

HPCI戦略プログラム

分野4

次世代ものづくり

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
統括責任者 加藤千幸



戰略目標

● 戦略目標・背景・概要

「21世紀のものづくりを抜本的に変革する計算科学技術の戦略的推進」

[ものづくりの現況と課題]

- ・持続可能な経済成長、安心・安全社会の実現、地球環境改善などが重要・喫緊の国策となっており、我が国のリーダーシップ発揮への期待が増大。
- ・上記に呼応して、ものづくり産業の国際競争力強化は必須の課題。今後、得意技である高品質に加えて社会ニーズを反映した高付加価値の創出・提供が益々重要(2013ものづくり白書)。
- ・そのためには、特にものづくりの上流工程(企画・開発・設計等)の役割が一層大きくなり、その質とスピードの抜本的改革が必要。

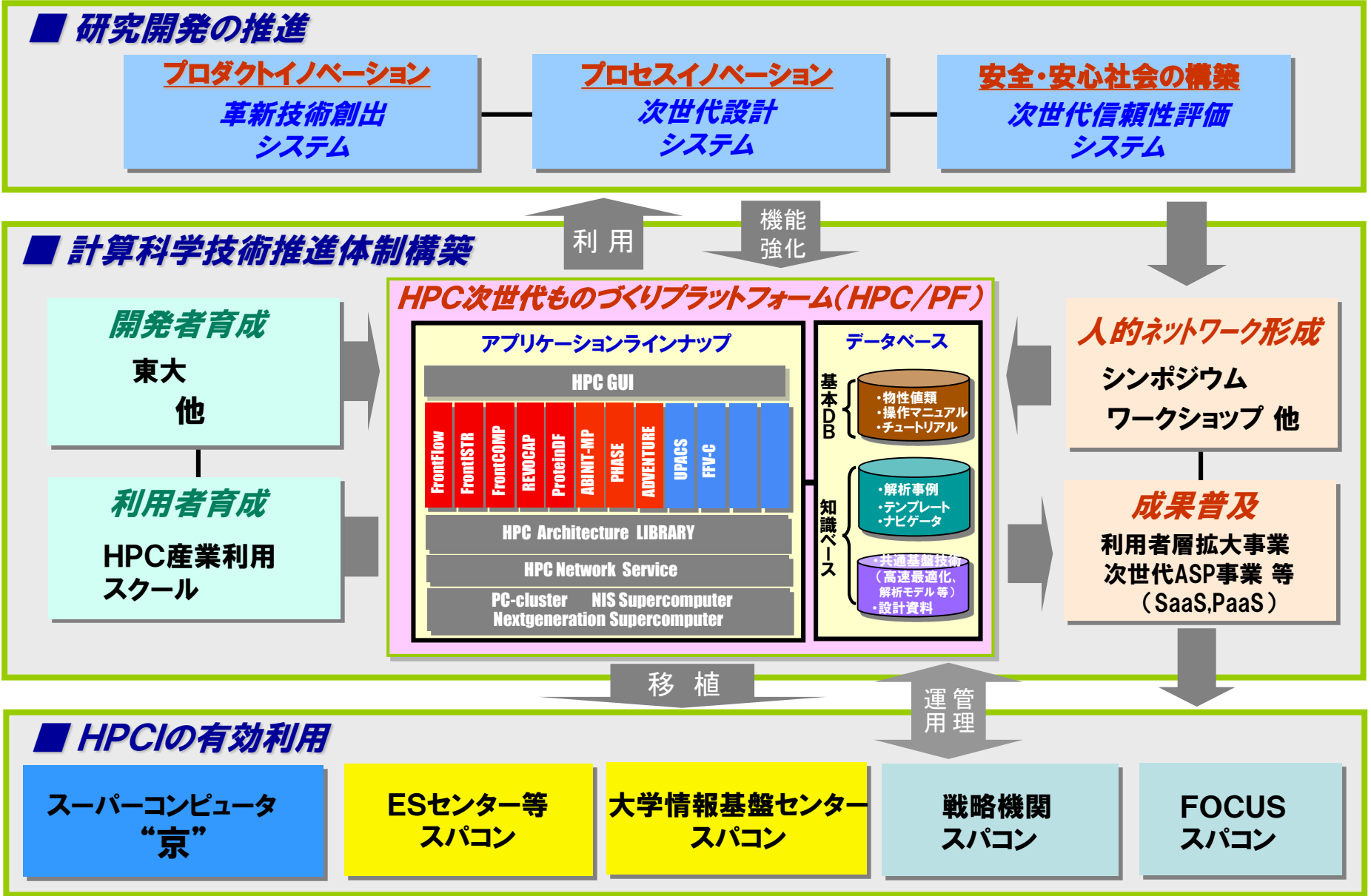
[計算科学技術の役割]

- ・ものづくり上流工程の強化(フロントローディング)に対して計算科学シミュレーションが最も重要な手段であることはすでに実証済で、産業界においても多くの利活用実績を有する。

・今後の課題:

- <ものづくり> 社会ニーズに即した高品質・高付加価値の創出・提供を世界に先駆けて実現。
- <計算科学> 上記を達成するには、イノベーションの芽の発掘と効果の正確な見究め、膨大な設計変数の組み合わせからの最適製品構造の究明、試作不能大規模製品のシミュレーションによる試験代替等が必要。
これらを現実的な時間内で実施することは、「京」レベルの性能を有する計算機資源を駆使して始めて可能になる。

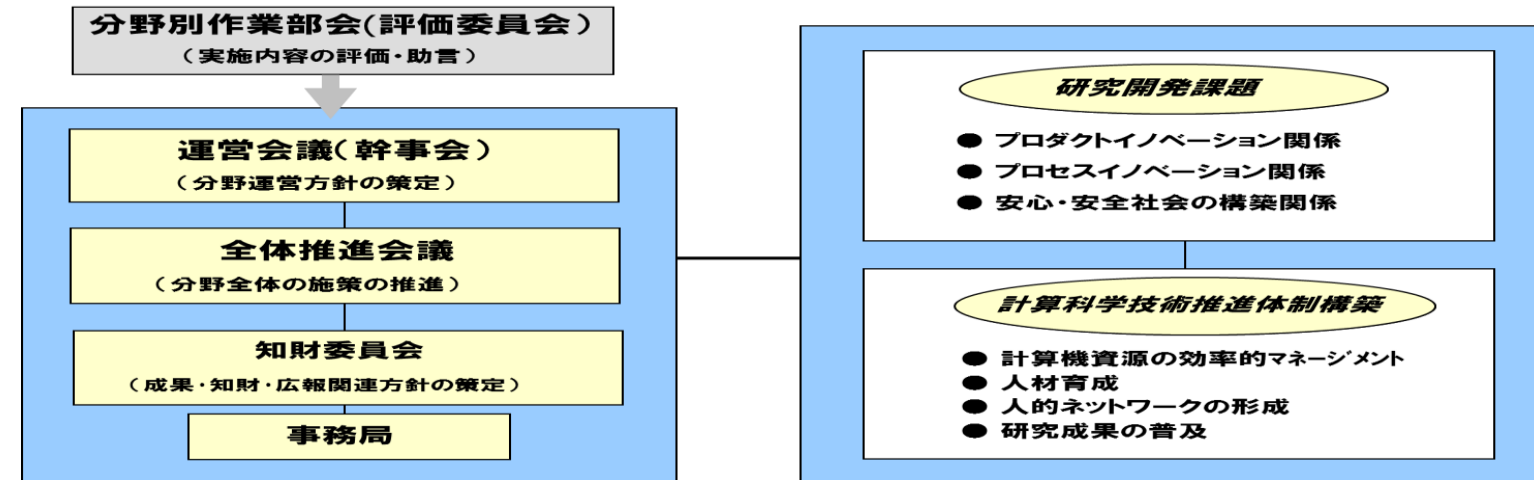
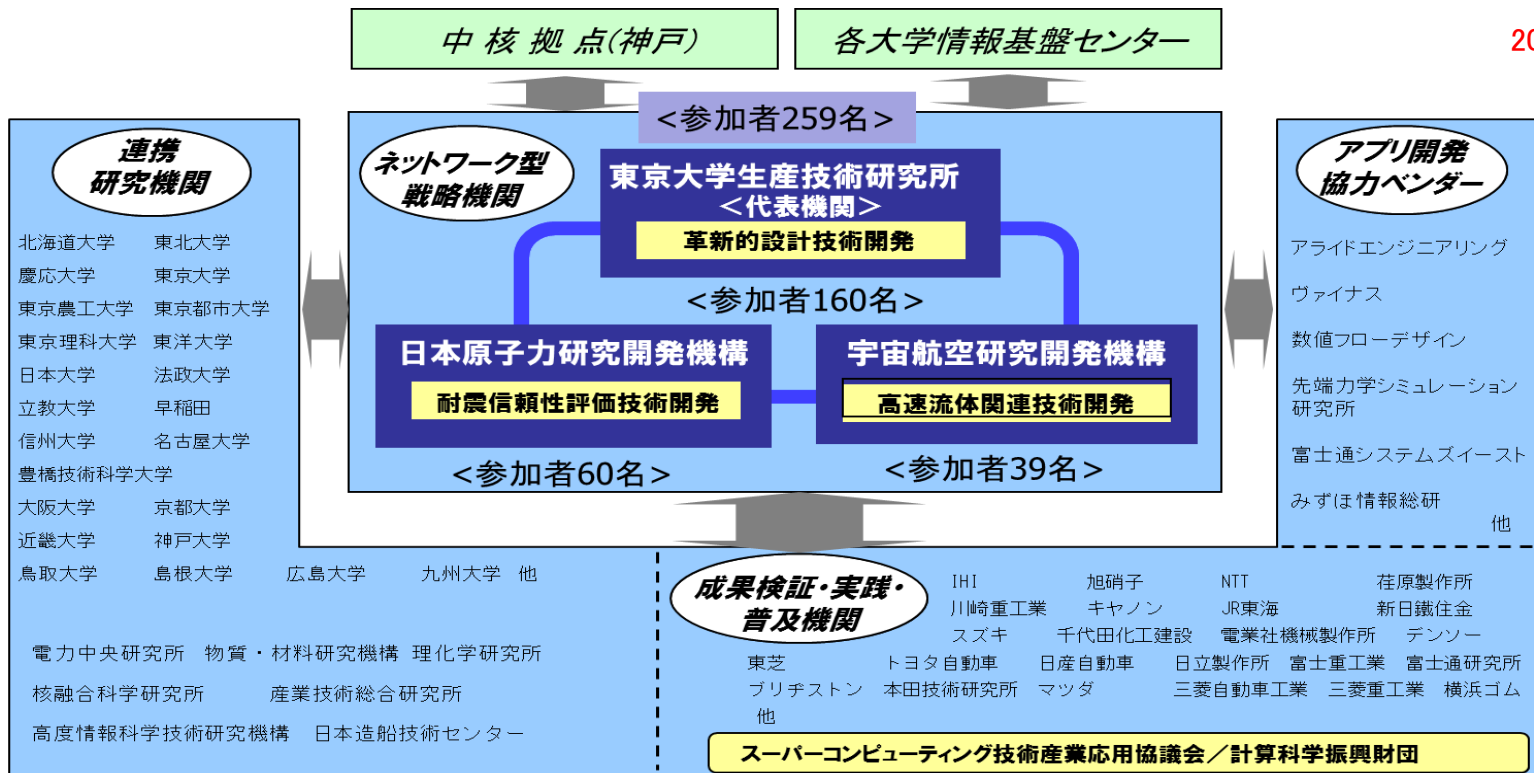
「次世代ものづくり分野」の概要



推進体制

推進体制(運営・推進組織)

2016年2月1日現在



研究開発課題の概要

研究開発課題概要

【Ⅰ】	社会基盤・民生機器の抜本的効率化・小型化・静音化を実現する革新技術創出支援システムの研究開発
プロダクト イノベーション	<p>① 輸送機器・流体機器の流体制御による革新的効率化・低騒音化の研究開発 「京」クラスのスーパーコンピュータを用い、「動的適応型空力設計」概念を実証し、輸送機器・流体機器の効率化と低騒音化に向けた実利用への道を示すことで、計算科学による流体力学設計の限界突破の可能性を示す。</p> <p>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 カーボン系エレクトロニクス、SiCパワーデバイス等の半導体デバイスで要求される非シリコン系材料に対して、高精度・大規模解析を実施し、ナノ構造プロセス・ナノ界面特性を理解し、その最適化指針を構築することを目指す。</p>
【Ⅱ】	未来社会へ向けた価値の創造・製品化プロセスを抜本的に加速する次世代設計システムの研究開発
プロセス イノベーション	<p>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 ものづくり技術を革新し、付加価値が高く競争力のある工業製品を開発するために、実験に依存している設計プロセスを「京」をはじめとする大規模計算資源を活用し、製品試作数の低減、コスト低減、期間短縮を目指す。</p> <p>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 ものづくりにおける製品の品質向上および設計開発期間の短縮のため、多数の設計目的を持つ設計問題や性能評価に大きな計算コストがかかる設計問題に適用可能な多目的設計探査手法の開発と実問題での実証。</p>
【Ⅲ】	大規模プラントの信頼性を抜本的に向上させる次世代安全性・健全性評価システムの研究開発
安心・安全 社会の構築	<p>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 プラント全体での俯瞰的な耐震裕度評価、各部ごとの詳細な評価を可能とする(信頼性を抜本的に向上させる次世代安全性・健全性評価システム)。</p>

