

# 内容

---

- 現状システム
- 最新成果
- 次期システム構想
- 2010年のシステム

# 今後の利用・応用分野



	現在～近未来(ここ2～3年)	将来(3～7年後)
航空	小型航空機 エコエンジン SST実験機 ヘリコプタ 多分野統合	国産旅客機 クリーンエンジン コンピュータによる革新設計技術飛行実証 環境適合ヘリコプタ 安全性・環境保全 多分野統合最適化
宇宙	高速飛行実証 宇宙輸送、HIIA LE-7エンジン HIIA6号機原因究明	再使用宇宙輸送 次期基幹ロケット(設計、解析) 次期ロケットエンジン 衛星の設計開発支援 宇宙科学
その他	乱流・燃焼 騒音予測 数値風洞 コード検証、信頼性向上	乱流・燃焼、音響・騒音 混相流、電磁波 数値風洞 IT技術利用 構造材料、ナノテク

# 近未来の研究開発課題



テーマ	シミュレーションの内容	具体的な利用	技術課題	計算機要件	
				性能タイプ	10倍
多分野統合解析と最適化	<ul style="list-style-type: none"> <li>流体-構造、流体-制御等の2分野連成問題</li> <li>今後は3分野連成も視野に</li> <li>勾配法やGA等の最適化法とCFDを連携</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>静的空弾、フラッター</li> <li>空力加熱</li> <li>空力音響、騒音予測</li> <li>空力形状最適化</li> <li>多分野融合最適化</li> <li>原因究明リバースシミュレーション</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>異分野間のデータ交換</li> <li>高精度音響解析</li> <li>最適化エンジン</li> </ul>	性能タイプ 困難さ 緊急性	10倍 2, 3 中 大
ロケットエンジンシミュレーション	<ul style="list-style-type: none"> <li>ターボポンプ内非定常流解析</li> <li>ノズル内の燃焼と流れ解析</li> <li>それらの結合モデル解析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>非定常振動解析</li> <li>キャビテーション</li> <li>エロージョン</li> <li>オーバープレッシャー</li> <li>ロケットエンジンシミュレータ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>キャビテーションモデル</li> <li>エロージョンモデル</li> <li>燃焼モデル</li> <li>多相流計算法</li> </ul>	性能タイプ 困難さ 緊急性	10倍 1 大 大
航空エンジンシミュレーション	<ul style="list-style-type: none"> <li>ファン/圧縮機/タービンなど多段ターボ回転要素を過ぎる流れの非定常解析</li> <li>燃焼器内の燃焼流れ解析</li> <li>それらの結合解析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>動静翼干渉</li> <li>サージング予測</li> <li>エンジンバーチャルリグテスト</li> <li>騒音低下、エミッション削減</li> <li>航空エンジンシミュレータ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>翼間干渉</li> <li>燃焼モデル</li> <li>大規模非定常解析</li> </ul>	性能タイプ 困難さ 緊急性	10倍 1, 2 中 大
航空機全機シミュレーション	エンジン/ナセル/パイロン、空力舵面などの構成要素を伴う全機モデルに対してのRANS解析やLES/DES解析	<ul style="list-style-type: none"> <li>コンフィギュレーションスタディ(取り付け位置や部位形状の変更)</li> <li>空力舵面の効き検証</li> <li>風洞試験の代替と補完(数値風洞)</li> <li>風洞試験模型と実機とのレイノルズ数効果の補間</li> <li>機体の動安定特性解析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>形状モデル作成</li> <li>複雑格子生成</li> <li>高速並列計算技術</li> <li>大規模データ処理</li> </ul>	性能タイプ 困難さ 緊急性	10倍+ 1 大 中

