

# 分野4次世代ものづくりの状況

東京大学教授 生産技術研究所  
革新的シミュレーション研究センター長 加藤千幸



- 1. 分野全体の進捗状況**
- 2. 優先課題の進捗状況**
- 3. その他の研究開発課題の進捗状況**

# 分野全体の進捗状況

# 分野4次世代ものづくり 研究開発課題の進捗状況



課題名	研究内容	主要ソフトウェア	チューニング状況と利用実績	実証計算の進捗
1. 輸送機器・流体機器の流体制御による革新的高効率化・低騒音化に関する研究開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>大規模流体解析のソフトウェアの整備</li> <li>マイクロデバイスによる流体制御メカニズムの解明</li> <li>シミュレーションによる実問題への適用の実証</li> </ul>	LANS3D	<b>【並列性能】</b> ノード内性能： 単ノード性能 9.9% ノード間性能： 24576ノード 96.6% <b>【利用実績】</b> 1万ノード・時間消費/500万ノード・時間配分(0.2%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>低レイノルズ数における流体制御メカニズム理解と解明</li> <li>中レイノルズ数における流体制御メカニズム理解と解明</li> </ul>
2. 次世代半導体集積素子におけるカーボン系ナノ構造プロセスシミュレーションに関する研究開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>カーボン系ナノ構造材料を代表とした非Si系材料の次世代半導体デバイス応用への計算科学的評価と最適化指針の構築</li> <li>次世代ナノ材料探索に関する知的基盤の構築と産業界への提供</li> </ul>	PHASE ASCOT	<b>【並列性能】</b> 全体：20%以上 BLAS箇所：40%以上 20,440原子 SiC系で ・73,728並列 21.7% ・82,944並列 20.2% <b>【利用実績】</b> 64万ノード・時間消費/483万ノード・時間配分(13.3%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>SiC熱分解によるグラフェン成長過程のMD解析</li> <li>ワイドギャップ半導体中の螺旋欠陥の大規模解析</li> </ul>
3. 乱流の直接計算に基づく次世代流体設計システムの研究開発 (優先課題)	直接計算により熱流体設計を抜本的に変革できることを実証する。具体的には、 <ul style="list-style-type: none"> <li>風洞試験や性能試験の代替</li> <li>乱流渦の制御による空気抵抗や損失の低減</li> <li>実際の運転状態・走行状態の性能評価・安全性の確認</li> <li>騒音・振動などの定量的評価を実現する。</li> </ul>	FrontFlow/blue FrontFlow/red FrontFlow/violet UPACS	<b>【並列性能】</b> FFB: 8,192ノード並列 4.2% FFV: 24,576ノード並列 7.3% <b>【利用実績】</b> 10億格子～300億格子の本計算を実施中 571万ノード・時間消費/1,501万ノード・時間配分(38.0%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>自動車、船、ターボ機器それぞれに対して、10億格子から300億格子の実機大規模計算を実施</li> <li>直接計算実用化の目途を得ると共に、実用化の課題を抽出</li> </ul>
4. 多目的設計探査による設計手法の革新に関する研究開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>大規模多目的設計最適化問題の解法</li> <li>大規模多目的設計最適化問題の最適解群からの知見抽出</li> <li>大規模多目的設計最適化問題のための応答曲面近似法</li> <li>多目的設計探査技術の実問題での有効性の実証</li> </ul>	LANS3D	<b>【並列性能】</b> LANS3Dを用いたSPAWN型多目的進化計算 4081ノード並列 97.5% <b>【利用実績】</b> 10万ノード・時間消費/350万ノード・時間配分(2.8%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>多目的設計探査技術の実問題での有効性の実証</li> <li>宇宙探査ミッションDESTINYの多目的軌道設計最適化問題</li> <li>火星探査飛行機の翼型の多目的空力設計最適化問題 ほか</li> </ul>
5. 原子力施設等の大型プラントの次世代耐震シミュレーションに関する研究開発	強固な産学官連携体制の下、大型プラントのものづくりが必要とされる、実験では不可能な詳細かつ一体的な耐震シミュレーション技術を研究開発し、開発したシステムの機能の検証及び有用性の例証を行う	Di-STEP	<b>【並列性能】</b> ・ピーク比 14% 実行効率達成 ・4096ノードでピーク比40% 達成 <b>【利用実績】</b> プロダクトラン実施環境を整備中	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子力プラント(BWR、HTTR)のモデルについて試算、既存解析(パネマス等)との比較を行いモデルの妥当性を検証中</li> <li>化学プラントモデルでの実証シミュレーションを検討開始。現在、企業と調整中</li> </ul>

