

# スーパーコンピュータによる先端的シミュレーションの 産業利用の現状とその将来展望

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



Center for Research on  
Innovative Simulation Software

# 講演内容

- 計算機の発達と産業利用への期待
- HPCの産業利用の重要性
- 設計現場から見たHPCとその普及を阻害する要因
- HPCの産業利用の促進策
- 具体的事例

# 計算機の発達と 産業利用への期待

# 計算機の発達

## ■ 国内最速のコンピュータ

- 1992年: 約10GFLOPS (1秒間に10の10乗回の計算を実行可能)

### 地球シミュレータの稼動開始

- 2002年: 40 TFLOPS (1秒間に10の13乗回の計算を実行可能)

### 次世代スパコンの稼動開始

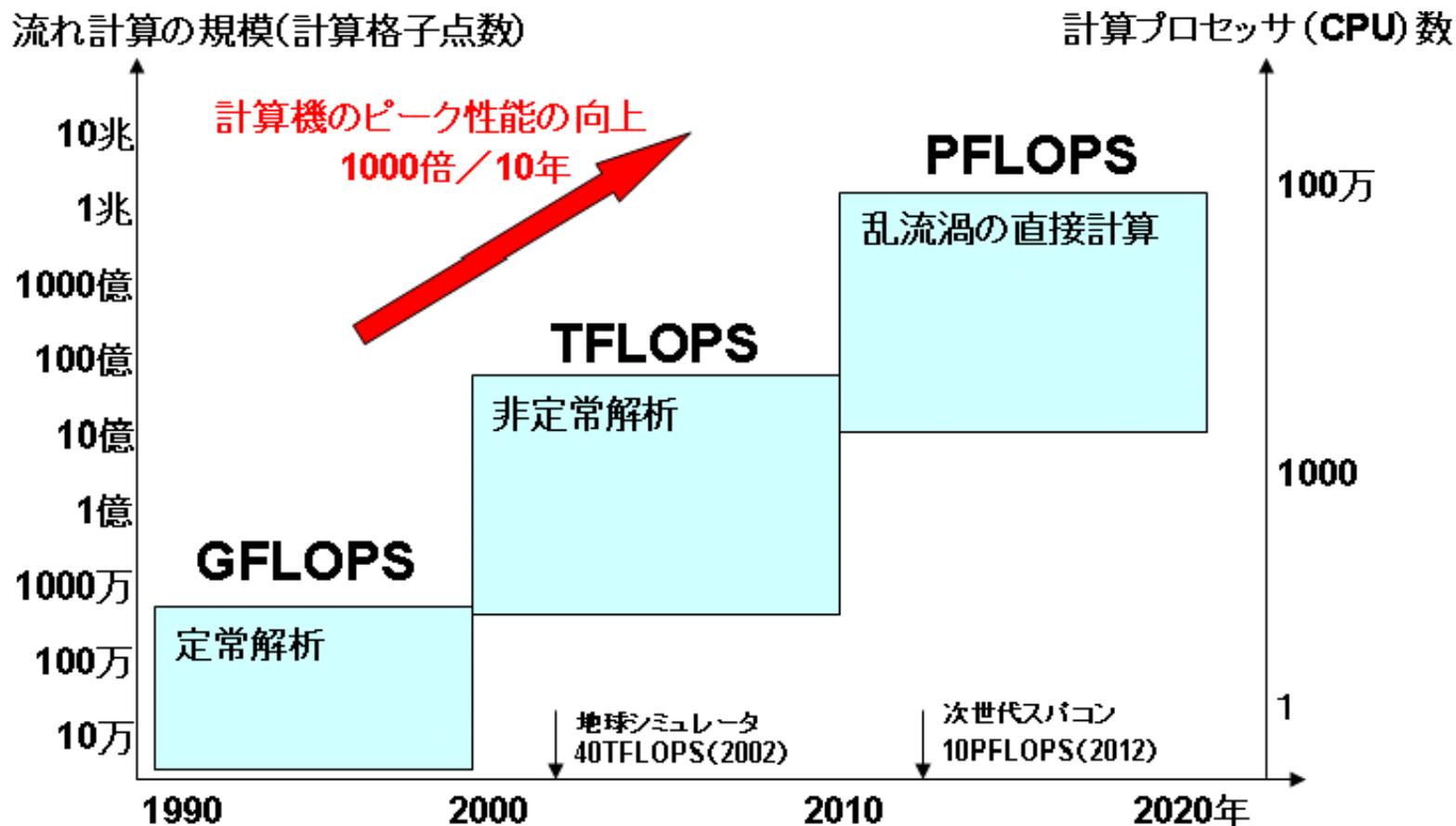
- 2012年: 10 PFLOPS (秒間に10の16乗回の計算を実行可能)

計算機の性能は過去20年間に100万倍に向上

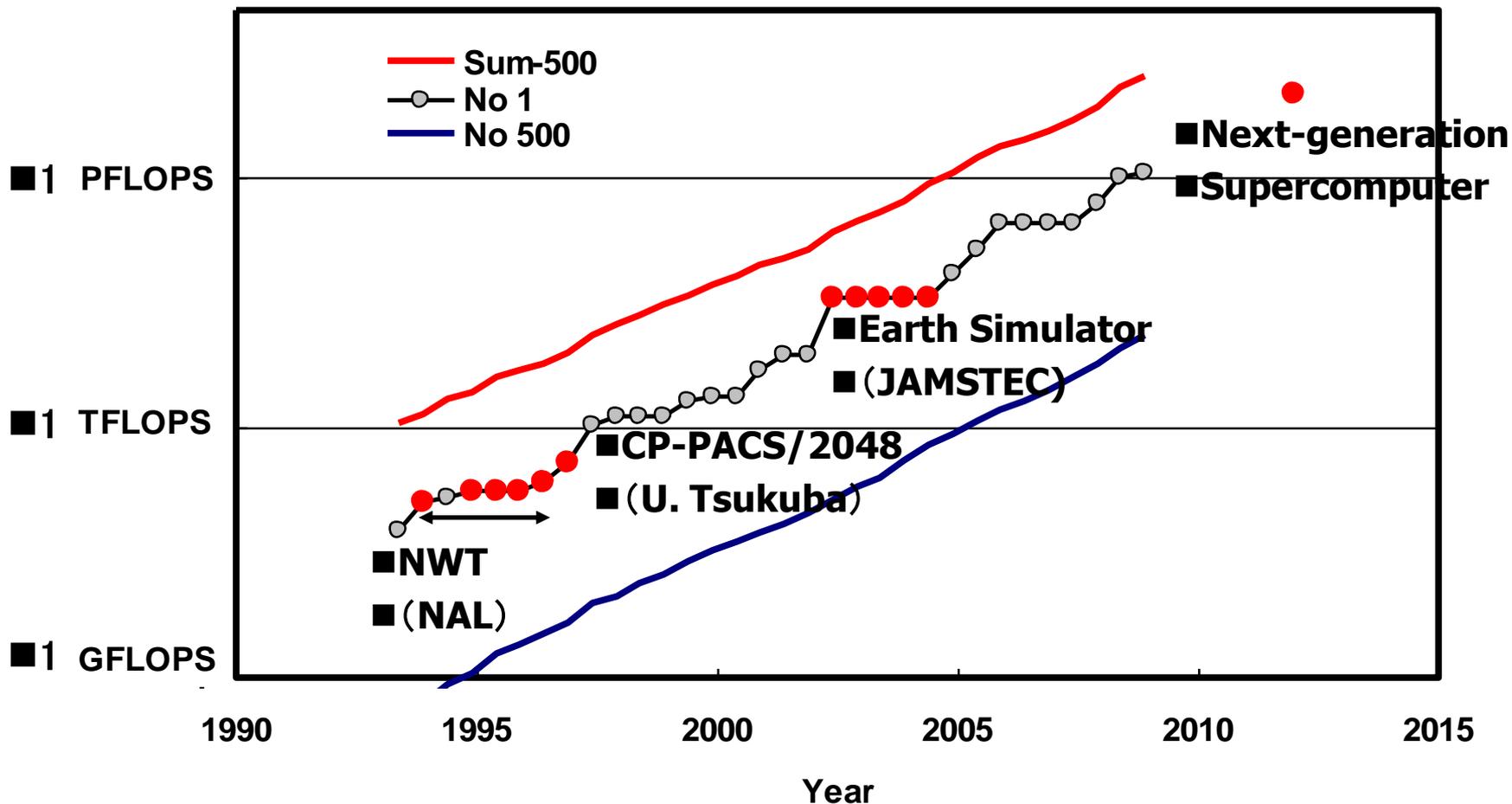
(10年で1000倍というペースで計算機の性能は向上)

