

# 計算基盤 ～

画像処理の研究室から見て

東京大学 相澤清晴

- 富岳:

pytorchなどの一般的な深層学習ライブラリをサポートすることを強く押し出すなど、広いエンドユーザを想定していると感じる。画像処理の研究者からしても、深層学習の訓練の目的で使えるのではないか？ その場合、コストパフォーマンスの面でAWS<<ABCIよりも良いかなど、検証してみたいくなる。

- 障壁:

利用の裾野の広がりへの現実的な問題である。現在、富岳を使うためには、HPCIアカウントを取得し、研究課題を設定し、個人の認証を行い、さらに組織の上長の承認を得る必要があり、課題の選定を受ける。「スパコンを使う研究者のための研究のインフラ」という面が強く残っている。広く使われ始めている産総研ABCIのように、もっとより簡単にHPCが専門ではない情報処理研究者が有償であってもいいのでアクセスしやすい仕組みにしてほしい。HPCを広く学術に役立てるエコシステムにとって、ユーザビリティは重要である。

# 次世代計算基盤検討部会 (個人的意見)

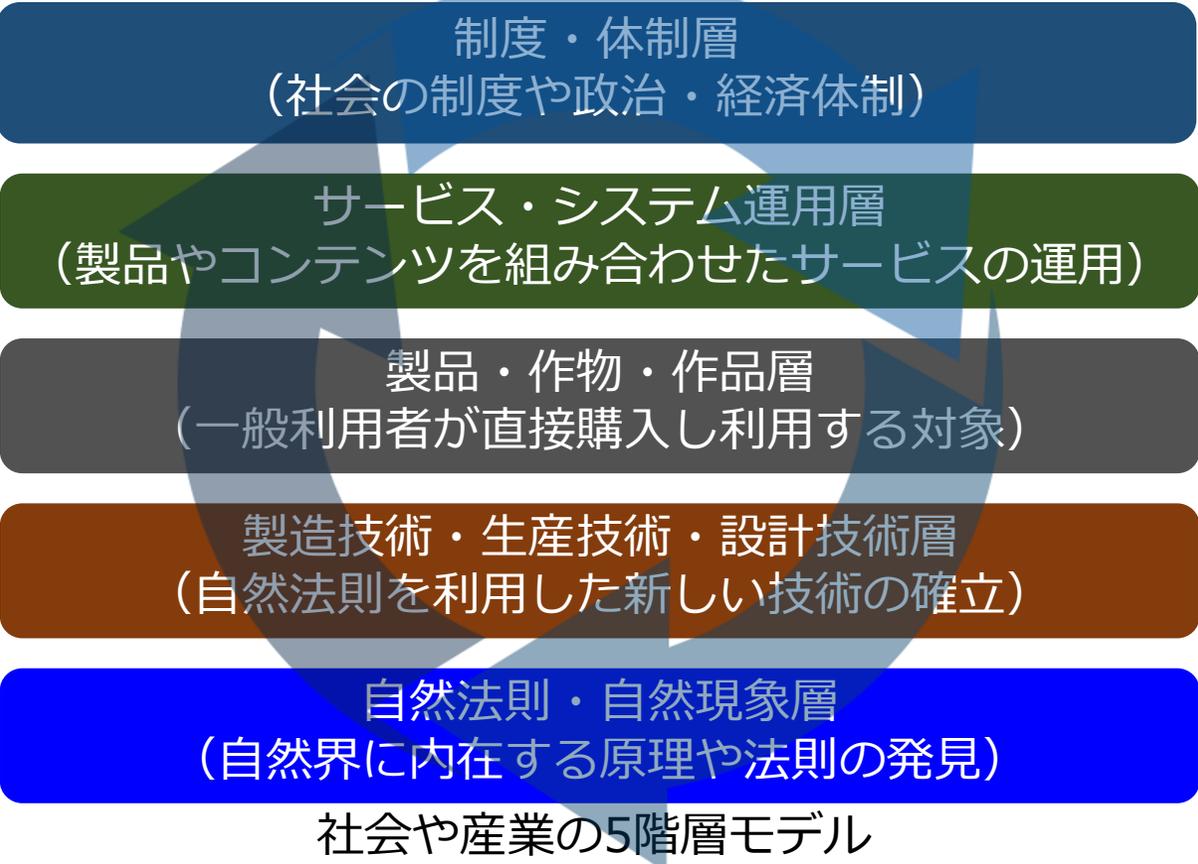
2021年6月21日

九州大学  
大学院システム情報科学研究院 教授  
システムLSI研究センター長  
井上弘士

# 個人的意見のサマリ

1. 省庁横断で我が国の次世代計算基盤のグランドデザインを考えるべき!  
→「サイエンスの創出→実装→活用」サイクル, 「学術→産業→学術・・・」サイクル
2. サイエンス創出計算基盤では「学術多様性を担保する汎用性」と「世界的優位な高性能」を重視するべき!  