# 優先課題の進捗状況

# 研究開発の概要



## 課題の目標:

**直接計算により熱流体設計を抜本的に変革できることを実証する。**

## 背景:

- **直接計算による解析精度の飛躍的向上**
- **従来は低レイノルズ数の基本形状にのみ適用**
- **計算機的能力不足と実用的なアプリの欠如**

## 産業上の効果:

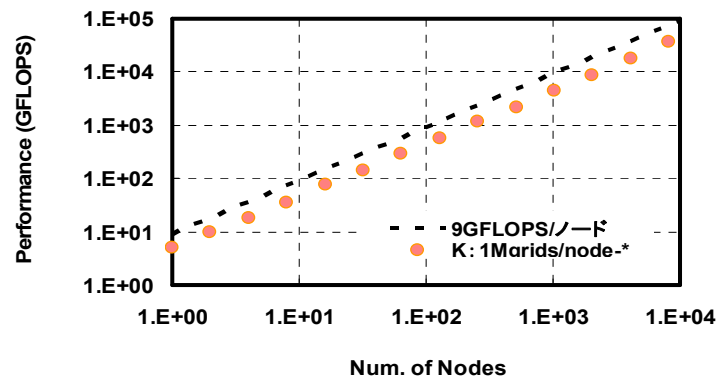
- **風洞試験や性能試験の代替え**
- **乱流渦の制御による空気抵抗や損失の低減**
- **実際の運転状態・走行状態の性能評価・安全性の確認**
- **騒音・振動などの定量的評価**

**対象:自動車・ターボ機械・船舶(産学官コンソーシアムで推進)**

## FFB

### ■ Weak Scaling

- 100万セル/node
- 4.5 Gflops/8192ノード (3.5%)



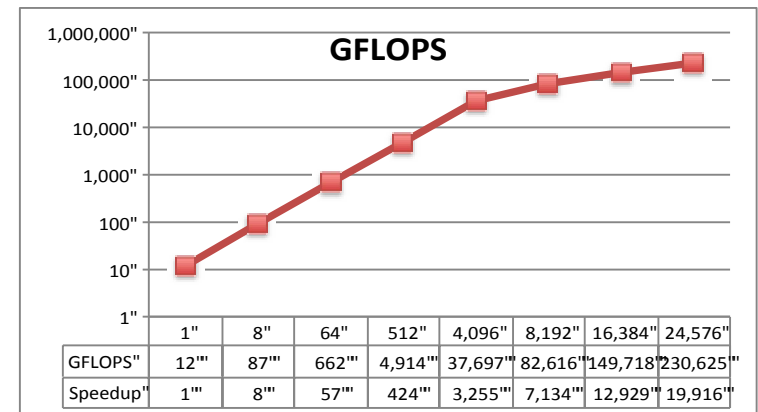
### ■ Strong Scaling

- 11.7万セル/node
- 2.0 Gflops/4096ノード (1.6%)

## FFV

### ■ Weak Scaling

- 200万セル/node
- 9.38 Gflops/24576ノード (7.3%)



### ■ Strong Scaling

- 5万セル/node
- 6.18 Gflops/9216ノード (4.8%)

# これまでに得られた主要な成果

(席上配布参照)



- 実機形状を用いた大規模解析の実現
  - 大規模格子生成機能について、提案アプローチの有効性を確認
  - 自動メッシュ細分機能が正常に動作することを確認
  - 実車形状データを用いた、290億セルの計算が実行可能
- 規模の拡大
- 精度の向上
  - これまで解像できなかった乱流境界層中の細かい縦渦を計算できたことで、予測精度が向上
- 速度の向上
  - エンジンルーム内の自然対流現象を4時間以内で計算可能
    - 従来に比較して、40倍以上の時間短縮
- プロダクトランの実施にあたり、解決すべき課題の抽出
  - 計算規模の増加に対する反復行列の条件数の悪化は想定以上.
  - 従来、数億規模の計算の実績あり. 高収束ソルバー導入の必要性.
- 今後開発するBCM版の比較に用いる基礎データの採取

