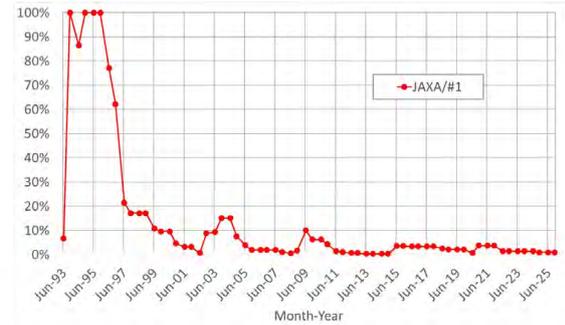


航空宇宙分野における スーパーコンピューティングの時代変化

(国研)宇宙航空研究開発機構
セキュリティ・情報化推進部
スーパーコンピュータ活用課
藤田直行
fujita.naoyuki@jaxa.jp



Agenda

- 背景・目的
- 宇宙航空研究開発機構とは
- JAXAスーパーコンピューティングの変遷(数値シミュレーションとスパコン・可視化)
 - 開拓 の時代
 - 技術開発の時代
 - 検証 の時代
 - 実用 の時代(テープ技術の課題にも触れる)
- 量子コンピューティングへの取り組み
- 経済環境・労働環境の変化と計算資源
- 次世代システムの方向性
- まとめ

■ 背景・目的

【背景】

- 演算性能400万倍(4GFLOPS ⇒ 16PFLOPS)
- 解析内容は、空気力学、構造の単体から、
流体構造連成解析、燃焼、音響等へ拡大
- 利用分野はCFDのみならず、衛星データ処理、機械学習へ裾野を広げる
- システム開発は組織単位から国家プロジェクトへ
- 製造プロセスの寡占化
- 巨大データセンタ事業の台頭
- コンピュータ部品・製品の市場価格不安定化
- 人財確保の困難化



【目的】

- 次世代システム構築で考えるべきこと

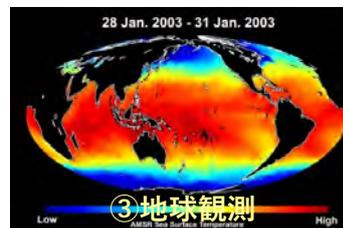
■ 宇宙航空研究開発機構とは

- 設立 : 2003年10月
(国内3つの航空宇宙機関がひとつに)
- 職員数 : 1,663
- 予算 : 1,545億円

(@ 2025年4月)



ミッション

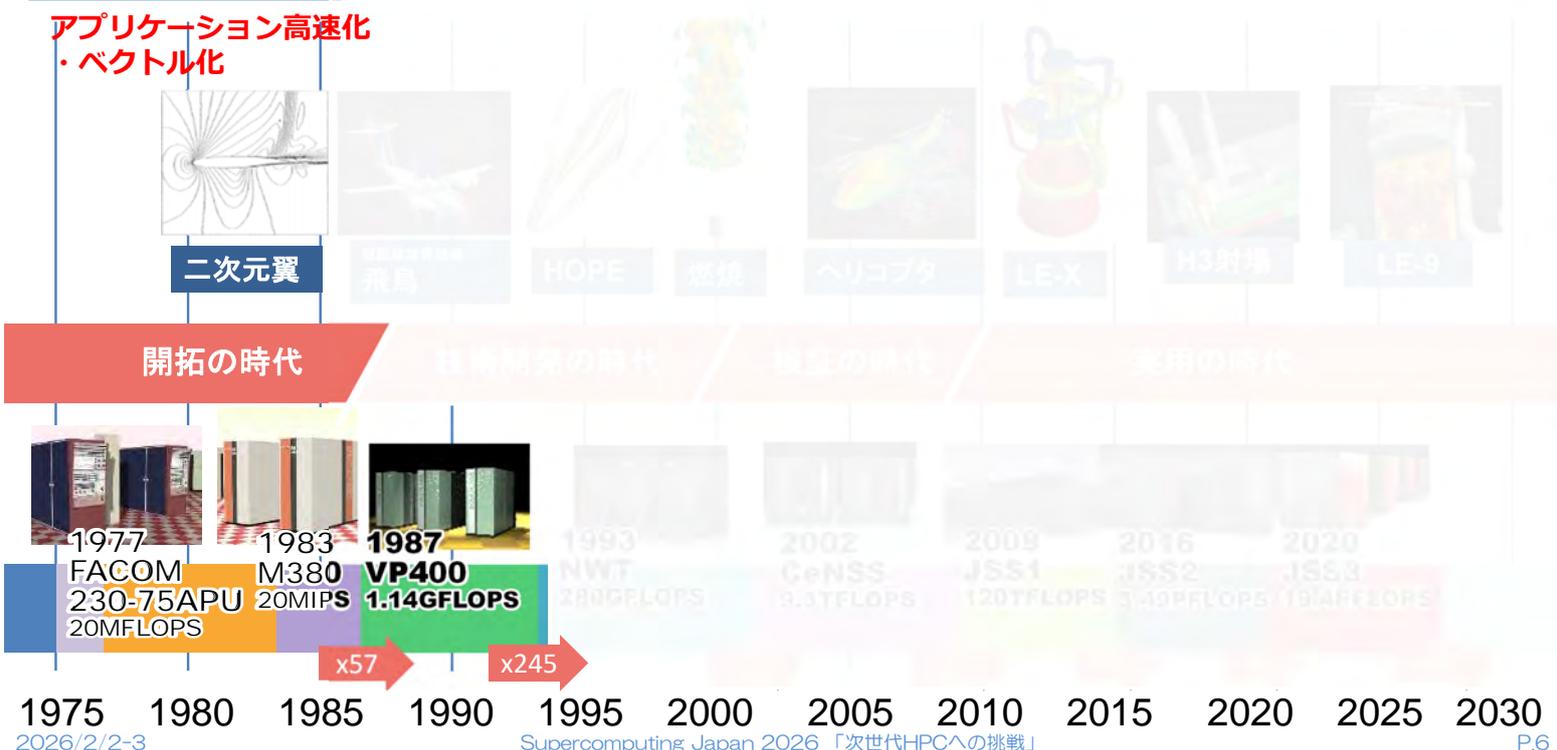


Agenda

- 背景・目的
- 宇宙航空研究開発機構とは
- JAXAスーパーコンピューティングの変遷(数値シミュレーションとスパコン・可視化)
 - 開拓の時代
 - 技術開発の時代
 - 検証の時代
 - 実用の時代(テープ技術の課題にも触れる)
- 量子コンピューティングへの取り組み
- 経済環境・労働環境の変化と計算資源
- 次世代システムの方向性
- まとめ