→分野連携を前提としたフラッグシップマシン+第二階層マシン+エコシステム (+コミュニティ)
3. ポストムーア時代を見据えた取り組みとするべき!  
→ポスト富岳は「微細化+2.5/3次元積層+ポストポスト富岳に向けた探索の仕掛け」, 汎用+専用 (ただし処理特化型)
4. 継続的な計算基盤の探索・開発を実現するべき!  
→フラッグシップマシンとセンター/国研マシンでの「Tick-Tock」戦略
5. 「国際連携」と「純国産」のバランス戦略を練るべき  
→大規模システム開発・構築・運用技術の維持・蓄積・拡大は国策として重要, 国際連携と国内活性化戦略, 我が国の産業拡大
6. 異なる観点からのフィージビリティ・スタディを検討すべき  
→グランドデザインが基本, その上でフラッグシップマシンの構成・開発体制・運用スキームを踏まえた多角的なフィジビリティスタディが重要

# 意見その1：省庁横断（または統一）で我が国の次世代計算基盤のグランドデザインを考えるべき！



安浦寛人, “日本の情報通信技術(ICT)の研究開発の方向に関する提言” SLRC Discussion Paper Series, Vol.5, No.1, Sep. 2009

現状は「個別」に「分断」して  
企画・策定・実施してるのでは？

経産省系 IoT, AI, エッジ, 半導体/集積回路

様々な産業分野における世界的な優位性の確保  
(日本の強み：自動車, エンタメ, エッジ, インフラ, サービス, 半導体材料/装置など)

