

次世代スーパーコンピューティング・シンポジウム2010 および第1回戦略プログラム5分野合同ワークショップ

次世代ものづくり(分野4)の取組み

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



戦略目標・実施概要・実施体制

● 戦略目標

「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」

[背景] 地球環境改善、安心・安全社会の実現、持続可能な経済発展などが重要・緊急の課題となり、我が国の国際的リーダーシップ発揮への期待が増大。

[主眼] 次世代スパコンを頂点とするHPCインフラを戦略的・効率的に活用することにより、上記課題解決への貢献をめざした“ものづくり”の質的・時間的ブレークスルーを図る。

● 実施概要

<研究開発課題>

高度なHPCインフラ(ハード・ソフト)の利活用により先端的なものづくりをリードしてきた実績のある3研究機関(東大生研、JAEA、JAXA)のネットワーク型研究体制により、世界最先端のHPCインフラを駆使することによって始めて実現できる、3つのカテゴリー(プロダクトイノベーション、プロセスイノベーション、安心・安全社会の構築)に分類した先導的テーマを設定し推進する。

<計算科学技術推進体制構築>

我が国独自の、革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ(HPCI)の効果的産業利用施策(HPC対応ソフトウェアの強化、開発者・利用者人材育成の強化、利用者層拡大方策の強化等)を推進してHPC活用企業層の量的・質的拡充を図ることにより、ものづくり産業全体の抜本的国際優位性強化に貢献する。

分野取り組みの全体的スキーム



■ 研究開発の推進

プロダクトイノベーション
革新技術創出
システム

プロセスイノベーション
次世代設計
システム

安全・安心社会の構築
次世代信頼性評価
システム

■ 計算科学技術推進体制の構築

利用

機能
強化

開発者育成

東大
神戸大
他

利用者育成

HPC産業利用
スクール

HPC次世代ものづくりプラットフォーム(HPC/PF)

アプリケーションラインナップ

HPC GUI

FrontFlow FrontISTR FrontCOMP REVOCAP ProteinDF ABINIT-MP PHASE ADVENTURE
多目的設計最適化 UPACS VCAD ADVENTURE

HPC Architecture LIBRARY

HPC Network Service

PC-cluster NIS Supercomputer
Nextgeneration Supercomputer

データベース

基本DB
・物性種類
・操作マニュアル
・チュートリアル

知識ベース
・解析事例
・テンプレート
・ナビゲータ

共通基盤技術
(高速最適化、
解析モデル等)
・設計資料

人的ネットワーク形成
シンポジウム
ワークショップ 他

成果普及
利用者層拡大事業
次世代ASP事業等
(SaaS, PaaS)

移植

運用
管理

■ HPCIの有効利用

京速コンピュータ
“京”

