[12]。また、中小企業に対して、計算機環境を活用できるプログラムの提供と、専門家によるサポート体制が整備されている[12]。国内でも産業界メンバーを中心とした協議会組織が国への提言や人材育成の活動をしている[19]。

今回提案したインキュベーション組織の仕組みや活動においては、上記に示したような、産業界への強い影響を産み出せる魅力的な活動や有用情報の提供、産業界人材への啓発、サポートを実現できることが望ましい。

以上、これまで述べてきた施策を実現する上で、今後、検討すべき内容や進め方等の案を以下に記載する。

- ① 計算科学活用に関する研究者活動を探索、抽出、評価する仕組みの開発
 - ・研究論文以外の個人活動を定量的に把握するための指標開発とデータを収集する仕組み、SNSやデータ探索技術を活用した人材評価の取組
 - ・学協会を主体とした、研究業績以外の活動に対する表彰、認定制度拡充
- ② 独立行政法人、国研、学協会と産業界との連携によるインキュベーション組織の構築と運営システム
 - ・独立行政法人、国研、学協会が柔軟に連携できる組織運営のあり方
 - ・ベンチャー企業設立支援等も含むプロモーションできる運営システム
 - ・計算科学関連ベンチャー企業への支援
 - ・計算科学活用中小企業等への支援充実
 - ・ソフトウェアベンダーと大学（開発者含む）、ユーザーのスパイラル的な連携の場提供、産業界からの積極的な場への参画啓発の仕組み作り
- ③ ①、②を試行、実用化するための新たな国主導ファンドの施策
 - ・FS（フィージビリティスタディ）検討委員会又はプロジェクトの設置
 - ・構想を検討、試行する検討委員会又はプロジェクトの設置

4 見解

「京」や「富岳」を代表とするスーパーコンピューティングの利活用に着目すると、我が国の産業競争力を飛躍的に強化するには、製造業が専用ソフトウェア（主に、国産）と汎用ソフトウェア（特に、海外製）の使い分けを行い、特徴を活かして積極的に活用することが重要である。そのために、国産ソフトウェアを製造業が気軽に活用できる環境を整えることは産業競争力強化につながる大事な施策である。

一方、大規模、高度な計算科学ソフトウェアを駆使できる企業はまだ少なく、産業分野や企業規模によって大きな差が存在している。世界的にはさらにCPS化、大規模システム化によるIT活用が盛んであり、日本が遅れを取っている状況である。また、シミュレーション環境の構築や解析技術ノウハウ蓄積にも課題が多く、シミュレーションの信頼性や結果解釈等、モノづくりとの連携が十分にできているとは言えない。さらに、先端的国産ソフトウェアの改良や機能追加等を主体的に進めていくには、開発に関わった（特に、大学や国研等アカデミア側の）人材が引き続き関わっていくことが必要であるが、アカデミア側にはこれを行う積極的なモチベーションが不足していると思われる。

本見解は、上記の背景も踏まえ、特に、国産ソフトウェア活用を中心に、計算科学ソフトウェアの現状を産業への実装を中心とした視点から俯瞰しながら、計算科学の研究成果を産業競争力強化に寄与しうる技術として発展させて裾野を広げ、AI等のデータ科学活用の進展とも呼応して、それにより計算科学基盤を強化するという好循環を実現する、人材評価も含めたエコシステムのあり方についてこれまで検討してきた。それを基に、3つの方向性を見解を提示する。

見解内容としては、多様な視点で個人を評価する（見解(1)）、個人依存を脱却するシステムを構築する（見解(2)）、見解内容を実現するための出口を見据えた戦略を考える（見解(3)）、である。

(1) 新たな視点に基づく評価の考え方（指標等）の導入検討

これからのモノづくり環境の進展の中、AIや情報科学等の技術との連携も踏まえると、今以上に多様なツール、ソフトウェアの組合せや最適化を行う技術人材育成において、システム・インテグレーションの研究開発及び競争力の源である事例研究に基づく解析品質研究やソフトウェアの改良、維持等の仕事に従事する者の役割は重要になる。それを積極的に評価する新たな連携や評価の仕組みを作ることが大切である。以下に、その考え方を示す。

- 1) AIや情報科学等との連携、今以上に多様なソフトウェアの組合せや最適化を行う人材の育成において、解析品質研究やソフトウェアの改良、維持等の仕事に従事する人材を積極的に評価、地位向上させる仕組み、社会貢献や実用化への貢献等も考慮できる新たな指標モデルや仕組み、表彰制度、情報交流の場などの整備。
- 2) 新たな指標モデルにはその弊害も含め賛否両論があり、定義や算出方法等を慎重に検討していく必要があり、今後、製造業界、学术界で検討すべき課題。

(2) 計算科学活用における多様なエコシステムの構築

今後の産業競争力を強化するための計算科学ソフトウェアの戦略的活用と実用化、維持、継続、人材育成を実現する上で、以下の要素を整備、改善、活性化しながら、多様な連携のあり方としてのエコシステム構築が必要である。

いくつかの仕組みや組織のあり方を以下に提案する。

- 1) ソフトウェアベンダーと大学（個別開発者を含む）、ユーザーのスパイラル的な連携の仕組み、国産汎用ソフトウェア、OSS と商用ソフトウェアの交流する場
- 2) 事例研究を深く掘り下げながら、各分野の関係者が有用情報を共有、活用する活動を担うための、産業界の人材も含めた、学協会連携・統合、NPO 等の組織化
- 3) ソフトウェア企業への解析人材育成支援コンサルティング機能（学協会）
- 4) パンデミック等の社会活動が困難な状況下においても計算科学活用を維持できるオンラインシステム、人材ネットワーク、成果公開の仕組み
- 5) AI や情報科学系を含むソフトウェアインテグレーションや関連組織、異分野間連携を促進、コーディネートできる人材の育成プログラム
- 6) 上記1)～5)をサポートして、ソフトウェア開発を行った研究者個人の努力にのみ頼るのではない、エコシステムのドライブフォースとなるインキュベーション組織

(3) 出口を見据えた戦略

上記(1)、(2)を推進する上での具体的な出口の戦略案を以下に示す。

- ① 計算科学活用に関する研究者活動を探索、抽出、評価する仕組みの開発
 - ・研究論文以外の個人活動及び他者との連携度合いを把握するための指標とデータ収集の仕組み、SNS 等データ探索技術を活用した新たな人材評価の取組
 - ・学協会を主体とした研究業績以外の活動に対する表彰、認定制度の拡充
- ② 独立行政法人、国研、学協会等と産業界との連携によるインキュベーション組織の構築や運営システム
 - ・関係する独立行政法人、国研、学協会が柔軟に連携できる組織運営
 - ・ベンチャー設立支援等も含むプロモーションできる運営システム
 - ・計算科学関連ベンチャー企業支援
 - ・計算科学活用中小企業等への支援充実
 - ・ソフトウェアベンダーと大学（開発者を含む）、ユーザーのスパイラル的な連携の場提供、産業界からの連携場への積極的参画促進の仕組み
- ③ ①、②を試行、実用化するための新たな国主導ファンドの施策
 - ・FS（フィージビリティスタディ）検討委員会又はプロジェクトの設置
 - ・製造業に広く普及する視点での国産汎用ソフトウェアの継続的な開発

＜用語の説明＞

A- STEP : Adaptable and Seamless Technology transfer Program

(大学・公的研究機関等で生まれた科学技術に関する研究成果を国民経済上重要な技術として実用化することで、研究成果の社会還元を目指す技術移転支援プログラム
<https://www.jst.go.jp/a-step/>)

AI: Artificial Intelligence (人工知能)

CAE: Computer Aided Engineering

(計算機シミュレーションを活用した技術開発)

COCN : Council on Competitiveness-Nippon (産業競争力懇談会)

(産業界有志により、日本の産業競争力強化のため、科学技術やイノベーション政策等を提言としてとりまとめ、実現を図る活動を行う組織)

CPS: Cyber-Physical System

(実世界 (フィジカル) にある多様なデータをセンサー等で収集し、サイバー空間でデータ分析/知識化することで、新しい価値を創出する仕組み)

FOCUS : Foundation for Computational Science

(公益財団法人計算科学振興財団の意味。スーパーコンピュータ「富岳」の産業利用を促進することを目的とする組織)

Fraunhofer : フラウンホーファー研究機構

(欧州最大の科学技術分野の応用研究機関であり、ドイツに 76 の研究所をもつ。実用的な応用研究が特徴)

FS: Feasibility Study (フィージビリティスタディ)

(物事の実現の可能性を事前に調査、検討することを意味する)

GAFA: Google、Apple、Facebook、Amazon (米国の巨大 IT 企業の総称)

HPC: High Performance Computing

(大規模で高性能な解析を可能とするスーパーコンピュータ群を活用したスーパーコンピューティング技術)

HPCI: High Performance Computing Infrastructure

(国内の大学や研究機関の計算機システムやストレージを高速ネットワークで結んだ共用計算環境基盤。全国の HPC リソースを効率的に利用でき、多様なユーザーニーズに応える研究環境を実現)

IF: Impact Factor

(特定雑誌に掲載された論文がどれくらい引用されているかを示す尺度)

IoT: Internet of Things

(あらゆるモノがインターネットでつながることを意味する)

IT : Information Technology (情報技術)

JST : 国立研究開発法人科学技術振興機構

KPI : Key Performance Indicator

(目標達成に向けた行動を評価するための指標の意味)

MVP : Most Valuable Player (最優秀者)

NEDO : 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

NPO: Nonprofit Organization

(営利を目的としない組織のこと)

OCTA: Open Computational Tool for Advanced material technology

(産学連携プロジェクトで開発された、ミクロからマクロまでを繋ぎ材料の特性や挙動をシミュレーションできるソフトウェア)

OSS: Open Source Software

(みんなが自由に使えて、改良できるソフトウェア)

RIST: 一般財団法人高度情報科学技術研究機構

R&D: Research and Development (研究開発)

SDGs: Sustainable Development Goals

(持続可能な開発目標の意味で、2015年の国連サミットで加盟国の全会一致で採択された、2030年までに持続可能でより良い世界をめざす国際目標)

SNS: Social Networking Service

(Web上で社会的ネットワークを構築可能とする仕組み、サービス)

VE: Virtual Engineering

(計算機上で仮想的にモノづくりやコトづくりを行う方法)

VR/AR: Virtual Reality/Augmented Reality

(仮想現実、拡張現実を意味し、現実の世界に仮想的な世界(計算機上)を重ね合わせる技術)

V&V: Verification and Validation

(検証と妥当性確認の意味。主に、ソフトウェア開発における信頼性の高い品質保証プロセスのこと)

アジャイル的試行:

(ミスと修正を繰り返しながらすばやく柔軟に進めるやり方)

ウォーターフォール型:

(段階ごとに開発を完了させていくやり方(ミスをせず、着実に進めるやり方。基本的に後戻りはない))

デジタルツイン:

(現実の世界から収集した、様々なデータをまるで双子であるかのように、コンピュータ上で再現する技術)

解析品質研究:

(解析プロセスにおける品質保証を実現するための研究。特にV&Vを中心とする、様々な手法やプロセスが対象。詳細例は本文中の文献[8])