**サイエンス活用  
のための計算基盤**

**サイエンス実装  
のための計算基盤**

学術研究と産業の橋渡しによる世界的優位確保

総務省系  
ネットワーク, データセンター  
大学・研究所系  
データ基盤 (mdx), AI基盤 (ABCI)  
→サイエンス創出の役割も

様々な学術研究分野における世界的な優位確保

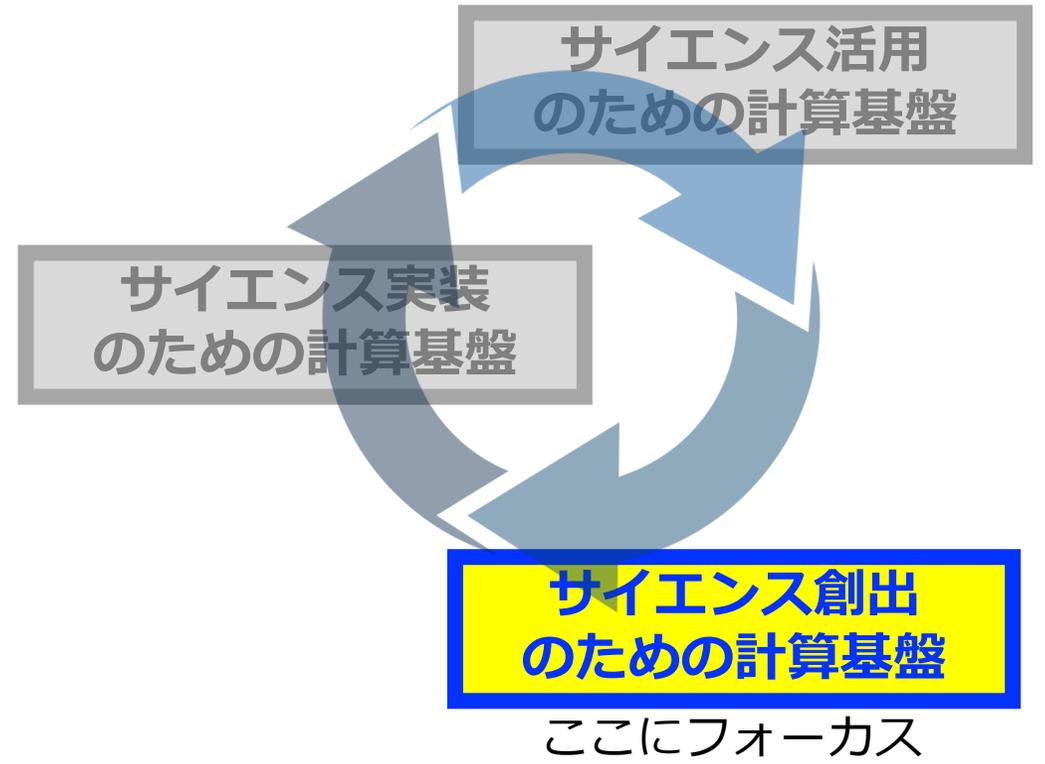
**サイエンス創出  
のための計算基盤**

文科省系  
フラッグシップスパコン (富岳), HPCI  
→サイエンス実装の役割も

**「サイエンスの創出→実装→活用」サイクル, 「学術→産業→学術・・・」サイクル**

# 意見その2：サイエンス創出計算基盤では「学術多様性を担保する汎用性」と「世界的優位な高性能」を重視するべき!

分野間の垣根を越えた学術的取り組みがより重要に  
(特定分野への特化は学術的多様性の制限になりかねない)



