

【HPC（High Performance Computing）応用研究会】

～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～

2012年3月6日

産業競争力懇談会 **COCN**

【エクゼクティブサマリ】

1. 本研究会の基本的な考え方

現在、計算科学シミュレーション技術(以下シミュレーション、解析)は実際の産業界のものづくりの現場に普及しており、その技術は大規模化、高度化しつつある。しかし、大規模、高度シミュレーション技術を駆使できる企業はまだ少なく、また、産業分野や企業規模によって大きな差が存在している。さらに、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、実際のものづくりとの連携が十分にできているとは言えない。

特に、シミュレーションや解析情報データと思考(設計)をうまく繋げたものづくりへの活用、すなわち、シミュレーションをうまく活用するための「知識、知恵の方法論(解析妥当性や目利き、創造性)」がまだ確立されていない。これを解決するためには、人材育成が重要だが、それと共に新たな視点として、「理解のための解析知識」から「活用するための解析知識(解析品質の理解)」への進展が必要である。

本研究会では、企業規模や業界の違いによる意見の多様さにも配慮しながら、望まれている施策、必要とされている人材の姿を定量的に示すため、企業アンケートや、必要に応じヒアリング等を行った。

その結果、企業アンケート分析により、従来から指摘されてきた『課題に対して的確にシミュレーションを行うことの必要性』は認識されているが、人材育成のやり方を含めて、そのための方法を模索している産業界の様子がうかがえる。現状打破のひとつとして、解析品質の精査、知見の共有化と知識創造、他学問や実験等との連携といった新たな取り組みへの期待が寄せられている。また、企業ヒアリングにおいても、特に中小企業の視点では、シミュレーション活用においてソフトウェアの価格や関連情報の不足等、国の開発ソフトウェアを活用する上での問題等が浮き彫りになった。これらの活動を基に、以下に示す2つの視点で検討した内容について述べ、提言にまとめた。

- 1)ものづくり強化に向けたシミュレーション技術活用時の課題解決の施策
- 2)それを実現するための施策としてもものづくり連携や推進主体の形態

2. 検討の視点と範囲

課題を解決するために、新しい視点での新技術とは何か、仕組み、人材育成等のテーマに対して、以下に示すような視点を適宜考慮し、産業界におけるシミュレーション技術普及のための具体的施策を検討した。

1. 現状の課題把握と詳細分析
2. シミュレーション解釈学(モデルの妥当性評価、解析品質基準、知的結果処理)のあり方
3. 複雑系モデリングを理解、活用できる解析ツールのあり方、人材育成方法
4. 共有可能データの現状把握、調査と産学連携解析知識の共有データ化、知的活用方法
5. シミュレーション技術と計算機科学、数理科学、情報科学、統計学等との学際的連携
6. 実現象とのギャップを補完し課題解決を図る技術、創発に活用できるデータベース形態
7. 知見抽出技術の状況とその産業利用モデル・新市場創出の可能性

3. 産業界におけるシミュレーション活用の課題抽出(本研究会としての問題意識)

3.1 現状において想定される産業界ものづくりでのシミュレーション活用の課題

□課題の分類：

【技術・方法論・人材】

シミュレーション技術/コスト、解析結果理解/解釈、解析ノウハウ共有、解析人材、解析品質

【組織・風土】

企業幹部の理解、シミュレーションの役割、シミュレーション戦略立案、過去の適用失敗要因/トラウマ、モチベーション(シミュレーション技術者の低評価傾向)

□上記課題に対する施策(定性的)の体系：

- ・オープンソフト活用、解析情報データベースの有効活用、新しい方法論の構築、異分野連携
- ・人材育成体系の改善、数値計算学の基礎/モデリング教育
- ・シミュレーション活用効果の定量化指標の導入、解析品質V & Vの導入と進化

3.2 上記課題を仮説として、現実を深堀するためのアプローチ、手法の検討

現在の主流である従来方式の解析技術の高度化議論ではなく、将来のものづくりシステムを想定した「解析情報の活用」という視点が今後大事。そのためには、下記2点を議論、調査する必要があると考えられる。

□本質課題抽出と分析：本質原因、普及しない理由：

- ・アンケートの調査内容吟味(深堀できる項目)、対象企業、ヒアリング方法
- ・ベンチマーキング、分野別調査

□方向性：ものづくりに産業貢献できる解析情報活用と解釈学のあり方

- ・解析情報の有効活用、活用データベース、複雑系モデリング理解
- ・産学連携解析知識共有データ化、知的活用構造化手法
- ・シミュレーション解釈学の体系化(分野、業界ごとに考慮)

4. 企業アンケートに示された産業界の意識

企業アンケート(中小から大企業まで広く実施、31社、41名)により課題抽出。要点を以下に示す。

□現状の課題：

- 1) あるレベルまでのシミュレーションは比較的活用されている。効果としては、開発期間・コスト短縮、トラブル対策、現象理解等、多岐にわたり、その効果への期待はある。
- 2) ものづくりでの活用があまりできていない企業では、以下の意見が多い。
 - ・対応できる人材の不足、シミュレーションをうまく活用する戦略、ノウハウが不足。
 - ・活用目的はトラブル発生時の原因究明や理解困難な現象解明が主であり、設計上流での適用はまだ不十分。
- 3) シミュレーションを設計・製造に活用する時の問題点としては、以下の意見が多い。
 - ・課題の設定とそれに合う解析モデル構築の困難さ、シミュレーションモデル精度不足。
- 4) シミュレーションの製品開発貢献度を定量化できている企業は少なく、定性的な視点で認識されていることが多い。定量化がうまくできていない所では、個人の研究プロセス

の中に埋もれてしまう傾向が見られ、関係者、幹部からの理解が得られない点が挙げられる。

- 5) シミュレーション情報データベースの必要性を感じてはいるが仕組み構築までには至っていない。

□今後のシミュレーション活用の活性化に必要なもの(上位)：

- 1) 適切な計算モデル構築、解析結果解釈、理解、結果から得られた知見による改善、創造
- 2) シミュレーション技術の活用施策としては、シミュレーション利用の効率的なものづくり方法論、人材育成、技術やノウハウ伝授手段、成功体験と幹部の理解

□小規模企業(本報告では従業員 1,000 人以下と定義)データと全体データとの違いの分析：全体データと比較して、小規模企業に特徴的な点を以下に記載する。

- 1) シミュレーション専任者をおくところもあるが、多くは専任ではない社内技術者が自ら対応することが多い。
- 2) 活用として、大部分はトラブル発生時の原因究明や現象理解、実験困難対応である。
- 3) シミュレーションソフトに対する精度・信頼性への要求は大企業以上に厳しい。
- 4) 現状、スパコン(大規模計算機)の独自資源への必要性少ない。今後は、スパコンの共同利用やスパコンとパソコンの中間くらいの低価格システム規模への要求が多い。
- 5) 社内教育プログラムがまだ充実はしておらず、実施していない所も多い。
- 6) 人材は、シミュレーション経験者を採用するのではなく、社会人教育での育成が期待。
- 7) シミュレーションデータベースの必要性は感じているが、解析データ活用はまだ少ない。

5. 企業ヒアリングにおける産業界の意識

アンケートとは別に企業 8 社に個別ヒアリングを行った。主な内容を以下に記載する。

- 1) ソフトウェアの価格が高騰化している。活用してゆくには見合ったコスト是正が必要。
- 2) 解析精度を高めるための、解析境界条件データベースの構築をすべき。
- 3) すでに構築されている多種多様な国データベース(材料物性等)の利便性向上と継続的な整備。
- 4) ものづくり感覚とシミュレーション活用の両立を目指す教育システムの構築。
- 5) 大学研究においても、ソルバ研究だけでなく、プリ、ポスト、可視化研究の推奨、加速が望ましい。
- 6) 解析と計測、実験の連携に対する研究連携、ノウハウの情報共有の仕組みが必要。
- 7) 人材不足が深刻している。“CAE 職人”を作る教育が必要。
- 8) 中小企業におけるシミュレーション技術情報の不足。
- 9) 製品サイクルが早いので新しい CAE 技術を習得する時間が取れず、結果として CAE 技術が活用に追いつかず、難しい。経験者が大事になる。

6. アンケートとヒアリングを基にした課題整理

大きく二つの課題に分かれる。

- (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としての解析情報活用技術、効果あるモデリング方法論、人材育成のあり方
- ・ 課題の設定とそれに合う解析モデル構築の困難さ、人材育成や支援技術
 - ・ 適切な計算モデル構築、解析結果解釈、結果から得られた知見による改善、創造
 - ・ 情報科学・統計科学の専門家との連携を通じて、解析結果データ処理技術を習得して日々生成される膨大なデータの処理
 - ・ 要求される精度に応じたモデリング方法論の活用を切望
- (2) 小規模企業のシミュレーション技術活用の活性化、シミュレーションを基盤としたものづくりの連携のあり方
- ・ 基盤技術であるシミュレーション技術を一部の海外企業に依存するリスクが懸念。
 - ・ 簡易な利用でよいユーザには、汎用ソフトウェアの機能は過剰で、導入費用も高額、また導入後のライセンス保守費用などに対しても投資対効果が成り難くなっている。
 - ・ 大学などの先端的シミュレーションソルバの産業界への技術移転が不十分。
 - ・ 大規模シミュレーションに大事な、解析プリ・ポストの研究者の評価が低く、今後は指標の多様化・インセンティブ付与といった施策が必要。
 - ・ 中小ものづくり企業におけるシミュレーション技術活用のレベルには濃淡があり、使いこなせる技術者が不足しているため、十分に活用できていない場合が多い。また、シミュレーション技術そのものをまったく知らない場合も多い。さらに、地域によってシミュレーション技術の利活用に関する情報・知識・ニーズ感に差異がある。
 - ・ 汎用商用ソフトは高額のため、費用対効果が見えず、投資判断ができないため、中小企業が導入し易い手段、課金方法の工夫が必要。

7. 本研究会からの提言

- (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の提案。
- 解析結果データ活用、効果的なモデリング、解析人材育成の視点として、以下に示す分野の強化が必要。
- ・ 膨大な解析結果データの処理に対して、ビジュアルアナリティックス (VA) の利活用
 - ・ 次世代のシミュレーション技術として、データ同化 (DA) の利活用
 - ・ 誤差モデル開発におけるスパコンの利活用 (多水準大規模データ誤差感度計算)
 - ・ 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・効能保証付き等に基づく可視化技術の利活用
 - ・ 「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
- (2) 小規模企業のシミュレーション技術活用活性化を促進する『ものづくり連携システム』(下図)の仕組みの提案。
- 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、中小ソフトベンダや大企業、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、中小も

の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今後検討すべき。

本システムは、下記3つのフェーズから構成された、中小もの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。詳細は本文を参照。

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の開発・改良、および関連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ものづくり企業での『HPC技術活用フェーズ』

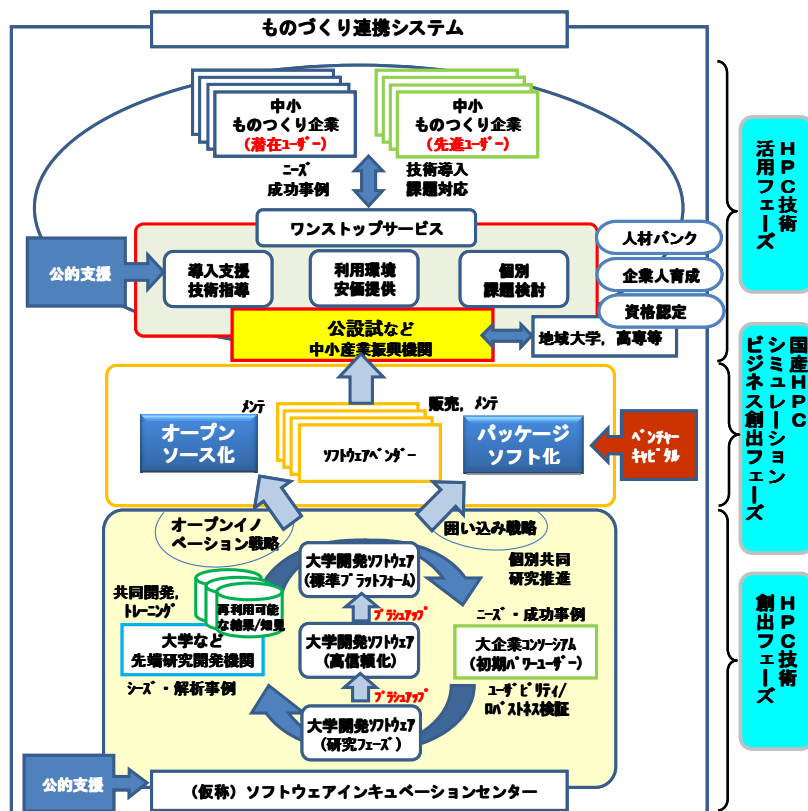
(ソフト利用環境整備、ノウハウ・技術の横展開の仕組み、人材育成など)

③中小ソフトベンダによる国産『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産業および関連市場創出・育成による自立的開発資金還流の仕組み確立、海外ソフト支配からの脱却など)

以上述べた内容はまだ構想段階であり、実現には現実的な課題も数多く、今後、本連携システムの詳細構築を進める上で、既存の施策に関する広範な知見などが必要である。

そのため、実際に現場で活動にあたるメンバ(中小ものづくり企業、中小ソフトベンダ、大企業、大学、公設試など)をはじめとして、関係部署、関連省庁の協力を得て、本システムの具体的内容検討を進めるため、来年度も継続して本研究会にて検討を行いたい。



連携システムイメージ図

以上

【目 次】

1. 本プロジェクトの基本的な考え方
2. 検討の視点と範囲
3. 産業界における計算科学シミュレーション活用の課題抽出(本研究会としての問題意識)
4. 企業アンケートに示された産業界の意識
5. 企業ヒアリングにおける産業界の意識
6. アンケートとヒアリングを基にした課題整理
7. 本研究会からの提言

【はじめに】

世界経済のグローバル化が進み、海外企業も含めた企業間の競争が急激に高まっている中で、今後とも産業競争力を維持していくためには、技術イノベーションによるものづくり生産性向上を図ることが不可欠である。このグローバル化の動きの中で、ものづくりの変革も少しずつ起こりつつあるが、その中で、従来の試行錯誤的なもの作りから、高精度なシミュレーション技術による効率的かつ高信頼に新しい材料や製品システムの開発が期待されている。さらに、最近世界一になった「京」コンピュータ開発や、各種スーパーコンピューティングの進化により、計算科学シミュレーション技術の大規模化、高度化も進展しつつある。

しかしながら、その半面、産業界で分野に違いはあるが、大規模、高度解析活用ができる企業は現実にはまだ少なく、解析環境やノウハウ蓄積には課題が多く、実際のものづくりにおいて、必ずしも計算科学が産業界に十分普及しているとは言えず、また、普及はしている場合でも、実際のものづくりとの連携が十分とは言えない状況と思われる。

すなわち、シミュレーションをうまく活用する知識、知恵の方法論(解析妥当性や目利き、創造性)、施策がまだ確立されていない。これを解決するためには、人材育成と共に新たな視点として、理解のための解析知識から、活用するための解析知識への進展が必要である。

このような中で、産業競争力懇談会では、幅広い産業界(特に小規模企業)を視野に、計算科学が広く産業界のものづくり現場に普及していくための施策として、広い意味での解析品質向上の手段、人材育成の仕組み、解析モデリング&シミュレーションの解析情報データベースの有効活用やデータベースとのインタラクションの方法論、産業界がアクセス、試行できる解析情報共有のありかた等の検討を行い、提言に繋げる活動を行っている。本報告が、産官学の垣根を越えた、より活発な議論の一助となることを願うものである。

産業競争力懇談会
会長(代表幹事)
榊原 定征

【プロジェクトメンバー(順不同)】

□リーダー：佐々木直哉(ICSCP/産応協、日立)

事務局：三好一義(ICSCP/産応協、日立)

笠井憲一(ICSCP/産応協、日立)

□構成メンバ

・COCN 会員(10 名)

半沢宏之(第一三共 機能分子第二研究所)

澤田正康(ニコンシステム 数理解析研究室)

奥田基(富士通 テクニカルコンピューティング・ソリューション事業本部)

三島望(産総研 先進製造プロセス研究部門)

浅井美博(産総研 ナノシステム部門)

関口智嗣(産総研 情報技術研究部門)

井上靖朗(産総研 ナノデバイスセンター設計評価室)

中村佳正(京都大学 情報学研究科)

小山田耕二(京都大学 高等教育研究開発推進機構)

・COCN 非会員

伊藤聡(理研 計算科学研究機構)

・ICSCP/産応協メンバ：運営小委員会メンバ 有志

石田邦夫(東芝)

小西正晃(トヨタ)

高原浩志(日本電気)

景山正人(新日鉄)

笠俊司(IHI)、

滝本正人(みずほ情報総研)

善甫康成(法政大学)

【本 文】

1. 本研究会の基本的な考え方

現在、計算科学シミュレーション技術(以下シミュレーション、解析)は実際の産業界のものづくりの現場に普及しており、その技術は大規模化、高度化しつつある。しかし、大規模、高度シミュレーション技術を駆使できる企業はまだ少なく、また、産業分野や企業規模によって大きな差が存在している。さらに、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、実際のものづくりとの連携が十分にできているとは言えない。

特に、シミュレーションや解析情報データと思考(設計)をうまく繋げたものづくりへの活用、すなわち、シミュレーションをうまく活用するための「知識、知恵の方法論(解析妥当性や目利き、創造性)」がまだ確立されていない。これを解決するためには、人材育成が大事だが、それと共に新たな視点として、「理解のための解析知識」から「活用するための解析知識(解析品質の理解)」への進展が必要である。

本研究会では、企業規模や業界の違いによる意見の多様さにも配慮しながら、望まれている施策、必要とされている人材の姿を定量的に示すため、企業アンケートや、必要に応じヒアリング等を行った。

その結果、企業アンケート分析により、従来から指摘されてきた『課題に対して的確にシミュレーションを行うことの必要性』は認識されているが、人材育成のやり方を含めて、そのための方法を模索している産業界の様子がうかがえる。現状打破のひとつとして、解析品質の精査、知見の共有化と知識創造、他学問や実験等との連携といった新たな取り組みへの期待が寄せられている。また、企業ヒアリングにおいても、特に中小企業の視点では、シミュレーション活用においてソフトウェアの価格や関連情報の不足等、国の開発ソフトウェアを活用する上での問題等が浮き彫りになった。これらの活動を基に、以下に示す2つの視点で検討した内容について述べ、提言にまとめた。

- 1)ものづくり強化に向けたシミュレーション技術活用時の課題解決の施策
- 2)それを実現するための施策としてもものづくり連携や推進主体の形態

2. 検討の視点と範囲

課題を解決するために、新しい視点での新技術とは何か、仕組み、人材育成等のテーマに対して、以下に示すような視点を適宜考慮し、産業界におけるシミュレーション技術普及のための具体的施策を検討した。

1. 現状の課題把握と詳細分析
2. シミュレーション解釈学(モデル妥当性評価、解析品質基準、知的ポスト処理)のあり方
3. 複雑系モデリングを理解、活用できる解析ツールのあり方、人材育成方法
4. 共有可能データの現状把握、調査と産学連携解析知識の共有データ化、知的活用方法
5. シミュレーション技術と計算機科学、数理科学、情報科学、統計学等との学際的連携
6. 実現象とのギャップを補完し課題解決を図る技術、創発に活用できるデータベース形態

7. 知見抽出技術の状況とその産業利用モデル・新市場創出の可能性

3. 産業界におけるシミュレーション活用の課題抽出(本研究会としての問題意識)

現実の課題を深堀するためのアプローチ、手法の検討として、現在の主流である従来方式の解析技術の高度化議論ではなく、将来のものづくりシステムを想定した「解析情報の活用」という視点が今後大事。そのためには、下記2点を議論、調査する必要があると考えられる。

□本質課題抽出と分析：本質原因、普及しない理由

- ・ アンケートの調査内容吟味(深堀できる項目)、対象企業、ヒアリング方法
- ・ ベンチマーキング、分野別調査

□方向性：ものづくりに産業貢献できる解析情報活用と解釈学のあり方

- ・ 解析情報の有効活用、活用データベース、複雑系モデリング理解
- ・ 産学連携解析知識共有データ化、知的活用構造化手法
- ・ シミュレーション解釈学の体系化
 - 具体的いくつかの分野・業界で検討する(ex. 材料、流体、鉄鋼、電機等)
 - 顧客(ターゲット)ごとに考える(ex. 小規模企業、大企業、大学、国研)
 - 技術・施策による産業競争力強化上の効果の定量的推定・表現

4. 企業アンケートに示された産業界の意識

主に設計現場のシミュレーション活用における本質課題を明確化することを主眼として、企業アンケートを実施した。

【想定される課題の抽出】

アンケートを実施する前に、前提として当初、想定される仮説を設定した。すなわち、主なものづくり現場における課題をいくつか抽出して、分類を試みた。以下のその分類を表に示す。

表1 想定される課題の分類

技術・方法論的		
人材・教育・組織・コスト	技術	
	技術	方法論
個人	・ 使って欲しい人が使えないことが多い ・ 解析と計測の連携不足 ・ 使えない、使わない	・ シミュレーションが実験の代替レベルになっている(シミュレーションでなければ生み出せない価値を生みできていない) ・ 設計上流での有効利用が不十分 ・ 効果の定量化が困難 ・ ものづくりノウハウと計算ノウハウの視点が違うことへの認識不足

	組織	・使えない、使わない ・成功事例になり難い(CAEのお陰で成功したはずなのに) ・シミュレーション部隊は少人数 ・現場に信頼され、現場で使って貰えるものでないと駄目	・使わない、使う理由がない ・トラブルシューティングでの利用が組織評価としては一番高い ・計算ノウハウのDB化が遅れている。人間が居ないと展開が出来ない ・専任者のキャリアパスがない ・設計の上流での有効利用が不十分 ・効果の定量化が困難
--	----	---	--

さらに上記表から、キーワードを以下にまとめた。

□課題の分類：

【技術・方法論・人材】

シミュレーション技術、シミュレーションコスト、解析結果理解／解釈、解析ノウハウ共有、解析人材、解析品質

【組織・風土】

企業幹部の理解、シミュレーションの役割、シミュレーション戦略立案、過去の適用失敗要因／トラウマ、モチベーション(シミュレーション技術者への低評価傾向)

□上記課題に対する施策(定性的)の体系：

- ・オープンソフト活用、解析情報データベースの有効活用、新しい方法論の構築
- ・異分野連携(情報、統計科学等)
- ・人材育成体系の改善、数値計算学の基礎／モデリング教育
- ・シミュレーション活用効果の定量化指標の導入、解析品質V&Vの導入と進化

アンケートの内容は、上記施策を考慮して設定した。その内容を以下の概要に示す。

各分野に対して、57問を設定して、スーパーコンピューティング技術産業応用協議会企業、本研究会メンバの所属機関、および関係機関にも協力いただき、幅広い産業界からの意見を集めるようにした。

□アンケート内容概要(視点)：

以下の視点に関して57問を作成した。

- ①計算科学シミュレーションの利活用について
- ②計算科学シミュレーション分野の定着度や利活用の程度
- ③シミュレーションへの期待度と問題点
- ④人材育成
- ⑤シミュレーションのデータ活用や検証
- ⑥シミュレーション技術を活用した創造的アイデアの提案の必要性
- ⑦シミュレーション環境

□回答企業データ：

シミュレーション関係技術者を対象に実施し、31 企業、41 名の方から回答を得た。

□企業アンケート集計(企業アンケートに示された産業界の意識)：

企業アンケート(小規模企業(本報告では従業員 1,000 人以下と定義)から大企業まで幅広く実施)により、課題を抽出した。ここから、見えてきたものを以下に示す。

アンケートの詳細データは参考資料に掲載。

【アンケートから推測される傾向】

□現状の課題：

- 1) あるレベルまでのシミュレーションは比較的活用されている。効果としては、開発期間、コスト短縮、トラブル対策、現象理解等、多岐にわたっており、期待は大きい。
- 2) 活用があまりできていない企業における理由として、以下の意見が多い。
 - ・ 対応できる人材の不足
 - ・ シミュレーションをうまく活用する戦略、ノウハウがない
- 3) 現状、シミュレーションが企業で役に立つ項目の上位としては、トラブル発生時の原因究明や実験、理解困難なその現象の理解があり、まだ設計上流でのコンセプト検討やコスト削減への寄与はまだ不十分である。
- 4) シミュレーションを設計・製造に活用する時の問題点としては、以下の意見が多い。
 - ・ 課題の設定とそれに合う解析モデル構築の難しさ
 - ・ シミュレーションモデルの精度不足
- 5) シミュレーションの製品開発へも貢献度を定量化できている企業は少なく、定性的な視点で認識されていることが多い。定量化がうまくできていないケースでは、原因として個人の研究プロセスの中に埋もれてしまう、関係者、幹部からの理解が得られない等の点があげられる。
- 6) シミュレーションの製品開発への寄与度は大体、5～20%程度という認識。
- 7) シミュレーション情報データベースの必要性を感じてはいるが、データベースの有効活用はまだ上手くできていない傾向。
- 8) シミュレーション情報が活用できるプラットフォーム的なものへの必要性は高い。
- 9) 現状シミュレーションツールに対して、殆どは、満足はしていないがなんとか使うという感覚。

□今後のシミュレーション活用の活性化に必要なもの(上位)：

- 1) シミュレーションプロセスの今後の課題として、新たに以下のものを強化、促進していく
 - ・ 適切な計算モデルの構築
 - ・ 解析結果の解釈、理解
 - ・ 解析結果から得られた知見による改善、創造