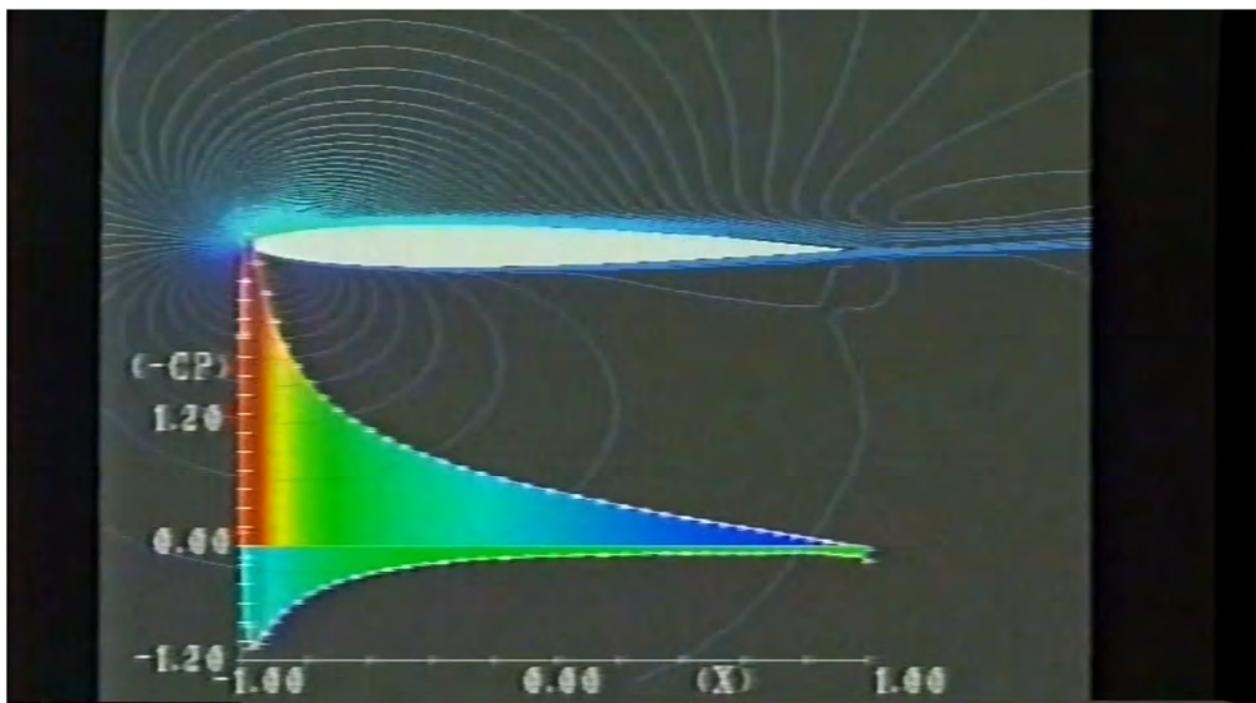
■ JAXAスーパーコンピューティングの変遷

アプリケーション高速化
・ベクトル化



■ 開拓の時代(数値シミュレーション)

アプリケーション高速化
・ベクトル化



2026/2/2-3

Supercomputing Japan 2026 「次世代HPCへの挑戦」

P.7

■ 開拓の時代(スパコン・可視化技術)

アプリケーション高速化
・ベクトル化



2026/2/2-3

Supercomputing Japan 2026 「次世代HPCへの挑戦」

P.8

JAXAスーパーコンピューティングの変遷

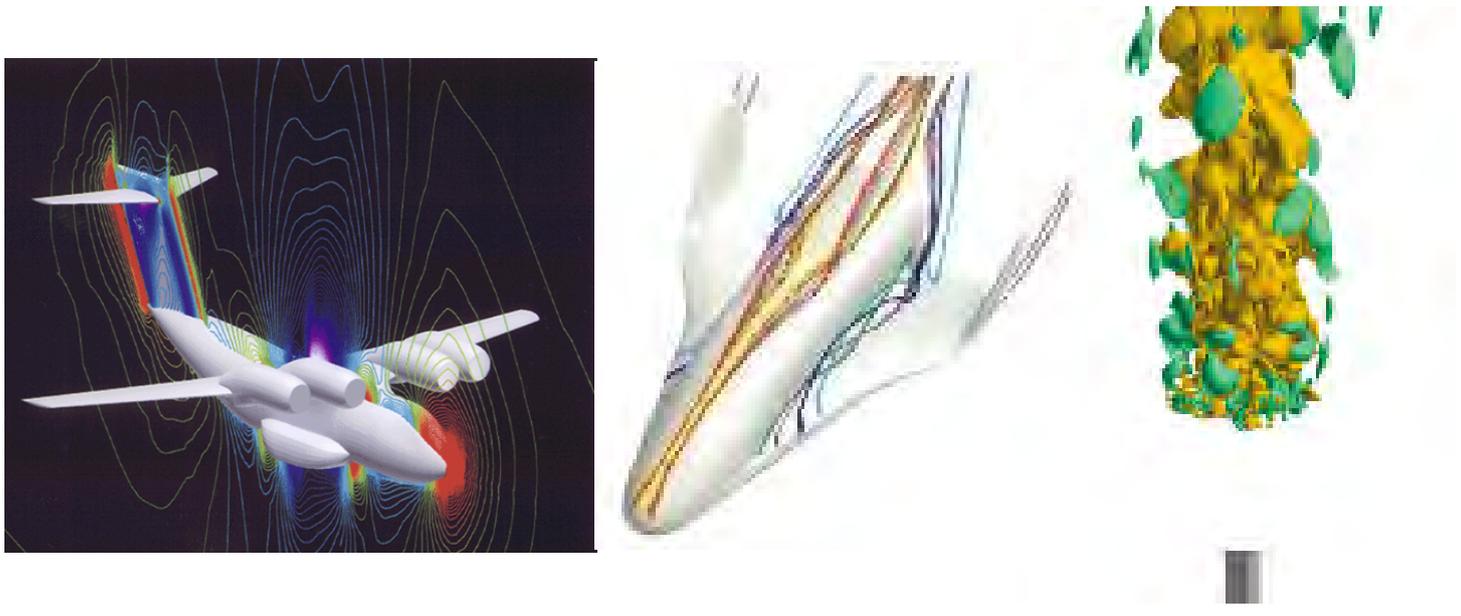
アプリケーション高速化
 ・ベクトル化
 ・並列化



JAXAスーパーコンピューティングの変遷

技術開発の時代(数値シミュレーション)

アプリケーション高速化
 ・ベクトル化
 ・並列化



技術開発の時代(スパコン・可視化技術)

・ベクトル化
・並列化

数値風洞は 並列計算機



アニメーションコマ撮り装置 (NEXUS)



初期デジタルアニメーション (SGI)