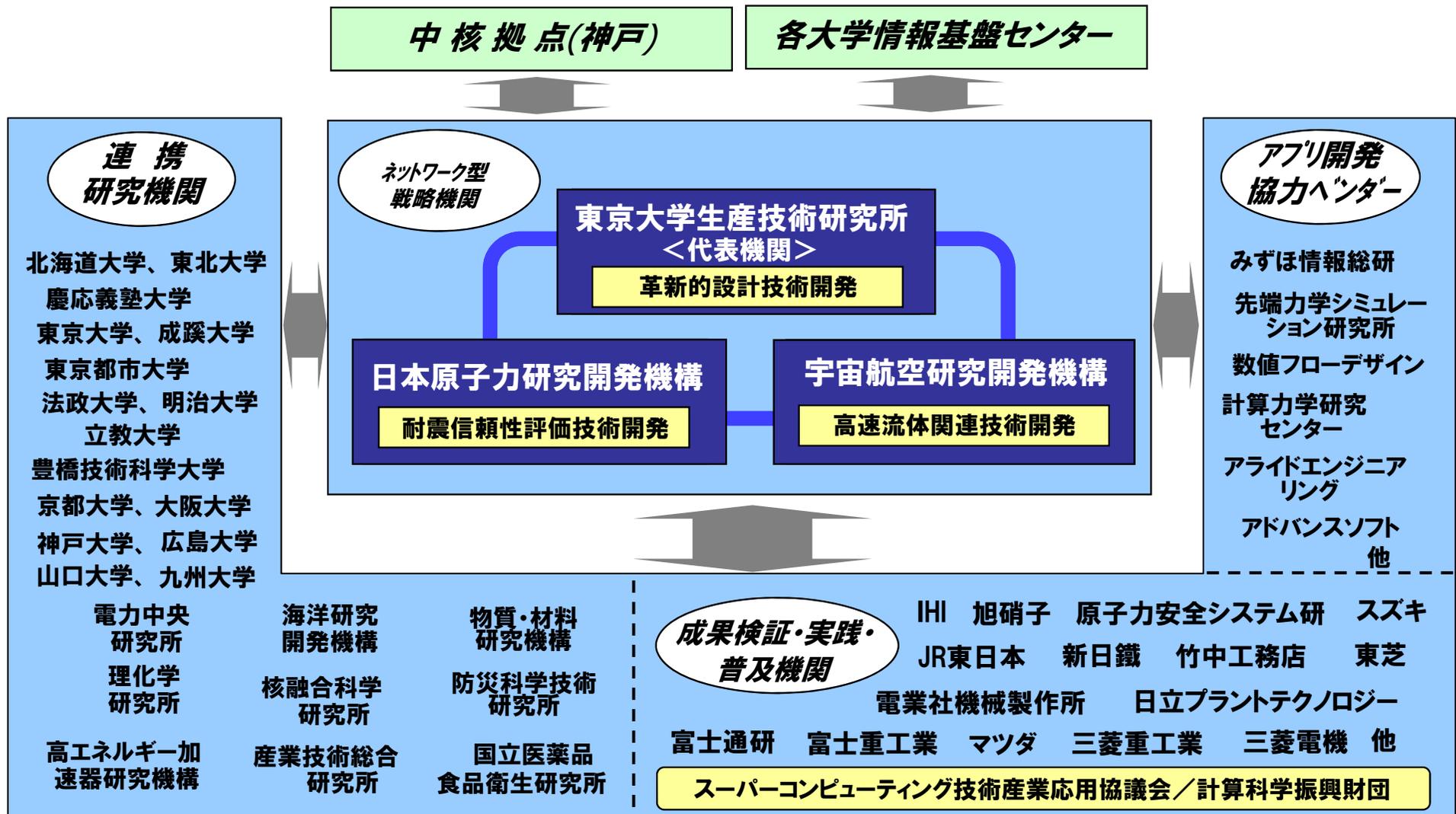
ESセンター
スパコン

大学基盤センター
スパコン

戦略機関
スパコン

FOCUS
スパコン

実施体制(参画機関)



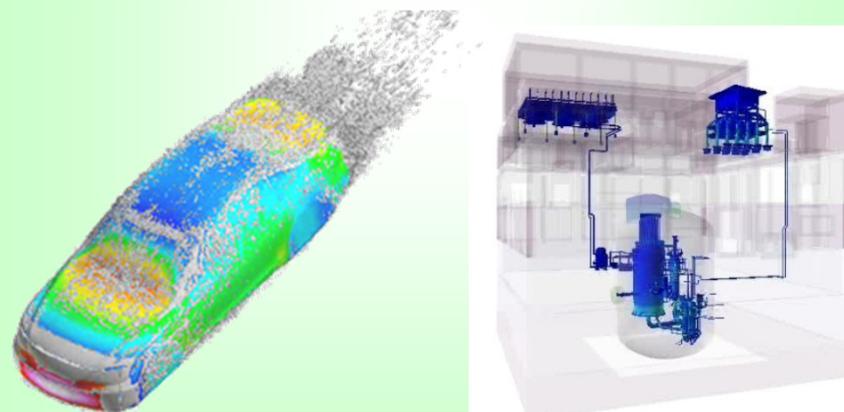
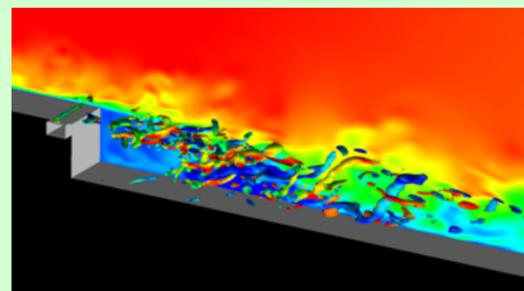
研究開発課題

東京大学生産技術研究所(代表機関)*
(独)日本原子力研究開発機構 (JAEA)
(独)宇宙航空研究開発機構 (JAXA)

研究内容

●概要

- [I] **プロダクトイノベーション**
社会基盤・民生機器の抜本的高効率化・
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
- [II] **プロセスイノベーション**
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
- [III] **安心・安全社会の構築**
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