2) シミュレーション技術を活用していく施策として以下を考える

- ・シミュレーションを活用した効率的なものづくり方法論
- ・人材育成、技術、ノウハウを教えてくれる情報
- ・成功体験と幹部の理解

□小規模企業と全体企業データとの違いの分析：

小規模企業のデータ(10社)を全体データと比較して、特徴を抽出した。

概要：

- 1) ものづくりにおけるシミュレーションの活用はある程度実施されている。
- 2) シミュレーション専任者をおくところもあるが、多くは専任でない社内技術者の個別対応が多い。
- 3) 活用として、大部分はトラブル発生時の原因究明や現象理解、実験困難対応が主である。
- 4) 計算シミュレーションへの予算配分比率は大企業と比較して積極的である。
- 5) シミュレーションソフトに対する精度・信頼性への要求は大企業以上に厳しい。
- 6) 現状ではスパコンを独自資源とする程のニーズは少ない。今後は、スパコンの共同利用やスパコンとパソコンの中間くらいの規模の低価格システムの必要性を挙げている。
- 7) 成果が個人のプロセスに埋もれて、関係者や幹部の理解が得られない傾向が大きい。
- 8) 社内教育プログラムが充実はしておらず、実施していない所が多い。
- 9) 人材はシミュレーション経験を採用するのではなく、社会人教育での育成が期待される。
- 10) シミュレーションデータベースの必要性は感じているが、解析データ活用はまだ少ない。
- 11) シミュレーションの有効性については1980年代から認識されてきているが、これは大企業と比較して10年程度の開き(遅い)がある。

5. 企業ヒアリングにおける産業界の意識

企業(8社)に対して、ヒアリングを実施。概要を以下に記載する。ここで、「CAE」とはシミュレーションを活用したエンジニアリングを意味する。

1) 中小企業のCAE活用課題：

- ・ソフト価格が高騰化しており、この結果、費用対効果に対して要求が厳しくなり、合わせて精度・信頼性に厳しくなる
- ・製品サイクルが早いので新しいCAE技術を習得する時間が取れず、結果としてCAE技術の活用が追いつかず、難しい。従来型の経験者が大事になる。CAE課題の縮図といえる。
- ・従業員600人程度の中小企業では、CAEに関して入ってくる情報が少ない。このため、展示会などでセールスにつられて買ったソフトがうまく活用できない等の失敗事例がある。
- ・スピード感が要求され、CAEの活用への教育に割く時間が無い
- ・会社トップの理解が無いと活動しにくい。幹部の教育が必要。
- ・国が中小企業へのCAE導入を発声して、法的に税制免除などの施策をすることで、国策としてCAEを使うことを勧めてほしい。また、ボランティアとしてCAEを指導するような仕組み

もあるとよい。

2) 現場でのCAE課題

- ・ 現場でCAEを使う際、境界条件の与え方が計算精度に影響するので、設定が難しい。
- ・ 実製品環境に即した、多様な境界条件(種々な環境)の標準データベース化が必要。
- ・ ばらつき、外乱、耐久性等を考慮したCAEが必要。
- ・ 使いやすいソフト、精度が保証されるものが必要。
- ・ CAEを使う上でのデータベース(境界条件、反応ガス定数、材料物性定数)がばらばらでどこにあるか分からないし、フォーマットがばらばらで使いづらい。情報を一元化するなど利用環境を整備してアクセスが容易なるようにし、異なるフォーマットのデータを利用できる変換ソフトウェアを提供して欲しい。
- ・ 計算モデルの作成が難しい。CAEのやり方を中小企業にアドバイスする組織が必要。
- ・ 国家P Jで開発したソフトが一般に使われないのは、プリ・ポストが不十分、ベンダのサポート料金が安い。大企業は自分のところでカスタマイズできないとだめ、そのようなシステムが必要。中小企業は使い方を知らない。プリ・ポストも開発して欲しい。サポートする部隊が必要。サポート料を安く。
- ・ 大学ではプリ・ポストの開発ができない(研究として評価が低い?)。プリ・ポストメーカーに補助金を渡して開発させるべき。
- ・ CAEの精度に関して十分理解している人が少なくなっており、間違った使い方を使用している人や過度な期待をしている人がある。現象を理解している人がCAEを使うべきで、教育が必要。
- ・ ものを作っている感覚がないCAEエンジニアが多いので設計にフィードバックされない。
- ・ ある企業はCAEエンジニアが800人(ほとんどソフトのユーザ)ぐらいいるが、実験部隊との接触が薄く計算屋になっているので、検証が問題。小さい企業の方が実験現場との接触が多い。

3) 教育：

- ・ 人材が不足。教育が不十分。大学生ではなく、企業の現場でCAEを使った経験(苦労)のある人を再度教育するシステム(NPO、 社会人大学等)が必要。
- ・ CAEをどう使用するか、方法論を指導する仕組みが必要。“CAE職人”を作る教育が必要。例えばNPOの関東CAE懇話会では、「解析塾」等を開催している。
- ・ 最近の大学で材料力学を教えないところが多くなってきた。大学教育の改善が必要。
- ・ 中小企業ではLinux等は使えないことが多い。

4) その他

- ・ 欧米と日本とでCAEへの考え方が異なる。日本は、試作の置き換えを狙っている。一方、欧米、韓国等は、特性評価(想定できない特性等)に活用している。新しい価値の創出につながるシミュレーションの使い方(実験できない特性を予測する)を追求すべき。

- ・ CAEの検証(堅牢性・信頼性の実証)は費用がかかり、今更できないので、国家P Jで推進して欲しい。
- ・ 国開発のソフトウェアはあまり活用されないが、オープンソフト(例えばOpenFoam)は活用されている。みんなが使うことで、自動的にV&V(検証)ができている。違いは何か？
- ・ 国では、文科省と経済産業省の二か所でCAEをやっている。縦割り体制では普及促進・利活用の観点からも難しい。一か所に集中すべき。

5) 上記ヒアリングから見られる産業界からの要望

- ・ 企業幹部の教育、CAE導入教育
- ・ 国がCAEの中小企業への導入を発声して、法的に税制免除などの施策が必要。国策としてCAEを使うことを勧める動きなど。
- ・ ボランティアとしてCAEを指導する、やり方を中小企業にアドバイスする、等の組織が整備されるべき。これに対する補助金制度等を導入してはどうか。
- ・ 国研等のデータベースを整備してアクセスが容易になるように、ソフトで使えるように変換できるように、活用時を考慮した仕組み。
- ・ プリ・ポストも開発すべきで、サポートする部隊が必要。サポート料を安くできる仕組みや、プリ・ポストメーカに補助金を渡して開発させる仕組み。
- ・ “CAE職人”を作る教育が必要。例えば関東CAE懇話会では、解析塾等を開催している。
- ・ 技術政策ではなく産業政策としてのシミュレーション技術活用が必要

6. アンケートとヒアリングを基にした課題整理

これまでの章で記載してきた、企業アンケートとヒアリングにおいて見えてきた内容を整理して、以下に課題としてまとめる。

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としての解析情報活用技術、効果あるモデリング方法論、人材育成のあり方、における課題

(A) 解析結果データの活用

アンケート調査結果[1]によれば、全て、過去の解析結果データを参照して活用する仕組みを構築している企業の割合は、14%(大企業)、11%(中小企業)と少数である。アンケート調査結果[1]によれば、回答者中64%が解析結果データのプラットフォームの必要性は感じながらも、そのデータサイズの膨大さを考えた場合、活用どころかデータの洪水に溺れる可能性が高いと考え、解析結果データアーカイブの実施に躊躇する様子が見て取れる。アンケート調査結果[1]によれば、ほとんどの回答者より、情報科学・統計科学の専門家との連携を通じて、解析結果データ処理技術を習得して、日々生成される膨大なデータの処理に対する光明を見出したいとの要求が伝わってくる。

また、回帰分析により、アンケート調査結果[1]におけるシミュレーションの「貢献度合い」(目的変数)をデータ蓄積の状況(「計算モデル蓄積」「画像蓄積類似設計」「画像蓄積次工程」「そのまま蓄積類似設計」「共有情報基盤」と可視化の状況(「間引き可視化」「並列分散可視化」「部分可視化」「バッチ的可視化」)(説明変数)で表し、変数削減法で説明変数を

削減していったところ以下になった。

貢献度合い＝3.49*画像蓄積次工程+3.86*共有情報基盤-3.11*バッチ的可視化+3.31

すなわち、解析業務において、『解析結果データを可視化して、画像データとして格納して、それらを共有する情報基盤を使って、次工程に活用されている』場合には、シミュレーションの貢献度が高いと言える。また、バッチ的な可視化が行われている場合には、シミュレーションの貢献度が低くなる。この結果からは、シミュレーションの貢献度を高めるには、バッチではない、すなわち対話的な可視化を促進することの重要性が見えてくる。

(B) 効果あるモデリングの要求

アンケート調査結果[1]によれば、要求される精度に応じたモデリング方法論の活用が切望されているが、さまざまな要求精度におけるモデリングとその解析結果のアーカイブの実施状況とも深い関係がある。個別ヒアリングでは、DIAS(国家基幹技術「海洋地球観測探査システム」)など統合データプラットフォーム等に格納されているさまざまな実験計測データや解析結果データを活用したモデリング方法論への期待が寄せられた。これまでデータ同化の対象とされてきた分野以外のモデリング、たとえば、製品の稼働時の安全性評価や寿命予測などへのデータ同化技術の利活用を考えることができる。

シミュレーションをものづくりのための有用な手段として活用するためには、設計が許容する誤差(あるいは不確かさ)の範囲で、この仮想空間で求められた解が現実世界でおこる現象を正しく表していること、すなわち「シミュレーションの品質保証」が必須の条件として求められる。日本学術会議報告書[2]に「産業界における計算力学シミュレーションの重要性にもかかわらず、この品質保証の問題に正面から取り組んでいる事例は少なく、産官学を挙げての体系的な取り組みが急務となっている」とされている。以下に示すシミュレーションにおける誤差要因は、効果あるモデリング方法論へのニーズとみなすことができる。

(ア) 自然現象を数学モデルに近似するモデル化による誤差

(イ) 材料データなど入力データの持つばらつき(構成式、減衰率、熱伝達率など)

(ウ) 形状の近似による誤差

(エ) 境界条件の設定に起因する誤差

(オ) 離散化誤差

(カ) 丸め誤差

(キ) 結果の表示に関する誤差

- ・ 要因(ア)と(イ)に対応するシーズ技術としては、データ解析技術が大事になる。
- ・ 要因(ウ)～(オ)に対応しては、形状近似については、3D-CAD の利用が普及しても、たとえば、構造物における部品と部品を接合する継ぎ手部があり、これをどのようにモデル化するかが大変難しい。境界条件の設定による誤差についても実際の構造物などにおいて境界条件を特定することが難しい場合が多い。離散化に伴う誤差について、これまでも多くの研究が行われてきたが、アンケート調査結果[1]によれば、時間方向の離散化レベルの設定の難し

さを知ることができる。

(C) 人材育成のあり方

アンケート調査結果[1]によれば、回答者中43%が計算シミュレーション人材に関して社内での連携不足が問題であると考えている。また、本研究会において、「つなぐ」人材育成の重要性がたびたび議論された。具体的には、科学技術イノベーションを意識しながら、解析技術者と実験技術者の間をつなぐ、または個別領域間（たとえば、構造解析技術と流体解析技術や企画部門と技術開発部門）をつなぐ人材を指している。

また、材料部材のシミュレーションを例にとれば、シミュレーションはすでに、材料開発の分野で有用なツールにある。例えば、リチウムイオン電池、高性能磁石などを初めとする我が国の産業に重要な革新部材の開発において物質材料の理論シミュレーションは本質的な役割を果たした。今日のシミュレーション技術の発達をもってすればより多くを期待できる。革新部材開発は大きなマーケットを切り開く可能性がある分野である一方で、その機能開発の為には物理的な基礎現象・機構にさかのぼる必要が多く、研究開発のリスクも高い。より確度が高い部材シミュレーションによるスクリーニングが今後よりいっそう重要になる。その高度化は継続的に行われるべきである。

さらに、シミュレーション手法・コードの開発は、歴史的に基礎学術分野で行われ使われてきた経緯があり、産業利用の視点の多くが考慮されていない。産業分野に向けた利用・開発のノウハウの蓄積が多いとは言いかねない状況にある。

2) 小規模企業のシミュレーション技術活用において、シミュレーションを基盤としたものづくり連携システムのあり方における課題

中小ものづくり企業、中小ソフトベンダ、大企業、大学、公設試などに対し行ったアンケートやヒアリング結果などから、仕組み、シミュレーション技術や連携メンバのそれぞれにおいて課題を以下に述べる。

(A) ソフトベンダの視点

- ・国内で多く利用される汎用商用ソフトは、海外のものが多く、また寡占化が進行しており、物作り基盤技術であるシミュレーション技術を一部の海外企業に依存するリスクが懸念されている[3]。またソフトベンダの開発部隊が海外本社にあるため、物理モデルなどの改善対応が遅い、国内技術者の技術不足といったユーザからの不満が見られる[4]。
- ・また、それらのソフトは、一般的に、多様なユーザに対応するため機能満載であり、簡易な利用でよいユーザには機能過剰となり、高額な導入費用、導入後のライセンス保守費用などに対し、投資対効果が計りがたくなっている。

(B) 大学など先端的研究機関の視点

- ・大学などにおける先端的ソルバが死蔵され産業界への技術移転が不十分である。理由は、プリ、ポスト、GUI などがなく使い勝手が悪い。現実のものづくりに適用するには、扱え

る対象・物理モデルが十分でなく、シミュレーションツールとしてのバランスが悪い。現実問題での精度検証が不十分等の課題があげられる[3]。

- ・これらの解決には、一部業務などはソフトベンダに委託するにしても、研究者に対しても必ずしも学術的では無いワーク（モチベーションが無い）も発生する。この状況は、学から産への技術移転共通の課題で、研究者の評価指標の多様化・インセンティブ付与といった施策が必要となる[5]。
- ・大学などの研究者は、必ずしもソフトウェア工学に通じているわけではないので、開発したプログラムの開発指針があいまいで、機能追加が容易ではない、バージョン管理が出来ていない等、骨格部分の開発終了後、オープンソフト方式で実用化開発を行うにしても開発効率が悪いという指摘もある。

(C) 中小ものづくり企業の視点

- ・中小ものづくり企業におけるシミュレーション技術活用の進展には、まだ濃淡がある。一部先進的企業では積極的に技術を活用しているようであるが、その一方で、客先（大企業）からの要請で 3D-CAD やシミュレーションソフトを導入しているが、使いこなせる技術者が不足しているため、十分に活用できていない場合や、そもそもシミュレーション技術そのものをまったく知らない場合も多いようである。
- ・地域によってもシミュレーション技術の利活用に関する情報・知識・ニーズ感に差異があるようで、ある地域では、公設試が現在 3D-CAD の普及を推進中で、シミュレーションに関しては次のステップという状況である一方で、別の地域では、既に 3D-CAD データからシミュレーションを行う技術セミナーが盛ん、という状況である。
- ・シミュレーション技術を利用している企業では、公設試や大企業などからの技術指導やソフトの機能、精度比較を求める声も出ている。
また、汎用商用ソフトは高額すぎ、また費用対効果が見えないため投資判断ができない。
中小企業にとって利用しやすい課金方法が必要といった声もある。

(D) 中小ソフトベンダの視点

- ・大学などにおける先端的シミュレーションソルバを使えるソフトとして産業界への技術移転する際には、中小ソフトベンダの力を借りる必要が有ると考えられる。この際、幅広い利用に供するためにオープンソフト化を目指すことになるが、依頼されて開発したソフトをオープン化するのは、完成させたソフトを収益源としたいベンダとしては、受け入れにくい。
- ・また、市場ニーズや市場規模感など、ソフトベンダとしての開発や事業への投資判断となる情報が得られる場があまりないという意見もある。

(E) 大企業の視点

- ・シミュレーション技術を利活用している大企業においても、シミュレーションを含む CAE 業務に関して、システムティックに業務が進められておらず、処理プロセス、処理ツール

の設定情報の共有、それらの継承およびバランスのとれた(属人的でない)改善プロセスが実現できていない場合が見られる。これらは、企業間連携の障害になるとみなされる。

- ・先述のように系列の中小企業に対し、設計効率化のため解析も含めた CAE ソフト導入を求める場合もあるが、ソフトの使いこなしやノウハウといった技術的な交流や育成までは行っていない。

(F) 公設試など公共研究・事業支援機関

- ・地域により域内企業のシミュレーション技術に対するニーズ感や情報、知識に濃淡が見られる現状では、財源の限られる公設試では、ニーズのない分野に予算を振り向ける余裕がない。従って、高価なソフト導入費用、技術指導者の人件費などを工面しづらい。結果、全ての CAE ツールがそろわず他の機関を利用せねばならないなど不便な場合も生じているようである。
- ・その一方で、シミュレーション技術に対する濃淡があるが故に、技術活用に向けて、公設試による地域の実情に応じた多彩な取り組みが見られるようである。例えば、東京都立産業技術センタでは、RP(ラピットプロトタイプ)による実物大模型との組み合わせにより、シミュレーション技術導入のベースとなる 3D-CAD を順調に普及させており、また、“にいがた産業創造機構”による『モノづくり革新人材群形成事業(<http://www.n-phoenix.jp/>)』においては、高専、大学、公設試の教授、研究者、ソフトベンダの技術者や、ものづくり企業のベテラン技術者を講師に迎え、充実した CAE 教育プログラムを展開している。さらに、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、横浜市の公設試が共同で、保有設備や専門技術を融通しあい、いわゆるワンストップサービスを展開する『首都圏テクノナレッジフリーウェイ(<http://tkm.iri-tokyo.jp/>)』といった、公設試間連携の取り組みも行われ始めている。

7. 提言

今回、企業規模や業界の違いによる意見の多様さにも配慮しながら、望まれている施策や必要とされている人材の姿を定量的に示すため、企業アンケートや、必要に応じヒアリング等を行った。

その結果、企業アンケート分析により、従来から指摘されてきた『課題に対して的確にシミュレーションを行うことの必要性』は認識されているが、人材育成のやり方を含めて、そのための方法を模索している産業界の様子がうかがえる。現状打破のひとつとして、解析品質の精査、知見の共有化と知識創造、他学問や実験等との連携といった新たな取り組みへの期待が寄せられている。

また、企業ヒアリングにおいても、特に中小企業の視点では、CAE活用においてソフトウェアの価格やCAE関連情報の不足等、国の開発ソフトとウェアを活用する上での問題等が浮き彫りになった。過去の検討内容や今回の活動を基に、以下に大きく二つの視点で提言をまとめた。

(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としての解析情報活用技術、効果あるモデリング方法論、人材育成のあり方

提言：

解析結果データの活用の視点からは、①ビジュアルアナリティックス(VA)の利活用、②

丸め誤差や結果の表示誤差を小さくするための精度保証付き計算・効能保証付き計算に基づく可視化技術の利活用を推進すべきである。また、次世代シミュレーション技術における効果的なモデリング理論として、③データ同化(DA)技術等の利活用、④実問題解析に利用可能な誤差モデルの開発が必要である。これらを有機的に推進できる「つなぐ」人材育成の観点から、⑤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育成プログラムを早急に検討・整備するべきである。

以下、この提言を実現する技術的シーズの詳細を説明する。

2011年には1.8 ゼタバイト(10の21乗バイト)のデータが生成される現在はデータ爆発の時代である。データとは、解析結果データに見られるように、計算結果や観測結果を文字や符号、数値などのまとまりとして表現したものとして定義される。人間にとって意味のあるものや、データを人間が解釈した結果のことを情報と呼ぶ。スパムメールなどは、データではあるが、情報ではない。情報かどうかは、データが可視化されてはじめて気付くことが多く、可視化されずに、人間にとって意味のあるのかがどうか不明の大量のデータがあったとしてもそれは情報にはなり得ない。

可視化という言葉に市民権を与えたのは、“Visualization in Scientific Computing (ViSC)”、通称ViSC レポート[6]であり、このレポートにおいて、可視化は、“Visualization is a method of computing.”と定義され、計算結果である数値データに代表される“unseen”な“symbolic”データを“geometric”に変換することによって見えるようにするものと解説されている。日本でも注目されているキーワード「見える化」[7]に共通することとして、人間の脳神経細胞の約半分は視覚と関係しており、可視化はそのような脳神経細胞を活性化する役割を負うものとまとめている。

情報化されたデータから予測に資するモデルが生み出されるとき、情報は知識に昇華する。データマイニングやデータ同化技術はその代表的なものであり、複雑な現象を科学的に理解し、精度よく予測したいという要求にこたえる。前者は、複雑現象の観測結果からモデルを推測する帰納アプローチであり、後者は、帰納アプローチとモデルから複雑現象を再現する演繹アプローチが融合した次世代のシミュレーション技術とされる。

データマイニングは、帰納推論の枠組みに、可視化による利用者の判断・分析を取り込んだビジュアルアナリティックス(Visual Analytics:VA)に発展している。また、データ同化(Data Assimilation: DA)は、主に地球科学の分野において数値モデルの再現性を高めるためにモデルに観測データを埋め込み、馴染ませることを目的にする。このため観測データとのマッチングの取れるモデルの選択のためや観測の不足を補ったり、観測誤差を修正するために可視化技術の活用が期待されている。

(A) 解析結果データの活用技術

膨大な解析結果データの処理に対するニーズに対応するシーズ技術としては、VA(ビジュアルアナリティックス)の利活用を提言したい(図1)。VAは、可視化技術の基盤の上に立ち、統

計、数学、知識表現、管理・発見技術、知覚・認知科学、決定科学などの知見を取り込みながら、高度な対話的視覚インタフェースを用いた解析的推論(analytic reasoning)を築く科学と定義される[8]。その使命は、巨大かつ動的で時に自己矛盾を起こしているような複雑なデータから、予期されることを検出するだけでなく、予期できないことも同時に発見し(to detect the expected and to discover the unexpected)、時機を得た評価を効果的に共有し、行動に移すことにある。

米国で近年おきた大規模災害(2001年9月11日の米国同時多発テロ(9.11テロ)事件など)では、中規模災害が短時間に連続発生し、その結果、災害規模や被害が従来型の災害の概念をはるかに上回るほどの凄まじさとなり、そのため大量のデータが錯綜して正確な情報をつかめない状況が続いた。これは、内容には違いがあるものの、短時間に甚大な事故が連続発生してデータが情報化されなかった観点で、我が国における大規模災害(大規模地震など)と共通点がある。欧米では、この時の反省から国家安全のための有効な科学的方法論の登場が期待されており、VAはその最有力候補と目されている。

米国では、大規模災害に関する多くのデータがデータベースに格納されていたにもかかわらず、災害発生後の対応が不十分となってしまったという経験から、それまで米国内の安全に関するデータセンターが多数に分立し、利害関係者向けに情報化が促進されてこなかった問題が浮き彫りになった。このため、米国議会の主導によって国家安全保障省が設立された。さらに、2004年、国土安全保障省の配下に情報分析およびインフラ保護、緊急事態への準備に対応する科学技術研究開発部門として、NVAC(National Visualization and Analytics Center)が世界に先駆けて組織され、スタンフォード大学をはじめとする6ヶ所の地域研究センターとともに全米規模で鋭意研究・開発が進められてきた。一方、欧州でも、欧州共同体のSeventh Framework Program(FP7)に属する未来・新興技術(Future and Emerging Technologies)の経済的支援を受けて、2009年からVAを総合的に研究するVis Masterプロジェクトが開始された。

VAの実際のプロセスでは、多くの参加者による遠隔協同作業が長期にわたることが多い。知と一体化した可視化の記録可能性や追跡可能性、再利用性を増強する上で、与えられた問題解決のプロセスに関するすべての情報を永続的に管理運用していく仕組みが必要になる。これを可視化出自管理(visualization provenance management)[9]と呼ぶ。国際的によく知られた可視化出自管理環境の一例として、米国ユタ大学SCIが開発したVisTrails[10]が挙げられる。VisTrailsにおける利用者の視覚解析プロセスは、可視化ワークフローとその実行結果や得られた知見のノートをノードとし、それらの導出関係をリンクとするヒストリーツリーとして管理されるため、再実行や異なる実行同士と比較だけでなく、成功した解析サブプロセスをアナロジーとして用いて、新たな可視化デザインを誘導することもできる。

このような仕組みは諸外国では安全保障上重要な技術と位置付けられて、国家的な取り組みが行われるため、最先端技術が国外に出ることは少ない。しかし、このような技術は産業界における複雑な課題を解決するキーテクノロジーの一つである。我が国としては諸外国から導入することなく、民生技術として研究開発する必要がある。

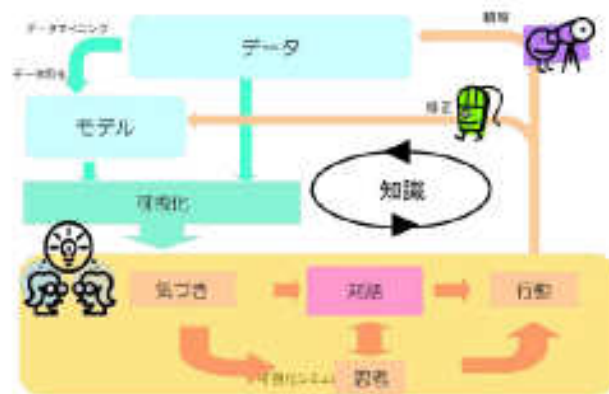


図1 VA(ビジュアルアナリティクス)の概要

(B) 効果あるモデリング方法論

シミュレーションにおける誤差要因：

- (ア) 自然現象を数学モデルに近似するモデル化による誤差
- (イ) 材料データなど入力データの持つばらつき(構成式、減衰率、熱伝達率など)
- (ウ) 形状の近似による誤差
- (エ) 境界条件の設定に起因する誤差
- (オ) 離散化誤差
- (カ) 丸め誤差
- (キ) 結果の表示に関する誤差

