

# 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

# 航空宇宙における数値シミュレーションの目標イメージ



技術分類	目標、技術内容	具体的応用	波及パラダイム
仮想試験技術 数値実験	<ul style="list-style-type: none"> <li>・試験、飛行実証の代替</li> <li>・コスト削減、開発期間短縮</li> <li>・信頼性向上、リスク評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・数値風洞</li> <li>・仮想飛行実証</li> <li>・全機統合</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・未来型数値風洞</li> <li>・デジタル航空宇宙便覧</li> </ul>
設計開発ツール	<ul style="list-style-type: none"> <li>・設計開発支援</li> <li>・コスト削減、開発期間短縮</li> <li>・デジタルエンジニアリング</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・多分野統合最適化</li> <li>・エンジンシミュレータ</li> <li>・設計支援システム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シミュレーションベースデザイン</li> <li>・デジタルファクトリ</li> <li>・ヴァーチャルプロトタイプング</li> </ul>
シミュレーション技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>・システム・環境の模擬</li> <li>・設計開発における問題解決</li> <li>・科学研究のための第3の方法</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・飛行安全/環境適合</li> <li>・宇宙環境</li> <li>・乱流燃焼解明</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・デジタル(宇宙)旅行</li> <li>・宇宙天気予報</li> <li>・シミュレーション科学/工学</li> </ul>
リアルタイム処理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・リアルタイム予測/データ処理</li> <li>・安全性、快適性の向上</li> <li>・不具合予測・診断、判断支援</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・リアルタイム安全運航システム</li> <li>・リアルタイム飛行シミュレータ</li> <li>・リアルタイム画像/データ処理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・無人航空機、アクティブ制御</li> <li>・落ちない飛行機</li> <li>・究極のフライトシミュレータ</li> </ul>

# 将来(2010年頃)の研究課題



研究分野	アプリケーション	概要	目的	期待されるブレイクスルー	波及効果	実効性能
仮想試験	仮想飛行実証	ロケット、実験機等の打上から帰還に至る一貫解析	<ul style="list-style-type: none"> <li>仮想実験、仮想飛行</li> <li>信頼性/リスクを事前評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ロケット打ち上げ/飛行実証の高信頼化、開発期間短縮、コスト削減</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ものづくりにおける獨創性発揮、期間短縮、コスト削減、信頼性向上</li> </ul>	200 ~ 500TFLOPS
設計開発	デジタルエンジニアリングによる大型輸送システムの設計開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>流体・構造・熱・材料・音響等のツール化及びモジュール化によって構築された設計システムによる完全デジタル最適設計開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>設計と解析の一体化による設計開発プロセスの自動化、知能化、最適設計、開発期間短縮、コスト削減</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>設計等の自動化、省力化、知能化</li> <li>新最適化設計法(設計概念の革新)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ものづくりにおける獨創性発揮、期間短縮、コスト削減、信頼性向上</li> <li>輸送システムの経済性改善</li> </ul>	200 ~ 500TFLOPS
シミュレーション	宇宙環境シミュレーション	<ul style="list-style-type: none"> <li>宇宙プラズマに関する電磁流体解析や粒子解析、それらのハイブリッド解析</li> <li>太陽シミュレーション(流体、核融合、プラズマ、量子)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>宇宙機への帯電・放電解析</li> <li>電磁波の干渉、通信への影響評価</li> <li>太陽シミュレーション、太陽風評価、宇宙天気予報</li> <li>イオンエンジン開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>宇宙機(衛星等)の寿命等の改善、設計基準の改善</li> <li>地球磁気環境予測</li> <li>新宇宙推進装置の開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>宇宙開発のコスト削減、信頼性向上</li> <li>宇宙開発における国際競争力の向上</li> <li>地球環境予測・改善</li> <li>通信環境の向上</li> </ul>	200 ~ 500TFLOPS
シミュレーション	乱流燃焼シミュレーション(流体基礎物理シミュレーション)	<ul style="list-style-type: none"> <li>低速から高速にいたる乱流、燃焼流のDNS/LESによる大規模解析</li> <li>燃焼器解析、設計適用のための実用解析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>物質輸送、燃焼現象の素現象の解明</li> <li>乱流・燃焼モデルの開発</li> <li>乱流・燃焼の制御、燃焼器設計</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>マルチスケール、マルチフィジクスシミュレーション技術</li> <li>省エネ、ゼロエミッション燃焼システム</li> <li>高効率輸送システム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>輸送システムにおける省エネ、環境適合</li> <li>高効率で環境にやさしい燃焼</li> </ul>	500TFLOPS以上
シミュレーション	飛行安全環境シミュレーション	<ul style="list-style-type: none"> <li>気象を考慮した大気中を飛行する航空機モデルに対するLES/URANS解析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>晴天乱気流、ダウンバースト、ウィンドシアの検知と回避</li> <li>ウェイクタービュレンス評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>安全性、快適性の向上</li> <li>落ちない飛行機の実現</li> <li>ローカル気象予報</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>航空輸送の高信頼化</li> <li>ローカル気象予測による災害・防災対策</li> </ul>	500TFLOPS以上
リアルタイム処理	リアルタイム安全運航システム	<ul style="list-style-type: none"> <li>観測データをもとにシミュレーションによりリアルタイムに事象を予測</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>運航における快適性、安全性の向上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>安全性、快適性の向上</li> <li>落ちない飛行機の実現</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>観測とシミュレーションの融合によるリアルタイム予測</li> </ul>	500TFLOPS以上