タイプ1: 計算規模を 倍にしたい  
 タイプ2: スループットを 倍速くしたい  
 タイプ3: 同時に 個の計算をしたい

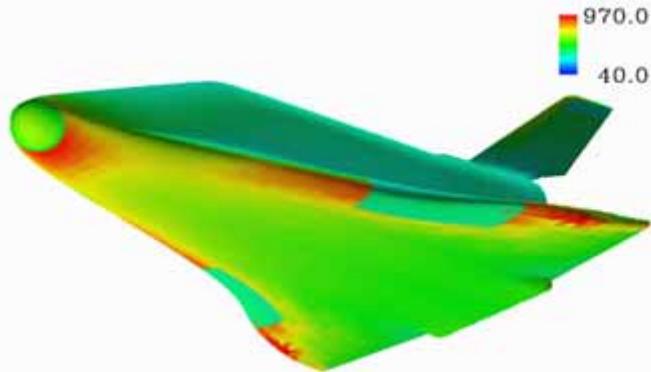
# 近未来テーマ(1)...設計開発



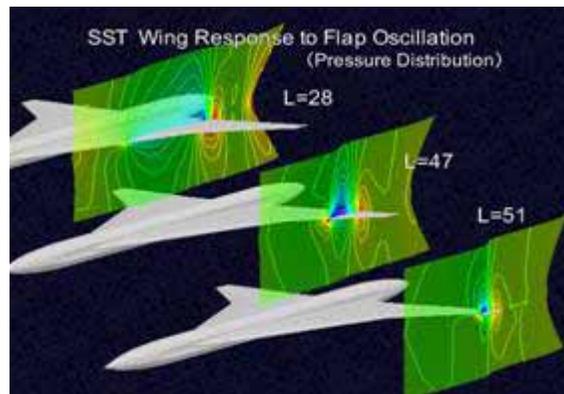
## □ 多分野統合最適化

数100万点  
10ジョブ/1週間  
2分野連成  
単一分野最適化  
(応答曲面法)

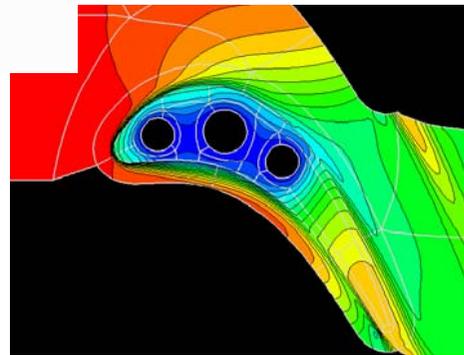
数1000万点  
数10ジョブ/1日  
3分野以上連成  
多分野最適化  
(進化的アルゴリズム)



空力加熱(流体 - 熱)

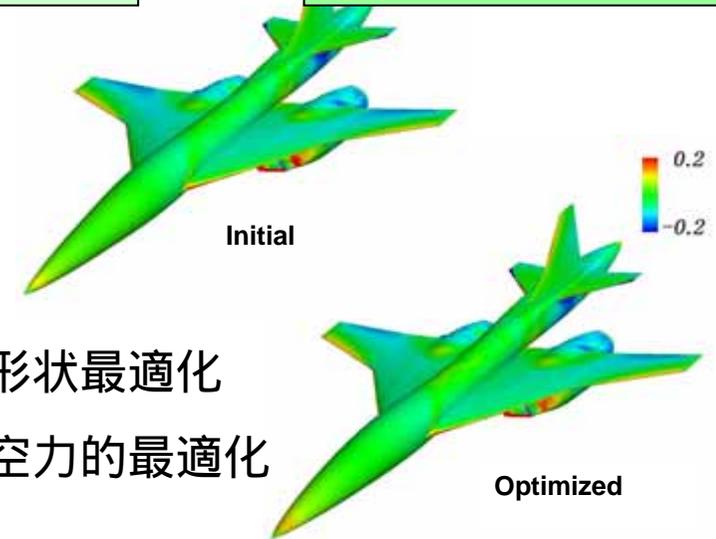


フラッター(流体 - 構造)



伝熱(流体 - 熱)

多分野統合解析



形状最適化

空力的最適化

逆問題/最適化

多分野統合最適化

設計開発支援  
コスト削減・期間短縮

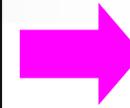


# 近未来テーマ(2)...ロケットエンジン

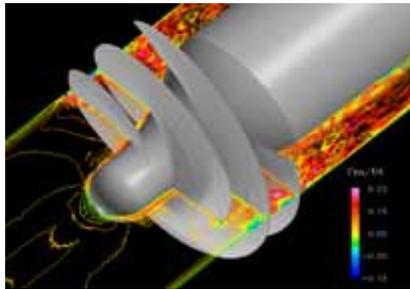


## ロケットエンジンシミュレータ

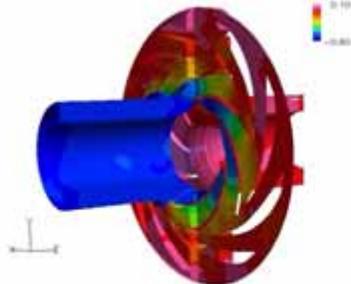
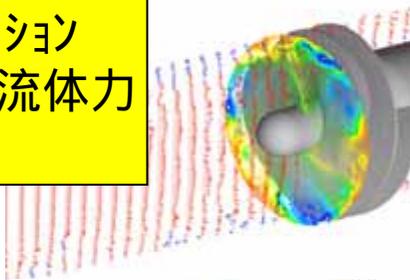
数100万点  
単独モデル



