

ものづくり分野における最先端シミュレーションの展望

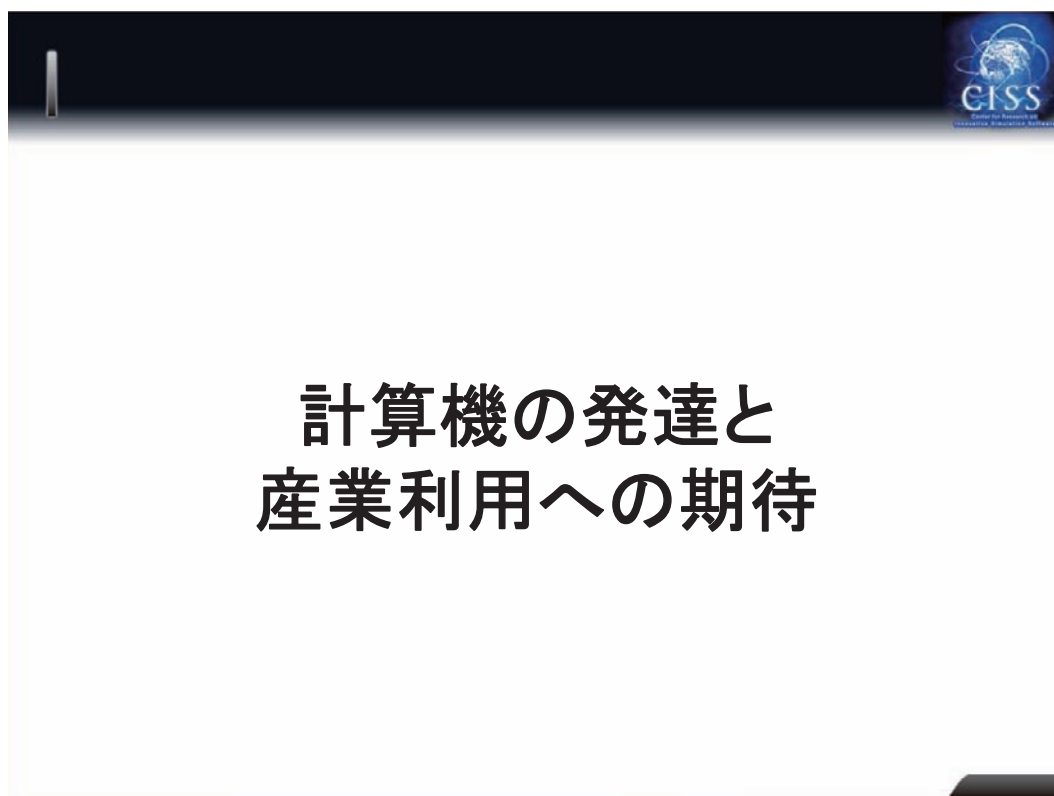
東京大学生産技術研究所 教授
革新的シミュレーション研究センター長 加藤千幸



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と具体的事例
- 産・学・官に期待される今後の役割



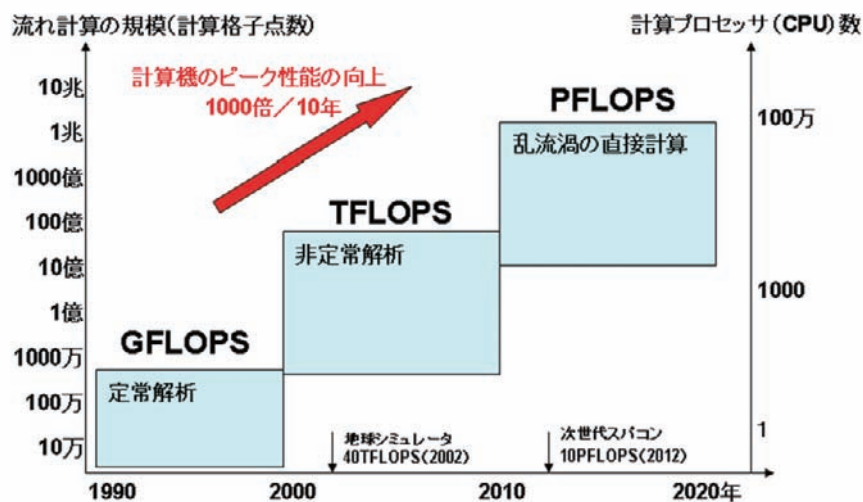
計算機の発達

- 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)

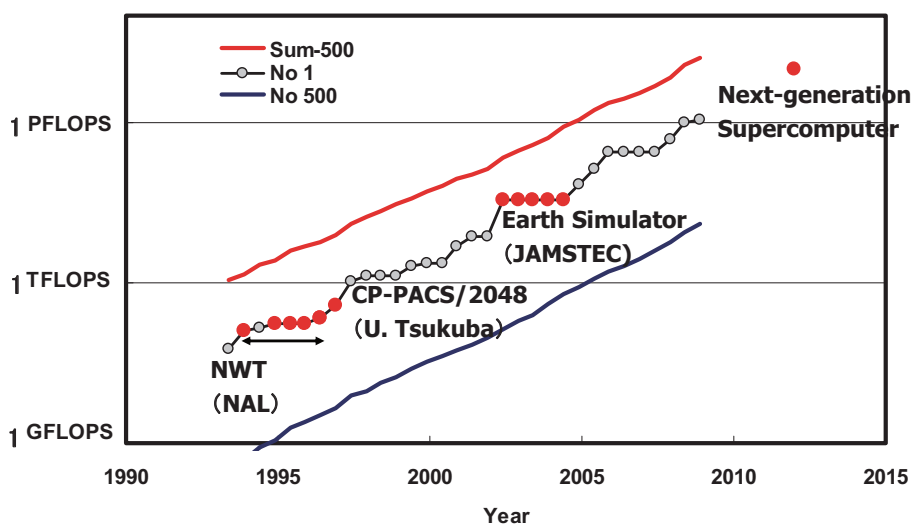
計算機の性能は過去20年間に100万倍に向上
(10年で1000倍というペースで計算機の性能は向上)

