

産業界における計算科学 シミュレーションへの期待と課題

-COCN(HPC応用研究会)の報告から-

4月18日

スーパーコンピューティング技術産業応用協議会
佐々木 直哉

背景（課題の認識）

- 現在、計算科学シミュレーションの大規模化、高度化が進展。
- 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ない。
- シミュレーションやデータと思考をうまく繋げたものづくりへの活用はまだ不十分と思われる。
- 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）が確立されていない。
- これを解決するためには、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）への進展が必要。

企業アンケートにみる産業界の意識(COCON)

COCONにおけるHPC応用研究会を発足
(6月から活動):

メンバ: COCON企業、京大、産総研、理研、産応協

- ・企業アンケート(中小から大企業まで広く実施、31社、41名)により課題を抽出。

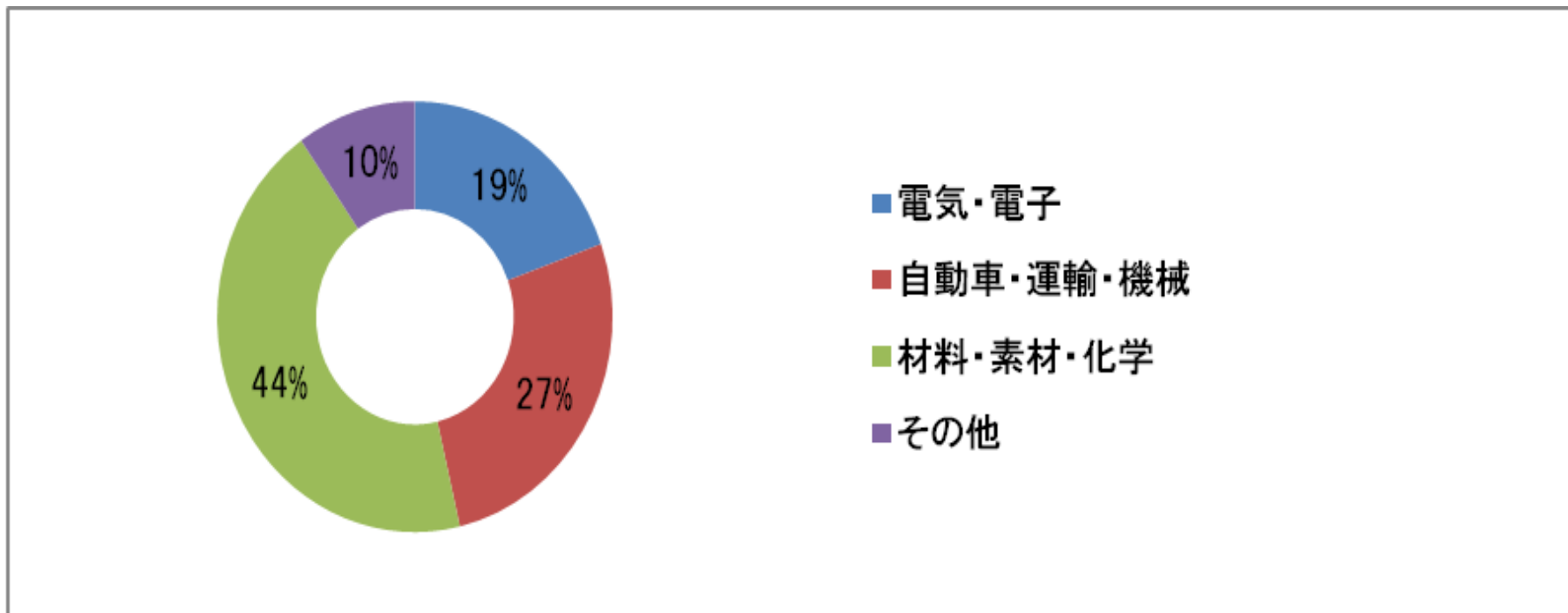
- ・57の質問に対して、御回答いただいた。

以下に、いくつか抜粋した内容(12問)を紹介する。

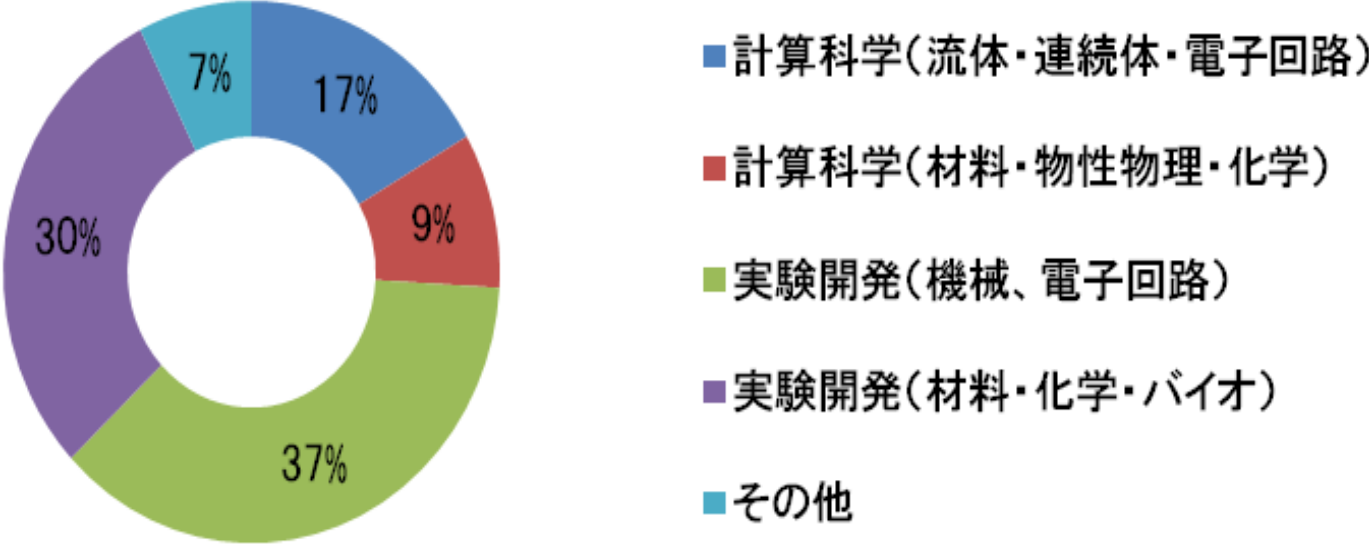
※COCON(産業競争力懇談会: Council on Competitiveness-Nippon)