<参考文献>

- [1] (一社) HPCI コンソーシアム
<https://hpci-c.jp/universal/instance.html>
- [2] 国立研究開発法人理化学研究所 計算科学研究センター
<https://www.r-ccs.riken.jp/research/highlights>
- [3] 経済産業省・厚生労働省・文部科学省、「2020 年度版ものづくり白書」第3章 第3節
<https://www.meti.go.jp/report/whitepaper/mono/2020/>
- [4] 国立研究開発法人理化学研究所、神戸大学「「富岳」を用いた COVID-19 の飛沫・エアロゾル拡散モデルシミュレーションが、2021 年ゴードン・ベル賞 COVID-19 研究特別賞受賞」理化学研究所、2021 年 11 月.
https://www.riken.jp/pr/news/2021/20211119_1/index.html
- [5] (一社) 産業競争力懇談会 (COCN)、「ものづくり強化のための計算科学モデリング&シミュレーションに関する研究会」報告書、2012 年 3 月 6 日.
<http://www.cocn.jp/report/2011/>
- [6] 日本学術会議 総合工学委員会・機械工学委員会合同計算科学シミュレーションと工学設計分科会、報告「ものづくり支援のための計算力学シミュレーションの品質保証に向けて」、平成 23 年 (2011 年) 4 月 28 日.
<https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-21-h123-2.pdf>
- [7] 日本学術会議 総合工学委員会・機械工学委員会合同計算科学シミュレーションと工学設計分科会、報告「ものづくり分野におけるスーパーコンピューティングの推進」、平成 23 年 (2011 年) 9 月 30 日.
<https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-21-h135-2.pdf>
- [8] 吉田有一郎「構造解析の品質保証と標準化への取り組み」(一社) 日本計算工学会 第 15 回計算工学講演会 (2010)
https://www.jsces.org/activity/research/hqc/data/09_QSS001_yoshida.pdf
- [9] (一社) HPCI コンソーシアム、提言「「富岳」本格運用期における計算科学技術振興の在り方について」、令和 3 年 (2021 年) 6 月 25 日.
https://www.hpci-c.jp/news/file/210629_HPCIC_teigen.pdf
- [10] INCOSE : Systems Engineering Handbook 4th Edition (システムズエンジニアリングハンドブック 第 4 版), 9 Cross-Cutting Systems Engineering Methods, 9.6 Interface Management
- [11] 中田喜史、「日本のソフトウェア産業と技術者の現状を国際的に評価する」、SEC Journal Vol.13 No.4 Mar.2018
<https://www.ipa.go.jp/archive/digital/secjournal/52.html>
- [12] スーパーコンピューティング技術産業応用協議会、「HPCシミュレーションに関する海外動向調査報【サマリー】」、2017年10月.
<https://a.msip.securewg.jp/docview/viewer/docN1BF746F482006f5b425e8e08cd52d9f7611989a65d3cab059ffb82808b3e813dbd63e31f8a85>
- [13] ケンブリッジ大学 計算材料科学の教育プログラム例_
<https://www.postgraduate.study.cam.ac.uk/courses/directory/pcphpdcms>
- [14] 経済産業省・厚生労働省・文部科学省、「2020 年度版ものづくり白書」第1章 第3節 及び正誤表

- <https://www.meti.go.jp/report/whitepaper/mono/2020/>
- [15] 文部科学省「政策評価から俯瞰するオープンサイエンス時代の研究評価の論点検討会（参考資料）」（2021）
https://www.mext.go.jp/content/20210730-mxt_kanseisk02-000017162_s6.pdf
- [16] 日本学術会議科学者委員会研究評価分科会、提言「学術の振興に寄与する研究評価を目指して－望ましい研究評価に向けた課題と展望－」、令和3年（2021年）11月25日。
<https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-25-t312-1.pdf>
- [17] 大阪大学の取組例
<http://jsol.jrl.eng.osaka-u.ac.jp/index.html>
- [18] 日本製鉄の取組例（活動概要）
<https://osaka-nsclab.sakura.ne.jp/wp/research/>
- [19] スーパーコンピューティング技術産業応用協議会
<http://www.icscp.jp/>

＜参考資料＞審議経過

平成 30 年

- 7 月 2 日 計算科学を基盤とした産業競争力強化の検討小委員会（第 1 回）
役員の選出、今後の進め方について
- 9 月 7 日 計算科学を基盤とした産業競争力強化の検討小委員会（第 2 回）
話題提供及び意見交換、シンポジウム企画
- 11 月 7 日 計算科学を基盤とした産業競争力強化の検討小委員会（第 3 回）
シンポジウム企画案審議

平成 31 年／令和元年

- 1 月 10 日 計算科学を基盤とした産業競争力強化の検討小委員会（第 4 回）
シンポジウム企画案審議
- 2 月 14 日 計算科学を基盤とした産業競争力強化の検討小委員会（第 5 回）
シンポジウム開催に向けた最終確認
- 4 月 11 日 計算科学を基盤とした産業競争力強化の検討小委員会（第 6 回）
シンポジウム開催後の意見交換、今後の活動について
- 7 月 29 日 計算科学を基盤とした産業競争力強化の検討小委員会（第 7 回）
意思の表出骨子について意見交換
- 10 月 7 日 計算科学を基盤とした産業競争力強化の検討小委員会（第 8 回）
意思の表出骨子について意見交換、次回シンポジウム企画検討
- 11 月 26 日 計算科学を基盤とした産業競争力強化の検討小委員会（第 9 回）
意思の表出提出時期、構成案の確認、シンポジウム企画案

令和元年

- 6 月 4 日 文部科学省研究振興局参事官（情報担当）付 計算科学技術推進室 坂下室
長以下 関係者との意見交換（第一回）

令和 2 年

- 2 月 7 日 計算科学を基盤とした産業競争力強化の検討小委員会（第 10 回）
シンポジウム最終準備

令和 3 年

- 3 月 30 日 計算科学を基盤とした産業競争力強化の検討小委員会（第 1 回）
役員の選出、今後の進め方について
- 6 月 30 日 計算科学を基盤とした産業競争力強化の検討小委員会（第 2 回）
意思の表出内容（案）に関する議論

令和 4 年

- 3 月 8 日 計算科学を基盤とした産業競争力強化の検討小委員会（第 3 回）
意思の表出内容（案）に関する議論、分科会での審査依頼
- 3 月 計算科学シミュレーションと工学設計分科会（メール審議）
意思の表出（見解案）「計算科学を基盤とした産業競争力強化
を推進する人材育成とエコシステムのあり方」について承認
科学的助言等対応委員会へ申出書（別紙様式 1）提出について
承認
- 6 月 13 日 文部科学省研究振興局参事官（情報担当）付 計算科学推進室

との意見交換（第二回）

6月15日 産業界の立場として、スーパーコンピューティング技術産業
応用協議会 企画委員会との意見交換

6月22日 計算科学を基盤とした産業競争力強化の検討小委員会（第4回）
見解内容（案）に関する状況説明

令和5年

7月24日 科学的助言等対応委員会承認
見解「計算科学を基盤とした産業競争力強化を推進する人材育成とエコシ
ステムのあり方」

<付録>

付録1：計算科学を基盤とした産業競争力強化に関するこれまでの提案、報告等の動向

1.1 日本学術会議における関連する過去の報告書等の概要

日本学術会議では、計算科学に関する議論として、2011年に2件の活動が報告されている。

1件目は、報告「ものづくり支援のための計算力学シミュレーションの品質保証に向けて」（平成23年（2011年）4月28日公表）[6]と題して、我が国が従来と同様あるいは従来にも増して国際的に競争力のある高機能・高品質の製品を開発してモノづくり産業の活性を維持・発展させていくためには、「計算力学シミュレーションの品質」について課題の分析を行い、この分野の学術研究に携わる研究者、製造業においてこれらの業務に携わっている技術者、及び産官学の指導的立場にある者に対し以下の提案があった。

(1) シミュレーションの品質にも様々な側面があり、学術的な視点から研究を行って解決をはかるべき課題も数多くある。研究者がこれらの課題に積極的に取り組み、課題の解決に貢献することを期待する。また関連学協会が協調してこれら研究の成果を体系化、標準化していくことが求められる。

(2) シミュレーション業務がビジネスの一環として扱われるようになってきた現在、そのビジネスの流れの中で品質保証を行う仕組みを構築していく必要がある。現在いくつかの学協会が始まっているこのような取組に対して、国際的な標準化への流れに乗り遅れないよう、国としても積極的に支援していくことが必要である。また製造業もこのような品質管理システムを作ることの重要性を理解し、早急に導入するとともに、これに必要な対価を負担すべきである。

(3) 高品質なシミュレーションを担保する最も重要な因子は人材育成の問題である。この問題は大学及び大学院教育の問題と社会人教育の問題に分けられるが、本報告の範囲で議論をするにはテーマが大きすぎる。別途この問題を取り上げて議論をする必要がある。本報告の中では計算力学技術者の認定制度について述べたが、日本機械学会で行われているこの取組をさらに発展させ、他分野も含めて国際的に通用する技術者認定制度に発展するよう国レベルでの支援が必要である。

2件目は、報告「ものづくり分野におけるスーパーコンピューティングの推進」（平成23年（2011年）9月30日公表）[7]と題し、モノづくり分野においてスーパーコンピューティングの利活用を推進し、それにより我が国の産業競争力を飛躍的に強化するとともに、スーパーコンピューティング分野において我が国が国際的優位性を維持するために、関係機関に対して以下のことを提案している。

(1) 国に関しては、「京」の開発に留まることなく、スーパーコンピュータの開発プロジェクトを今後も引き続いて牽引するとともに、我が国のハイ・パフォーマンス・

コンピューティングの基盤整備に関連して、産業利用を促進するための具体策を策定したり、共通基盤技術の研究開発拠点としても機能するような、世界有数のスーパーコンピュータセンターを国内に複数設置したりすることが重要。

(2) スーパーコンピューティングの利用効果が大きいと考えらえる分野を特定し、当該分野で必要となる基盤的アプリケーション・ソフトウェアの開発を、ソフトウェアのデファクト・スタンダード化も視野に入れて戦略的に推進することも効果的。一方、スーパーコンピューティングを活用した、モノづくりの将来ビジョンを産・学・官で議論する場を提供し、ビジョンを実現する上で必須となる要素技術開発、アプリケーション・ソフトウェア開発、及び、実証研究等に関して、三者が認識を共有できるようにすることは、関係する学協会的重要なミッションの一つである。大学等教育・研究機関では、上記のビジョンを実現する能力を有した人材育成プログラム(教育カリキュラム)を開発し、早期に実践に移すことが必要。

(3) 最後に産業界に関しては、我が国のハイ・パフォーマンス・コンピューティングの基盤整備事業や、モノづくり分野の基盤的アプリケーション・ソフトウェアの研究開発プロジェクトに積極的に関与し、スーパーコンピューティングを駆使した産業上の成功事例を早期に創出することが、モノづくり分野におけるスーパーコンピュータの利活用の推進、引いては、我が国におけるスーパーコンピューティング技術の発展に大きく寄与することを期待。

1.2 製造業における活動(産業競争力懇談会(COCON)の活動例)[5]

製造業主体の議論も行われている。産業競争力懇談会(COCON)では研究会活動として、2011年から3年間、任意団体のスーパーコンピューティング技術産業応用協議会が主体となり、「ものづくり強化のための計算科学モデリング&シミュレーションに関する研究会」[5]として産学官のメンバーで推進し、製造業のアンケート等も実施してまとめた、報告書を公開している。

以下に、その提言内容を示す。

1. 多様なシミュレーション情報と技術者をうまくつなぐための連携技術

- ・膨大な解析結果データの処理に対して、VA(ビジュアルアナリティックス)の利活用検討
- ・次世代のシミュレーション技術として、DA(データ同化)の利活用を検討すること
- ・誤差モデル開発においてスーパーコンピュータの利活用を検討すること
- ・丸め誤差や結果の表示誤差を小さくするために、精度保証付き計算・効能保証付き等の可視化技術の利活用を検討すること
- ・「つなぐ」人材育成のために、先進モデリング環境の整備やグローバル社会において、リーダーシップを発揮できる人材の人材育成プログラムの活用を検討すること

2. 小規模企業のシミュレーション技術活用活性化の『ものづくり連携システム』

国産先進シミュレーション技術を基盤シーズ技術とし、中小ものづくり企業、中小ソフトウェアベンダーや大企業、さらに大学、公設試、関係省庁からなる産学官の協

調により、中小モノづくり企業における開発のスピードアップ、低コスト化を促進する『ものづくり連携システム』なる仕組みの構築を提案。

本システムは、下記3つのフェーズから構成された、中小モノづくり企業を支援するためのシステム的な活動を促進するものとする。

- ①大学や大企業が担う『HPC技術創出フェーズ』（国産先進シミュレーションソフトウェアの開発・改良、及び関連DB構築などの周辺技術開発や、関係する大学等研究者のインセンティブケアなど）
- ②公設試などをハブとした中小モノづくり企業での『HPC技術活用フェーズ』（ソフトウェア利用環境整備、ノウハウ・技術の横展開の仕組み、人材育成など）
- ③ 中小ソフトウェアベンダーによる国産『HPCシミュレーションビジネス創出フェーズ』（国産シミュレーションソフトウェア産業及び関連市場創出・育成による自立的開発資金還流の仕組み確立、海外ソフトウェア支配からの脱却など）