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

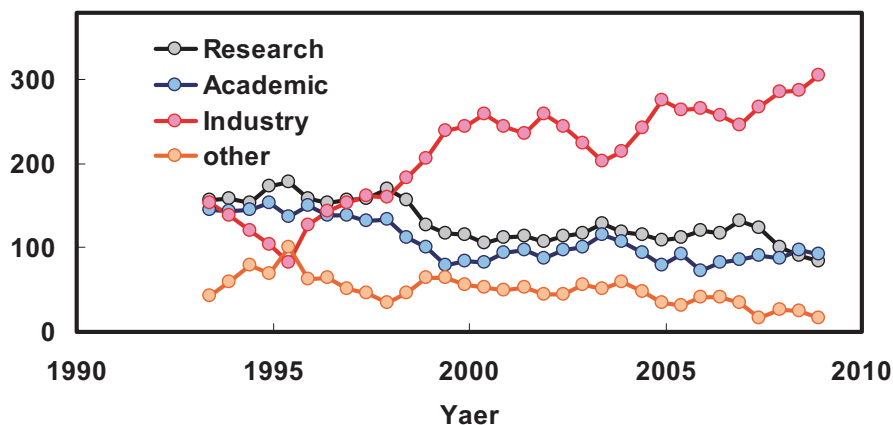


世界のスパコンの発達経緯



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

世界的にはHPCの産業利用が進展



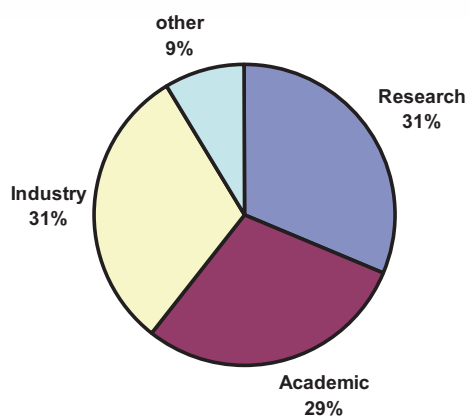
産業界のHPC利用が拡大

■出展: <http://www.top500.org/>

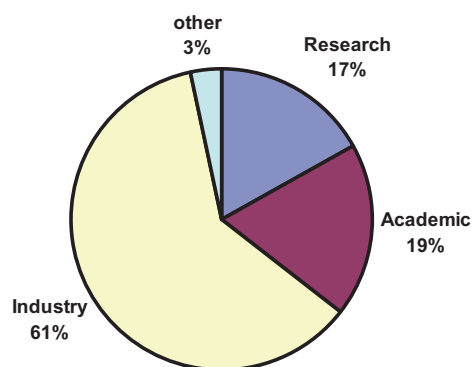
平成21年6月11

7

世界的にはHPCの産業利用が進展



■1983



■2008

■出展: <http://www.top500.org/>

平成21年6月11

8

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産業利用は既に可能に

■ 1ラック(キャビネット)の計算機能力の急速な進歩

- 5から10テラ・フロップス

■ 10テラフロップスの計算機があれば・・・

- 数億から10億格子点の流体計算が可能

■ 2018年には1ラック1ペタフロップスに・・・

- 米国のユビキタスHPCプロジェクト

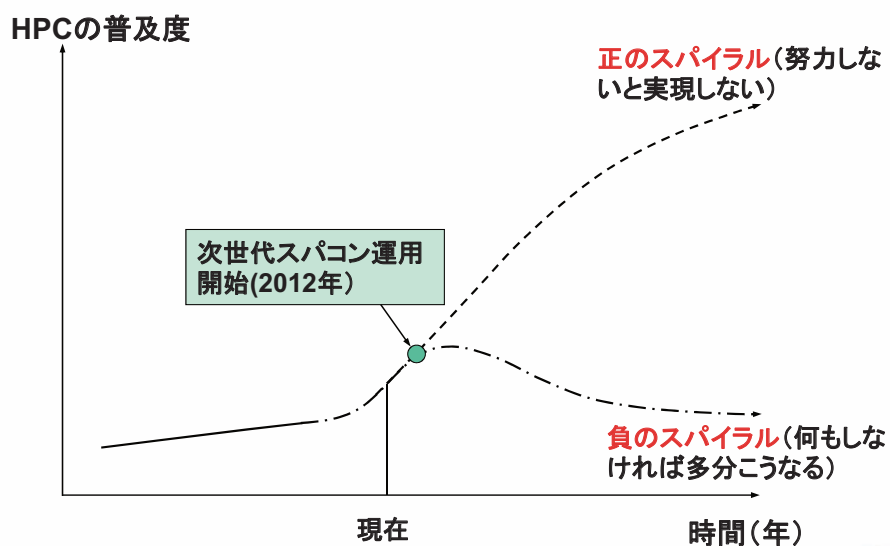


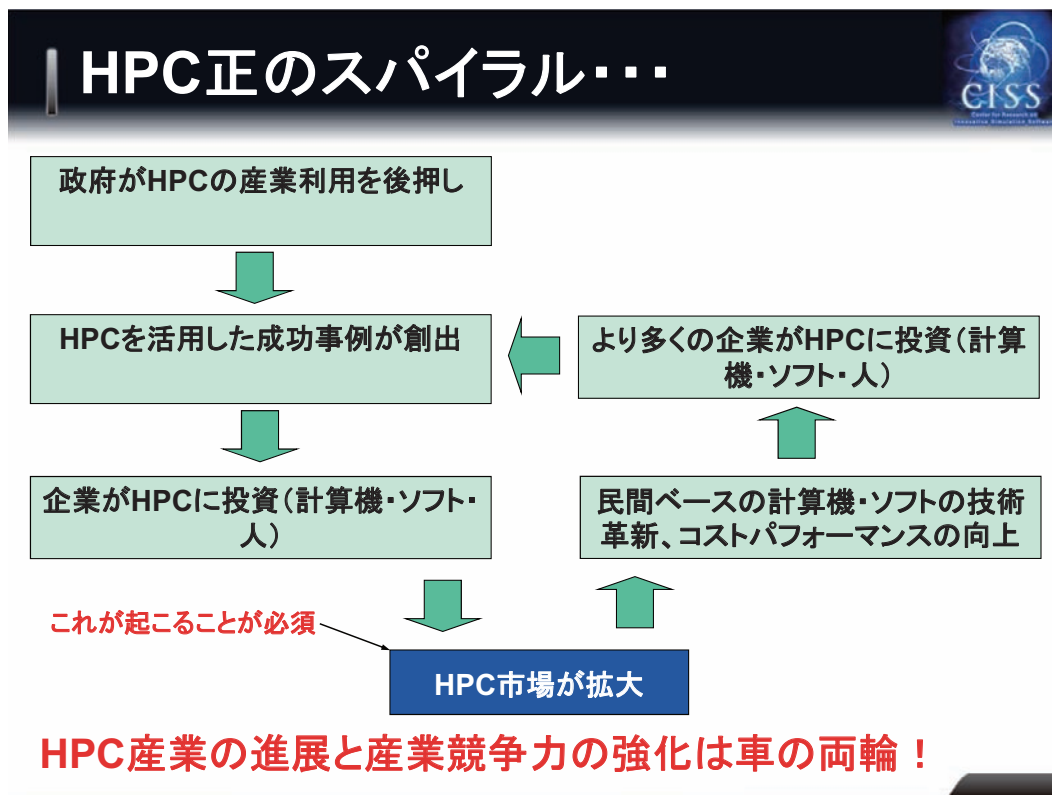
HPCの産業利用の重要性



HPCの今後

正のスパイラルと負のスパイラルの分岐点





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と 具体的事例



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

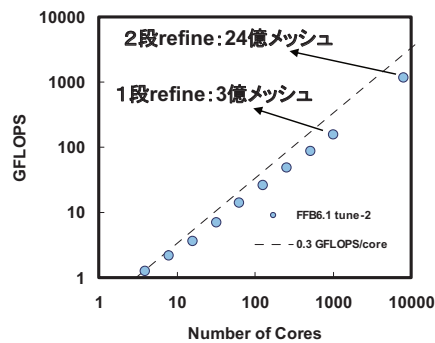
- 年間予算:約5億円、総額約25億円
- 開発体制:約70名

開発中のソフトウェアの一例

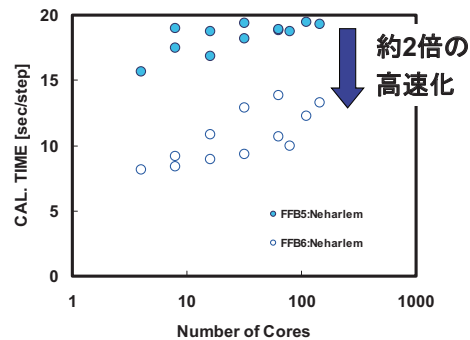


FFB Version 6.1 (次世代スパコン対応熱・流体解析ソルバー)

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)



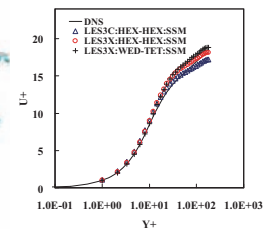
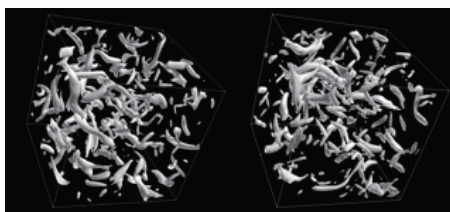
HA8000上のベンチマークテスト



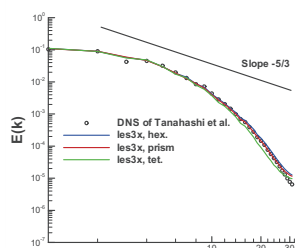
Neharlem上のベンチマークテスト

20

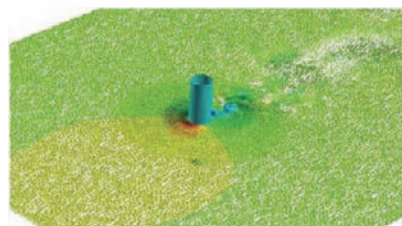
FFB version 6の精度検証結果



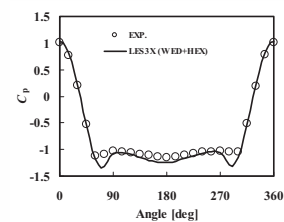
■ 平行平板間流れ

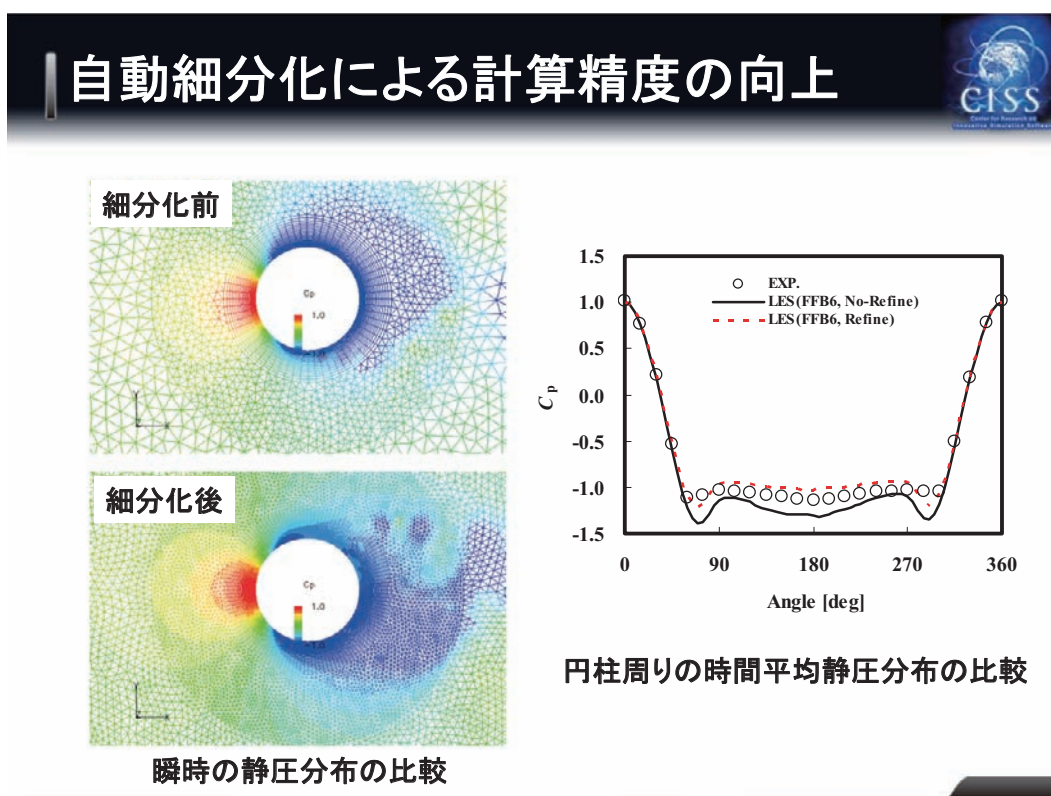
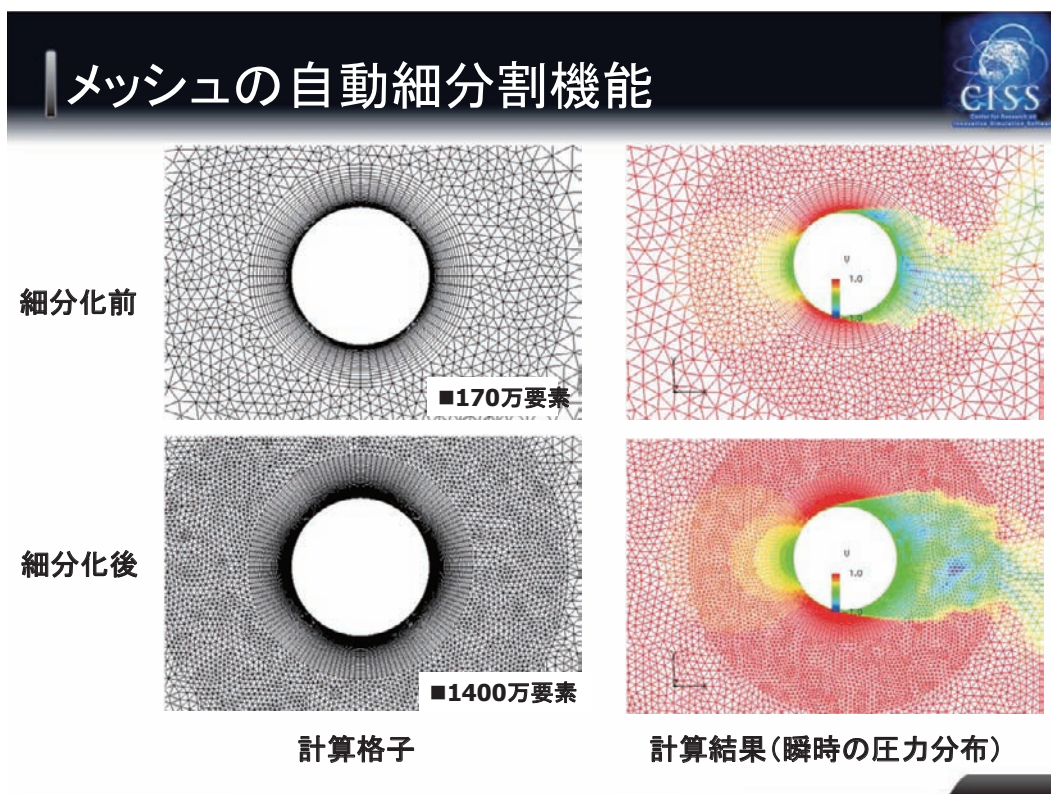


