

産業界におけるCAE/計算工学活用状況調査からの一考察

A Study from the Questionnaire on CAE/Computational Engineering Utilization in Industry

佐々木 直哉¹⁾²⁾, 徳永 仁史³⁾, 澤田 有弘⁴⁾
Naoya SASAKI, Hitoshi TOKUNAGA, Tomohiro SAWADA

- 1)博（工）立命館大学総合科学技術研究機構（〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 sasakin@fc.ritsumei.ac.jp）
- 2)博（工）産業技術総合研究所（〒305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央 2 群 na.sasaki@aist.go.jp）
- 3)博（工）産業技術総合研究所（〒305-8564 茨城県つくば市並木 1-2-1 中央東 tokunaga.h@aist.go.jp）
- 4)博（科）産業技術総合研究所（〒305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央 2 群 tomohiro-sawada@aist.go.jp）

The Japan Society for Computational Engineering and Science (JSCES) has held 13 symposiums on CAE and computational engineering at public experimental and research institutions from the viewpoint of community-based CAE utilization, the latest status of collaboration with small and medium-sized companies, and information exchange and discussion through technical lectures from companies and universities. In addition, a new study group has been established to take its activities one step further.

This presentation will introduce the latest status of their activities and report on issues, findings, and discussion of future directions obtained from the summary of a CAE utilization survey conducted by the study group at the time of the symposium, which was mainly targeted at industry.

Key Words : CAE, Simulation, Public Testing and Research Institutes, Utilization survey

1. はじめに

現在、CAE、計算工学や計算科学に関するシミュレーション技術の大規模化、高度化が進展している。しかし、分野に違いはあるが、有用な活用ができる企業はまだ少なく、特に、地域の中小中堅企業では十分普及しているとは言えない。これを解決する手段の一つとして、人材育成やその環境、連携の新たな視点が必要と思われる。

（一社）日本計算工学会においては、特に地域密着のCAE活用という視点で、各地域、地方における企業の相談相手である公設試験研究機関（以下、公設試と略す）のCAEや計算工学活用、中小中堅企業との連携に関する最新状況、企業や大学、国研等からの技術講演などを通じた情報交換、議論を行う場として、公設試シンポジウムをこれまで開催してきた。さらに、新たな研究会を立ち上げ、従来よりも一歩進んだ活動を進めている。

本論文では、シンポジウム開催時に研究会アンケートWGを中心として新たに実施した、主に産業界を主体としたCAE活用状況アンケートの概要と、そこから得られる課題や知見、今後の方向性に関する考察を報告する。

2. 公設試シンポジウムの経緯

本シンポジウムは、各地域の企業と密接に連携し、実験や計測技術のみならず CAE 技術に対しても趣向を凝らした支援、普及事業を展開している公設試から、「各地域の産業」と「地域に根差した CAE 関連事業、研究開発支援」等を紹介頂き、さらに、関連して、公財や国研、企業、大学等からの講演も行い、CAE に対するニーズ、動向、実践的な方法論、CAE 特有の課題や工夫を共有すると共に、今と今後のモノづくりにおいて取り組むべき課題を議論す

るものである。

この活動は 2013 年から始まり、これまで延べ 13 回の開催を行い[1,2]、最近では AI、IoT、DX などにも話題を広げてきた。

2.1 第 13 回公設試シンポジウムの概要 [1]

ここでは、2024 年 11 月に鳥取で開催された第 13 回シンポジウムの概要を紹介する。

今回は、日本計算工学会における地域密着型 CAE/CAX 研究会[2]の地域・地方での開催への挑戦も兼ねて、「CAX/地域密着型 CAE とは何か―一人の経験を活かし、対話を科学・促進する新たな取り組みへ―」と題して、米子コンベンションセンター及び鳥取県産業技術研究センターで 2 日間のハイブリッド開催を行った。

参加登録者数は、ステークホルダーの 4 分類としても のづくり企業 90 名、CAE・CAX 関連企業 38 名、併せて民間企業 128 名、その他、公設試・公益財団法人・国立研究所等 79 名、大学等の教育機関 18 名で計 225 名となり、