**分野連携を前提とした  
フラッグシップマシン+第二階層マシン+エコシステム (+コミュニティ)** 4

# 意見その3：ポストムーア時代を見据えた取り組みとすべき！（今後は「完全汎用」は難しい）

2030年まで（ポスト富岳）

主要な開発主体

「更なる微細化+2.5/3次元積層」による量的アプローチに基づく構成  
（おそらくこれが最後）

+

ポストムーア時代を見据えた計算基盤探索の仕組み  
（古典-量子ハイブリッドなど）

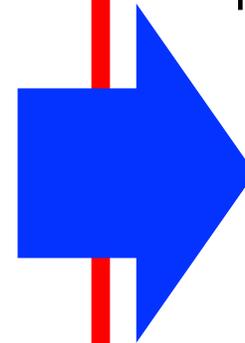
2031年から（ポストポスト富岳）

主要な開発主体

「更なる微細化+2.5/3次元積層」による量的アプローチに基づく構成

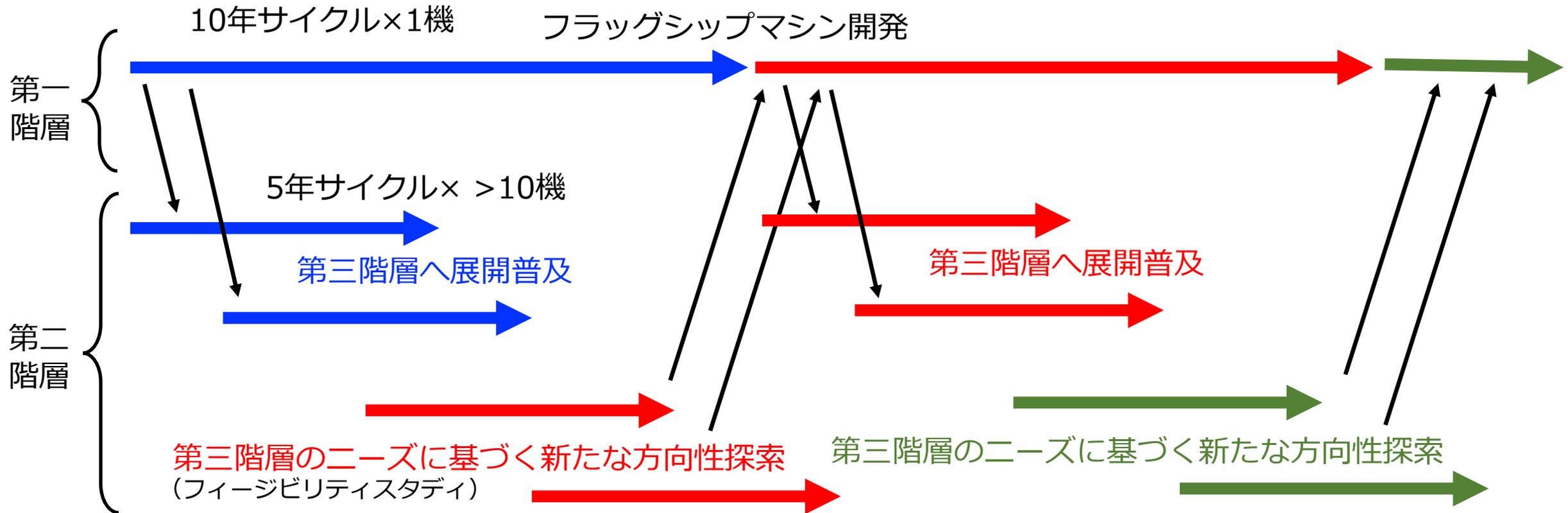
+

半導体の微細化に頼らない新たな計算基盤探索の仕組み



ポスト富岳は「微細化+2.5/3次元積層+ポストポスト富岳に向けた探索の仕掛け」、汎用+専用（ただし「アプリ特化」ではなく「処理特化」）

# 意見その4：継続的な計算基盤の探索・開発を実現するべき!



**フラッグシップマシンとセンター/国研マシンでの「Tick-Tock」戦略  
→第二階層は2つの役割 (第三階層への展開 + 第一階層へのフィードバック)**<sub>6</sub>

# 意見その5：「国際連携」と「純国産」のバランス戦略を練るべき

日本の産業強化につながるユーザの新規参入→



現状

今後の一つの方向性

モノ（装置やシステム）作り と運用・保守・サービス	{ 強化すべき→ 強化すべき→ 強化すべき→         }	利用者向けサービス	←国内必須
		システム運用・保守	←国内必須
		システム構築	←国内に強み, 京や富岳の実績
国際連携強化 (積極誘致含む)	{ 国内支援, 海外メーカーの日本誘致→ 国内支援, 海外メーカーの日本誘致→         }	チップ設計・開発	←国プロで国産, 海外依存
		チップ製造 (ファンドリー)	←海外依存, 国内誘致の動き
更に強めるべき (シェア拡大, 依存度強化) →		材料・装置	←国内に強み, 世界的シェア

**大規模システム開発・構築・運用技術の維持・蓄積・拡大は国策として重要**  
**→半導体サプライチェーンも踏まえた国際連携と国内活性化戦略が必要!**  
**→我が国の産業拡大につながるスキームが必要 (継続投資)!**

# 意見その6：異なる観点からのフィージビリティ・スタディを検討すべき

## グランドデザイン 探索型



## サイエンス創出基盤 探索型



## ポストムーア 探索型

2030年まで (ポスト富岳)

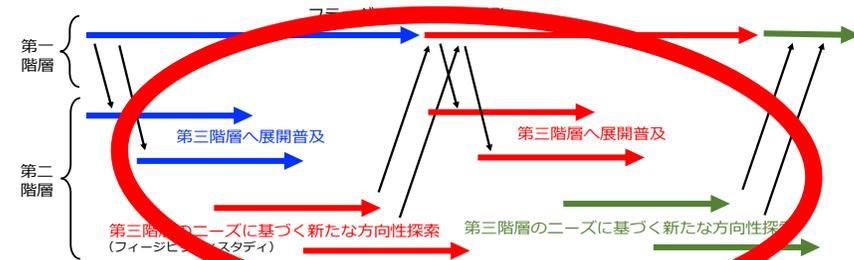
主要な開発主体  
「更なる微細化+2.5/3次元積層」による量的アプローチに基づく構成 (おそらくこれが最後)  
+