■ 一様等方性乱流

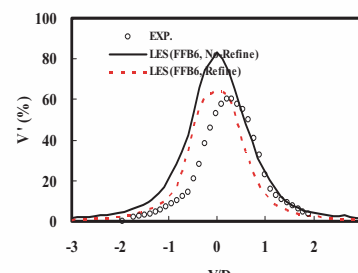
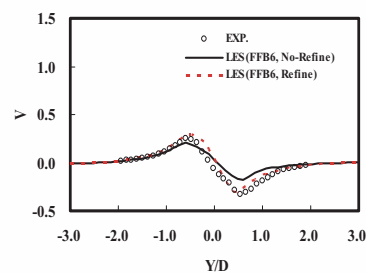
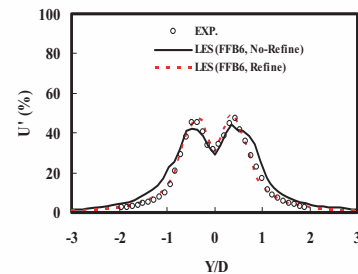
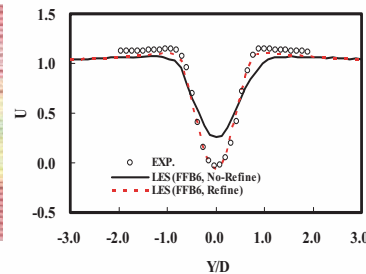
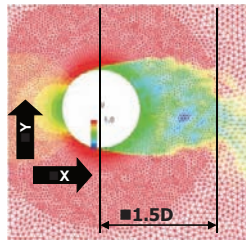


■ 円柱周りの流れ





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

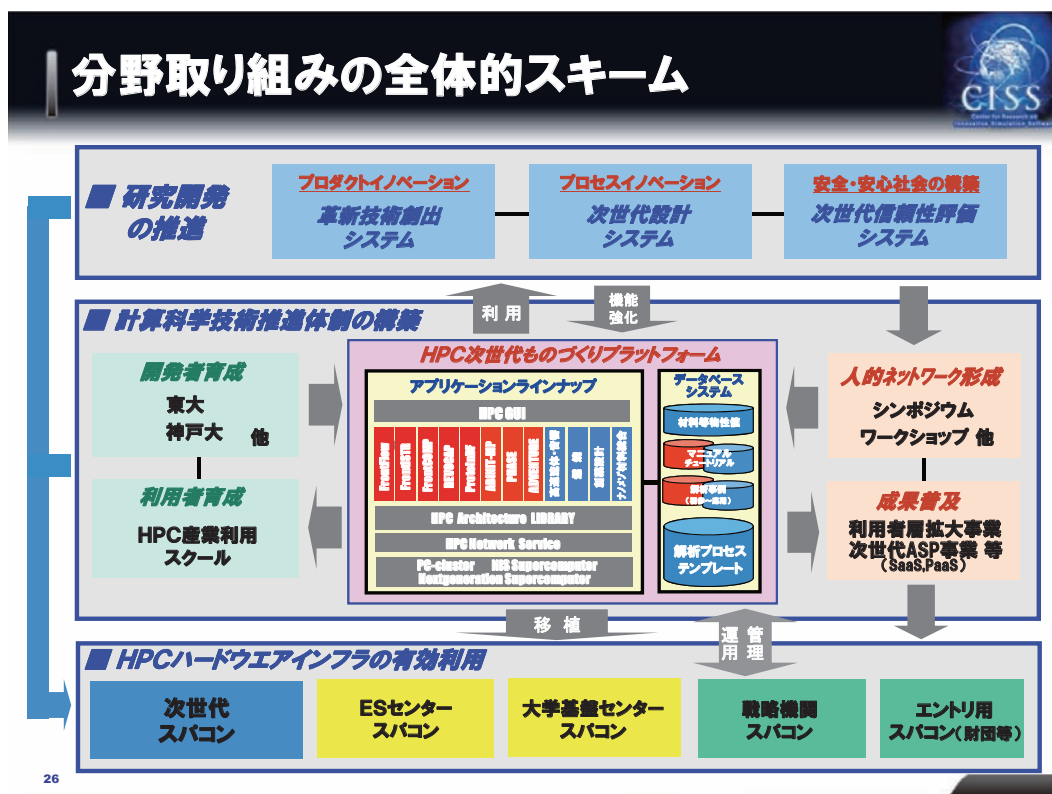
- 当該分野をリードする最先端の研究開発を推進し、ブレークスルー成果を創出するとともに(研究開発課題の推進)、計算機の効率的利用、HPC利用の普及、人材育成も含めた普及活動を展開(計算科学技術推進体制の構築)

■ 開発期間と研究計画

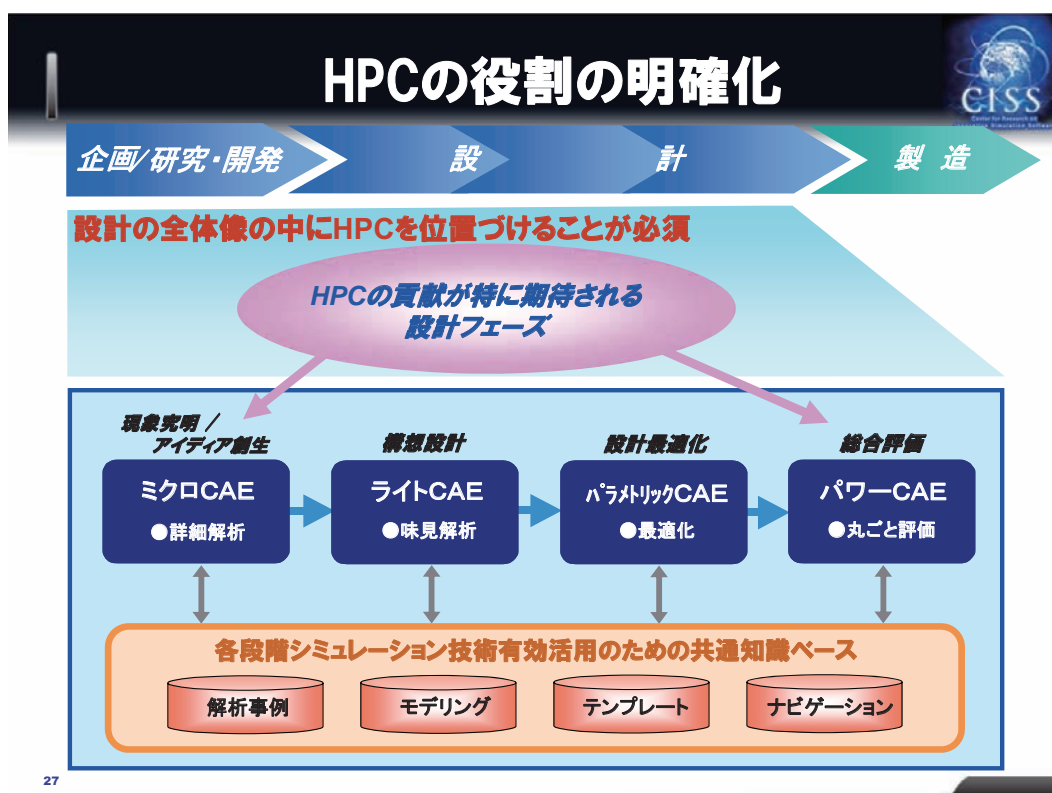
- 平成21年1月～平成28年3月(6年3ヶ月)
- 平成21年度:FS実施期間
- 平成22年度:準備研究期間
- 平成23年度～平成27年度:本格実施期間