ものづくりへのシミュレータ活用にむけて、シミュレータの整備、実行環境の整備が進んでいる



# 優先課題の京の利用計画および実績



## 【年度全体】

2012年度計画：1,500万ノード時間

2012年度実績：600万ノード時間 計画比40%（10/29現在）

## 【期間別】

期間	①2012年 8～9月	①2012年 10～12月	①2013年 1～3月
計画	400	700	400
実績	450	150 (10/29現在)	
計画比	113%	21%	

(リソース単位：万ノード時間)

# その他の研究開発課題の進捗状況

# 課題①: 輸送機器・流体機器の流体制御による革新的な高効率化・低騒音化に関する研究開発



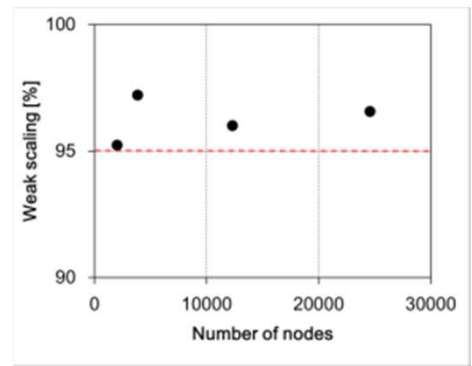
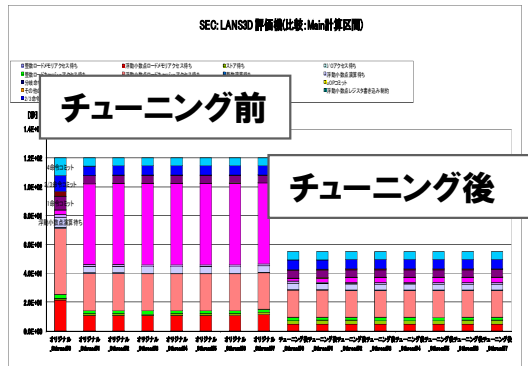
## ● 研究開発の概要

形状設計で限界が来ている輸送機器・流体機器の効率や騒音低減を目指し、「**形状工夫による流体機器設計を越えた、マイクロデバイス流体制御を活用した流体機器設計という新たな概念を提案し、実用化に向けた道を示すこと**」が目標である。以下の3項目を柱に研究開発を行なっている。

- 【大規模流体解析のソフトウェアの整備】
- 【マイクロデバイスによる流体制御メカニズムの解明】
- 【シミュレーションによる実問題への適用の実証】

## ● 京におけるソフトウェアの準備状況

ノード内性能: チューニングを終え、単ノード性能**9.9%**  
 ノード間性能: **24576ノード**でウィークスケーリング**96.6%**



ノード内性能

ノード間性能

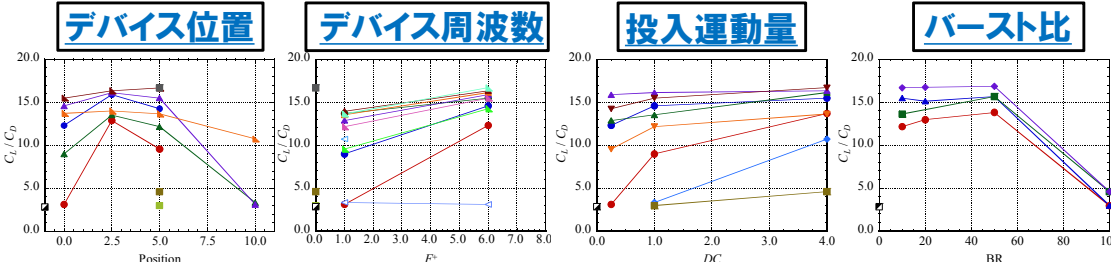
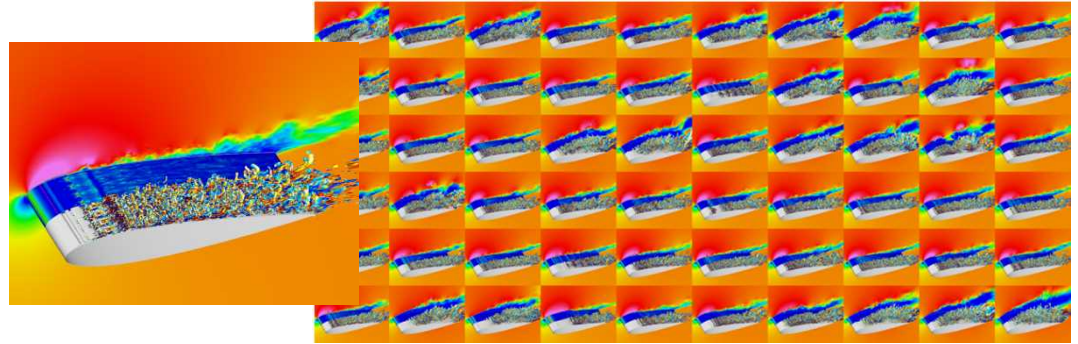
## ● リソース割り当ての使用状況