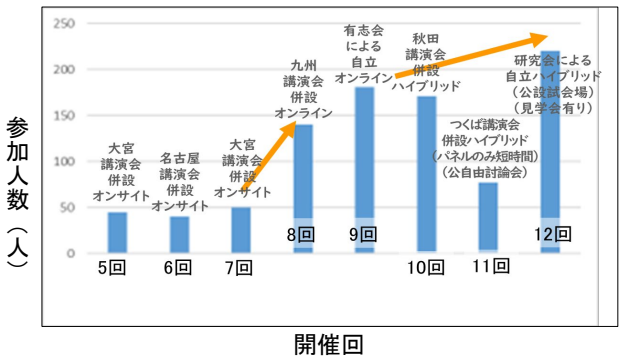


図 1 シンポジウムにおける参加者数の推移

昨年の研究会発足記念を兼ねていた第 12 回の東京開催（図 1）の 219 名を上回り、過去最高となった。

2.2 地域密着型 CAE/CAX 研究会 [2]

公設試シンポジウムと同様に産学官のメンバーが主体となり、全国的ネットワークの活動を推進する土台として、新たに、地域密着型 CAE/CAX 研究会が発足した。研究会ではオープン活動とクローズド活動の両方を行っている。「オープン寄り活動」としては、例えばこれまでの公設試シンポジウムの取り組みを基に新たなシンポジウム形態や必要なセミナーなど、中小中堅企業を含む様々なステークホルダーが共に発展することに繋がる活動を進めている。「クローズド寄り活動」はまだ十分ではないが、例えば企業や公設試・大学のみなどの限られた研究会メンバー間でのテーマを決めた技術交流や切磋琢磨に繋がる活動を順次企画し、推進していく予定である。

3. CAE活用状況アンケートの概要

研究会において、設問内容等の吟味、議論を行い、50問の設問を設定した。回答いただいた組織の規模としては、100人～1000人以上と幅広く、約40名の回答があった。各県から広く回答があり、企業回答が7割強であった。以下、概要を示す。なお、各図の横軸は回答数を示す。

（1）CAE有効活用の要因

設問内容は、“「よく活用している」「活用している」と回答した方で、活用ができて一番の要因は何ですか。（複数回答可）”。

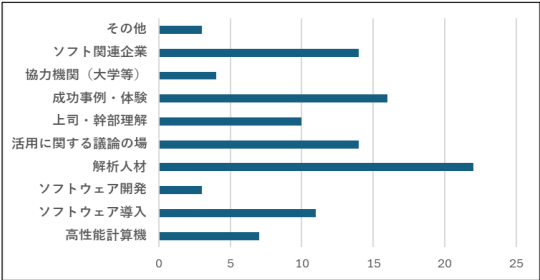


図 2 有効活用の要因

一番大切なのは、やはり、人材育成であり、ソフトベンダーからの支援や成功事例、体験、関係者との議論や対話の場は、人材という共通項視点で重要な要因と言える。

（2）CAE活用頻度の変化

設問内容は、“「よく活用している」「活用している」と回答した方で、5 年前に比べ活用度合いは増えたか。”

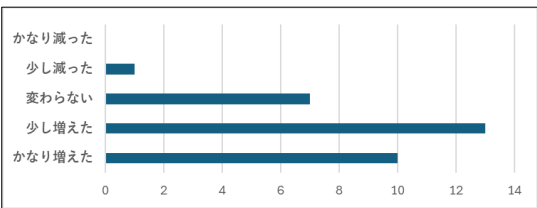


図 3 活用頻度の変化

5年前と比較すると、明らかにCAEの活用度合いが増加していることがわかる。

（3）CAEの製品開発への寄与度

設問内容は、“ご所属組織において、CAE、シミュレーション技術の製品開発への寄与度を考えた場合、その程度はおおよそいくらですか？”。ここで寄与度の定義は、製品成果に対するCAE、シミュレーションの貢献度合い/全技術貢献[=100%]とする。

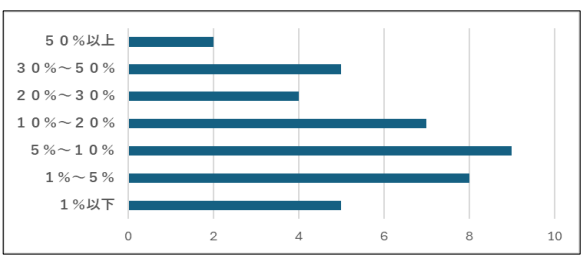


図 4 製品への寄与度

この調査データからは、想像以上に寄与の度合いが高いことが確認できる。従来はなかなか見えにくい項目であるが、これは、明らかにCAE技術が企業にとって必要不可欠なものであると言える。