■ 予算規模と体制

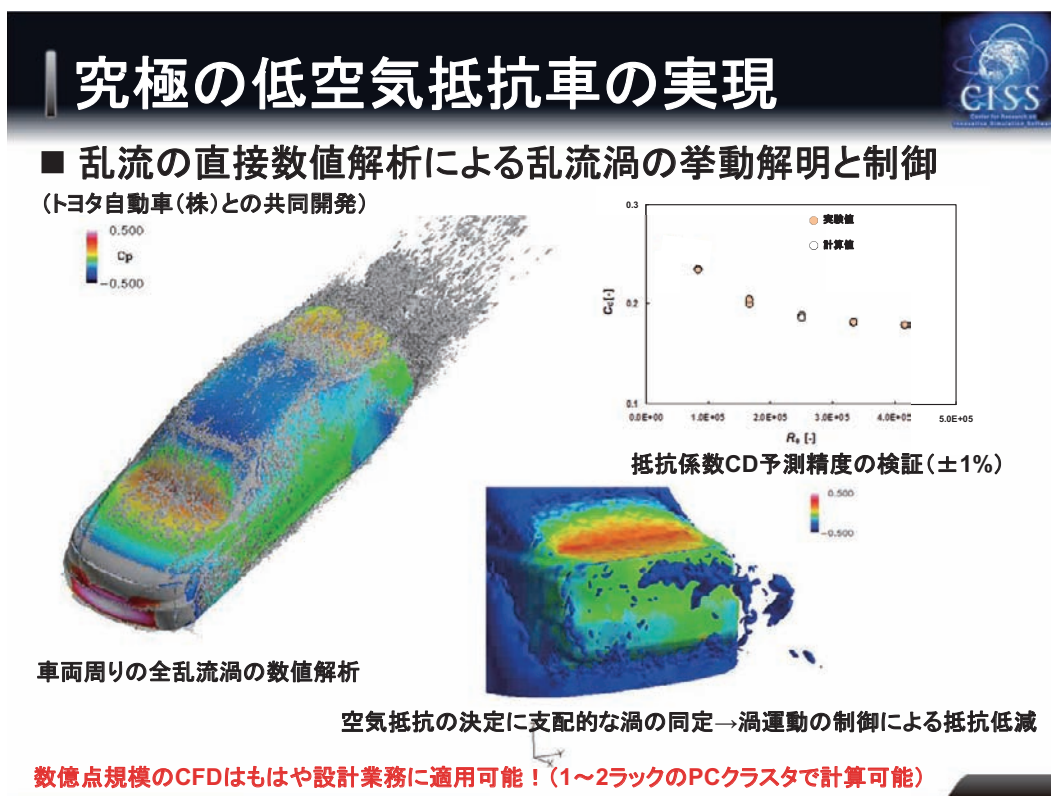
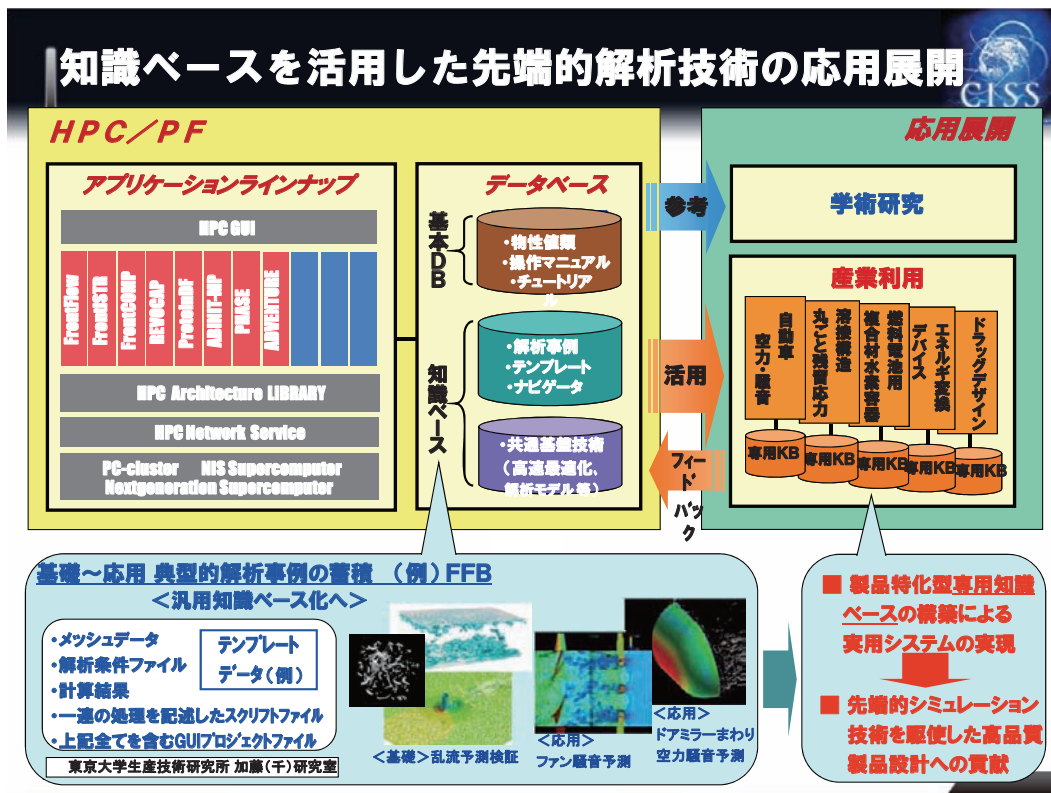
- 年間予算:約5億円、総額約30億円

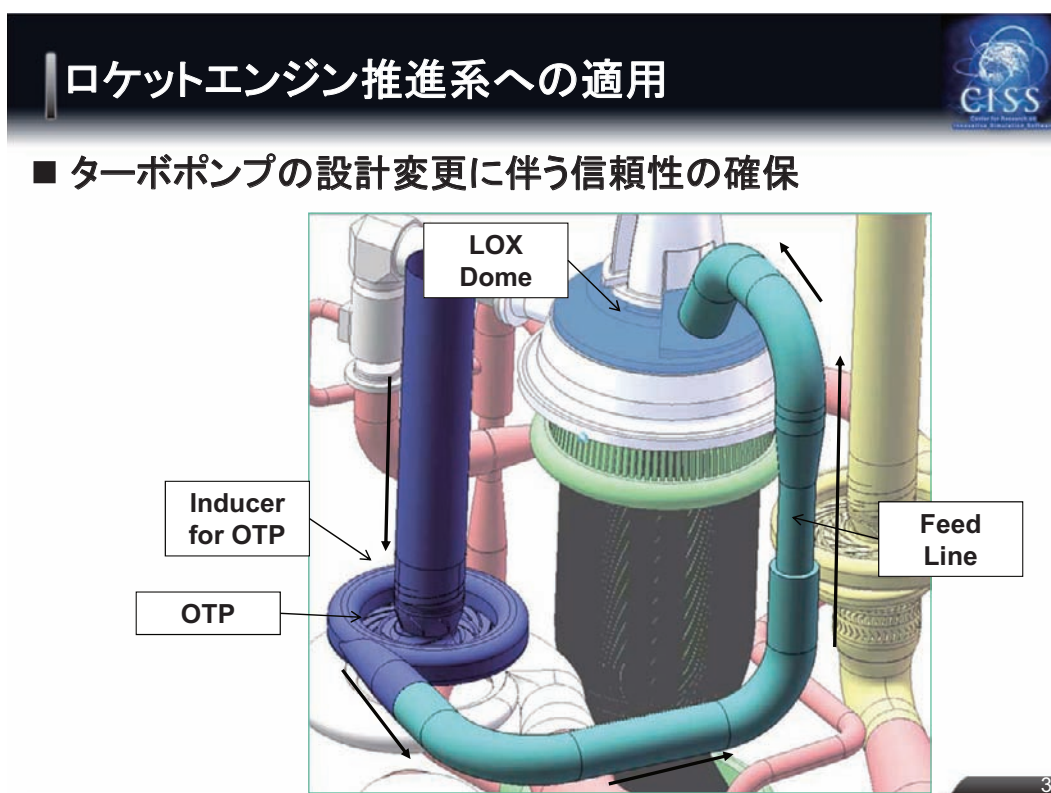
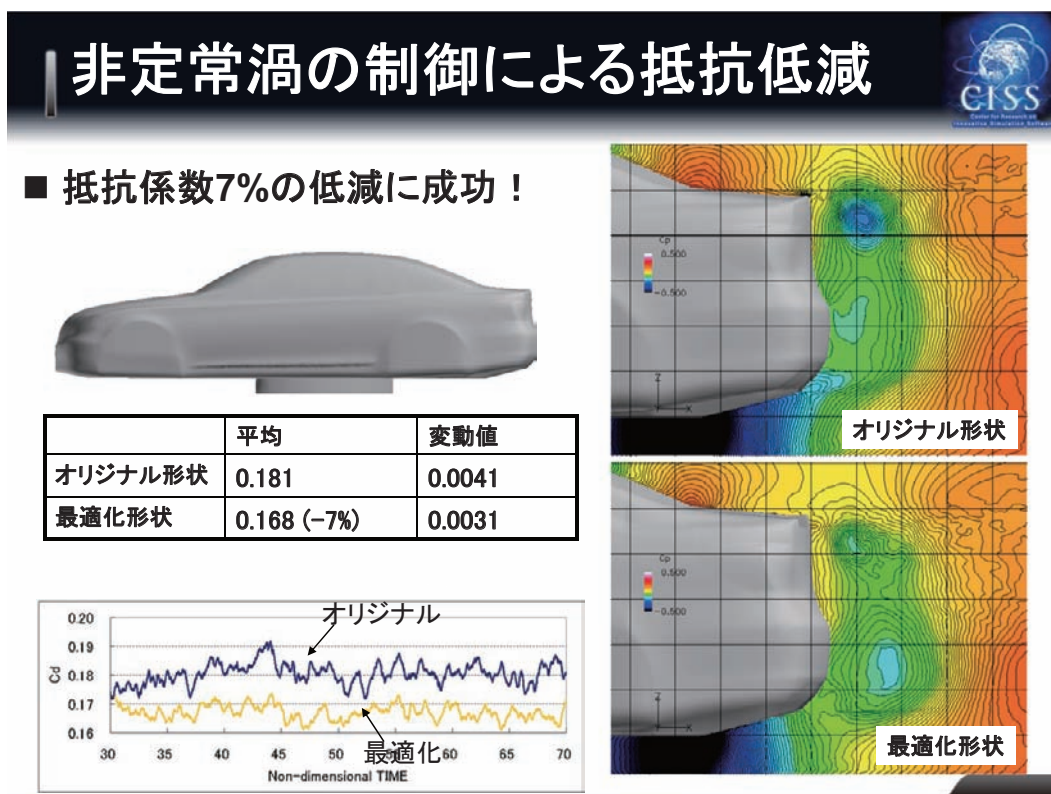