研究開発課題成果

実施計画と最終目標

課題		前半(H23～H25上)	後半(H25下～H27)	達成目標
イノベーション プロダクト	課題1	1. 大規模流体解析ソフトウェアの整備 2. 流体制御メカニズムの解明 3. 実用問題への適用		・マイクロデバイスによる流体制御を新たな流体機器設計の概念として提案、その有効性を数値シミュレーションによって実証することで流体制御技術として確立し、その実用化に向けた道を示す。
	課題2	1. ソフトウェアの整備・評価 2. ナノ構造プロセス・ナノ界面特性の探索	3. 重要因子抽出・影響評価	・非シリコン系新規材料の次世代ナノデバイス応用への計算科学的評価とナノ界面構造・形成プロセスの最適化指針を構築する。 ・ナノ材料探索に関する知識基盤を構築し産業界が使える形で提供する。
イノベーション プロセス	課題3	1. アプリの整備・チューニング (FFB、FFR、FFVC、UPACS等) 2. 実機を対象とした対象計算 (車、ターボ機械、船舶、燃焼器) 3. 実用化の検討		・ものづくり分野(自動車、ターボ機械、船舶、燃焼・ガス化装置、高速車両等)を対象にして、乱流の直接シミュレーションに基づいて熱流体設計を抜本的に変革できることを実証する。
	課題4	1. 多目的探査ソフトウェアの整備・評価 2. JAXA/分野4課題での実証 3. 企業が抱える問題での実証		・大規模設計最適化問題のための多目的設計探査手法を開発し、JAXAや分野4他課題、企業が抱える問題に適用してその有効性を実証する。
安心・安全 社会の構築	課題5	1. 詳細かつ一体的な耐震シミュレーション技術の研究開発 2. 開発技術の機能確認・検証用データ作成 3. 具体的事例適用準備	機能確認 機能検証 データ作成 具体的事例での実証	強固な産学官連携体制の下、大型プラントのものづくりで必要とされる、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(丸ごとシミュレーション技術)を研究開発し、開発した技術の機能確認と動作検証及び具体事例での適用実証を行う。

目標達成状況

研究開発課題	研究項目	達成状況
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	(1-1) 大規模流体解析ソフトウェアの整備に関する研究	○着実に達成
	(1-2) 流体制御メカニズムの解明に関する研究	○ ◎大幅に達成
	(1-3) 実用問題への適用に関する研究	○着実に達成
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	(2-1) グラフェン創成プロセスに関する研究	○着実に達成
	(2-2) グラフェン伝導特性に関する研究	○着実に達成
	(2-3) SiCワイドギャップ半導体に関する研究	○ ◎大幅に達成
	(2-4) 解析ソフトウェアに関する研究	○着実に達成
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	(3-1) 自動車用次世代空力設計システム	○着実に達成
	(3-2) ターボ機械用次世代設計システム	○着実に達成
	(3-3) 船体に関する研究	○ ◎大幅に達成
	(3-4) 次世代燃焼・ガス化設計システム	○着実に達成
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	(4-1) 多目的設計探査のアルゴリズム・ソフトウェアの開発	○着実に達成
	(4-2) JAXA問題での実証	○着実に達成
	(4-3) 分野4 他課題の設計問題での実証	○着実に達成
	(4-4) 企業の設計問題での実証	○ ◎大幅に達成
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	(5-1) 大規模プラントの高精度評価システムの研究開発	○着実に達成
	(5-2) 構造解析ソフトウェアの研究開発	○着実に達成
	(5-3) プロダクションランと結果の分析	○ ◎大幅に達成

研究開発課題1 (プロダクトイノベーション)

「輸送機器・流体機器の流体制御による革新的高効率化・低騒音化の研究開発

【達成目標】

マイクロデバイスによる流体制御を「新たな流体機器設計の概念」として提案, その有効性を数値シミュレーションによって実証することで流体制御技術として確立し, その実用化に向けた道を示す。

【主要な成果】

➤ マイクロデバイスによる流体制御の有効性を実証

大規模剥離流れ制御の鍵となる3つのメカニズムを明らかにし, 世界で初めて流れ条件に応じたデバイスの利用方法に明確な指針を与えた。これにより, 小型スケールにおいて失速時の翼性能を5倍以上, 大型スケールでも2倍程度に高めることに成功し, 小さなエネルギー投入によって大きな流れをコントロールできることを実証した。

(多数の学術論文と基調講演, 国際評価結果を参照)

➤ 成果を展開し, 産業界における実利用を促進

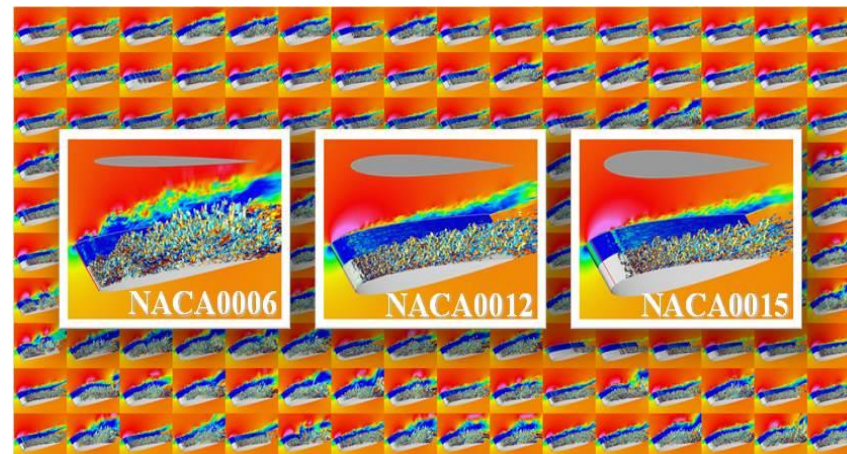
間欠駆動の有効性を実証し, 回転機器への適用によって, 小型風車で最大20%の軸トルク増, 大型風車を模擬した解析では最大約16%の揚力増が実現可能であることを示した。自動車等翼への利用可能性をし, 分岐流路の損失を抑える設置位置を明らかにした。

【成果の利活用・実用化】

- ① 研究会を発足させ, 成果を大学・産業界に情報展開
- ② 個別企業との共同研究を継続
- ③ シミュレーション結果をDB化, ウェブサイトにて公開

【独創性・優位性】

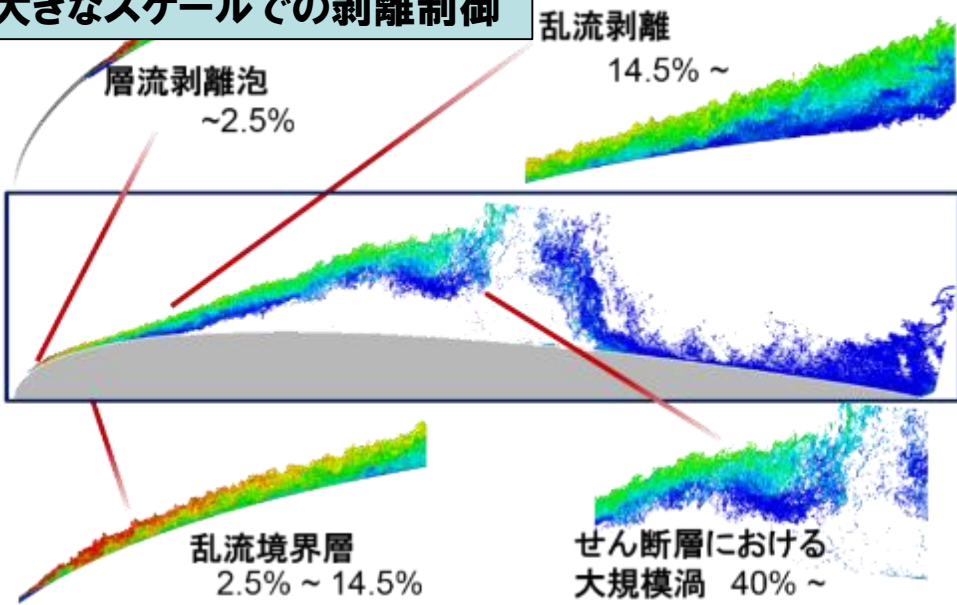
- ① 概念・初期設計段階においてもHPCを利用した高度な数値シミュレーションが必要であることを実証
- ② 実形状を対象とした圧倒的な空間高解像度手法(世界中で数カ所のみが有する技術)を利用
- ③ 京による大規模かつ多数のパラメトリックスタディによって, はじめて見えた3つのメカニズム
- ④ 流れと形状に応じた制御デバイス設定指針を世界ではじめて明示, 産業界への本デバイス適用のガイダンスとした。
- ⑤ 複数企業との共同研究(別途実施)により, 上記知見に基づいたデバイスの実利用を推進



はく離制御の京を用いた大規模パラメトリックスタディ

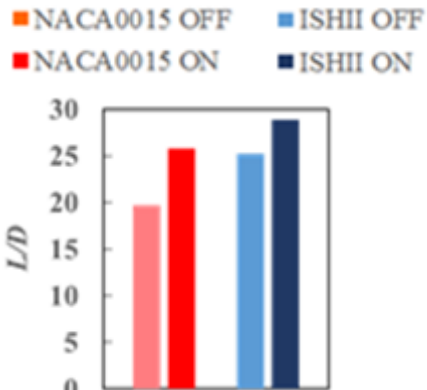
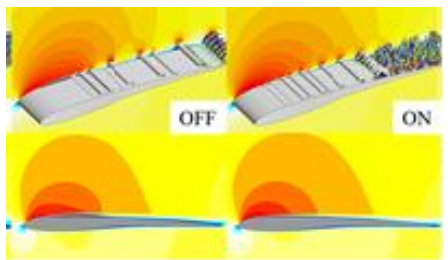
制御メカニズムの詳細な解明と実機応用例

大きなスケールでの剥離制御



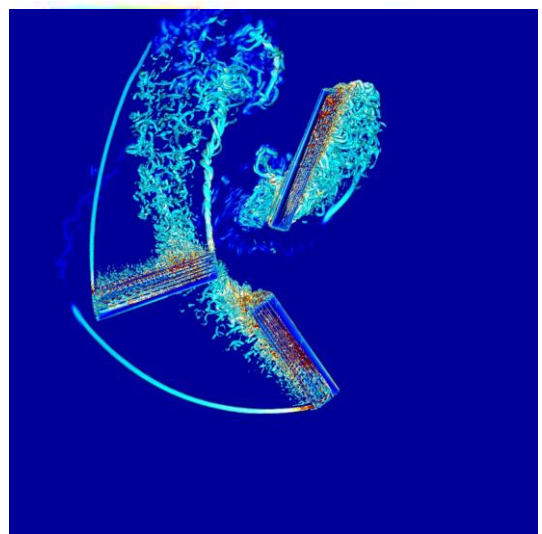
翼廻りの高レイノルズ数流れの詳細とはく離制御効果を解明、実利用へのデバイスガイダンスを提示

巡航状態での有効性を世界ではじめて明示

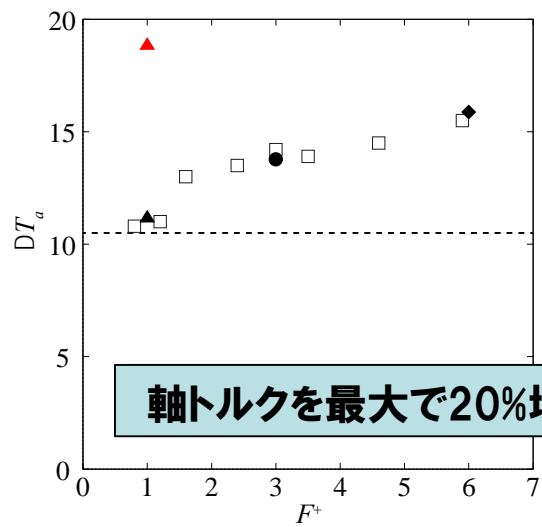


トップクラス性能と評価されるISHI翼を越える性能を”単純翼+本デバイス”で実現、ISHI翼のさらなる性能改善も

動翼先端近傍のはく離抑制



制御した動翼周りの流れ



軸トルクを最大で20%増加

制御による軸トルクの変化

小型風車(試験模型)への適用(東芝との共同研究)

研究開発課題2（プロダクトイノベーション） 「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」

【達成目標】

- 非シリコン系新規材料の次世代ナノデバイス応用への計算科学的評価とナノ界面構造・形成プロセスの最適化指針の構築
- ナノ材料探索に関する解析手法・方法論等の知識基盤の構築と産業界が使える形での提供

【主要な成果】

- **次世代ナノデバイス材料に対する大規模なダイナミクス・シミュレーションを実現し、デバイス特性向上に資するプロセス指針の提供に成功した。**

① SiC、グラフェン等の非シリコン系材料の構造・プロセスに対する実プロセス温度での広範囲な探索・解析を実施し、デバイス開発に有用な知見を獲得した。

② SiC酸化プロセスに対するダイナミクス解析により、新しい酸化膜界面構造及び酸化過程を見出し、SiCパワーデバイスの重要課題である欠陥の少ない良好な酸化膜界面を作製する指針を提供し、デバイス開発の加速に貢献した。

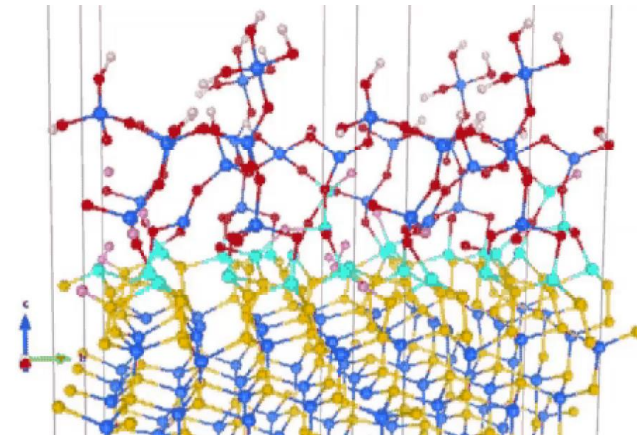
③ 第一原理電子状態計算プログラムPHASE/0の最適化を実施し、京計算機82,944ノードで2.25PFLOPSの実行性能と、82,944ノードまでの強スケーリング性を実現した。

【独創性・優位性】

- 京計算機の活用により、**実プロセス温度での解析**、従来にない**広範囲な構造・反応の探索**、等の大規模解析が可能となり、これにより現象を解明し**課題解決への指針の提供**が可能となった。

【成果の利活用・実用化】

- ものづくり現場との共同研究の実施
東芝とのSiCパワーデバイスに関する共同研究等、ものづくり現場との連携の継続と強化
- 「京」産業利用枠でのPHASE/0の利用等、HPCI環境での開発アプリの利活用の促進
- 開発アプリの公開と普及の強化



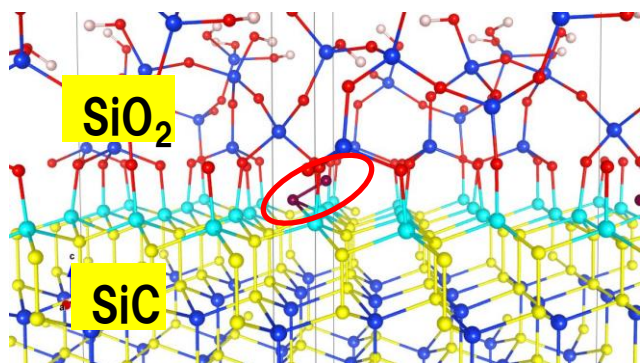
SiC酸化膜形成プロセスの実温度第一原理分子動力学法シミュレーション（東芝との共同研究）