# 計算機の発達とCFDの進展

## ■ 過去20年のCFD(流体の数値解析)の推移と今後の展望

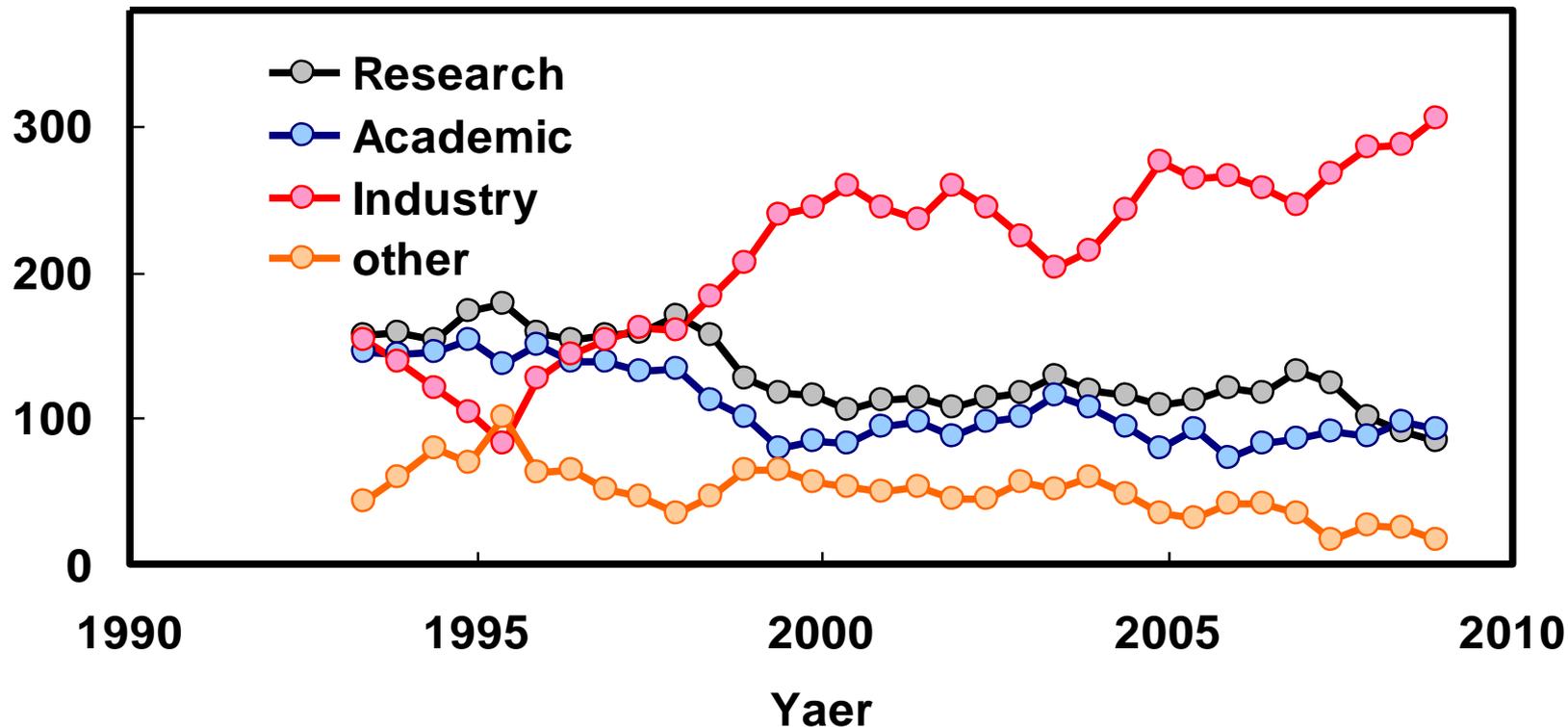


# 世界のスパコンの発達経緯



■ Data source: <http://www.top500.org/>

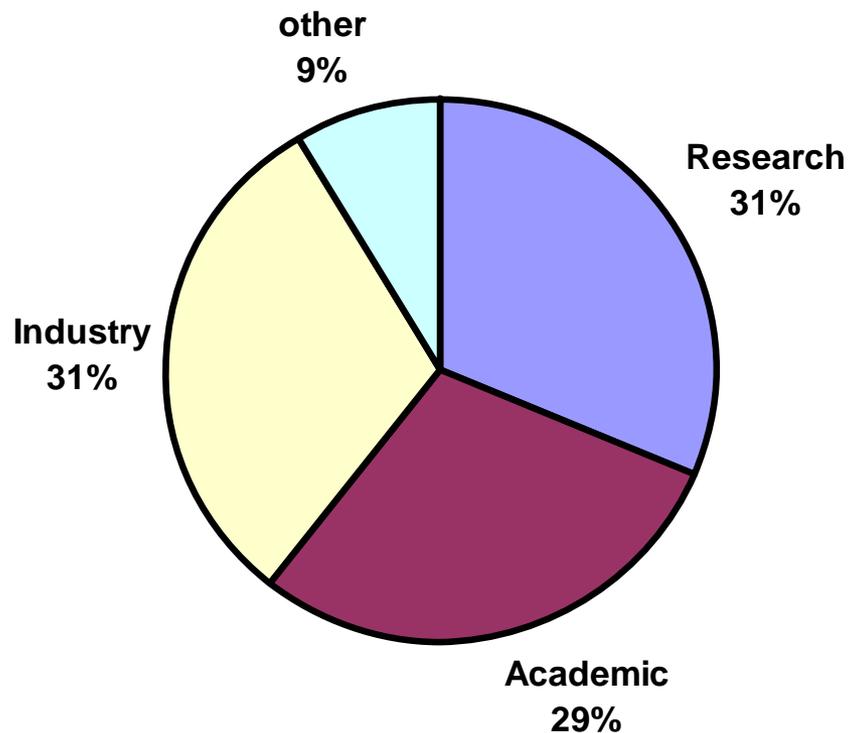
# 世界的にはHPCの産業利用が進展



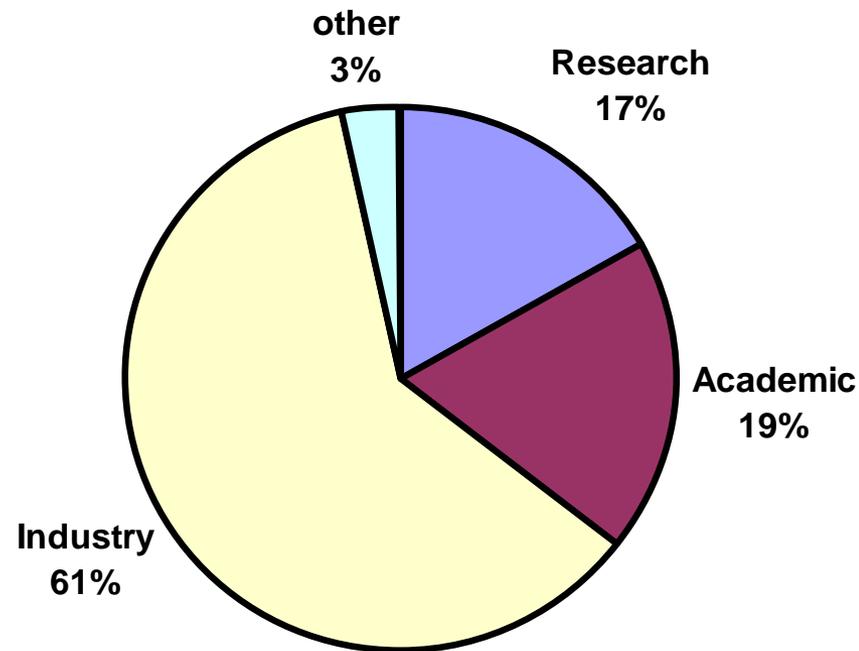
## ■ 産業界のHPC利用が拡大

■ 出展: <http://www.top500.org/>

# 世界的にはHPCの産業利用が進展



■ 1983



■ 2008

■ 出展: <http://www.top500.org/>

# ビジョンを実現するための技術革新(1) ものづくり シミュレーションに期待される貢献



## ■ 現状の課題

- 設計者の経験に基づく最適化→真の最適設計が不可能
- プロトタイプ(試作)による評価→試作費用・試作期間が膨大
- 従来の設計パラメータによる設計→革新的製品が出来ない

## ■ 期待されるブレークスルー技術

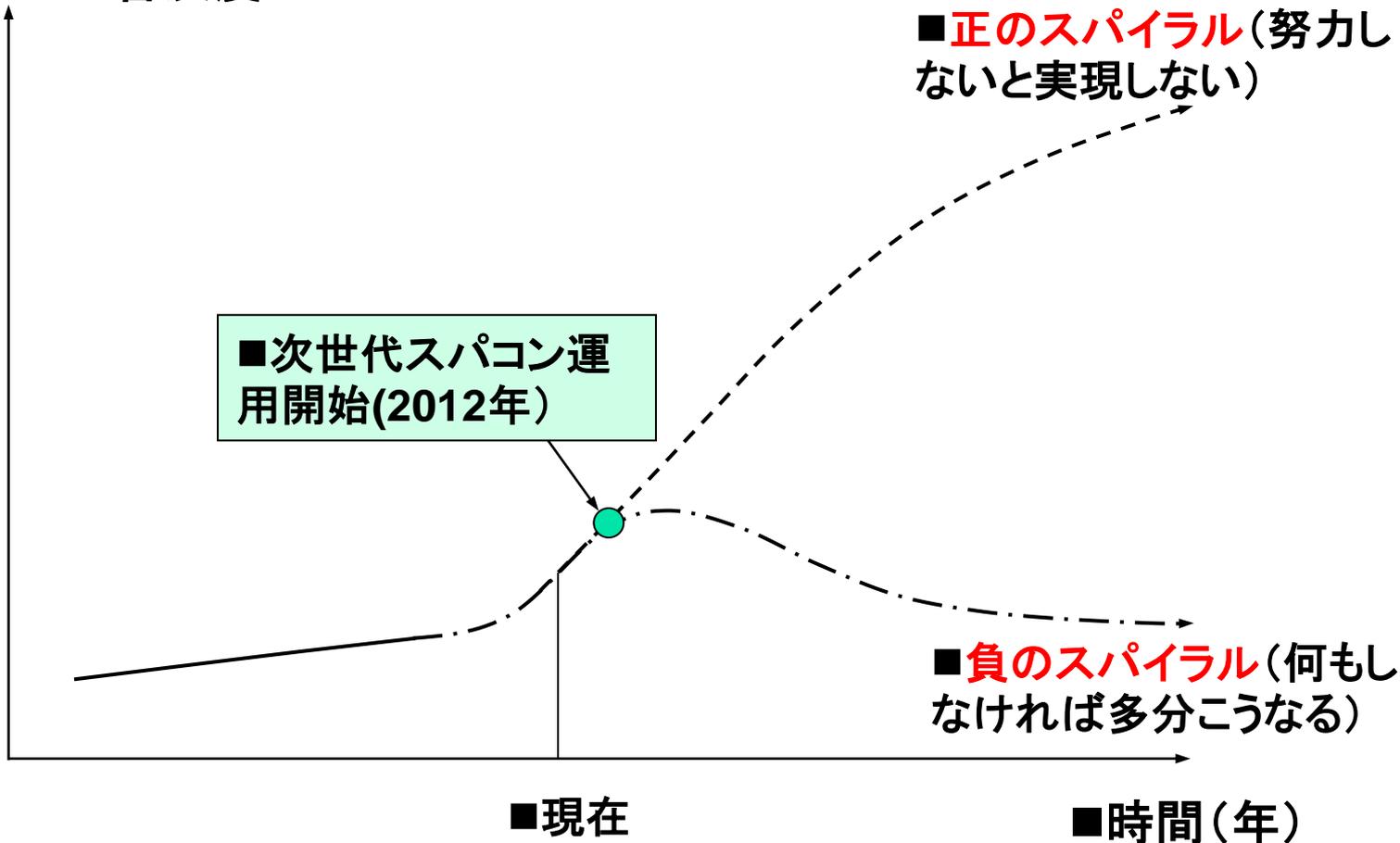
- 超高速数値計算の実現による最適設計
- 超大規模連成解析による試作の代替
- 第一原理計算による、性能の飛躍的向上、新規材料等