ポストムーア時代を見据えた計算基盤探索の仕組み (古典-量子ハイブリッドなど)

## 開発スキーム探索型



## 開発・普及スキーム探索型



**グランドデザインが基本, その上でフラッグシップマシンの構成・開発体制・運用スキームを踏まえた多角的なフィージビリティスタディが重要**

# 次世代計算基盤に期待すること(計算流体力学の立場から)

気象, 地震, 津波, 社会現象(?)などの様々な流体が関わる現象の解明において  
大規模計算に負うところは極めて大きい

小紫 誠子  
(日本大学, 計算流体力学)

## 流体力学においてもまだまだ数多くの未解決問題が残されている

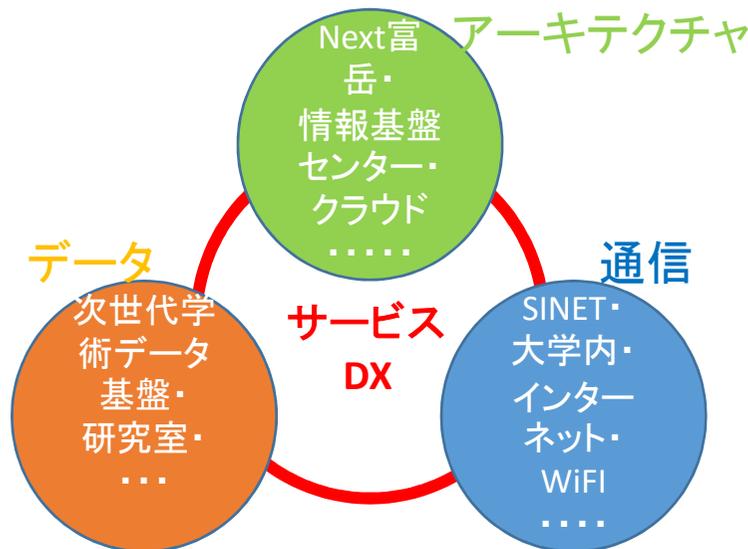
- 3次元Navier-Stokes方程式の解の基本的な性質が理論的に解明されていない  
(数学の未解決問題. ミレニアム懸賞問題のひとつ)
  - 流体現象において極めて重要な「乱流」現象の解明(物理学の未解決問題)は数値計算にかかっている
  - 現状, 流体計算は現象を模擬する「モデル」を扱っているに過ぎない
    - そもそもNavier-Stokes方程式もモデル方程式とも考えられる
    - 乱流現象, 燃焼, 化学反応を伴う流れ等現状ではモデルを導入せざるをえない
- ⇒ 次世代計算基盤ではモデルへの依存度を大幅に減らした計算が現実化する可能性.  
⇒ 大規模計算を行うことで現在用いられているモデルの妥当性を検証することも期待できる  
⇒ 流体計算ひいては流体力学の分野における他大な貢献

## 次世代計算基盤に期待すること

- 今後の研究において, 計算機による解析に負うところは益々大きくなる
- 計算の結果得られる膨大なデータの解析(ポスト処理)においても大きな課題
- 方程式を計算するだけではなく, AIを活用するアイディアの検討も進んでいる

# 次世代計算機基盤とサービスDX

津田塾大学 中野美由紀



研究・開発に求められる指標

新規性  
信頼性  
正確性  
有用性(その分野における価値)  
社会性(直近だけではない! 長期的視野とは)

## 1. 狙え! 世界一

そこで確立した技術でしか得られない成果、発見、次への種  
次世代アーキテクチャ研究者の育成  
世界一を知らなければ、次の世界一は生み出せない  
使えることに価値がある

## 2. 残せ! データ

研究成果の根拠(エビデンス)として求められている  
ビッグデータとして、さらなる利用の可能性がある  
そもそも、データそのものが成果であり、資産である

## 3. 繋げ! システム

高速かつシームレスな計算資源利用のネットワーク  
クラウドサービスにあるような利用用途に応じた資源提供  
セキュリティの担保

## 4. 見せろ! 成果

研究成果がすぐにタグ付けできる枠組の構築  
小学生が理研のHPIにたどりついて、探したいものを探せる  
次世代の情報分野育成のためには「**図鑑**」が必要

サービスDXのフレームワークも次世代計算機基盤から!