数1000万点  
複合システム

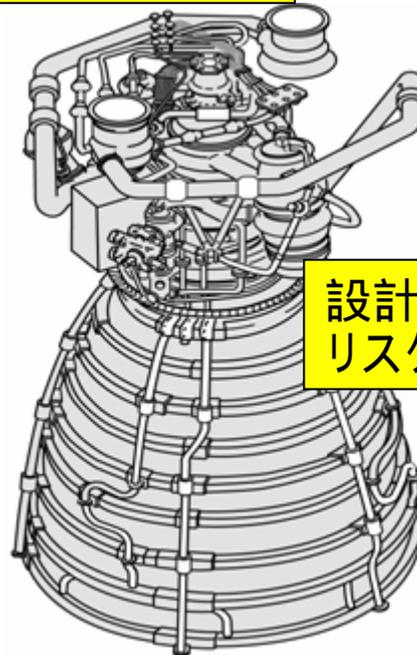


キャビテーション  
非定常流体力  
軸振動



ポンプ・タービン

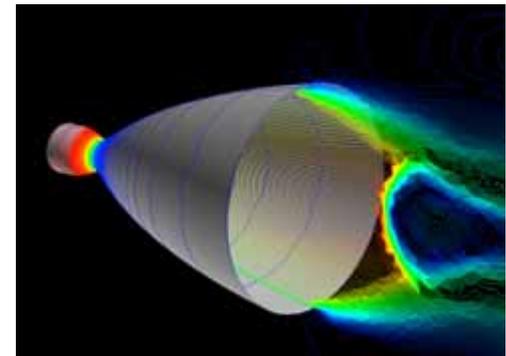
配管系、流体混合  
連結モデル  
複合システム



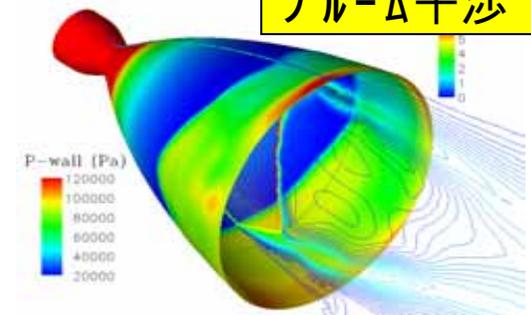
設計法  
リスク評価

固体ロケット

燃焼、エロージョン  
分離、プルーム干渉



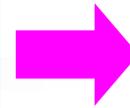
非定常振動  
燃焼、高温流  
プルーム干渉



燃焼器・ノズル

# 近未来テーマ(3)...原因究明

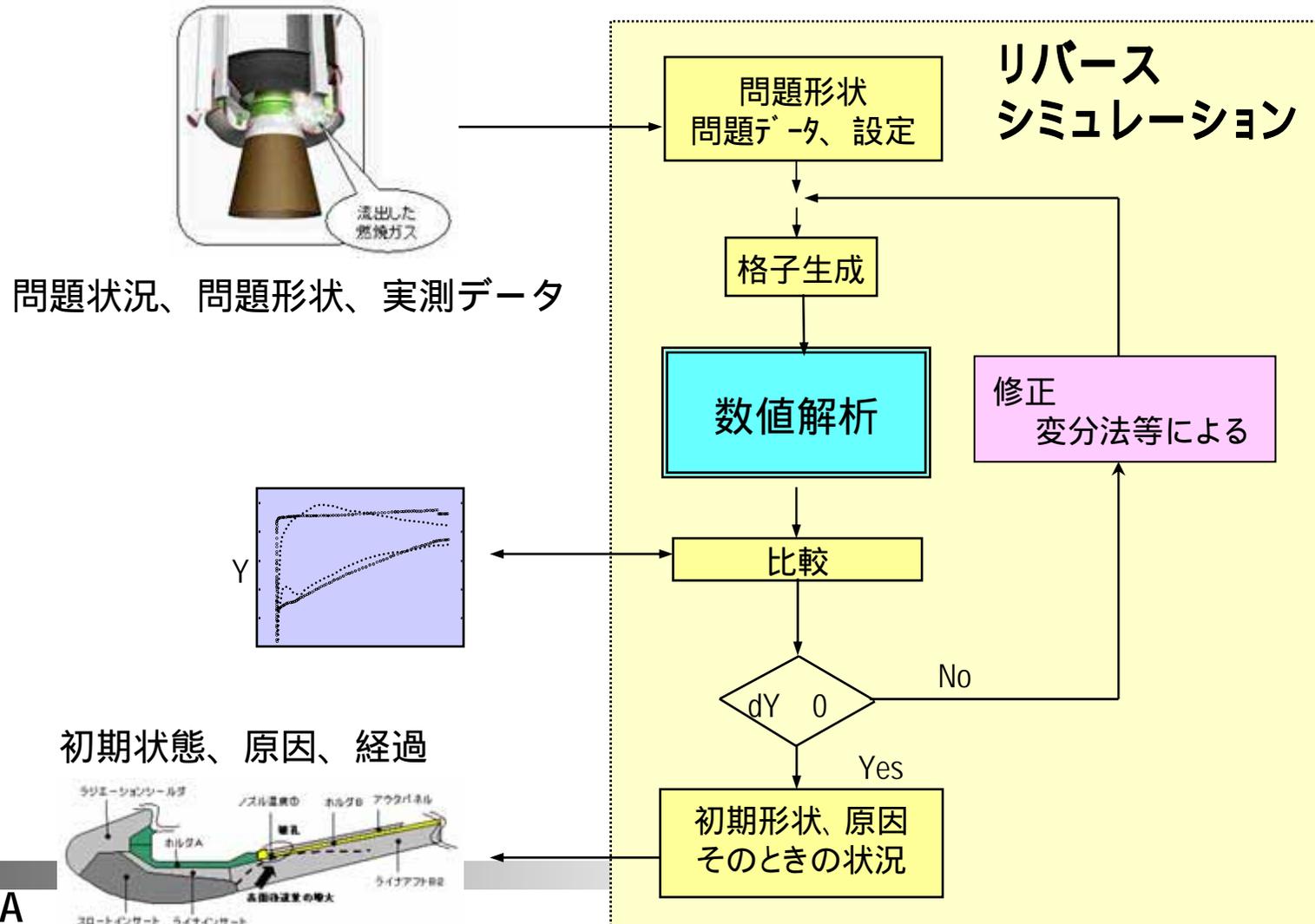