# HPCの産業利用の重要性

# HPCの今後

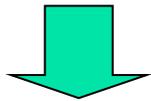
## ■ 正のスパイラルと負のスパイラルの分岐点

■HPCの普及度

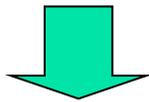


# HPC正のスパイラル・・・

■政府がHPCの産業利用を後押し

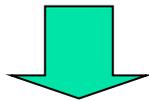


■HPCを活用した成功事例が創出



■企業がHPCに投資(計算機・ソフト・人)

■これが起こることが必須

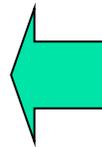
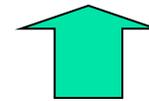


■HPC市場が拡大

■より多くの企業がHPCに投資(計算機・ソフト・人)

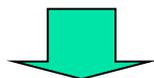


■民間ベースの計算機・ソフトの技術革新、コストパフォーマンスの向上



# HPC負のスパイラル(正確にはスパイラルではないが…)

■政府がHPCの産業利用を後押し



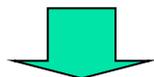
■産業界もHPCをトライアルユース



■でも



■成功事例はでない



■産業界はHPC投資の見送り



■これが起こることが怖い

■HPC市場は縮小

■The End

■政府もHPCには金輪際予算を付けない



■ハードベンダーもHPCから撤退



# 設計現場から見たHPCと その普及を阻害する要因

# 設計者が感じるHPCは？

- 通常行っているCAEと何が違うのか分からない
- 何ができるのか良くわからない
- ソフトウェアはどこにあるのかわからない
- ハードウェアはどうすればいいのかわからない
- とにかく、何となく敷居が高そう
  
- **結局、研究者のツールであり設計者のツールではない**

# 産業界におけるHPC普及を阻害する要因



## ■ ソフトウェア

- 超並列計算(数1,000コア以上の並列計算)に対応した実用的アプリケーション・ソフトウェアの欠如

## ■ ハードウェア

- 産業界が自由に使える数10TFLOPSの計算機環境が無い

## ■ HPCシミュレーション利用人材

- HPCを利用して設計業務を革新できる人材不足

## ■ 産業上の成功事例

- 成功事例を創出するための戦略の欠如

# HPCの産業利用の促進策

# イノベーションソフト・プロジェクト(通称)



## ■ 成果目標

- 産業イノベーション創出の基盤となる、世界最先端の複雑・大規模シミュレーションソフトウェアを研究開発し、産学官連携体制によりその普及を行う

## ■ 研究開発の概要

- 大学等研究機関保有のシーズソフトウェアを基に、産業界のニーズに直接応用可能なソフトウェアを開発
- 革新的高速化・超並列化手法の研究開発により、10万CPU(100万コア)規模の次世代スパコンにも対応
- 計算精度の検証に留まることなく、産業上の利用効果(ブレークスルー術)を実証

## ■ 開発期間と研究計画

- 平成20年10月～平成25年3月(4年6ヶ月)
- 平成22年6月までにプロトタイプソフトウェアを開発・公開
- 平成23年度、24年度に産業上の利用効果を実証、ソフトウェアの改良

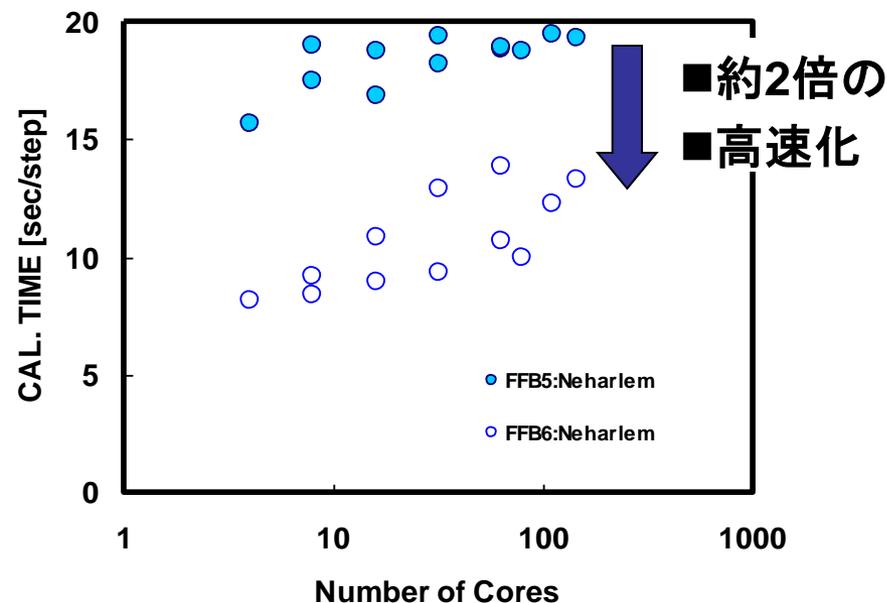
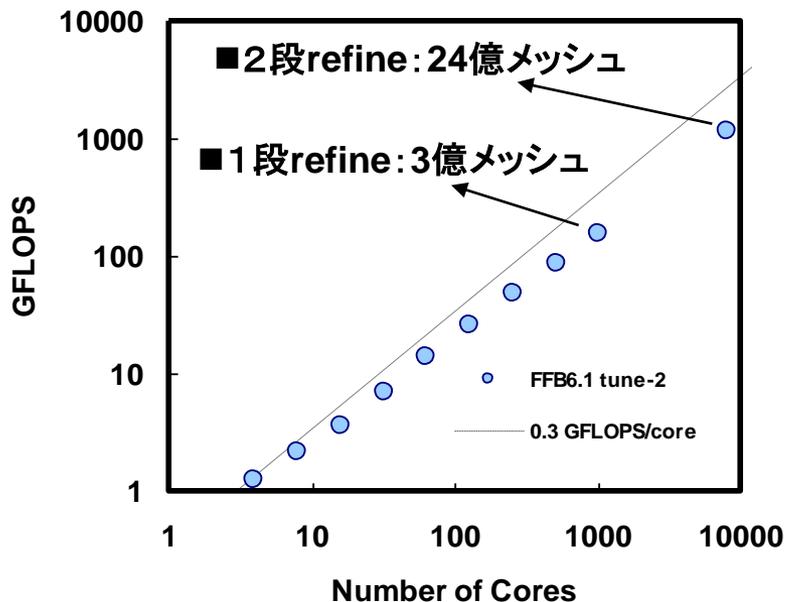
## ■ 予算規模と体制

- 年間予算:約5億点、総額約25億円
- 開発体制:約70名

# 開発中のソフトウェアの一例

## ■ FFB Version 6.1 (次世代スパコン対応熱・流体解析ソルバー)

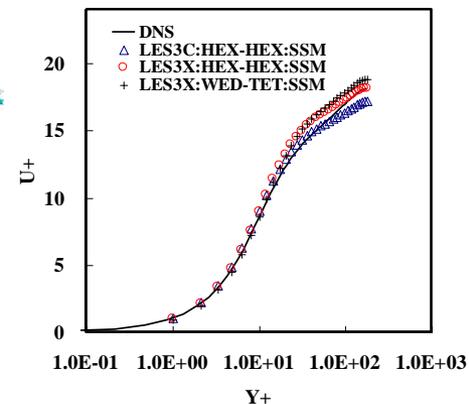
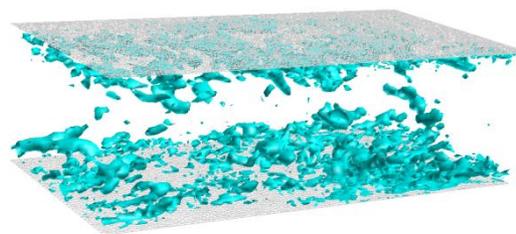
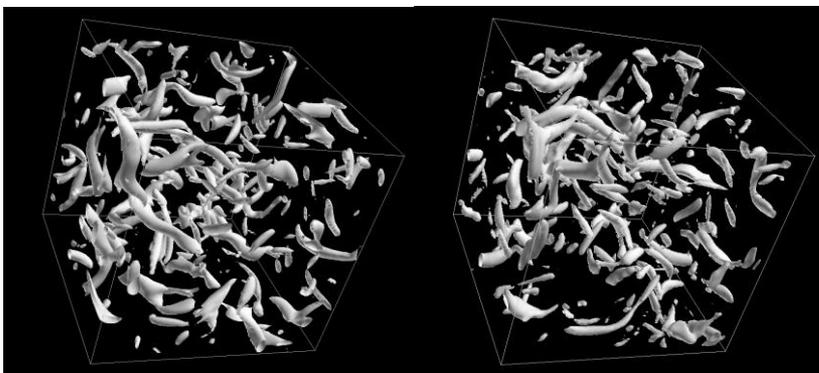
- 計算格子の自動再分割機能を実装し、100万並列、1,000億メッシュの計算が可能
- 乱流の高精度解析 (LES、DES、RANS)
- 大規模音響解析ソフトも内臓 (FFB-Acoustics)