企業アンケートにみる産業界の意識データ例

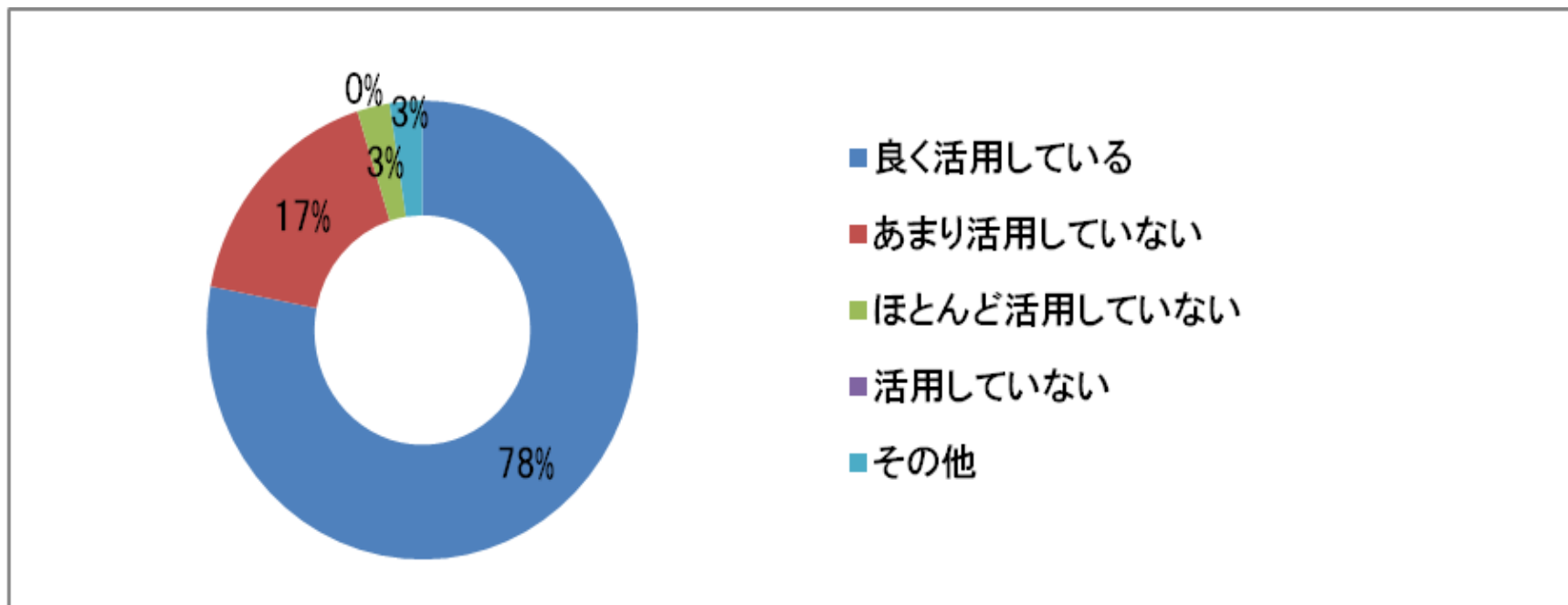
Q:業態で最も近いものをお選びください。



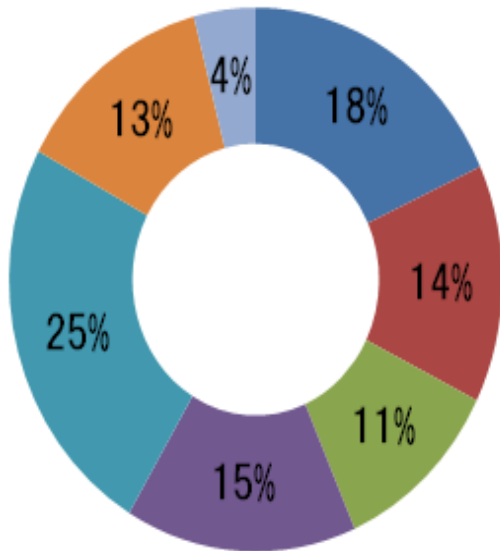
Q: ご自身の専門分野について右記の分野で近いものをお選びください。
(複数回答可)



Q: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。

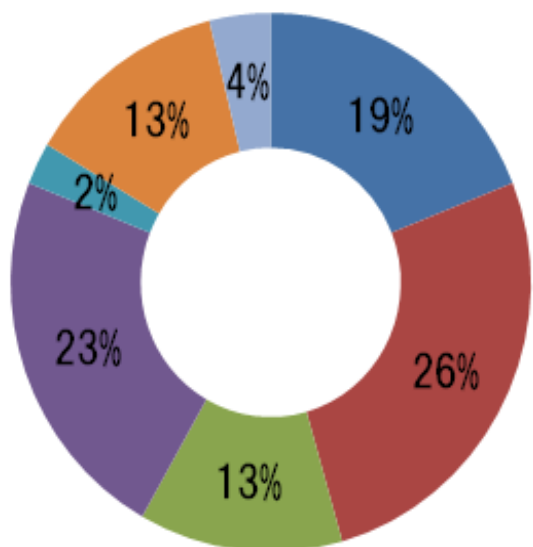


Q: 「よく活用している」を回答した方で、シミュレーションをよく活用する理由を下記から選択ください。(複数回答可)



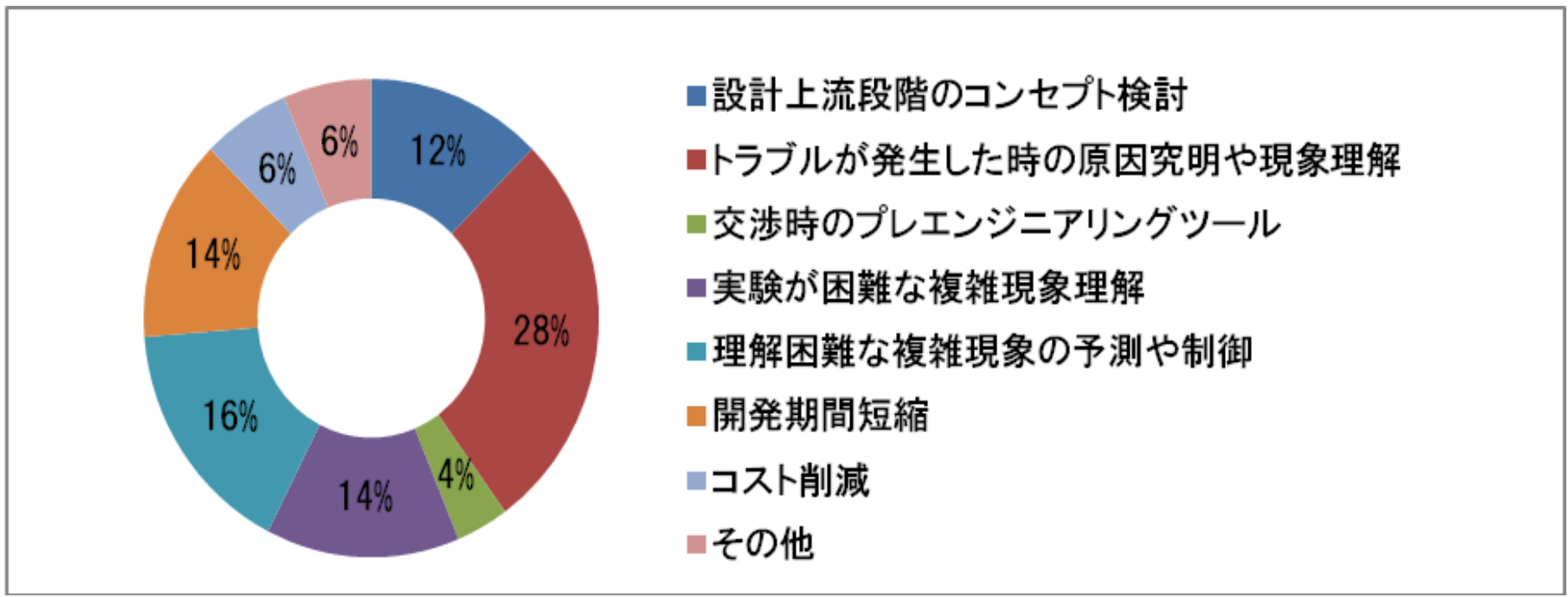
- 設計開発期間が大幅に短縮した
- 開発コストが大幅に削減できた
- 質的に画期的な新製品開発につながった(アイデア検証)
- トラブルの本質的な改善につながった
- 現象理解に役立った
- 最適設計が実現できた
- その他