JAXAスーパーコンピューティングの変遷

アプリケーション高速化
・キャッシュチューニング



開発の時代

技術革新の時代

検証の時代

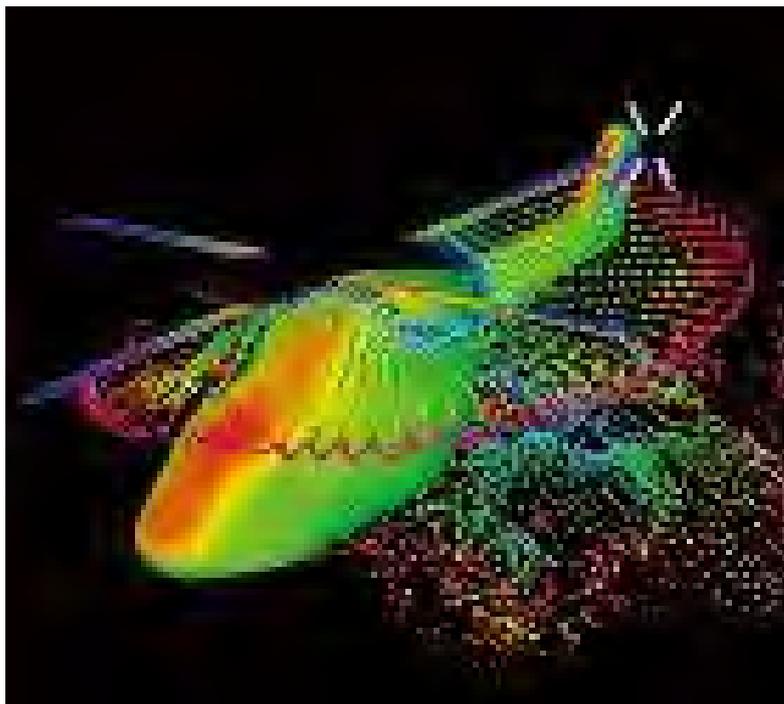


x33

x13

x30

■ 検証の時代(数値シミュレーション)



■ 検証の時代(スパコン・可視化技術)



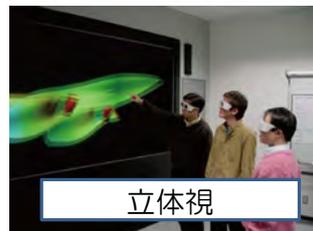
2002
CeNSS
9.3TFLOPS



2009
JSS1
120TFLOPS



デジタル編集機



立体視



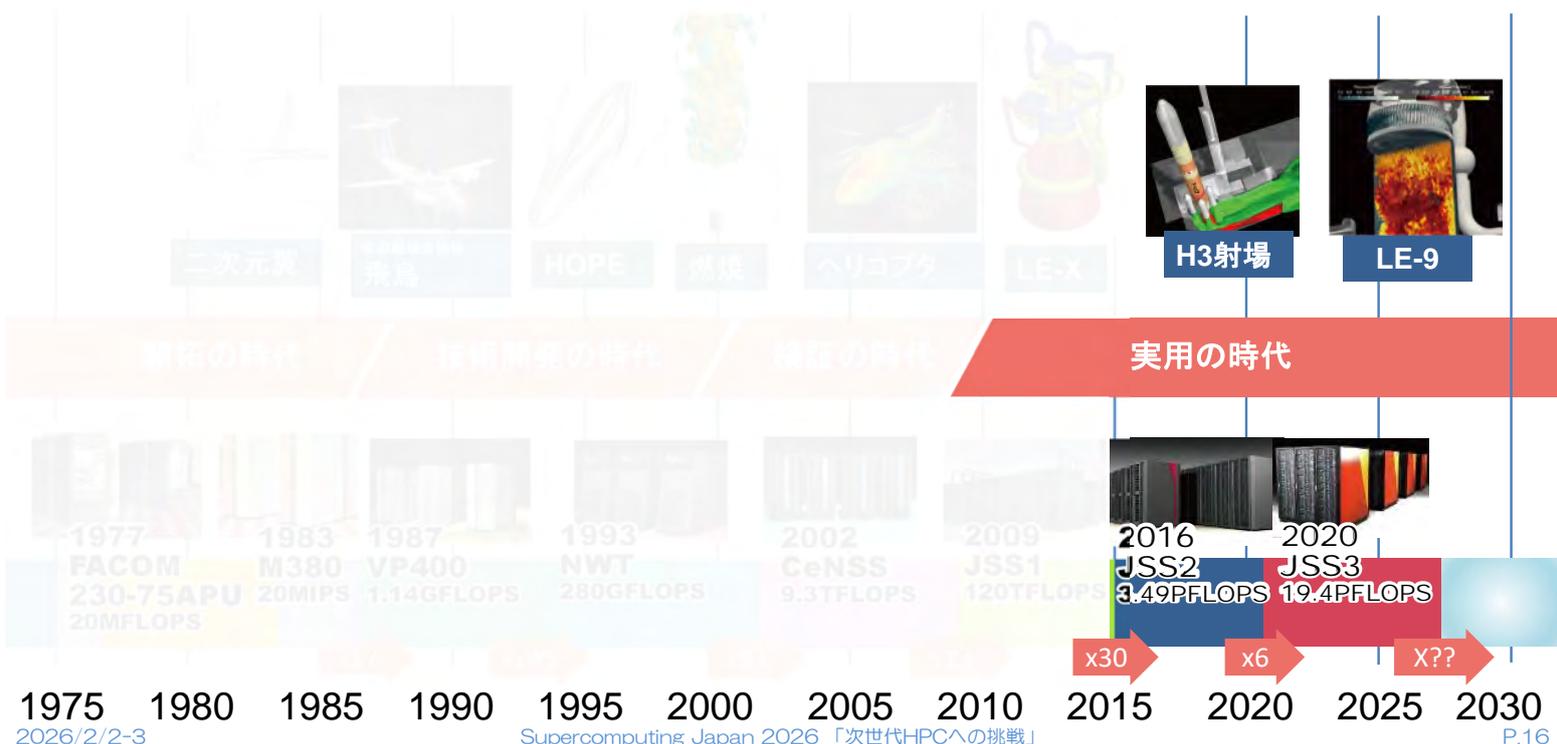
3Dプリンタ

Agenda

- 背景・目的
- 宇宙航空研究開発機構とは
- JAXAスーパーコンピューティングの変遷(数値シミュレーションとスパコン・可視化)
 - 開拓 の時代
 - 技術開発の時代
 - 検証 の時代
 - 実用 の時代(テープ技術の課題にも触れる)
- 量子コンピューティングへの取り組み
- 経済環境・労働環境の変化と計算資源
- 次世代システムの方向性
- まとめ