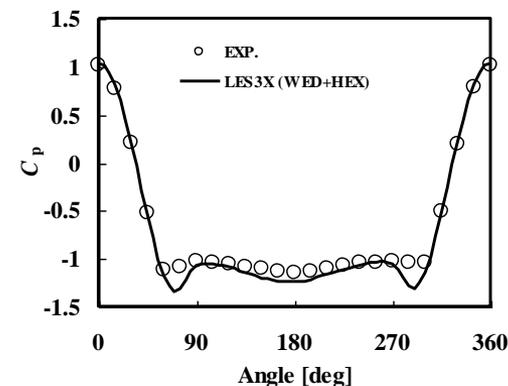
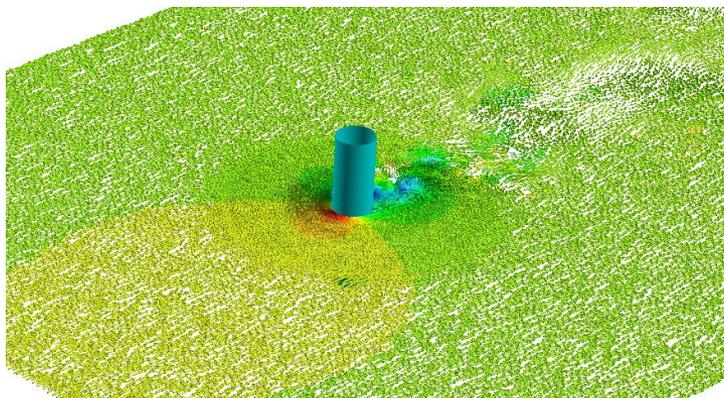
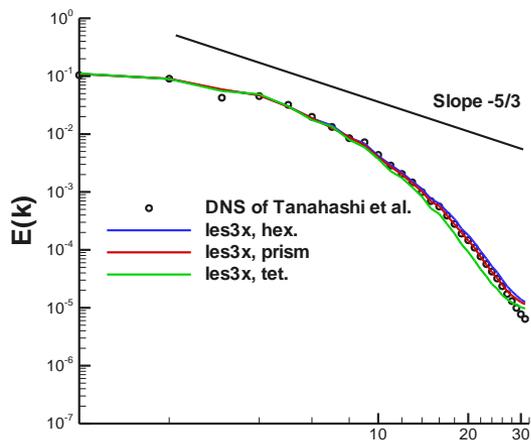
## ■ HA8000上のベンチマークテスト

## ■ Neharlem上のベンチマークテスト

# FFB version 6の精度検証結果



## ■ 平行平板間流れ

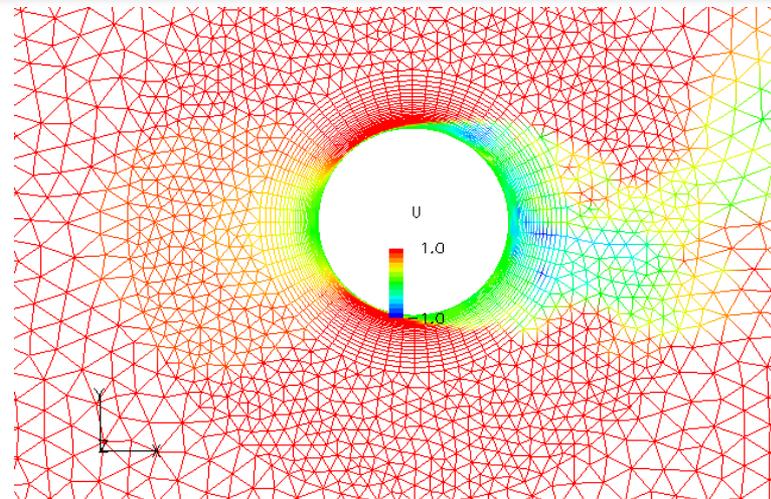
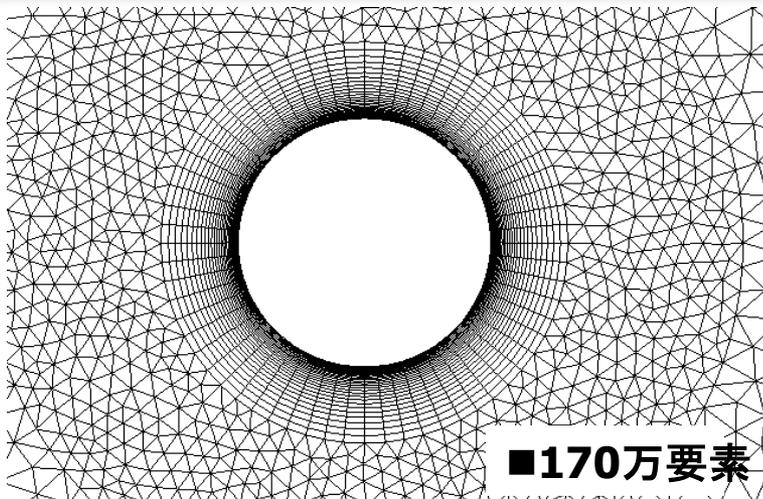


## ■ 一様等方性乱流

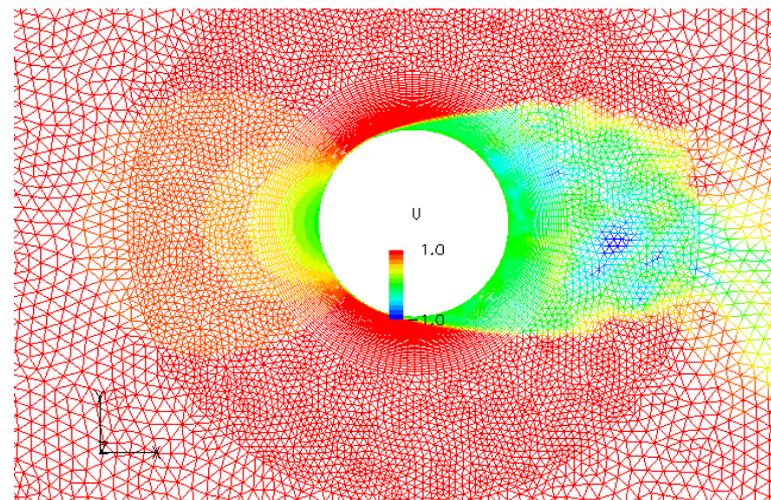
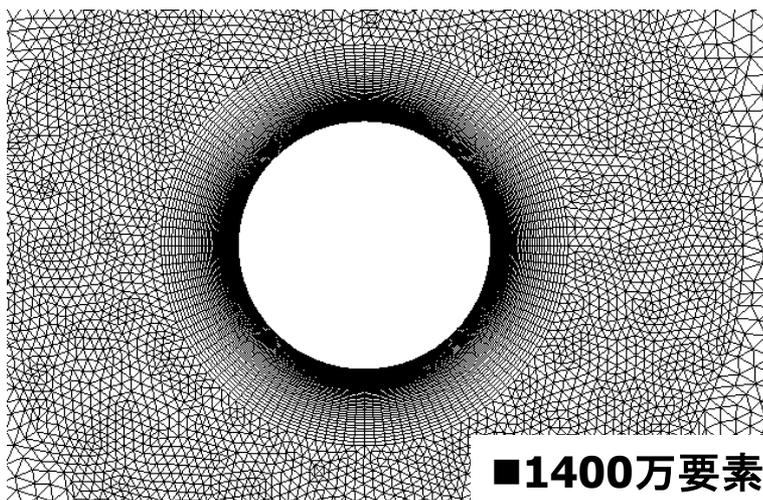
## ■ 円柱周りの流れ

# メッシュの自動細分割機能

細分化前



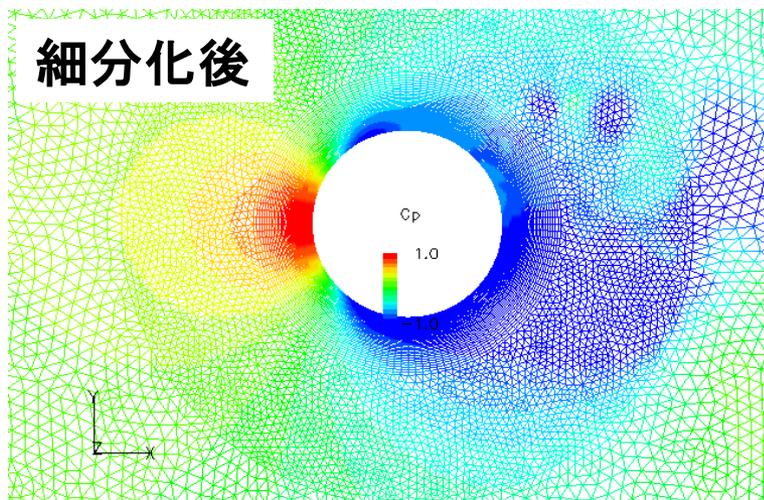
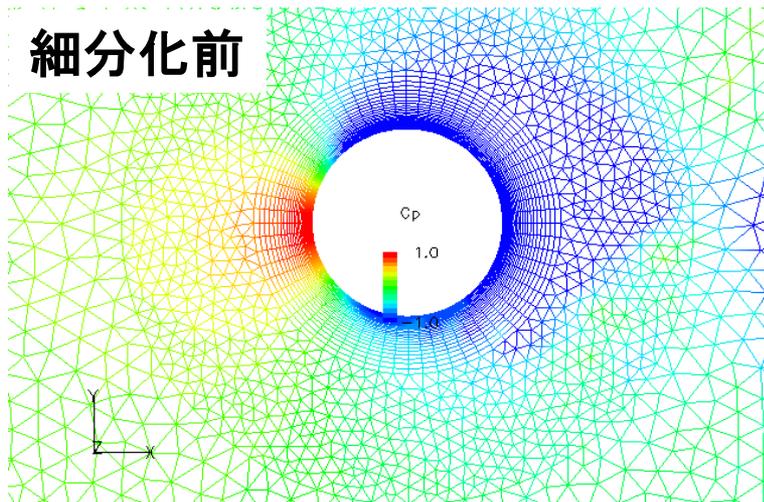
細分化後