(ア)(イ)に対応するシーズ技術としては、DA(データ同化)を提言したい。DAは複雑な現象を科学的に理解し、精度よく予測したいという要求にこたえる技術であり、モデルから複雑現象を再現する演繹アプローチと複雑現象の観測結果からモデルを推測する帰納アプローチが融合した次世代のシミュレーション技術である。これまで主に地球科学の分野において数値モデルの再現性を高めるためにモデルに観測データを埋め込み、馴染ませることを意図して研究された。モノづくり分野において、馴染みが薄い名前であるが、たとえば、電子機器の設計分野では20年も前から実質的に同等の技術が活用されている。

CPUに代表されるLSIなどの電子部品はその動作および寿命信頼性を保証するための動作上限温度がある。電子機器の設計においては動作上限温度を超えないようにするために設計初期段階からシミュレーション技術を使った熱解析を併用して開発が行われている。電子機器は高密度実装が進み設計段階で行われる熱解析モデルは部品点数の増加に応じて大規模になりコンピュータによる計算時間も長時間となる。例えばノートパソコンの場合、熱解析結果の精度を向上させるためには構成部品について信頼性のある熱特性データが必要となる。おもにCPUの部品メーカーはこれまで供給する部品の熱抵抗網を用いた解析モデルを提供してきた。そのモデルのパラメータ(接合部分から部品ケースまでの熱抵抗や接合部分から外部環境までの熱抵抗など)は、ある決まった環境下での温度計測結果を用いた一種のデータ同化に

よって計算されてきた。

要因(ウ)～(オ)に対応するシーズ技術としては、誤差モデルの開発におけるスパコン利活用を提言したい。離散化レベルを高めると誤差は小さくなることが予想されるものの解析技術者が手元で利用可能な計算資源はそれほど多くない。多くの解析技術者が関係する標準解析モデルを想定し、このモデルに対して、誤差に影響を及ぼす因子を多くの水準で変化させ、たとえば、離散化レベルをどんどん高めて、離散化誤差がどのように変化するかを実験し、その結果を用いて誤差モデルを開発する。複数の誤差因子を多水準で変化させる数値実験の実施にはスパコンレベルの計算機資源が必要となる。

要因(カ)(キ)に対応するシーズ技術としては、精度保証付き数値計算技術や間の視覚に関する認知科学の利活用を提言する。可視化結果を見て、人間が何かを認識するのは脳内に保存されたパターンとマッチするからである。多くの人間において保存された共通のパターンにマッチするような視覚的データのデザインを実施し、その有効性を評価する。その結果に基づき、結果の表示に関して誤差を最小化する視覚的データのデザインを行い、効能保証付き可視化技術の開発につなげる。

(C)人材育成のあり方

CAEのための先進的モデリング環境(たとえば、オープンソースのOpenFORM やDeIFEM・OMSOL 社COMSOL Multiphysicsなど)では、モデル変数(代表的なものは①形状パラメータ、②境界条件、③支配方程式、④物性パラメータ)を変更したときの解析結果データの可視化結果を見ながら、データ同化・検証含めて、対象とする物理現象のモデルを精密化していくことが可能となる。VA の構成要素のひとつとして位置づけられるこのような環境を利活用することにより、必然的に実験技術者や関連分野技術者との対話の機会も増え、社内での連携強化につながるものと期待できる。

また、「つなぐ」人材育成のために、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提言したい。文科省は、平成23 年度より「科学技術イノベーション政策」を科学的に進めるための「科学」を深化させる研究人材や、「科学技術イノベーション政策」の社会での実装を支える人材の育成を行う大学(拠点)に対して支援[11]を行っている。たとえば、大阪大学と京都大学は、科学技術の倫理的・法的・社会的 問題(ELSI)研究を領域の軸とし、学問分野間および学問と政策・社会の間をつなぐ人材の育成を目的として、既設の修士課程に副専攻を設置することになった。このような教育プログラムに参加するか、またはこれを参照する形で社内教育プログラムを開発し、実施することにより、科学的方法に関する素養を身につけ、それを基盤として、技術が市場にどのように受け入れられるかを調査・分析し、技術分野間ならびに技術と市場との間をつなぐことを通じて、グローバルな視点で新製品企画に寄与できる人材が育成されることが期待できる。繋ぐ人材、目利き人材の育成に関しても、いくつかの大学においてはシーズ的な事業が実施されている。

すなわち、産業目的にかなったものとするためには、基礎学術分野とは異なった視点から人材育成をとらえる必要がある。例えば、以下のような視点考慮されるべきである。

- ・産業利用を進めると同時に、その利用の結果得られたニーズをシミュレーションの理論・手法開発の担い手(大学・研究機関)にフィードバックし、両者の間の意思共有を促進する必要がある。そのためには開発レベルでの共同研究が有効であるが、それに伴う知財管理が適切に行われる研究機関が少なく問題が多いので、知財管理が整ったシミュレーション研究機関ハブの育成にも考慮すべきである。このようなところがシミュレーションの産業普及・開発を責任をもって推進する母体となる必要がある。

(2) 小規模企業のシミュレーション技術活用活性化を目的に、シミュレーションを基盤とした新たな小規模企業と大企業の協調による、ものづくり連携システムのあり方

提言：

最終目標は、国内大学など研究機関で開発された先進シミュレーション技術(HPC技術)の利活用を促進することにより、国内産業のボリュームゾーンである小規模企業が、自身の新商品・製造プロセス開発力、新規市場開拓力、ソリューション提案力を飛躍的に向上させ、グローバルに戦える『先進提案型中小企業』に成長することへの支援である。

本目標達成のため、国産先進シミュレーション技術を基盤技術とし、中小ものづくり企業、中小ソフトベンダや大企業、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、中小もの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**』なる仕組みを構築すべきである。

本システムは、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の開発・改良、および関連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)、②公設試などをハブとした中小ものづくり企業でのHPC技術活用フェーズ(ソフト利用環境整備、ノウハウ・技術の横展開の仕組み、人材育成など)を中核とし、③中小ソフトベンダによる国産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産業および関連市場創出・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)から構成された、中小ものづくり企業を支援するためのシステムティックな活動を促進するものとする。

詳細を以下に記載する。

【施策案】

上記課題に対する施策として、①HPC 技術創出、②HPC 技術活用、③国産 HPC シミュレーションビジネス創出の三つのフェーズから構成される『ものづくり連携システム』の構築を提言する(図2参照)。

(A) HPC 技術創出フェーズ：

公的資金の投入の下、国内大学や公的研究機関で開発されたシミュレーションソフトウェアの原石を、資本力に優れた大企業が初期パワーユーザとして大学などと協力して育成し、先進的でありながら基本的な利便性も備え、かつ低コストで導入可能な基本ソフト(標準プラットフォーム)として、広く連携システムメンバに提供する。連携メンバの中小ソフト

トベンダは、この基本ソフトを元とすることで、初期開発コストを抑えつつ、自らの開発実力も向上し、さらに個別ニーズにマッチしたパッケージソフト、オープンソフトなどの開発を進めることができる。結果として、ソフトの利便性はさらに高まることとなり、公設試などを通じ、中小ものづくり企業に低コストで利活用に供される。この段階で重要なことは大学等の優れたアイデアに基づく先進的ソフトウェアを実際の産業利用の場で活用できるまでに磨き上げることで、ソフトウェアの堅牢性・高信頼性を実証することが重要である。

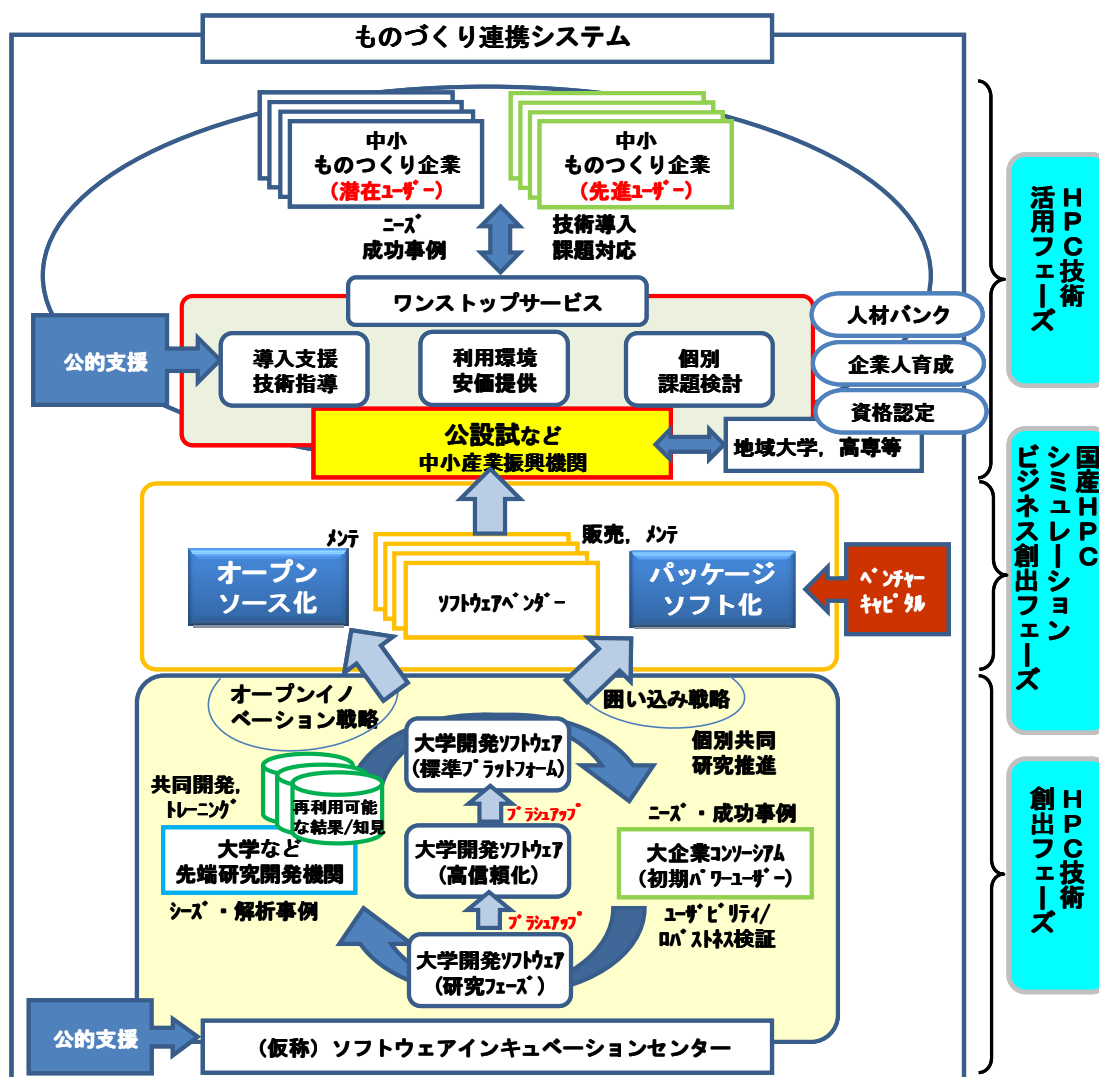


図2 連携システムのイメージ図

(B) HPC 技術活用フェーズ:

地域中小ものづくり企業の実情に通じた公設試がハブ機能として重要になると考える。公設試が、シミュレーション技術活用に関する中小ものづくり企業の窓口（ワンストップサービス）となり、ニーズ・課題の集約やソフト導入指導、技術指導や成功事例の横展開、人材育成、さらには、地域大学などとの連携による開発や学生の教育を推進することが望まれ

る。また、公設試内には、本システムにて育成されたさまざまなシミュレーションソフトを低価格で利用できるハード・ソフト環境などの整備も求められる。これらは、初期導入費用およびリニューアルにおいては公的資金の投入が必要であるが、導入後維持費は利用料金などを充てる。

(C) 国産 HPC シミュレーションビジネス創出フェーズ：

上記、技術創出と技術活用 2 つのフェーズが、初期公的資金投入後も自立的に継続活動するため、民間資本を呼び込む仕組みとして機能させる。たとえば、中小ソフトベンダは、公設試等の持つ、その地域企業におけるニーズなどの豊富な情報を共有することにより、自身の開発方向性や市場開拓などのリスク低減が可能となり、ベンチャキャピタルなどからの資金供給を得やすくなると考える。公設試も、積極的にこのような活動に関わることにより、これまで“もの”に関する産業振興に偏りがちであったが、“ソフトウェア”産業振興における経験を積むことが可能になると期待する。

以上、本連携システムは、その国内先進シミュレーションソフト原石の育成過程において、中小ものづくり企業の競争力向上という本来目的の他、シミュレーション関連分野における人材育成や国内中小ソフトベンダの開発実力向上とその市場開拓をも推進でき、ものづくりシミュレーション分野における海外企業寡占リスク回避にも繋がると期待する。

以下に、『ものづくり連携システム』の各フェーズで、連携が想定されるメンバ(中小ものづくり企業、中小ソフトベンダ、大企業、大学、公設試、関係省庁など)の大まかな役どころ案を例示し、併せて想定される留意点などについても補足説明する(図 2)。

①HPC 技術創出フェーズ

本フェーズでは、主として大企業と大学等先端研究開発機関がその役割を担い、国産先進シミュレーションソフトの開発・改良、および関連 DB 構築などの周辺技術開発を行う。また、これらを十分に機能させるために、大学等研究者のインセンティブケアの仕組みも構築する。

具体的な仕組みとしては、東京大学産学連携本部などによる調査結果 [12, 3] を参考とした。すなわち、公的なソフトウェアインキュベーションセンタ(仮称)の設立を前提として、本センタ内にて、大学など先端研究開発機関は、先端的なソフトの原石を開発し、大企業は共通の興味を有するソフトに対しコンソーシアムを組み、その初期パワーユーザとして、大学など先端研究開発機関と供に、基本的な精度検証や使い勝手の向上に協力する。両者は、中小ものづくり企業といった潜在ユーザが興味を持つレベルまでソフトのブラッシュアップを図り、基本ソフト(標準プラットフォーム)として世に提供する。この基本ソフトは、この後、主として中小ソフトベンダによりその事業の一環として、さらに使いやすいソフトに育成され、②HPC 技術活用フェーズに供されることとなる。

本フェーズにおける機能は、ソフトウェアインキュベーションセンタにより推進される。その期待される役割や運用上の留意点としては、以下のような点が挙げられる。

(ソフトウェアインキュベーションセンタ)

- ・ソフトウェアインキュベーションセンタの初期設立資金は、公的支援と大企業コンソーシアム会費とするが、活動が軌道に乗った後は、会費にてセンタの維持運営を行う。
- ・ソフトウェアインキュベーションセンタは、スーパーバイザ/ソフト評価委員会も兼ねる。
- ・企業で利用できるために必要な物理モデルや機能に対する開発ロードマップを、議論・共有できる場を(業種毎に)つくる。
- ・多数の開発者が効率的なソフト開発を行えるような、ソフトウェア工学に基づいた開発指針を作成する(大学のソフトウェア工学研究者とソフトベンダの協力による)。
- ・シミュレーションの精度検証、利用に際しての事例集構築。
- ・解析精度を高めるための、周辺技術(解析境界条件 DB の構築や、すでに構築されている多種多様な国 DB(材料物性等)の利便性向上、整備)研究の推奨、加速。
- ・解析と計測、実験の連携に対する研究連携、ノウハウの情報共有の仕組み構築
- ・将来の HPCI 利用を睨み、共通の使い勝手となるよう、GUI、DB 仕様を設計する。
- ・大学研究における、ソルバ研究のみならず、プリ・ポスト、可視化技術といったソフトウェア育成開発への貢献を推奨、加速。
- ・そのために大学の研究者の評価指標を学術論文のみならず、『社会貢献』といったようなものも含む評価の多様化への取り組みを推進する。更には、これら評価指標を用いた人材マネジメント手法(例えば『エフォート管理』[13])も検討し、人材育成計画の一助とする。
- ・インキュベーションにおいては選択と集中の考え方を取り入れ、実用ソフトウェアへのブラッシュアップが見込めるものに資源と集約することも運営上、検討するべきである。

②HPC 技術活用フェーズ

本フェーズでは、先述したように、地域により域内の中小ものづくり企業のシミュレーション技術に対するニーズ^①感や情報、知識に濃淡が見られる一方で、公設試による地域の実情に応じた多彩な取り組みがなされていることを鑑み、地域産業構造に精通し、中小企業との関係も深い公設試など地域産業振興機関を域内中小企業の連携のハブとして仕組みを構築するのが有効であると考えます。公設試等の役どころは、下にいくつか示すが、ソフト利用環境整備、ノウハウ・技術の横展開の仕組み、企業人材育成など多様なものとなる。また、当然、主役である中小ものづくり企業の役割もニーズ、成功事例の発信など重要となる。さらに、大企業もその OB やシニア世代は、人材育成の貴重な戦力と考える。

(公設試など)

- ・域内中小ものづくり企業の特性に応じたシミュレーション技術利活用の啓蒙活動。
- ・シミュレーション技術に関する、ワンストップサービス窓口。無償又は低価格でソフト試用環境の提供。
- ・シミュレーション技術に関する、課題やニーズの収集と、自身で対応可能な課題については対応し困難なものについては、地域大学などと連携してこれに対応するといった、課題・

ニーズから解決に至るまでのマネジメント。

- ・地域大学や高専などと連携し、ものづくり感覚とシミュレーション活用の両立を目指す教育システムの構築を図る。

＊例えば、大企業シニア技術者、大学(教員、ポスドク、院生)、高専生などでシミュレーション技術を用いた開発、現場課題解決の連合チームを結成して、中小企業の方と供にプロジェクト的な活動することで、シミュレーション技術の望ましい展開ストーリーを構築しつつ、その一方でシミュレーションに関心を持ち、その技術に長け、現場にも通用する人材も育成出来ないものかと考える。

- ・広域連携も含む、他公設試や中小企業支援機構などとも連携し、シミュレーション技術に関する成功事例の収集と情報発信など技術交流を行う。

(中小ものづくり企業)

- ・中小ものづくり企業の役割も重要で、公設試等に積極的に相談することで、ニーズ収集に協力願い、更に、開発等における成功事例も、自社の技術力アピールの有力手段とお考えいただき、提供の協力を願う。但し、ニーズ、成果の開示は、メリット-デメリットがあるため、メリット最大化の方策が必要。

(大企業)

- ・雇用形態や守秘義務などに関する検討は要するが、大企業シニア技術者世代は、その経験を活かし各地公設試と協力してシミュレーション技術の導入から利活用、個別課題への対応、人材育成などに当ることも検討する。更には、中小ものづくり企業の目利役も行い業容拡大にも協力する。シニア人材の活用についてはNPO法人なども受皿になりうるので、このような組織との積極的な関与が期待される。

③国産 HPC シミュレーションビジネス創出フェーズ

本フェーズでは、主として、中小ソフトベンダが自身のビジネス展開を図り、これに公設試などが積極的に支援を行うことで、国産シミュレーションソフト産業および関連市場創出・育成による自立的開発資金還流の仕組み確立、海外ソフト支配からの脱却を図る。本フェーズにおける機能や留意点としては、以下のような点が挙げられる。

(中小ソフトベンダ)

- ・中小ソフトベンダは、ソフトウェアインキュベーションセンタや各地公設試との連携を図ることにより、中小ものづくり企業のシミュレーションに関する細やかな市場ニーズや市場規模感など、ソフトベンダとしての開発や事業への投資判断となる情報を得られるはず。これを基に、ソフトウェアインキュベーションセンタで基本育成されたソフトを、更にブラッシュアップし、中小ものづくり企業にきめ細やかな対応を行う。
- ・他の連携メンバと意見交換の場を作り、中小ものづくり企業が利用しやすいソフトウェアの課金方法の検討(必要機能に応じたオンデマンドタイプのソフトやASPの方法など)。

- ・上記ソフトウェアインキュベーションセンタと連携し、自身が効率的な開発が可能となるような、ソフトウェア工学に基づくソフト開発基本ルールを定める(DB ソフトなど利便性を高める周辺技術も含む)。

(公設試など)

- ・中小ソフトベンダが事業判断に用いることが可能な市場ニーズや市場規模情報開示して、中小ソフトベンダの事業支援を推進する。
- ・中小ソフトベンダが開発したソフトの販路開拓サービスや企業マッチングサービスを推進する。

(国など関係省庁)

- ・シミュレーション技術導入に意欲のある中小ものづくり企業や、またそれをバックアップする中小ソフトウェア開発企業に対する資金援助策を講じる。
 *例えば『中小ものづくり高度化法』の『特定ものづくり基盤技術(現在 20 技術が選定されている)』に新たに 21 番目の技術として、各分野横断基盤技術であるシミュレーション技術を加え、中小企業でのシミュレーション技術導入支援の一助とする。これまで“もの”に関する産業振興に偏りがちであった中小企業への諸施策から、“ソフトウェア”への施策の充実を図るべきである。
- ・HPC シミュレーションビジネスが大きく拡大するためにも、これに携わる人材の技術力の認定制度の整備が望まれる。学会等でも資格認定制度を行っているが、国等が認定する制度の制定とその活用が望まれる。

以上述べた内容はまだ構想段階であり、実現には現実的な課題も数多く、今後、本連携システムの詳細構築を進める上で、既存の施策に関する広範な知見などが必要である。

そのため、実際に現場で活動にあたるメンバ(中小ものづくり企業、中小ソフトベンダ、大企業、大学、公設試など)をはじめとして、関係部署、関連省庁の協力を得て、本システムの具体的内容検討を進めるため、来年度も継続して本研究会にて検討を行いたい。

以上

【参考文献】

1. 産業競争力懇談会2011年度研究会中間報告, 【HPC(High Performance Computing)応用研究会】
～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～,
<http://www.cocn.jp/common/pdf/thema48-s.pdf>, 2011
2. 報告ものづくり支援のためのシミュレーションの品質保証に向けて, 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, 2011 年4 月28 日
3. 『研究用シミュレーションソフトウェアに係る国産技術の技術移転に関する調査』、みずほ情報総研株式会社, (調査協力 東京大学産学連携本部) NEDO ライブラリ> 成果報告書データベース,
http://www.nedo.go.jp/library/database_index.html に登録後 logion し管理番号 100010747
で検索
4. 『平成 18 年度 経済産業省 産学連携製造中核人材育成情報提供等事業「産学連携による先端シミュレーションソフトウェア人材育成のための環境整備に関する調査」成果報告書』、みずほ情報総研株式会社, (調査協力 東京大学産学連携本部) 東京大学 産学連携本部ホーム > 広報・情報発信 > 調査研究報告書 > (2007 年 3 月)
www.ducr.u-tokyo.ac.jp/jp/materials/pdf/report/report_H18_meti.pdf
5. 『産学連携の現状と今後の取組』, 産学連携推進小委員会, (2007 年 4 月)
www.meti.go.jp/press/20070423005/sangaku-houkoku.pdf
6. B. H. McCormick, T. A. DeFanti, and M. D. Brown: “Visualization in scientific computing”,
ACM SIGGRAPH Computer Graphics, 21 (6) (1987.11)
7. 遠藤, 見える化-強い企業をつくる「見える」仕組み, 東洋経済新報社 (2005)
8. J. J. Thomas and K. Cook (eds.): Illuminating the Path: Research and Development Agenda for
Visual Analytics”, IEEE Computer Society Press (2006),
<http://nvac.pnl.gov/agenda.stm>(2011 年11 月現在)
9. 日本シミュレーション学会編, シミュレーション辞典, コロナ社, 2012
10. VisTrails, The University of Utah, Scientific Computing and Imaging Institute,
<http://www.vistrails.org/>(2011 年11 月現在)
11. 文部科学省, 科学技術イノベーション政策における「政策のための科学」 基盤的研究・人材育成拠点整備事業の公募における採択機関の決定について,
http://www.mext.go.jp/b_menu/boshu/detail/1314746.htm, 2012
12. 『産学連携の意義とソフトウェア技術移転の課題』, 小川勝彦、本間高弘、大谷泰昭 みずほ情報総研技報 Vol. 2 No. 1(2010 年 3 月) www.mizuho-ir.co.jp/publication/giho/pdf/002_09.pdf
13. 『米国の大学におけるエフォート管理の実態調査』, 産業技術研究助成事業(若手研究 Grant) 調査成果報告書(2006 年 1 月)www.nedo.go.jp/content/100082825.pdf