以上、計算科学シミュレーションに関しては、スーパーコンピュータの進化、解析技術の進展にも関わらず、まだ様々な分野、領域におけるユーザー活用や人材育成、多様なステークホルダー（特に地方も含めた、中小中堅企業）の連携の視点で多くの課題が残されているといえる。

付録2：先端の国産ソフトウェア実用化における課題とエコシステムのあり方 (公開シンポジウムからの課題抽出)

上述してきたこれまでの問題認識において言及するように、シミュレーションツールを産業競争力強化のために有用に活用するには人材の育成とともに、開発したソフトウェアがユーザーに継続的に活用してもらうことが大切であり、最終的にはソフトウェアの実用化、事業化が必須になる。しかしながら、現実には、汎用ソフトウェアが主流であり、大きな課題になっている。ここで述べる「汎用ソフトウェア」としては主に海外ソフトウェアであり、代表的なものとして、ANSYS、COMSOL、ASPEN、ABACUS 等がある。また、国産ソフトウェアとしては、代表的なものとして、ADVENTURE Project 等が挙げられる。

ここでは、今まで述べてきた問題意識を関係者と議論するための場として、2019 年度に開催した「国産ソフトウェアの実用化、事業化に関する公開シンポジウム」における講演や討論から主な課題や施策を箇条書きに抽出した。

2.1 国家プロジェクトソフトウェアの実用化・事業化の壁となる大きな課題

- (1) ソフトウェアベンダー、ユーザー連携による、実用化・事業化の仕組みが不可欠：
 - ・ソフトウェアベンダーが商用ソフトウェアを開発し、ユーザーに提供しサポート、これまでの成功例では、必ず主体的に事業化を推進するソフトウェアベンダーがいる。
 - ・研究者には、ユーザーの開拓、サポート、ビジネスに対する姿勢は難しい。また、ユーザーがいなければ、事業化できない。
 - ・日本発で使われている商用ソフトウェアは、先端的なモノづくりと密接な関係があるものが多い。商用ソフトウェアは高価であり、ユーザー企業がそのソフトウェアを導入することに見合うメリットがなければユーザーはそのユーザー企業の中で評価されない。
 - ・一方、環境としては、国プロの知財は受託者が保持できる（バイ・ドール法）や大学発ベンチャーの仕組みがある。（技術移転機関(TLO)、ベンチャーキャピタル）
 - ・大企業内でソフトウェアを事業化するには、市場規模が問題になる。（大企業でもスピンアウトの起業あるいはソフトウェアベンダーへの委託が必要なのではないか？）
- (2) ユーザー、製造業から見た時の、使いたくなる「特徴的魅力」の実現
- (3) ビジネス上のボリューム vs 研究開発・保守・サポート体制のコスト
- (4) ソフトウェアベンダーの立ち上げ、育成、ユーザーやユーザー企業の開拓の仕組み
- (5) ソフトウェアを売るか？ 解析サービスを売るか？ Simulation As A Service (SaaS)

(6) 実用化プロセスにおける3つの壁の克服：

1) 魔の川（基礎研究→製品化）：

- ・プロジェクトによる実施：基礎理論→コアエンジン開発
- ・プロジェクトが立てばこれは大体できる

2) 死の谷（開発→事業化）：

- ・フリー版 OCTA の公開 → 商用版 J-OCTA 開発（商用化コンソーシアム）
- ・ソフトウェア公開を事業化と定義すれば、これもできる
- ・商用化を進めるためにはプロジェクトにおける準備が必要

3) ダーウィンの海（上市→生き残り）：

- ・フリー版 OCTA / J-OCTA の生き残り
- ・ユーザーサポート、事例蓄積が重要
- ・商用 / フリーが連携したコミュニティの支援

(7) 「国プロソフトウェアはタダ」という思い（込み）：

- ・共有財産として、育てたい（価値を高めたい）
- ・放置すると廃れる

(8) (フリー版) ソフトウェア完成度に対する過剰な期待：

- ・研究者の仕事は「学術論文を書くこと」であって、ソフトウェアの完成度を高めることではない。完成度向上にベンダーが手を入れると、コストが生じる

(9) サポートやコンサルティングなど、サービスに対する評価が低い

2.2 国家プロジェクトソフトウェアの戦略的な維持・改良・活用推進のためのエコシステムのあり方とその構築のための仕組み構築

(1) 研究段階のソフトウェアを実用化・事業化していくためには、ソフトウェアベンダーとユーザーを開拓・支援しなければならない

(2) ソフトウェアベンダーを排除するような仕組み、例えば、国がその役割を直接に果たそうとすることは、むしろ実用化・事業化を阻害する：

- ・産業向けのフリーソフトウェアを国が支援すること（アカデミア向けは別）
- ・ユーザーと研究者を直結すること
- ・子育てでも、親が何でも買い与えたり代わってやってあげるのではなく、子ども自身が考えて行動するように、節度を持つことも重要

(3) 公益的なソフトウェアは、国がユーザーの役割を果たす必要がある：

- ・ユーザーが国の機関に限られる場合（気象、災害など）
- ・国の機関がソフトウェアベンダーに仕事を出す

- (4) R&D、メジャー進化を担う大学 + 開発保守サービス・マイナー改良を担うソフトウェアベンダー、の戦略的連携
- (5) 様々なルート（国プロ、委託解析、コンサルテーション、ソフトウェア販売等）で、必要資金を呼び込む仕組み：
- ・国の財務は厳しい。国プロには期限がついており、何年も継続して資金を出すプロジェクトはない
 - ・製造業は、確実な成果、自社にとって役立つ成果が見込めないとお金を出さない
- (6) 多様な人材育成（研究人材（大学等）、開発人材（ソフトウェアベンダー等）、活用人材（ユーザー企業等））が同時に必要：
- ・どれが欠けても、持続可能にならない。現実には時間差が生じる
- (7) 志を持ったリーダーとメンバー：
- ・仕組みではないが大前提、リーダーと参謀を選任する仕組み
- (8) ステージにより異なるチーム編成：
- ・体制（資金）：
 - ・国プロ、ソフトウェアベンダー、フリーウェアコミュニティ（ボランティア）
 - ・人材：
 - ・理論構築、コアエンジンコーディング、コードチューニング、GUI 開発
 - ・検証研究、適用研究
 - ・普及活動、ユーザーサポート
 - ・体制の構築・運営を持続的に支援する仕組み（出来ることならワンストップで）
- (9) OSS に倣ったコミュニティづくり、「開発者」と「ユーザー」の間をつなぐ仕組み：
- ・不具合を適切に報告してくれることも、立派な貢献
 - ・貢献するユーザーを評価する仕組みで後押し
- (10) 政策、研究・教育のための予算と評価システム：
- ・研究予算配分の最適化により、（安価な）国プロソフトウェアの利用へ誘導
 - ・国プロソフトウェアを使った研究成果を（加点）評価
 - ・改良されたソフトウェアは、民間企業でも（安価に）利用できる（産業力強化）

付録3：シミュレーションソフトウェア活用に関する新たな課題

これまで計算科学シミュレーションを活用するユーザーの現在の意識や実態を把握するため、アンケートを実施した（2018 年度に日本学術会議にて開催した「AI 時代のもの・コトづくりに向けた新たな計算科学活用における課題と期待に関する公開シンポジウム」、及び 2019 年度に開催「国産ソフトウェアの実用化、事業化に関する公開シンポジウム」において実施）

3.1 アンケートの内容

これまでの2回のシンポジウムにおいて、アンケートを実施。2018 年度は会場での記述式アンケート、2019 年度はインターネットを介して、それぞれ、計算科学シミュレーション活用に関するアンケートを実施。詳細データは補足を参照。

3.2 アンケートから見えてくる課題

2回のアンケート分析により、課題を抽出し箇条書きにまとめた。

1. 製造業からみた課題
 - ・シミュレーション技術は現象理解としての手段がまだ主流
 - ・シミュレーションソフトウェアを使える人材に対して、プライオリティを置いていない
 - ・ソフトウェア開発者（時に維持管理）に対する評価が低い
 - ・開発したソフトウェアがどれくらい役立ったのかを示す指標定義が大事
2. 解析人材の主な課題
 - ・課題設定、解くべき課題に合う計算モデルが構築できない
 - ・ソフトウェアの中身を理解しようとはしない
 - ・検証、結果理解の不足
 - ・帰納的手法と演繹的手法を橋渡しできる人材を確保
3. 今後のシミュレーション活用拡大の主な機能、仕組みとして
 - ・シミュレーション情報データベース機能、処理時間短縮
 - ・事例研究に関する技術・ノウハウ交流の場、仕組み
 - ・人材育成、AI と計算科学の連携が分かる人材、AI の限界を理解できる人材
4. シミュレーションをモノづくりに浸透させる因子
 - ・経営層の理解
 - ・成功事例
 - ・資金
 - ・シミュレーション技術者
 - ・使えるツール群
5. 産業競争力に寄与できる主な因子として
 - ・多様なデータ活用
 - ・大規模な製品やシステム挙動の予測
 - ・複雑現象の解明、予測、制御
6. 国産ソフトウェアの課題
 - ・多機能化、高機能化による使いこなしの困難さ

- ・品質保証、ユーザーインターフェース

＜補足＞これまで開催したシンポジウム概要とアンケート結果

補足 1

第 24 期 公開シンポジウム（第一回）

「AI 時代のもの・コトづくりに向けた新たな計算科学活用における課題と期待」

1. 主 催：日本学術会議総合工学委員会・機械工学委員会合同計算科学シミュレーションと工学設計分科会
 2. 共 催：一般社団法人日本機械学会、一般社団法人日本応用数理学会、一般社団法人日本計算工学会、一般社団法人日本シミュレーション学会、一般社団法人可視化情報学会
 3. 協 賛：公益社団法人日本自動車技術会
 4. 日 時：平成 31 年 2 月 14 日（木）13：00～17：40
 5. 場 所：日本学術会議講堂
利用する会議室数 1、使用目的：計算科学を基盤とした産業競争力強化の検討小委員会の開催
 6. 分科会等の開催：開催予定あり
計算科学を基盤とした産業競争力強化の検討小委員会の開催
 7. 開催趣旨：
AI やデータ、情報科学との連携を視野に入れた新たなもの・コトづくりの手法として、計算科学に関するシミュレーション技術の効果的活用はサイバーフィジカルシステム（CPS）を推進する上で、重要度がこれから増々増加して行くと考えられる。
その中で、シミュレーションソフトウェアの現状を産業への実装を中心とした視点から俯瞰しながら、計算科学の研究成果を産業競争力強化に寄与しうる技術として発展させて裾野を広げ、それにより計算科学基盤を強化するという好循環を実現するため、今後解決すべき技術的・政策的課題、必要とされる人材およびその育成、ソフトウェア開発者モチベーションの向上、情報分野など他分野との連携のあり方などについて議論を行う。
 8. 次 第：
司会：大出 真知子（日本学術会議連携会員、国立研究開発法人物質・材料研究機構構造材料研究拠点主任研究員）
- 13:00-13:05 開催の挨拶
越塚 誠一（日本学術会議連携会員、東京大学工学研究科教授）

13:05-13:10 シンポジウム趣旨説明

佐々木 直哉（日本学術会議連携会員、(株) 日立製作所技師長）

テーマ1：競争力強化のための重要因子と課題の全体像：

13:10-13:35 計算科学における、AI、データ活用との連携のあり方

櫻井 鉄也（筑波大学 人工知能科学センター 教授）

13:35-14:00 AI 等データ活用時代における解析品質 V&V の考え方

吉田 有一郎（東芝インフォメーションシステムズ（株）プロフェッション
エグゼクティブ）

14:00-14:25 産業競争力に貢献する次世代スーパーコンピューティング技術の動向 I

常行 真司（東京大学大学院理学系研究科教授）

14:25-14:35 （ 休 憩 ）

14:35-15:00 産業競争力に貢献する次世代スーパーコンピューティング技術の動向 II

加藤 千幸（日本学術会議連携会員、東京大学生産技術研究所教授）

15:00-15:25 ソフトウェア利活用における現状と課題（現状のエコシステムの課題）

吉村 忍（日本学術会議第三部会員、東京大学 大学院工学研究科教授）

15:25-15:50 人材育成と評価

萩原 一郎（日本学術会議連携会員、明治大学 研究知財戦略機構特任教
授）

15:50-16:00 （ 休憩 ）

テーマ2：総合討論

16:05-17:30 計算科学シミュレーションプログラムの開発、維持、管理、普及における

産業競争力強化のためのモチベーション向上、エコシステムはどうあるべき
か？

（司会）金田千穂子（日本学術会議連携会員、(株) 富士通研究所 シニアエキスパー
ト）

討論の視点：

- ・三者の関係性の最適化；公的研究機関、ユーザー、ソフトウェア会社
- ・これから求められる人材像とその育成のための環境整備（人材交流の制度改革含む）
- ・国内のソフトウェア開発側のモチベーションの向上（インダストリアルファクタの提案）