FX10 : 50万ノード時間中, 30万ノード時間  
 京 : 500万ノード時間中, 1万ノード時間  
 京の計算は準備が完了しつつあり, 今後本格的に計算を行う予定。

## ● 平成24年度の研究開発成果

### 【低レイノルズ数における流体制御メカニズム理解と解明】

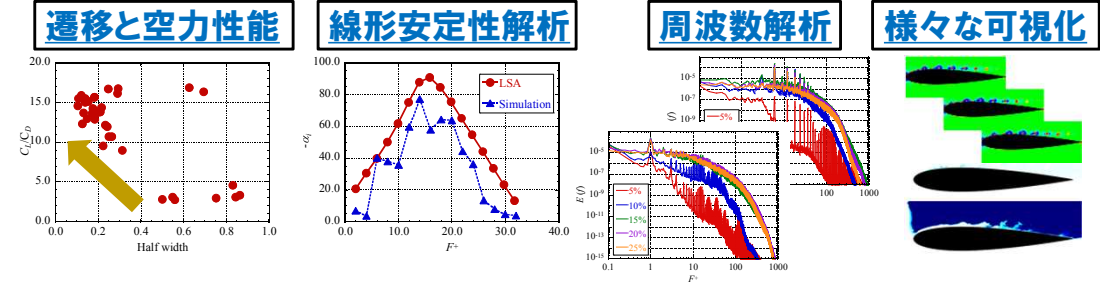
①低レイノルズ数領域( $10^4$ )で約60ケースのグリッドサーチを行い、翼周りに剥離抑制のための流体制御デバイス設計に有用となる知見が得られた。