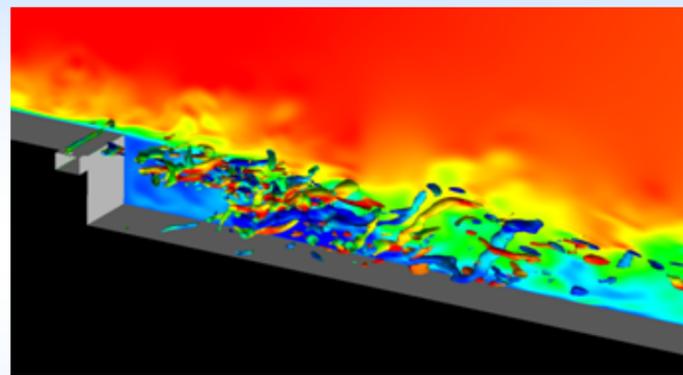
研究開発課題 [I] プロダクトイノベーション



研究内容

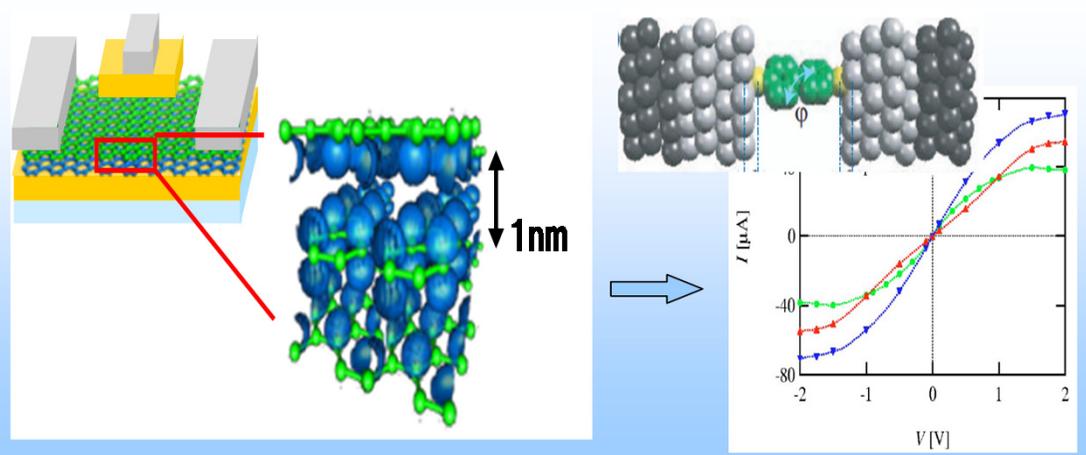
Product Innovations

[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



輸送機器・流体機器の流体制御による
革新的効率化・低騒音化の実現
(JAXA, 九大, 東芝, 他)

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
(物材研, 企業コンソーシアム)

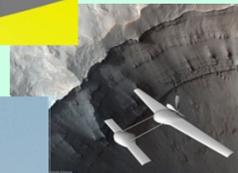
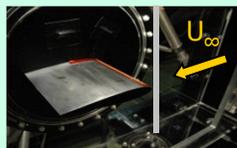
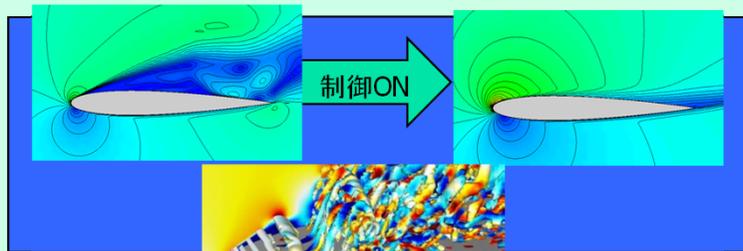


① 輸送機器・流体機器の流体制御による革新的効率化・低騒音化に関する研究開発 <成果展開の絵姿>



5年後の成果<ブレークスルー技術>

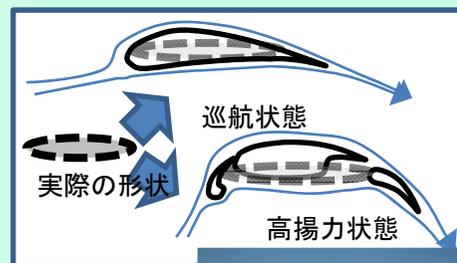
- 流体制御マイクロデバイスを利用した革新的な設計概念の有効性が実証され、明確な実利用に向けた道が示される。
- 実際の製品開発に必要な解析基盤ソフトウェアおよび知識基盤が整備される。
- 実用化に向けた企業との共同研究が実施されている。