（4）組織における認知

設問内容は、“どういう時にCAE、シミュレーションが役に立つ、所属組織や幹部に認められると感じますか？（複数回答可）”。

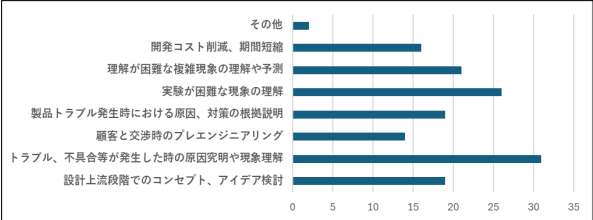


図 5 組織内における認知度

事後的なトラブルや不具合対策への寄与という緊急性が高い課題に対しての貢献が認知され易いことがわかる。設計上流段階でのコンセプト提案等にもある程度の割合で寄与ができていていると考えられる。

（5）CAE結果の妥当性判断

設問内容は、“ご所属組織において、CAE、シミュレーション結果の妥当性を判断する基準、仕組みは何ですか？（複数回答可）”。

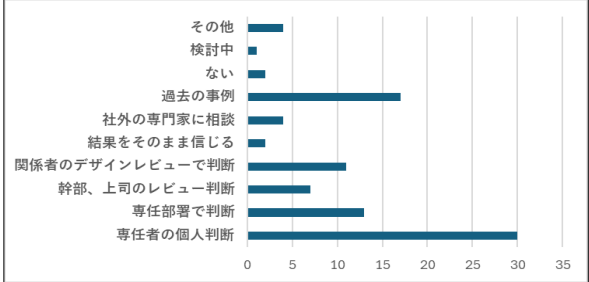


図 6 妥当性判断の主体

CAE専任者個人主体の判断が多いということは、大きな課題と言える。V&V的な仕組み作りが今後必要である。

(6) CAEの有用性向上

設問内容は、“CAE、シミュレーションの有用性について疑問がある場合、それを改善するために必要と思われる施策として、適切なものはどれですか？(複数回答可)”。

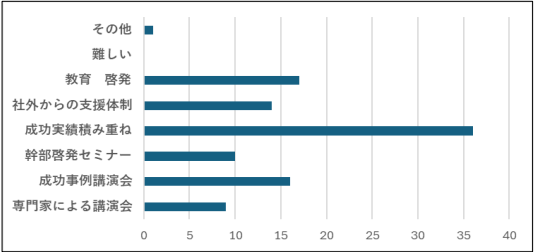


図 7 有用性向上の施策

成功事例の積み重ねが重要ということであり、CAE普及のカギは多くの失敗も含めて、粘り強い活動と人材育成がリンクする仕組み作りが大切と言える。

(7) CAE活用の課題、問題点

設問内容は、“CAE、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)”。

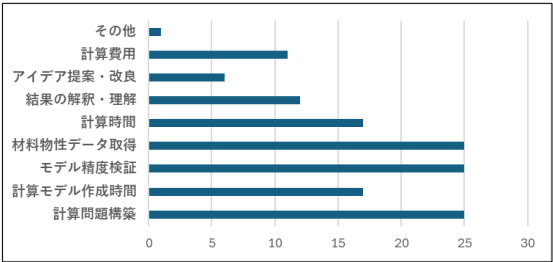


図 8 活用の課題

問題点は様々あり、特に適切な計算問題構築は重要と思われる。計算工学にとって大切な解析結果解釈や理解、アイデア提案等の回答が少ないのは気になる点である。

4. アンケート結果からの傾向分析

50問のQ&Aから、いくつかの傾向が見えてくる。以下、主な傾向を箇条書きにまとめた。

- 1) 昔（5年前）と比較すると、明らかにCAE技術の活用は産業界で増加している。さらに、製品開発等のプロセスにおけるCAE技術の認知度合いもそれなりにあることが確認され、さらなる貢献が期待できる。
- 2) 一方、CAEの解析結果妥当性を判断する主体がまだ担当者個人に任されているという現状が見える。解析品質向上等を考慮すれば、関係者間のデザインレビュー等の仕組みが必要と思われるが、中小企業等では人材不足であり、現実的に対応が難しいことが推察される。
- 3) 企業において、CAE活用の成果が認知され易いのは、トラブル対策や原因究明である。これは企業にとっては重要な貢献であるが、可能であれば、製品コンセプト提案等にも貢献できるような活動の工夫が課題である。