Q: 「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)

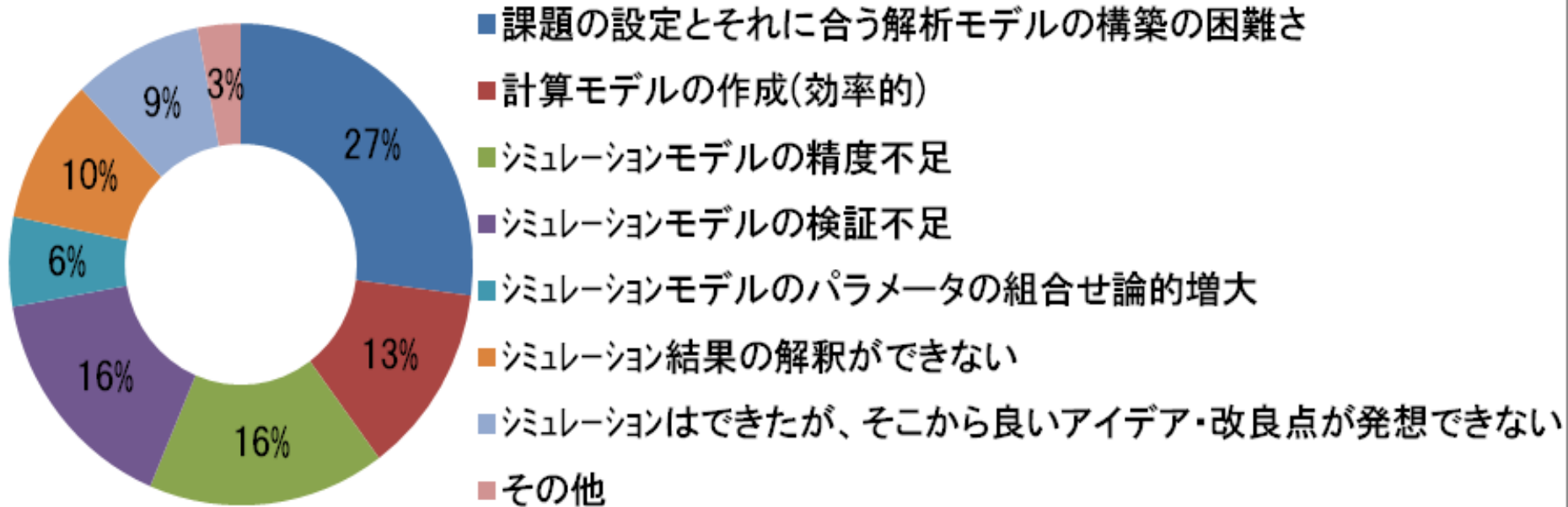


- 満足いく解析ができるハードが導入できたため
- 満足いく解析ができるソフトが導入できたため
- 満足いく解析ができるソフトが開発できたため
- 実験・試作グループとの連携がうまくできたため
- トップが成果を評価してくれたため
- 適当な人材がいた
- その他

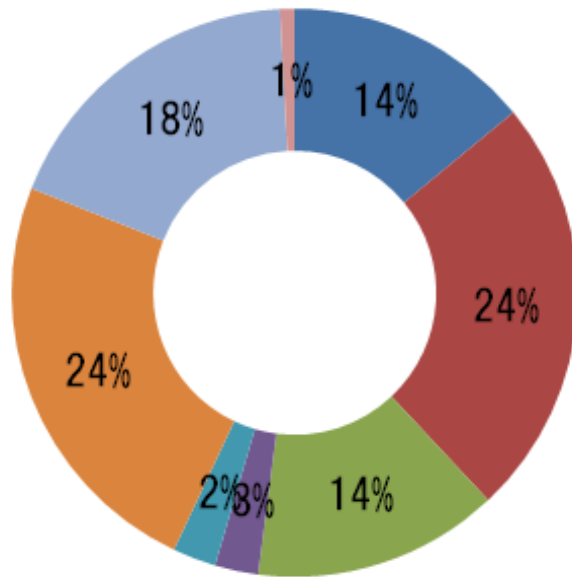
Q: どういう時にシミュレーションが役に立つ、会社で認められると感じますか。
(複数回答可)