（コメンテーター）

越塚 誠一（日本学術会議連携会員、東京大学工学研究科教授）

加藤 千幸（日本学術会議連携会員、東京大学生産技術研究所教授）

常行 真司（東京大学大学院理学系研究科教授）

吉田 有一郎（東芝インフォメーションシステムズ）

櫻井 鉄也（筑波大学 人工知能科学センター 教授）
萩原 一郎（日本学術会議連携会員、明治大学 研究知財戦略機構 特任教授）
吉村 忍（日本学術会議第三部会員、東京大学 大学院工学研究科 教授）
大富 浩一（明治大学客員研究員）

17:30-17:40 閉会の挨拶

佐々木 直哉（日本学術会議連携会員、(株)日立製作所技師長）

（下線の登壇者は、主催分科会委員）

第一回 シンポジウムアンケート概要

設問1：産業競争力強化のための視点から、大学等研究機関発のソフトウェアと汎用ソフトウェアのそれぞれの利点、問題点、期待について、日頃感じていることをお書きください。（22件の回答）

- ・多機能化・高機能化していて、初期の導入障壁がどんどん高くなっている
- ・研究機関開発のソフトウェアは物理現象や簡単な計算力学知識だけでは使いこなすのが難しいと感じます。特に、個人的ではありますが、プログラムソースへの理解と想像力とプログラミングスキルが必要になるのがハードルの高さの要因になっています。この場合、共同研究などで大学と密接にコミュニケーションがとれればよいが、共同研究が可能な企業は限られる。汎用ソフトウェアは、使用しない機能のために不要な操作や費用が発生している感じがぬぐえない。ソフトウェアを使いこなすための技術サポートが有償とはいえ存在するのは大きなポイントで、技術サポートの質はソフトウェアの先進性や品質を凌ぐ優先事項になることもあり、人材育成にもつながる重要なサービスだと思います。同じ解析対象に対して、複数のソルバー（アルゴリズム）が自由に付け替えられるようなインターフェイスツールがあると良いのではないかな。
- ・研究機関発のソフトウェアは特定ユーザー向けのため、実運用しにくい側面がある。汎用ソフトウェアは使いやすいが反面、先端的な用途に向いていない。
- ・自分の行なっている汎用ソフトの非線形構造解析による挙動分析は収束計算に時間を要し計算コストが大。大規模は並列で解決できるがこちらの高速化は10年来変わらない印象。このような計算の高速化が出来るようになると良い。
- ・大学発ソフトについて、利点はコスト／オープン性、問題点はGUI／使いやすさ、期待はソフト導入のコスト上のハードルが低いことがメリットですので、加えて構造系（FEM）や流体系ソフトの深い理解を促し裾野を広げる取り組み（アプリケーションやトレーニングの場など）があればありがたい
- ・開発ソフトは、情報がたくさんありすぎて、何を使って良いのか、品質が良いのは何かがわかりにくく、利用をためらう。汎用ソフトは、品質が安定していてサポートもはっきりしているので、予算が合えば導入・利用したい。
- ・研究機関開発：低価格（気軽に利用できる）、最新の技術が導入されていることが多い点が利点、ユーザーインターフェースが整っていないことが多いが、パッケージ化含め改善されつつあるので期待している。汎用ソフトウェア：ユーザーインターフェースとサポートが利点、価格の面で利用には障壁がある、特に企業では使用前に有用性の説明が求められ、気軽に試せない。（ペーパーコースが進んでいるので、状況が変わるかもしれない）
- ・汎用ソフト：使いやすいが、ライセンス料が高い、余分な機能がある
- ・研究機関開発ソフト：ある特定の問題は解けるが、限られた人しか使えない

- ・大学等研究機関開発のソフトウェアは汎用でない最先端の技術があったり企業研究にも必要ではあるが、ユーザビリティやあれもこれもやりたいという要望には応えられない
- ・大学は研究や基盤に非常に特化しているか、原理的なもの、大学に産学コンソーシアムを作って支援するサステナブルな仕組みが必要だが、収入が得られるかは難しい。それを特定研究を使い国を支援できるとよい！
- ・そもそもどういう産業のことを言っているのかがはっきりしない。本日の講演者も日本の産業構造の変革をお考えになっていないように思いました。
- ・汎用ソフトウェアは使い込まないうちは弱点がなかなか見えず、弱点が見えたころには費用がかさんでいることもあり、事前の検証を十分に行う必要がある。乱立するとこのような作業がかさみ新しい分野に入りづらくなるのが現状。
- ・大学の R&D とビジネス展開をどうコラボさせるか。又そのソフトが熟成するまで使われない他のグループが使って広まらない
- ・政府の政策関連のシステム企画の目的、成果、コスト、として ROI をしっかり実行すること——————公的組織のシステムはメチャクチャである。→システムの統合組織を独立させて設置する。CIO の権限も給与も低すぎる
- ・効率化について人的効率化（人員削減も）システムの ROI の評価に入れるべし！
- ・人材は日本人に限定しないで、マーケットプライスベースの条件を出して採用し、成果主義にする。
- ・いかに価値を生むか、使われるかが最重要。ユーザー側の視点を重視すべき。それでなければ、研究者個人の趣味として行えばよいと思います。
- ・研究機関のものは使ったことがないが、イメージとしてはコストは安く、使い勝手が悪い。汎用のものは高価だが、当然汎用性が高く、サポート体制も充実している。言い換えると、前者は基礎研究向け、後者は産業界向けと役割がはっきり分かれているという印象。正直なところ、製造メーカーが前者のソフトを使うメリットを理解していない。
- ・企業と大学等研究機関の共同研究はあまりうまくいかない様子。win&win の関係が築けると良いと思う。
- ・一般市民としてさまざまなシミュレーションを見るようになったが、それがどこまで基礎方程式によるものなのか？それとも基礎方程式が存在せず帰納的アプローチによる回帰式によるものなのか？さまざまなバイアスによって初期値や境界値が操作され「Policy based simulation」など期待される結果になるようにシミュレーションが行われているのではないかという不安がある。特にビッグデータや AI が導入された場合シミュレーションの検証をどのように行うのか？
- ・研究開発ソフトは共研により目的に合わせて機能を特化したものが中心。
- ・汎用ソフトは使いやすさとある程度品質が担保されている利点がある。
- ・大学開発のソフトウェア利用経験はありませんが、大学開発のソフトウェアは Q&A、教育などのサポート体制や継続的なバージョンアップ機能改善の面で少々不安を感じます。

- ・大学のソフトは、使いものにならないものが多い。

設問2：シミュレーションソフトウェア利活用のための人材育成やソフトウェア開発プロセスにおいて、課題と思われる点があれば、お書きください。

(25 件の回答)

- ・産業の受け皿が小さい部分でのソフトウェアの提供をどう考えるか。海外のメーカーに提供するのか。
- ・企業と大学の連携ハードルを下げる、接触頻度を増やしお互いのニーズ・シーズを交換することが必要では。
- ・ソフトウェアを正しく使用した上で、業務上の問題解決や価値向上に寄与することが企業内で利用する際の目的となるが、「正しく使用する」こと自体が評価に値するとは認識されていないことが多い。 規模の小さい製造業企業内では技術者育成のために多くの時間・人・費用を割くことができず、孤独になりがち。企業の保守費に対する意識も開発者、ユーザー（Sim 担当者）とは異なり、理解を得にくく、評価が低い場合が多い。パネルディスカッション時に大出様からの発言にあったように、まずは、シミュレーションの利活用に関わることの夢と希望が認知されると良いのかと思いました。
- ・社会変化に対応してソフトウェアに求められるニーズは多岐にわたると同時に流動的であるため、こうした変化に即応できる体制が必要。そのために社会ニーズに追従するのではなく予測するような取組を行わなくてはならない
- ・ソフトベンダー以外の企業の場合、シミュレーションはあくまでもものづくりのための補助手段で、最終製品から遠いので、評価が低くなりがち。
- ・汎用的な使用方法は外部有償サービスでできるが、実業務で使う応用分野は内部で教えるしかないので、リソース的に厳しい。
- ・一旦、あるソフト（特に汎用（商用）ソフト）に慣れ親しむと新しいソフトに対応しにくい。とはいえ、固定のソフト使用であれば適用範囲が狭くなってしまうので、新しい機能を導入しやすいように、ソフトの使いやすさ／トレーニングの機会があれば望ましい。
- ・シミュレーションを知らない人に説明しにくい。特に、現場でものづくりをしている人とか、年配の人々。
- ・シミュレーションソフトを使用する企業内においては、シミュレーションソフトウェアを使える人材に対して、プライオリティを置いていないのが現状だと思います。
- ・開発したソフトウェアがどれくらい役立ったのかを示す KPI の定義が大事
- ・その KPI 向上を示さないと、うれしさが伝わらず人材が増えていかない
- ・ソフトウェア開発者（時に維持管理）に対する評価が低い
- ・ソフトが高度化し汎用性が低くなると、もはや国や研究機関（国研）などでの公的資金による維持が不可欠。それへの投資に対して、利用する産学会が使用料やソフトライセンスを支払い、ある程度は回収できるサステナブルなエコシステムを国がつくるべき
- ・物理、数学の基礎教育（大学の先生の質、教育システム）

- 利用人数の多いソフトウェアは、企業内で一括して外部委託も可能だが新しい分野のソフトウェアや使い方を模索する際は個人のモチベーションや能力に頼る傾向にある。人の技術の伝承や勘どころを見出すまでの時間（＝成長）にかかる時間が不足している。
- 構造解析では材力を徹底的に教育すべし
- Real word の評価、essence を見抜く、Mesh 屋ではない
- バージョンアップがひんぱんすぎる、バグがなくなる、定番がない
- まず”システム”概念の徹底教育-----教育者がいない(理論と実践の両方分かる人)
- まず公的組織の内部及び調達につき、スタンダードをつくり、義務づける。
- 正解はないものもあるが、必ず許容なソリューションはあることを学ばせる（教育体系から変更が必要！）
- 人材育成では役割分担とそれぞれに必要な能力を整理すべき。専門性・独自性に特化した資格化も一つの方向。ソリューション提案、マネジメント能力（コーディネート）も別の一つの方向。両方必要、ひとりの人間では全部するのは無理。
- ベースとなる物理モデルの理解が不足していると思われる。モデリングの技術と分けて教育プログラムを体系化することが望ましい。
- 産業の開発プロセスでシミュレーションを利用する人材は全くブラックボックスで良いのかどうか。
- ①ビッグデータによる回帰手法や AI による深層学習の限界を知り、固有値の意味や因果関係を正しく見いだせる人材 ②AI の社会実装できる人材 a)何を人間にやらせて何を AI にやらせるのか、生きがいも考えて業務フローを考えられ、b)AI の転移学習を通じて、カスタマイズ、学習データが用意でき、c)うまくいかなかった（精度が上がらなかった）場合の責任分担やデータをどちらが用意するか切り分けられる人材
- 若手の人材交流が未だに不足している。
- 今後流動化は進む方向と思うが、企業にとっては一定数の有能な人材には定着するような工夫も必要。
- 構造解析モデルの大規模化、詳細化に伴い、解の評価の際に「木を見て森をみず」的に、おちいらないことが必要。工学的知識、センスに基づく大局的な判断力を若手に継承することが必要と感じます。
- ソフトを書いても評価されない。
- 実際の問題に対応するための能力をみにつける人材育成がしにくい。