数100万点  
10ジョブ/1週間



数1000万点  
数10ジョブ/1日



## □リバーシミュレーション...逆問題解析の応用による原因究明、トラブルシューティング



# 近未来テーマ(4)...騒音問題、空力音響



## □ 空力音響シミュレータ

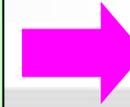
### ➤ 航空

- 機体騒音
  - 胴体、高揚力装置、脚、突起物
- ジェット騒音
- ヘリコプタ騒音
- ソニックブーム

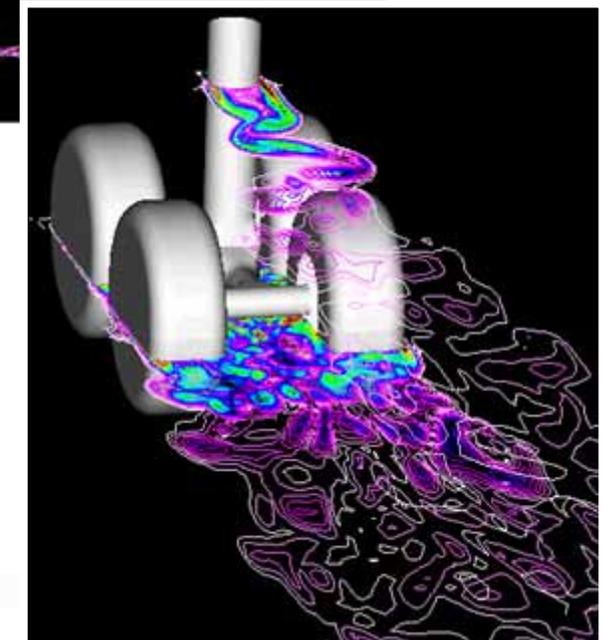
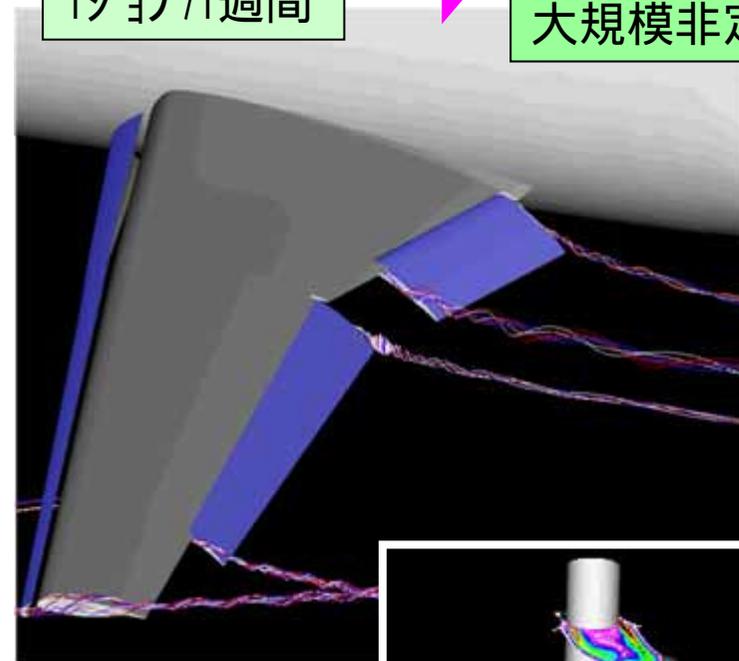
### ➤ 宇宙