**Q: 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)**

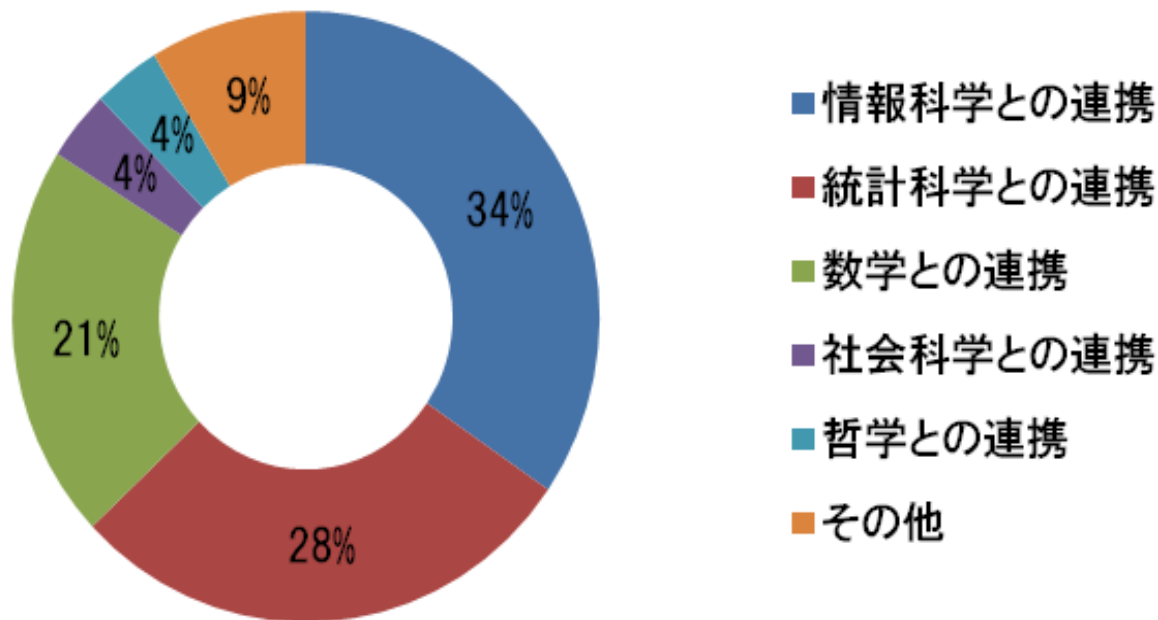


Q: シミュレーションプロセスで、今後、課題と思われるプロセスを各プロセスの中で優先順位の高いものを上位3つ選択願います。

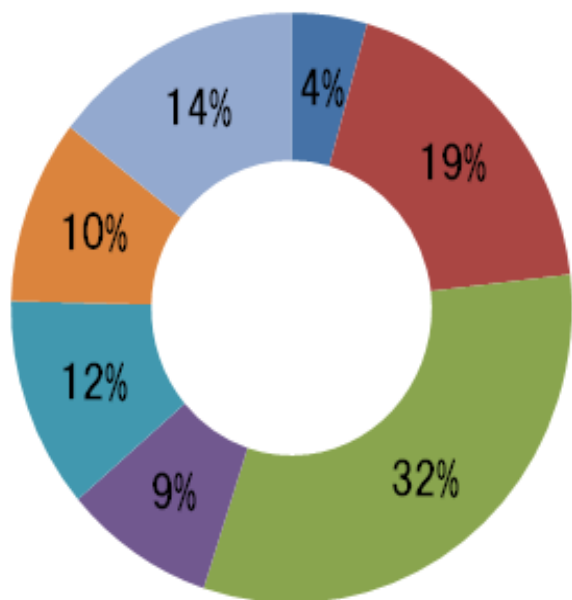


- 計算としての課題の設定
- 計算(解析)モデルの作成
- 境界条件の把握と設定
- 解析作業
- 解析結果の表示
- 解析結果の理解、解釈
- 解析から得られた知見による改善創造
- その他

Q: 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)

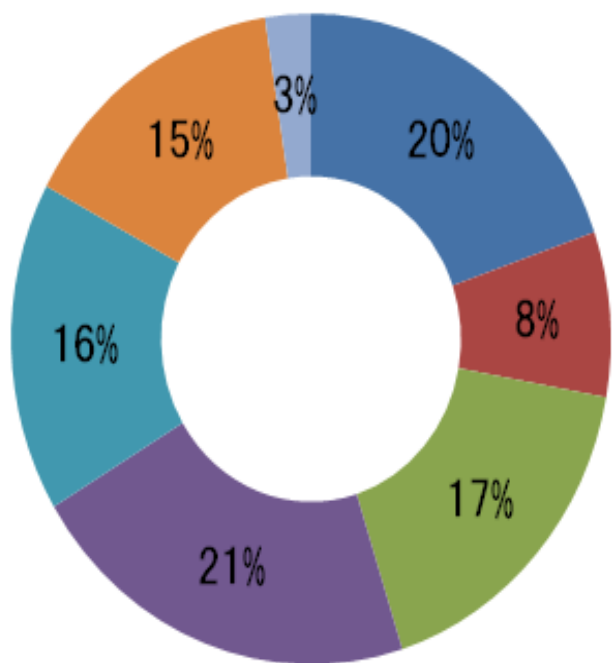


Q: シミュレーション人材の育成の問題点は何とお考えでしょうか。
(複数回答可)



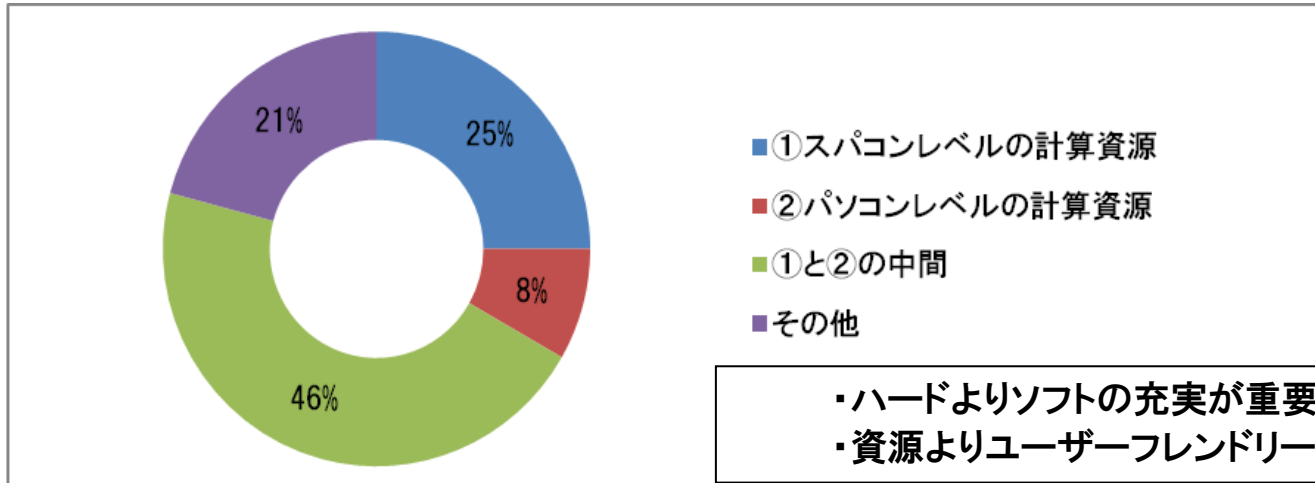
- シミュレーションソフト理解ができない
- ソフトは使えるが、中身を理解しようとはしない
- 解くべき課題に合う、計算モデルが構築できない
- シミュレーション結果の検証方法がわからない
- シミュレーション結果の理解ができない
- プログラムが作れない
- その他

Q: 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)

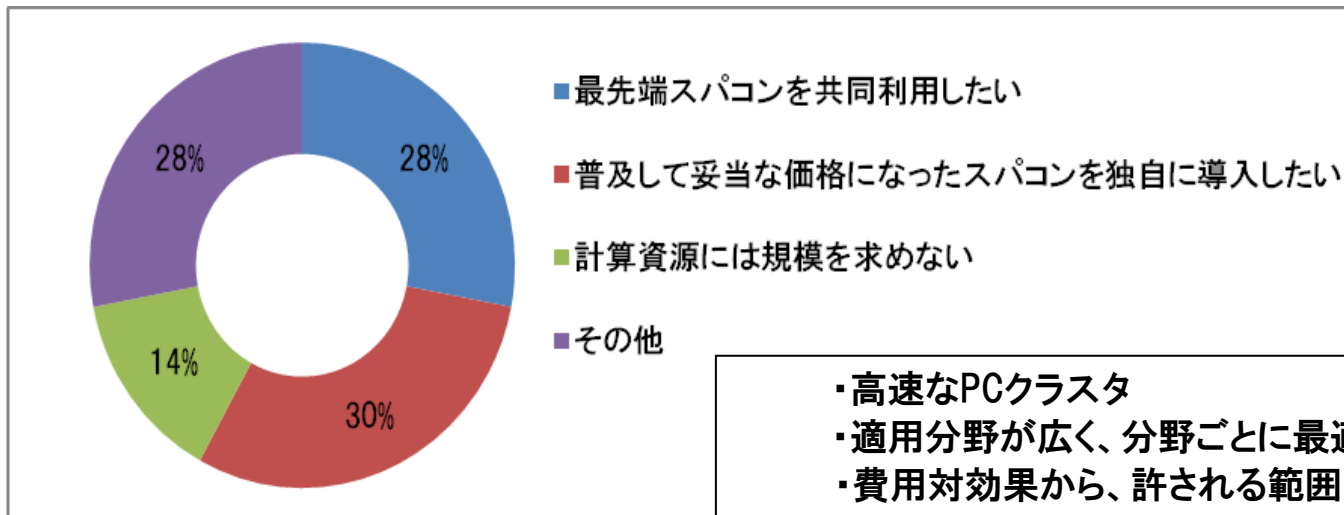


- シミュレーションを活用した効率的なものづくり方法論、手法
- 精度の高いシミュレーションソフトウェア
- 技術、ノウハウを教えてくれる情報(大学や国研、民間機関)
- 人材育成
- 計算機性能向上(安価、高速、大規模)
- シミュレーションでの成功体験、実績(幹部理解)
- その他