設問3：今後、AI等のデータ駆動型の技術による予測やモデリングとこれまでの計算科学によるやり方という2つのアプローチがある中で、ソフトウェア開発や人材育成の観点で、新たな課題があるかどうか、もしございましたら、ご意見をお書きください。

(23件の回答)

- ・データの受け渡しを、両アプローチの接点とするのは、現実解として良いこと。蓄積されたベンチマークの結果や内容が、AIアプローチの側に伝わっているかどうかは、見直すべきかもしれない。
- ・両方わかって使える人材が必要になるが、どのようなキャリアで育成するか？そうなった人は企業の中でどう評価され、活躍し続けられるか？が課題。
- ・AI等の技術を使って計算科学を発展させていくことも可能なのかと、パネルディスカッション時の会場の方の指摘を聞いて気付かされました。敵対や排除することなく、AIの活況を利用して計算科学の進歩も加速すると良いなと思います。
- ・帰納的手法と演繹的手法を橋渡しできる人材を確保しなくてはならないと同時に、基礎研究、実装技術、実運用を効率的につなぐ仕組みを設ける必要がある。
- ・既存のAIツールを計算科学の中でうまく利用できる人材が必要だが、AIをかじると（あくまで現時点ではあるが）景気のいいAI分野へ人材が流れてしまうという話をよく聞く。計算科学の魅力をどう発信するか考える必要がある。
- ・AI技術、1Dシミュレーション技術とCAE技術の両方を知る技術者がいないことで、両者を駆使した技術開発や新規課題発見がうまくいかない。
- ・AI（データサイエンス）系と計算科学（CAE）系の断絶（キョリ感）、両者の交流の場があれば望ましい。
- ・2つのアプローチを理解しないと、精度とか信頼性が評価できないのでは、と思うので、人材育成大変そうに感じた。
- ・データ駆動型解析は進歩のスピードが速いので、育成スピードの問題はあるかもしれませんが。（但し、最新の技術が産業で有効かという点、そうでもないように思いますが）
- ・AI×シミュレーションというかけ合わせで成果の出せる人材が必要
- ・産学では両方使える人が少ない
- ・新たな技術の先端で陳腐化しないための仕組み、人材育成の数も日本は中米と比較し少ない。国は深刻に考えるべき。ハードでもソフトでも負ける将来への危機意識への滋養
- ・物理の本質的体験的理解、洞察アブダクションの能力、マルチサイロの足場を作らせる
- ・MITの学長から卒業生（同窓会員）へ昨年送られたレターでは「『現在もてはやされているDeep Learning AIは古い技術』であり、もっと進んだ本当の知能に近いAIをMITでは開発している」と説明している。つまり、この設問それ自体が古い発想ではないだろうか？

- これらの分野の連携が進んでいくなかで、新たな使い方、発想を共有していくことが技術者のレベルアップやモチベーション向上、人材の増加につながるのではと感じた。会社レベルでは得意な部署でのみ囲ってしまいと利用は広がらない。
- big data を予測するシステムがあれば理想ですが、実現は10年後
- これまでと異なり AI は核なみの危険性があります（数字で人知をこえるなど）そういう危険に気がついたときに一人ででもプロジェクトを止めるような精神力が必要！そういう場合にどの範囲でどうやって研究開発を止めるかというブレーキの研究がない。多様な分野に影響があるのに、哲学や法学などの文学専門家がいらない。
- →日本にはニーズ（最終ユーザーの）→官庁や産学や学者の表面的に知り得た中途半端なニーズは誤りである？→所詮、ニーズのおしつけである（B2B2C の中央 B 発である）→全世界／現場をよく経験して、ファクターが無限個有ることを知る。（雑学でもある。）やり方は（解は）複数個ある。
- AI と HPC は異なる原理（数理モデル）に基づく分野なので、それらをどうつないで活用していくか考えていく必要がある。
- 企業のニーズは両方を組み合わせる方法が求められている。別々の人材でもかまわないのでチームで発揮する学術（分科会）が必要と思った。
- 汎用のデータサイエンティスト AI を開発すれば、実際の条件パラメータと結果データがあれば（たとえその結果が誤りだったとしても）それを満たす数理モデルを回帰的手法により簡単に作れるだろう。一方で物理の基礎方程式や物理の知識、経験によるモデリングがその対極にある。実際にはその中間もあるだろう。説明責任を含めてそのバランスをどのようにとっていくのか？モデリングの検証をどうするのか？
- それぞれの得意分野、両者が融合することで価値創造につながる分野があると思う。適切な使い分けのできる人材が求められるのではないかな。
- AI はブームで終わる可能性もある。
- AI が流行っているので、上からは AI を用いろと言われがちであり、目の前の問題に本当に適しているかが二の次になってしまっていることが多い。

設問4：今回のシンポジウムにおいて、議論視点として不足している点、抜けている課題等があれば、ご意見・ご感想をお書きください。今後のシンポジウム企画などの参考にさせていただきます。（19件の回答）

- ・AI等のオープンソースモデルによる情報サーキュレーションのスピードの速さなど、取り入れられるもの、見習うべきものを考えるとよい
- ・エコシステムを意識してはいるが、どうしても研究者・大学機関からの視点よりだと感じた。このような議論に一般企業が参画するメリット・デメリットを一度洗い出してはどうでしょうか？
- ・産業競争力強化というワードには当然、自国と他国という視点がある。自国においては、予算を拡大するためのPR戦略と、どこに投資するかという2点が議論すべきである。そうした観点を他国との比較、優位、劣位性の分析をふまえて考えていかななくてはならないと思う。
- ・アカデミア、産業界など、それぞれの役割は理解されており、関係性についてもある程度は課題が認識されているのに、なぜうまくいかないのか？利害や考え方の対立なども実はあるのではないのか？未来社会全体のためという視点が希薄になっているように感じる。
- ・日本の国際競争力の低下に危機感があると見受けるが、では、欧米はどうやって競争力を獲得したのかを掘り下げて欲しい。
- ・ゲームや汎用ソフトと異なり、ソフトウェアビジネスやベンチャー化等の民営では維持できず、下手をすると海外に買収され（これまでの前例）不安定なものになる。政府の支援を第6期科技基本計画策定に向け、早急に学術会議として提示すべき
- ・Bizで成功している人材からのメッセージ、欧米企業（同分野）を相手にコンサルしている人材からのプレゼン
- ・①科学は研究者の興味に従って、どんどんと進めていただけると良いと思います。②技術は、それを産業で使う利口な人が開発するものと思います。次回は②の視点を企画されてはどうでしょうか。

利用しているユーザー側の意見が聞けるとなご良いのではないのでしょうか。特にディカッション（ソフトウェア会社と共同開催すると更に参加者が増えるのではないのでしょうか）

- ・コンピューターの熱利用→プールや地域暖房に使うと電気代は不要になるはず（311の時真っ先に止められるというのは計算技術者として悲しい。熱は全部利用できるはず。）
- ・AI暴走の危険をさけるために、自分に他者が使える自己診断機能は計算機に必要。
- ・→日本社会は何を求めているか？／ニーズは何か？という認識がない。→お金と時間をかければ技術は進む。供給は日本だけでなく、世界にあふれるほどである。ユーザー側から見た視点、いかに使ってもらおうかというスタンス。ユーザーを増やすためには、新しいユーザー（今まで計算機を使っていなかった人）の掘り起こしが鍵。

- ・自分の勉強不足もあるが、専門用語が多すぎてついていけない。説明が早すぎて理解できづらかった（部分的に）
- ・CAE、ソフトウェア開発者、技術者のモチベーションについて、海外や企業などの事例など、ポジティブな議論もあると良かった。
- ・シミュレーションの社会実装の手法
- ・AI やビッグデータの統計的手法を用いる事のリスク
- ・エンドユーザを知る SE (F, H, N, I 等を含めた) との協力
- ・なぜエンドユーザ及び F, H, N, I 等のプロバイダー会社は、CAE に関して、他社のシミュレーションソフトを使っているのか
- ・HCP のコストパフォーマンス（計算速度ではなく）
- ・AI 時代のものづくりの議論に比べて、コストづくりの議論が乏しいように感じました。
- ・中国、USA の注力する AI の適用はものよりもコトであるならば、「ものづくり×AI」の分野なら、競争優位性を確保できそうか。
- ・計算シミュレーションの結果をシミュレーションや工学の専門家以外（企業経営層、一般社会）への報告、説明した際に、いかに正しく、誤解なく分かってもらうには、どうすればよいか？
- ・「産業競争力強化」は「産業強化」とは違うはず。「競争力」となれば競争相手がいるはず。想定されているのは、日本 VS 諸外国と思われるが、日本の産業に有利になるための方策については、いかに考えるのか。
- ・大学側の意見に片寄っているように感じました。

設問5：今回のシンポジウムの議論を踏まえ、貴殿の組織において関連する具体的な事例、課題や問題点等がもしあれば、差支えない範囲で、お書きください。（18件の回答）

- ・CAEの成果を経営トップにうまくアピールしきれていない。成果の伝えにくさ。
- ・今後試作試験が減っていき、バーチャル・デジタルでのものづくりに移行するが、そのようなツール・考え方になじんでいないメンバーに対する教育・啓蒙が必要だが、体系立てたプログラムがないことが課題。
- ・人材育成や資金回収性について改めて考える良い機会になりました。弊社では、解析技術の利益貢献が少なく、解析技術不足と共に、製品開発部隊及び経営層とのコミュニケーション不全を強く認識しました。具体策は思いつきませんが、問題として認識し、取り組んでいこうと思います。
- ・非線形構造解析とFMIの連成計算の高速化
- ・社内で内製開発したシミュソフトも、開発者がいなくなると、メンテ・利用ができなくなる。企業の内製ソフトのうけ皿も、外部にあるといいなと思いました。
- ・企業内であれば「シミュレーション、AIで何ができるのか？」があまり分かっていないのが現状だと思います。（何も分からないだろう、という人と、何でもできるだろう、という人がいる状態）実際に役立てていくのが何よりも必要と思います。
- ・材料開発に計算科学が使われ始めているが、まだまだ本当の成果につながっていない・従来のCFDやFEMほど高い利益がでていない
- ・自社で抱え込むという話があったが、まさしくその通りであるが、最先端のものは外に出せないというジレンマもある
- ・資金を稼ぐにはアプリや出口を具体化し、基礎研究から離れる。またハードも変わりつつあるのでカスタム化にも資金が必要。分野として、材料、流体、災害、ライフ（ゲノム）などで、この分野は中核をなすとみている。
- ・個人事業主なので、大型の計算はできません。発明活動に使うことを考えています。CAEの結果の判断の伝承のため、AIの活用が有効ではないかと考えているが、データの残し方について、検討している。
- ・Poot Kをどう活用するか
- ・課題：プログラムの開発方法
- ・→日本で活動するということは、しがらみが多く自由に発想できていない。→思考体系や法律体系もポジティブリスト（許認下）からネガティブリストへ変えなければならない。→過去にとらわれているだけか！

材料開発の立場からは、基礎技術としてのプラットフォーム化が必要。例えば、先端計測技術では、いろいろな装置を共通で使っていく方向性が進んでいる（文科省ナノプラプロジェクト）。エンジニアを雇用してソフトウェアのメンテナンスも可能。計算機も、いろいろなソフト、アルゴリズムをプラットフォームとして網羅して、ユーザーの各課

題に対して、最適な手法を提案するコーディネート機能により、適用事例を整理が重要。計測では受託測定が一般的。シミュレーションでは費用が不明だし、最適な手法が素人にはわかりにくいので活用しにくいのが現状。

- 最適化ツールを利用しつつあるが、製品開発へのフィードバックがうまくいっていない。マルチフィジックスシミュレーションをどう使いこなすか。
- CAE のエンジニアが評価されていないこと。
- ひまな一般市民なので、いろいろなセミナーに参加しているが、①ビッグサイエンスにおいては、現場の研究者とコンピューターのシミュレーション研究者が乖離していて、目的が一致していない。現場はコンピュータシミュレーションを信用していないのであてにしないし、シミュレーション研究者は自分の研究のために研究費がとればよいという感じで、HCP 導入を進めようとしている②アンサンブル予測で複雑系の結果の平均を取る意味が不明

設問6：本日議論になったモチベーション向上施策の一つの考え方として「インダストリアルファクター（仮称）」のような指標の必要性についてご意見・ご感想をお書きください。（20件の回答）