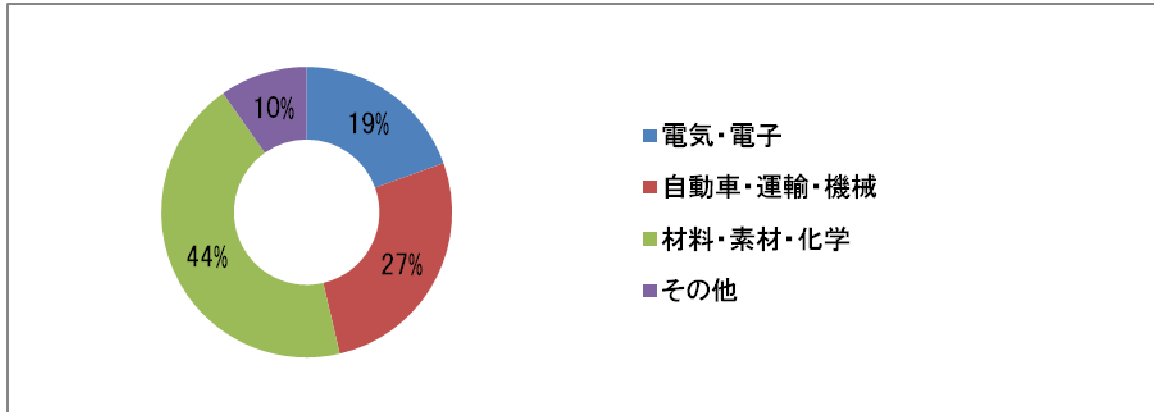
以上

【参考資料(アンケート概要)】

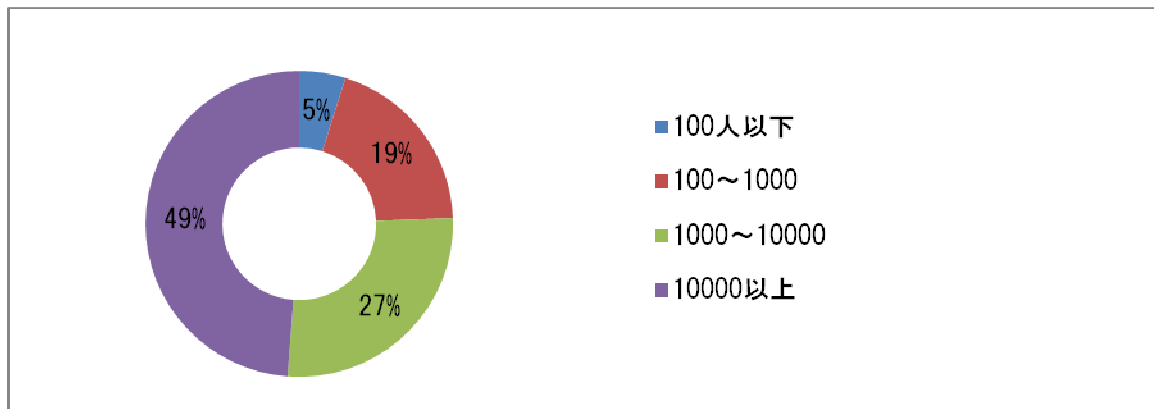
アンケート内容の詳細(主なものを掲載)

□回答者のカテゴリ：

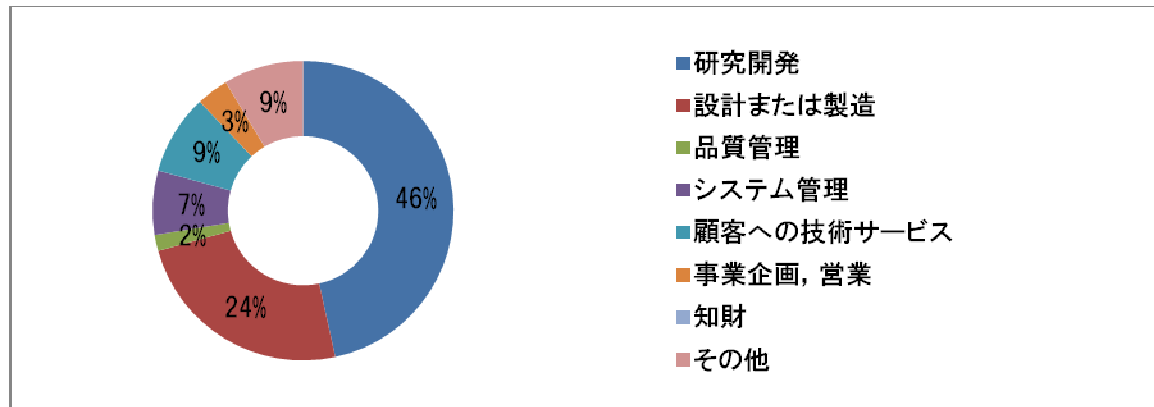
(1) 右記の業態で最も近いものをお選びください。



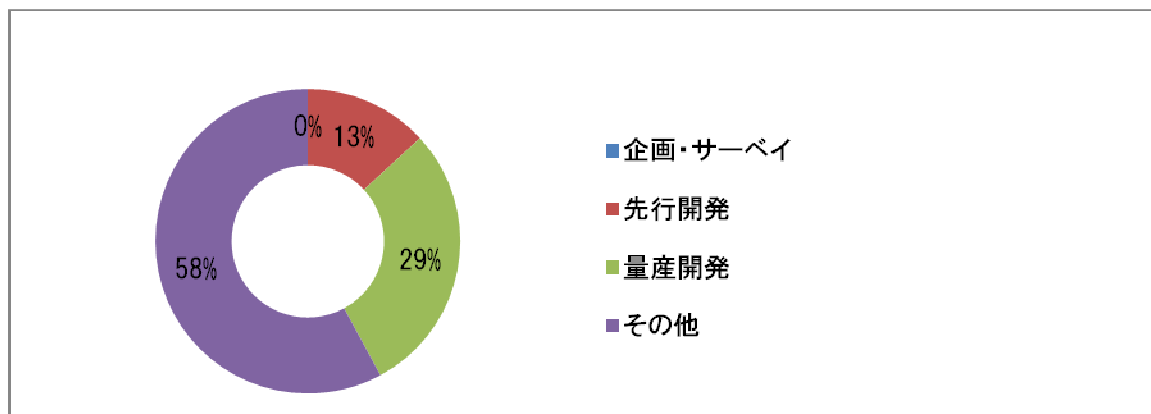
(2) 貴社の会社規模をお選びください。



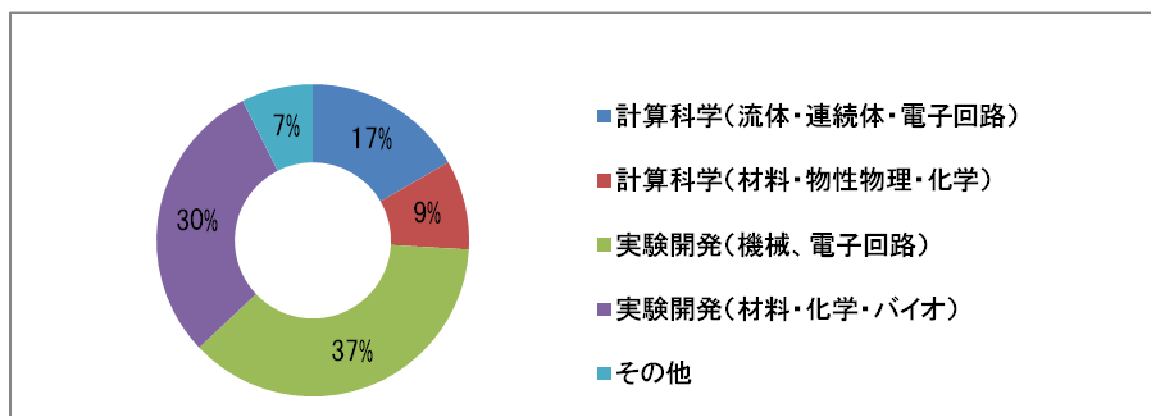
(3) 御回答者の所属されている部署の主たる業務は何ですか。(複数回答可)



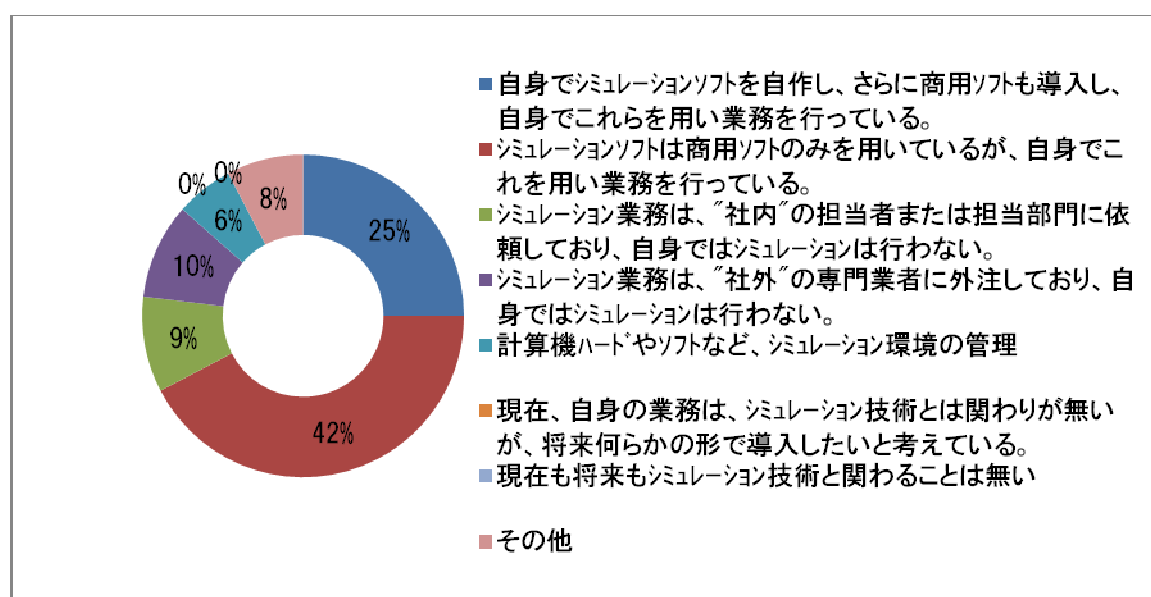
(4) (3)で①②と回答された方で、担当している開発フェーズは何でしょうか。(複数回答可)



(5) 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)



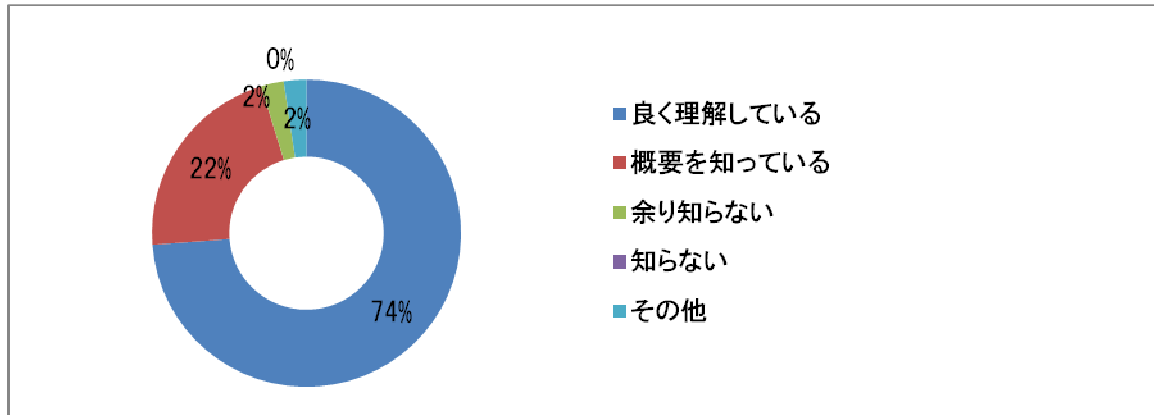
(6) 回答者御自身は、どのようにシミュレーション技術を利用されていますか。(複数回答可)



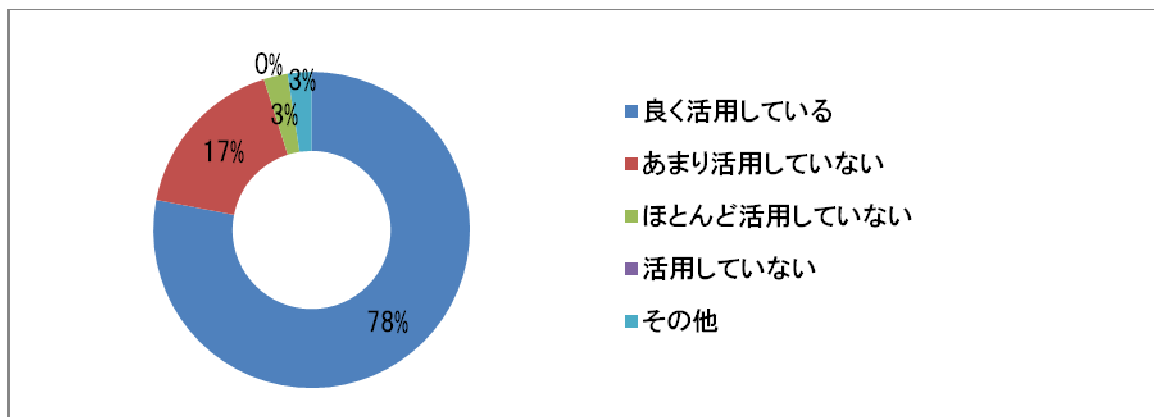
□計算科学シミュレーションの利活用について：

a. 計算科学シミュレーション分野の定着度や利活用の程度

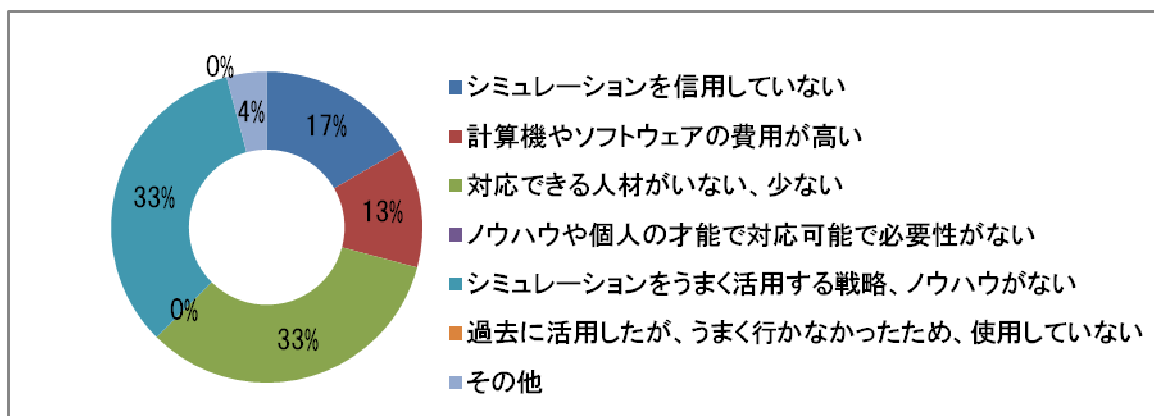
(1) 計算科学やシミュレーションを知っていますか。



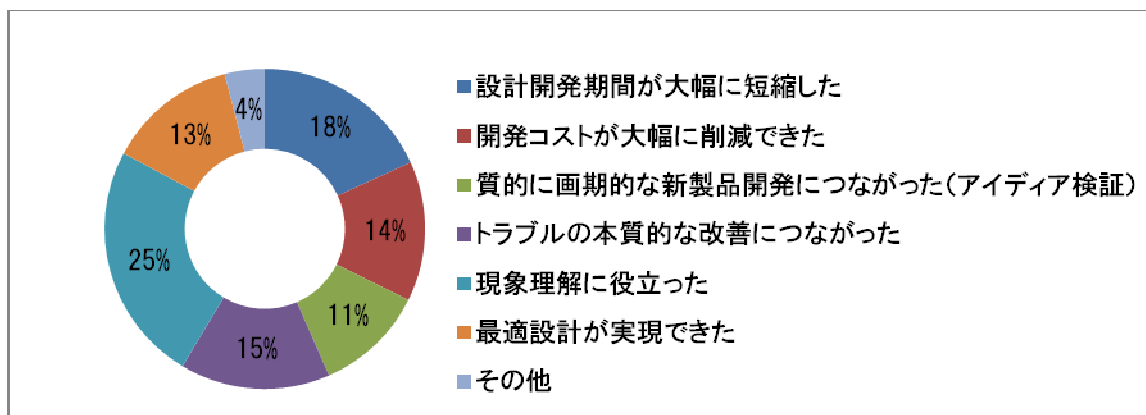
(2) 貴社ではシミュレーション技術をものづくり(研究開発・設計・試作・生産・故障解析・分析などの全てのプロセスを含む)に活用していますか。



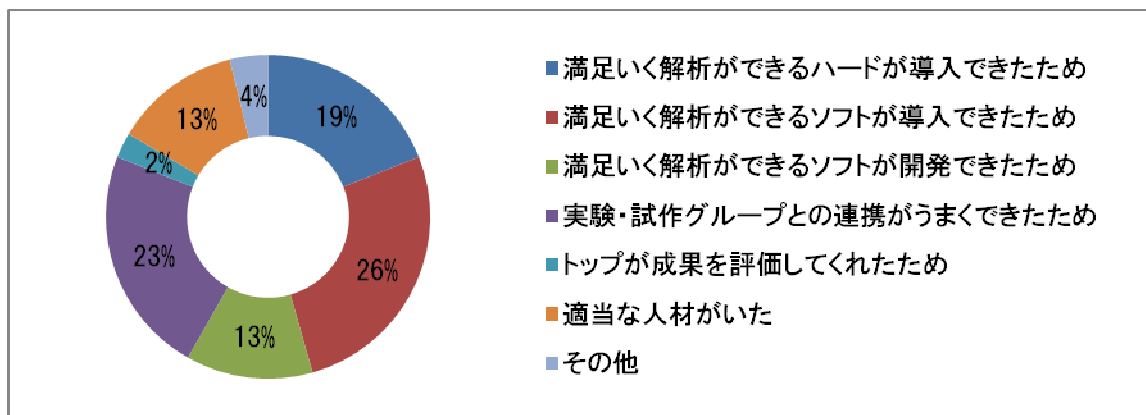
(3) (2)で「あまり活用していない」「殆ど活用していない」「活用していない」を回答した方で、理由を下記から選択ください。(複数回答可)



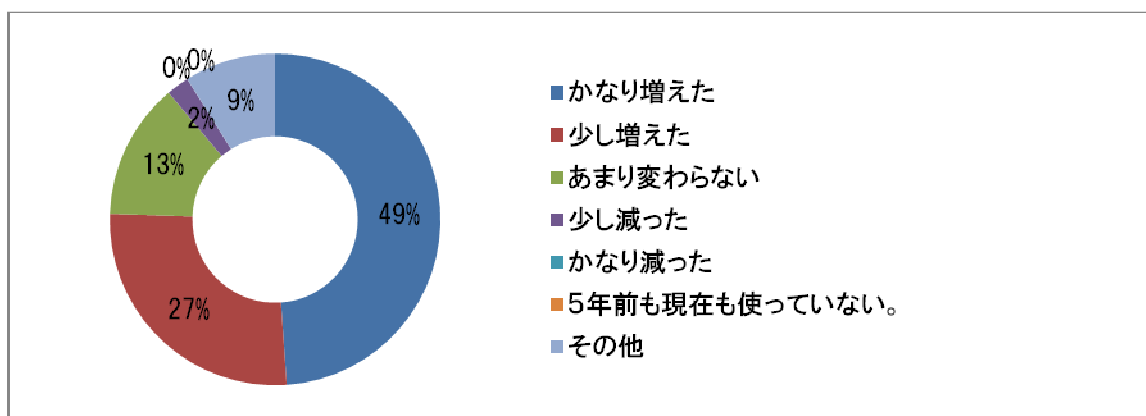
(4) (2)で「よく活用している」を回答した方で、シミュレーションをよく活用する理由を下記から選択ください。(複数回答可)



(5) (2)で「よく活用している」を回答した方で、(4)の回答が得られた一番の要因は何ですか。以下から選択ください。(複数回答可)

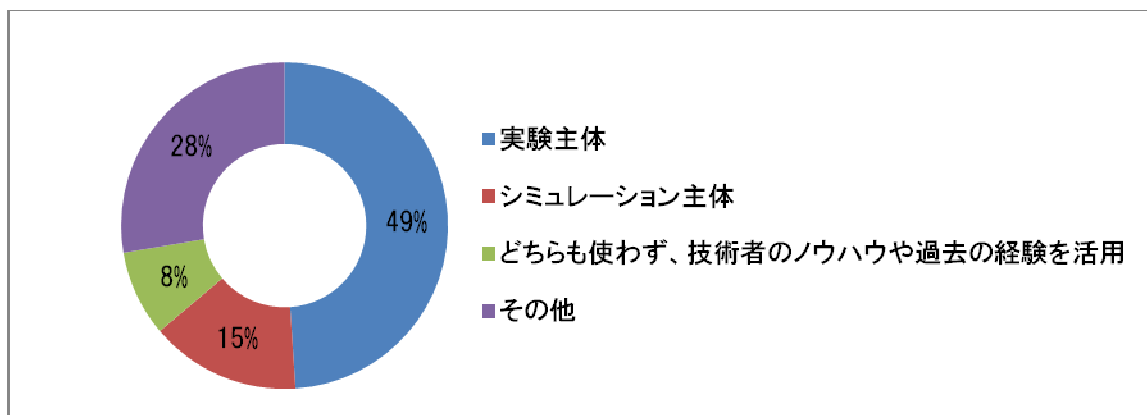


(6) 5年前に比べてシミュレーションの活用は増えましたか。

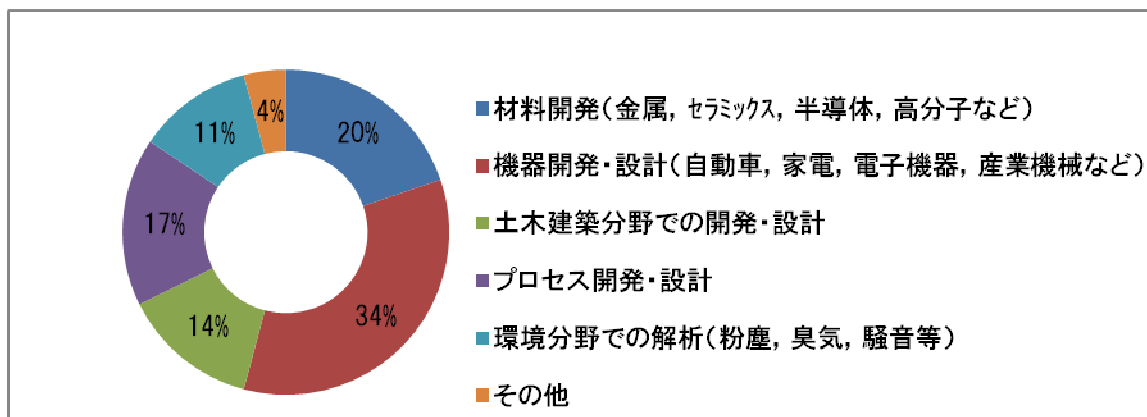


b. 貴社の製品開発において、シミュレーションへの期待度と問題点

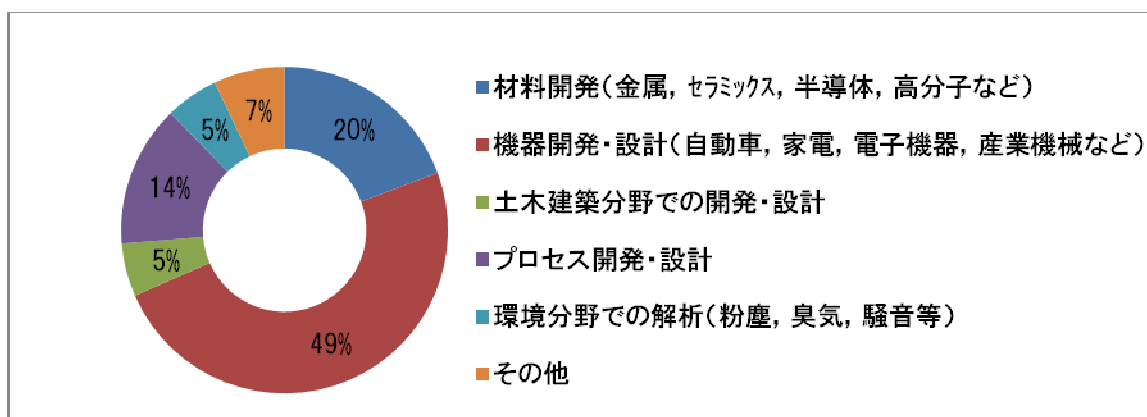
(1) 製品開発(ものづくり)における主な活用技術は何でしょうか。(複数回答可)



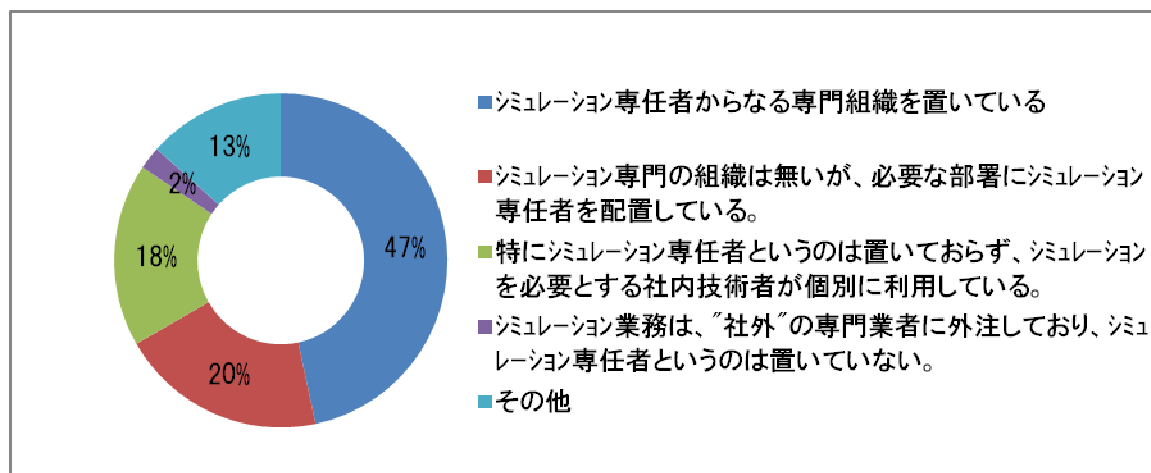
(2-1) 貴社にてシミュレーション技術を利用されている場合、どのような分野で利用されていますか。(複数回答可)