Q. 計算機資源についてどの様な資源が必要とお考えですか。



- ・ハードよりソフトの充実が重要
- ・資源よりユーザーフレンドリーであること



- ・高速なPCクラスタ
- ・適用分野が広く、分野ごとに最適計算機を選択
- ・費用対効果から、許される範囲内で

企業アンケートにみる産業界の意識

企業アンケート(中小から大企業まで広く実施、31社、41名)により課題を抽出。

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、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における理由として、以下の意見が多い
 - ・ 対応できる人材不足、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
 - ・ 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、設計上流での適用は不十分

企業アンケートにみる産業界の意識

- 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の精度不足
- 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ったり、関係者、幹部からの理解が得られない点が挙げられる（逆の効果もあるので要注意）
- 5) シミュレーション情報DB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

企業アンケートにみる産業界の意識

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) 課題に対する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

企業アンケートにみる産業界の意識(小規模企業)

□小規模企業(本報告では従業員1000人以下と定義)データと全体データと比較して、小規模企業に特徴的な点を記載する。

- 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。
- 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間くらいの中規模な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できず、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されている。

企業ヒアリングにみる産業界（小規模）の意識

企業ヒアリング（8社）を実施

1)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。
- ・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、CAEを使うことを牽引、勧めてほしい。

企業ヒアリングにみる産業界(小規模)の意識

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。
- ・CAEのやり方を中小企業にアドバイスする組織が必要。

企業ヒアリングにみる産業界（小規模）の意識

- ・国家PJ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**高い**。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。サポートする部隊が必要。
- ・プリ・ポストの開発が必要(大学では研究として評価が低い?)。
- ・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。

企業ヒアリングにみる産業界（小規模）の意識

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PJ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)ができています。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。普及促進・利活用の観点から連携の必要性。

企業ヒアリングにみる産業界（小規模）の意識

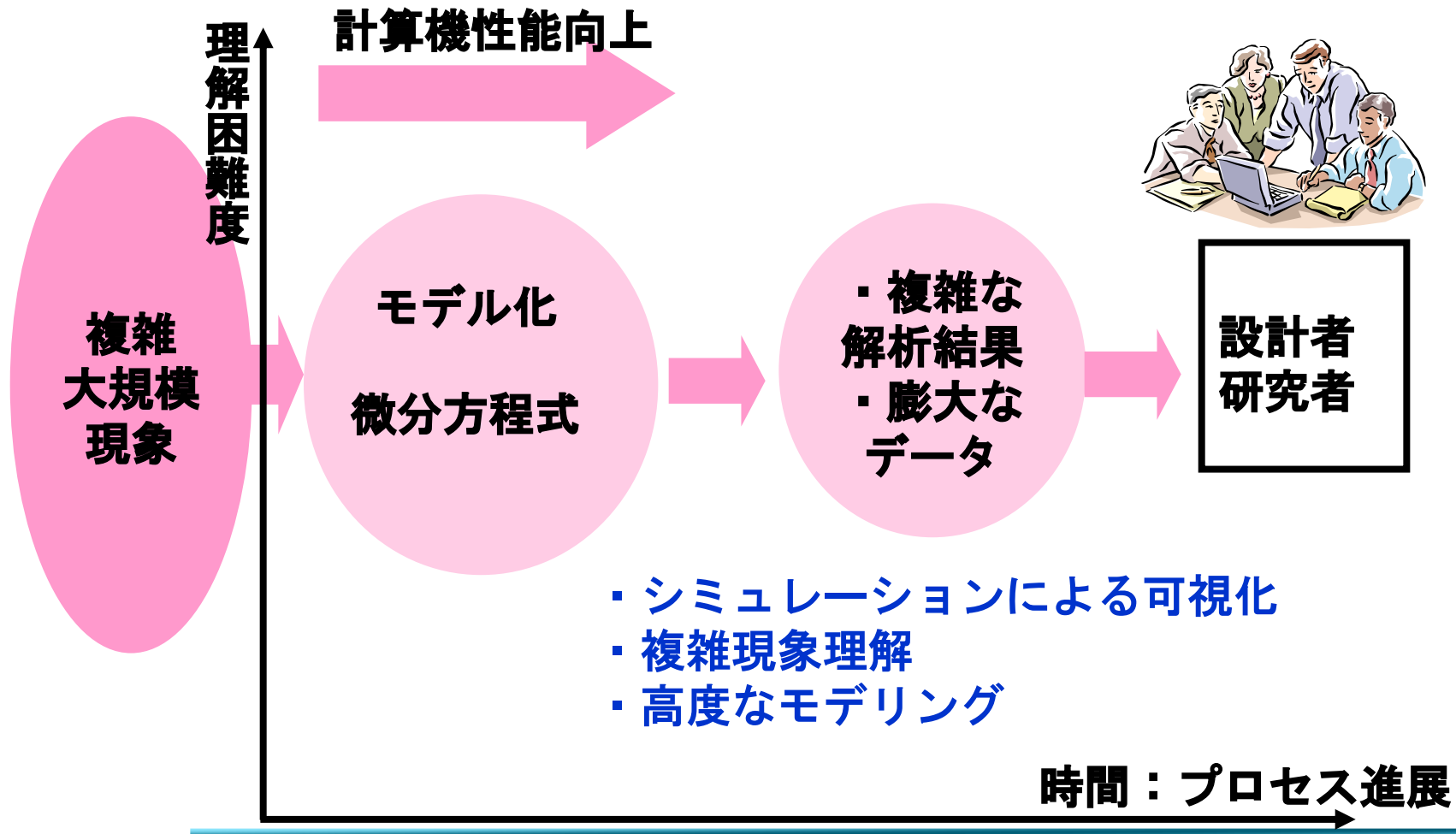
まとめ：ヒアリングから見られる産業界（特に中小企業）からの要望

- ・ソフトウェアの価格高騰、解析品質V&V仕組み、技術情報不足
- ・国がCAEの中小企業への導入を発声して牽引する動き、国策としてCAEを使うことを勧める動き。
- ・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、等の組織の整備。
- ・国研等のデータベースを整備してアクセスが容易で、ソフトで使用できるように変換できるように、活用時を考慮した仕組み。
- ・知的プリ・ポストの開発。サポートする部隊の必要性。サポート料を安くできる仕組み。
- ・“CAE職人”を作る教育が必要。例えばNPO（関東CAE懇話会等）は、解析塾等を開催している。CAEの検証の共有化。小さな成功から。
- ・新しい価値（試作の代替ではなく）の創出につながる使い方
- ・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