SiC酸化膜の酸化プロセスの解析

SiC/SiO₂界面の酸化過程

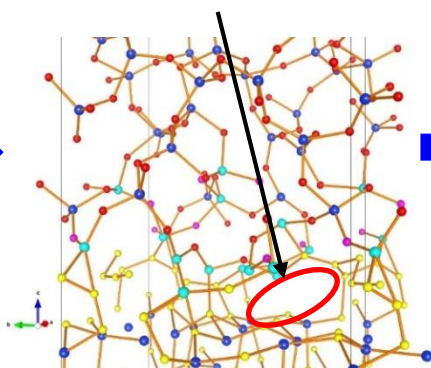
O₂分子の逐次導入によるSiC酸化のFP-MDシミュレーション

初期SiC/SiO₂界面（界面にCC結合）

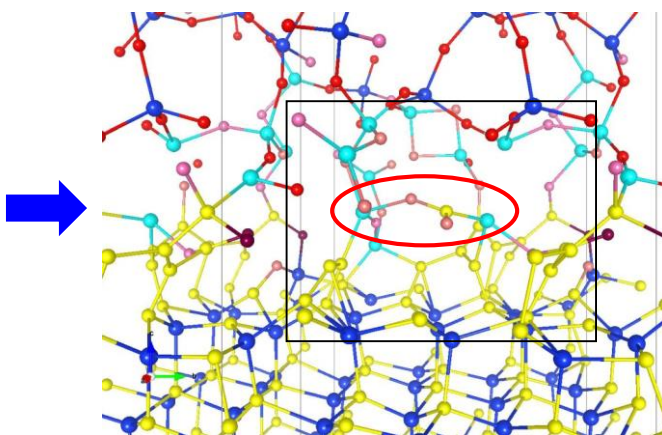
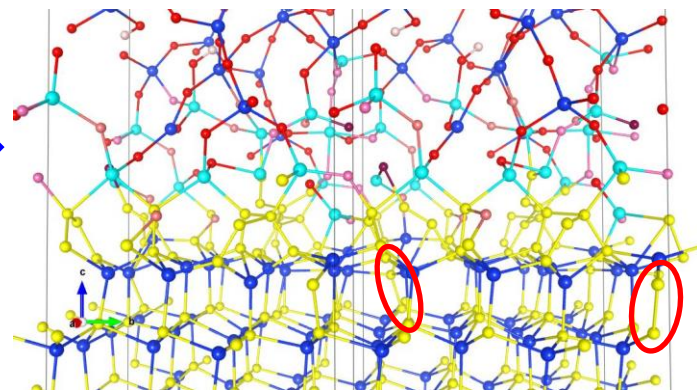


界面でのO₂分解⇒Siと結合

新しいC面の出現

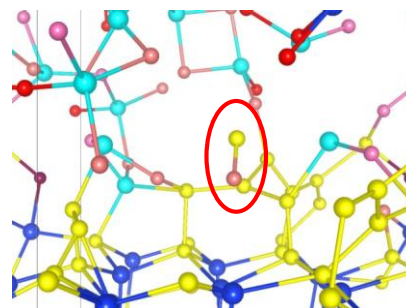


界面下のSiC層に新たなCC結合が発生



Si-O-CO-Si

CO脱離



- ・新規な界面構造の提案
- ・反復的な酸化プロセスの示唆

層状酸化の可能性

温度・全圧・酸素分圧等の最適化により、層状酸化を誘起すれば、基板表面は平坦になり、高品質なMOS界面が得られる。

⇒ 特許出願2015/7/29（東芝）

研究開発課題3 (プロセスイノベーション) 「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」

【達成目標】

- ものづくり分野(自動車、ターボ機械、船舶、燃焼・ガス化装置、高速車両等)を対象にして、乱流の直接シミュレーションに基づいて熱流体設計を抜本的に変革できることを実証する。

【主要な成果】

乱流の直接シミュレーションにより、風洞試験や水槽試験の代替え、および機器の性能・品質の向上に資する解析に成功

- **自動車** : 自動車実車風洞空力の定量評価を実現
実走行状態の再現による高速操安・安全性評価を実現
- **ターボ機械** : 遠心ファンの音源の定量評価を実現
- **燃焼・ガス化** : 基礎実験装置およびモデル燃焼器内のガス、噴霧、石炭燃焼特性の評価を実現
- **船舶** : 船体まわり流れ直接計算 (300億グリッド) により船体推進抵抗の定量予測(誤差0.9%)に成功

【独創性・優位性】

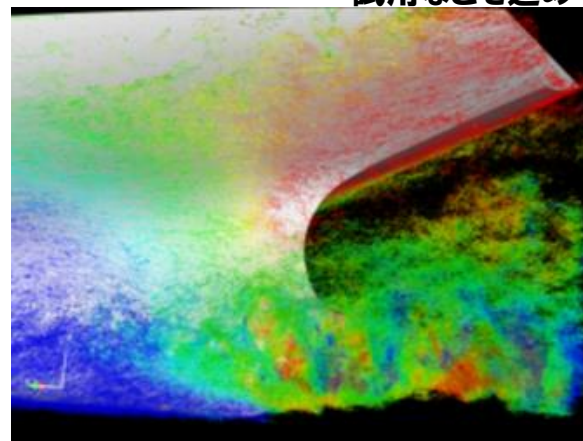
- 大規模並列解析(300億要素)を24時間以内で解析を実現。
- ファン内部の微小な渦(0.5mm程度)の非定常挙動を捉えるため、40億グリッド規模の解析を実施、ファンの騒音源を高精度に予測することに成功。
- 船体推進抵抗技術で300億グリッドを用いた準直接計算を実施し、乱流モデルを用いずに、推進抵抗の定量予測(予測誤差0.9%)が可能であることを実証。(世界初)
- ガス燃焼場、噴霧燃焼場および石炭燃焼場内の温度、NOx濃度およびすす濃度を大規模計算により評価可能な統合ソフトウェアを研究開発。
- 空力・車両運動・ドライバー反応を連成させた空力システムを実現

【成果の利活用・実用化】

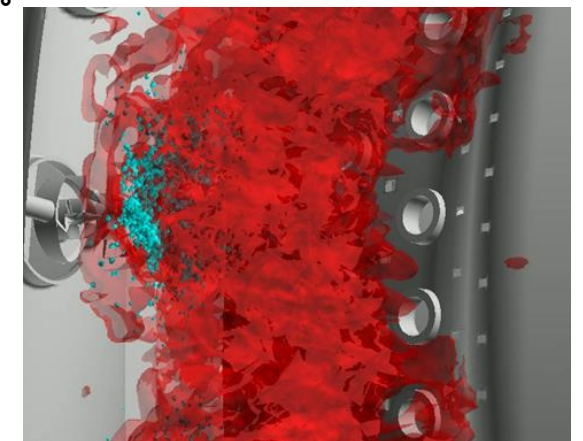
- 自動車コンソーシアム、ターボ機械コンソーシアム、燃焼・ガス化コンソーシアムを形成し、開発中のシステムに関するディスカッション、試用などを進めている。



蛇行運動の高速走行安定性解析



船体まわりの乱流境界層の直接計算



航空エンジン用燃焼器の噴霧燃焼解析

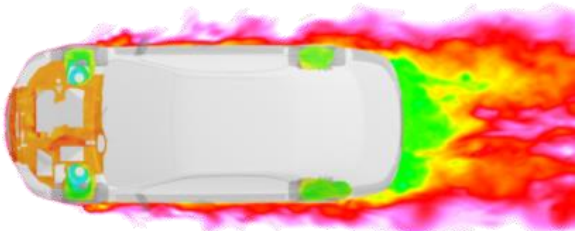
ヴァーチャル自動車走行テストの実現

空力・自動車運動・ドライバー反応を連成させることで、実走行状態での高速走行安定性や横風安全性評価が可能に！

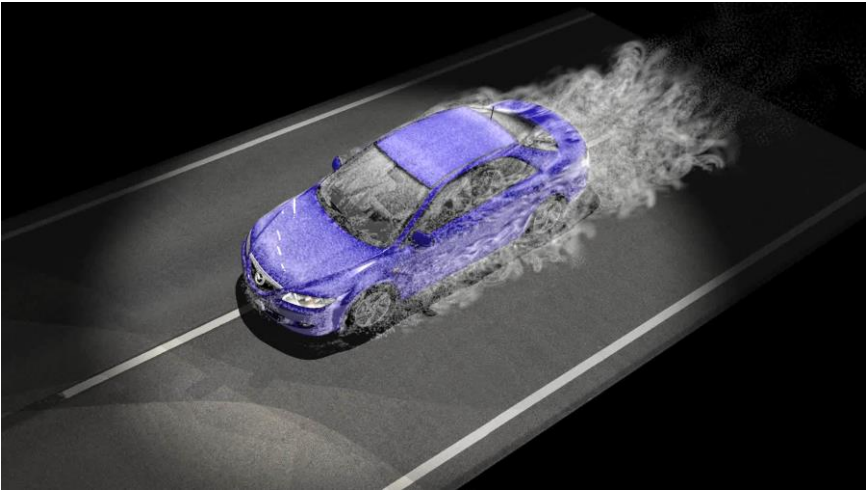
蛇行運動の高速走行安定性解析



空力チューニング無し



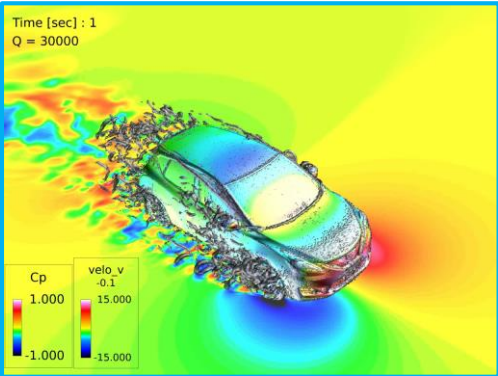
空力チューニング有り



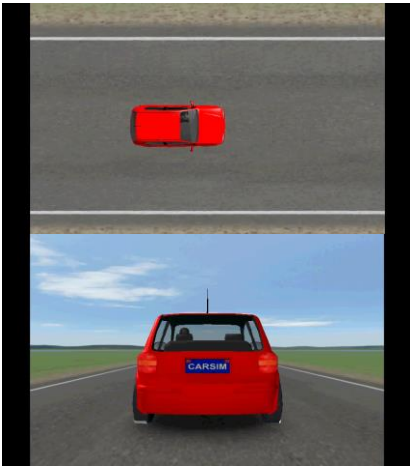
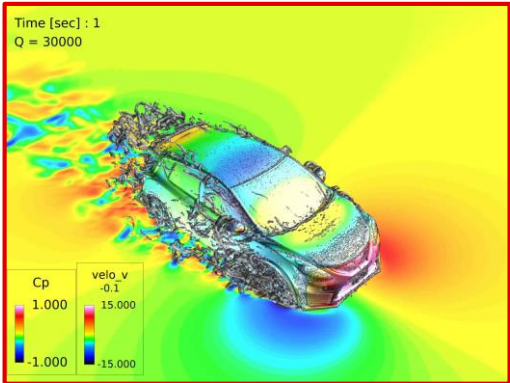
横風安全性解析



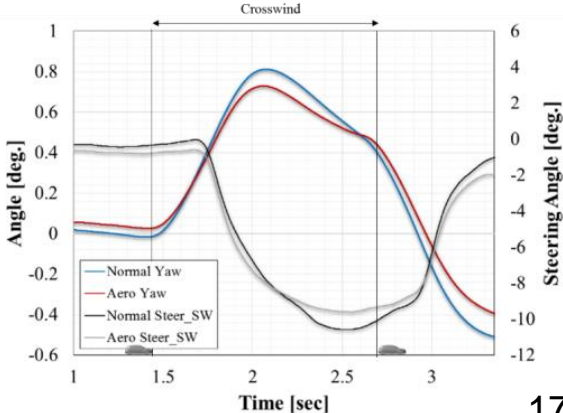
空力チューニング無し



空力チューニング有り

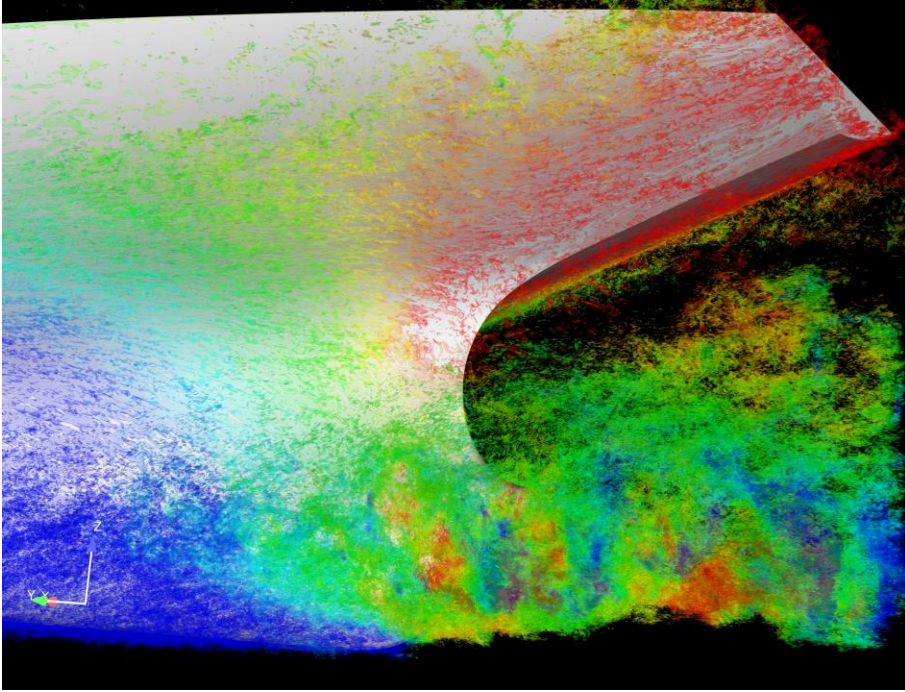


修正ハンドル角度と操舵力の比較 (青:オリジナル、赤:改善)