■ JAXAスーパーコンピューティングの変遷

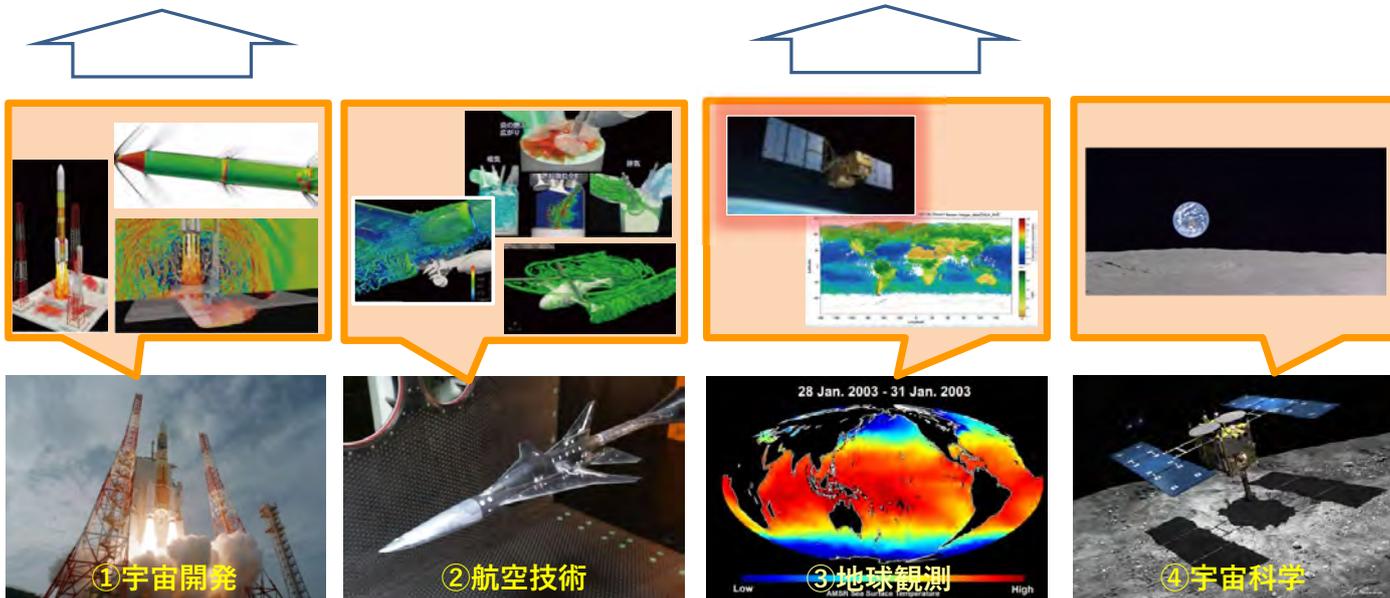
アプリケーション高速化
・キャッシュチューニング



■実用の時代(利用分野)

コンピューティング

(コンピューティングからはずれるが)大規模データ保存



2026/2/2-3

Supercomputing Japan 2026 「次世代HPCへの挑戦」

P.17

■スパコンが航空宇宙技術遺産に認定

■航空宇宙技術遺産とは

日本航空宇宙学会が(中略)、今後の航空宇宙技術の発展に寄与することを目的として、我が国の航空宇宙技術発展史上の画期的な製品および技術に対して、**認定**するものです。

認定技術遺産名称	認定理由
数値風洞 Numerical Wind Tunnel (NWT)	(前略) NWTの導入により、 本格的な並列シミュレーションを行うことが可能になり 、乱流シミュレーションなどの 基礎研究 から小型超音速実験機NEXSTや、極超音速飛行実験機HYFLEX、国産宇宙往還実験機HOPE-Xなど 航空機・宇宙機開発に幅広い分野で用いられ 、その後の 航空宇宙分野への数値シミュレーション技術の適用を 実用化するとともに、 航空宇宙工学の発展に大きく貢献 した。

他に、小惑星サンプルリターン技術、YS-11、ペンシルロケット、FJR710、D-SEND等



日本航空宇宙学会Webサイトより引用

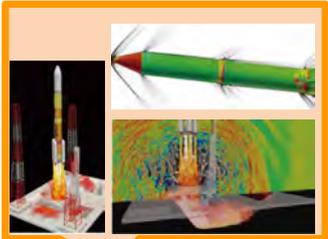
2026/2/2-3

Supercomputing Japan 2026 「次世代HPCへの挑戦」

P.18

■実用の時代(利用分野)

例：Epsilonロケット射場設計



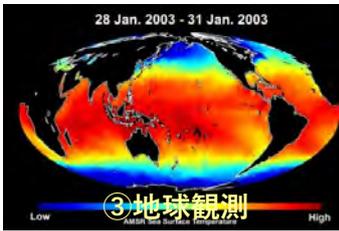
①宇宙開発

2026/2/2-3

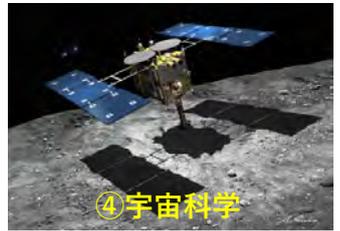


②航空技術

Supercomputing Japan 2026 「次世代HPCへの挑戦」



③地球観測



④宇宙科学

P.19



①宇宙開発



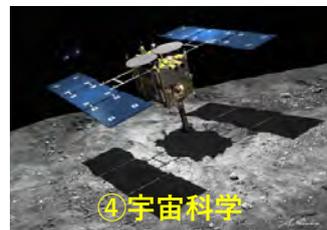
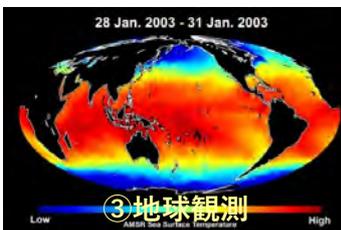
2026/2/2-3

Supercomputing Japan 2026 「次世代HPCへの挑戦」

P.21

■実用の時代(利用分野)