- ・立石様のコメントに近い感想を持ちました。あまりうまく機能するようには思えない。
- ・CAE・シミュレーション技術者の地位・待遇向上に必要だと思う。取得者が学外・社外で認められ、活躍できる周囲の施策も必要。
- ・今回インダストリアルファクターという言葉は初めて聞きました。シミュレーションソフトに関わる全てのレベルの人にとって有効だと思います。できれば、シミュレーションにあまり関わっていない人にも認知されるような、スタンダードになればいいなと思います。企業内で孤独にシミュレーションに携わっている人間からは、会社の評価指標に加えてくれとは言えないため。
- ・日本として、従来路線（得意分野）でもある「すりあわせ統合技術（今回の場合は分野横断的な開発技術，人材）」を今後も重要視していくのであれば，こうした指標は有効であると考えます。
- ・インダストリアルファクターに限らず、評価指針は複数必要。
- ・産業界ではこのような評価がモチベーションにはならない。唯一バイネームで評価される特許でも、それによる恩恵はほぼ無い。その評価により給料が上がったり、さらに高給またはさらに望む分野をやらせてくれる企業に転職できる、というモチベーションが必要。
- ・いまいち「ピン」とこないのですが、評価後、それをどう利用するか、イメージできるようになりたいです。
- ・必要だとは思いましたが、定量化が難しいように感じました。
- ・トレンド志向になり、真の新しい研究が生み出しにくくなるのでは？ ソフトウェアベンダーとは異なる方向も忘れるべきではない。
- ・Try してみて、効果、解釈を通じて、P-D-Sにつなげて
- ・工業あるいはビジネスに使えるようなソフト、技術には人々は金は出します。結局は金で評価すればよいのではないか？ ビジネスに応用される前でのインダストリアルファクターは計算が難し過ぎる。
- ・評価法の明確化
- ・早すぎて分からなかった
- ・実践して、結果を見るしかない（実験室では分からないファクターが多い）スモールプロジェクトを多数走らせることを基本とすべし！（チャレンジもやらせてみる）（失敗も学習のタネ） 親や先生の教育のやり直しが必要。
- ・達成目標を明確にすることから始める
- ・企業にもあると良い。CAEやソフトウェアの貢献度をまじめに算出しなければいけない。

- 企業の場合は簡単で売れた本数と販売額と利益及びコンピューターやアンケートの評判、および世界でシェアを握っている他社製品との競合力で評価されました。ただ企業と同じ評価となると、大学研究者の役割が同質化してしまい、それはそれでよいのか？ますます企業に就職する人が増えると思う。大学はやはり自分の好きなことを自由に異なる発想で取り組めるのが魅力だと思う。
- 特に有効な指標にはならないのではないかな。
- ニーズの乏しいソフトは淘汰されるのは自然ではないかな。
- ニーズがあれば、グローバルな活躍の道もあるのではないかな。
- モチベーション向上には「評価されている」という認識が重要と思われるので、ファクター（指標）の導入は有効と考える。どんな指標が良いかは別に議論が必要
- 興味深い御提案だと思います。透明性の高い指標を作るのが難しそうですね。
- 指標を多様化する意味では良いかと思います。

その他：今回のシンポジウムに関するご意見・ご感想、計算科学シミュレーションプログラムの開発、維持、管理、普及における課題など自由にお書きください。（13 件の回答）

- ・今回のパネルディスカッションで出た意見・議論のまとめと、次のステップがどうなるかがしりたい。
- ・大変貴重なご講演、ご意見を聞くことができ、とても有意義な時間でした。ありがとうございました。今後も開催の案内などいただけると嬉しいです。また、今回発表された資料をいただくことは可能でしょうか。ご連絡いただけますようお願いいたします。
- ・開発には国から資金が提供されるが、その後育てるには長い時間かかるし、実用化されるまでにはいくつもの障害がある。この点、計算工学コミュニティだけでなく、国も、そろそろ真剣に考えるべきである。
- ・報告の資料を PDF などでも良いから公開してほしい。でないと、会社のメンバーに浸透できにくい
- ・BigData、AI といった具体性の低い浅論が政府や諸国で進む中、今日の内容をもっと政府等に共有する打ち込みをいち早くして、Moonshot などの予算を分配してもらうべき。その際は、今後の日本の強みとしての出口指向や産業構造の変革はうまく主張すべき
- ・AI が CAE の世界で実用化されるのは予想できますが、具体的には Mesh 以外は思いつきません。
- ・開発段階から自由に他者が使えて改良できて、一定時間後に商用化するときは、その他者にいくらか利益を分けるようなライセンスが必要。
- ・シミュレーション用言語の開発（分かりやすく、バグがつくりにくいもの）
- ・目的の定義／構造（課題の）が定まらなくなり、ファクターが定義できない／振れ幅が多い）こちらのほうの問題が大きくなってきている。ファクターは無限個ある。目的をはっきりさせて、期待を限定するしかない→技術はブラックボックスがますます大きくなって、信頼して使えない →人間が最も揺れ幅が大きい →今のシンボル体系では現時点の状態も表現しきれない →日本は固定的対象物がないと力を発揮できない！！更に主体者の価値観も多様化していく
- ・同日に、CAE 関連の別のシンポジウムが開催されており（お茶の水）、そちらに流れている？ 本日発表に使われた資料について、可能な範囲で提供していただきたい。難しかったが参加して良かったと感じる。
- ・勉強不足なので、今回紹介された事例などをホームページ等で調べてみたいと思う。
- ・開発段階から現場を知る SE が加わらないと、①ニーズとシーズが現場と一致しない②機能が不足している③実際の実験結果と合わない精度が上がらない④コスト（車や船を一台設計）が高い、HPC が必要になる⑤使い勝手が悪い⑥デファクトスタンダードのソフトとの互換性がないなどの問題点がわからないと思う →その他：プログラムだけでなくシミュレーション結果をデジタルデータアーカイブも公的に必要だと思います。

- ものづくりと言うと、四力学が結び付くが、電磁気、制御とつながったシミュレーションの利用機会が増えるのではないか。汎用 CAE ではすでに重心が移っているように感じる。
- ところどころ AI の話題はあるが、全体的に AI に関係ないものがほとんどなので、タイトルに“AI”を入れないで頂きたい。

補足2

第24期 公開シンポジウム（第二回） 「計算科学基盤強化に向けた国産ソフトウェア実用化の課題と期待 —国プロ開発ソフトウェアの実用化・事業化における現実—」

1. 主 催：日本学術会議総合工学委員会・機械工学委員会合同計算科学シミュレーションと工学設計分科会
2. 共 催：一般社団法人日本機械学会、一般社団法人日本応用数理学会、一般社団法人日本計算工学会、一般社団法人日本シミュレーション学会、一般社団法人可視化情報学会、日本計算数理工学会、国際計算力学連合、アジア太平洋計算力学連合、CAE 懇話会
3. 協 賛：公益社団法人日本自動車技術会
4. 日 時：令和2年2月7日（金）13：00～17：40
5. 場 所：日本学術会議講堂 外1室
使用目的：計算科学を基盤とした産業競争力強化の検討小委員会の開催
6. 分科会等の開催：開催予定あり（計算科学を基盤とした産業競争力強化の検討小委員会の開催）

7. 開催趣旨：

計算科学シミュレーションソフトウェアを産業への実装を中心とした視点から俯瞰しながら、計算科学の研究成果を産業競争力強化に寄与しうる技術として発展させて裾野を広げ、それにより日本の計算科学基盤を強化するという好循環を実現することが大切である。その手段の一つとして、「京」のHPCI 戦略プログラムから生まれたソフトウェア群を始めとする、これまでのスパコン対応国産ソフトウェア等の維持、改良、実用化、事業化の仕組み作りが重要である。

前回、第一回シンポジウムでは、実用化人材及びその育成のための評価指標、ソフトウェア開発者モチベーションの向上、等の視点で議論を展開した。今回は、その仕組みにおいて大きな課題である、開発ソフトウェアの実用化、事業化のあり方について、これまでの代表的国プロソフトウェアの事業化プロセスをご紹介いただき、計算科学ソフトウェア普及展開のためのエコシステムのあり方や、その構築のための仕組み作りについて議論を行う。