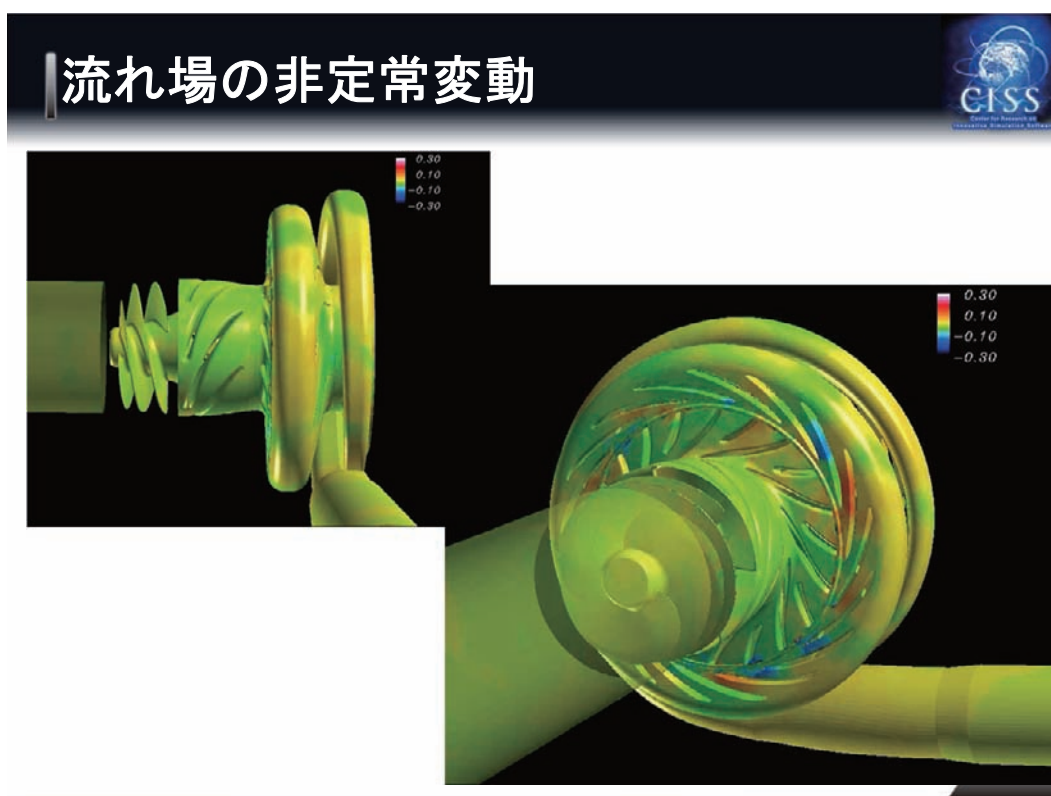
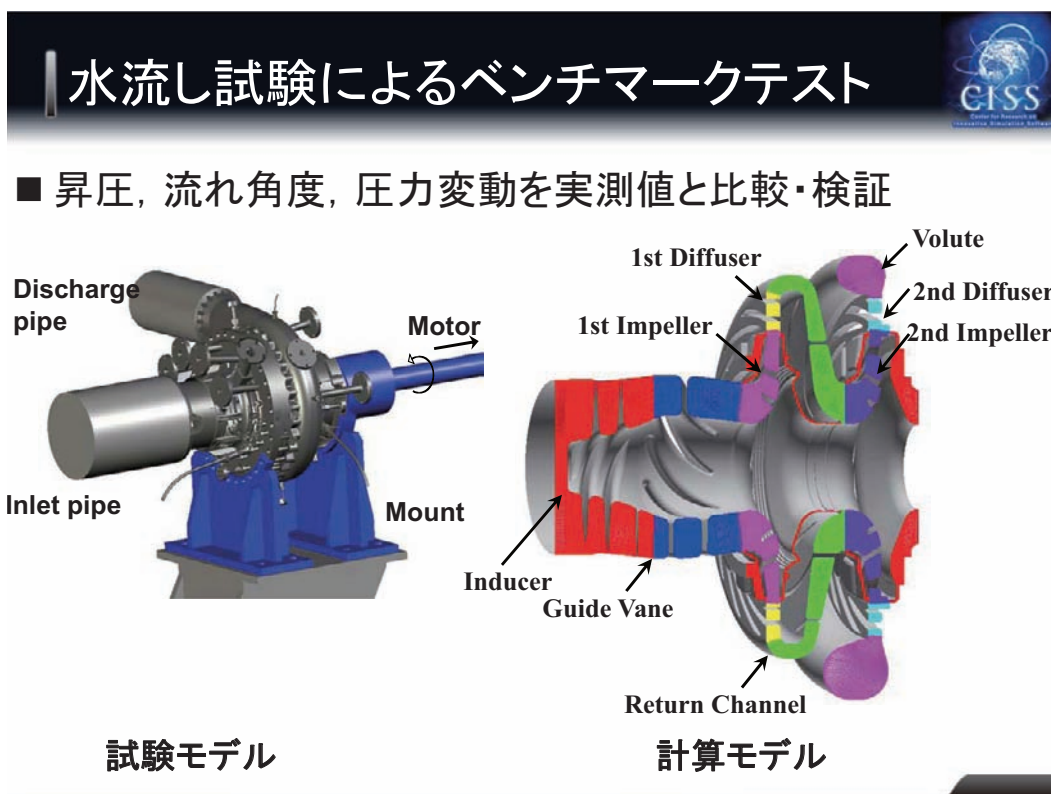
26



27



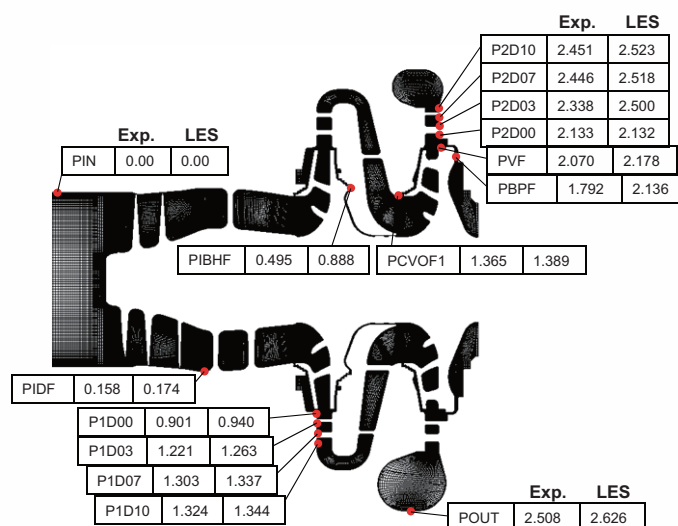




昇圧レベルの実測値との比較



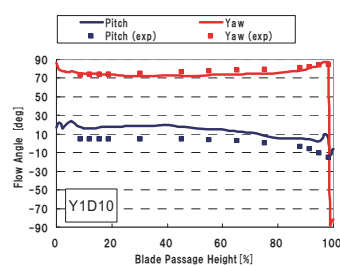
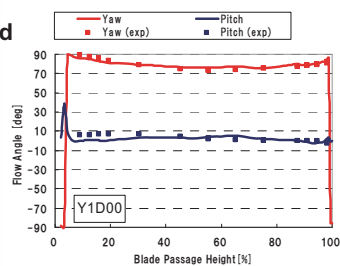
■ メイン流路の昇圧は5%以内の誤差で実測値と一致



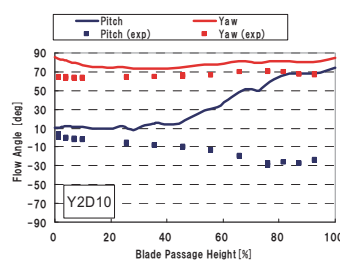
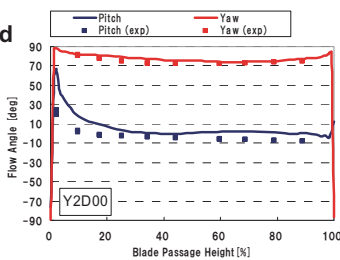
ディフューザ内の流れ角度の実測値との比較



flow angle@0% & 100% chord length of 1st diffuser



flow angle@0% & 100% chord length of 2nd diffuser

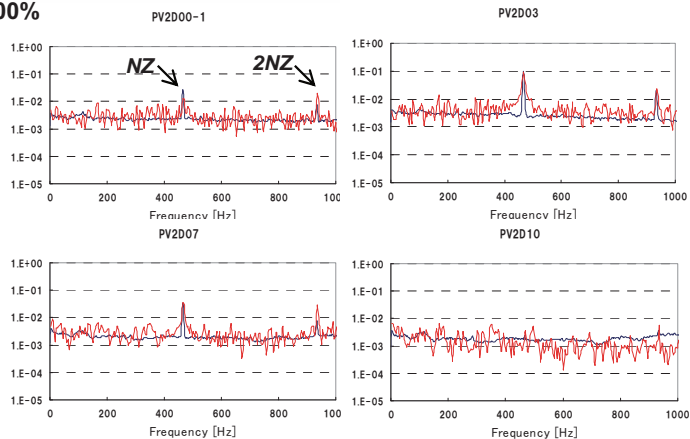


■ 流れ角度が急激に変化するところ以外では実測値と良く一致

ディフューザ内の圧力変動の実測値との比較



Pressure fluctuation@0% to 100%
chord length of 2nd diffuser



- Frequency spectra gives good agreement with experimental results
- Strong signals are observed at NZ and 2NZ
- Fluctuation is strongest at 30% chord-wise length
- Gradually decreases which is also captured by our LES results