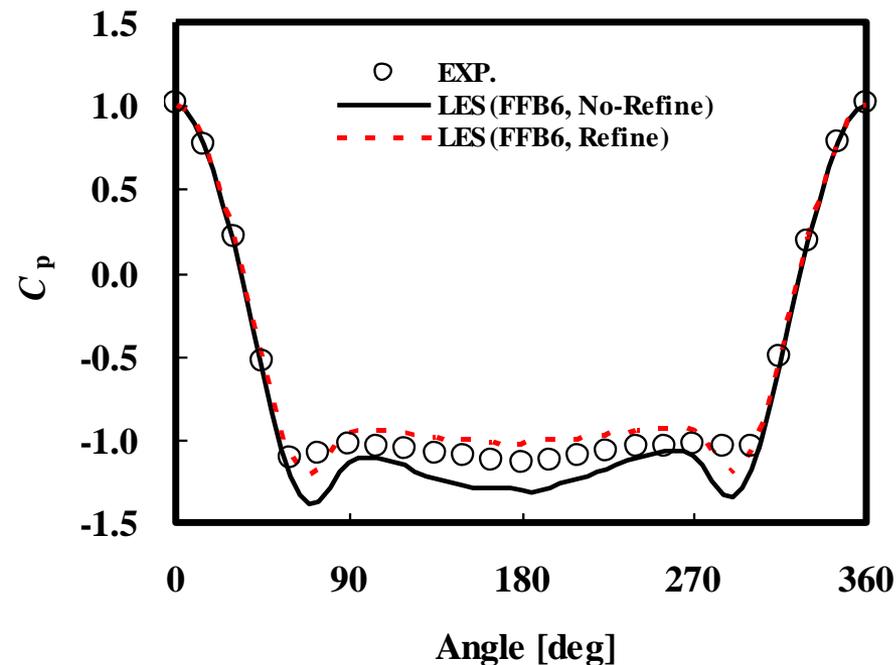
計算格子

計算結果(瞬時の圧力分布)

# 自動細分化による計算精度の向上

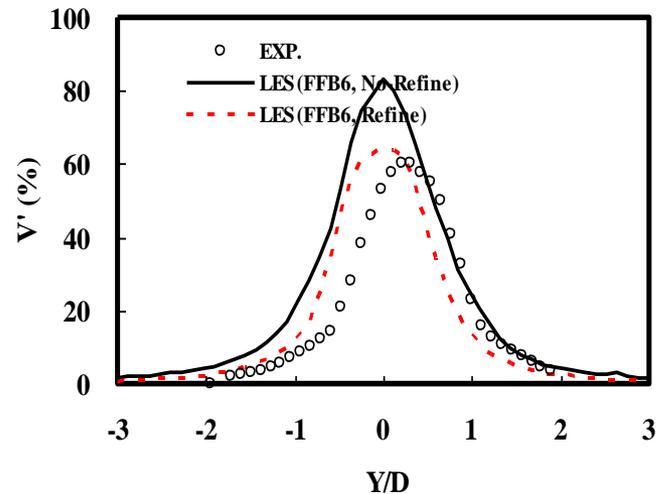
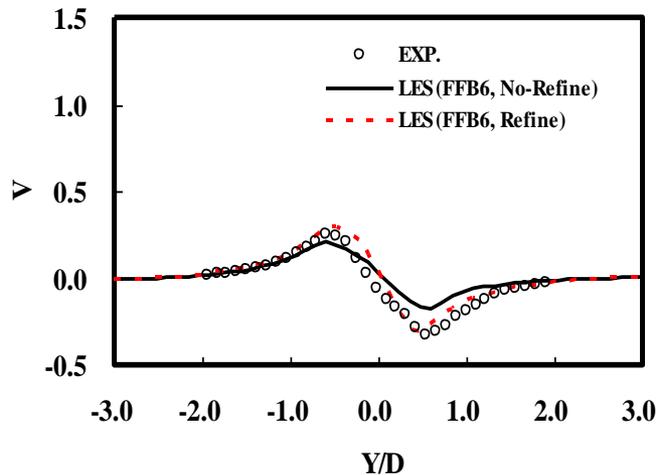
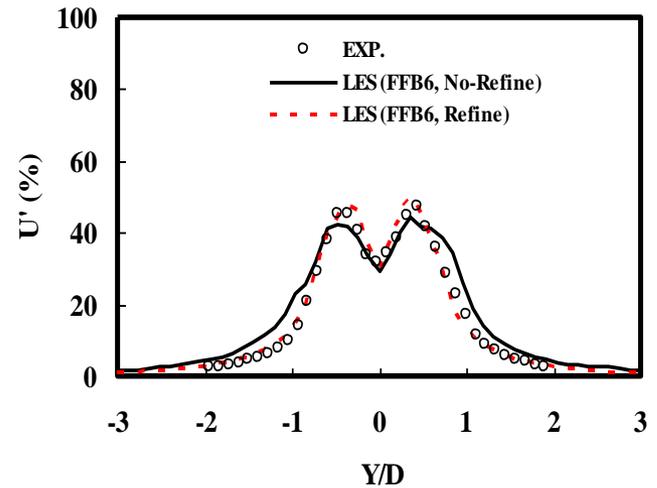
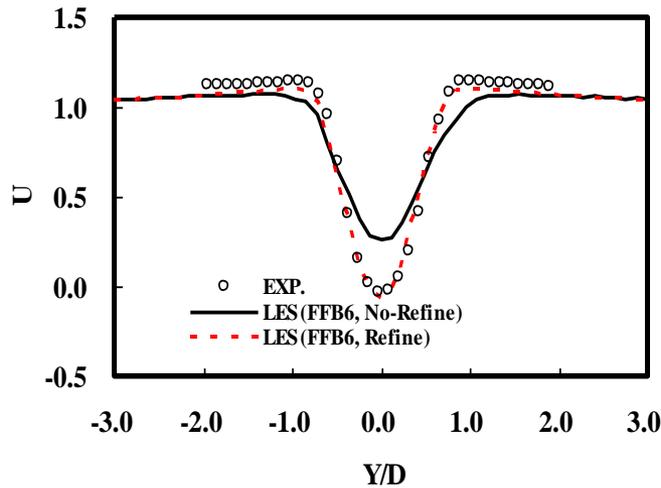
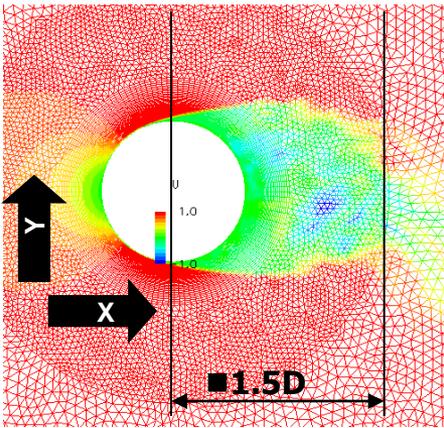


瞬時の静圧分布の比較



円柱周りの時間平均静圧分布の比較

# 自動細分化による計算精度の向上(続き)



後流の時間平均流速分布の比較

後流の変動流速分布の比較

# 次世代スパコン戦略プログラム 「次世代ものづくり分野」



## ■ 事業目的

- 当該事業分野における、次世代スパコンを頂点としたHPC利用の戦略的推進

## ■ 研究開発の概要

- 当該分野をリードする最先端の研究開発を推進し、ブレークスルー成果を創出するとともに(研究開発課題の推進)、計算機の効率的利用、HPC利用の普及、人材育成も含めた普及活動を展開(計算科学技術推進体制の構築)