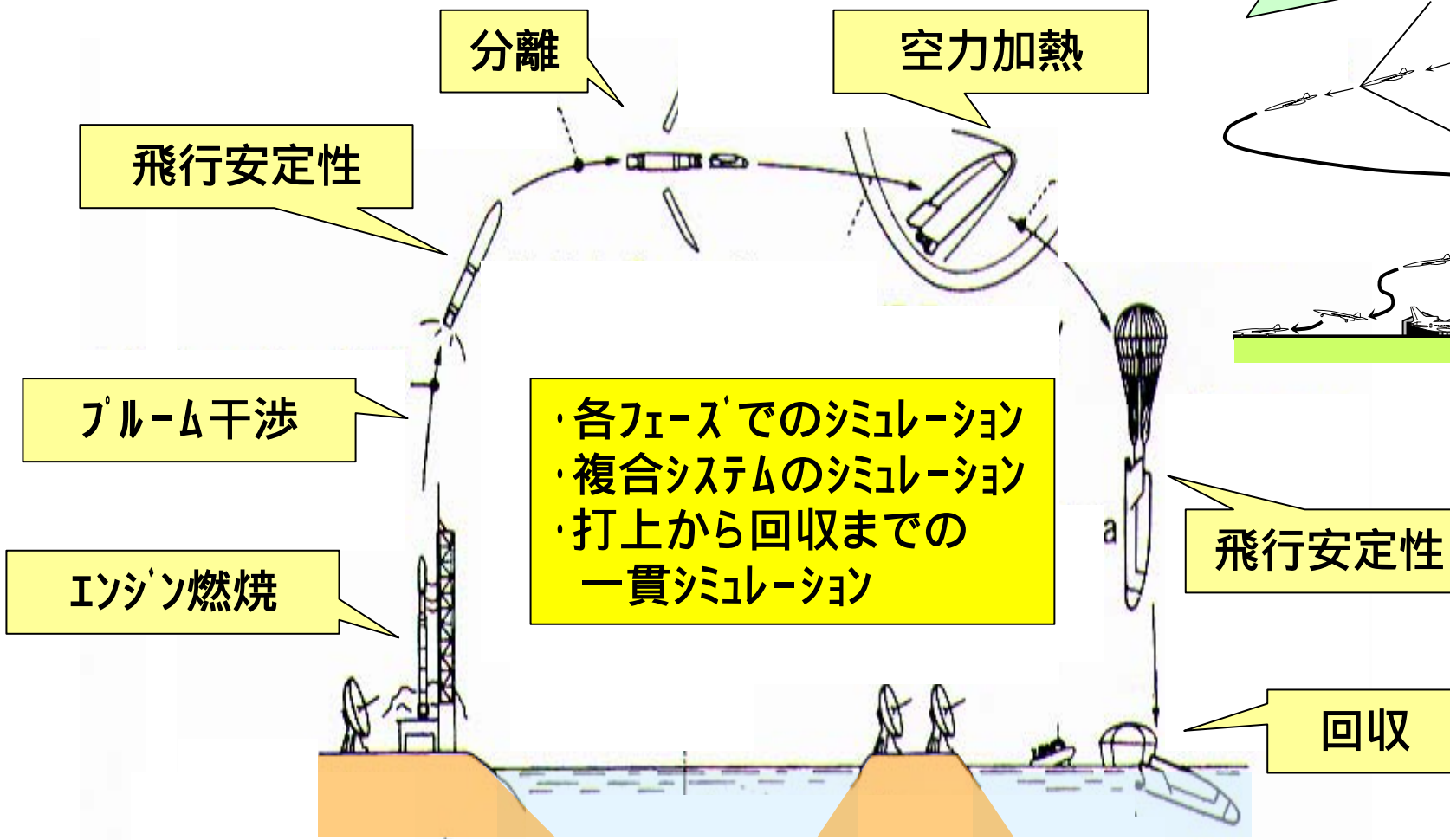


# 将来テーマ(1)...ロケット打ち上げ・回収



## □ 仮想飛行実証 Computer Aided Testing Computer Aided Risk Assessment

数1000万点20ケース/1日以内  
多分野統合解析、非定常解析、  
物体移動・変形、データ処理



# 将来テーマ(2)...設計開発

## 目標

- ・フロントローディング、ハイファイリティ
- ・設計と解析の一体化
- ・1日で答えが得られる
- ・実用形状/自動化

## □デジタルエンジニアリングによる設計開発

### デジタル試験

- ・風洞試験