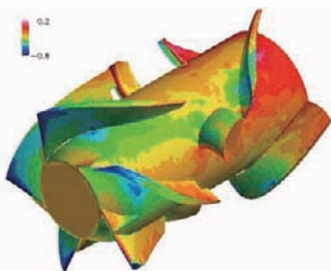


超低騒音ファンの開発

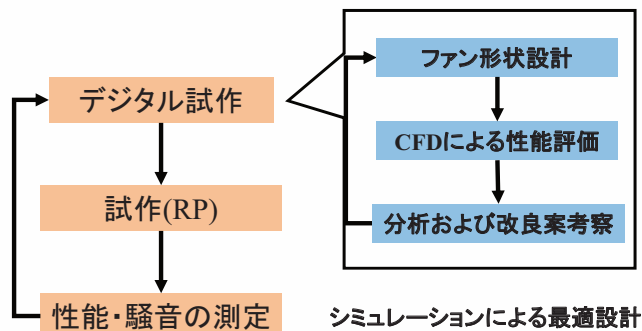


■ 背景と目標

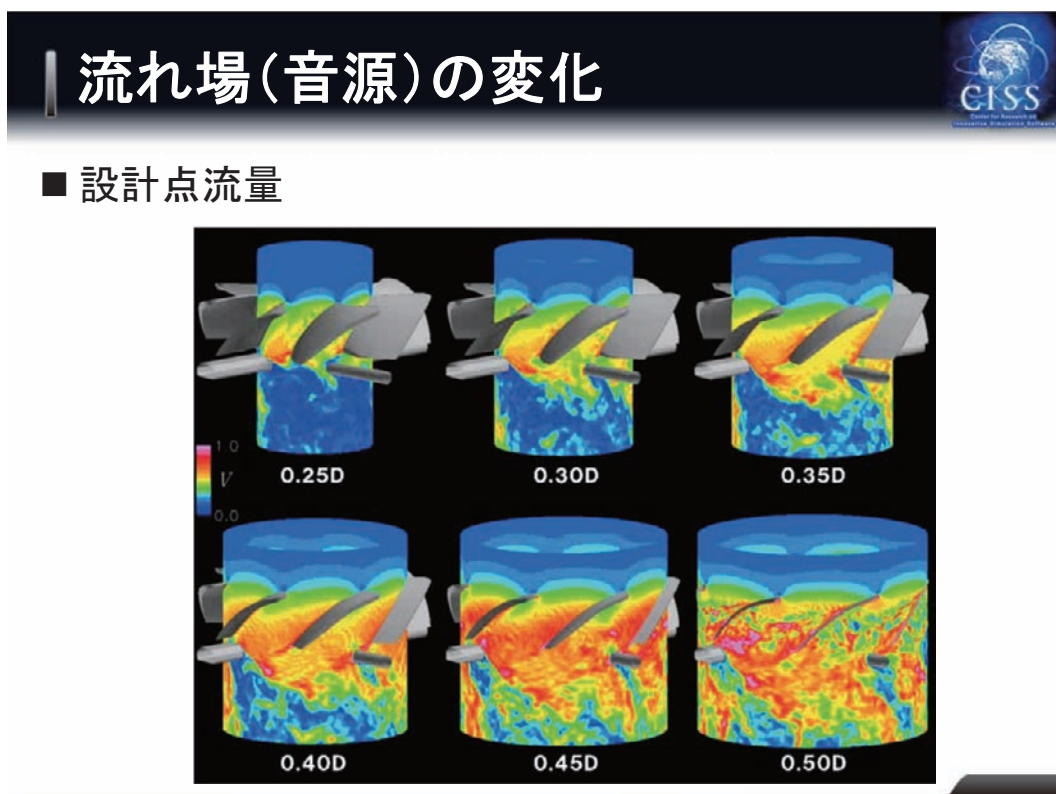
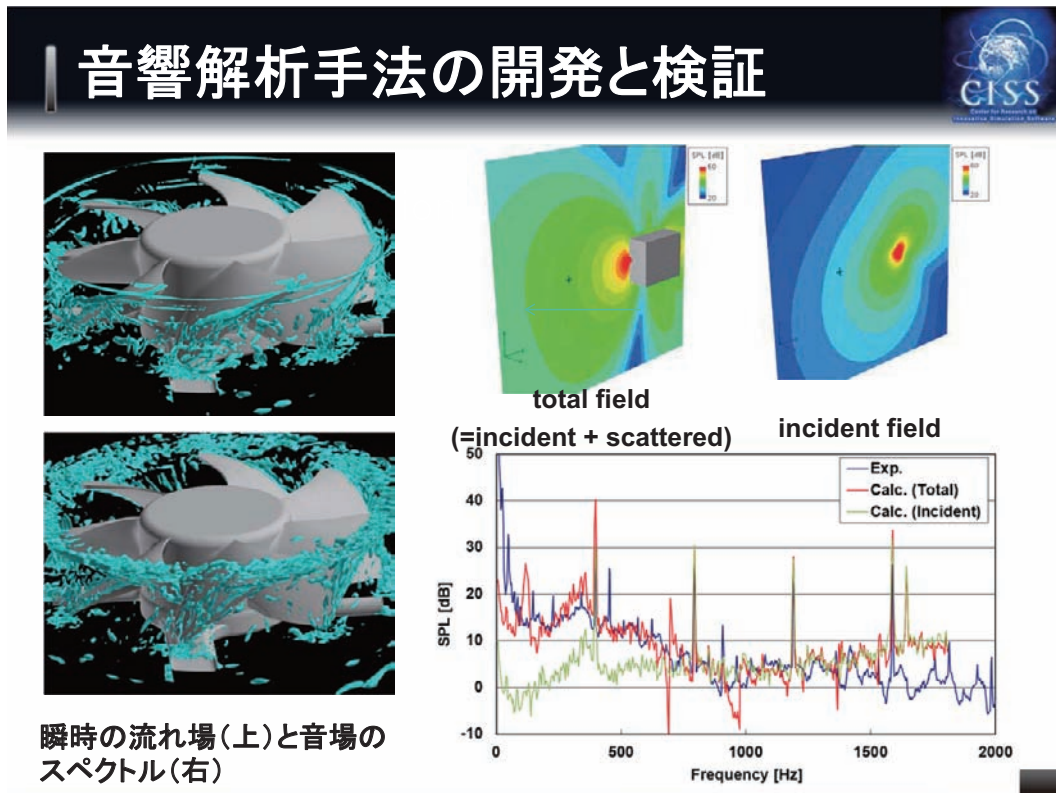
- サーバ空冷用の小型化・高回転数化に伴いファン騒音問題が顕在化
- 従来の設計では低騒音化は限界
- シミュレーションによる最適設計により、6dBの低騒音化を実現(目標)



ファン表面圧力のシミュレーション結果



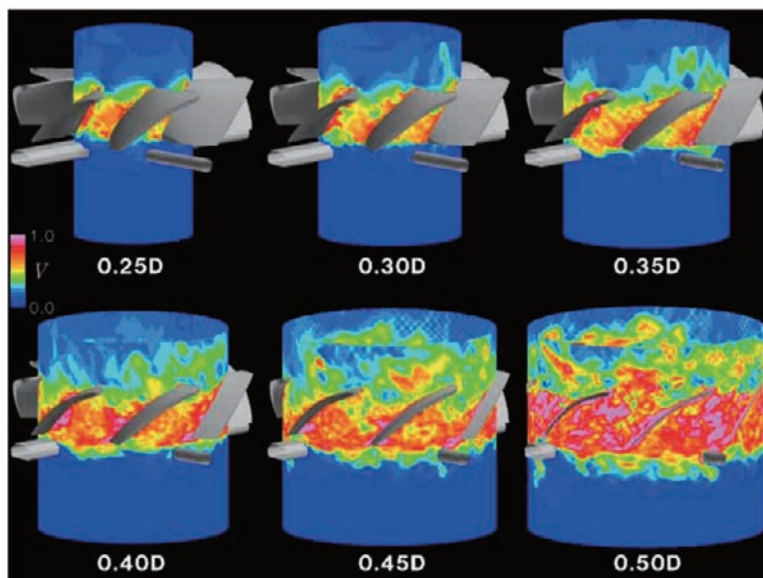
富士通アドバンステクノロジー(株)、山洋電気(株)との共同開発



流れ場(音源)の変化(続き)



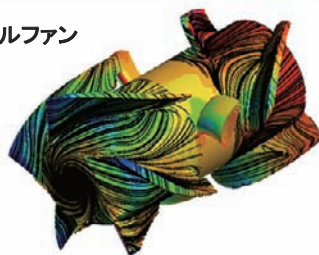
■ 部分流量



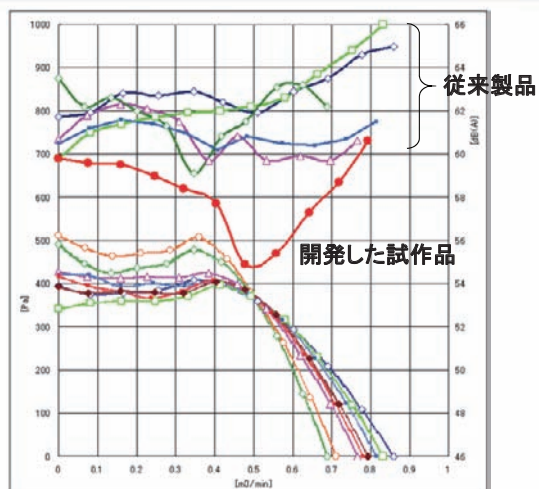
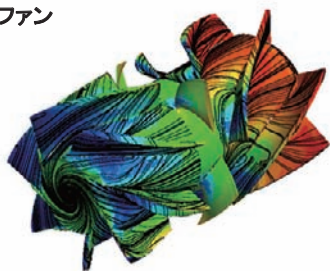
最適化ファンの試作結果