8. 次 第：

司会：大出 真知子（日本学術会議連携会員、国立研究開発法人物質・材料研究機構構造材料研究拠点主任研究員）

13:00-13:05 開催の挨拶

越塚 誠一（日本学術会議連携会員、東京大学工学研究科教授）

13:05-13:10 シンポジウム趣旨説明

佐々木 直哉（日本学術会議連携会員、(株) 日立製作所技師長）

国産ソフトウェアにおける、実用化、事業化の現状と課題

13:10-13:40 粒子法ソフトウェアの事業化、普及展開

越塚 誠一（日本学術会議連携会員、東京大学工学研究科教授）

13:40-14:10 ソフトウェア PHASE の事業化、普及展開

宇佐美 護（(株)アスムス）

14:10-14:40 ソフトウェア OCTA の事業化、普及展開

青柳 岳司（国立研究開発法人産業技術総合研究所機能材料コンピュータ
ショナルデザイン研究センター総括研究主幹）

14:40-15:10 計算科学ツール活用に関する意識調査アンケートの結果報告

佐々木 直哉（日本学術会議連携会員、(株) 日立製作所技師長）

基調講演

15:10-15:50 講演タイトル「モノづくりにおける計算科学の役割(仮)」

吉村 忍（日本学術会議第三部会員、東京大学大学院工学研究科教授）

15:50-16:00 （ 休憩 ）

総合討論

16:00-17:30

（司会）金田 千穂子（日本学術会議連携会員、(株) 富士通研究所シニアエキスパー
ト）

討論の視点：

第一回及び今回のシンポジウムで取り上げられた課題を踏まえて、国プロソフトウェアの戦力化、価値向上、実用化、普及展開のためのエコシステムのあり方について議論する。

（コメンテーター）

越塚 誠一（日本学術会議連携会員、東京大学工学研究科教授）

吉村 忍（日本学術会議第三部会員、東京大学大学院工学研究科教授）

宇佐美 護（(株)アスムス）

青柳 岳司（国立研究開発法人産業技術総合研究所機能材料コンピュータ
ショナルデザイン研究センター総括研究主幹）

17:30-17:40 閉会の挨拶

佐々木 直哉（日本学術会議連携会員、(株) 日立製作所技師長）

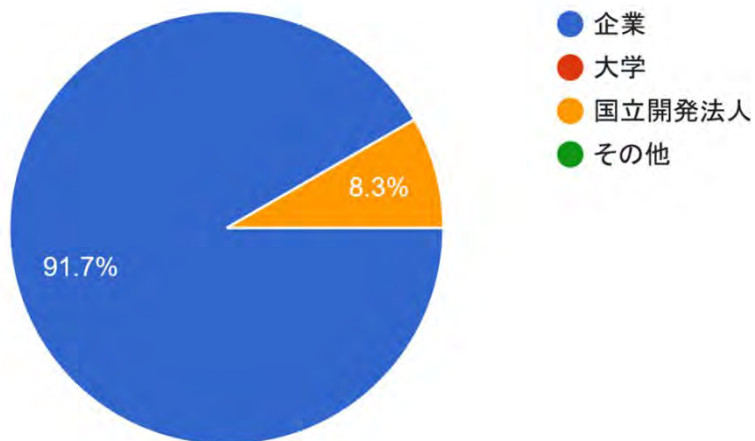
（下線の登壇者は、主催分科会委員）

第二回 シンポジウムアンケート概要

回答数 12 件

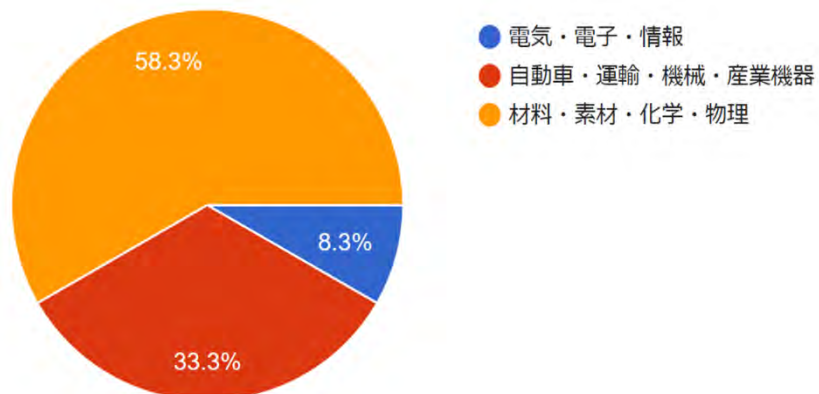
(0)あなたのご所属をお選びください。

12 件の回答

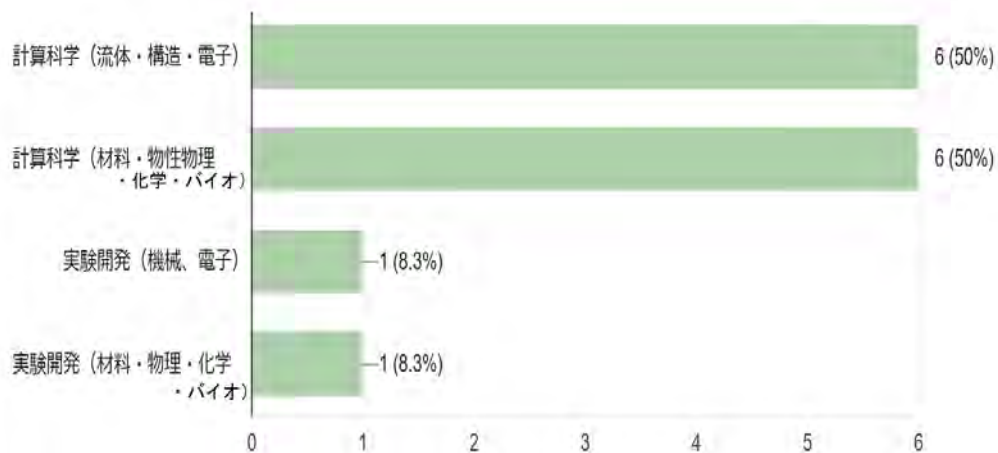


(1)専門分野で最も近いものをお選びください。

12 件の回答



(2) ご自身の専門分野について右記の分野で近いものをお選びください。
(複数回答可)

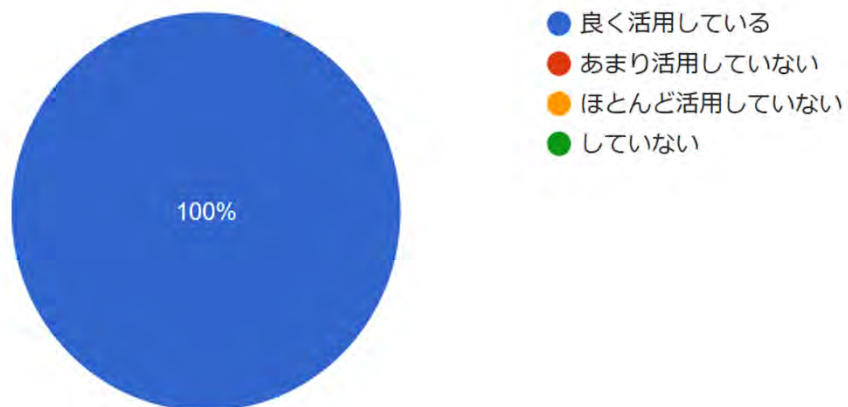


(3) あなた御自身は、どのようにシミュレーション技術を利用されていますか。(複数回答可)

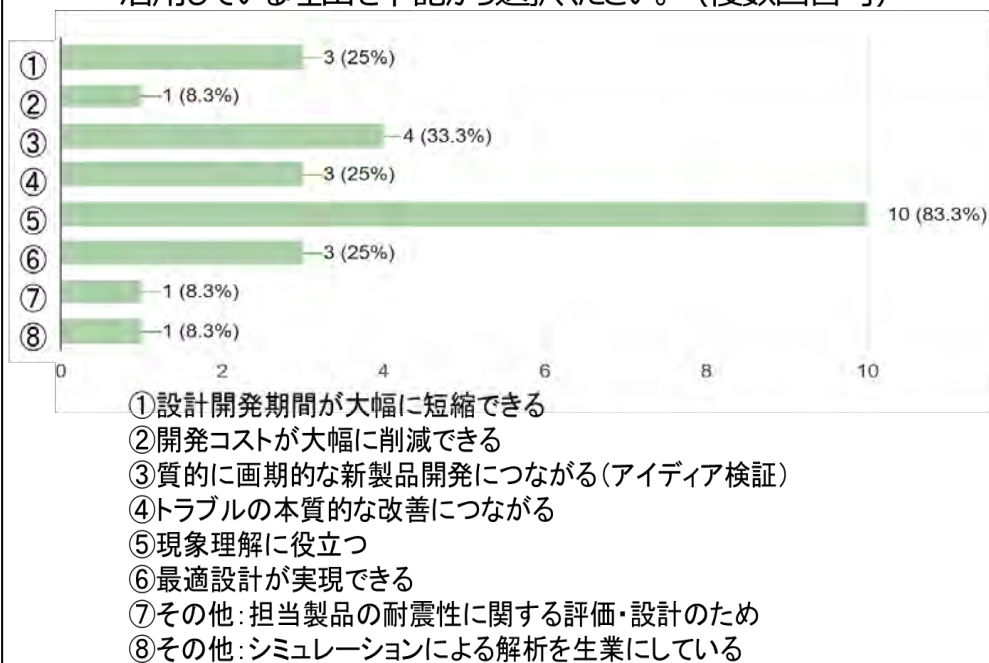


- ① 自身でシミュレーションソフトを自作し、さらに商用ソフトも導入し、自身でこれらを用い業務を行っている。
- ② シミュレーションは商用ソフトのみを用いているが、自身でこれを用い業務を行っている。
- ③ シミュレーション業務は、“社内”の担当者または担当部門に依頼しており、自身ではシミュレーションは行わない。
- ④ シミュレーション業務は、“社外”の専門業者に外注しており、自身ではシミュレーションは行わない。
- ⑤ 現在、自身の業務は、シミュレーション技術とは関わりが無いが、将来何らかの形で導入したいと考えている。

(4) あなたはシミュレーション技術を活用していますか。

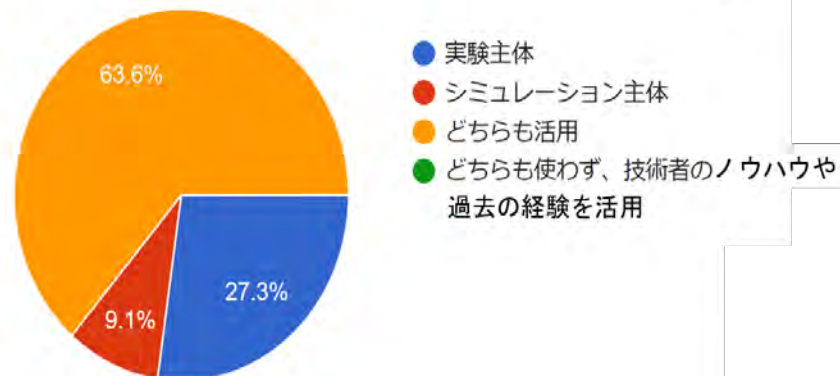


(5) よく活用していると回答した方で、実際に現場でシミュレーションをよく活用している理由を下記から選択ください。(複数回答可)

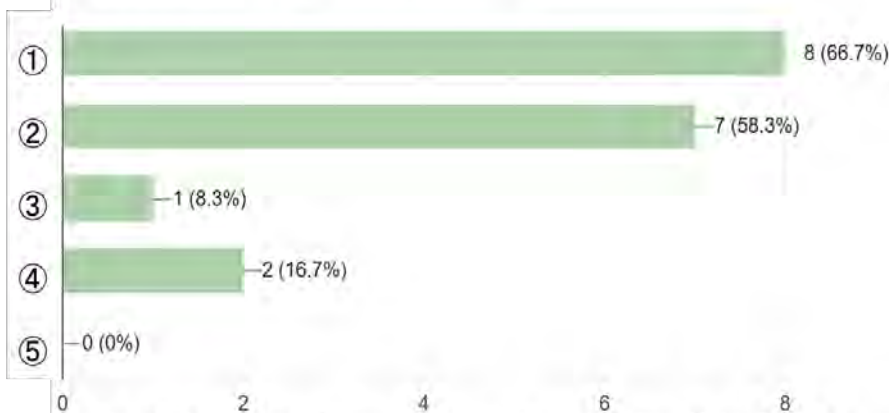


(6)製品開発(ものづくり)における主な活用技術は何でしょうか。

11 件の回答

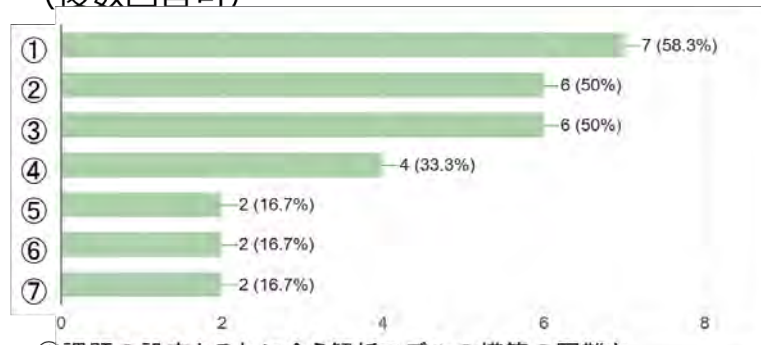


(7) シミュレーション技術を利用されている場合、どのような分野で利用されていますか。(複数回答可)



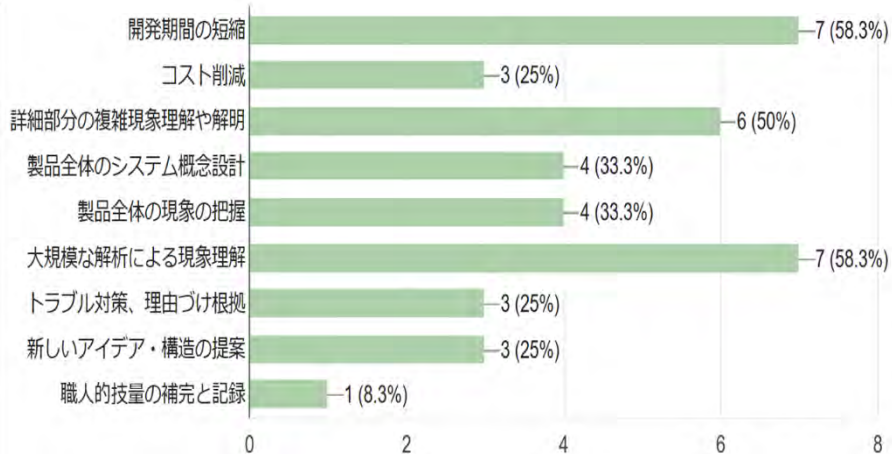
- ①材料開発・設計(金属, セラミックス, 半導体, 高分子など)
- ②機器開発・設計(自動車, 家電, 電子機器, 産業機械など)
- ③土木建築分野での開発・設計
- ④プロセス開発・設計
- ⑤環境分野での解析(粉塵, 臭気, 騒音等)

(8) シミュレーションを設計・製造に活用する時の問題点は何ですか。
(複数回答可)

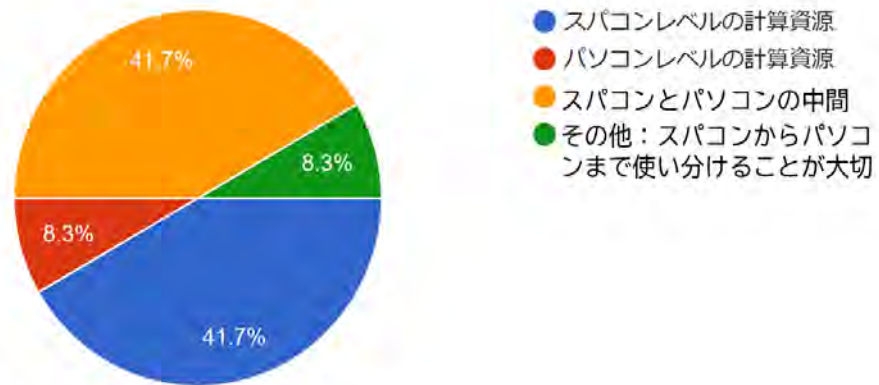


- ① 課題の設定とそれに合う解析モデルの構築の困難さ
- ② シミュレーションモデルの作成(効率的)
- ③ シミュレーションモデルの精度不足
- ④ シミュレーションモデルの検証不足
- ⑤ シミュレーションモデルのパラメータの組合せ論的増大
- ⑥ シミュレーション結果の解釈ができない
- ⑦ シミュレーションはできたが、そこから良いアイデア・改良点が発想できない