- ・構造試験
- ・フラッタ試験

### デジタルフライト

- ・テイクオフ/ランディング
- ・クルーズ

### デジタルエンジン

- ・翼列干渉、旋回失速
- ・多段圧縮機

### デジタルハンドブック

- ・風試、CFDデータベース
- ・複合材データベース
- ・便覧、ハンドブック

### デジタルファクトリ

- ・製造、組立、検査

### デジタルモデリング

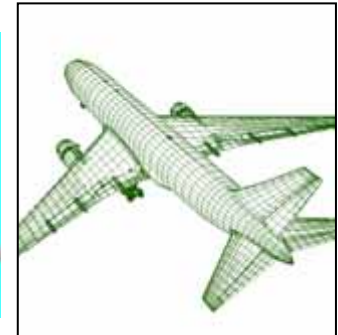
- ・3次元CADモデル
- ・サーフェスモデリング

### デジタル安全評価

- ・アイシング、失速特性
- ・騒音、ソニックブーム
- ・ウインドシア、マイクロバースト

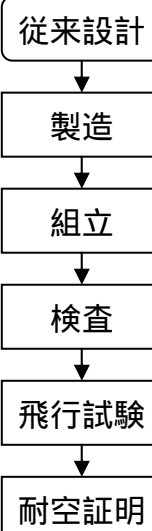
### デジタル支援ツール

- ・テンプレート格子生成
- ・逆問題最適化
- ・ライトCFD
- ・自動パラメータスタディ



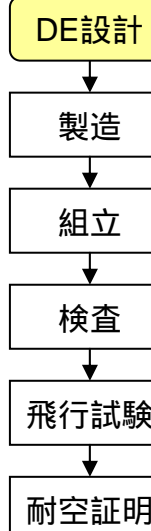
1000万点100ケース/1日以内

### 従来設計による開発

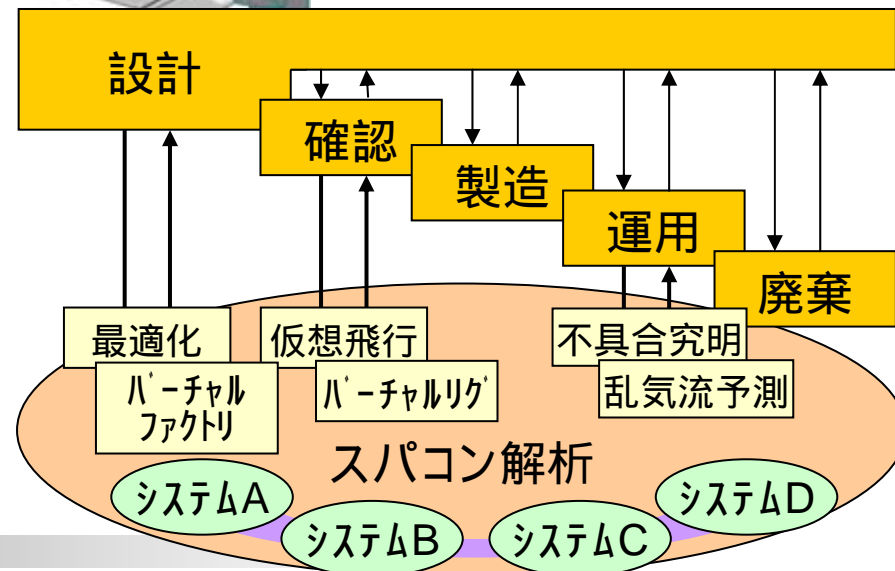


問題の発生 → 設計へ戻る

### DE設計による開発



問題を予測 → 設計段階で解決



# 将来テーマ(3)...宇宙科学

数億点1ケース/1日以内