5. CAE活用の技術成熟度（Technology readiness level (TRL)）という考え方の可能性

新たな試みとして、アンケートの質問項目に、回答者が所属する組織のCAE活用状況を10のレベルに分けた設問（図9）を盛り込み、分析を実施した（図10）。狙いとしては、このレベルをいわゆるCAE活用の技術成熟度（TRL）とみなし、各企業における現時点の活用レベル把握と次のどのレベルへ向かうべきか等、施策を検討する指標になるのではないかと定義を試行してみた。TRLという考え方は様々な技術分野ですでに活用されている [3]。

TRLを共有することで、データ比較を通して客観的に自社のレベルに気づき、課題を認識し、CAE活用への関心や意欲等を持ってもらうきっかけになればと考えている。

回答分布（図10）を見ると、低いレベルの記述にはまだ課題が多いと思われるが、レベルに応じ適度な分布に近いものになっており、内容を検討していく予定である。

CAE 活用技術成熟度 TRL の記述内容(案)	
Level1:	CAE/シミュレーションという技術分野の必要性を認識、技術導入機材は未着手
Level2:	CAE/ツール/技術に関して、関連するセミナーや学会等で調査分析、必要性を確認中
Level3:	技術導入の検討開始、必要性・応用範囲・費用等の明確化プロセスを始動中
Level4:	CAE/ツール(ソフトウェア)、計算機等を味見として試行錯誤で試行中、ツール未納入
Level5:	CAE/ツール/計算機等を正式導入して活用開始、技術検証、プロトタイプで試行中
Level6:	実製品に活用、技術成立性、成果の確認、実験・実データとの比較検証、人材確保
Level7:	適用範囲や解析規模拡大、計算機性能向上、ソフトウェアの充実、専門職職化
Level8:	CAE/設計システム(データの蓄積、活用)の構築と活用、V&V試行、教育体制構築
Level9:	CAE/シミュレーション活用の定型的デザインレビュー(V&V含む)の仕組み構築
Level10:	AI、デザイン技術等との連携した設計システム構築(最終到達地点ではない)

図 9 TRL レベルの定義内容

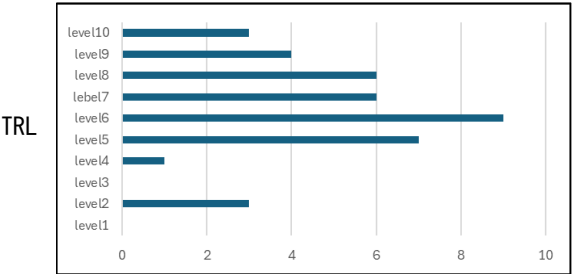


図 10 TRL レベルの回答分布

6. 考察

CAE活用における技術成熟度（TRL）に見られるような各レベルのCAE技術利用体制は各組織の運営方針、個人意識、評価システム等に基づく様々な背景のもと、暗黙知的に形作られていると予想できる。したがって、本質的な課題を分析して向上策を検討するには、顕在的な見方だけでなく潜在的な要因や因子等の考察が大切と考えられる。

本研究では、技術成熟度（TRL）といくつかの設問の回答結果との関係性、相関性を調べてみた。

(1) 製品開発へのCAE技術の寄与度とTRLの関係性

ここで、寄与度を改めて説明する。第3章の図4に示しているように、「CAE、シミュレーション技術の製品開発への寄与度」を、製品成果に対するCAE、シミュレーションの貢献度合い/全技術貢献[=100%]として新たに定義したものである。製品開発は総合的なプロセスであり、特定

の技術や仕事の成果への寄与は定量的に算出が困難であるため、今回は、あくまでも回答者個人の認識ではあるが、寄与度を一つの定性的な指標と考えてみた。

図11には、横軸に図9で示した各TRLのレベル番号、縦軸には寄与度を示し、関係性を散布図のバブルチャートで作成した。ここで、円の半径の大きさはアンケートの回答数に相当する。

縦軸の番号は以下に示す寄与度に対応している。

- [1] 1%以下, [2] 1~5%, [3] 5~10%, [4] 10~20%
[5] 20~30%, [6] 30~50%, [7] 50%以上

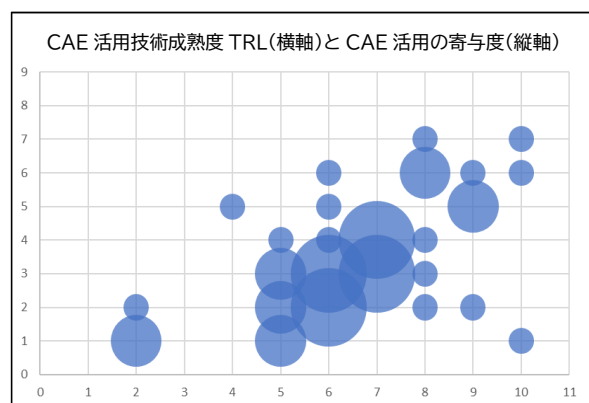


図 11 TRL と寄与度の関係性

図からわかるように、回答数に幅やバラツキはあるが、寄与度とTRLにはある程度の相関性が見られ、CAE活用の技術成熟度(TRL)が高くなるに従い、製品開発への寄与度合いは増加する傾向を示している。TRLの何らかの指標としての有用性が期待できる。TRL5~7はCAE活用が実用的なレベルであるため、回答数も多いと考えられる。