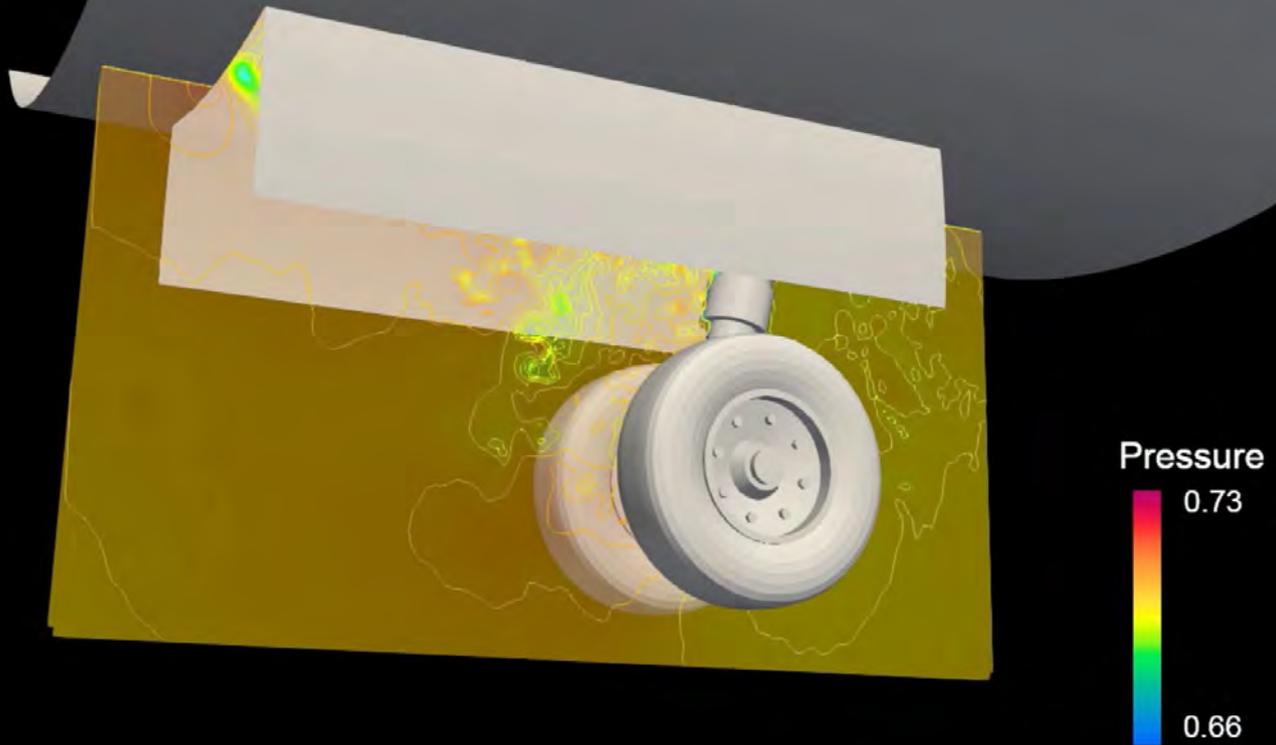
例：ランディングギア



2026/2/2-3

Supercomputing Japan 2026 「次世代HPCへの挑戦」

P.22



②航空技術

ここからテープストレージの話

空間を多数の格子に区切って計算を行う

- 比較的綺麗な空気の流れだけだと : 5つの変数
- 複雑な流れになると : 7つくらい
- 化学反応(燃焼)も計算すると : 15~

- 1変数を64bit(8バイト)で記憶する
- 1億点の計算をする
⇒1億点×8バイト×5~15個=4~12GB



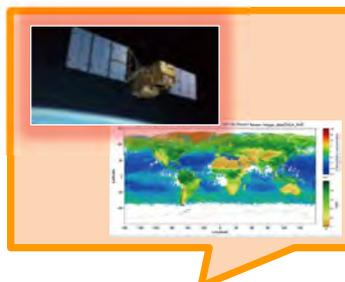
非定常(時々刻々状況が変化する)計算の場合、
100万回の計算をすると、

⇒4~12GB×100万回=4~12PB



■実用の時代(利用分野)

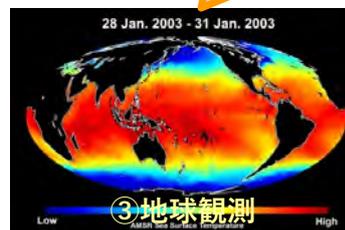
例：全球の降水観測



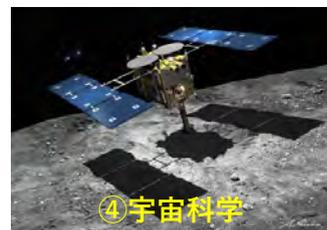
①宇宙開発



②航空技術

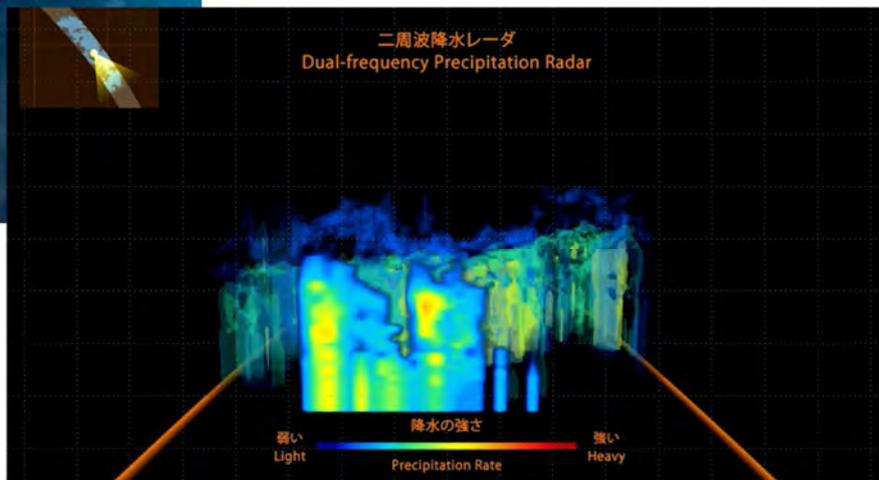
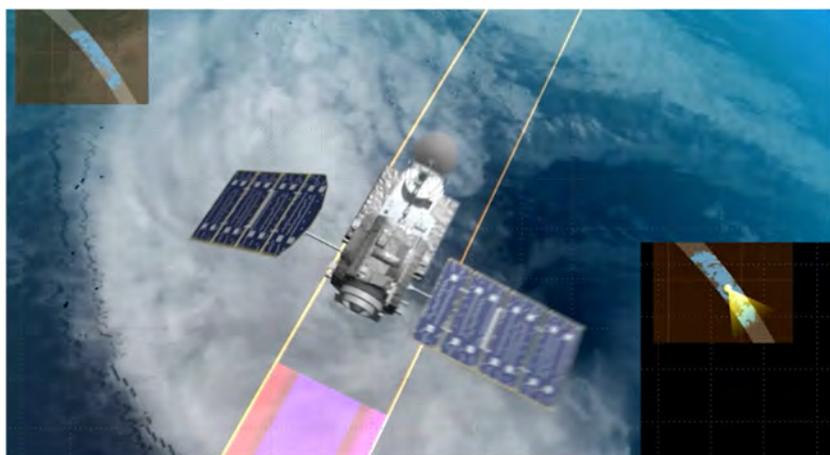


③地球観測



④宇宙科学

■地球観測



③地球観測

- 地球観測では**KB**のファイルを扱う
(衛星センサの高精度化でファイルサイズは大きくなってきてはいるが)
- 数値シミュレーションでは**GB**のファイルを扱う