- ロケット打ち上げ時の騒音
- 打ち上げ時オーバープレッシャー

数1000万点  
1ジョブ/1週間



数億点  
1ジョブ/1日  
大規模非定常解析

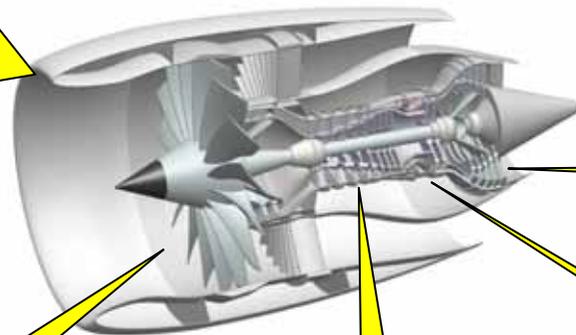


# 近未来テーマ(5)...航空エンジン



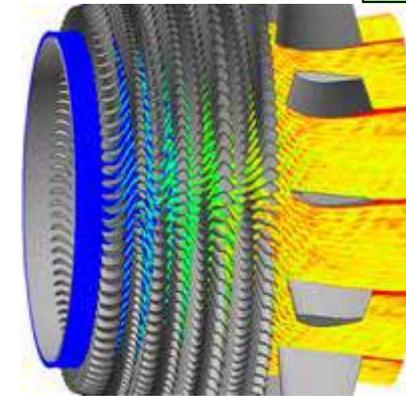
## □ ジェットエンジンシミュレータ

省エネ  
低騒音  
ゼロエミッション

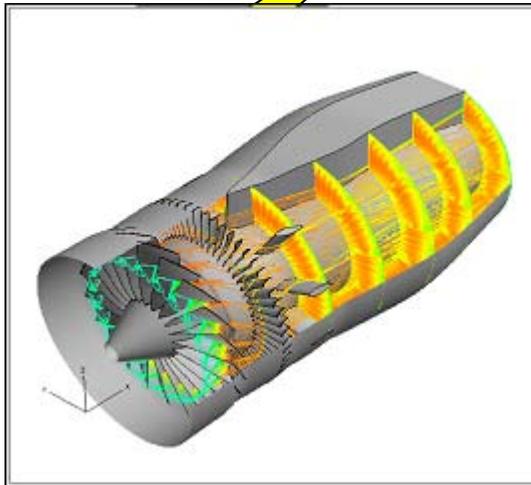


数1000万点  
1シヨブ/1ヶ月

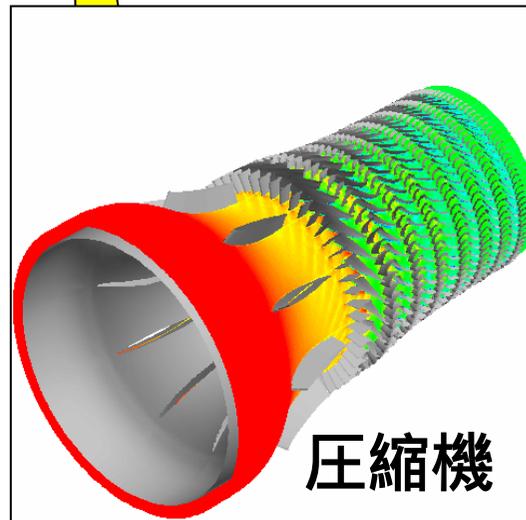
数10億点  
1シヨブ/数日  
大規模非定常解析



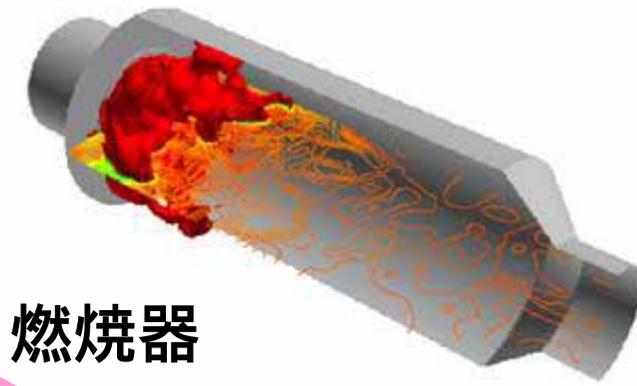
タービン



ファン+バイパス流



圧縮機

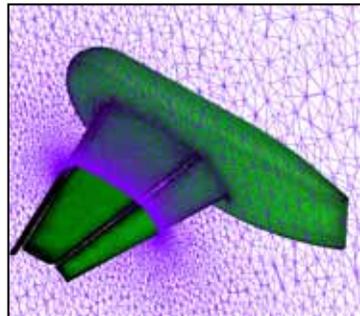
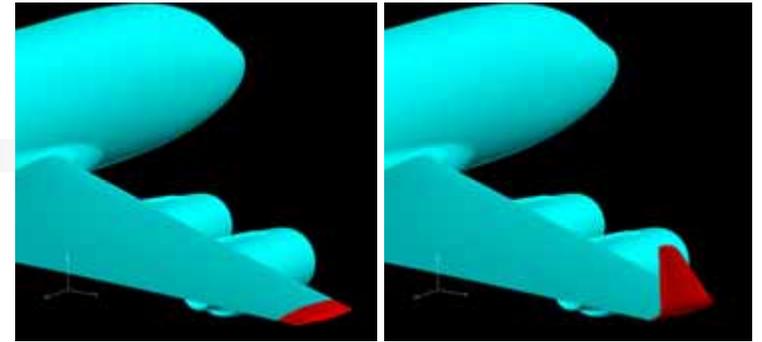


燃焼器

バーチャルリグ  
(リグ試験の代替)