各デバイス設計パラメータと揚抗比の関係

②上記結果の精査より、剥離せん断層における**乱流遷移の効率的な促進**が制御に対して重要であることを明らかにした。

さらに、最適な遷移促進のための**デバイス設計指標**を得るため、**剥離制御流れにおける流体现象と乱流遷移メカニズム**について検討している。

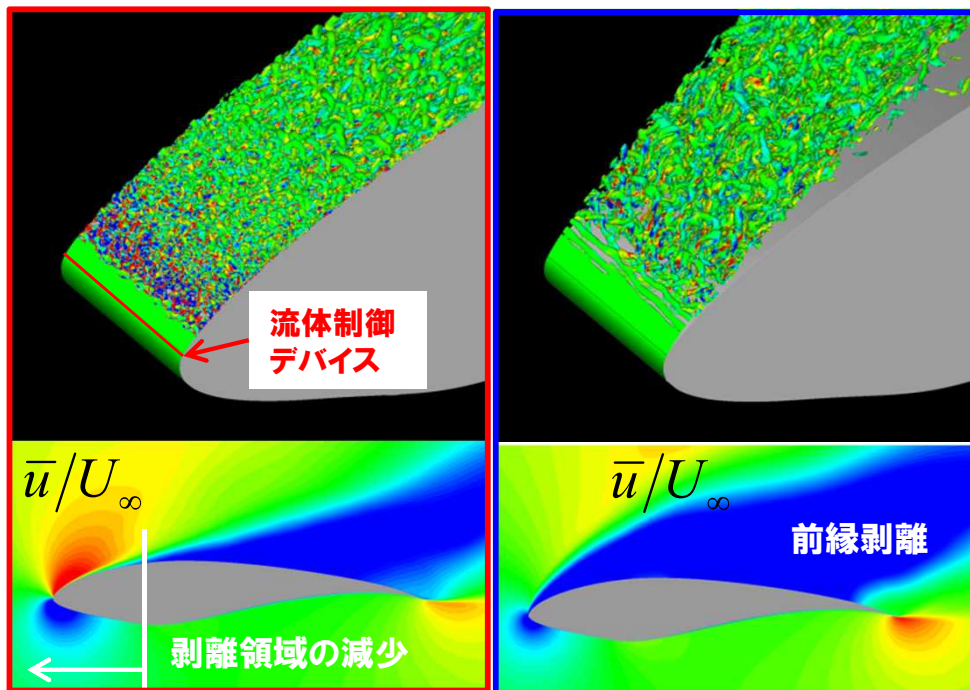


# 課題①: 輸送機器・流体機器の流体制御による革新的高効率化・低騒音化に関する研究開発

## ● 平成24年度の研究開発成果

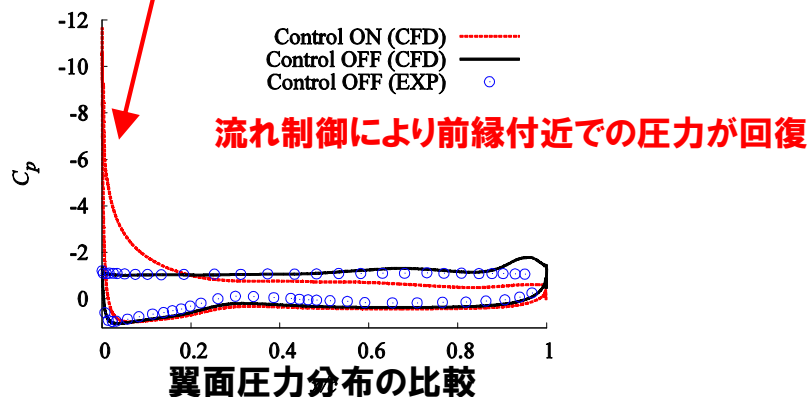
### 【中レイノルズ数における流体制御メカニズム理解と解明】

・中レイノルズ数領域( $7.5 \times 10^5$ )での翼周り剥離制御シミュレーションを行った。実験結果との良い一致およびデバイスの流れ制御効果を確認した。



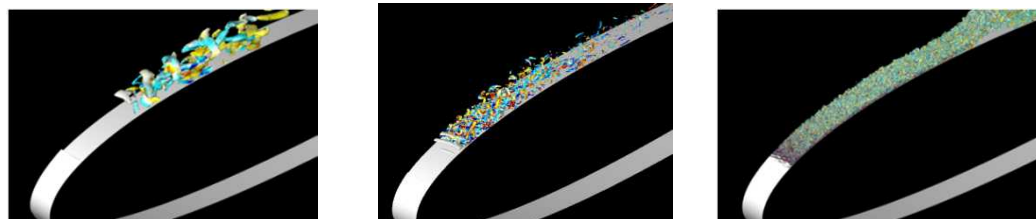
瞬間流れ場(制御有り)

瞬間流れ場(制御無し)



### 【レイノルズ数効果】

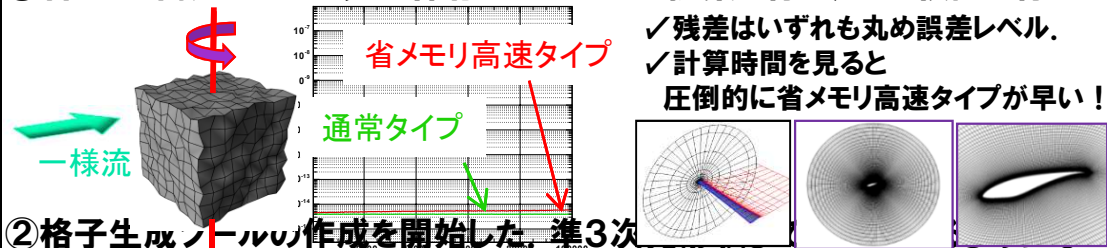
・本課題の対象としている全レイノルズ数領域( $10^4$ - $10^6$ )での流れ制御無しの流れ場の比較を行った。現在詳細な流れ場の解析を行っている。



低レイノルズ数:( $10^4$ )    中レイノルズ数:( $10^5$ )    高レイノルズ数:( $10^6$ )

### 【回転系ツールの作成】

①省メモリ高速タイプの完全保存型スキームの提案を行い、その検証を行った。



②格子生成ツールの作成を開始した。準3次元、格子生成、テスト計算を行った。

### 【シミュレーションによる実問題への適用の実証】

・閉ループ制御則と流れ制御デバイスを組み合わせた流体制御技術開発の検討を開始した。

## ● 今後の予定

### 【流体制御メカニズムの解明と制御効果の確認】

・低レイノルズ数領域( $10^4$ )での現象理解に基づく最適設計パラメータの提案  
 ・中レイノルズ数領域( $10^5$ )での現象理解、回転機器など実問題での流体制御デバイスの流れ制御効果の確認