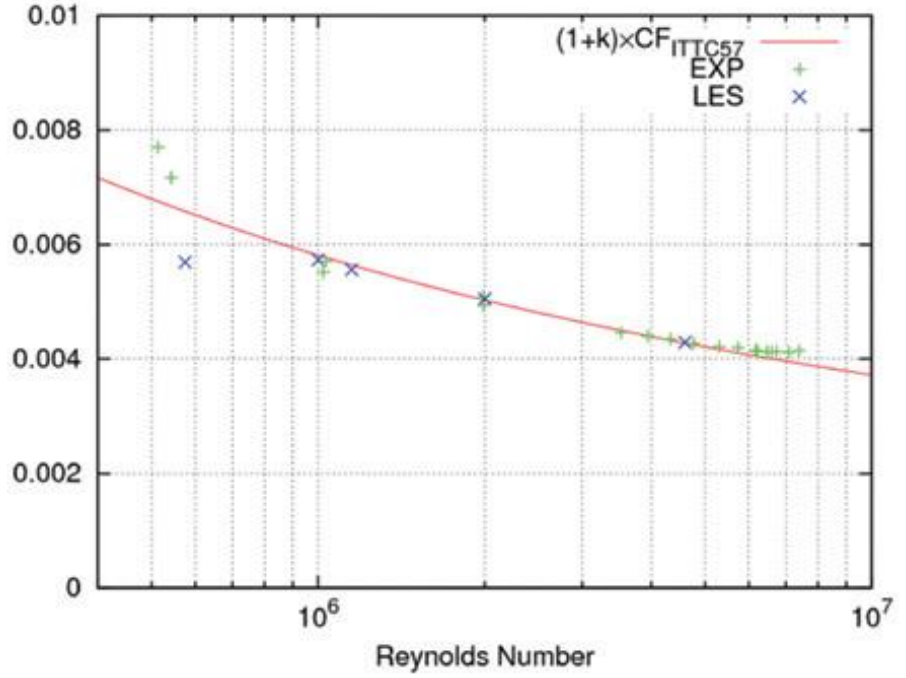


船体の直接シミュレーションによる曳航水槽試験の代替

320億格子による準直接計算により水槽試験に匹敵する予測精度(予測誤差1%以下)を達成

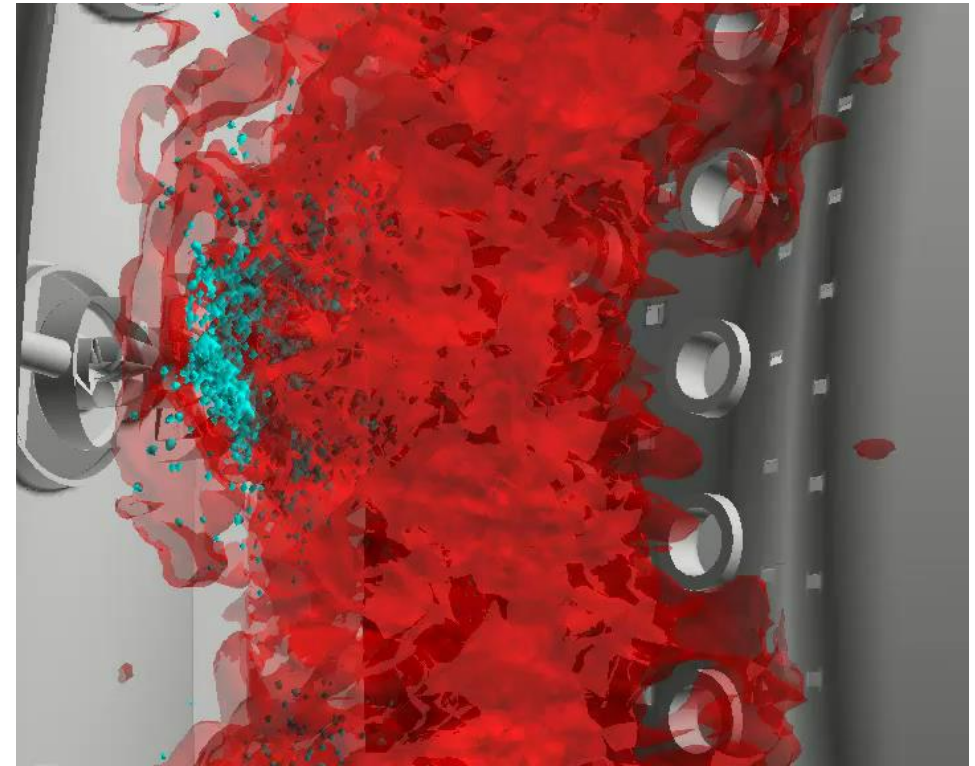
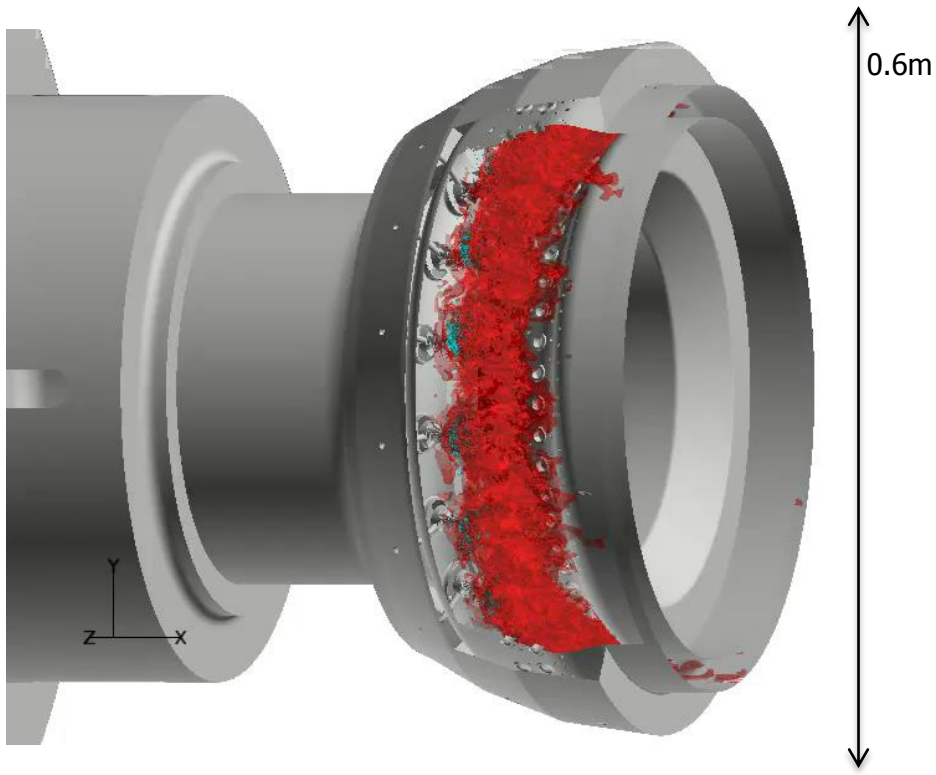


船体まわりの渦構造の可視化



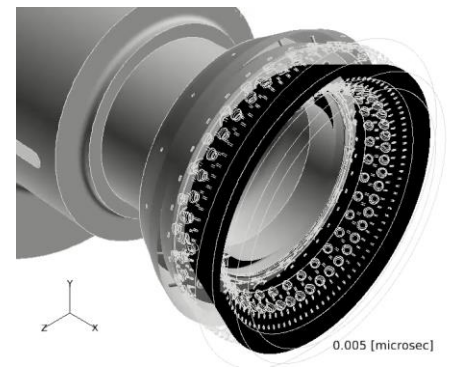
推進抵抗の比較

噴霧燃燒例：JAXA航空エンジン用アニュラ燃烧器



- Flamelet/Progress-variable: Jet A, 280化学種, 1600反応
- 内压0.74MPa, 40kN
- 1.2億要素, 京1万並列

T. Nishiie, M. Makida, N. Nakamura, R. Kurose,
"Large-eddy simulation of turbulent spray combustion field of full annular combustor
for aircraft engine", *International Gas Turbine Congress 2015 (IGTC2015)*, 2015.



プロセスイノベーション 研究開発課題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

【達成目標】

- 大規模設計最適化問題に適用可能な多目的設計探査手法を開発し, JAXAや分野4他課題, 産業界が抱える設計問題でその有効性を実証する。

【主要な成果】

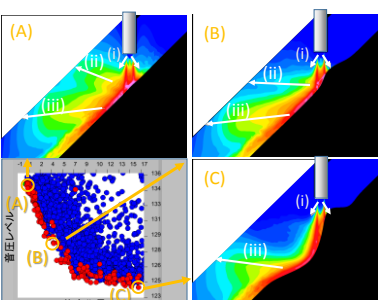
- 大規模設計最適化手法に適用可能な多目的設計探査手法を開発するとともに, 京を用いて自動車車両構造の設計最適化, 超電導リニア形状の空力音響設計最適化, タイヤ空力形状の多目的設計最適化等により, 開発した大規模多目的設計探査手法の実問題での有効性を実証した。

【独創性・優位性】

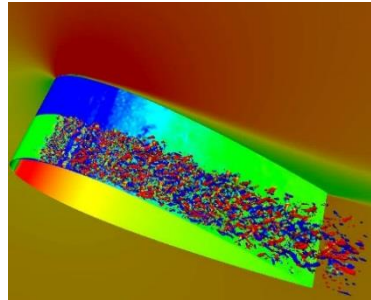
- 開発した多目的設計最適化アプリCheetahが世界でもっとも性能がよいアプリの1つと言われるMOEA/Dよりも実問題において優れていることを示した。
- ロケット射点形状や超電導リニア等の多目的空力音響設計最適化問題を解いたのは世界初。
- 京を用いることで初めて車両構造の正確な衝突性能評価を用いた多目的設計探査が可能になった。
- 京を用いることで初めて車両形状も含めたタイヤの空力性能評価が多数実施可能になった。

【成果の利活用・実用化】

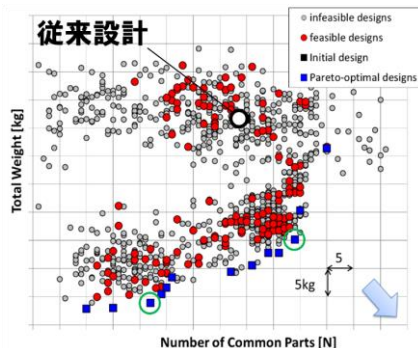
- 多目的設計最適化アプリCheetah, 設計データ解析ソフト「iSPM」「ADVICE」「STV」を公開