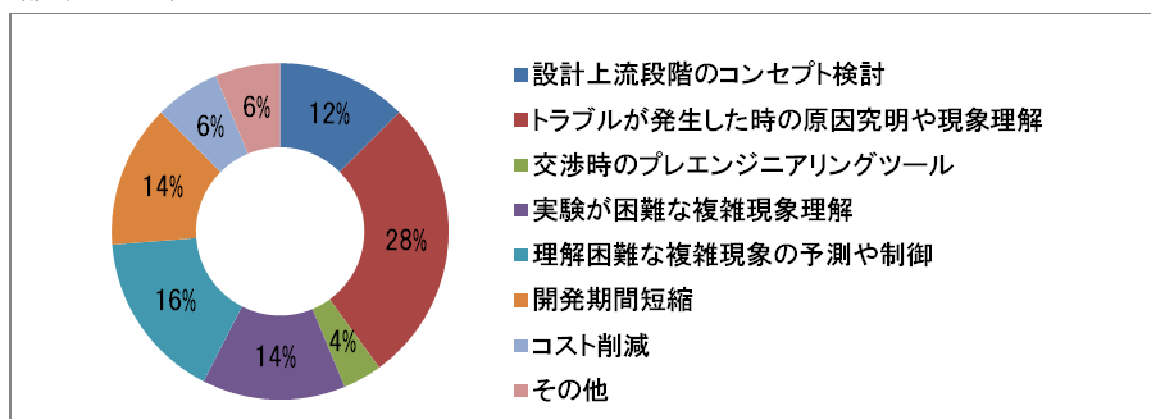
(2-2) また、回答者御自身がシミュレーション技術を利用されている場合、どのような分野ででしょうか。(複数回答可)



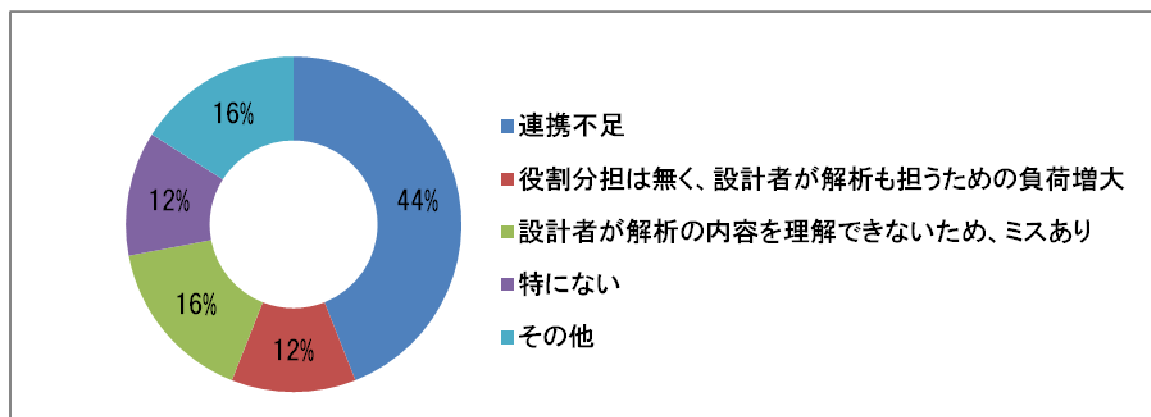
(3) 貴社において、シミュレーション技術専任者を置いておられますか。



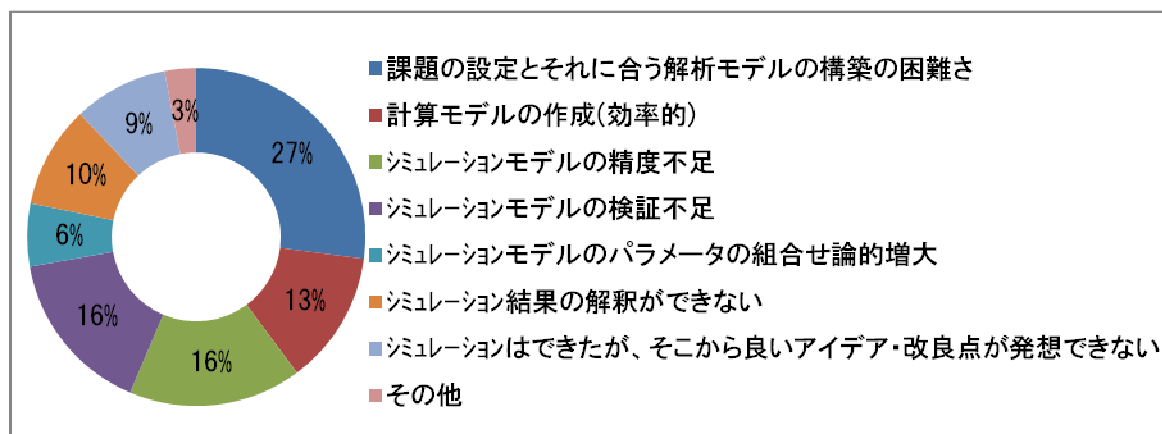
(4) どういう時にシミュレーションが役に立つ、会社で認められると感じますか。
(複数回答可)



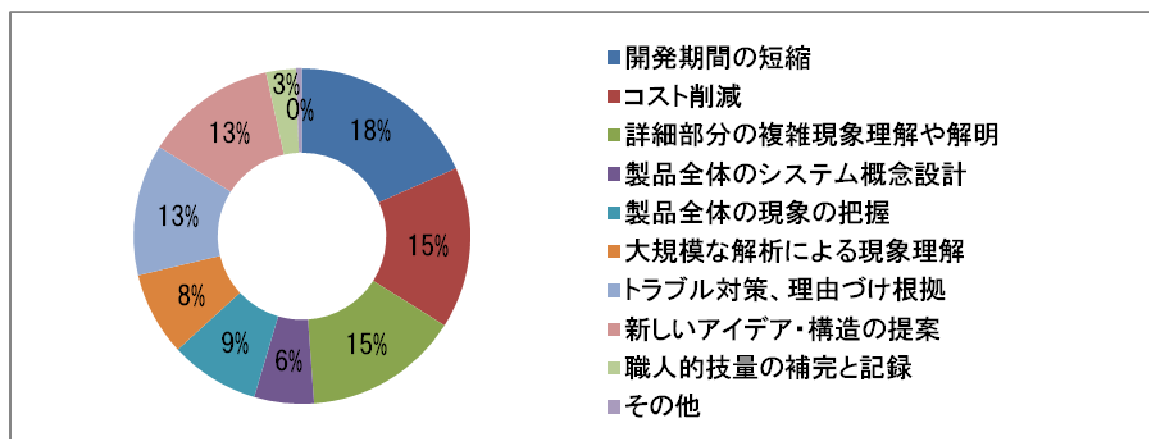
(5) シミュレーション専門者と設計者の役割分担の課題はなにかありますか。(複数回答可)



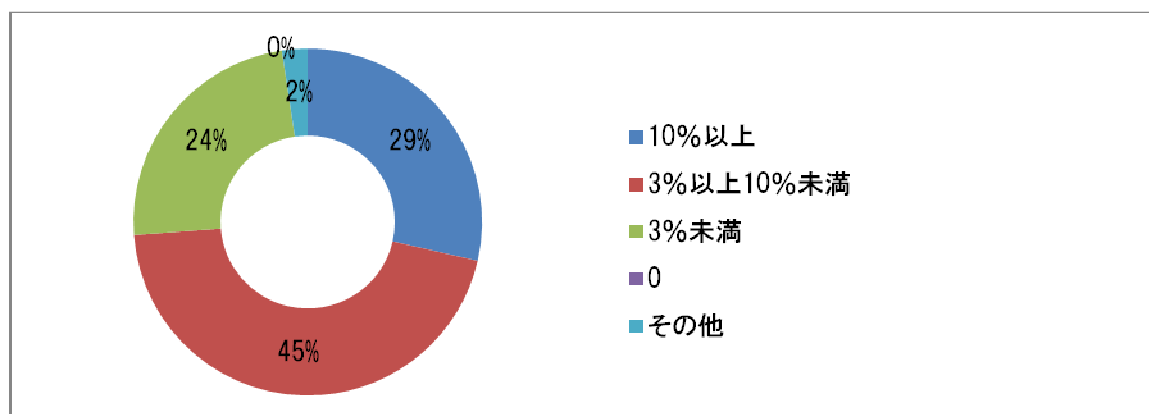
(6) シミュレーションを設計・製造に活用する時の問題点は何ですか。(複数回答可)



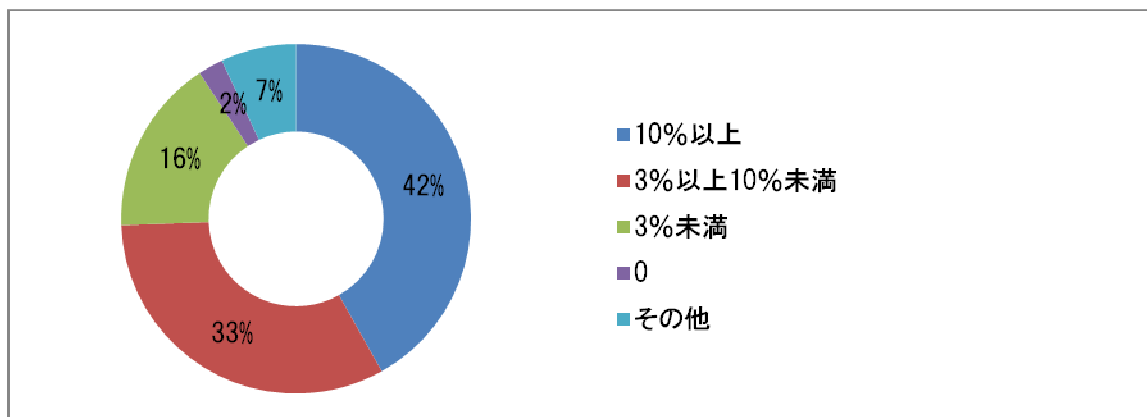
(7) 実際のものづくりで、シミュレーションに期待するところは何ですか。(複数回答可)



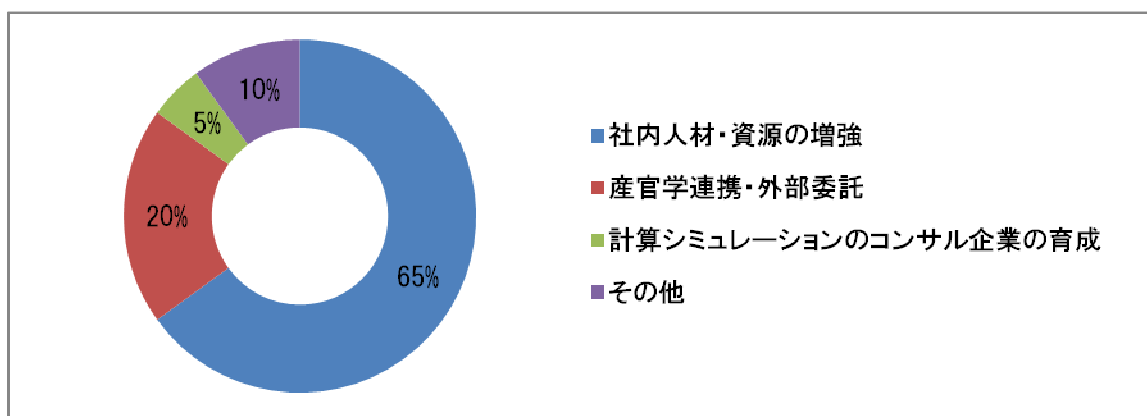
(8) 現状で、計算シミュレーションに充てるべき予算はどの位が適切だと思いですか。



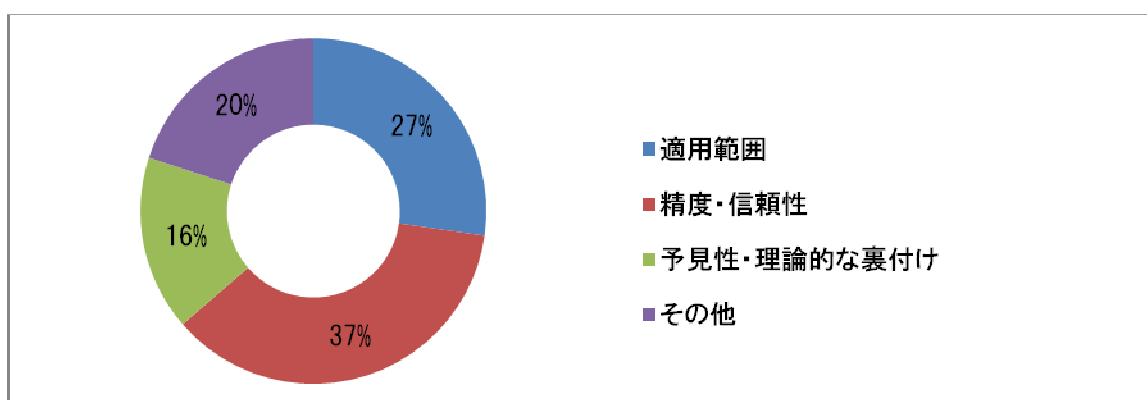
(9) 10 年後、計算シミュレーションに充てるべき予算は全体の何%になると思いますか。



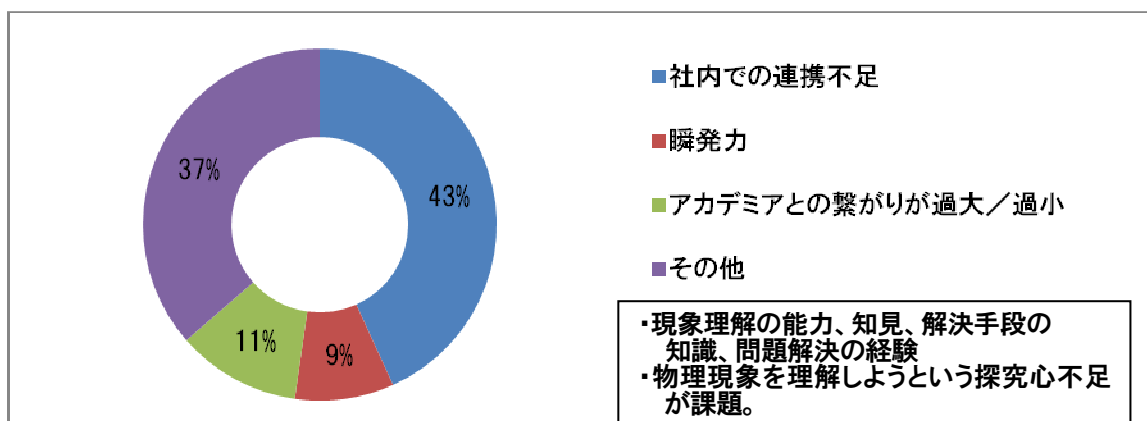
(10) 10 年後と現状の差を埋めるために何が必要と思いますか。



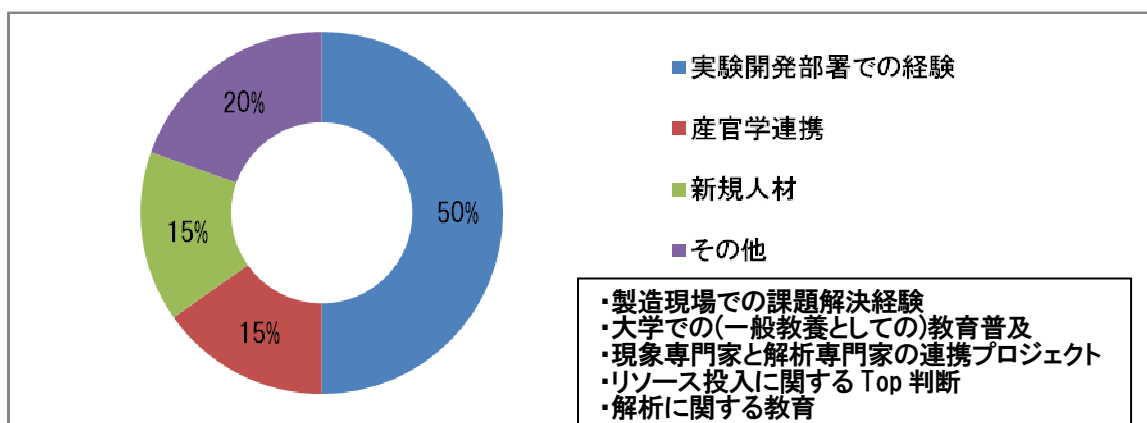
(11) 現状の計算シミュレーションで何が不足していると思いますか。



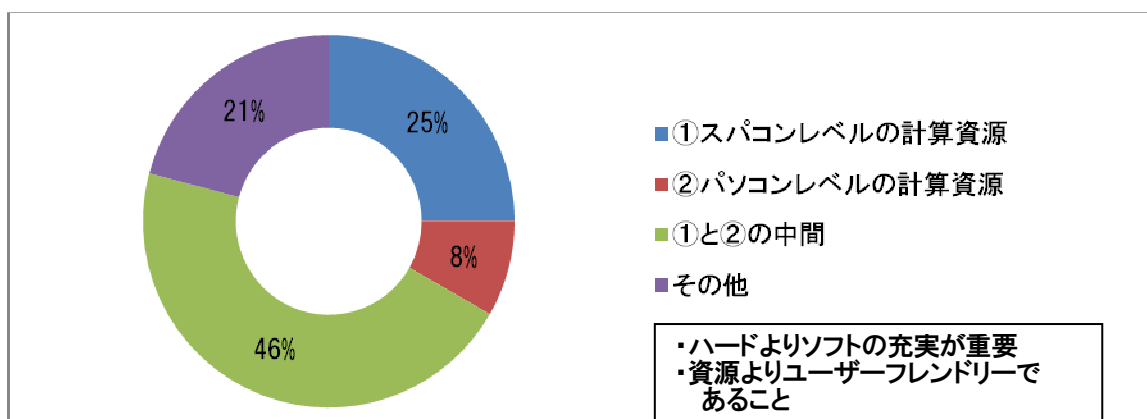
(12) 貴社の計算シミュレーション人材の問題は何処にあるとお考えですか。



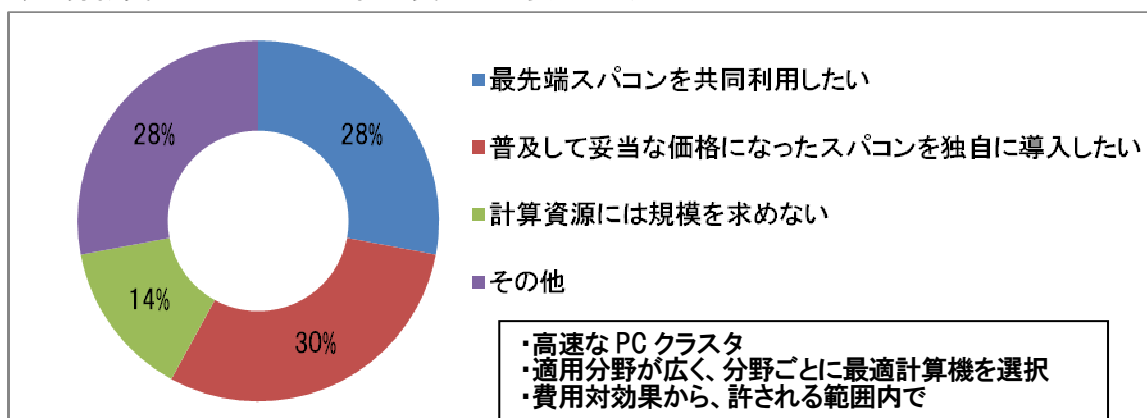
(13) 上記(12)の問題の解決策として何が有効だとお考えですか。



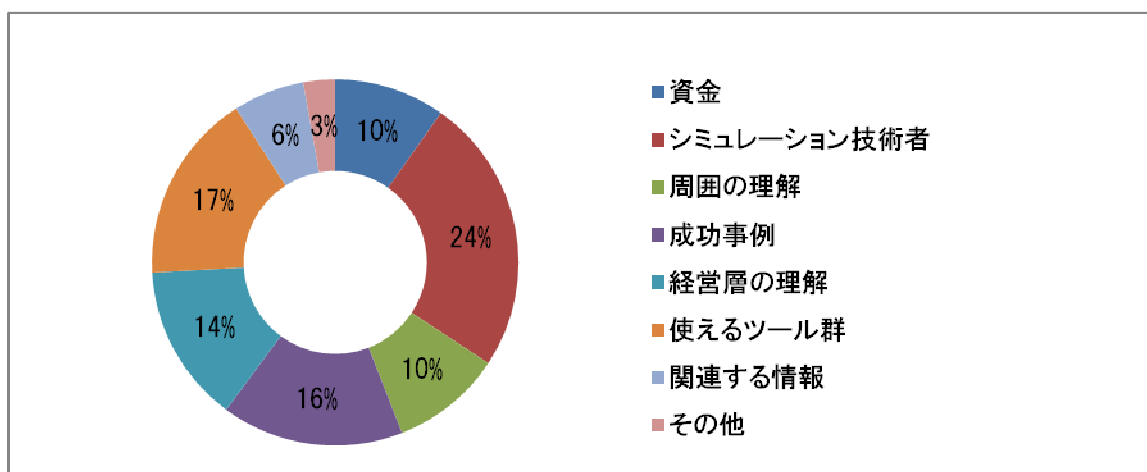
(14) 計算機資源についてどのような資源が必要とお考えですか。



(15) 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。

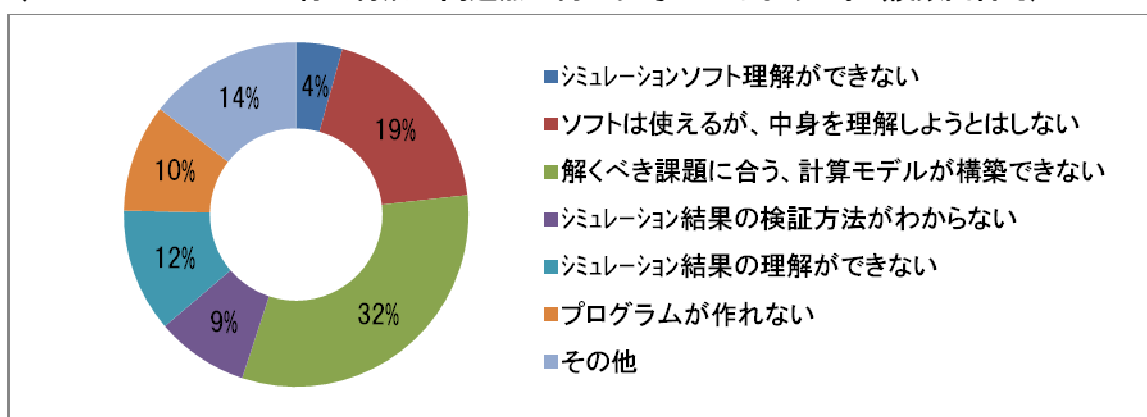


(16) シミュレーション(解析)をものづくりに浸透させるために、今必要としている資源は何ですか。(複数回答可)

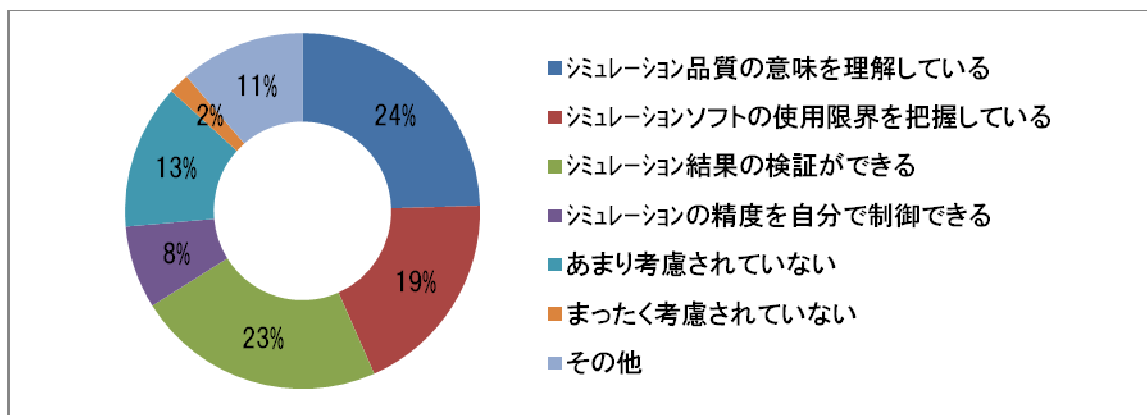


c. 人材育成・シミュレーション環境

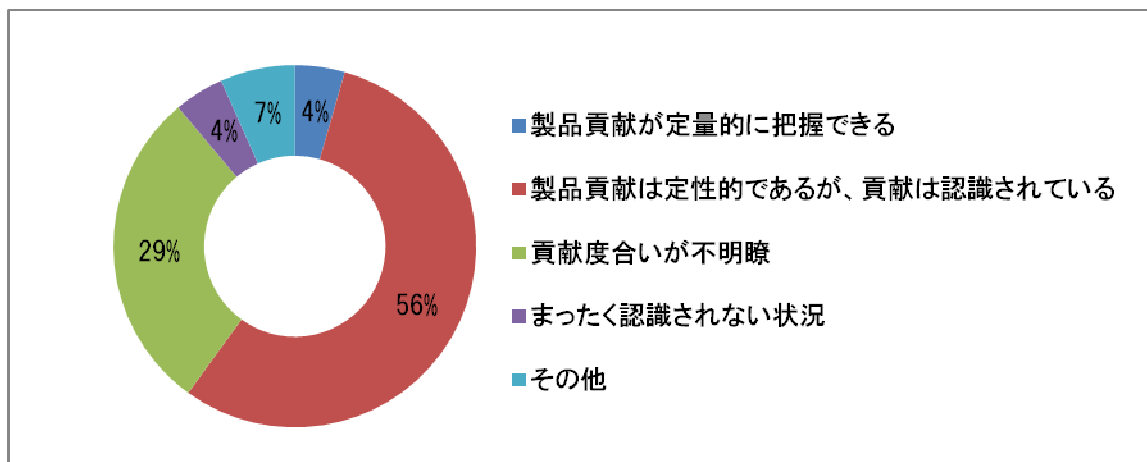
(1) シミュレーション人材の育成の問題点は何とお考えでしょう。(複数回答可)