オリジナルファン

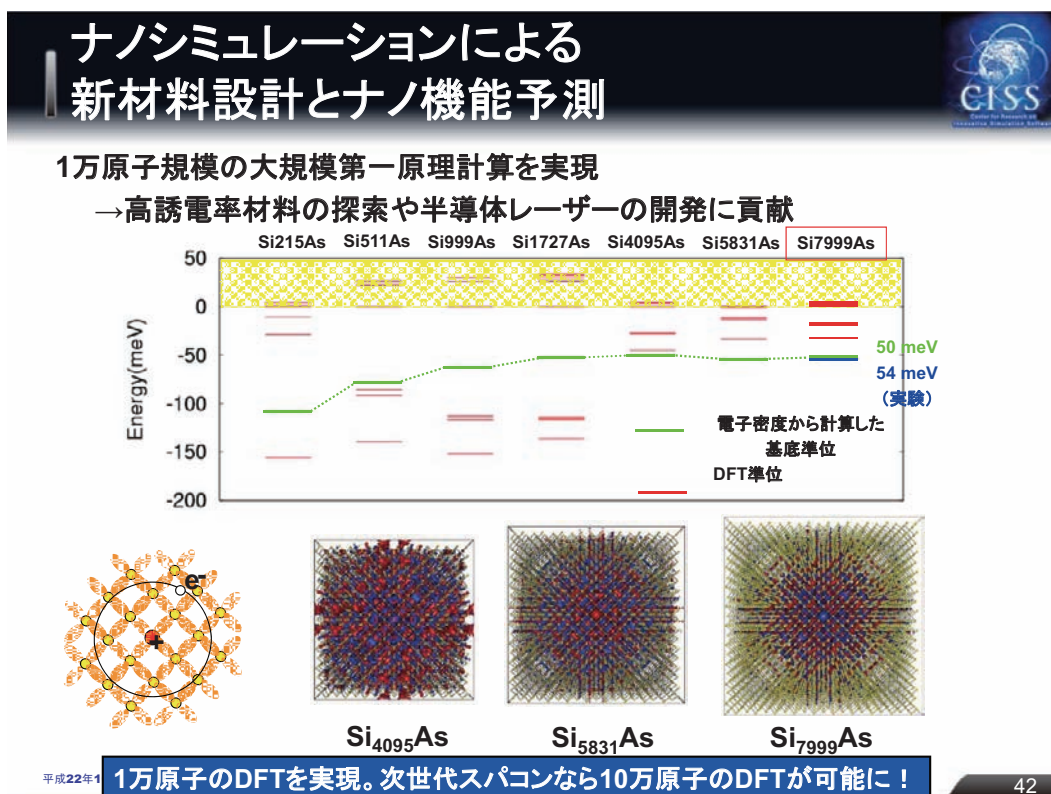


最適化ファン

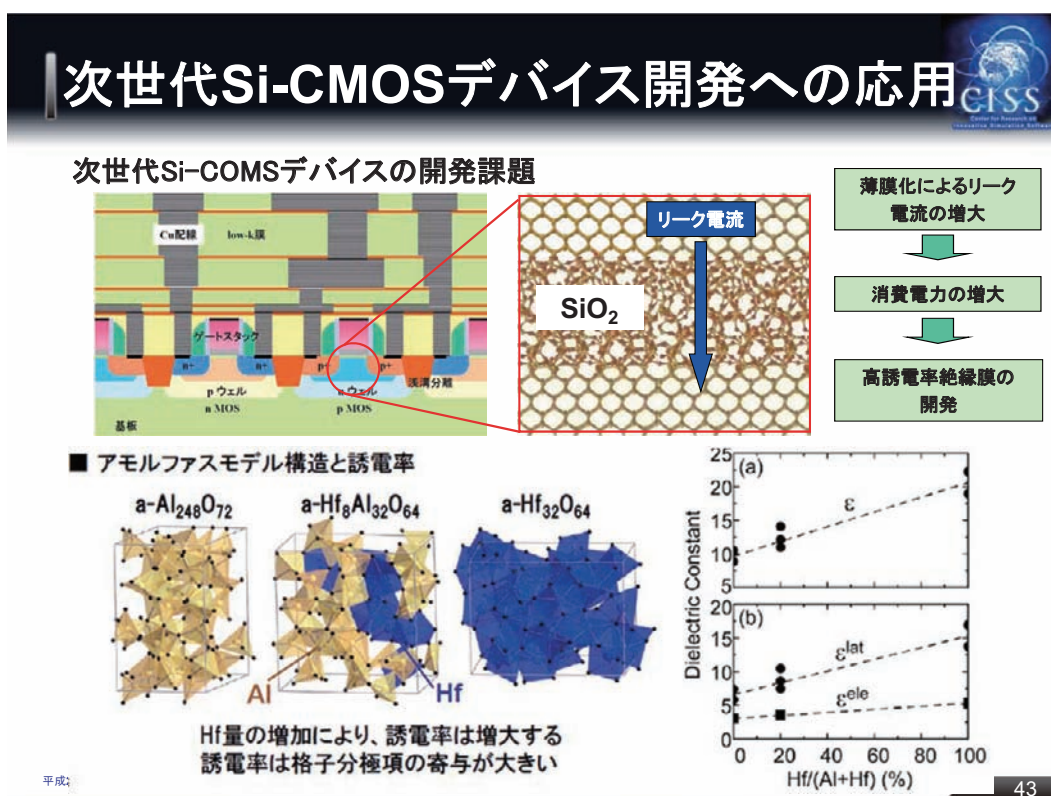


風圧と騒音の試験結果

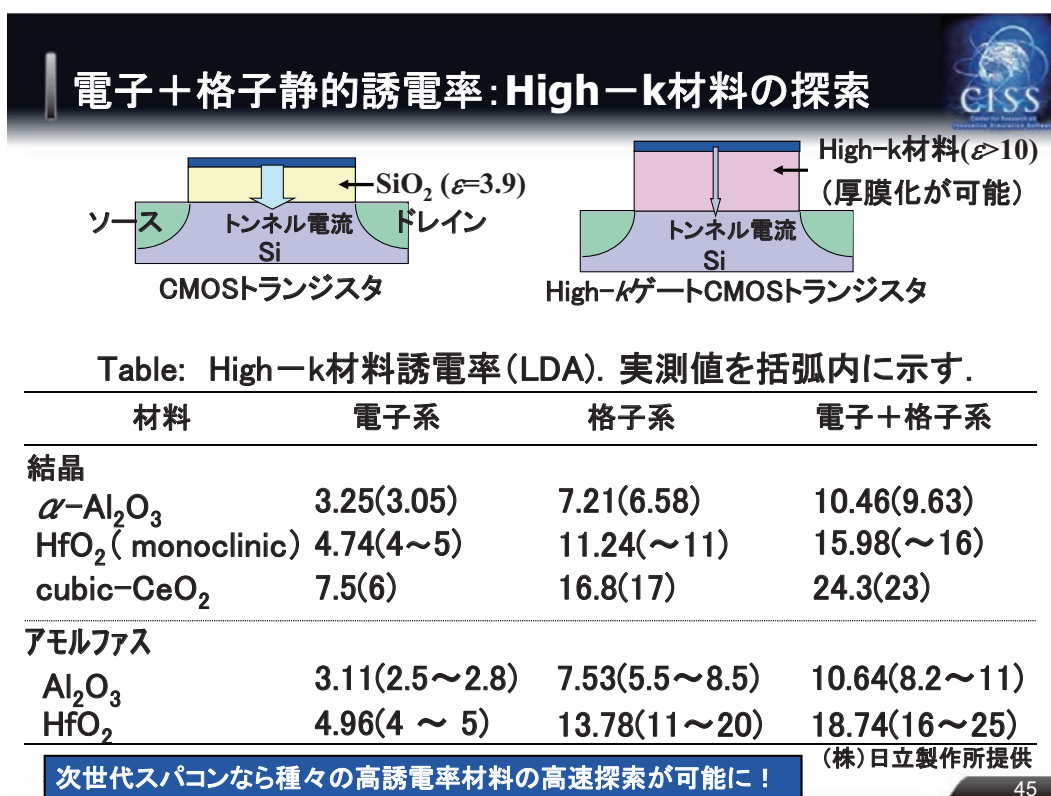
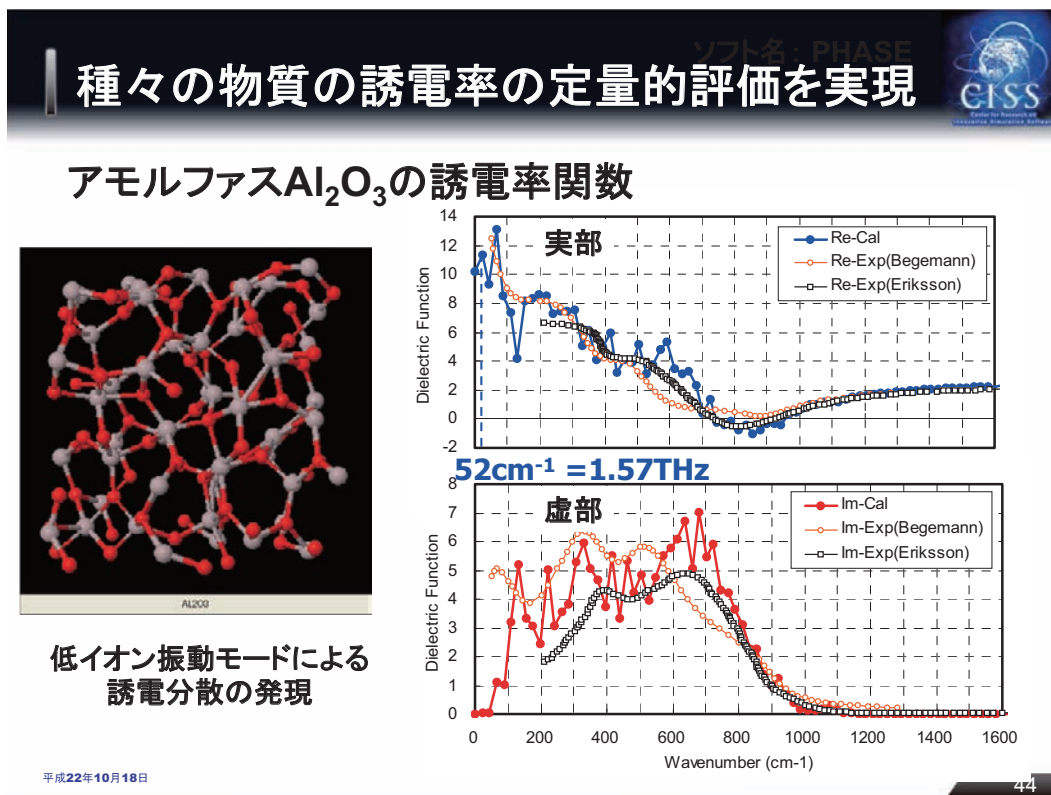
風圧(ファンの性能)を維持し、6dBの低騒音化に達成。特許出願済み