アンケートやヒアリングから見えてくること

シミュレーションの役割と効果

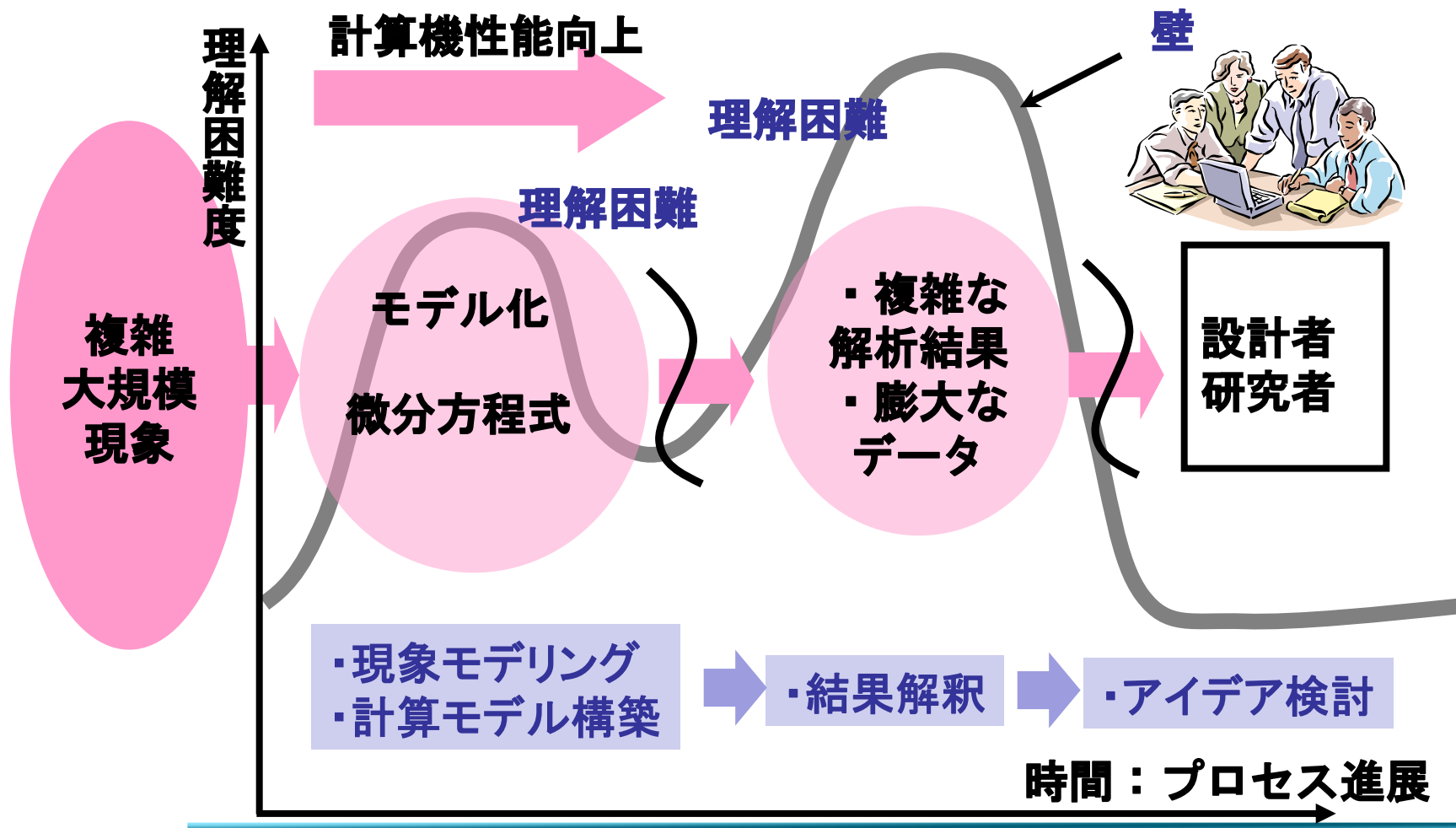
シミュレーションを有効に活用して、複雑な現象を予測、理解、制御する



解析品質視点：シミュレーションと思考のつながり

たとえば

- ・解析結果は出たが、複雑で現象理解が難しい・・・
- ・面白い結果だが、解析誤差なのか新発見なのかわからない・・・
- ・解析結果が複雑だから何を改良すべきかわからない・・・



高精度・大規模解析の流れ

→ 解析戦略の立案:

複雑で大規模な現象解明のための解くべき
計算モデル構築

→ 解析の検証:

複雑で大規模な現象の高精度計測

→ 解析パラメータサーベイ(多数の因子):

最適な解の探索

→ 解析結果の解釈とアイデア創出:

解析知見の理解と改良

現実のスーパーコンピューティング課題

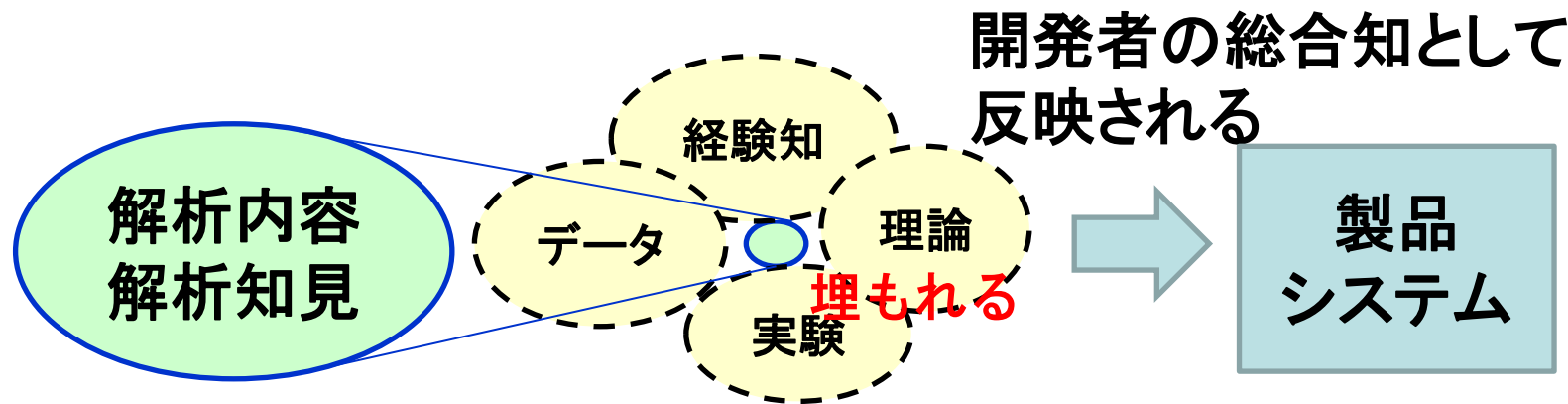
解析手法・アルゴリズムとは違う視点も大事

- ・ どのような問題を解くべきか : **計算課題の設定**
- ・ どのような手法を用いるか : **現象の複雑性把握**
- ・ 現実条件の反映 : **初期・境界条件設定、バラツキ**
- ・ 現実現象の再現性 : **解析結果の解釈、検証**
- ・ 新問題に対する提案 : **解析モデル予測精度**
- ・ 結果としての貢献 : 解析による直接**効果定量化**