ロケット射点
空力音響設計



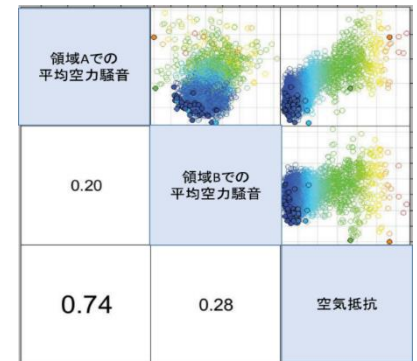
プラズマアクチュエータ
設計



自動車車両構造
の同時設計

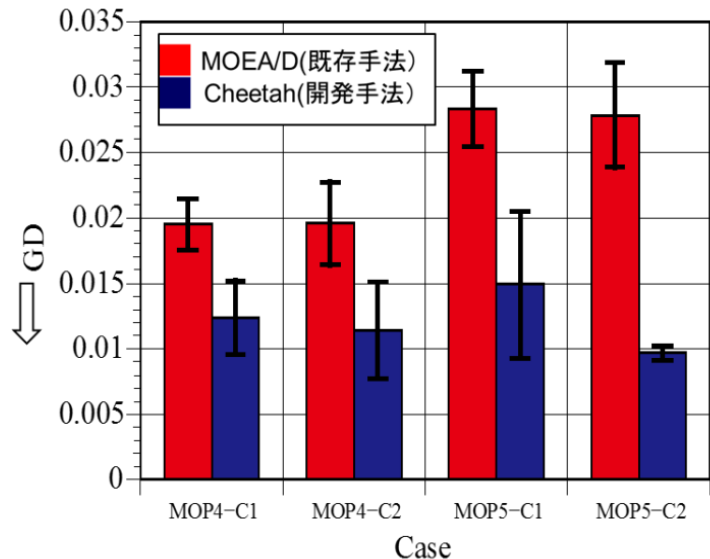


タイヤの空力設計

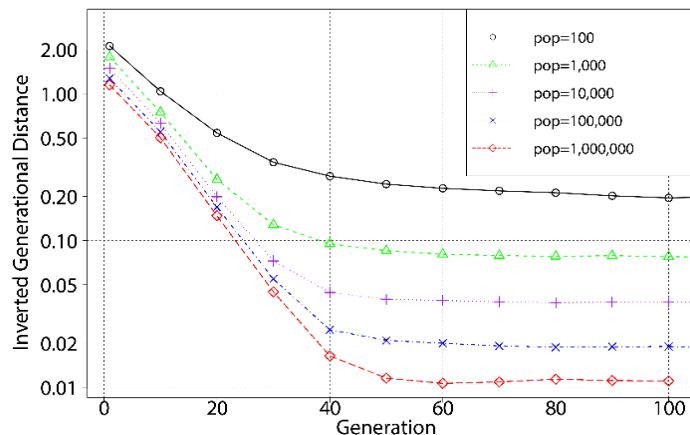


超電導リニア
空力音響設計

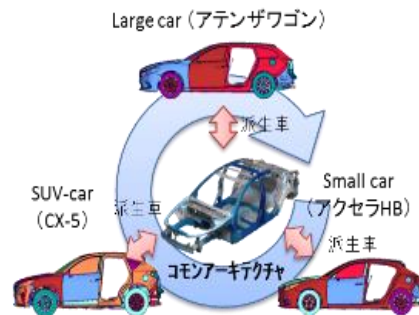
最適化アルゴリズムの開発と産業応用事例



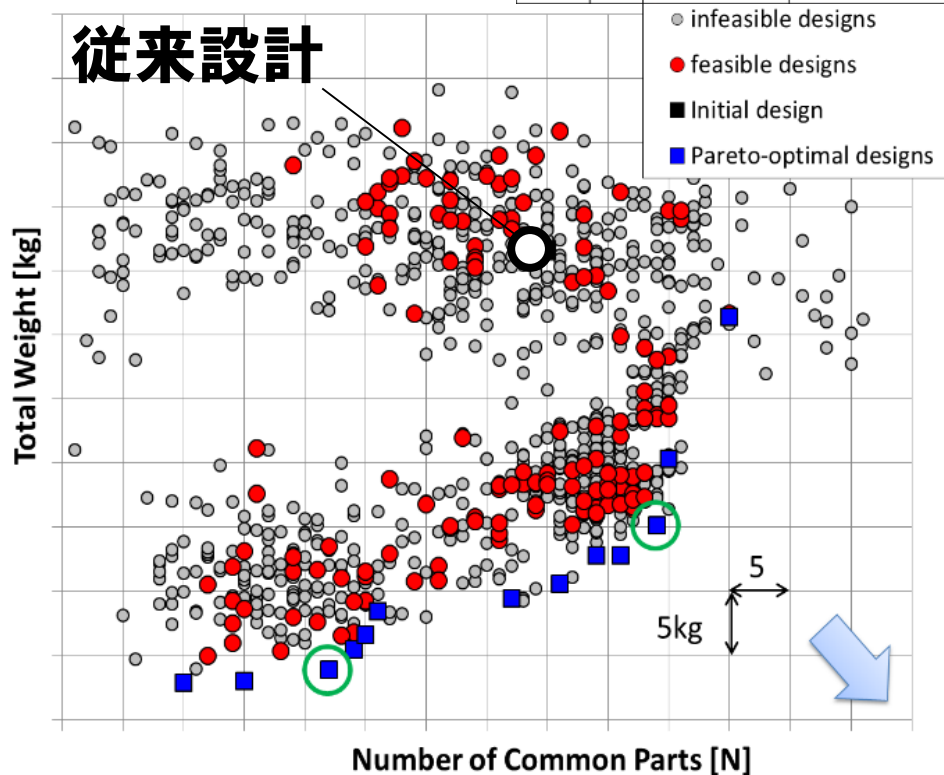
従来最高性能のMOEA/Dを凌駕する性能を実現



大規模並列性能を活かして大規模集団サイズの計算で多数目的最適化を実現

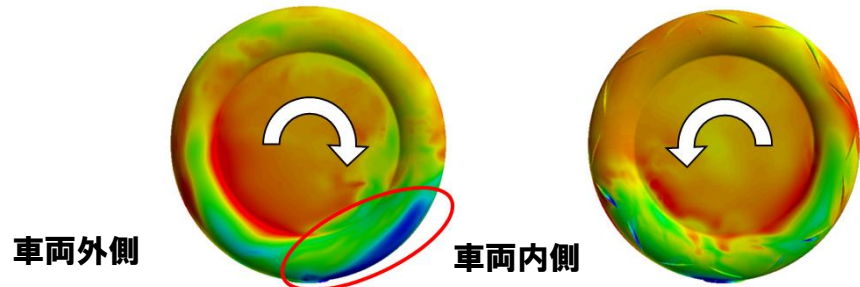


	車種	車体構造部品の板厚 (設計変数)
SUV-car		
Large-Car		
small-Car		

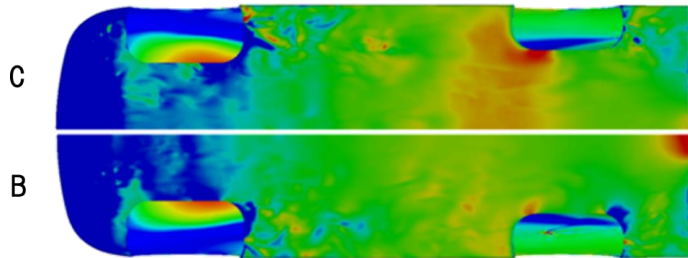


軽量化と部品点数共通化で従来の限界を突破する性能を実現(マツダとの共同研究)

最適化アルゴリズムの開発と産業応用事例



フロントタイヤの瞬間圧力分布
(赤丸内に負圧が生じ抵抗とリフトが低下)



車体床下の瞬間圧力分布
(Bは車体床下の圧力が低いためリフトも小さい)

東京モーターショーに
出展した新型タイヤ



従来不可能であった抵抗と揚力の同時
低減を実現(横浜ゴムとの共同研究)

領域Aでの 平均空力騒音		
0.20	領域Bでの 平均空力騒音	
0.74	0.28	空気抵抗

騒音レベルを低く保ちつつ空力抵抗を下
げる高速鉄道車両形状を実現
(東海旅客鉄道との共同研究)

計算科学技術推進体制構築の 成果

研究開発課題5 (安心・安全社会の構築)

「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」

【最終目標】

- 強固な産学官連携体制の下、大型プラントのものづくりで必要とされる、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(丸ごとシミュレーション技術)を研究開発し、開発した技術の機能確認と動作検証及び具体事例での適用実証を行う。

【主要な成果】

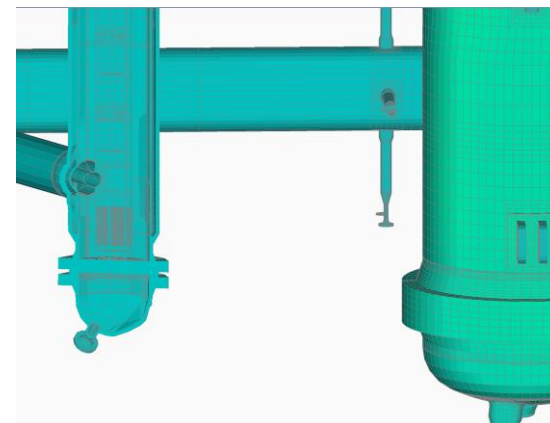
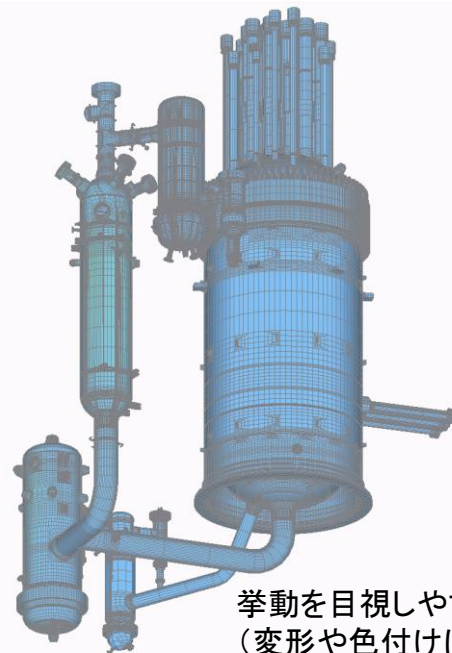
- 組立構造を意識した有限要素解析により、プラント全体での俯瞰的な耐震裕度評価、各部ごとの詳細な評価技術を実現し、観測値と計算解の照合/具体事例で例証
 - ・高温工学試験研究炉の安全審査申請活動等に協力し、従来シミュレーションに加え、本技術を適用し、俯瞰的な耐震裕度計算とプラント各部ごとの詳細な計算結果を提示できたことは、事業的にも大幅に貢献。
 - ・「京」により「組立構造解析」で「結合部を有するピットバル型立軸ポンプ(約9万解析部品)」の振動解析/耐震性評価を実施し、解析結果を確認。
 - ・石油化学プラント機器を支える構造体(約15万解析部品)を丸ごとシミュレーション。(新聞発表/企業WEB一面広報)
 - ・弾性及び弾塑性の耐震シミュレーションにより、化学プラントのストラクチャと反応容器、配管の細部の挙動把握を可能とし、耐震性能を向上させるための指針を獲得。
 - ・「京」により「組立構造解析」で耐震性評価に不可欠な数値分析計算結果の「確かさ」を向上する原理を確立。

【独創性・優位性】

- 部品を集積して解析実行:ボトルネック(データ準備)を解決
- 部品ごとの機能分析を同時並行して実施する機能
- ひずみエネルギー減衰法により部品毎の減衰を考慮
- プロダクションラン(32,768 ノード)で実行効率10%
(性能評価:4,096 ノードを用い実行効率 42%)
- 理論性能値8%を達成
- 受賞/国際会議プレナリー招待講演を多数(APACM、ICCES等)

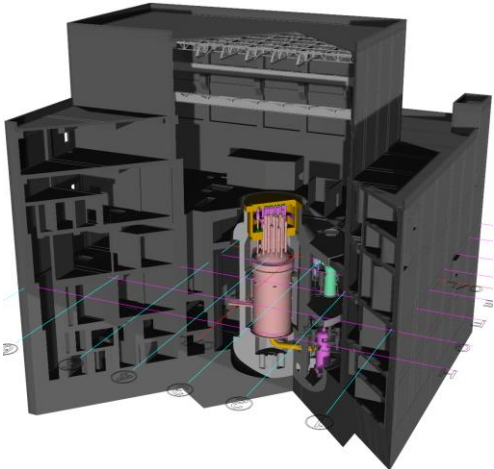
【成果の利活用】

- 組立構造解析は、原子力機構スパコンに移植後公開を計画
- 連携企業と共同研究等の研究協力を新たに計画

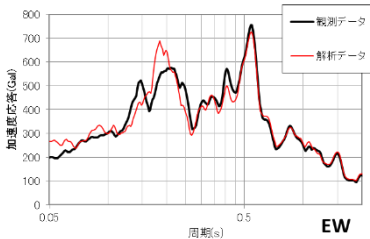


挙動を目視しやすいように、誇張した可視化をしています。
(変形や色付けは、実際は微小な変化である。)

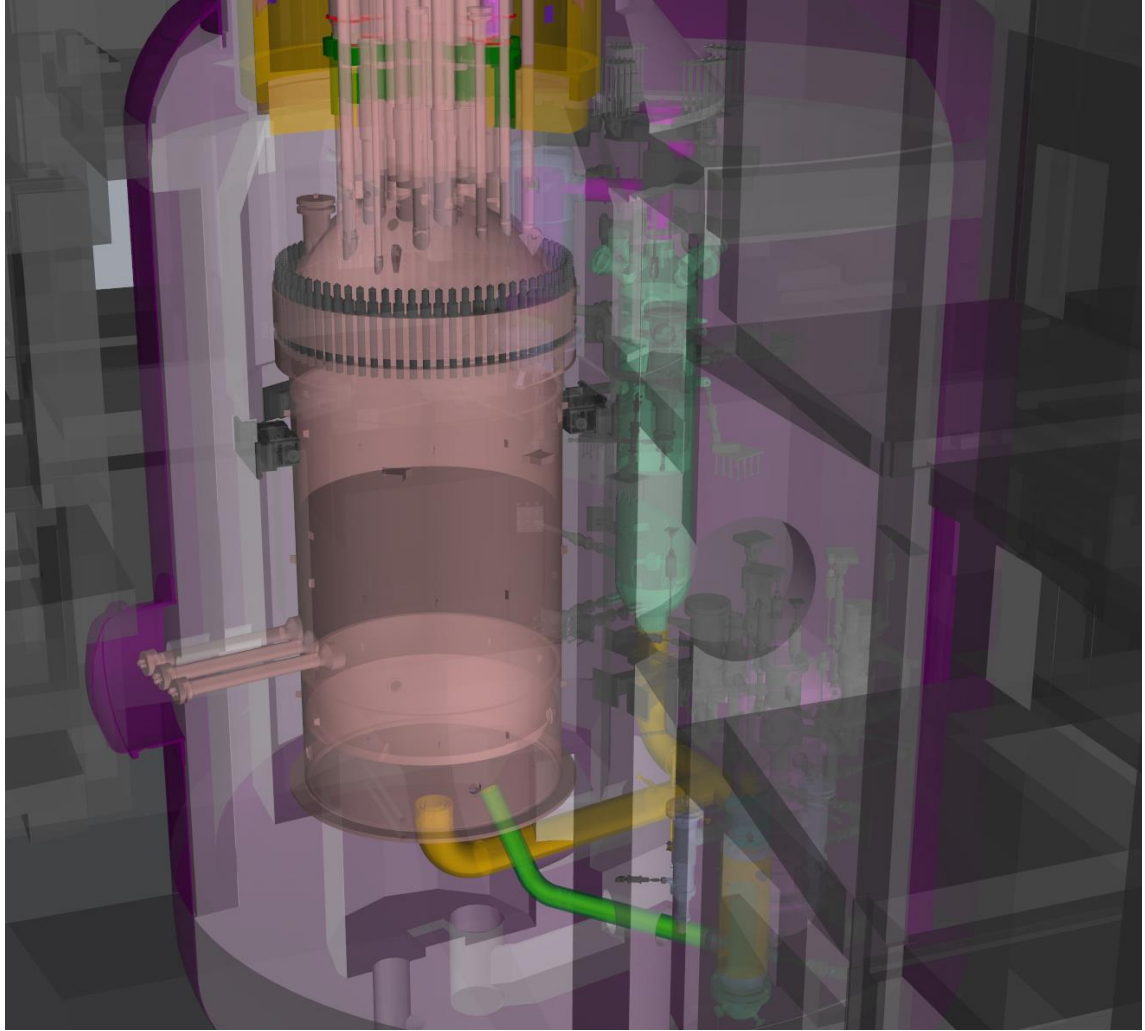
高温工学試験研究炉 (HTTR) による実証研究



建屋と機械設備の連成モデルによる地震応答解析



東西方向の振動加速度応答の実測値との比較 (建屋解析)