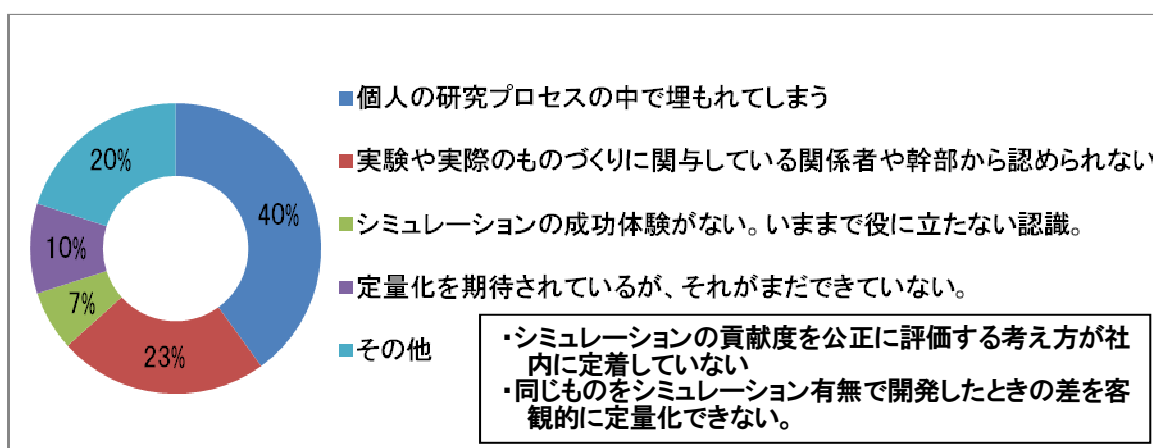
(2) シミュレーション品質(解析モデル妥当性、実験との比較検証)はどの程度理解されていますか。



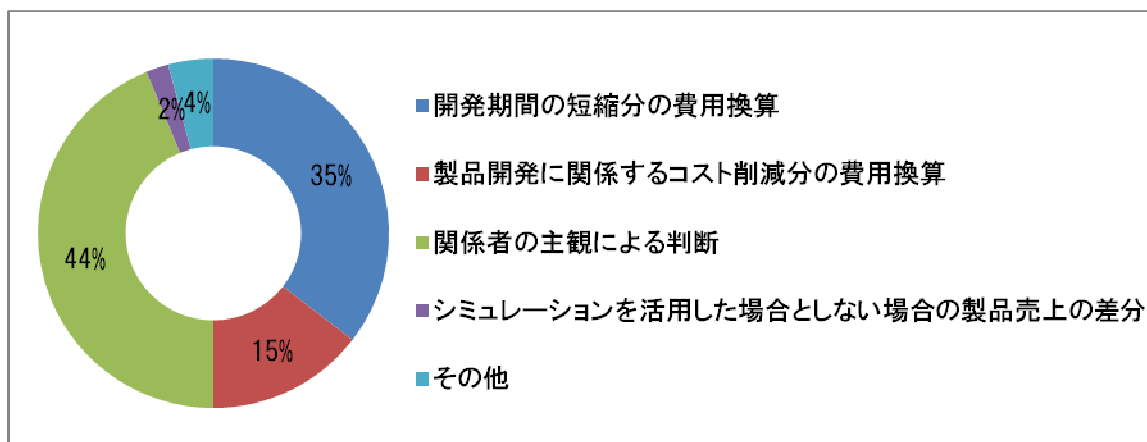
(3) シミュレーションの製品開発への貢献度の定量化についてどの程度なされているでしょうか。



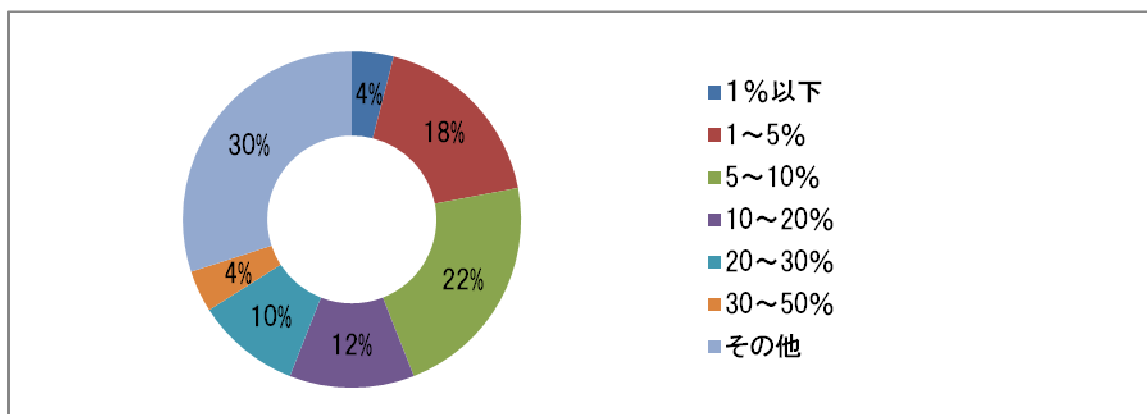
(4) (3)で「貢献度合いが不明瞭」「まったく認識されない状況」に回答された方へ、貢献度合いが定量化できない理由は何でしょうか。



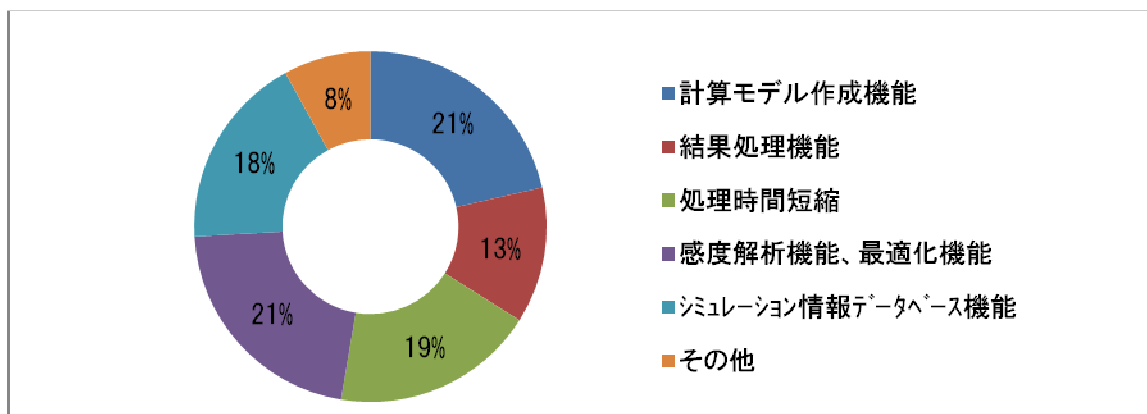
(5) (3)で「定量的、定性的に把握できる」と回答された方で、定量化、定性化が行われている方法で該当する内容を記載ください。



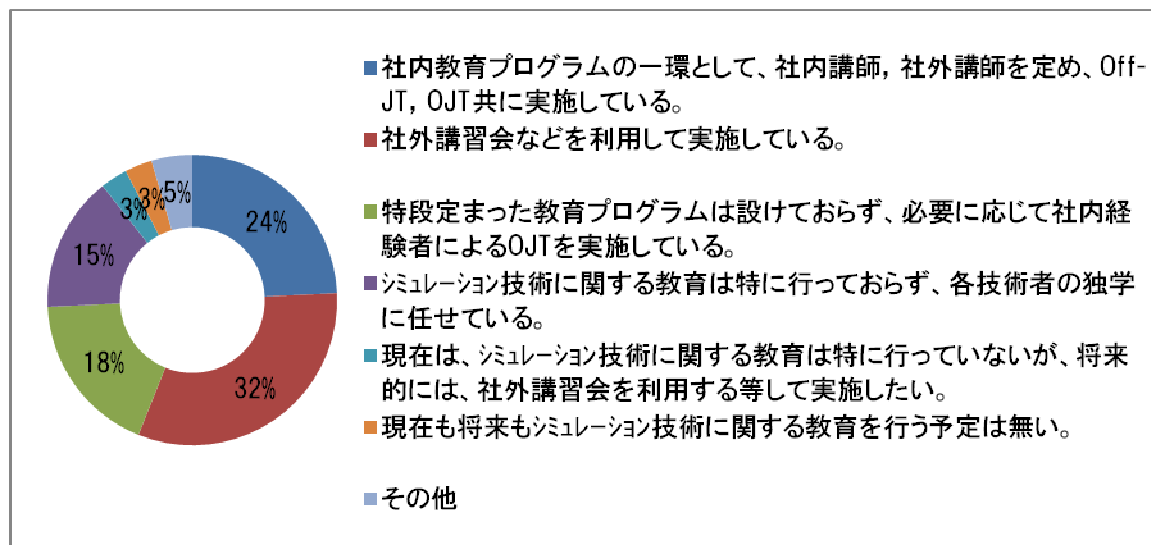
(6) シミュレーションの製品開発への寄与度(貢献度合い)を考えた場合、その程度はおおよそいくらでしょうか。可能でしたらその理由も記載ください。尚、製品開発プロセスの中の特定業務を限定して御回答いただいても結構です。



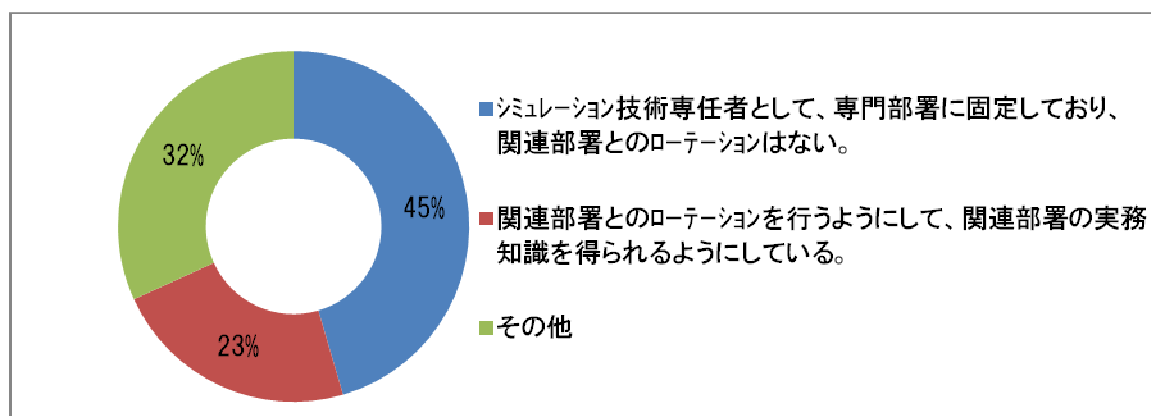
(7) 今後、さらにシミュレーションを活用拡大するにはどういう機能・技術が重要とお考えでしょうか。(複数回答可)



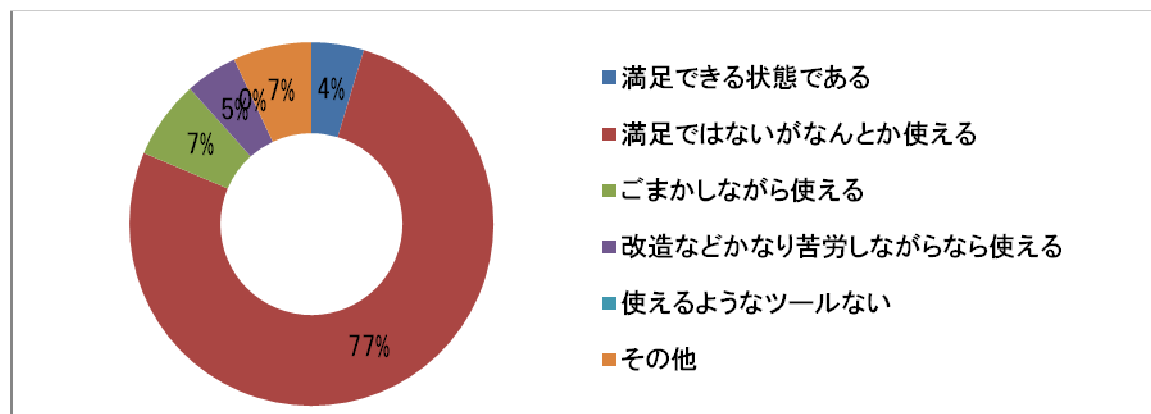
(8) 貴社においてシミュレーション技術に関する従業員教育を実施されていますか。
(複数回答可)



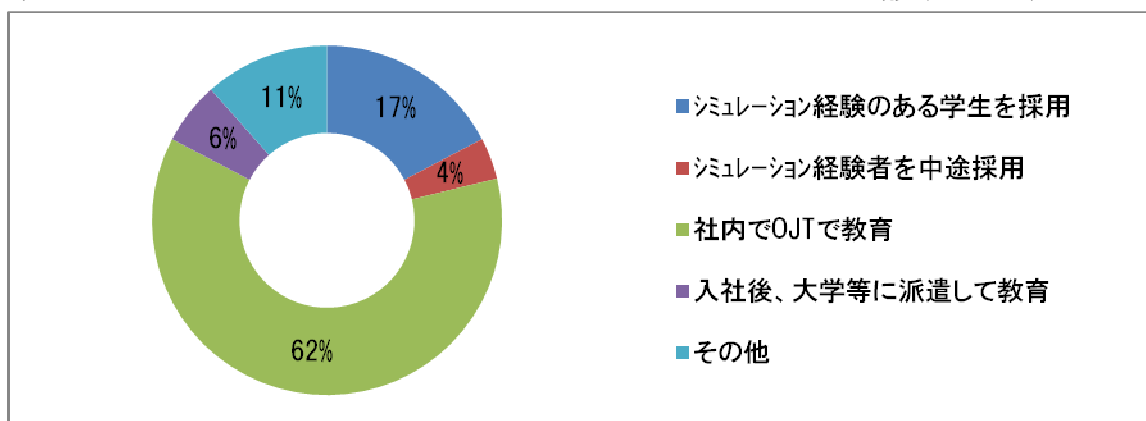
(9) 貴社においてシミュレーション技術に従事される方がおられる場合、その方々に特定のローテーションなどを設定されていますか。



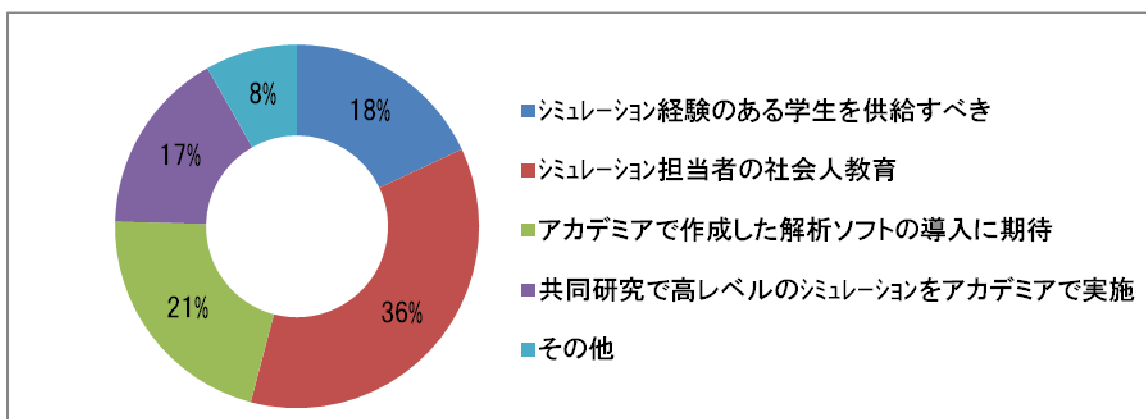
(10) 現存するシミュレーションツールについて、その満足度はいかがでしょうか。



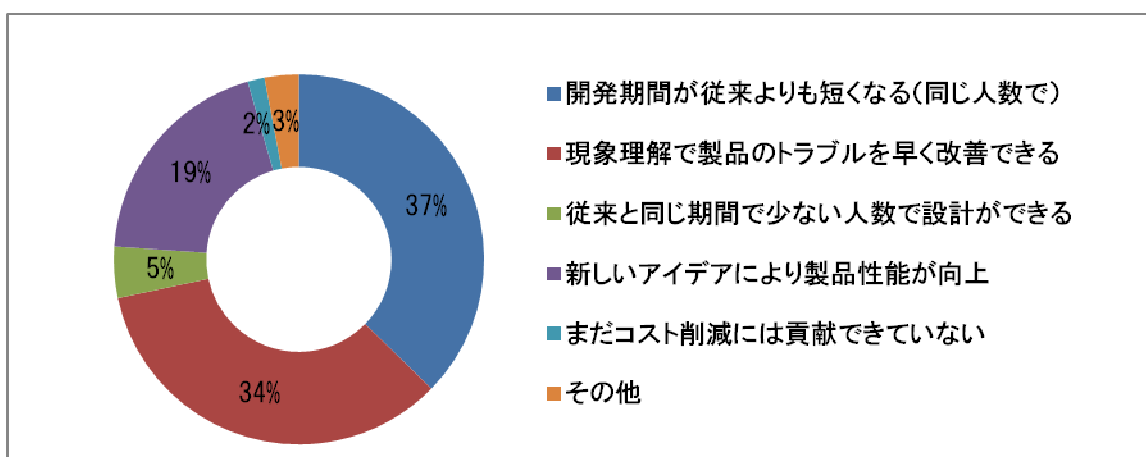
(11) シミュレーション人材の育成は具体的にどうしておられますか。(複数回答可)



(12) シミュレーションに関する産学連携はどのようにお考えでしょうか。(複数回答可)

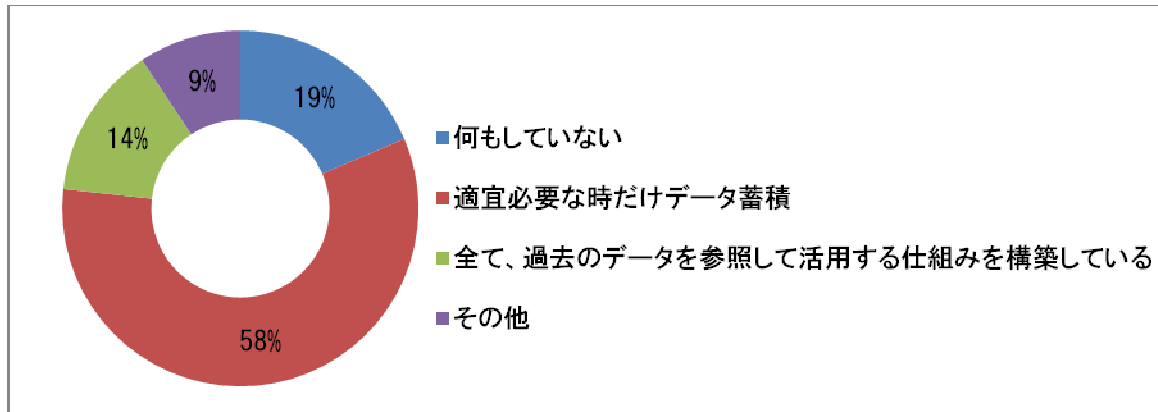


(13) シミュレーションを活用することでコスト削減が期待されていますが、どのような具体的な効果がありますか？(複数回答可)

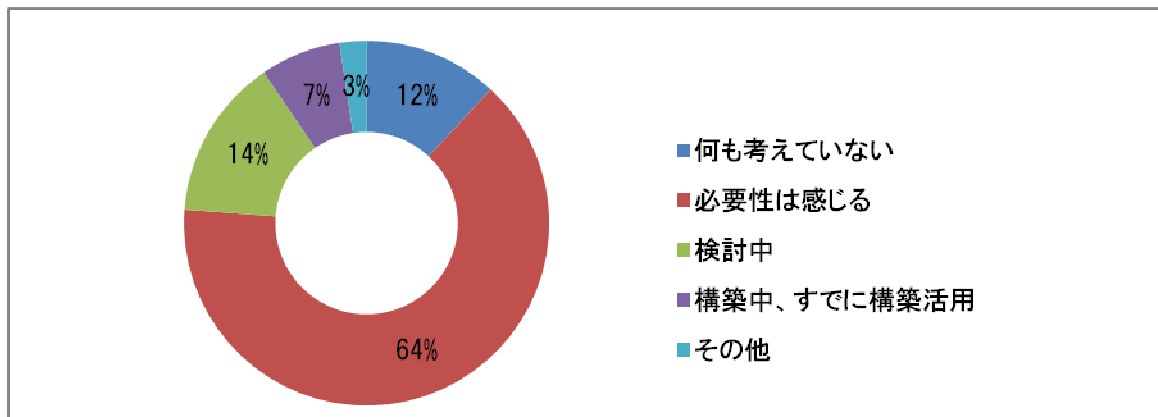


ロシミュレーションのデータ活用や検証について

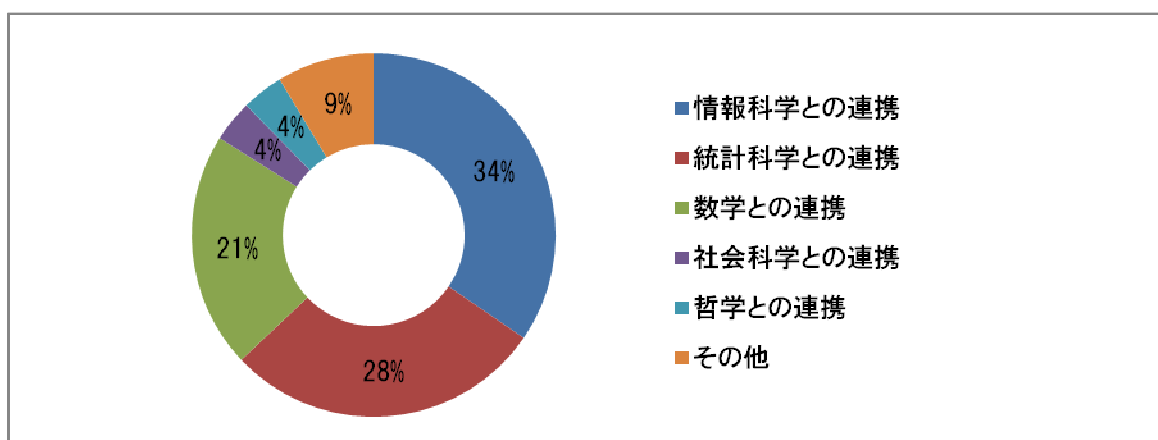
(1) シミュレーション結果や計算モデル等の蓄積データを有効活用されておりますか。



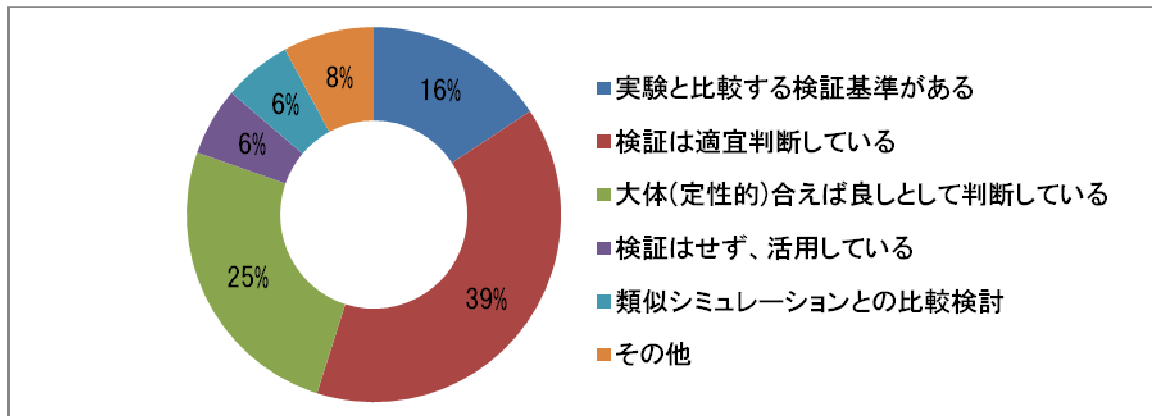
(2) 誰でも活用できるシミュレーション情報(解析結果やノウハウDB)のプラットフォームは必要ですか。



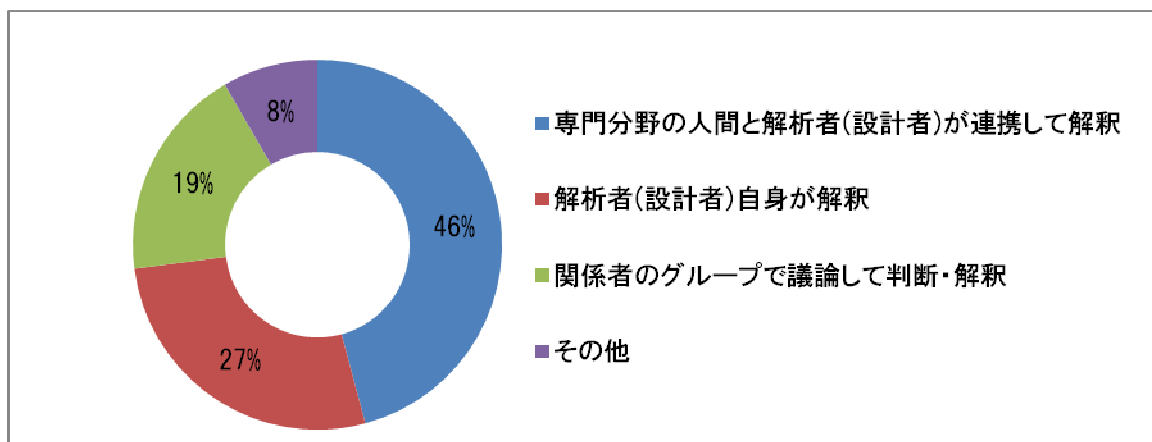
(3) 今後、計算機の発達に伴い、大量なデータが処理されていることが予想されますが、そのための新たな技術・異分野との連携の必要性は感じておられますか。(複数回答可)