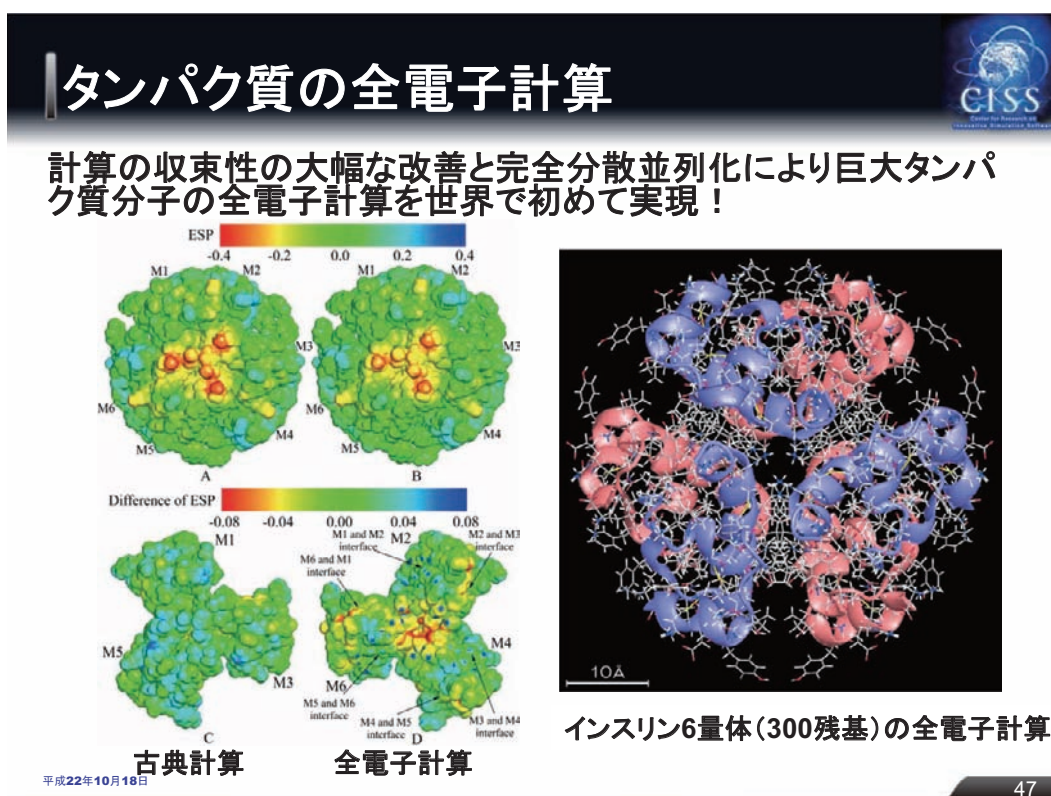
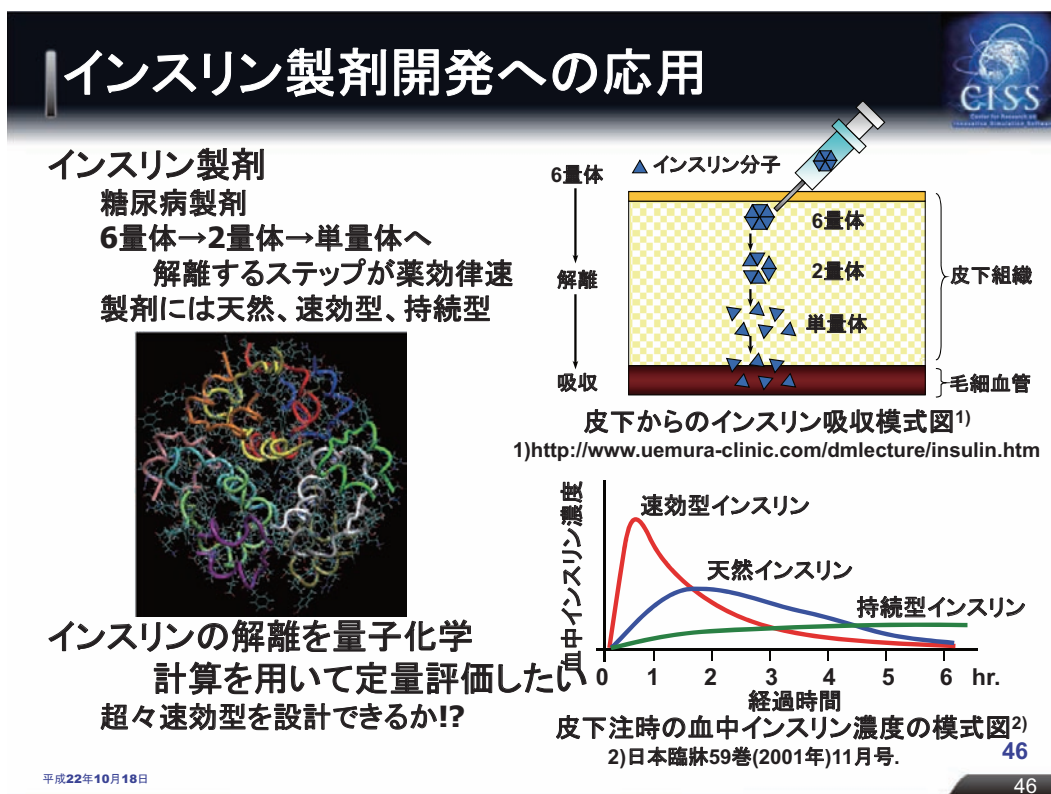


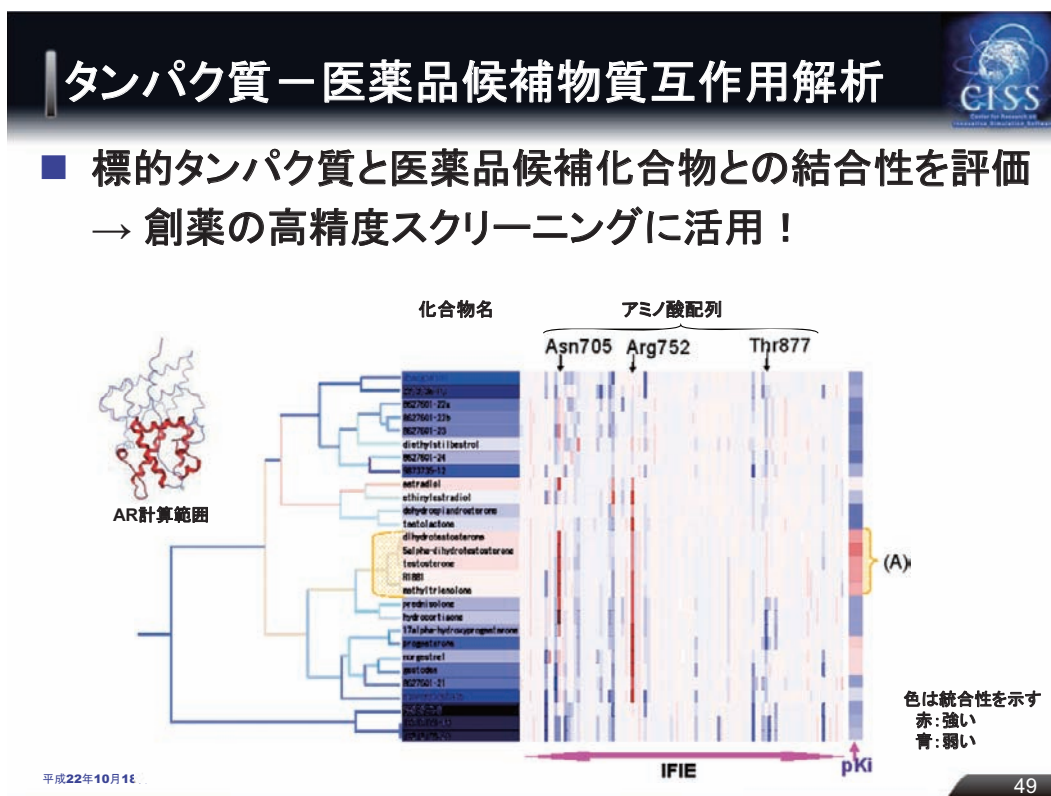
42



43








産・学・官に期待される今後の 役割

ビジョンを実現するための技術革新(1) ものづくり

学に期待される役割




- マルチ・スケール, マルチ・フィジクスモデルの高度化
 - 流れ場は微小スケール(数10 μ ~1mm)まで解析可能に
 - 化学反応, 燃焼, 相変化は分子スケールの現象
 - 分子スケールで流れ場を計算することは不可能

- 次々世代の基盤的アルゴリズム開発
 - Exa-scaleのスーパーコンピュータはbillion threads (10⁹)並列計算, 最大メモリーバンド幅B/F=0.1
 - 通常の流れ解析アルゴリズムの適用は絶望的?
 - 流体を二体問題として定式化した方が有利に

- 人材育成
 - 基盤コードの研究開発は学のミッション
 - 設計適用するためにはコードの改変・組み込みが必須
 - 先端的シミュレーションを駆使して設計を変えられる人材

ビジョンを実現するための技術革新(1) ものづくり

産に期待される役割



- 次世代のものづくりの変革
 - スーパーコンピュータを高度に利用した設計システムの将来ビジョンの提示
 - ビジョンを実現するための課題の明確化
 - 課題解決のための産学の役割分担の明確化

- 先端的シミュレーションを活用した成功事例の創出
 - 成功事例何時までも出なければこの分野はやがて廃れてしまう。

独立行政法人研究機関(JAMSTEC)に期待される役割



■大規模計算の実証環境の構築・提供

- スーパーコンピュータ運用拠点としての実績と経験

■多様な産業分野の融合研究拠点

- 共通基盤的な高速計算アルゴリズムの研究開発と横展開

■産業界のインハウス・ソフトウェアの最適化支援

- 豊富な経験と実績を生かした、産業界のHPC利用支援