# 近未来テーマ(6)...設計開発(2)

## □ 全機統合解析



数1000万点  
数ジョブ/1週間

数億点  
1ジョブ/1日



コンフィグレーションスタディ

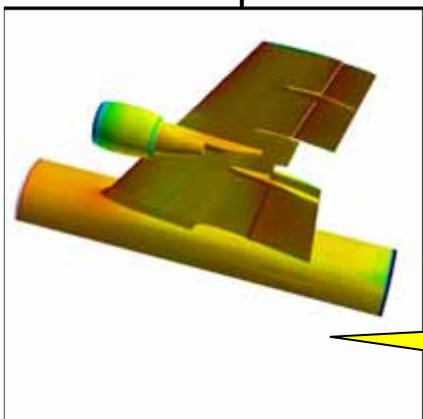
レイノルズ数効果

機体の動安定解析・トリム

空力/構造連成

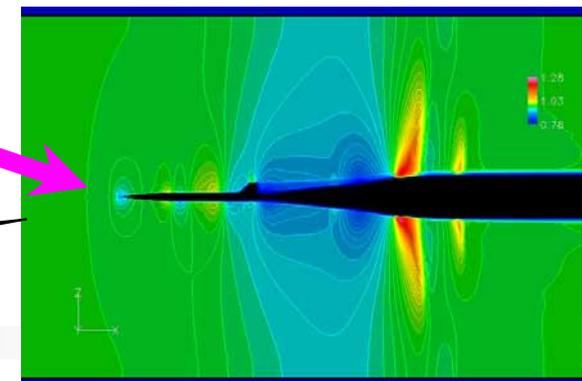
空力舵面の効き

バフエット/フラッタ限界

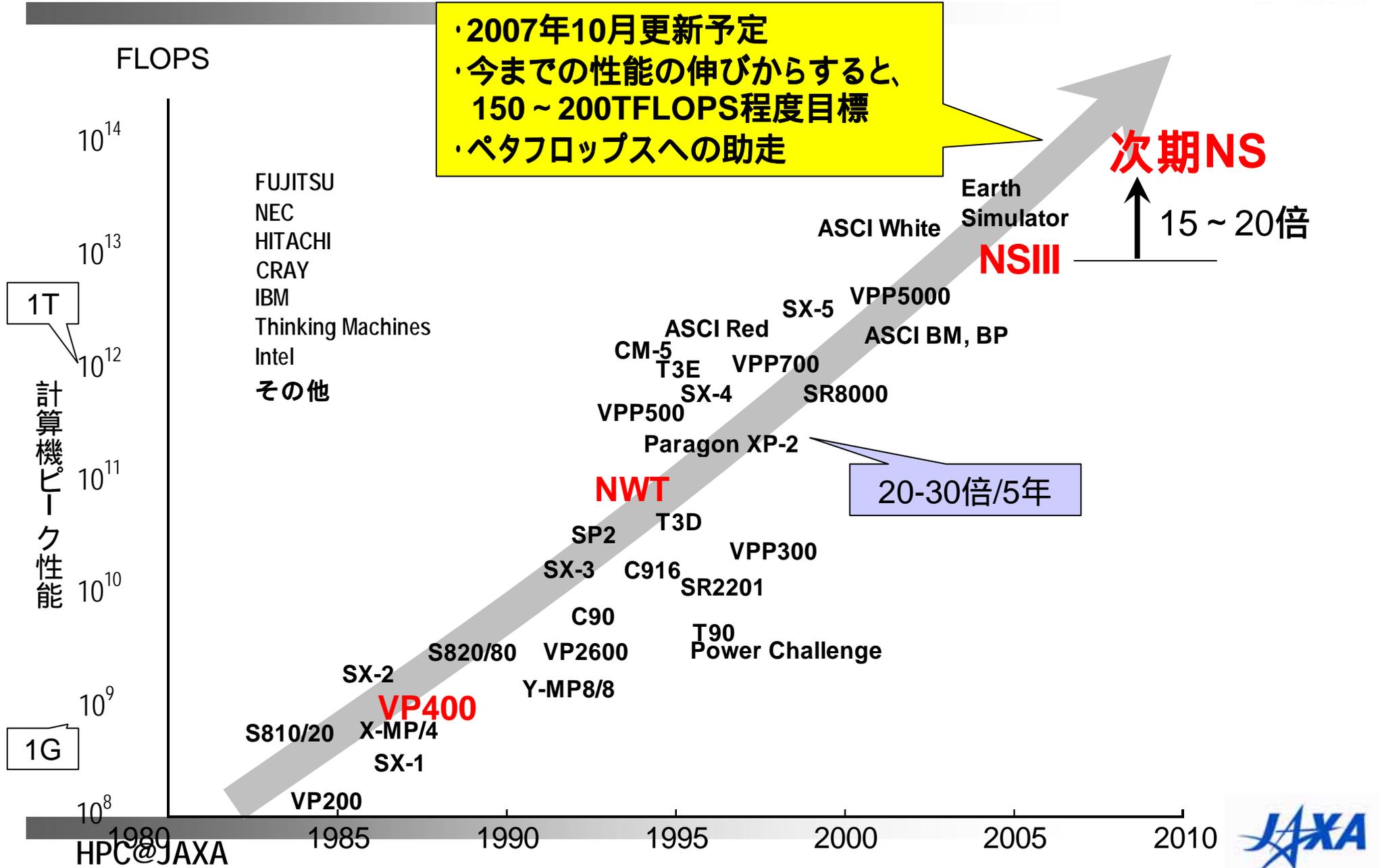


切り出し解析

数値風洞



# 次期システム NS-IV



# 次期システム NS-IV...目標性能・機能



## □ 目標全体性能

	目標、ポイント	目標値
処理性能	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 実用モデル(数1000万点)に対して次の日には答えがほしい</li><li>・ 今後の利用分野への対応には現行の10倍以上の性能</li><li>・ その時点で日本最高ピーク性能</li><li>・ Linpack及び実アプリで国内最高</li><li>・ 実効効率20%以上</li></ul>	ピーク150Tflops 実効30Tflops