また、TRLのレベル9, 10ではCAE活用の文化がすでに成熟的であり、そのため寄与度は曖昧になるとと思われる。

(2) CAE活用における問題点とTRLの関係性

図12には、横軸に前記図9で示した各TRLのレベル番号、縦軸は前記図8で示した、「CAE、シミュレーションを設計・製造に活用する時の問題点」を番号で分類、記載したバブルチャートである。

ただし、このアンケートでは、各設問に対して、複数回答を認めたため、各回答者により回答数が異なるデータとなる。これに対して、今回は回答者の複数回答を独立した回答として分割して、データ数をカウントしている。

縦軸の番号は以下に示す問題点に対応している。

- [1] 適切な計算問題の構築
[2] 計算モデルの作成時間
[3] 計算モデルの精度検証
[4] 計算に用いる材料物性データの取得
[5] 計算時間
[6] 計算結果の解釈・理解
[7] 計算結果によるアイデア提案, 改良
[8] 計算機費用

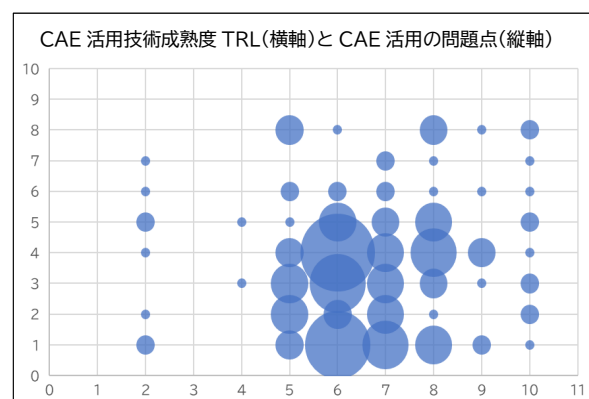


図 12 TRL と問題点の関係性

この図から推察できる傾向としては、

- 1) TRL5~8の範囲では様々な課題があり、特にレベル6ではCAEを本格的に実用的レベルで活用している段階であるため、課題の種類も回答数も多いと思われる。計算用材料物性データの取得が大きな課題と見られる。
- 2) TRL7, 8では課題の回答数がTRL6に比べて多少減少しているが、レベルを上げて課題は継続的に多いことが推察される。
- 3) TRL2はまだCAE活用が未着手段段階であるが、具体的な課題はすでに見られ、TRL3に関して今回は回答がなし。
- 4) TRL9, 10ではCAE活用の成熟段階と思われるが、課題は依然として存在している。
- 5) TRL5, 8はある意味、技術の立ち上げの段階であり、計算機費用は投資対象として重要性を持つと思われる。

7. 結言

今回のアンケートを通して色々な課題が見えてきた。昔に比べて企業等のCAE/計算工学活用は確実に進んでいると思われるが、地域や組織規模により活用の度合いや技術成熟度(TRL)にはまだ差がある。様々な議論と技術交流を行い、人材育成も含め多様な産官学連携の活性化や技術浸透の仕組みを検討していきたい。

CAE活用における課題抽出・分析法として、アンケート調査は人文社会系では一般的であるが、今後、TRL指標も含め、様々なデジタル技術と連携した設問・回答記述の工夫をすることで、技術浸透や啓発のための効果的な質的研究手法になると思われる。

最後に、(一社)日本計算工学会地域密着型CAE/CAX研究会のアンケートWGメンバーには本講演論文の作成に当たり、適切なご助言、ご協力をいただいた。ここに深謝の意を表す。

参考文献

- [1] (一社)日本計算工学会第13回公設試シンポジウム
<https://www.jsces.org/activity/research/caecax/13.html>
- [2] (一社)日本計算工学会 地域密着型CAE/CAX研究会
<https://www.jsces.org/activity/research/caecax/>
- [3] <https://www.env.go.jp/content/000280522.pdf>