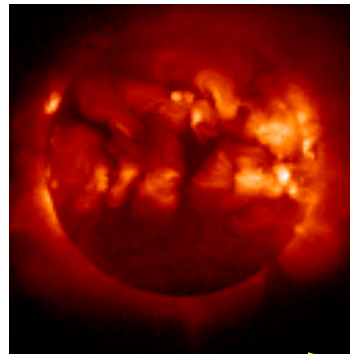


## □ 太陽・宇宙環境シミュレーション...宇宙プラズマシミュレーション 太陽シミュレーション



### 宇宙飛翔体環境シミュレーション

- ・宇宙機への帯電・放電の影響
- ・電磁波の干渉、通信・誘導システムへの影響
- ・粒子加熱、船外活動への影響



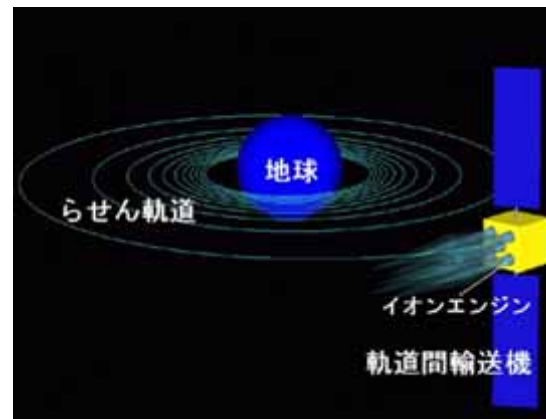
### 太陽シミュレーション

- ・太陽活動の予測
- ・太陽風等の予測



### 太陽地球系環境シミュレーション

- ・電離層、磁気圏の環境
- ・太陽風の影響