計算自体が正しくても成果に結びつかないことがある
→課題設定も含めたモデリング技術が大事

解析によるものづくり貢献の難しさ

- 高度な解析 ≠ 現実の問題の解決
- 現実の難しい問題はまだ解けない事が多い
- 現製品改良では、高度解析は必須ではない
- 解析技術はツール、コモディティ化し、知的活動の一部に埋もれ、外部から見えにくい



- 計算科学による貢献と製品開発貢献の間の
相関が難しい(成功感が見えにくい)

今後必要な解析の役割

- 課題に対する適切なモデル構築、考える道具としてのシミュレーション活用(構成的理解)プロセスの構築
- 高精度大規模解析を活用した現実現象のバラツキ予測(起こる可能性の探索)、難しい現象の解析
- 現実とモデル境界条件の違いの影響の詳細分析
- システム全体の定性的理解と詳細解析の階層的連携による理解(システム指向)、設計工学との連携
- 解析情報の解釈、それに基づく「気づき」、「アイデア」を産み出すヒント作り

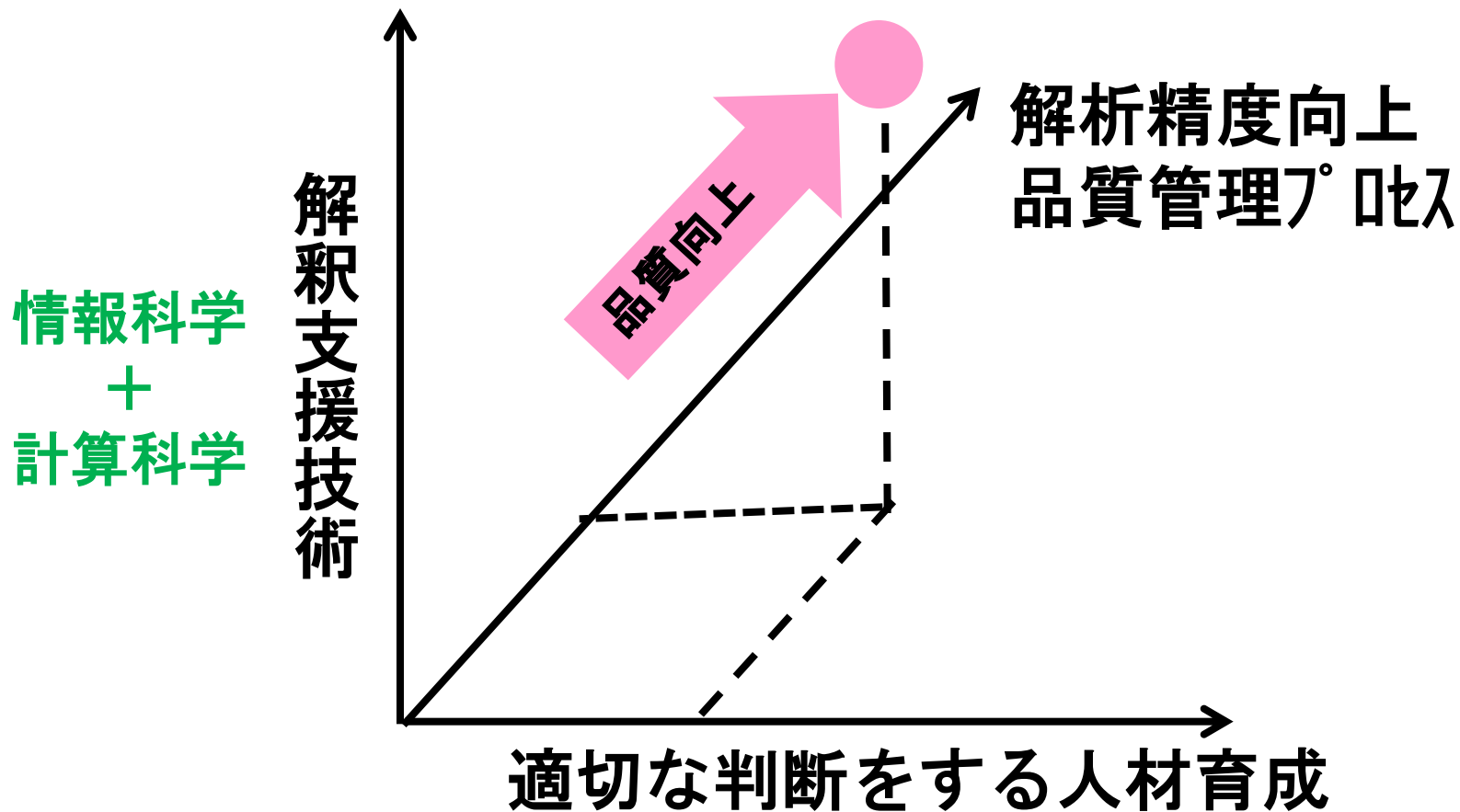
今後の計算科学・工学の産業活用の施策

・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、

- 1) 広い意味での解析品質向上、方法論
- 2) 人材育成の仕組み、小さな成功体験の連続
- 3) 解析モデリング & シミュレーションの解析情報の有効活用、解釈の技術、異分野連携
- 4) 解析の入力から出力までを一貫してみる技術
- 5) 産業界がアクセス、試行できる解析情報共有のありかた、ものづくり連携システム等

解析品質を向上させる多様なアプローチ

- ・ 解析精度を向上しながら人材育成をするためには？
- ・ これからは解析結果の解釈を向上させることも品質
→ 解釈学（結果からアイデアを生むための）が必要？



例：知的可視化技術の必要性

- ・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、課題に対して効果あるモデリング方法論、人材育成のあり方

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クス(VA)の活用
- ②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、解析と計測の連携・利活用(例えば、データ同化)
- ③実問題解析に利用可能な誤差モデルの開発
- ④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、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育成プログラム