遮蔽体内重要機器の詳細な解析モデル

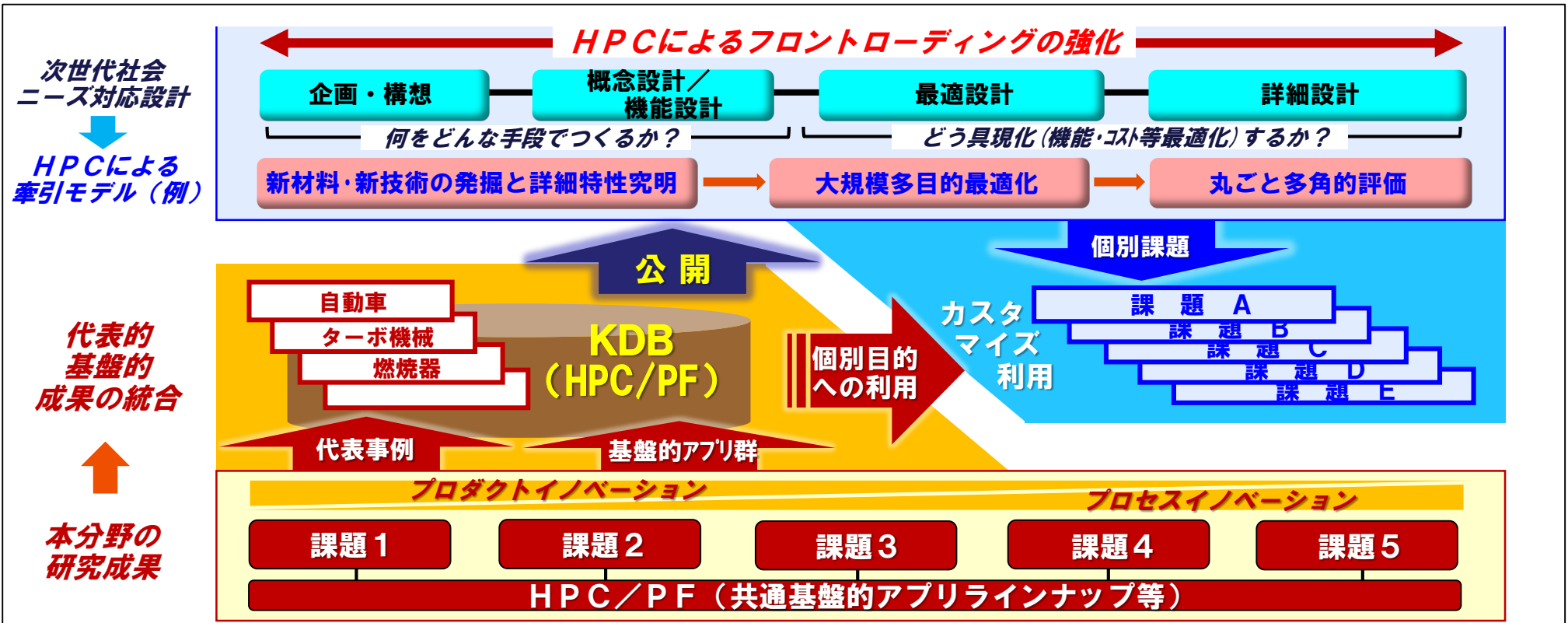
俯瞰的な耐震裕度と各部の詳細な応力分布を評価



安全審査申請手続き等に貢献

分野4の体制構築の目標成果と展開

- 【背景】最先端スパコンの活用による我が国ものづくり産業の国際競争力強化は喫緊の課題。
- 【取組内容】1)基盤的アプリケーションのラインナップとその使い方の知識ベースを備えたプラットフォーム(HPC/PF)の整備、
2)先端アプリケーション利活用人材の育成に対して、階層別教育(HPC産業利用スクール)、アプリ別のセミナー等を開催することを主要施策として推進。大学・研究機関の研究者と産業界技術者の連携を強化。
- 【最終目標】次世代ものづくりを牽引する先端アプリケーションの維持・強化・普及体制の構築。



- 全成果の共通利用可能部分(基盤アプリ、解析事例、ワークフロー等)の蓄積/公開
- 多様な個別課題解決のための柔軟な支援(高度な内容は共同研究の利用等)
- 「ポスト京」時代に向けて継続した展開が可能な体制基盤を整備

体制構築施策の特徴的取り組みの全貌

各分野共通
基本施策

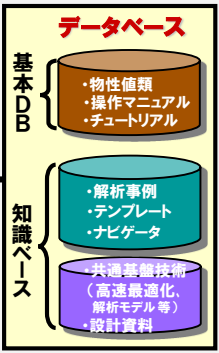
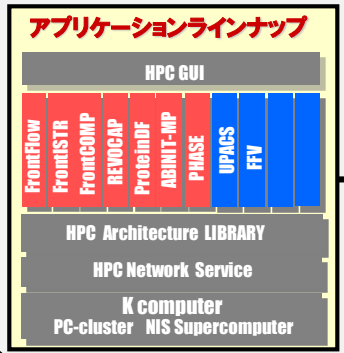
- ① 計算機資源の効率的マネジメント
- ② 研究成果の普及
- ③ 人材育成
- ④ 人的ネットワークの形成
- ⑤ 分野を超えた取り組みの推進

分野4 体制構築施策の主眼

“成果を企業で有効に活用する”

[I] 成果を使いやすくするための事業 ②⑤

■ HPC / PF の構築・運用



●最先端の大規模並列シミュレーション技術を研究/設計現場の道具に

- ものづくりに必要な基盤技術・アプリケーションを多数実装
- それを使いこなすためのDB(利用ノウハウ、解析事例等)を構築

[II] 成果を知ってもらうための事業 ④②

■ 成果の発表・意見交換

- 京コンピュータシンポジウム (1回/年)
- 次世代ものづくりシンポジウム (1回/年)
- 分野4 統合ワークショップ (1回/年予定)
- HPCものづくりワークショップ (2回/年予定)
- アウトリーチセミナー (1回/2ヶ月予定)

■ アウトリーチ活動



[III] 成果を活用できる人材育成事業 ③④

■ HPC 産業利用スクール

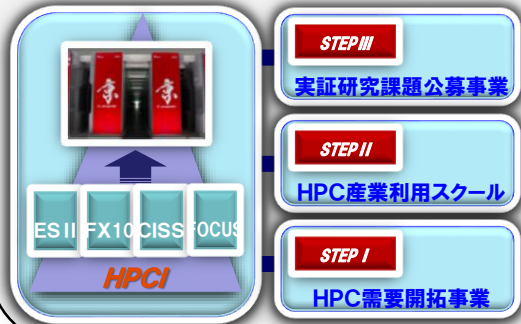
- レベル・目的別コース設置
- 産業界においてシミュレーション活用によるイノベーション創出の担い手を育成
- HPC技術の習得と応用演習
 - 産業界におけるHPC利用戦略検討
 - HPCにおける業種を超えたネットワークの構築

■ 先端ソフト開発者教育 (成果を生むための基盤開発)

- 東大大学院演習講義
- チーム制によるシミュレーションソフトウェア開発教育
 - ソフトウェア工学教育とHPC教育
 - ソフトウェア工学の作法とHPCの技術を実践的に両立させる訓練
 - 産業界の講師による実践的講義・演習
 - 東大情基センターFX10システムの利用

[IV] 成果を実際に使ってもらうための事業 ①③

■ HPC I の効率的利活用



■ HPC 利用者層の拡大

- 設計実務利用セミナー開催
- 先端アプリ利用解析作業の一連の流れを実演・実習形式で体験
 - トライアル利用環境(FOCUSスパコン)の構築によるHPC潜在ユーザーの掘り起しを実施
 - HPCアプリの設計現場への早期導入のための支援

体制構築事業の全体実施状況

主要な施策	H23～H26	H27	最終目標
[I] 成果を使い易くするための事業 ・研究成果の普及 ・分野を超えた取り組みの推進	1. HPC/PFの構築 2. 解析事例の 収集・公開 (インパクトのある事例増強) 3. アプリラインナップ整備	設計基盤システム開発 (課題3. 4各コンソと連携)	●次世代ものづくりに不可欠の先端的アプリケーションラインナップとその効率的・効果的利用に資するデータベースシステムからなるHPC/PFを構築しHPCIで利用可能な環境を整備することにより、研究成果の広範にわたる産業界への普及を図る。
[II] 成果を知ってもらうための事業 ・人的ネットワークの形成 ・研究成果の普及	1. 成果の発表・意見交換(シンポ中心) 2. アウトリーチ活動 (専用サイト開設、公開コンテンツ増強)	発表機会の増強 (統合W/S、各種セミナー)	●ものづくりに係る研究者のみならず、広範の産業界の技術者を対象としたシンポジウム/ワークショップ等を開催し、オールジャパンでのHPCIものづくりネットワークを構築する。
[III] 成果を活用できる人材育成事業 ・人材育成 ・人的ネットワークの形成	1. HPC産業利用スクール(産応協と連携) 2. 先端ソフトウェア開発者教育	成果物第2弾を応用編として上梓・展開	●習熟レベル別に設ける産業利用スクールを通して先端ソフト活用リーダーを育成し、HPCI活用人材の拡大を図る。 ●大学院の実習講義を通して若手専門家の輩出を図る。
[IV] 成果を実際に使ってもらおうための事業 ・計算機資源の効率的マネジメント ・人材育成	1. 研究ニーズ、産業ニーズに応じたHPCI の適正配分 2. 需要開拓事業 (FOCUSと連携) 3. アプリ利用セミナー、トライアル環境の構築・提供		●多様なニーズに応えるための計算機資源活用の仕組みを構築。 ●産業界のヘビーユーザーのみならず、ボリュームゾーンユーザーの開拓を行い、HPCI活用の裾野の拡大を図る。

[I] 成果を使いやすくするための事業

■HPC/PFの展開

【解析事例データベース】

1. アウトリーチサイトでの解析事例の蓄積・公開

計算工学ナビサイトの「Knowledge Base」にHPC対応ものづくり系解析アプリによる解析事例を蓄積・公開している。

2. 解析追体験可能事例によるHPC/PFハンズオンセミナー開催

掲載事例に付属したデータ・セット一式をダウンロードし、ユーザが解析追体験を行う「ハンズオンセミナー」を開催。

3. 「京」利用先導的事例の掲載

企業経営層など非専門家を対象に、「京」を利用した研究成果を分かりやすく伝えるため、「『京』利用先導的事例」と題した解析事例をKnowledge Baseに掲載した。

【解析実行環境】

1. ポータルGUIの開発

実解析行用GUIの整備および、関連コンポーネントとの連携動作I/Fを実装し、国プロアプリを利用した解析ワークフローが簡単に実行可能な機能一式を整備した。

2. 大規模データ管理機能の開発

分散並列ファイル管理するI/Oライブラリを開発し、ファイルハンドリングの自動化を図り、利便性を高めた。

3. プリ・ポストアプリとの連携実装

AICS可視化チーム開発の格子生成ツールFngen、大規模データ可視化ツールHIVEをHPC/PF環境と相互連携。

4. 他テーマとの連携

【課題3】階層直交格子からFFB/FFRへの非構造データ構造変換を行い、計算を実施可能にした。

【課題4】JAXA開発の多目的進化計算モジュールCHEETAHをHPC/PFで利用するしくみを実装。事例をDBに登録。

【SIP】サイクロンセパレータの事例を用い、設計空間のパラメータ計算を実施。俯瞰的な分析を実施中。

■HPC/PF実装アプリ・技術の増強

【高速流体関係】

1. 圧縮性流体解析プログラムUPACSの開発と産業界への普及

大規模並列解析向けにデータ通信部の効率化、領域分割手法の改良、大規模計算格子生成手法の開発、更には「京」向けチューニングを実施した。産業界での利用促進のため、ターボ機械要素の詳細流れ解析実現に向け移動境界接続への対応、蒸気タービン解析に必要な湿り蒸気解析への対応、内部流解析で必要となる流量指定亜音速流出境界条件の導入を行った。ターボ機械要素の実問題（遠心圧縮機の非定常解析および蒸気タービンの多段解析）での検証を行った。また、利用者講習会など産業界での利用促進を行った。

【共通基盤技術関係】

1. 京における大規模流体計算技術の開発

差分法乱流コード、および、スペクトル法乱流コードにおけるマルチコア最適化技術、通信最適化技術の開発により「京」全系に至る強スケールリングを達成し、SC13 Best Poster Awardおよび学会賞等(3件)を受賞した。この技術を知識データベース(KDB)や論文等(原著論文4編、解説2編)で公表し、分野内外における技術の利用促進を図った。

2. 京における遠隔可視化システムの開発

「京」で生成される大規模データの可視化を目的として、遠隔可視化システムPBVRを開発し、学会賞等(2件)を受賞した。この技術を論文等(原著論文3編)で公表するとともに、分野内外における利用を促進するために、可視化機能強化、データ形式拡張、マルチプラットフォーム対応を行いオープンソースソフトウェアとして公開した。

3. プラズマ流体解析への適用と機能実証

共通基盤技術を「京」におけるプラズマ流体解析に適用し、本技術の有効性を実証した。本技術により実現した世界最先端のプラズマ流体解析は高く評価され、学会賞等(6件)を受賞した。また、その成果はPhysical Review Letters誌等の論文(原著論文14編)で公表された。

【Ⅱ】 成果を知ってもらうための事業

■成果の発表・意見交換

【人的ネットワークの形成】

- シンポジウム、ワークショップは、各1回/年開催した。
- 今年度シンポジウムは、最終成果報告会として開催する。

シンポジウム	開催日	開催場所
第6回次世代ものづくりシンポジウム (最終成果報告会)	H28.3月 23・24日	東京

【成果の普及】

- 国内外において、来客数が多く、PR効果の高い催しへの積極的参加を図り、成果報告を行った。

広報普及	開催場所
IISキャンパス公開(5回)	東京
国際フロンティア産業メッセ(5回) (AICS,IIS,FOCUS)	神戸
AICS一般公開(5回)	神戸
SC(AICS,IIS,JAEA,JAXA)(5回)	米国

■アウトリーチ活動（Webサイトの活用）

【アウトリーチWebサイト構築・運用】

「[計算工学ナビ](http://www.cenav.org)」(www.cenav.org)を構築、運用中。

【産業界向け認知活動】

1. ニュースレター(季刊)の発行

産業界の意思決定層、設計解析実務者を対象としたニュースレターを発行。冊子媒体はAICSロビー書棚、分野4シンポジウム等イベントで配布。pdf版を計算工学ナビサイトで公開。

2. 解析事例データベースの公開

分野4関連解析アプリを中心に解析事例をDB化して公開。京による先端的解析事例、FOCUSスパコンを利用したユーザが再現実行可能な解析事例についても公開を行った。

3. ソフトウェアライブラリの公開

分野4関連解析アプリを一覧可能なページを公開。プリ・ポストツールや、汎用データ入出力ライブラリなど、解析シミュレータ以外のソフトウェアについても掲載。

【一般向け認知活動】

一般向けコンテンツの配信

IT系ものづくりで人気のワンボードPC”RaspberryPi”をクラスタ化し、PHASE/0を動作させる記事を掲載(H26年12月～H27年3月)。SNS上で記事がシェアされ、サイト認知度が飛躍的に高まった。