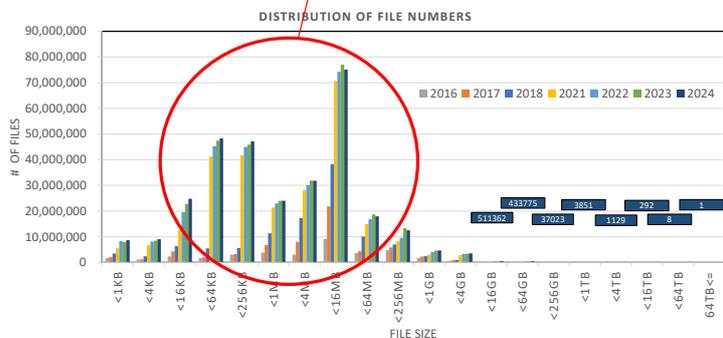


図 ファイル数の分布

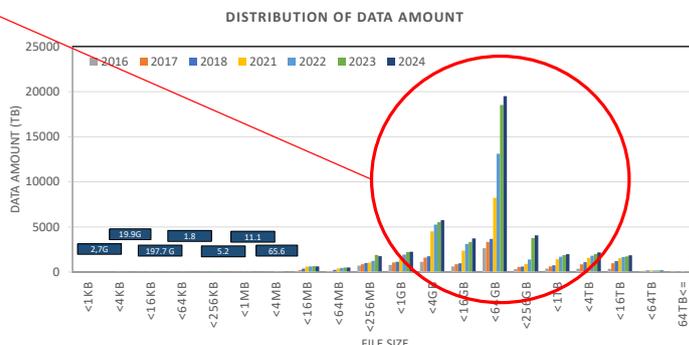
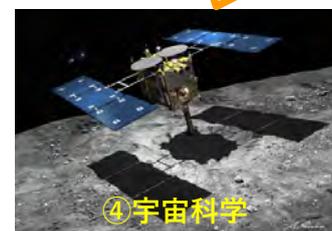
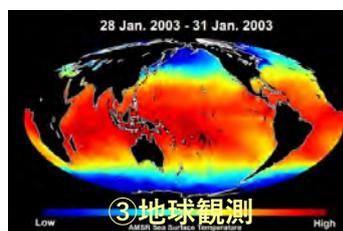


図 データ量の分布

■実用の時代(利用分野)

例：はやぶさ2カプセル回収



2020.12 南オーストラリア州



④宇宙科学

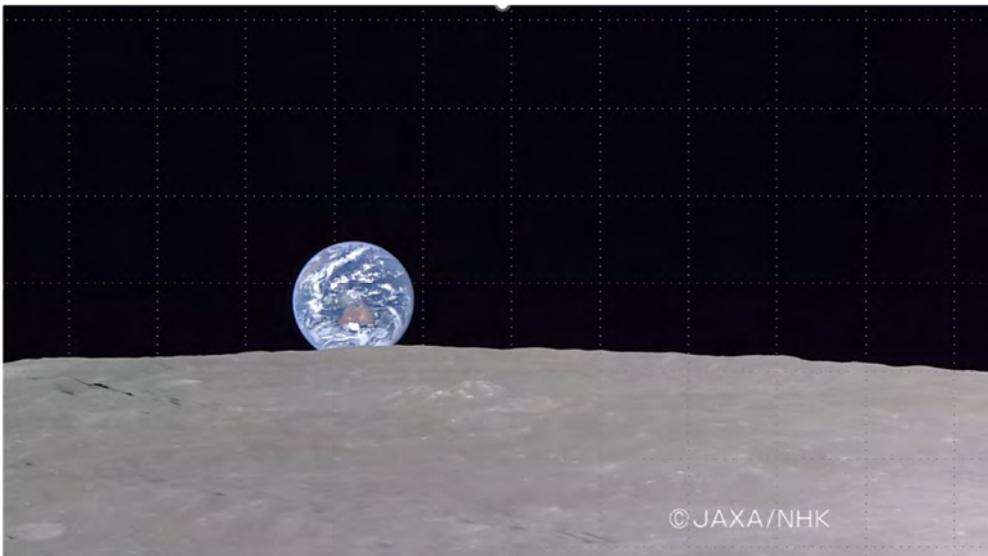
- サンプルリターンプロジェクトでの利用はあるが大規模ではない。
- データ量も他と比較して大きくない。
- 利用事例としてかぐやの情報の保管がある。

「かぐや」ハイビジョン望遠カメラによる映像
～満地球の出～

撮影開始時間 2008年9月30日 3時12分22秒(GMT)
撮影終了時間 2008年9月30日 3時13分22秒(GMT)