実証 -> 利用

10年後の展開

- 共同研究を実施した企業により本提案の成果を利用した革新的な機器開発が行われている。
- 開発には、本研究で進められる知識基盤の獲得、開発・整備された解析基盤ソフトウェアが効率的な製品開発に貢献している。



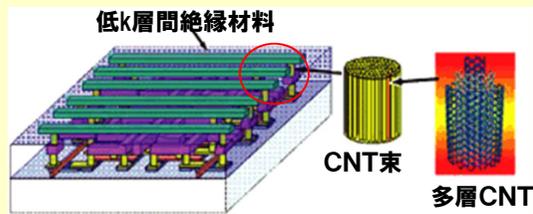
http://asiabiz.jp/newsasiabiz/2008/04/_g.html

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 <成果展開の絵姿>

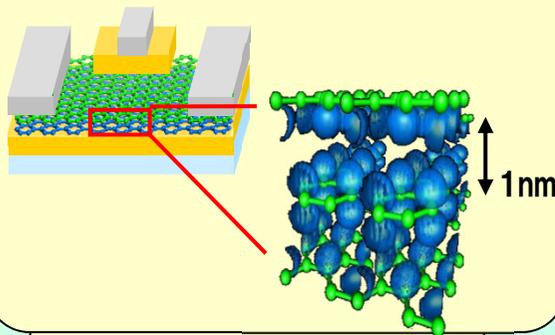


5年後の成果<ブレイクスルー技術>

- ナノスケール世代の配線技術:
CNT配線(ピア)

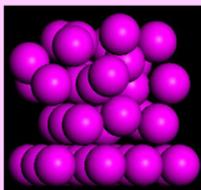


- ナノスケール世代の素子技術:
グラフェン・トランジスタ



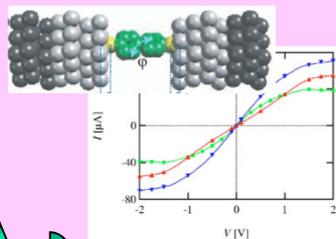
ナノ構造プロセス設計

CNT、グラフェン等の成長最適化
(10^4 原子規模のMD計算)



ナノ構造伝導特性解析

CNT、グラフェン等の材料特性解析
(電極を含めた大規模伝導解析)



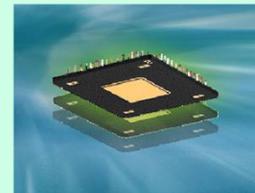
実証実験

解析・設計

産官学ナノエレクトロニクス関連プロジェクト

10年後の展開

- ナノ構造カーボンを活用した高性能・
低消費電力半導体ナノデバイス開発



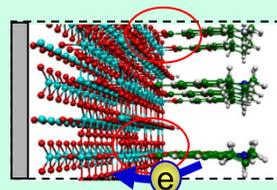
デバイス構造解析

デバイスまるごと解析による
最適設計
(10^6 原子規模の大規模解析)

Beyond CMOS領域でのナノ機能探索

新規材料のナノ構造設計・機能探索
(10^5 原子規模の電子物性解析)

- ナノ構造カーボン技術の新展開:
エネルギー変換デバイスの高性能化



エネルギー変換効率の質的向上

太陽電池、燃料電池等における
電子励起、キャリア注入プロセス
解析

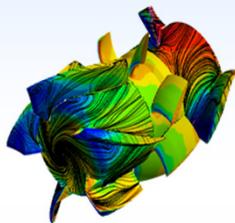
貴金属フリーデバイス探索

非白金触媒の設計
(10^5 原子規模の電子・原子
ダイナミクス解析)

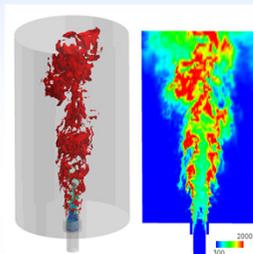
概要

Process Innovations

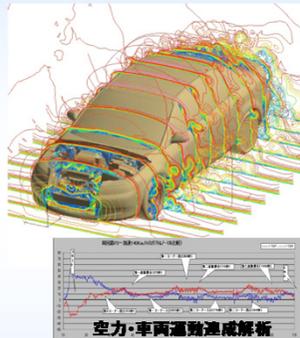
[II] 未来社会へ向けた価値の創造・製品化プロセスを抜本的に加速する次世代設計システムの研究開発