一般向けコンテンツ
「RaspberryPiクラスタ製作記」



作成したクラスタPC
(16台並列)

[Ⅲ] 成果を活用できる人材育成事業

■HPC産業利用スクール

1. 産業界においてHPCを活用したイノベーション創出の担い手となる人材の育成を目的とし、以下の項目を産業界からの受講者に提供した。

1. HPC(High Performance Computing)技術を習得する機会
2. 企業におけるHPC技術の役割や導入・整備の在り方、更に、国のHPC共用施設を企業として有効に利活用する戦略立案の考え方
3. HPCの担い手である技術者・研究者において、互いに“協調”できる部分を見出し、業種も超えたネットワーク構築のきっかけ

2. 成果と今後の展開

成果

- ・ H21年度～H27年度までに、習熟レベル別コースによるHPC利活用人材の育成ならびにHPCの産業利用に関する戦略等を議論するスクールを開催。延べ297名の参加人数を得た(別表)。
- ・ HPCの習得に関するスクール、セミナーの先鞭をつける役割はほぼ達成と評価。

今後の展開

- ・ 最近、いろいろな組織において同種のセミナー等が開催されてきており、重複を避ける意味で一端終了。
- ・ 今後は、「HPCものづくりWS」の行事の一つとして、必要に応じて開催を検討する。

■先端ソフト開発者教育

1. 以下を目的とした開発者教育を、H21～27年度東大大学院で実施しつつ、シミュレーションソフトウェア工学の開発構築に寄与した。

- チーム制によるシミュレーションソフトウェア開発教育
- ソフトウェア工学教育とHPC教育(おもに前者に比重)
- ソフトウェア工学の作法とHPCの技術を実践的に両立させる訓練
- 産業界の講師を加えた実践的な講義・演習
- 東大情基センターFX10システムの利用

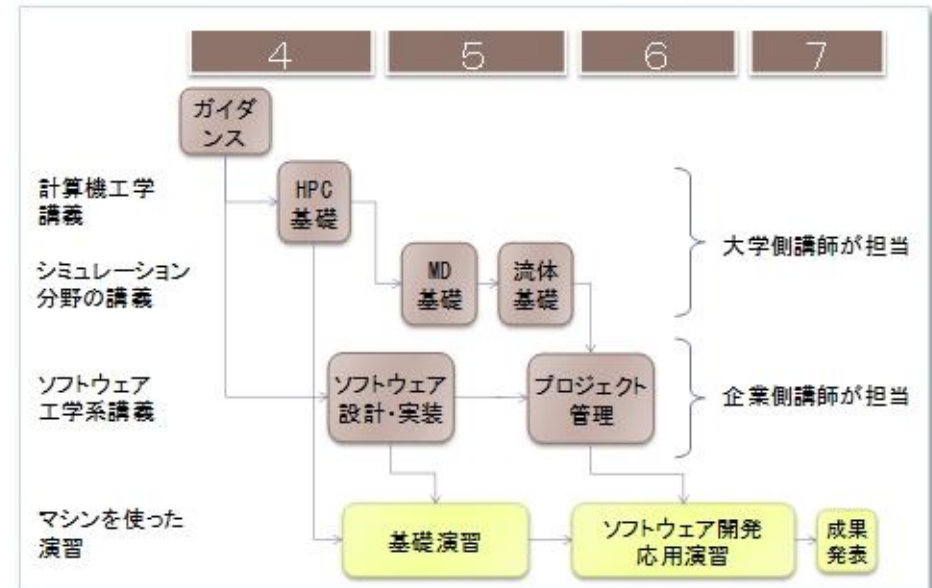
H21～H27の実績

- ・ 東大大学院夏学期
- ・ 受講生10人程度/学期

実施項目は以下の図の通り。

2. 成果展開

- これまでの成果物を、基礎編と応用編の2冊の著書物として上梓、広く展開した。



[Ⅲ] 成果を活用できる人材育成事業-その2

■HPC産業利用スクール開催実績

H21年度	H22年度	H23年度
<ul style="list-style-type: none"> ・6月11日 <u>入門コース(流体・構造)</u> 場所(生研) 40名 ・10月15日、16日 <u>実践コース(流体)</u> 場所(生研) 20名 ・12月10日、11日 <u>実践コース(構造)</u> 場所(生研) 17名 	<ul style="list-style-type: none"> ・5月18日 <u>入門コース(流体・構造)</u> 場所(大阪) 30名 ・7月16日、17日 <u>実践コース(流体)</u> 場所(生研) 11名 ・9月24日、25日 <u>サマースクール</u> 場所(IHI) 8名 ・3月9日10日 <u>実践コース(ナノテク)</u> 場所(生研) 9名 ・H23.2月 <u>先端コース(構造・流体)</u> 場所(生研) 	<ul style="list-style-type: none"> ・6月30日 <u>入門コース(流体・構造)</u> 場所(神戸/計算科学C) 12名 ・1月30日、31日 <u>実践コース(構造)</u> 場所(東大生研) 8名 ・2月7日、8日 <u>実践コース(ナノテク)</u> 場所(東大柏キャンパス)
H24年度	H25年度	H26～H27年度
<ul style="list-style-type: none"> ・11月1日(木) <u>「京」特別コース</u> 場所(生研) 受講生16名 * 受講生+講師5名+討議メンバー9名により、「京」やHPCIを取り巻く環境、展開等について疑問解消討議フリーディスカッション。受講者が社内を持ち帰り、伝承者となれるようなカリキュラム。 ・12月5日、6日 <u>実践コース(流体)</u> 受講生20名 * 機械学会CFDスクールとの共催 	<ul style="list-style-type: none"> ・10月18日、19日 <u>オータムスクール</u> 場所(都内研修所) * HPC利活用マテリアリティ&異業種交流 ・12月頃 <u>「京」特別コース</u> 場所(関東) ・H26年 2月頃 <u>実践コース(流体)</u> 	<p>H26年度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・9月18日、19日 <u>オータムスクール14</u> (多摩永山情報教育センター) <p>H27年度</p> <ul style="list-style-type: none"> ・9月11日、12日 <u>サマースクール15</u> (マホロバ・マインズ三浦)

参加人数総計：297名

[IV] 成果を実際に使ってもらうための事業

■HPCIの効率的利活用

- 本分野成果活用のボリュームゾーンである産業界ユーザーのレベルに応じたHPCIの効率的利活用に着眼する。「京」利用に繋げるためのFOCUSスパコンをベースとした下記施策を推進する。

1. トライアル利用推進／ハンズオンセミナー支援

スーパーコンピュータ「京」を中核としたHPCI環境の一般利用枠(産業利用枠)での利用を考える企業に対し、スパコン利用の足掛かりとなるための制度として、トライアル利用制度を実施した。具体的には、数～10TFLOPS程度の能力を持った計算機として、FOCUSスパコンの東大・生研で占有利用ノードを提供し、利用を検討しているユーザ自身のスパコン利用技術の向上を目指す。さらに、HPC/PFハンズオンセミナーの支援を行った。

2. HPC産業利用スクール支援

スーパーコンピュータの利用の初歩から学びたいと考えるユーザのために講習会を実施した。東大・生研として講習会を実施した他、スーパーコンピューティング技術産業応用協議会の実施するスクールを支援した。

3. 需要開拓事業推進環境構築

トライアル利用・スクール支援で利用可能な計算機環境をFOCUSスパコン上に構築した。国プロ等で開発したソフトウェアとそれを支援するソフトウェアがユーザ全員に利用可能となる環境を構築した。

■HPC利用層の拡大(需要開拓事業)

- アプリケーションの利用環境整備・拡充により、HPC利用層の拡大と需要開拓を図る。

1. FFB(Front/Flow/blue)トライアル利用環境の提供 -東大生研保有のFOCUSスパコンでの利用環境を構築・提供

- ・スパコン&ソルバー: 東大生研(FOCUSスパコン)
- ・プリ/ポストソフト環境: (株)ヴァイナス
- ・FFB技術支援: みずほ情報総研(株)
- ・FOCUSスパコンの環境・運用整備: 計算科学振興財団
(H23/4: スパコン稼働、H26/1: スパコン増強)

2. 「FFB(FrontFlow/blue)利用講習会」開催(毎年実施) -H23年1回、H24年3回、H25年2回、H26年1回、H27年1回 (合計8回実施)

- ・主催: 東京大学 生産技術研究所
- ・共催: 計算科学振興財団/(株)ヴァイナス
- ・協力: みずほ情報総研(株)

3. 「HPC/PFハンズオンセミナー」実施(H26年から)

- HPC/PF環境利用による解析実行の容易さ、パラメータスタディなど煩雑な解析操作を手軽に実現可能なことを訴求
- 下記解析アプリの初学者を対象に、各アプリ各1-3回/年開催
 - ・FFB ・FISTR ・ABINIT-MP ・PHASE/0
- (ABINIT-MPはコンソーシアム(産官学)を立ち上げ、ソースの共有による発展と利用者コミュニティを育成)

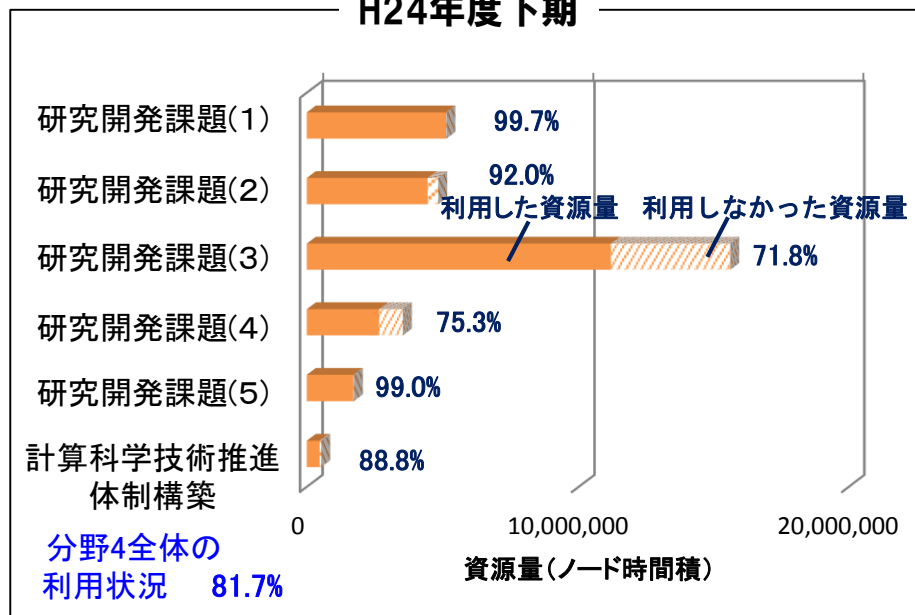
(関連施策)

企業訪問による需要開拓、トライアル利用促進およびユーザ要望のフィードバック (FOCUS独自事業)

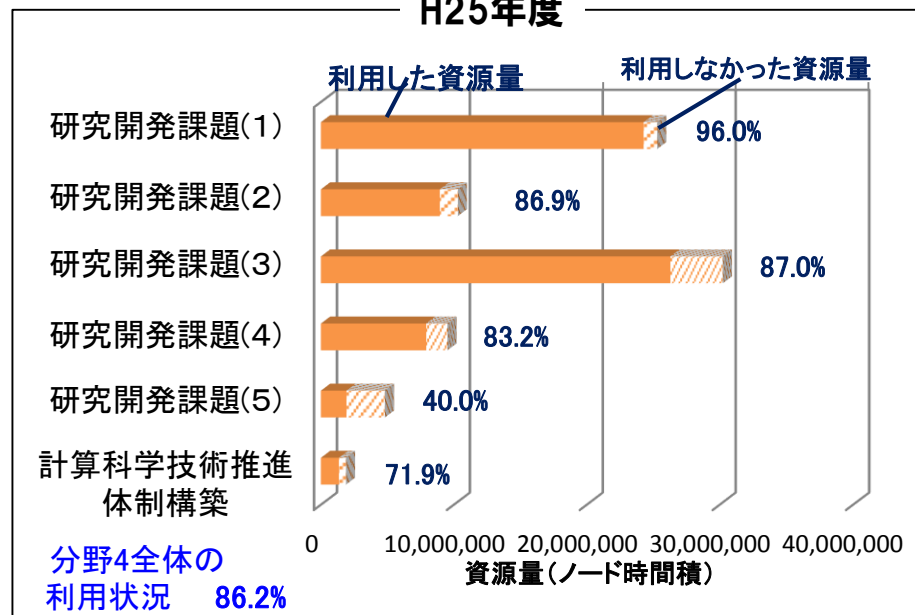
「京」の利用状況

「京」の利用状況(H24年度下期～H27年度12月)