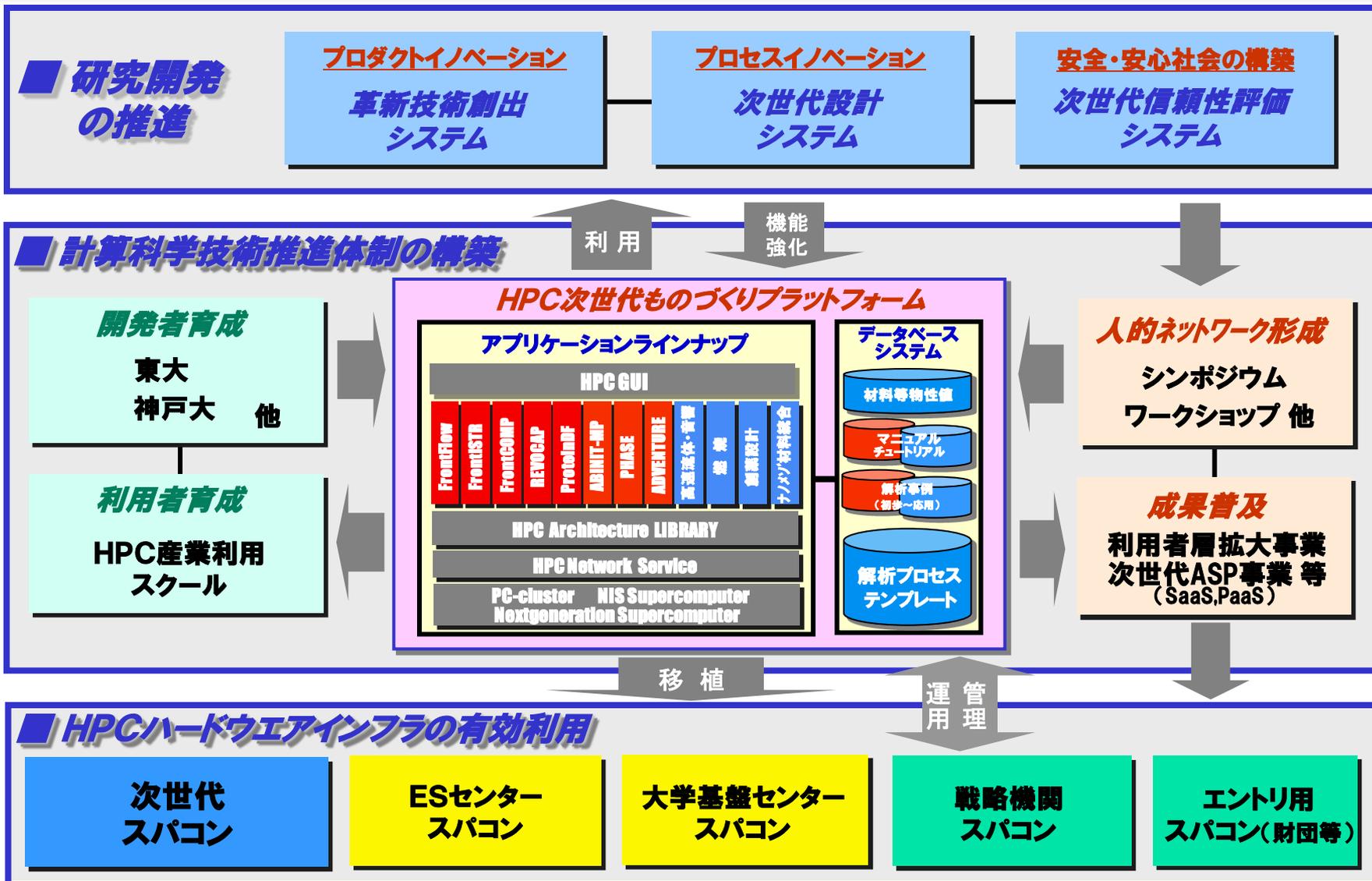
## ■ 開発期間と研究計画

- 平成21年1月～平成28年3月(6年3ヶ月)
- 平成21年度:FS実施期間
- 平成22年度:準備研究期間
- 平成23年度～平成27年度:本格実施期間

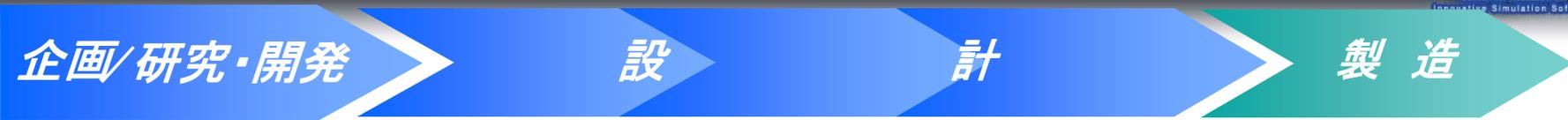
## ■ 予算規模と体制

- 年間予算:約5億点、総額約30億円

# 分野取り組みの全体的スキーム

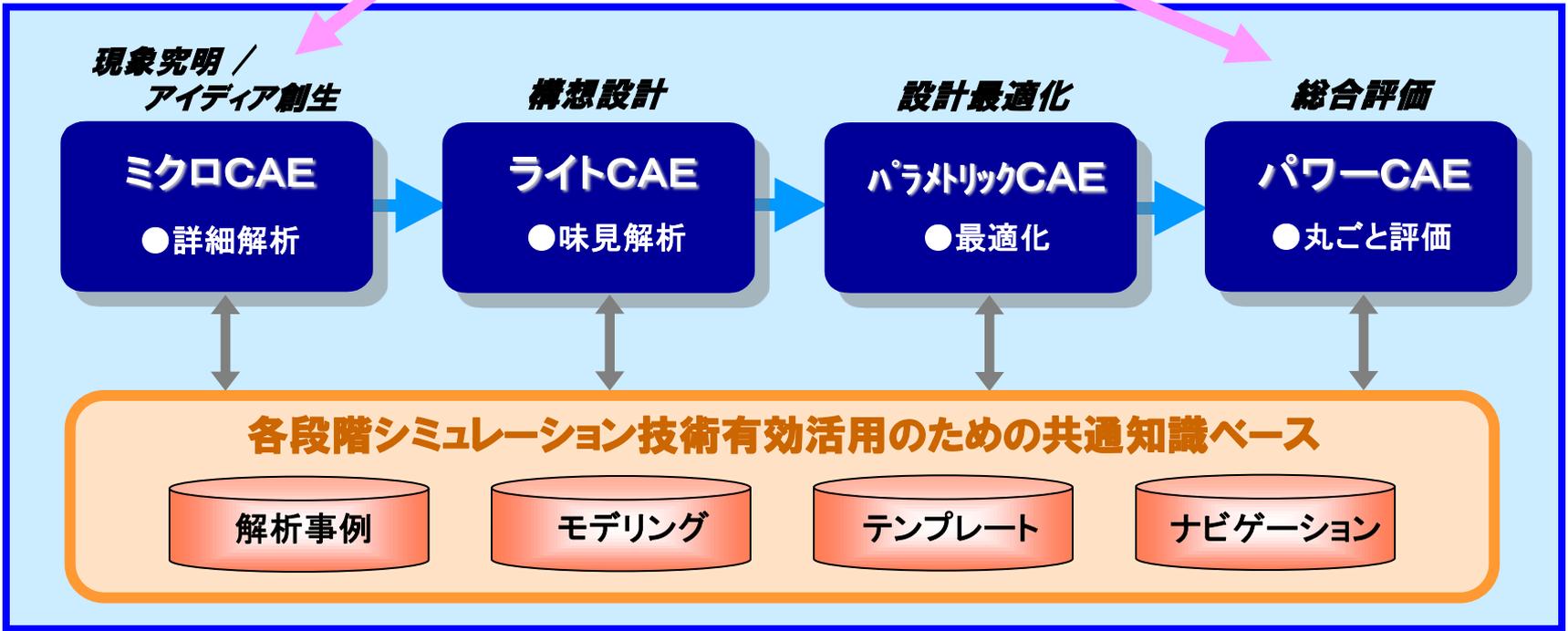


# HPCの役割の明確化



設計の全体像の中にHPCを位置づけることが必須

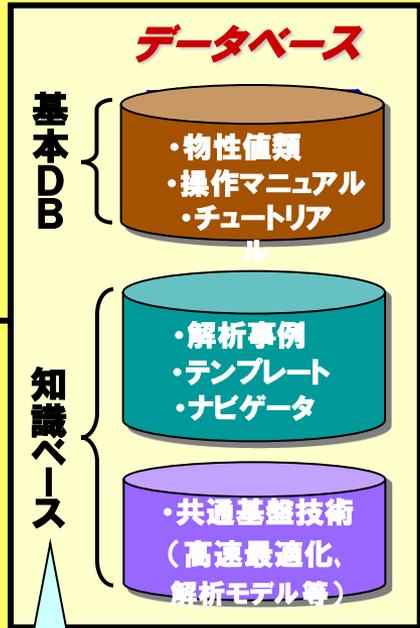
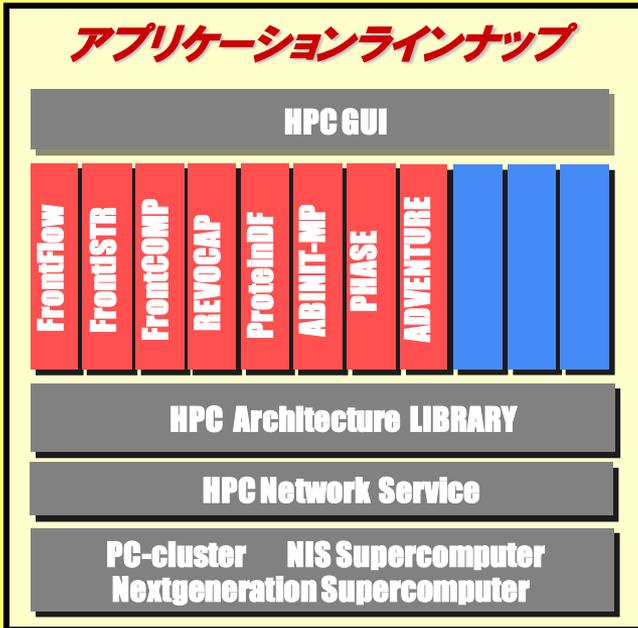
HPCの貢献が特に期待される  
設計フェーズ