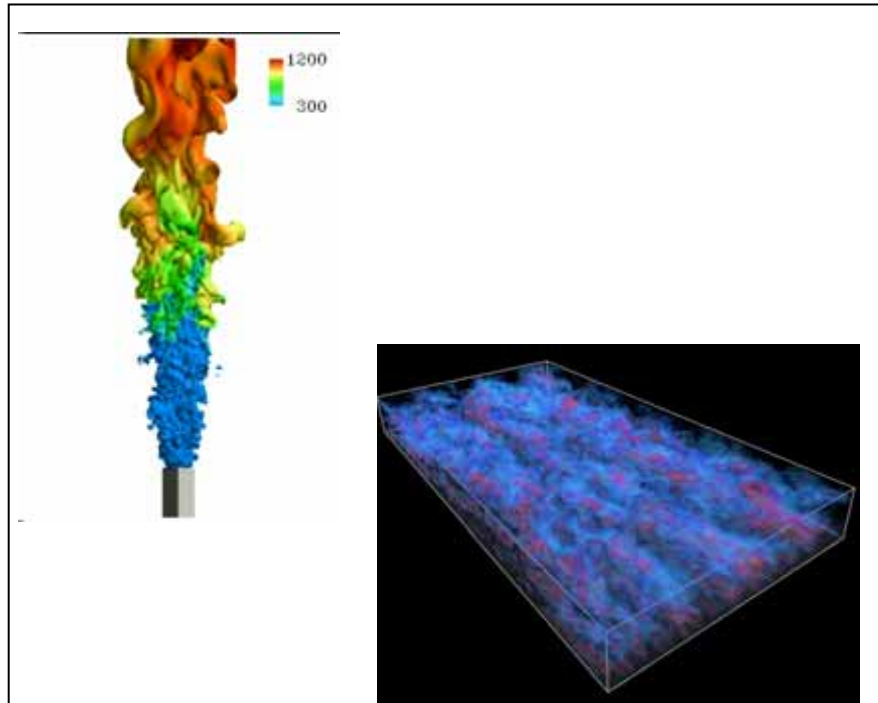
### イオン推進シミュレーション

- ・イオンエンジンの効率化
- ・磁気圏プラズマ環境への影響

# 将来テーマ(4)...乱流・燃焼

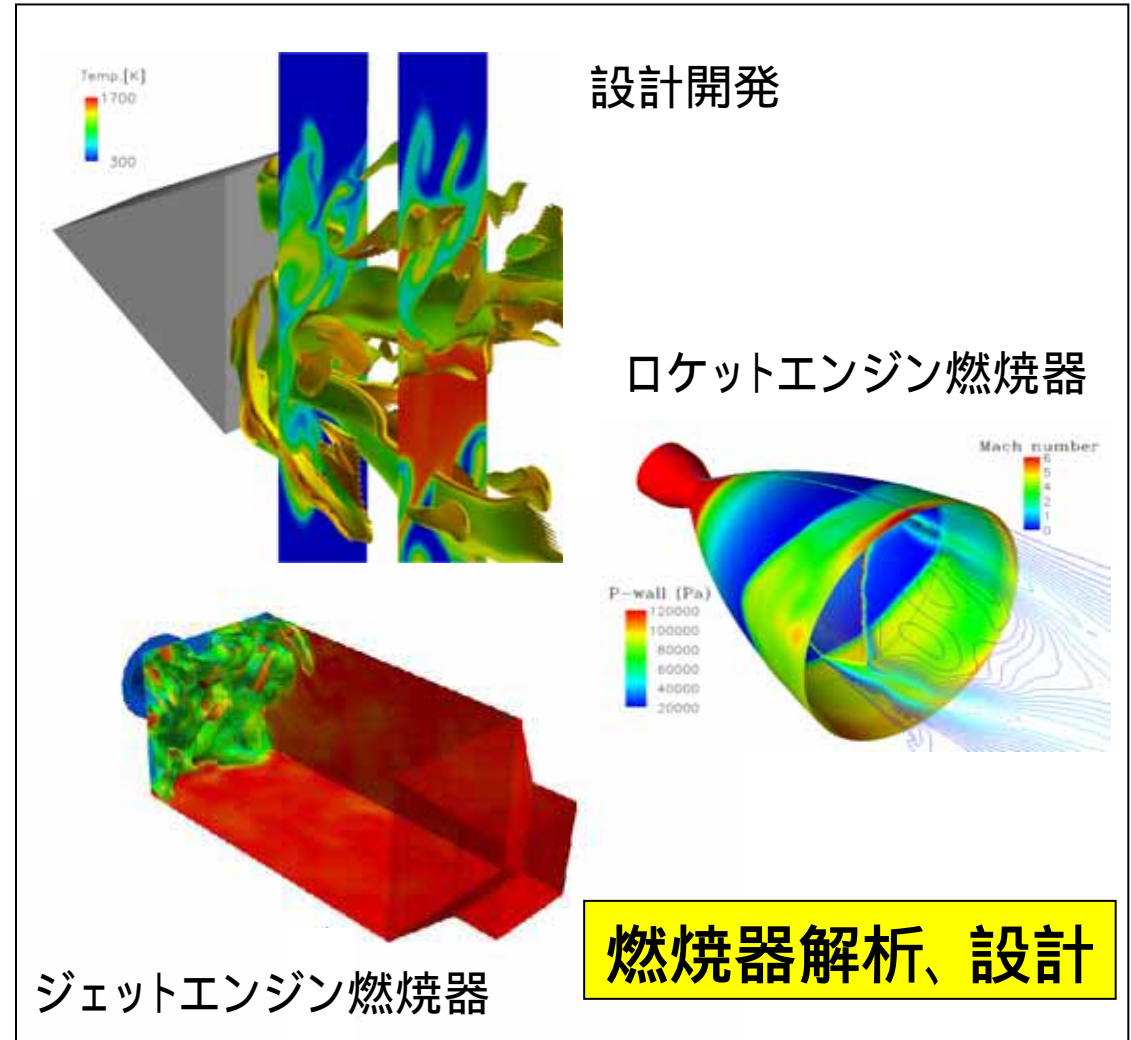


## □ 乱流・燃焼シミュレータ



### 素現象解明、モデル開発

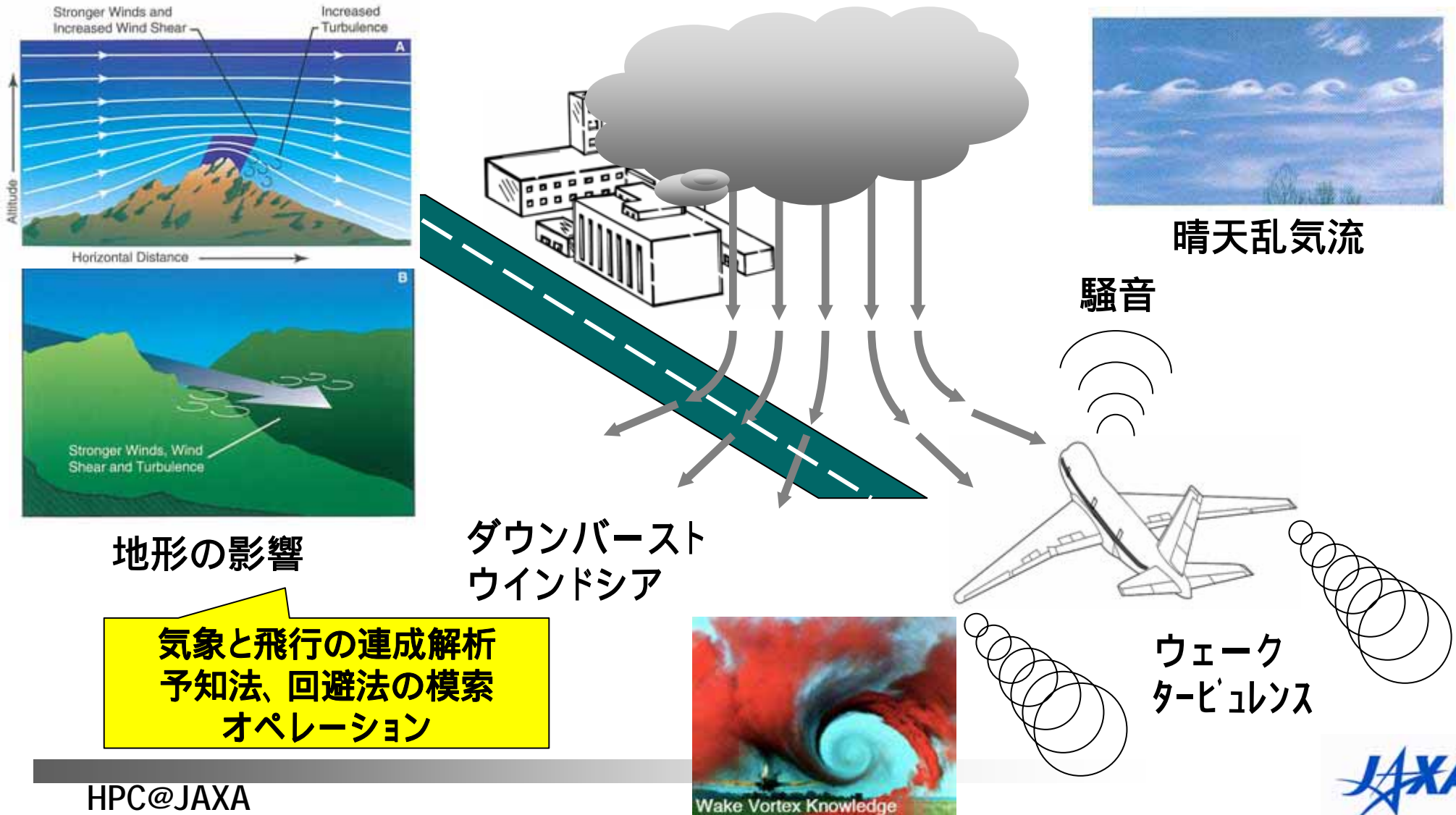
100 ~ 1000億格子点/数日以内  
希薄燃焼: NSIIIの速度50倍,  $\Delta t$  10倍  
部分分子混合燃焼: 速度1000倍