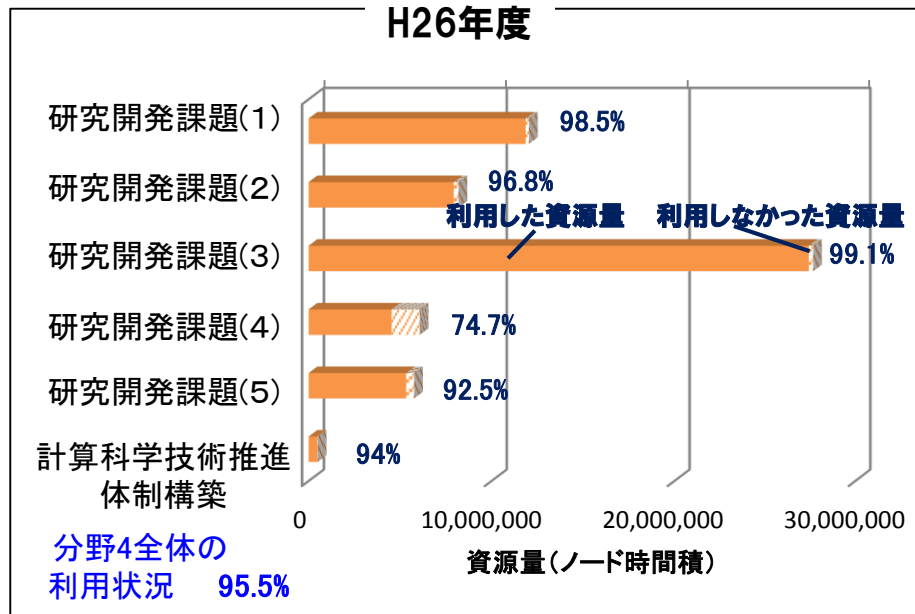
H24年度下期



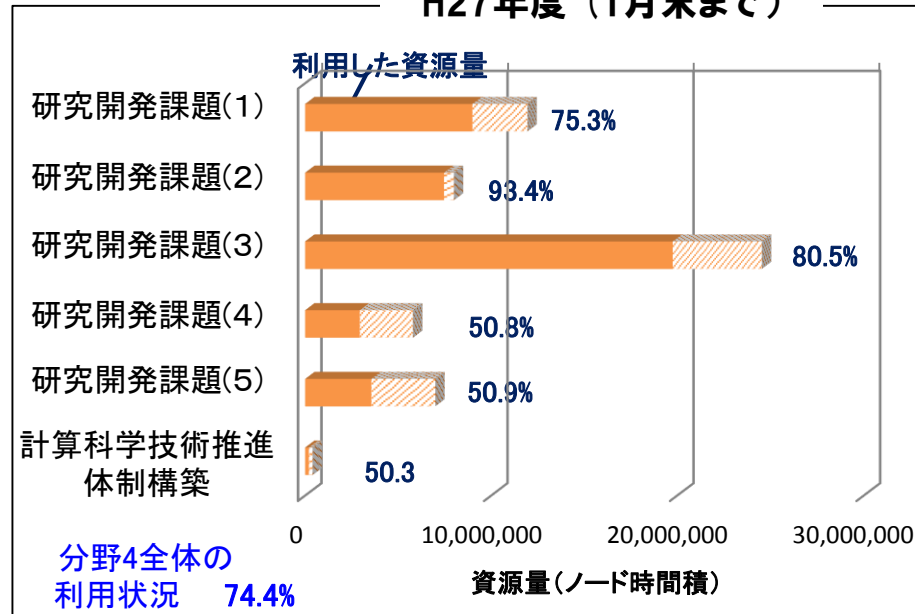
H25年度



H26年度



H27年度 (1月末まで)



予算額の年度毎の推移

予算の推移-1

研究開発課題

(単位:千円)

項目	平成23年度	平成24年度	平成24年度 (補正)	平成25年度	平成26年度	平成27年度	備考 (主な使途)
研究開発課題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	22,636	42,750	0	42,750	36,500	34,500	人件費: 研究員4名、旅費: 研究打合せ、学会参加費 雑役務費: プログラム改良役務
研究開発課題2: 次世代半導体集積素子におけるナノスケール配線製造プロセスシミュレーションに関する研究開発	22,000	42,750	0	42,750	38,500	34,500	人件費: 研究員等3名 旅費: 研究打合せ、学会参加費 雑役務費: プログラム改良役務
研究開発課題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	54,000	47,000	0	34,500	31,050	28,145	人件費: 研究員等3名 旅費: 研究打合せ、学会参加費 雑役務費: プログラム改良等
研究開発課題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	12,964	42,750	0	42,750	38,500	34,500	人件費: 研究員等4名 旅費: 研究打合せ、学会参加費 雑役務費: プログラム改良
研究開発課題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	22,000	42,750	0	57,750	52,000	46,800	産業界テーマへの展開のため増額 人件費: 研究員等2名 旅費: 研究打合せ、雑役務: プログラム機能追加
小計	133,600	218,000	0	220,500	196,550	178,445	

予算の推移-2

計算科学推進体制の構築

(単位:千円)

項目	平成23年度	平成24年度	平成24年度(補正)	平成25年度	平成26年度	平成27年度	備考(主な用途)
計算資源の効率的マネジメント 「京」利用に際しての研究支援協力	210,439	119,136	30,500	87,009	106,588	103,008	プリポストソフトウェア開発・最適化支援・利用者支援は、多様な産業ニーズへのHPCI利活用の促進と支援を行うため実施しているトライアル事業の施策等を担当するAICSの分野4の拠点(神戸)と戦略機関(生研)に雇用している研究者3名の経費(人件費)並びにコード最適化やベンチマークを実施するための経費(役務費用)。
人材育成	8,300	2,400	0	1,500	1,500	1,000	セミナー開催関連経費
人的ネットワークの形成	7,500	3,600	0	7,000	5,550	6,500	シンポジウム、ワークショップ費用神戸で開催年1回(印刷費、講演謝金、旅費、運営費用など)SC、未来をひらくスパコン、利用報告会、AICS一般公開(旅費、会議開催費)
研究成果の普及	92,400	110,867	82,000	137,250	93,994	79,062	研究成果の普及の「HPCプラットフォームの構築・整備」の経費は、HPCプラットフォーム(HPC/PF)本体(データベースシステム等)構築、アウトリーチサイトの構築並びにソフトウェアライナップ(UPACS、FFV、共通基盤、その他のソフトウェアラインナップ)の高度化のための委託(神戸大、JAEA、JAXA)・役務費用。
分野を超えた取組の推進	400	600	0	400	400	400	理研 計算科学研究機構との連携会議出席への旅費
プロジェクトの総合的推進	40,911	38,927	0	39,981	37,328	29,495	プロジェクト推進・管理のための人件費
その他	0	0	0	0	0	0	
小計	359,920	275,530	112,500	273,140	245,360	219,465	-
総計	493,520	493,530	112,500	493,640	441,910	397,910	-

補足説明資料

中間評価指摘事項の対応

指摘事項

- 統括責任者等の更なるリーダーシップの下に、分野内の連携はもちろんのこと、必要に応じて分野を越えた連携や他の研究開発プロジェクトの活用も図りながら、本質的に新しい現象の解明や真に革新的な技術開発等を通じて、戦略目標の達成や社会的・科学的課題の解決に資する、「京」や本プログラムならではの成果を創出していく必要がある。その際、「京」でなければ成し得ない成果はどの部分か、どこまで超並列化を進めるとどの様な成果が期待できるのか、という視点をこれまで以上に強く意識する必要がある。

対応案

- ◆ 現在推進中の5つの研究課題は、当初応募のあった12課題から課題評価委員会を設置してより社会ニーズの高い、プロダクトイノベーション対応2課題、プロセスイノベーション対応2課題、安心・安全対応1課題を厳選した経緯があり、各課題ごとの成果に対する産業界等からの期待は依然として極めて大きい。また、各課題はそれぞれ独自の目標をもっているため、**現在の基本的な推進体制は維持して、必要に応じて分野内のサポート体制を強化することによりそれぞれに期待されているインパクトのある成果創出を着実に実現することを優先したい。**
- ◆ 特に課題4(多目的設計探査)については、先進的な設計最適化の手法であることとその応用範囲が極めて広いことから 適用事例の増強に対する期待が大きい。そこで本分野では、**課題1や多くのサブテーマを有する課題3と連携した取り組みを実施することによって、より効果的に適用事例を増やすことを検討する。**

フォローアップ状況

- 課題4と課題1との連携では、高迎角時の翼周り流れのプラズマアクチュエータによる制御方法に関する設計探査を実施。有益な知見を得ること成功し、日本機械学会第11回最適化シンポジウム、アメリカ航空宇宙学会国際会議Scitechなどで成果を発表済み。現在ジャーナル 論文を準備中。
- 課題4と課題3の連携では、横浜ゴム(株)が開発中の自動車タイヤのフィン形状の空力設計探査を実施。結果が横浜ゴム(株)からプレスリリースされるとともに、東京モーターショーで試作品が展示された。

中間評価指摘事項への対応（（2）必要性）

指摘事項

- 得られた成果の情報発信については、社会に分かりやすく伝えることはもちろんのこと、時には社会の期待や研究者の士気を高めるための大きな目標を示しながら、「京」や本プログラムが社会の「役に立つ」、「役に立った」という国民の実感が得られるようにしていく必要がある。その際、特に、国民の生命・健康や安全・安心に直結する分野については、反動を生みかねない過剰な期待を防ぐため、現在「京」を用いて到達可能な成果とその限界も正確に社会に伝える必要がある。
- 【（1）進捗状況の評価】研究内容の社会的意義を勘案しつつ、研究者の研究活動と広報活動の両立に、引き続き留意する必要がある。

対応案

- ◆ 情報発信活動については、**昨年11月にアウトリーチ専用サイト(計算工学ナビ)を設けて、分野4の最新情報をタイムリーに効果的に広報して行く仕組みができています。**その内容の特徴は、研究者や産業界技術者に直接役に立つ高度な専門的情報と、一般社会向けのわかりやすい情報の両方の欄を設けているところにある。今後も、より社会に有用な情報(「京」による先端的事例を含む具体的解析事例、ベンチマーク結果等)の蓄積を継続的に実施し発信して行く。
- ◆ 研究活動においては、我が国ものづくりの将来に向けての課題に着眼しながら、引き続きHPCでその克服に貢献できる先端的・具体的な目標を掲げて推進する。一方、広報活動は、そのような研究活動への理解を得ることに主眼をおき、**必要に応じて実務層レベルと経営層レベルのそれぞれに対してより効果的な広報の内容・方法を検討し、実践して行く。**

フォローアップ状況

- 解析結果については、すでに「京」を中核とするHPCI利用成果をわかりやすく解説した事例約200件をDB化し、順次アウトリーチサイトにて発信している。今までに、5000人程度のアクセス数があり、社会から大きな関心が寄せられている。
- アウトリーチサイト(計算工学ナビ)では、HPC解析成果がどのような効果がありどのように役に立つかにつき解説記事や事例DBを通してPRを継続している。H28.2月時点までに、約3万名の新規訪問者総数を得、理解が一層広がりがつつある。

中間評価指摘事項への対応（（2）効率性）

指摘事項

- 大学・研究機関のスーパーコンピュータ、さらには民間のクラウドサービス等のコンピュータの性能が向上していることも認識し、「京」や本プログラムならではのインパクトのある成果を迅速に創出する観点に立って、本プログラムに割り当てられた「京」の計算資源をこれまで以上に重点的に配分するとともに、「京」以外の計算資源の更なる有効活用を図る必要がある。

対応案

- ◆ 各課題の準備状況や今までの解析の実績、更に今後の計画とその緊急度を踏まえて重点課題を設定することにより、「京」による先導的成果の迅速な創出を図る。一方、多岐にわたる今後のものづくりに有用な課題については、必要な解析規模等を精査してそれに相応しい計算機資源を割り当てることにより、全体的に最も効率的・効果的な成果創出をめざす。検討結果はH26年度からの計画に反映させる。
- ◆ なお、各課題は独自の技術課題を有しており、基本的な研究開発体制そのものは維持するが、課題間の連携(例えば課題4と課題1、課題3)を今後一層積極的に進めていくことにより、計算機資源の効果的活用にも貢献する。

フォローアップ状況

- 重点枠、加速枠を戦略的に活用したメリハリある取り組みを実施している。その成果も創出されつつあり、今後論文発表、プレス発表を強化するとともに、事例DBを作成・公開して広く利活用の拡大にむけて貢献して行く。
- 「京」以外の計算資源の活用については、特にFOCUSスパコンを利用して、HPC対応人材の育成施策(トライアル利用、ハンズオンセミナー等)を精力的に実施している。
- HPC利活用人材の更なる増強を狙い、HPC/PFに大量データ処理や解析プロセスの自動化機能を実装したアプリを整備している。その効果をFOCUSスパコンで実証するため、すでに6回のハンズオンセミナーを開催。好評であり、今後HPCの利用が進むことが期待できる。

中間評価指摘事項への対応（（2）効率性）

指摘事項

- 分野によっては企業参加の状況は限定的であることから、実用化と応用へ向けた展開のために企業との更なる連携を深める必要があるが、その際、企業のHPC利用を促進する観点から、「京」や本プログラムが企業活動をどの様に効率化したのか、あるいは今後効率化するのかを定量的に評価し、トップマネジメント層等に示していくことを心がけるべきである。

対応案

- ◆ 本分野においては、成果の産業界への展開は最重要施策の一つであり、当初より企業との連携を重視した取組を実施中である。例えば「**HPC産業利用スクール**」や、「**HPC次世代ものづくりワークショップ**」を設置して、**人材育成や成果の理解促進に努めており**、実用化・応用の面でも実績を創出しつつある。
- ◆ 今後更に注力する取組として経営的な視点を考慮したPR活動を挙げている。その前提として、まずは実際の設計業務に成果を活用した場合の具体的な効果を一層明確にすることが重要との認識のもとに、現在それを評価するための設計システムを検討中であり、これを構築する部品群の整備や機能評価の準備を実施中である。今後、**企業での利用シナリオを想定した設計システムを構築し、まずその利活用により得られるメリットなどをより明確にする**。その上で、開発提供システムのメリットや展開シナリオの説明資料を整理し、企業の意思決定マネジメント層にフォーカスした効果的な情報発信を実施する。

フォローアップ状況

- 「京」を利用した成果がどのように企業活動を変革するか等については、経営層等を意識し、成果を平易に解説したコンテンツや事例DBを多数作成して、専門のアウトリーチサイト（「計算工学ナビ」）より積極的に発信しており、すでに多数のアクセス数を得ている。
- 例えば、自動車のエンジンルーム内熱設計システムにおいて時間短縮効果を実証するなど、具体的な事例を示しつつある。
- 「京」を利用した成果については、各技術分野（アプリ）ごとに代表2件程度の解析事例DBを作成して公開。具体的に従来の計算機インフラに対して、企業活動上の効果等についても具体的、定量的に示しており、アクセス数も増加している。

學術的成果

学術成果等の実績

		H23	H24	H25	H26	H27	合計
学会発表	国内	54	135	162	106	64	521
	海外	41	62	74	56	51	284
学術論文	国内	6	10	24	14	11	65
	海外	3	11	37	20	30	101
招待講演	国内	11	13	34	15	14	87
	海外	9	9	13	8	12	51
新聞・マスコミ		25	13	14	4	9	65

■ 代表的な記事掲載等

特集 スパコン新時代

- ・平成26年2月3日 産経新聞空気の予測・・・効率的に新車開発 記事掲載
- ・平成27年2月2日 日刊工業 「省燃費の船舶開発」 記事掲載
- ・平成27年2月16日 日刊工業 「最適解を「京」で分析」(マツダより車両構造設計)
- ・平成27年4月20日 日刊工業 SiCパワーデバイス特性向上を目指したシミュレーション研究で記事掲載
「京」で界面構造を探る
- ・平成27年5月31日 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
関連で「夢の扉」TV放映