# 知識ベースを活用した先端的解析技術の応用展開



## HPC/PF

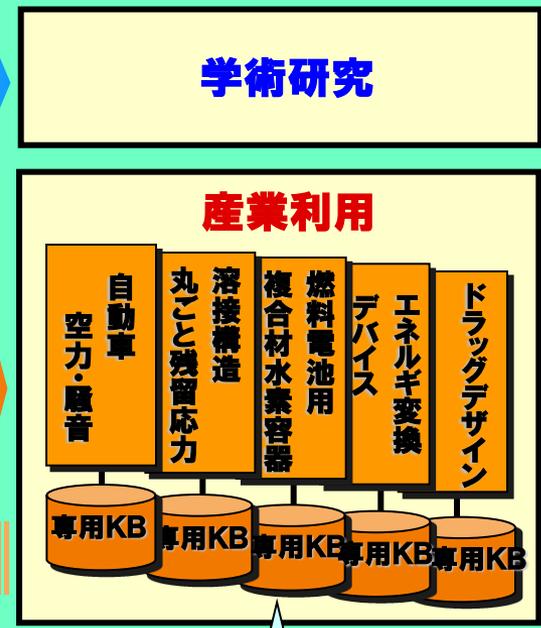


参考

活用

フィードバック

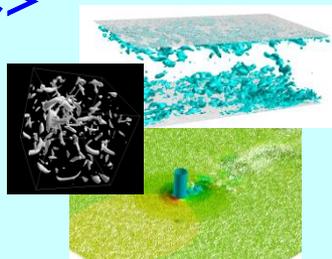
## 応用展開



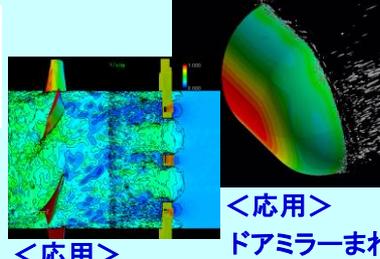
## 基礎～応用 典型的解析事例の蓄積 (例) FFB

<汎用知識ベース化へ>

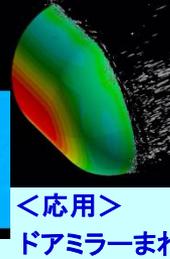
- メッシュデータ
  - 解析条件ファイル
  - 計算結果
  - 一連の処理を記述したスクリプトファイル
  - 上記全てを含むGUIプロジェクトファイル
- テンプレートデータ(例)



<基礎> 乱流予測検証



<応用> ファン騒音予測



<応用> ドアミラーまわり空力騒音予測

東京大学生産技術研究所 加藤(千)研究室

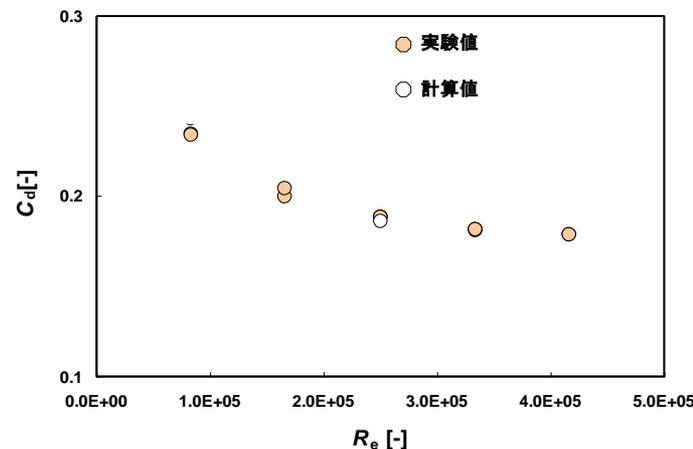
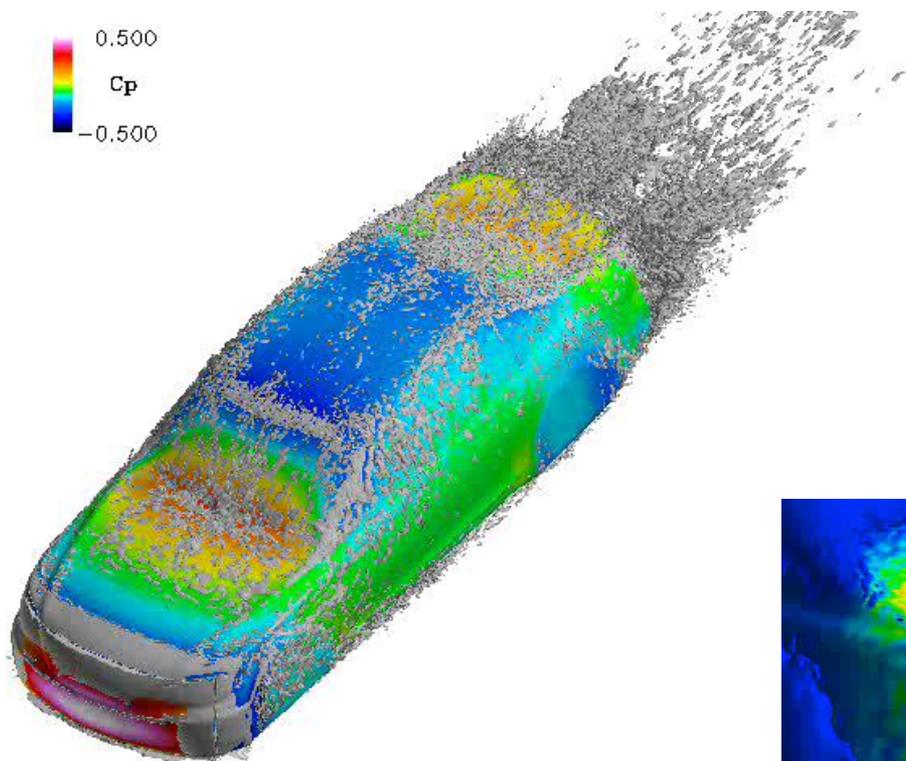
■ 製品特化型専用知識ベースの構築による  
実用システムの実現

■ 先端的シミュレーション技術を駆使した高品質  
製品設計への貢献

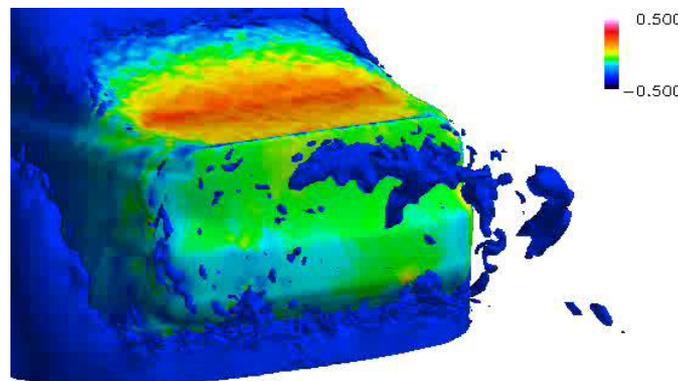
# 具体的事例

# 究極の低空気抵抗車の実現

## ■ 乱流の直接数値解析による乱流渦の挙動解明と制御



抵抗係数 $C_D$ 予測精度の検証(±1%)



車両周りの全乱流渦の数値解析

空気抵抗の決定に支配的な渦の同定→渦運動の制御による抵抗低減

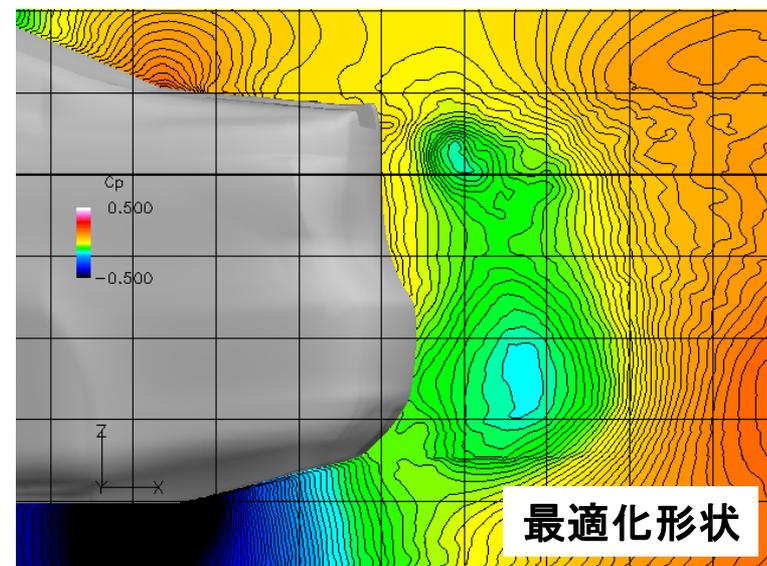
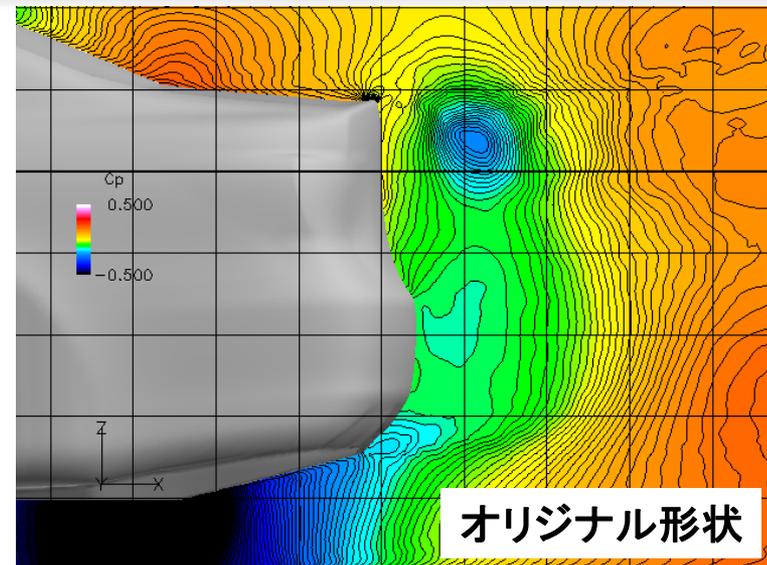
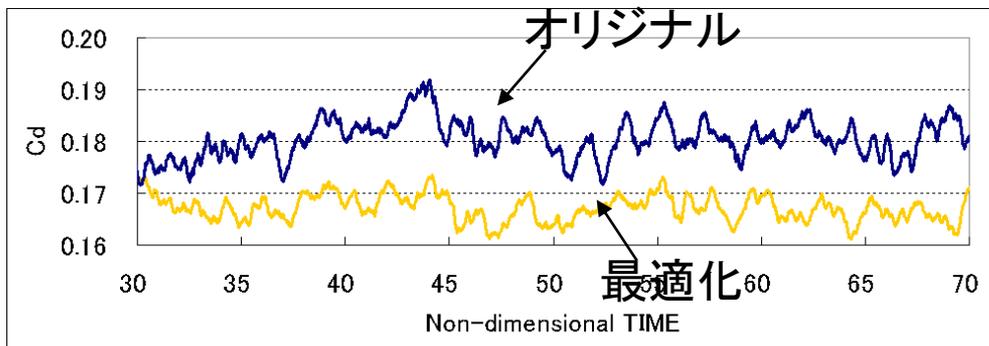
(トヨタ自動車(株)との共同開発)