# 将来テーマ(5)...安全性、環境適合



## □ 空港周辺における安全性・環境適合性の検証

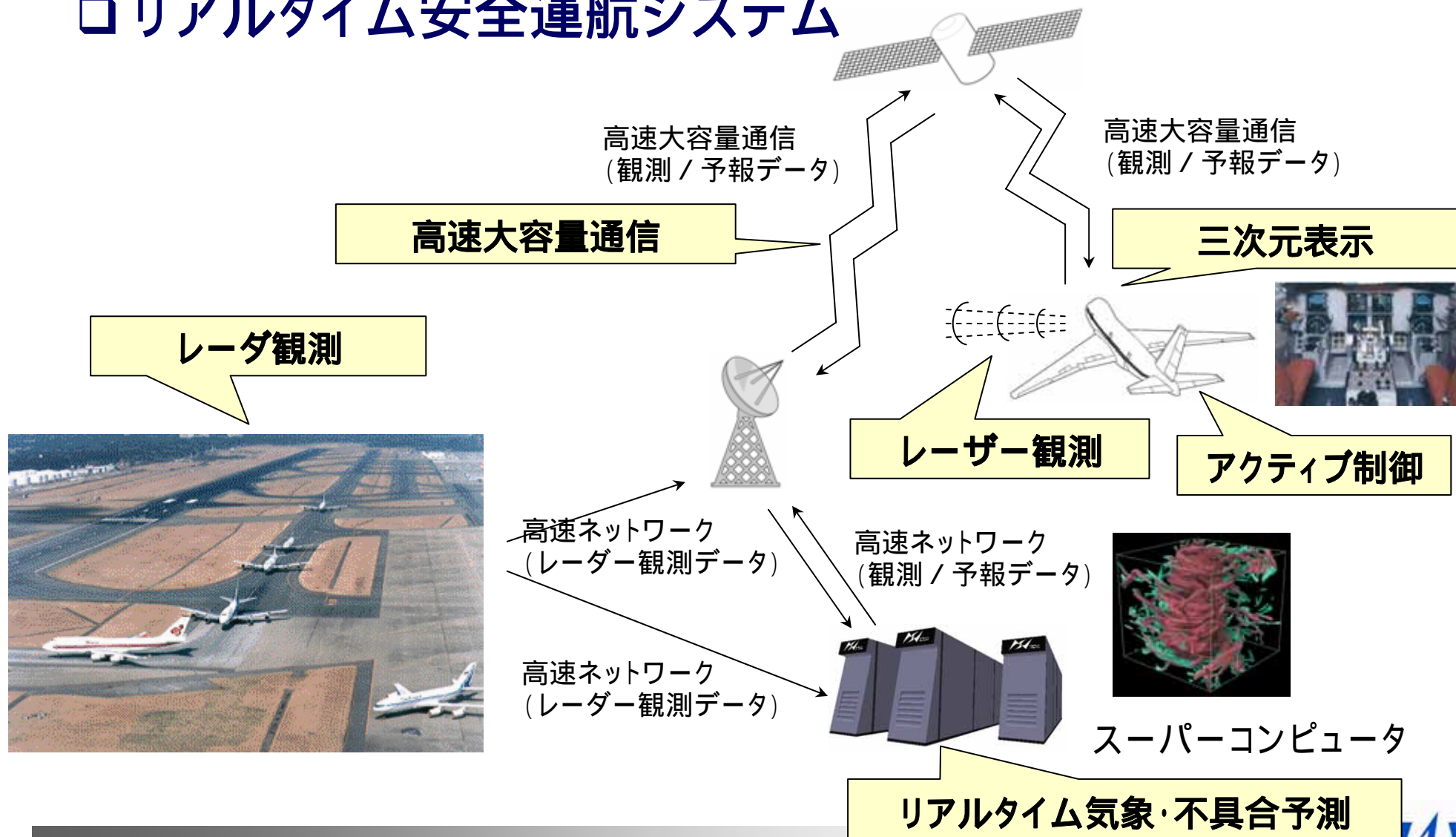




# 将来テーマ(6)...リアルタイムシステム



## リアルタイム安全運航システム



# 将来テーマ(6-2)...リアルタイムシステム



## □リアルタイム飛行シミュレータ、リアルタイム数値風洞



1000万点50ケース/10分以内

データベースは使わない！  
ナビエ・ストークスを飛ばす



$$u_t + u \cdot \nabla u = -\nabla p / \rho + \nu \nabla^2 u$$

# 2010年のシステム NS-V...アプリ・運用からの要請



- NS-IVの10倍以上の性能 (NS-IIIの100倍以上)
- サイエンス系とエンジニアリング系の融合
  - サイエンス系
    - 大規模 (100億 ~ 1兆点) ...スケーラビリティ、大量メモリアクセス
    - 転送、データ処理 ...インターコネク、I/O、ストレージ
  - エンジニアリング系
    - 翌日には答えがほしい
    - 多数ジョブ同時実行 (10 ~ 100ジョブ/1日) ...柔軟な運用・管理
    - 複雑形状 (非構造格子) ...ストライドメモリアクセス
    - 非定常解析、データ処理 ...I/O、ストレージ
- プログラムの移行
- 運用の継続性
- 外部からの利用の利便性

# 2010年のシステム NS-V...要求要件



## □ 性能要件例

- ピークで1~2PFLOPS
- メモリは500TB以上、ディスクは5PB以上、テープは50PB以上
  - メモリ/性能 $>0.5$ , ディスク/メモリ $>10$ , テープ/メモリ $>100$
- I/O性能は数100GB/s以上
- 高い実効性能...20%程度
- 高いBF比...1~2程度

## □ その他の要件

- プログラミングの容易性・移行性
- プログラムの移行性
- 運用の継続性
- データの処理のしやすさ(ファイルシステム一貫性)