解析結果の可視化・解釈イメージ

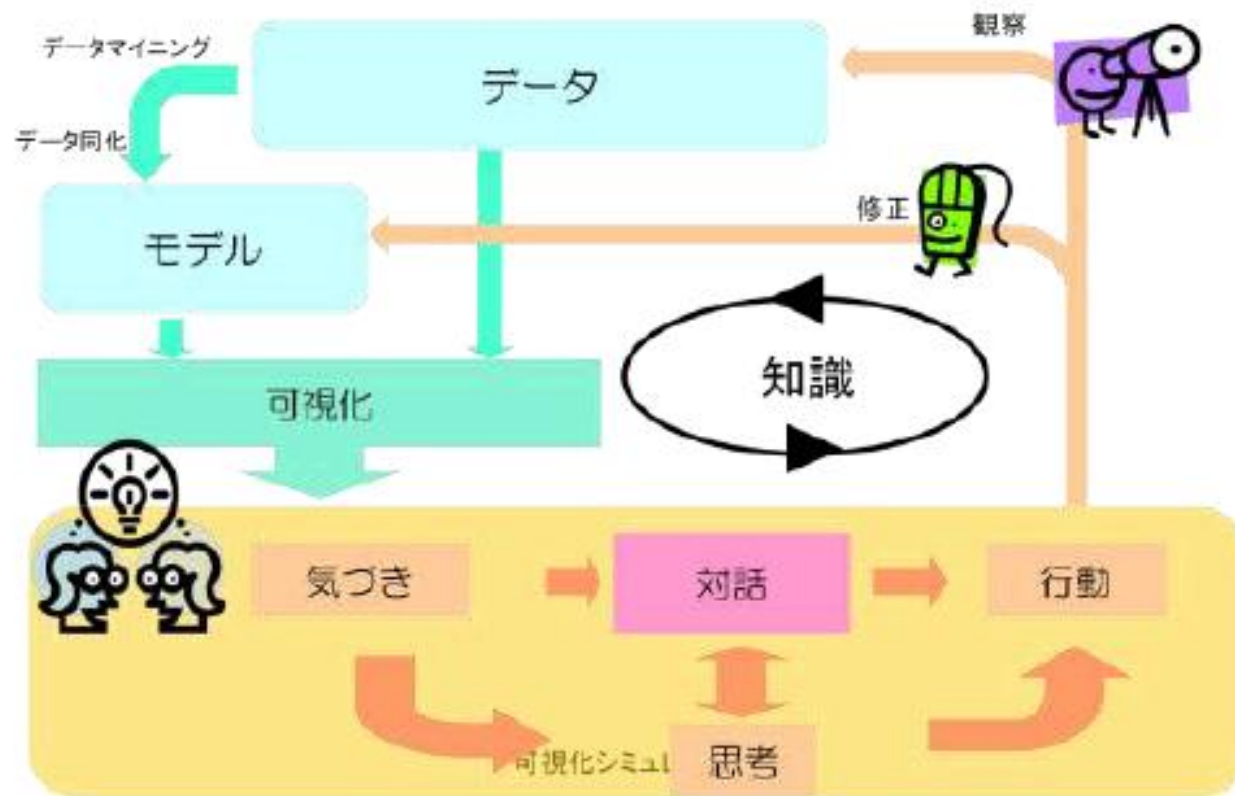


図 VA(ビジュアルアナリティクス)の概要

例：効果的なモデリング

・誤差を把握したモデリング（V&Vとの連携）

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

（ウ）形状の近似、境界条件の設定に起因する誤差

（オ）離散化誤差、丸め誤差、結果の表示に関する誤差 等々

上記（ア）（イ）に対して、計測と解析の連携が必要。例えば、DA（データ同化）は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。今後、モノづくり分野において、活用できるのでは。

・課題に対する適切なモデリング

（1）人材育成、現象理解

（2）シミュレーションをうまく考える手段として活用する方法論

例：ものづくり連携の仕組み

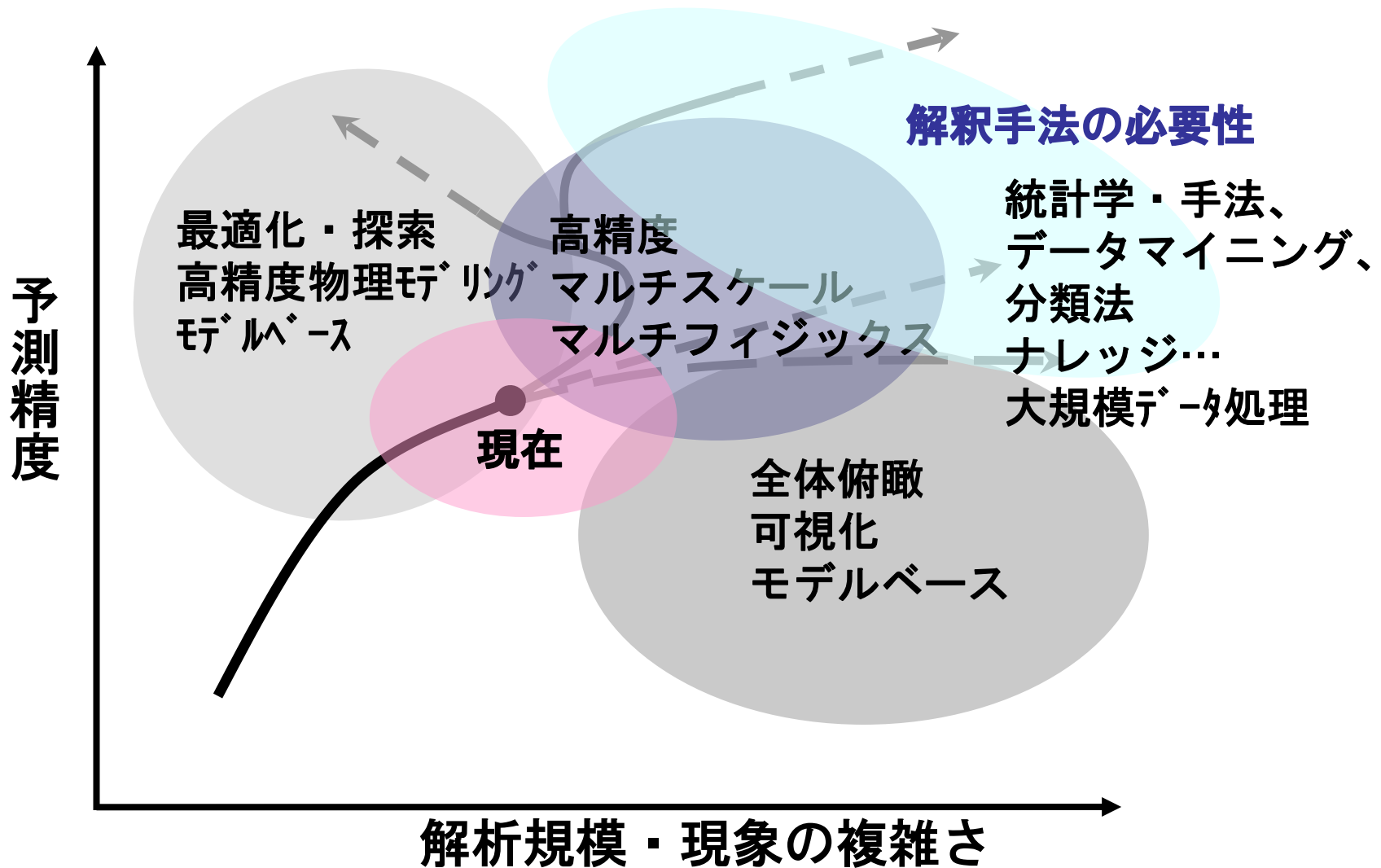
- ・小規模企業のシミュレーション技術活用活性化を促進する『ものづくり連携システム』の仕組みが必要。

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。

例えば、

- ・小規模企業と距離が近い公設試等をハブとする連携
- ・大企業のシニア活用（技術アドバイザー等）

多様な計算科学(工学)アプローチ



END