# 非定常渦の制御による抵抗低減

■ 抵抗係数7%の低減に成功！



	平均	変動値
オリジナル形状	0.181	0.0041
最適化形状	0.168 (-7%)	0.0031

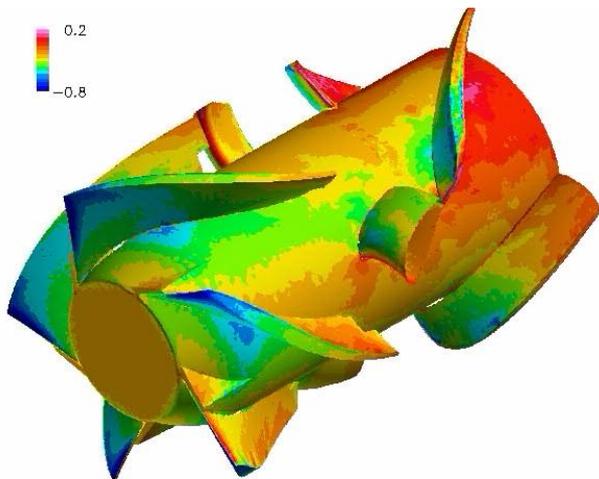


# 超低騒音ファンの開発

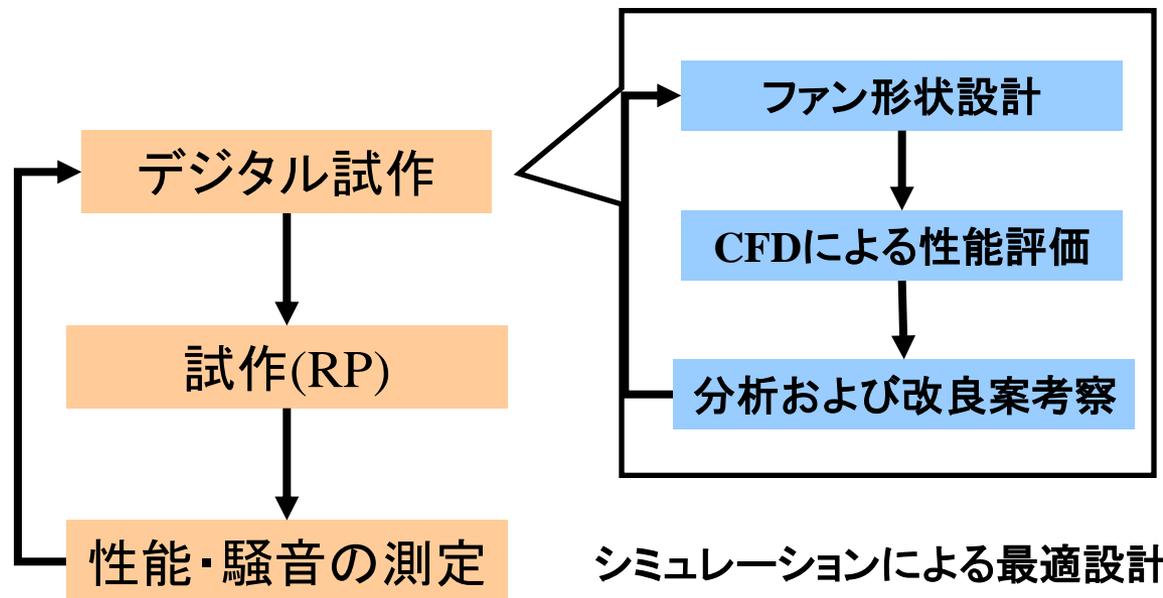
## ■ 背景と目標

- サーバ空冷用の小型化・高回転数化に伴いファン騒音問題が顕在化
- 従来の設計では低騒音化は限界
- シミュレーションによる最適設計により、6dBの低騒音化を実現(目標)

0.2  
-0.8



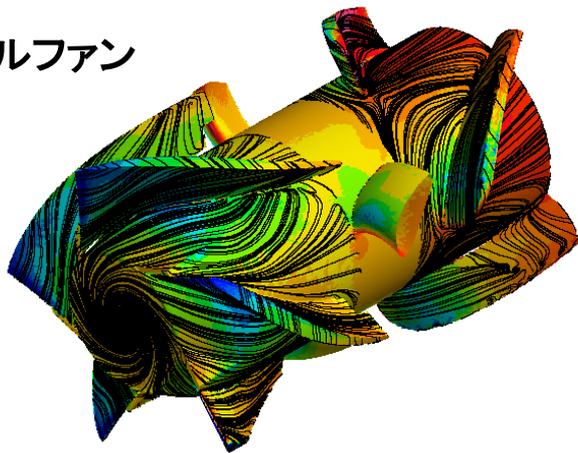
ファン表面圧力のシミュレーション結果



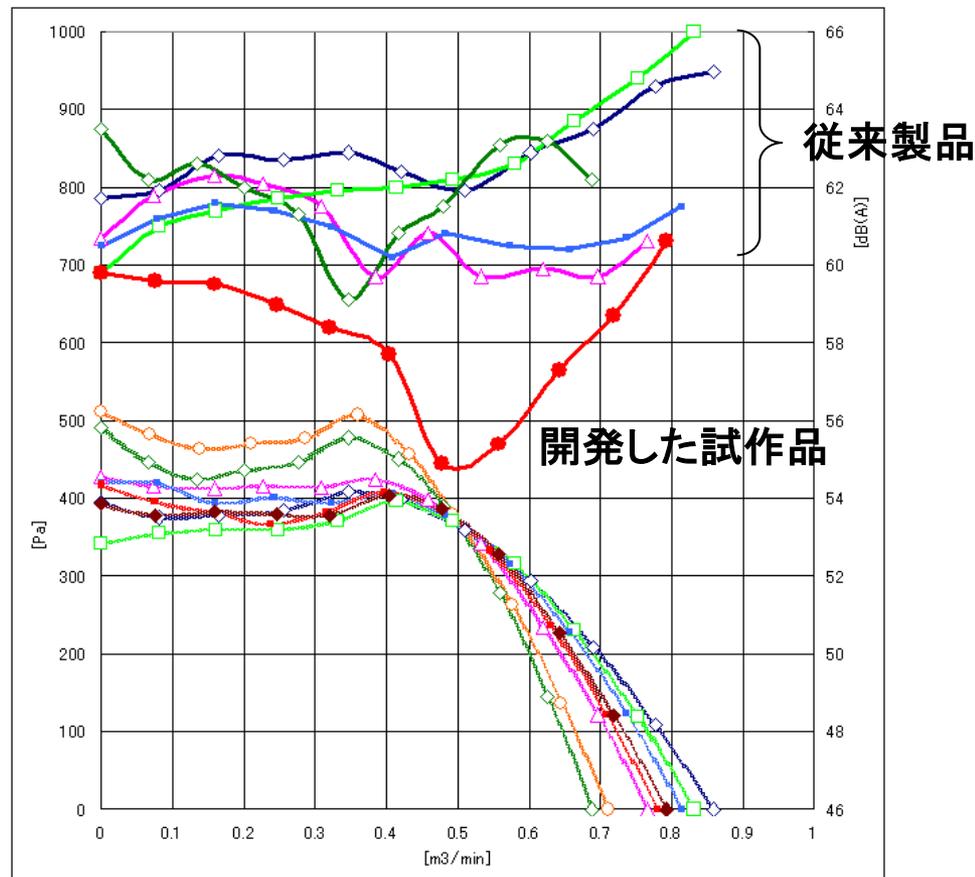
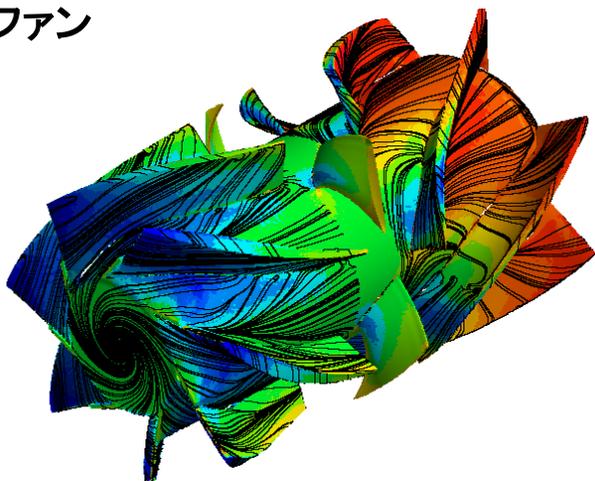
富士通アドバnstテクノロジー(株)、山洋電気(株)との共同開発

# 最適化ファンの試作結果

オリジナルファン



最適化ファン



風圧と騒音の試験結果

風圧(ファンの性能)を維持し、6dBの低騒音化に達成。特許出願済み