# 2010年のシステム NS-V...システム検討



## □ 考え方、留意事項

- 汎用か専用か ...ナビエストークスチップ、FPGA
- 単一システムか複数システム結合体か
- 一様ノードか機能別ノードか ...アプリの特性に応じたノード
- 小規模ノードか大規模ノードか...PCクラスタ or SMPクラスタ

## □ NS-IVの延長で1PFLOPSシステムは可能か？

- ノード数は200程度 ノード性能:5TFLOPS、2.5TB
- ノードCPU数は50程度 CPU性能:100GFLOPS
- 全CPU数 1,000T/0.1T=10,000個

## □ 100GFLOPSのCPUは可能か？

- $6.25\text{GHz} \times 4\text{命令} \times 4\text{コア} = \underline{100\text{GFLOPS}}$   
現行(=5.2GFLOPS)の約20倍
- 4コア(40,000コア)だが、ユーザには1CPUにみえること

# 2010年のシステム NS-V...課題



## □ メモリアクセス

- BF比、レイテンシ
- ピン数

## □ インターコネクト

- クロスバ、どのアプリを設計点にするか
- できるだけコンパクトに

## □ 発散問題

## □ プログラミング

- 高い並列度に対する対応、できれば今の延長線上

## □ その他

- 特殊性と標準性のトレード
- 総経費、コストバランス
- 人材(作る、管理運用、使う)

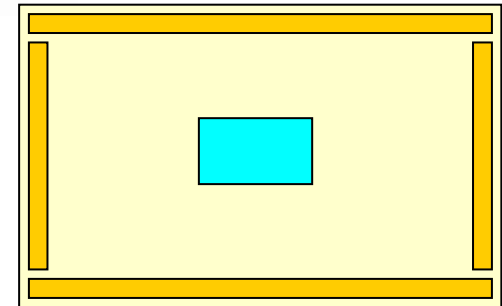


# 2010年のシステム NS-V...ユーザ・運用者の視点



## □ 設備的な制約

- 設置場所、設置スペース、電力、冷却、保守
  - 設備は小さくならない、新規は要求しにくい



## □ 運用

- マシン開発者、調達者、運用者、利用者が一体化してのもの
- 運用者負担は小さく(経費、労力とも)
- 様々なジョブを受け付ける、スケジューリングが容易
- 運用の人材

## □ ユーザ

- デバッグ、コードの移植性、コンパイラは重要
- いつでも、どこでも、使いたい...リモートからの利用
- 前処理、後処理(可視化等)
- 人材の育成