撮影開始地点:北緯74度、東経174度-186度 付近
撮影終了地点:北緯76度、東経172度-186度 付近

「かぐや」の高度:月面上約109km

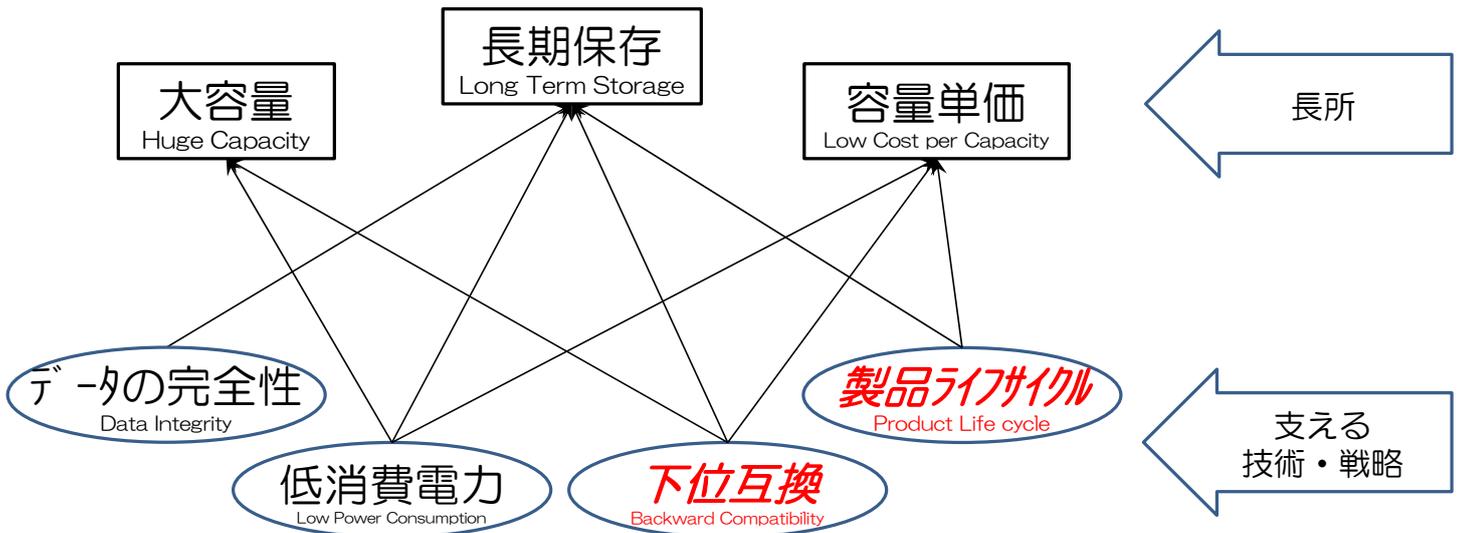


©JAXA/NHK

■ JAXA Supercomputer System generation3



■ テープストレージの長所



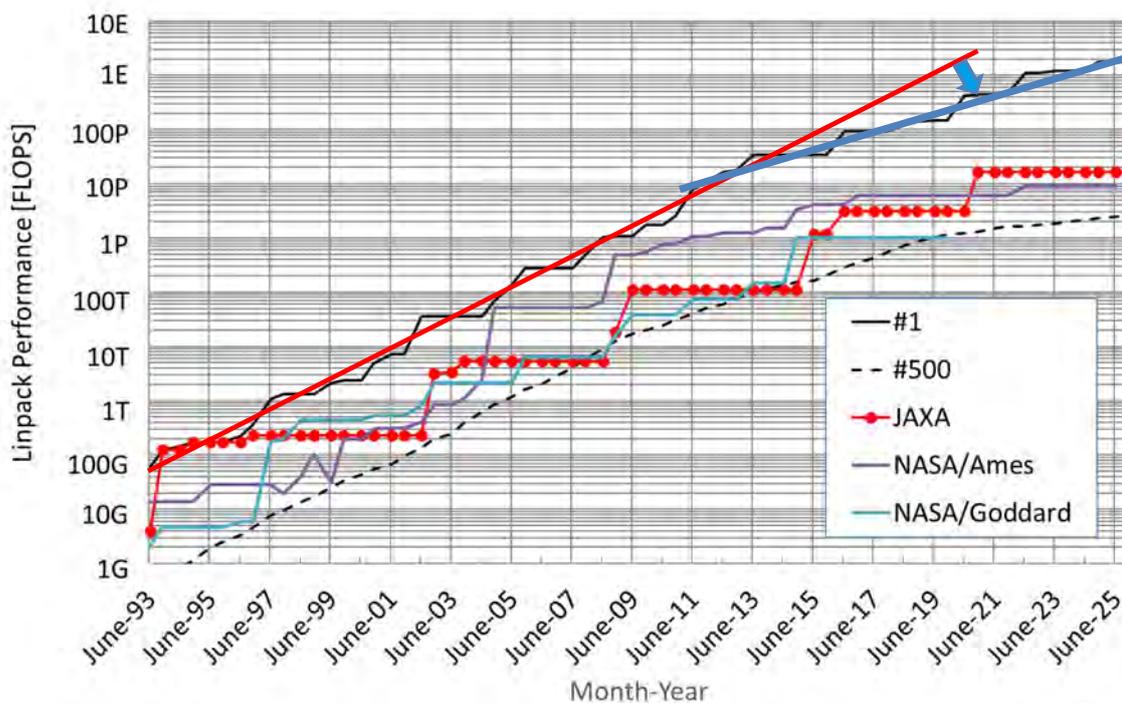
斜字赤字：巨大データセンタ事業の台頭による影響あり

Agenda

- 背景・目的
- 宇宙航空研究開発機構とは
- JAXAスーパーコンピューティングの変遷(数値シミュレーションとスパコン・可視化)
 - 開拓の時代
 - 技術開発の時代
 - 検証の時代
 - 実用の時代(テープ技術の課題にも触れる)
- 量子コンピューティングへの取り組み
- 経済環境・労働環境の変化と計算資源
- 次世代システムの方向性
- まとめ

■ 量子コンピューティングの可能性

■ スーパーコンピュータの性能推移



● 総演算性能は引き続き増加している。

● しかし最近の増加率は鈍化傾向にある。

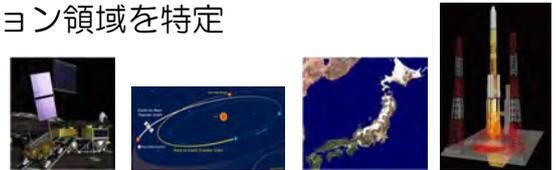
JAXAでの活動

- ゲート型量子コンピュータ技術の最先端動向把握
 - 航空宇宙政策・機関を中心にベンチマーク調査を実施

既に欧米の航空宇宙機関を中心に、量子技術適用検討が本格化

機関	取り組み	活用領域	実施時期	実施内容
NASA	量子技術適用検討	軌道最適化	2022年	量子技術適用検討
ESA	量子技術適用検討	軌道最適化	2022年	量子技術適用検討
ESA	量子技術適用検討	軌道最適化	2022年	量子技術適用検討
ESA	量子技術適用検討	軌道最適化	2022年	量子技術適用検討
ESA	量子技術適用検討	軌道最適化	2022年	量子技術適用検討

- 有望アプリケーション領域の特定
 - 多部門への複数回の討議を通じて、有望アプリケーション領域を特定
 - 短期と中長期の取り組みが必要



- 経営・事業視点でのロードマップ案の策定
 - 航空宇宙政策への提言も見据えて、JAXA全体での量子技術適用の進め方・活動内容・スケジュールを策定中
 - 量子専門家との協業が不可欠

ゲート型量子コンピュータ活用の活動ステップ案

時期	2022-2023年度	2024年度	2025年度	2026年度
計画	量子技術適用の調査・特定	量子技術適用の調査・特定	量子技術適用の調査・特定	量子技術適用の調査・特定
実施	量子技術適用の調査・特定	量子技術適用の調査・特定	量子技術適用の調査・特定	量子技術適用の調査・特定
評価	量子技術適用の調査・特定	量子技術適用の調査・特定	量子技術適用の調査・特定	量子技術適用の調査・特定

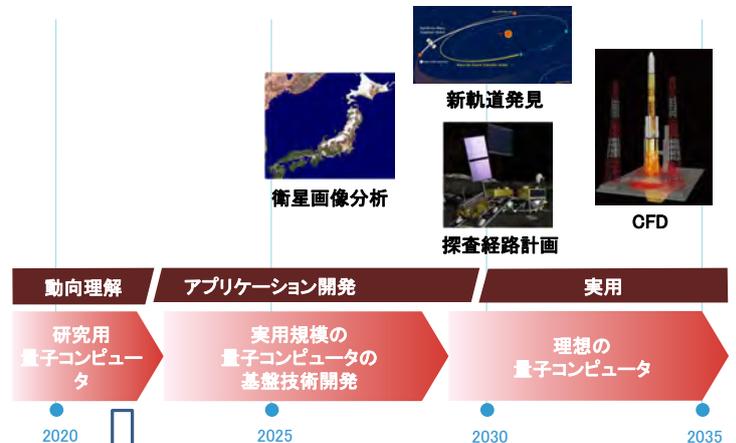
古典コンピューティングと量子コンピューティング

- ・ 諸外国の航空宇宙機関の取り組みに遅れることなく、CFDと同様にアプリ開発者として優位性を築くべきである
- ・ ただし、実用化までの時間軸が数十年であったCFDとは異なり、量子技術は実用化まで数年のため、今すぐ取り組む必要がある