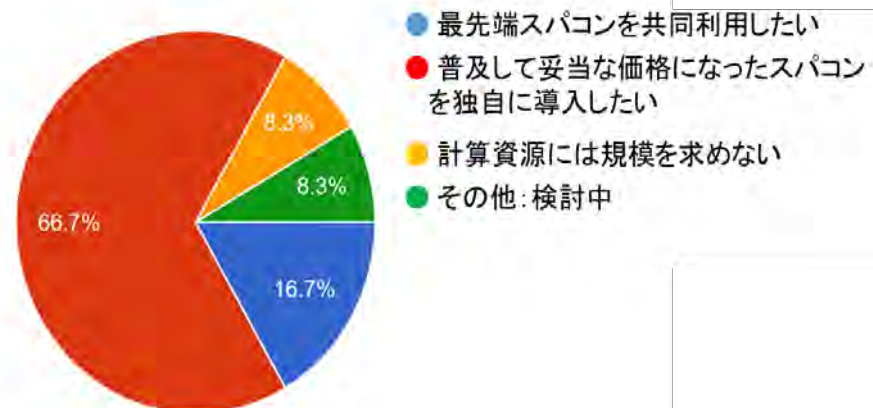
(9) 実際のものづくりで、現在はまだ十分ではないが、今後、シミュレーションに期待するところは何ですか。(複数回答可)



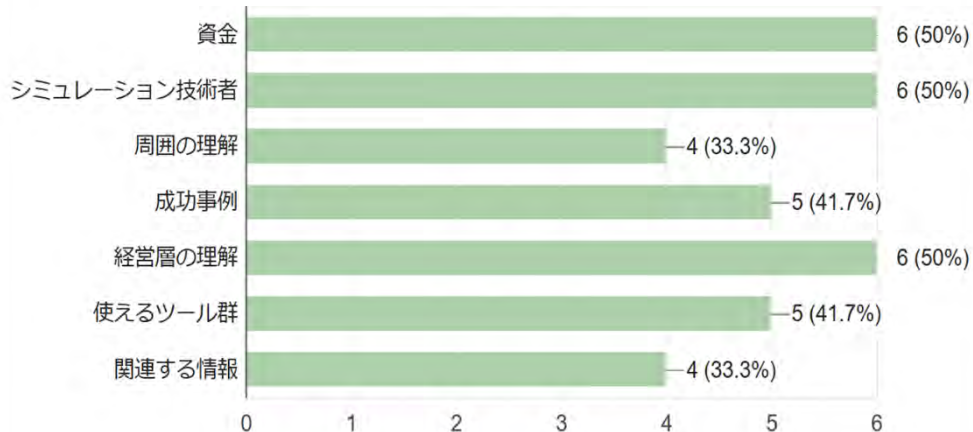
(10) 計算機資源についてどのような資源が必要とお考えですか。



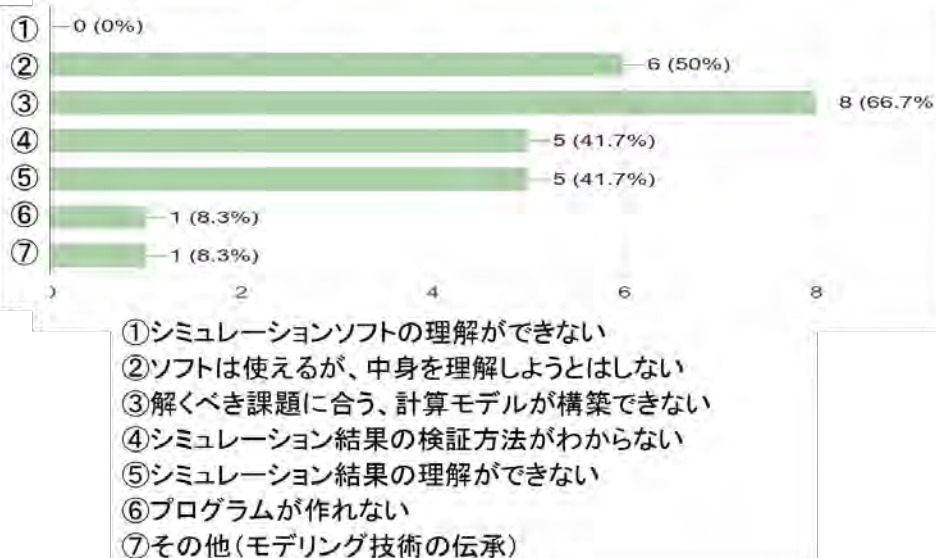
(11) 今後の計算資源についての予見をお聞かせください。



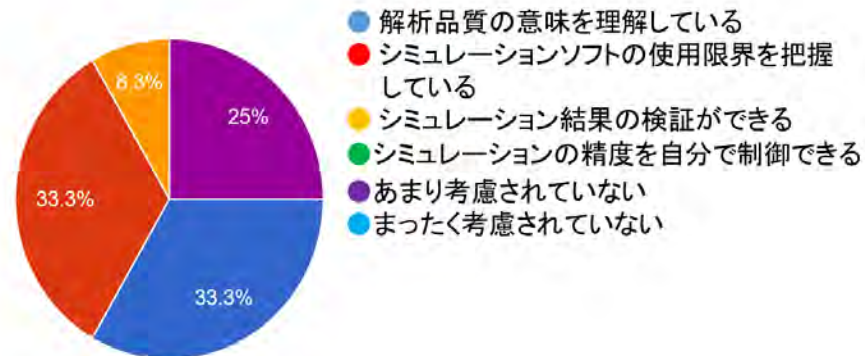
(12) シミュレーション（解析）をものづくりに浸透させるために、
今必要としている資源は何ですか（複数回答可）



(13) シミュレーション人材育成の問題点は何とお考えでしょうか。
(複数回答可)



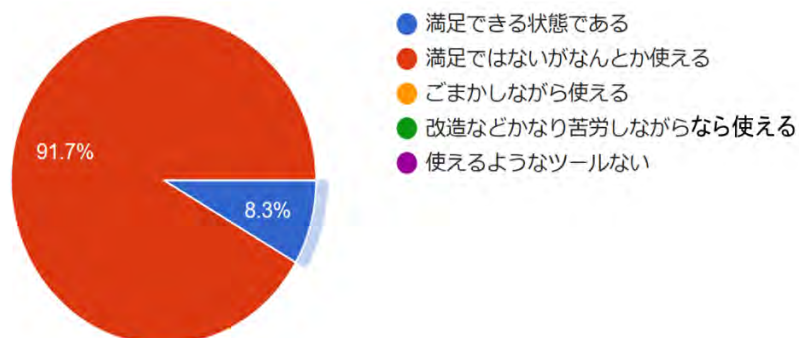
(14)解析品質V&V(解析モデルの妥当性、実験との比較検証)はどの程度理解されていますでしょうか。



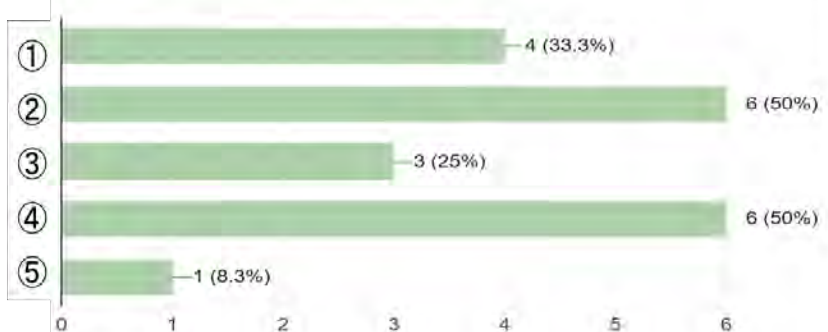
(15) 今後、さらにシミュレーションの活用を拡大するにはどういった機能・技術・仕組みが重要とお考えでしょうか。(複数回答可)



(16) 現存するシミュレーションツールについて、その満足度はいかがでしょう。



(17) シミュレーションに関する産学連携はどうすべきとお考えでしょう。(複数回答可)

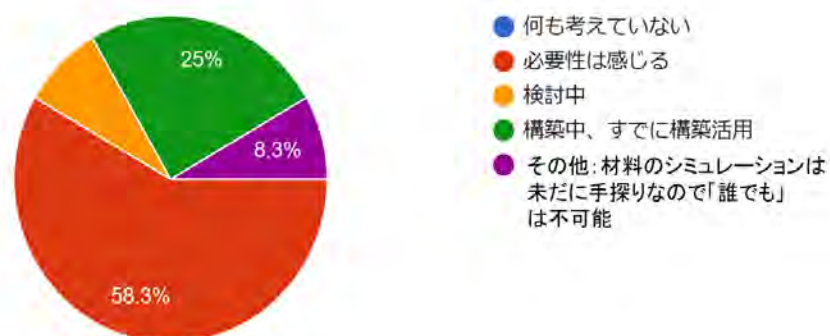


- ①シミュレーション経験のある学生を供給すべき
- ②シミュレーション担当者の社会人教育
- ③アカデミアで作成した解析ソフトの導入に期待
- ④共同研究で高レベルのシミュレーションをアカデミアで実施
- ⑤その他(産業界の要請が多いシミュレーションをできるようにすること)

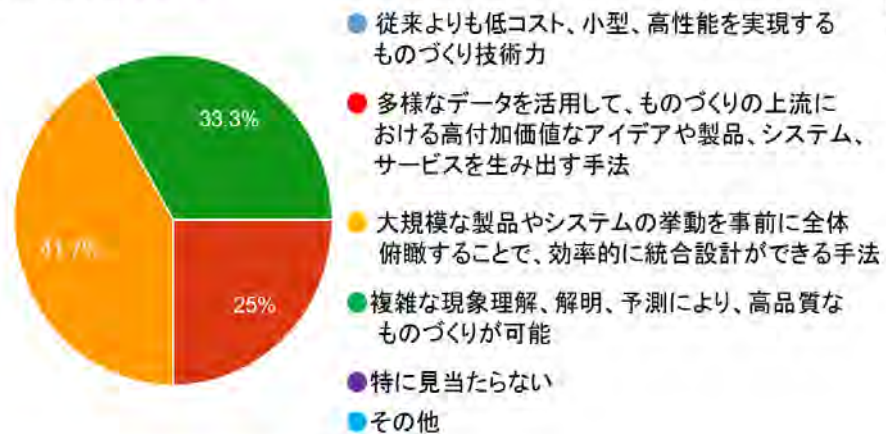
(18) シミュレーション結果やシミュレーションモデル等の蓄積データを有効に活用されておられますでしょうか。



(19) 誰でも活用できるシミュレーション情報（解析結果やノウハウ、DB）のプラットフォームは必要ですか。



(20) 日本の産業競争力強化のために、計算科学、シミュレーション技術等を活用することは重要だと思いますが、特にシミュレーションを駆使することで、今後競争力向上への寄与が期待できる因子は何と考えられますか？



概要

- 1) 産業界からみて、現象理解の手段がまだ効果として主流
- 2) 人材の主な課題として、
 - ・課題設定、解くべき課題に合う計算モデルが構築できない
 - ・ソフト中身を理解しようとはしない、検証・結果理解不足
- 3) 今後のシミュレーション活用拡大の主な機能、仕組みとして
 - ・シミュレーション情報データベース機能、処理時間短縮
 - ・事例研究に関する技術・ノウハウ交流の場、仕組み
 - ・人材育成
- 4) シミュレーションをものづくりに浸透させる因子は多様あり
- 5) 産業競争力に寄与できる主な因子として、
 - ・多様なデータ活用
 - ・大規模な製品やシステム挙動の予測
 - ・複雑現象の解明、予測、制御