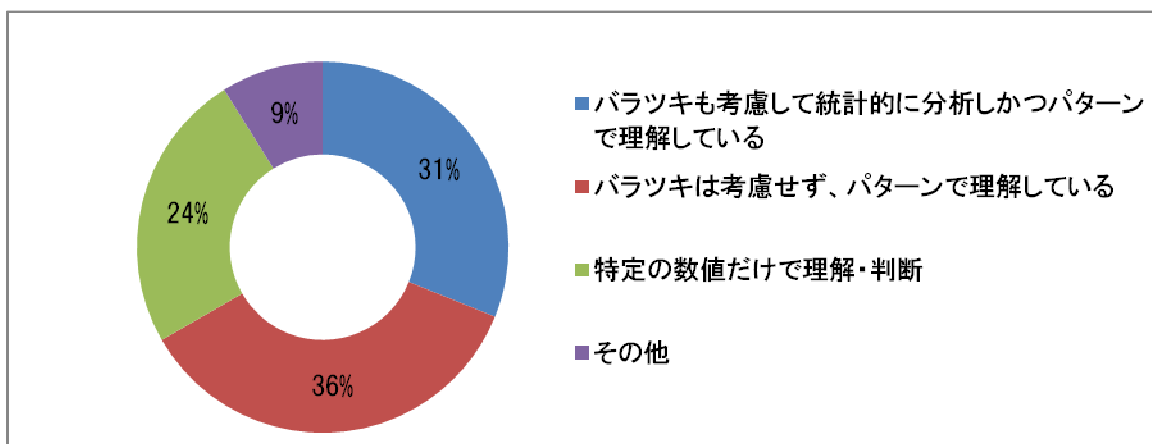
(4) シミュレーション結果をどのように検証して活用しておられますか。



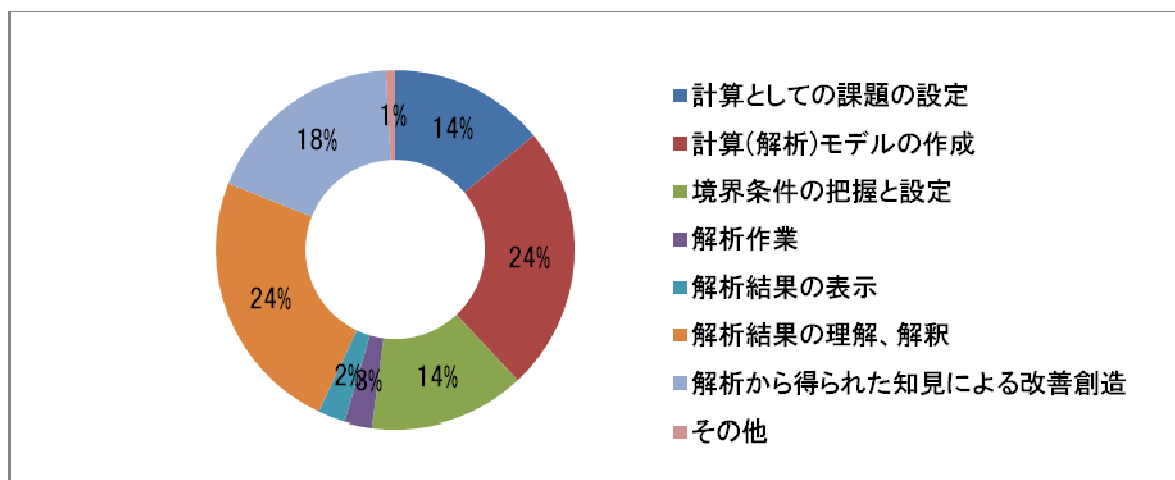
(5) シミュレーション結果はどのように理解してものづくりに活用しておられますか。



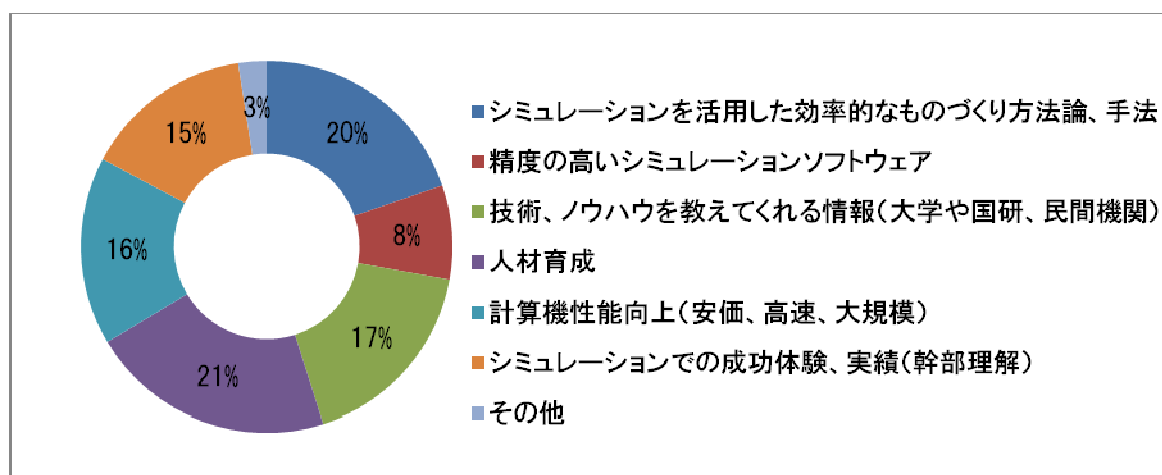
(6) シミュレーションデータをどのように処理して活用しているでしょうか。



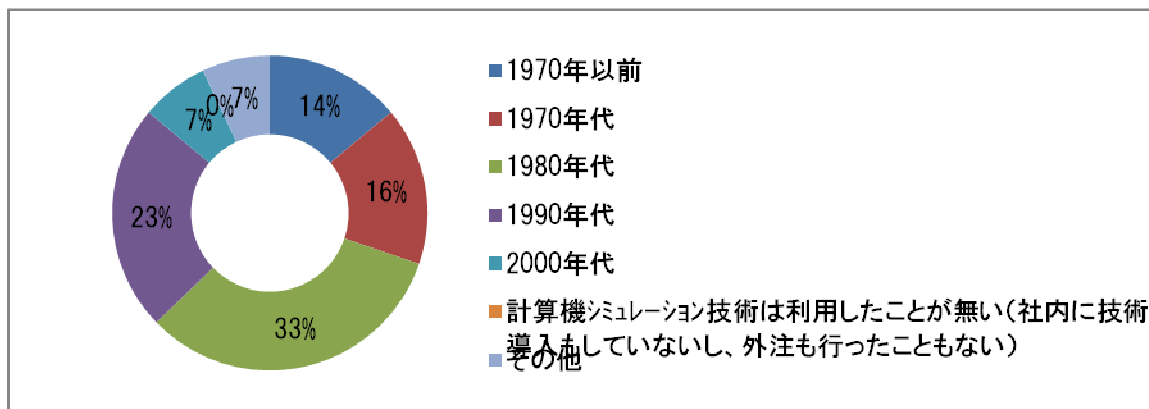
(7) シミュレーションプロセスで、今後、課題と思われるプロセスを各プロセスの中で優先順位の高いものを上位3つ選択願います。



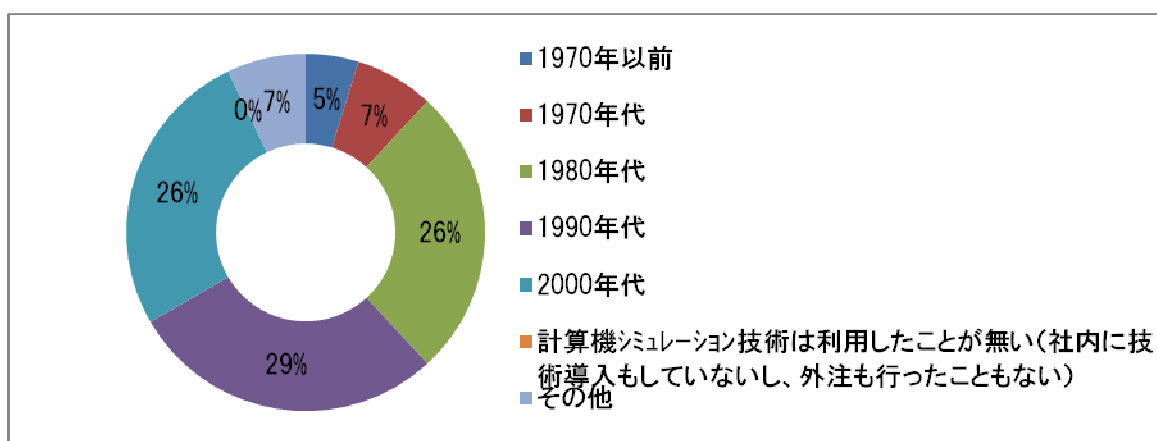
(8) もし、今後、貴社のものづくりにシミュレーション技術を活用していきたいと考えた場合、
 どのような施策があれば良いか、その要望を選択ください(複数回答可)



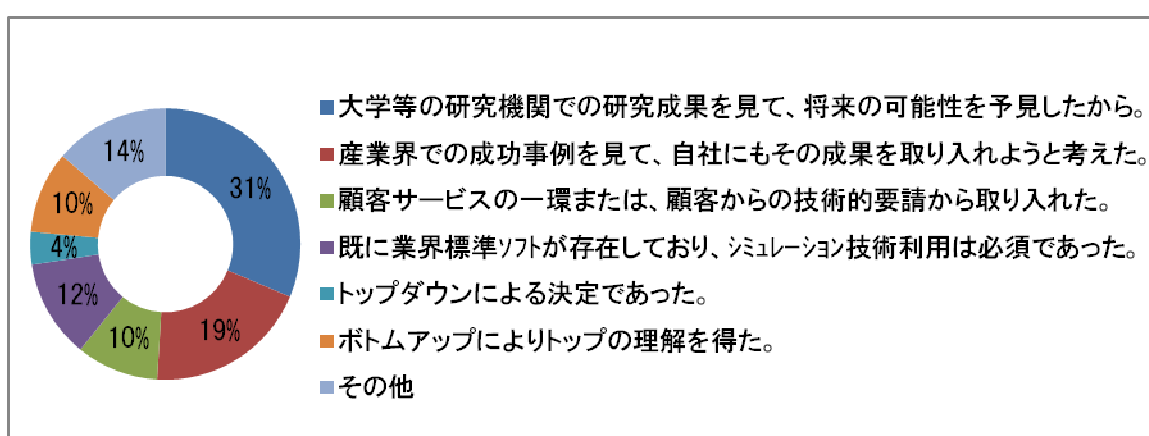
(13) 貴社において計算機を用いたシミュレーション技術を導入したり外注を行ったりして利用し始めたのはいつごろですか。



(14) 計算機を用いたシミュレーション技術による成果を実感し始めたのはいつ頃ですか。

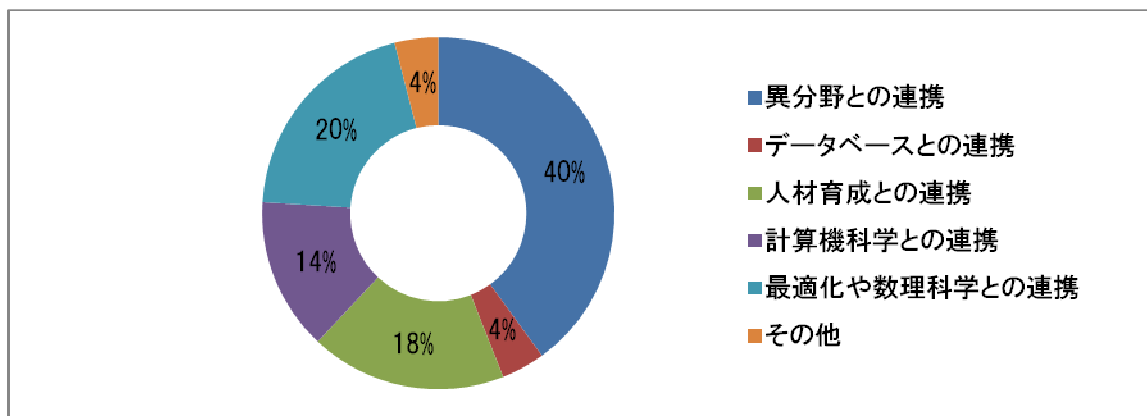


(15) 計算機を用いたシミュレーション技術利用のきっかけは何だったのでしょうか。
(複数回答可)



□今後、シミュレーション技術を活用した創造的アイデアの提案の必要性

今後、シミュレーション技術を活用した創造的アイデアの提案がある場合、どのような方法が大事とお考えでしょうか。(複数回答可) また、具体的な要望があれば右欄に記載ください。

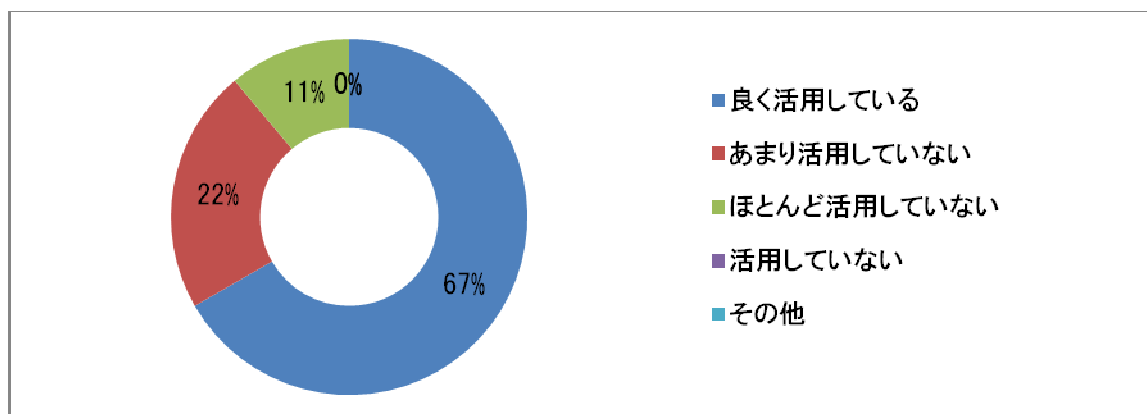


■次に、小規模企業のデータ(会社規模が1000人以下)において、全体データと傾向が違う点の抽出を行った。以下にその概要を示す。設問は該当する項目のみ記載する。

□計算科学シミュレーションの利活用について：

a. 計算科学シミュレーション分野の定着度や利活用の程度

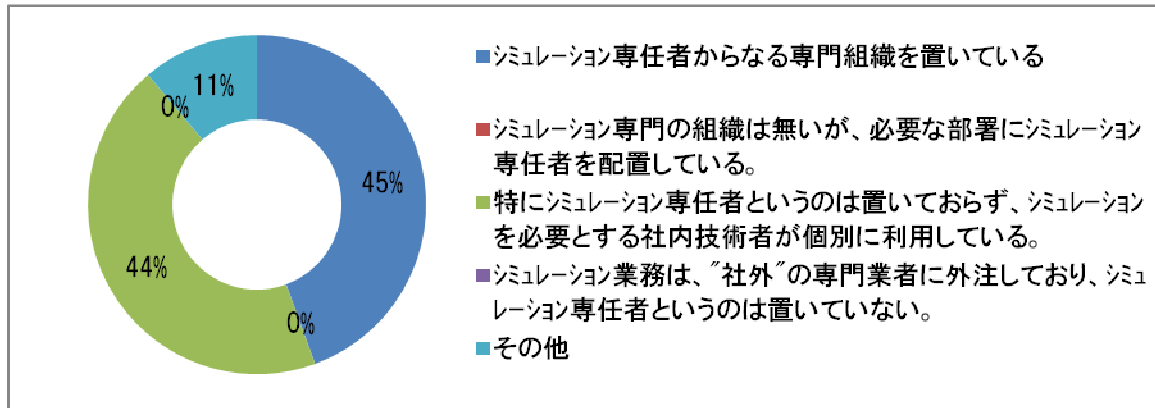
(2) 貴社ではシミュレーション技術をものづくり(研究開発・設計・試作・生産・故障解析・分析などの全てのプロセスを含む)に活用していますか(33 ページ 設問(2)参照)。



→活用の程度がまだ少ない傾向が見られる

b. 貴社の製品開発において、シミュレーションへの期待度と問題点

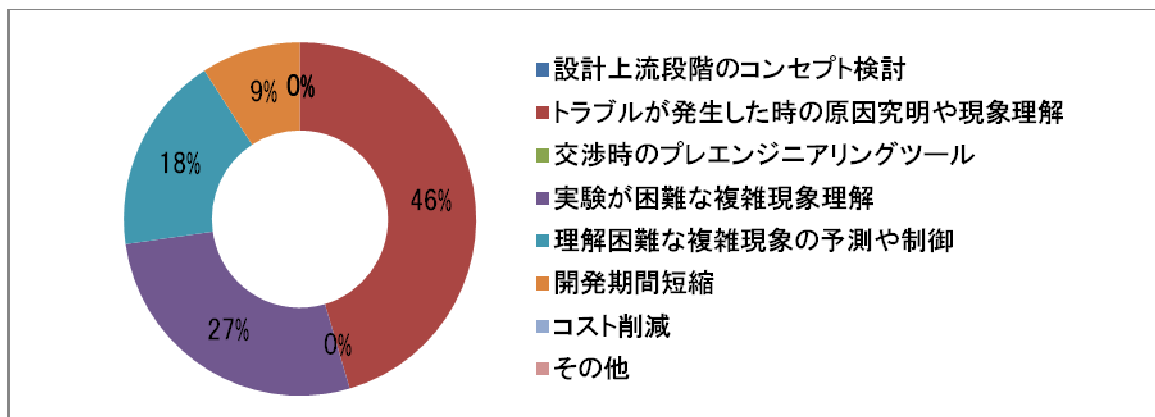
(3) 貴社において、シミュレーション技術専任者を置いておられますか(36 ページ設問(3)参照)。



→専任者をおくところもあるが、多くは社内技術者が個別に対応することが多い傾向

(4) どういう時にシミュレーションが役に立つ、会社で認められると感じますか。

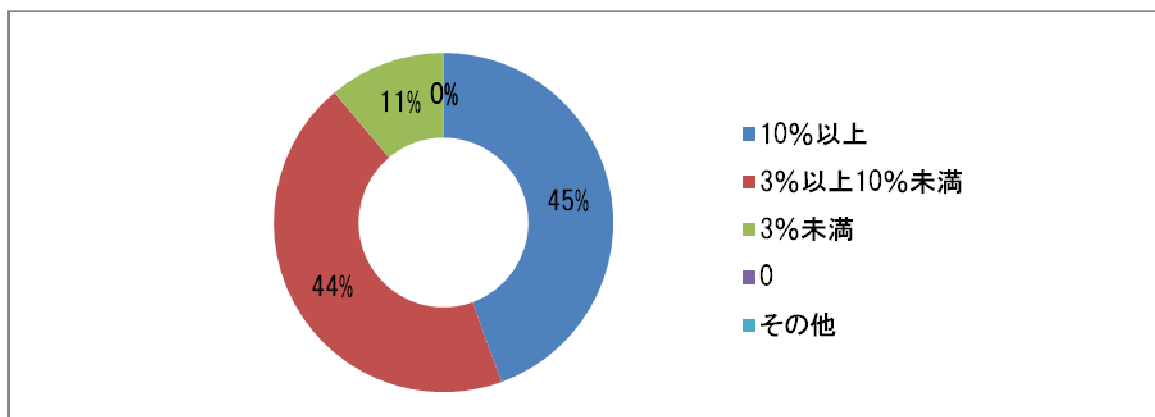
(複数回答可) (36 ページ設問(4)参照)



→全体データとの比較で、設計上流のコンセプト検討等への貢献はなく、多くはトラブル発生時の原因究明や現象理解、実験困難対応が主である。

(8) 現状で、シミュレーションに充てるべき予算はどの位が適切だと思われますか。

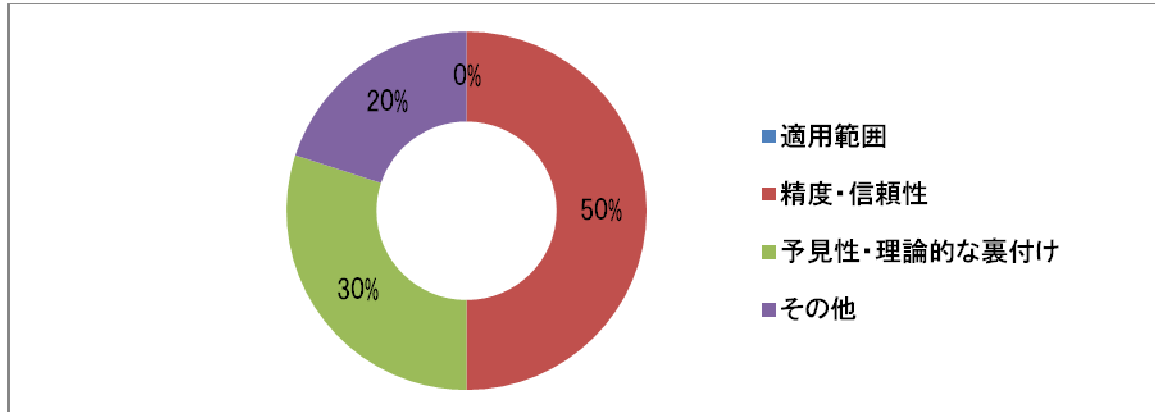
(37 ページ設問(8)参照)



→シミュレーションへの予算配分は大企業と比較して積極的である。

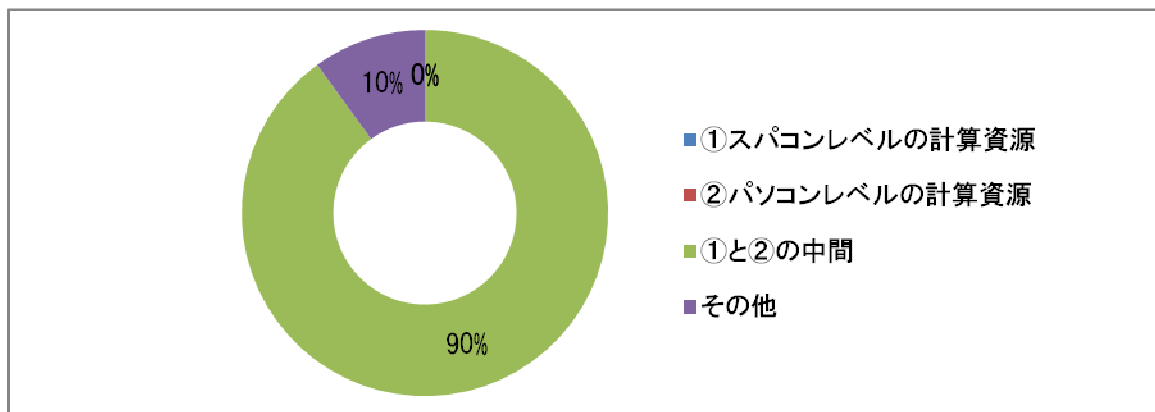
(11)現状の計算シミュレーションで何が不足しているとお考えですか

(38 ページ設問(11)参照)



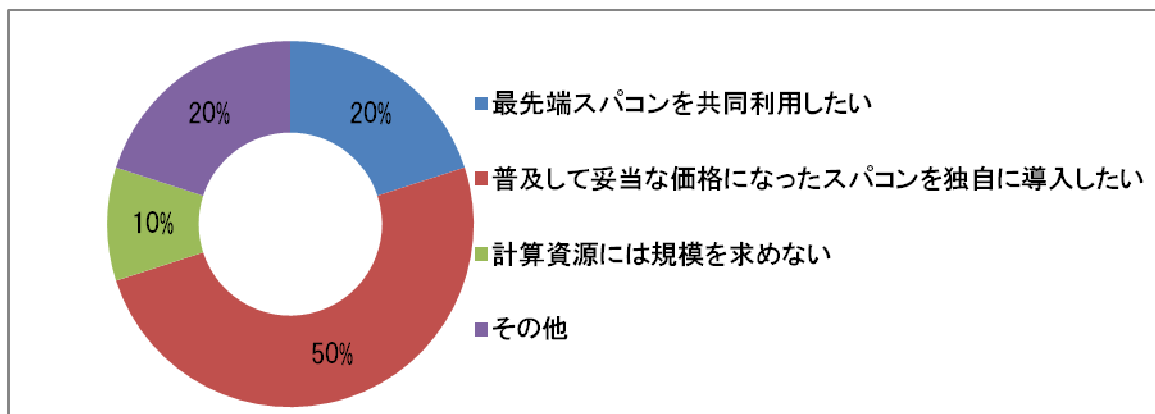
→適用範囲には問題ないが、精度・信頼性への要求は厳しい

(14)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。(39 ページ設問(14)参照)