次世代計算機基盤のファシリティマネジメントこそ要

シームレス+インタフェース

トランスペアレンシー+ログ

トレーサビリティ+リネージュ (あるいはフットノート? DOI?)

ユーザ・フレンドリー+アベイラビリティ

## ・様々な学術研究分野における世界的優位を確保するため

肥山詠美子(東北大):ユーザーの立場から

計算機を活用した学術的な分野融合が大変重要

スパコン「京」が立ち上がったとき:HPCI戦略プログラム分野5に属していたとき、素粒子-原子核-宇宙の融合が一気に進んだ。  
(2010年-2015年) 2010年より前:それぞれの3分野は独立していて、分野交流が少なかった。

宇宙:星の一生、星の形成、元素合成の研究

ミクロの原子核の構造の精密大規模計算

素粒子:原子核を形成するための第一原理理論からの粒子間相互作用の構築

大型実験施設

J-PARC(大強度陽子加速器施設)

RIBF(理研)

ハドロン実験施設の拡張計画

(文科省大型プロジェクトロードマップ  
2021に選定)

格子QCD計算から直接原子核の構造研究をすすめるという研究も生まれた。

こういう流れと研究スタイルは日本初の研究であった。

7-10年後を見据えたときに、計算機を活用した大規模計算と日本を代表する大規模実験施設で展開される実験とタグを組んだ新しい体制構築が、人材育成や素・核・宇宙分野で世界的に優位にたてる。

# 次世代計算基盤への期待

## 大阪大学 藤井啓祐(専門は量子コンピュータ)

- 特定分野（産業イノベーション・サイエンスイノベーションの両面）におけるアプリケーションで次世代スパコンでしか出せない性能を出すことが必須（ツール、実行環境、サポート）
- 汎用性は目指すべき。ただしこれは汎用的なデータセンター(例えばAWS etc)を目指すような汎用性ではなく、時代のその時々で特定ドメインに特化できる汎用性の高さ(柔軟性)
- スパコンはF1。最先端技術の結集、計算技術・計算科学そのものの発展は必須。この最先端技術の一部は民生化されて然るべき（半導体黄金時代は民生用プロセスへと普及、富岳ならJIT(Xbyak)がdeep learning frameworkを支えるソフトウェア）。どういう技術が民生化されうるか（ソフトウェアを支える基盤技術などを含め）広くかつ戦略的に見据えるべき。
- 量子コンピュータが、次期スパコンの計算基盤を担えるかどうかは不明(googleのロードマップは2029年に100万量子ビット)。計算機最先端技術として、計算技術人材などは量子も見据えた広がりを持つべき。

# 次世代計算基盤の在り方について

## 三好建正（理化学研究所、データ同化・気象学）

---

- 計算基盤はサイバー世界の根底、サイバーと現実の融合が進む
- Society5.0や科学技術、産業や学術研究など、様々な観点で今後の人類社会の発展に必須
- 日本の優位性や競争力を発展させる次世代計算基盤を戦略的に設計すべき
- フラッグシップマシンを頂点としてエッジまで含めた多様なエコシステムは有効
- フラッグシップに求められる性能について、現在の技術の延長ではなく、飛躍的發展が必要
- そのためにどのような可能性があるか、国内外の過去の経験や、技術の将来予測に基づく調査研究が必要
  - アプリ性能で100倍以上を達成するためのハード・ソフト協調を含めた技術的可能性
  - アプリ面での意義や有効性、何倍計算できると何が変わるのか、次のブレークスルーはどこか