メモリ	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 100億格子点の科学計算</li><li>・ 今後の利用分野への対応には現行の10倍以上の容量</li><li>・ 同時進行100ケースの最適化計算</li><li>・ ノードあたり256GB以上の共有メモリ</li></ul>	50TB (TB/TFLOPS>0.5)
ストレージ	<ul style="list-style-type: none"><li>・ ディスクはメモリの10倍以上</li><li>・ テープはメモリの100倍以上</li></ul>	ディスク500TB テープ5,000TB

## □ 機能等

- I/O ...データ入出力を数分以内( ~ 10GB/s)
- ファイル ...ユーザからは単一ファイルに見えること
- 導入当初より通常運用可能(=試験運用なし、安定性・可用性重視)
- 他本部・遠隔からの利用の利便性、セキュリティ

# 次期システム NS-IV...構成案



## □ 条件・前提

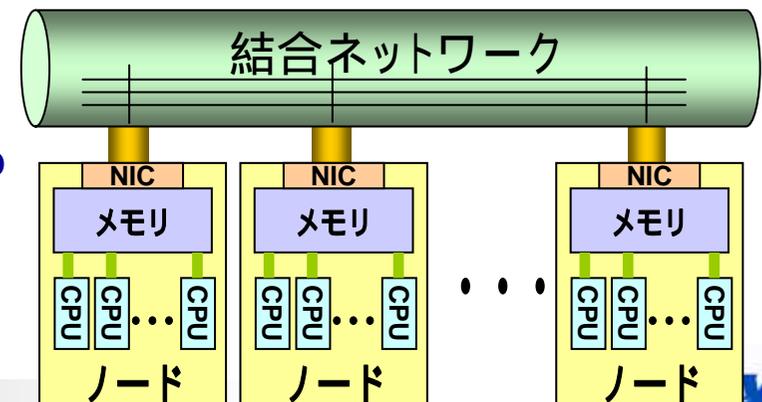
- CPUは、既存の汎用チップをベース
- 安定性、可用性重視 (=導入したらすぐ使える)
- 高い実効性能、使いやすさ
- 現行のプログラム資産の移行性

## □ 2007年に150TFLOPSを実現するには

- CPU: 20GFLOPS (2.5GHz × 4命令同時実行 × 2コア)
- CPU数:  $150,000/20 = 7,500$ 個
- ノード: 32CPU/ノードとすれば234ノード、256GB程度共有メモリ