→スパコンレベルの独自資源の必要性はなし。スパコンとパソコンの中間程度の規模が必要

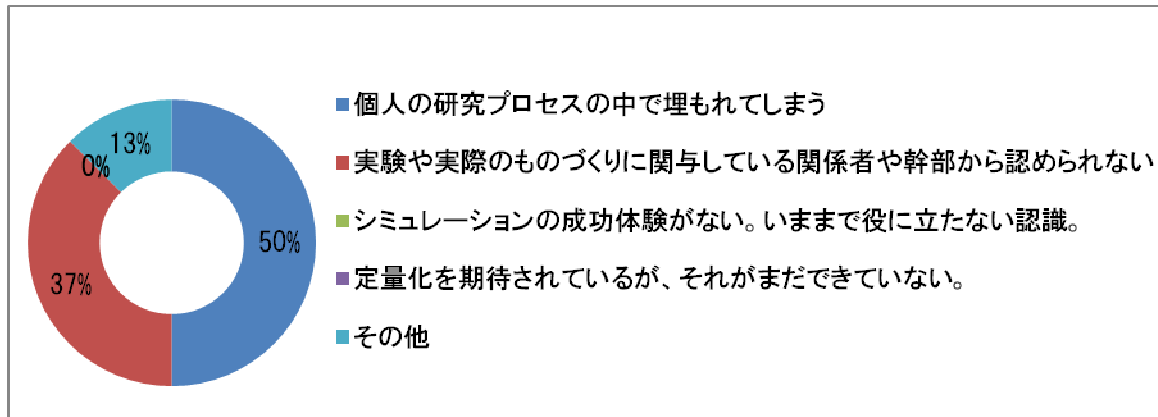
(15)計算機資源についてどのような資源が必要とお考えですか。(40 ページ設問(15)参照)



→最先端スパコン共同活用や低価格になった段階でのスパコンの独自購入が圧倒的に多い。

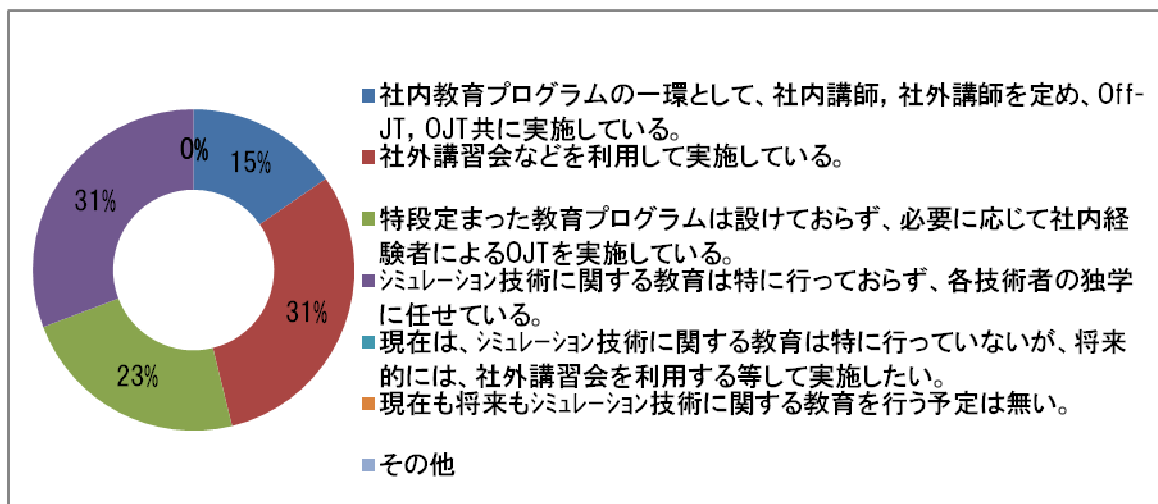
c. 人材育成・シミュレーション環境

(4) (3)で「貢献度合いが不明瞭」「まったく認識さらない状況」に回答された方へ、貢献度合いが定量化できない理由は何でしょうか。(41 ページ設問(4)参照)



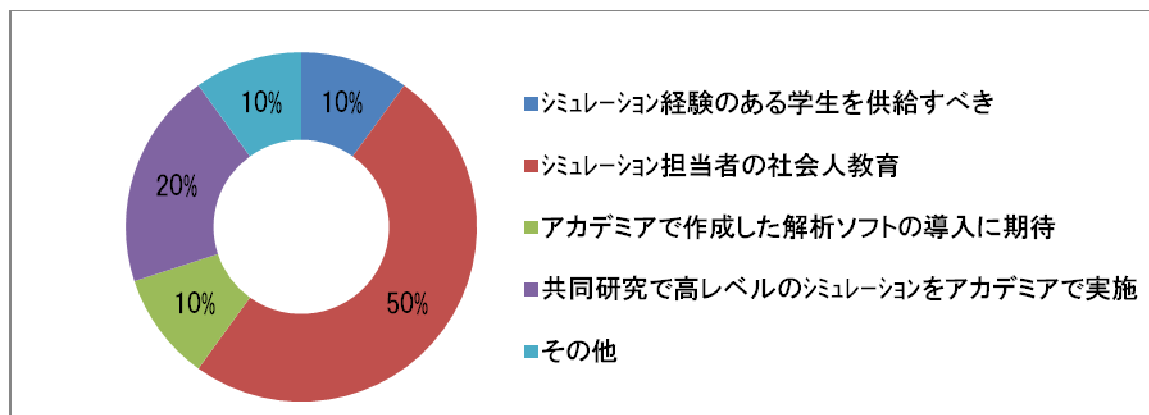
→成果が個人のプロセスに埋もれて、関係者や幹部の理解が得られない傾向が大きい

(8) 貴社においてシミュレーション技術に関する従業員教育を実施されていますか。
(複数回答可) (43 ページ設問(8)参照)



→社内教育プログラムがまだ充実はしておらず、実施していない所も多い

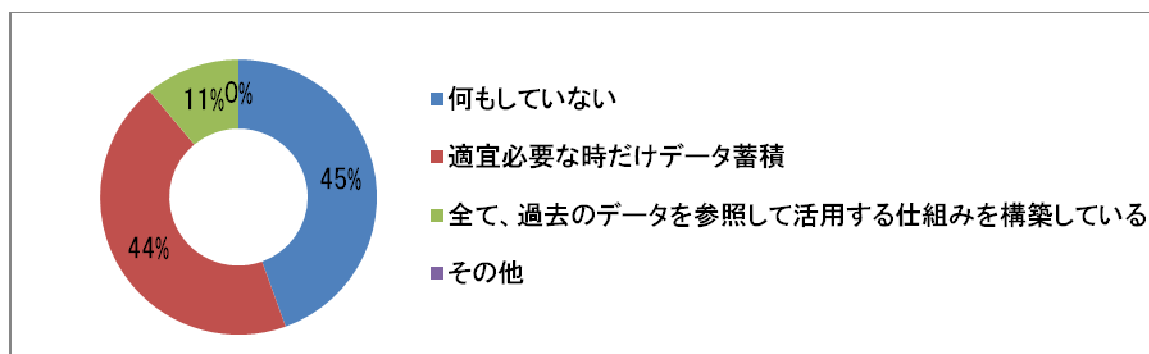
(12) シミュレーションに関する産学連携はどうすべきとお考えでしょうか。(複数回答可)
(44 ページ設問(12) 参照)



→採用でシミュレーション経験者を取るのではなく、社会人教育が期待されている

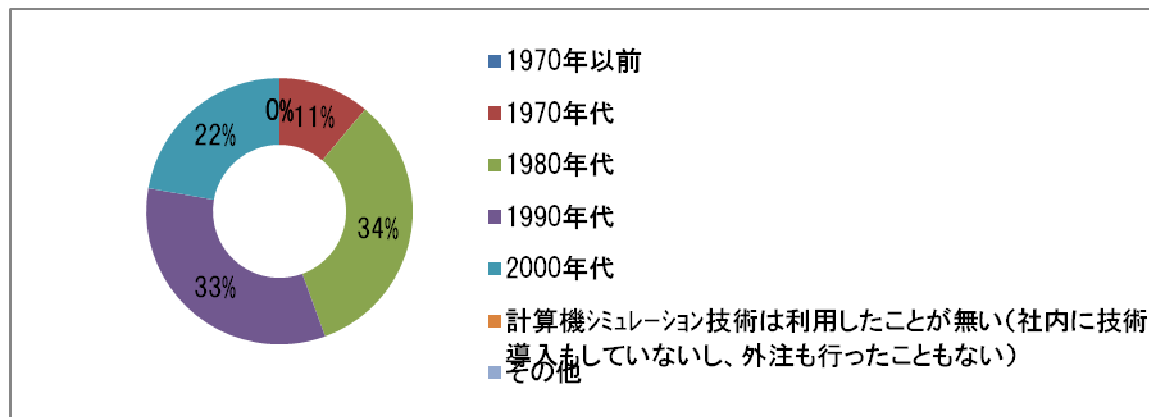
ロシミュレーションのデータ活用や検証について

(1) シミュレーション結果や計算モデル等の蓄積データを有効活用されておりますか。
(45 ページ設問(1) 参照)



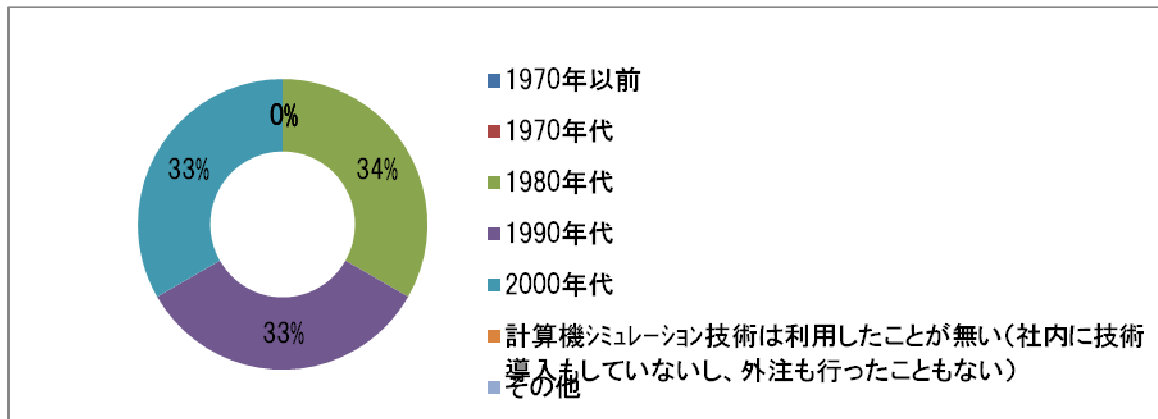
→データ活用を何もしていないところが多い

(13) 貴社において計算機を用いたシミュレーション技術を導入したり外注を行ったりして利用し始めたのはいつごろですか。(48 ページ設問(13) 参照)



→大企業と比較して、1970 年以前は利用が活発ではなく、活用時期は遅い。

(14) 計算機を用いたシミュレーション技術による成果を実感し始めたのはいつ頃ですか。
(48 ページ設問(14) 参照)



→1980 年代から実感があり、大企業と比較して 5～10 年くらいの開きがある。

(重回帰分析)

シミュレーションの「貢献度合い」に対して、どのような因子が影響を及ぼすかを重回帰分析の手法により調べた。そのために、アンケートで調査した設問は以下である。

設問：

Q1. あなたのシミュレーション技術の能力開発の状況について、当てはまるものの記号を記入願います。

①業務の合間に自習する、②社内の専門家にその都度教えてもらう、③外部の講習会に参加して学習する、④社内の講習会に参加して学習する、⑤大学の社会人コースに入学して学習する

Q2. あなたのシミュレーション関連業務について、当てはまるものの記号を記入願います。

①いまの業務は面白い、②自分の納得できる処遇を得ている、③業務を通して社会に貢献している、④重要な業務を任されている、⑤一緒に業務を進める仲間に恵まれている

Q3. 解析結果や計算モデル等の蓄積データをどのように活用していますか。それぞれの項目について当てはまるものの記号を記入願います。

①計算モデルを蓄積して類似設計時に活用、②解析結果を画像にして蓄積し類似設計時に活用、③解析結果を画像にして蓄積し次工程で活用、④解析結果をそのまま蓄積し類似設計時に活用、⑤計算モデルや解析結果を関係者と共有する情報基盤を活用

Q4. 解析結果が大規模になった場合どのように可視化していますか？それぞれの項目について当てはまるものの記号を記入願います。

①解析結果を適当に間引いて可視化、②並列分散環境を使って効率よく可視化、③特徴を抽出して必要な部分だけを可視化、④決められたパラメータでバッチ的に可視化処理

上記問いに対して、それぞれ下記点数の重みをつけた内容を回答者が選択する。

- ・ あてはまる 4
- ・ やや当てはまる 3
- ・ あまり当てはまらない . . 2
- ・ あてはまらない 1

上記アンケートデータを基に、重回帰分析を実施した。まず、シミュレーションの「貢献度合い(%)」(目的変数)をシミュレーション技術の能力開発の状況(「自習」「社内専門家」「外部講習会」「社内講習会」「大学」とシミュレーション関連業務(「面白さ」「処遇」「貢献」「任務」「仲間」)(説明変数)で表わす重回帰式を求めることを目標とする。次の図のように目的変数(被説明変数、従属変数)がA列にあり、説明変数(独立変数)がB～K列に入力されている。

貢献度合い	自習	社内専門家	外部講習会	社内講習会	大学	面白さ	処遇	貢献	任務	仲間
7.5	4	1	4	1	1	4	1	4	2	2
3	1	3	4	2	1	1	1	2	4	2
3	4	2	3	1	1	2	2	3	1	1
25	4	4	2	2	1	4	4	4	4	4
15	4	3	2	3	1	3	3	4	4	3
7.5	4	1	3	1	1	4	3	3	3	1
15	4	4	2	3	1	3	3	3	3	3
3	4	2	3	2	1	3	3	3	3	3
0.5	4	1	1	1	4	3	1	3	4	3
7.5	4	3	1	1	1	3	3	4	4	4
40	3	1	4	1	3	4	3	4	4	4
7.5	4	1	3	1	1	3	3	3	3	2
7.5	4	3	1	1	1	4	4	2	2	3
15	4	1	4	1	1	3	2	2	4	3
15	4	1	4	1	1	4	1	3	3	1
40	4	1	1	1	1	4	1	3	3	3
3	3	4	3	2	1	2	1	3	2	1
25	3	3	4	1	1	4	1	3	3	3
3	3	1	2	1	1	3	1	1	1	1
7.5	3	4	4	1	1	3	3	2	3	3
25	4	3	4	3	2	4	4	4	4	3
7.5	3	2	3	1	2	3	2	3	3	2
3	4	4	4	4	1	3	1	2	1	1
7.5	3	1	3	1	1	3	1	3	2	2
25	3	2	3	2	1	3	2	3	3	2
15	3	4	4	1	1	3	2	3	2	3
0.5	3	1	2	1	1	3	3	1	2	2
7.5	4	1	2	1	1	1	1	3	3	2
3	3	3	4	2	2	4	3	4	4	4
12.5	4	4	2	1	1	4	4	4	4	4

変数間での相関をとると以下ようになる。

	貢献度合い	自習	社内専門家	外部講習会	社内講習会	大学	面白さ	処遇	貢献	任務	仲間
貢献度合い	1										
自習	0.097679	1									
社内専門家	-0.02771	-0.11464	1								
外部講習会	0.051435	-0.37056	0.083108	1							
社内講習会	0.009851	0.06171	0.527366	0.15658	1						
大学	0.101868	-0.01951	-0.21787	-0.04333	-0.06081	1					
面白さ	0.470787	0.384313	-0.01673	0.025662	-0.07564	0.159465	1				
処遇	0.141031	0.28715	0.351169	-0.17634	0.133277	0.006021	0.405647	1			
貢献	0.396736	0.3293	0.173904	0.032718	0.12364	0.250229	0.348526	0.302353	1		
任務	0.366875	0.003441	0.074	-0.04148	0.042898	0.383229	0.182794	0.39711	0.535061	1	
仲間	0.421289	0.100343	0.318116	-0.19096	-0.02085	0.296657	0.389489	0.572748	0.502614	0.697552	1

「任務」「仲間」間で相関係数が高く、多重共線性の疑いがあるので、どちらかを消去する。
そして、説明変数の t 値の二乗が 2 以上となるように変数を削減したところ面白さと仲間が残った。

回帰統計			係数	標準誤差	t	P-値
重相関 R	0.537002	切片	-10.1707	7.051386	-1.44237	0.1607
重決定 R ²	0.288371	面白さ	4.626816	2.255736	2.051134	0.050072
補正 R ²	0.235658	仲間	2.967635	1.865066	1.591169	0.123214
標準誤差	9.329955					
観測数	30					

この結果より

$$\text{貢献度合い} = 4.62681638 \times \text{面白さ} + 2.967635403 \times \text{仲間} - 10.17067371$$

と表される。すなわち、いまの業務が面白く、一緒に業務を進める仲間に恵まれている場合には、技術者の意欲が向上し、結果としてシミュレーションの貢献度が高くなるものと言える。

次に、シミュレーションの「貢献度合い」（目的変数）をデータ蓄積の状況（「計算モデル蓄積」「画像蓄積類似設計」「画像蓄積次工程」「そのまま蓄積類似設計」「共有情報基盤」）と可視化の状況（「間引き可視化」「並列分散可視化」「部分可視化」「バッチ的可視化」）（説明変数）で表わす重回帰式を求めることを目標とする。

次の図のように目的変数（被説明変数、従属変数）がA列にあり、説明変数（独立変数）がB～J列に入力されている。

貢献度合い	計算モデル	画像蓄積類	画像蓄積次	そのまま蓄	共有情報	間引き可視	並列分散可	部分可視化	バッチ的可
7.5	3	3	1	2	2	3	2	3	1
3	2	2	2	2	3	2	1	4	2
3	1	1	1	1	3	4	1	4	3
25	4	2	2	4	3	4	2	4	2
15	2	1	1	1	2	3	3	4	3
7.5	3	2	2	2	3	3	1	3	4
15	4	2	1	1	3	4	4	4	1
3	4	1	1	4	2	3	1	4	3
0.5	4	1	1	2	3	1	1	1	1
7.5	3	2	2	3	3	3	3	3	4
40	3	2	2	2	4	4	2	4	1
7.5	3	3	2	3	3	3	1	3	3
7.5	3	1	1	4	1	3	2	3	1
15	3	2	1	2	1	3	1	3	1
15	3	3	3	3	1	2	1	4	1
40	4	3	3	1	3	2	1	3	1
3	3	3	1	1	1	2	2	3	2
25	2	1	1	1	1	4	1	3	1
3	3	1	1	1	1	3	1	3	1
7.5	3	2	2	3	1	2	2	4	2
25	4	4	4	4	3	4	2	4	3
7.5	2	3	3	3	2	2	1	2	3
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7.5	1	1	1	1	1	1	1	3	1
25	3	3	3	3	3	2	2	2	3
15	4	4	4	4	2	4	3	2	2
0.5	3	2	1	2	1	1	1	1	1
7.5	4	4	4	2	3	4	1	4	1
3	4	1	1	3	2	3	1	3	1
12.5	4	1	1	4	1	4	2	4	2

変数間での相関をとると以下ようになる。

貢献度合い算モデル蓄積類似画像蓄積次工程蓄積類似有用情報基間引き可視例分散可視部分可視化バッチ的可視									
貢献度合い	1								
計算モデル	0.235466	1							
画像蓄積類	0.29834	0.358856	1						
画像蓄積シ	0.407286	0.318039	0.837462	1					
そのまま蓄	0.044541	0.5182	0.25182	0.386841	1				
共有用情報	0.374805	0.265678	0.311626	0.404508	0.06392	1			
間引き可視	0.361823	0.353377	0.145072	0.188312	0.267813	0.334765	1		
並列分散可	0.233503	0.268543	0.158686	0.065795	0.150756	0.1855	0.394771	1	
部分可視化	0.270412	0.151816	0.02833	0.090666	0.127841	0.213483	0.613736	0.229666	1
バッチ的可	-0.08463	-0.07226	0.143823	0.238997	0.314369	0.370777	0.172609	0.184985	0.156867

「画像蓄積類似設計」と「画像蓄積次工程」そして「間引き可視化」「部分可視化」間で相関係数が高く、多重共線性の疑いがあるので、どちらかを消去する。そして、説明変数のt値の二乗が2以上となるように変数を削減したところ、画像蓄積次工程、共有用情報基盤とバッチ的可視化が残った。

回帰統計			係数	標準誤差	t	P-値
重相関 R	0.540718	切片	3.312811	4.884899	0.678174	0.503653
重決定 R ²	0.292376	画像蓄積シ	3.489556	1.87833	1.857797	0.074558
補正 R ²	0.210727	共有用情報	3.8649	2.10928	1.832332	0.07838
標準誤差	9.48089	バッチ的可	-3.11266	1.89102	-1.64602	0.111796
観測数	30					

この結果より

$$\text{貢献度合い} = 3.489555939 * \text{画像蓄積次工程} + 3.86490009 * \text{共有用情報基盤} \\ - 3.112661664 * \text{バッチ的可視化} + 3.312810893$$

と表される。

すなわち、いまの業務でシミュレーションを画像化して格納して、次工程に活用しており、共有する情報基盤が整備されている場合には、シミュレーションの貢献度が高いと言える。また、バッチ的に可視化する場合には、シミュレーションの貢献度が低くなる。

【その他(記述式でアンケートにご回答いただいた内容)】

設問：仮に、将来、シミュレーション結果(複雑現象の)を解釈する技術を開発する場合、その内容に関してどういう機能が必要か、要望がありましたら記載ください。

1. 例えば、複合解析による最適設計において各現象の寄与分を設計感度として提示する機能。
2. 正しい(間違えない)モデルが作成できる機能、計算結果を人が見て容易に理解できるような表示方法、パラメータサーベイが容易に出来感度係数が容易に理解できるような機能など(非常に偏った内容だが)。
3. これがなかなか議論できない。
4. シミュレーションで表わされる現象は、いろいろな原因が干渉し合って生じる。単純化・ビジュアル化をするあまり、小さな原因を簡単に無視したりすると大きな失敗につながると思われる。
検証に対する人的な介入は無くせないなので、そのためのツールの拡充が望ましい。
5. 二相流流動解析に関する信頼できるシミュレーションソフトウェア。
6. 高速表示。
7. 入力条件、結果判断のしやすさ。
8. ノウハウを基にした特徴の抽出&判断技術。
9. 経験値を組み込むような仕組み。たとえば、腐食劣化を考慮した強度解析など。
10. マルチフィジクスの解析、設計システムとの連携。
11. 影響度合いを分割して誇張表示。
12. 開発意図を理解して危険箇所を提示。複数存在する最適解を個々の特徴で分類・提示。
13. シミュレーション(モデル)はいくつかの仮定が前提。境界条件含め仮定が成立しているか、限界を超えていないかの考察は重要。
14. 要求される精度により解析モデルは変わる。企業での解析では、要求を満たすためにどう切出すかの方法論も重要。(まるごと、大規模計算の結果も興味あるが、実務では使えない?)
15. 解釈できる結果が一つとは限らない。絞りにくい場合もある。複数の解釈を挙げてそれぞれの可能性(%)あるいは大小まで踏み込めればありがたい。

設問：今回のアンケート項目では表現しきれないシミュレーション技術に対する意見、要望内容がありましたら記述下さい。

1. シミュレーションに関わる学問分野で分類しても、計算科学／計算機科学、現象のモデル化分野として物理／工学／化学…／金融など、計算結果の利用産業分野としては多種多様、また、利用者レベル(技量、計算機能力…)など多種多様。違う視点では、ソフト(Pre/Post 処理、ソルバ)開発者と利用者、モデリング技術や結果の解釈技術(検証なども)の開発者と解釈結果からものづくりを行う研究／設計者の存在、とこれも多種多様。それらの関係者が各自の言葉で各自の環境を背景に会話しても誤解は発生するだろうし、意見の一致などはなかなかできないと思われる。だからどうすれば良いという案はない(問題が複雑過ぎて全他を俯瞰できないためか)のだが、当面は、やはり適切な人材を増やすことではないかと考えている。
2. 昨今の携帯利用など情報サービスの概念は浸透しており、シミュレーションの必要性も認知されつつある感覚を持つが数値モデルを表現する手段がシミュレーションなのであって、闇雲に“シミュレーション”を万能なものと曲解し、かえって真摯な改善につなげていない感覚があり心配。
3. 毎年、学会で数多く出される解析手法が、なかなか企業の現場で役立たない。産学双方の距離感が大きく、計算科学は計算工学にはなっていない。また、スパコンは単に大型計算を速く処理することではなく、科学的・技術的に 10 年先を先取りする質のよりテーマを実行することに価値があるとすれば、ここでも産学連携はうまく行っているとは言えないのではないかと。何かしらの方策必要。
4. 企業でシミュレーションをやって 30 年近くなるが、未だに(主に陰解法の)非線形解析の解析終了時間が予測できない。計算品質の話も漸くここ 2～3 年で日本でも議論が進められているが、これだけ世の中に普及していても、真のビジネスにはなっていないと言える。
5. 物作りにシミュレーション技術を生かす場合、計算精度にのみ固執するのではなく、計算結果からいかにインスピレーションが得られるかが、もっとも重要と思います。そのためには、シミュレーション技術を使う人がどれだけ解析対象の物理現象を理解しているか、と同時に結果の可視化(CGの手法に限らずもっと広い意味で)方法をどうするかが重要と思います。
6. 流体関連の産学連携で本当に成果をあげた事例があれば教えて欲しい。大学の先生の趣味に走ったり微視的な現象論に走ったりという例が多い気がする。
7. ソフトウェアベンダーの用意しているライセンス形態が旧来のシングルコアでの CPU のマシンでの利用を想定したままとなっている。今後ますます、HPC の分野ではマルチコア化が進むと考えられるので、コア数をフリーとした並列計算用ライセンスを安価で供給されるようにならないと費用の制約により解析技術の普及が阻害されてしまうと思われる。
8. シミュレーション技術は市民権を得ていない。公的機関による積極的なアピールを望む。

産業競争力懇談会（COCN）

東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 〒100-8280

日本生命丸の内ビル（株式会社日立製作所内）

Tel : 03-4564-2382 Fax : 03-4564-2159

E-mail : cocn.office.aj@hitachi.com

URL : <http://www.cocn.jp/>

事務局長 中塚隆雄