数値シミュレーションとスーパーコンピュータ

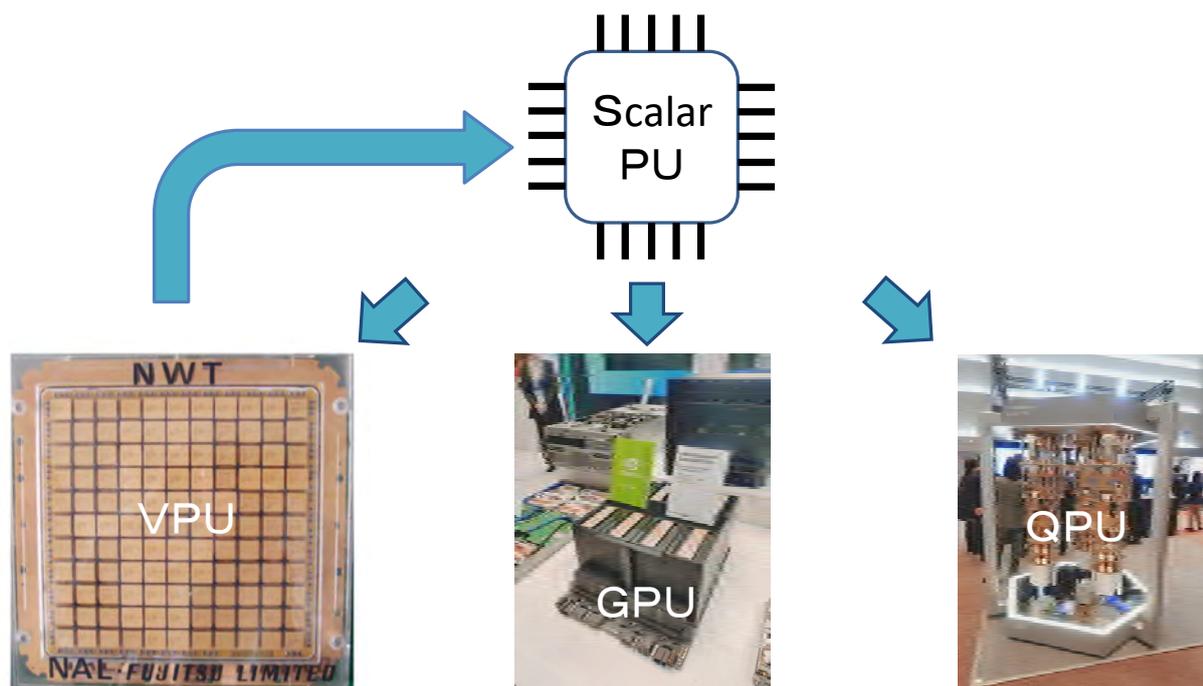


ゲート型量子コンピュータの発展見通し



G-QuAT・G-STAR 一般社団法人 量子技術による新産業創出協議会 等、複数の組織と共同検討を始動

■量子コンピューティングの可能性



2026/2/2-3

Supercomputing Japan 2026 「次世代HPCへの挑戦」

P.37

Agenda

- 背景・目的
- 宇宙航空研究開発機構とは
- JAXAスーパーコンピューティングの変遷(数値シミュレーションとスパコン・可視化)
 - 開拓 の時代
 - 技術開発の時代
 - 検証 の時代
 - 実用 の時代(テープ技術の課題にも触れる)
- 量子コンピューティングへの取り組み
- 経済環境・労働環境の変化と計算資源
- 次世代システムの方向性
- まとめ

2026/2/2-3

Supercomputing Japan 2026 「次世代HPCへの挑戦」

P.38

■ 経済環境・労働環境の変化と計算資源

- 半導体市場価格の高騰
- 物価高騰
- 円安
- 金利上昇
- IT人財の不足

■ 次世代システムの方向性

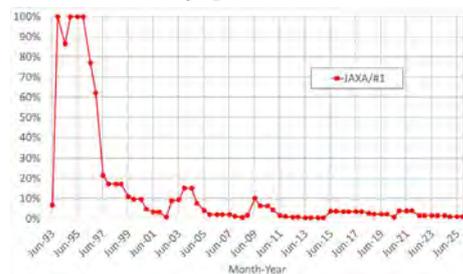
- 既存スパコンの劇的高速化は望めないが、高い計算能力は必要
 - ソフトウェア技術による高速化
 - 計算アルゴリズム・スキーム研究による高速化
- GPUの利用検討
 - プログラム移植がネック、ハードウェアが高価
- VPUの利用検討
 - スカラチューニングされたコードのベクトル化
- QPUの利用検討
 - 現在は、量子アルゴリズムの理解、開発、適用範囲の研究段階
 - 量子ネイティブ人財の育成・チーム化
- サイバーセキュリティへの対応
 - 議論・対応は進んでいるが、資金・人財が圧倒的に不足

Agenda

- 背景・目的
- 宇宙航空研究開発機構とは
- JAXAスーパーコンピューティングの変遷(数値シミュレーションとスパコン・可視化)
 - 開拓の時代
 - 技術開発の時代
 - 検証の時代
 - 実用の時代(テープ技術の課題にも触れる)
- 量子コンピューティングへの取り組み
- 経済環境・労働環境の変化と計算資源
- 次世代システムの方向性
- まとめ

■ まとめ

- 経済環境・企業戦略の分析と高い計算能力の実現
 - 物価、為替、金利
- 人財とシステム
 - 汎用技術によるスパコン構築・人財確保
 - InterconnectのEthernet化
 - Enterpriseシステムで使われるファイルシステムの採用
 - 仮想化技術の積極的採用
 - 基盤部門のプレゼンス向上
 - 給与水準の底上げ
 - サイバーセキュリティへの対応
- スパコンは技術の総合システム



アプリケーション	セキュリティ	運用
ライブラリ(通信、数学、データ構造)、ミドルウェア		
オペレーティングシステム		
デバイスドライバ		
ハードウェア(CPU,GPU,QPU,メモリ,ネットワーク)		
設備(電気、冷却)		

ありがとうございました。

JAXAスパコン「TOKI-SORA」

2026/2/2-3

Supercomputing Japan 2026 「次世代HPCへの挑戦」

JAXAアーカイバ「J-SPACE」

P.43