## □ 全体構成

- ノード...中～高SMPまたはベクトルSMP
- 結合ネットワーク...クロスバ



# 次期システム NS-IV...アプリからの要請

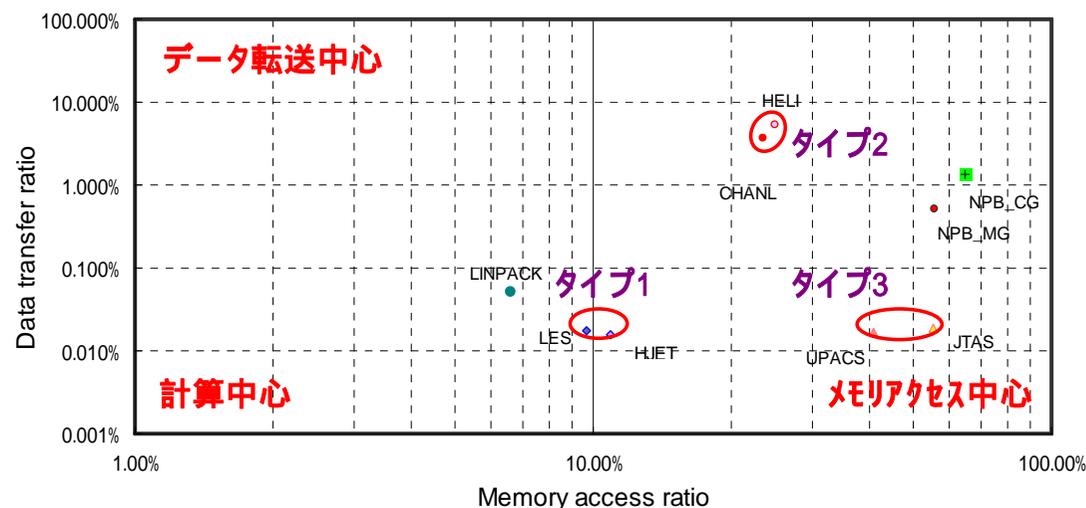


## □ 現行のアプリ性能(単体CPUあたり)

アプリ	タイプ1	タイプ2	タイプ3
浮動小数点演算数	1.31E+12	4.52E+11	6.37E+10
実効性能	791MFLOPS	599MFLOPS	197MFLOPS
実効効率(対ピーク)	15.4%	11.5%	3.9%
メモリアクセス測定値	256MB/s	788MB/s	857MB/s
メモリコスト	9.7%	23.6%	55.3%

## □ BF比

- 現行の数倍(4~5倍)のメモリアクセス性能比
- 現行の数倍(2~4倍)のインターコネクト性能比



# 次期システム NS-IV...課題



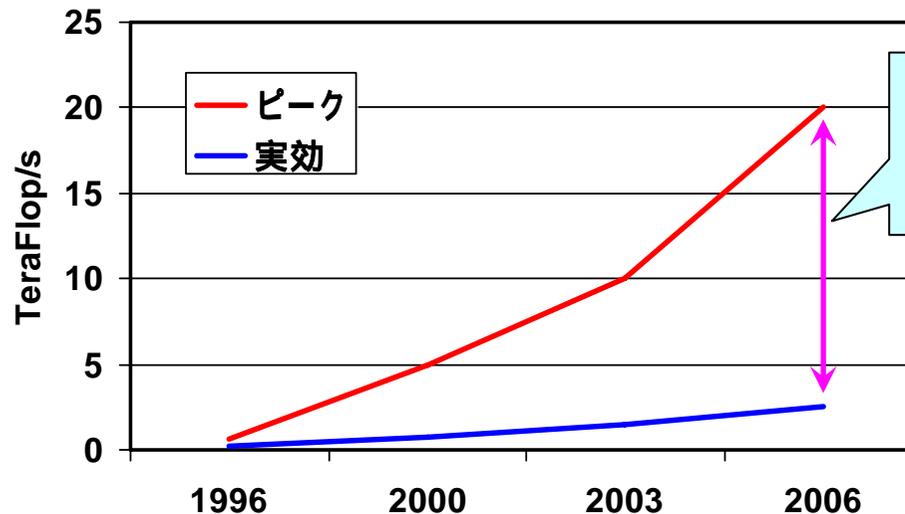
## □ 設備

➤ 設置スペース、電力、空調

## □ B/F比....メモリアクセス速度 or 転送速度

	PE性能	メモリBW	B/F比	結合ネットワーク BW	B/F比
NWT	1.7GFLOPS	6.6GB/s/PE	4.0B/Flop	0.421GB/s	0.25B/Flop
CeNSS	5.2GFLOPS	133GB/s/128CPU	0.2B/Flop	4GB/s	0.024B/Flop

## □ 発散問題



ピーク処理速度と実効処理速度の差が、ピーク処理速度の上昇とともにどんどん広がる