(富士通アドバンストテクノロジー株式会社、山洋電気株式会社との共同研究)



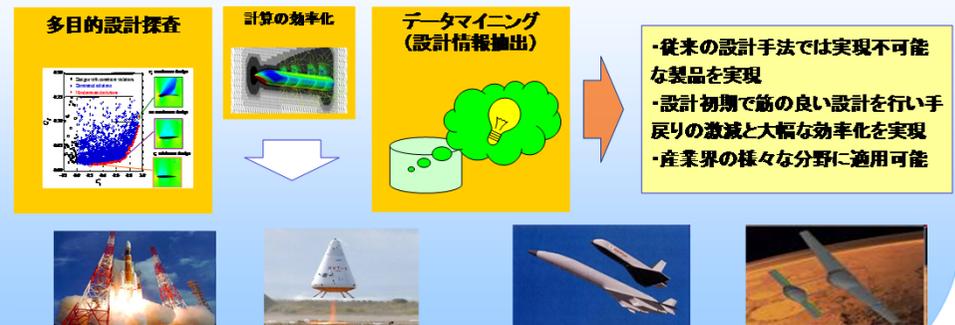
熱交換器内部の噴霧熱伝導解析



空力・車両運動連成解析

多目的設計探索による設計手法の革新に関する研究開発
(JAXA、東北大、企業コンソーシアム)

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
(東大、北大、企業コミュニティー)



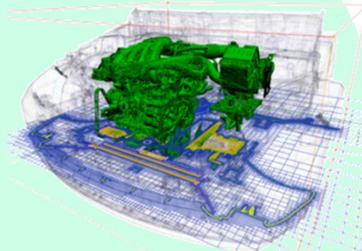
③ 乱流の直接計算に基づく次世代流体設計システムの研究開発 <成果展開の絵姿>



5年後の成果<ブレイクスルー技術>

設計プロセスの自動化と高速化

- ・10億点/2時間、CADデータ修正を必要としない格子作成
- ・プリからポストまでをほぼ1日で完了(既存の実験を上回る解析速度の実現)
- ・高速化による最適化シミュレーションの実用化



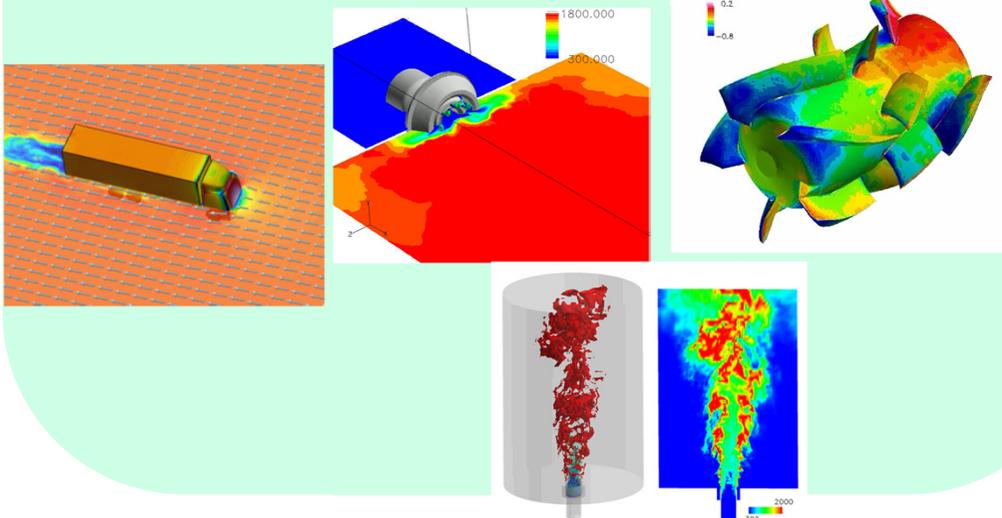
エンジンルーム内の2048³の8分木格子分割 (VCAD, データ提供: 日産自動車)

リアルワールドシミュレーションの実現

- ・長時間モニタリングによる運動挙動や音質の評価
- ・突風・追い越し等の危険度評価
- ・実機の燃焼効率や環境負荷の高精度予測

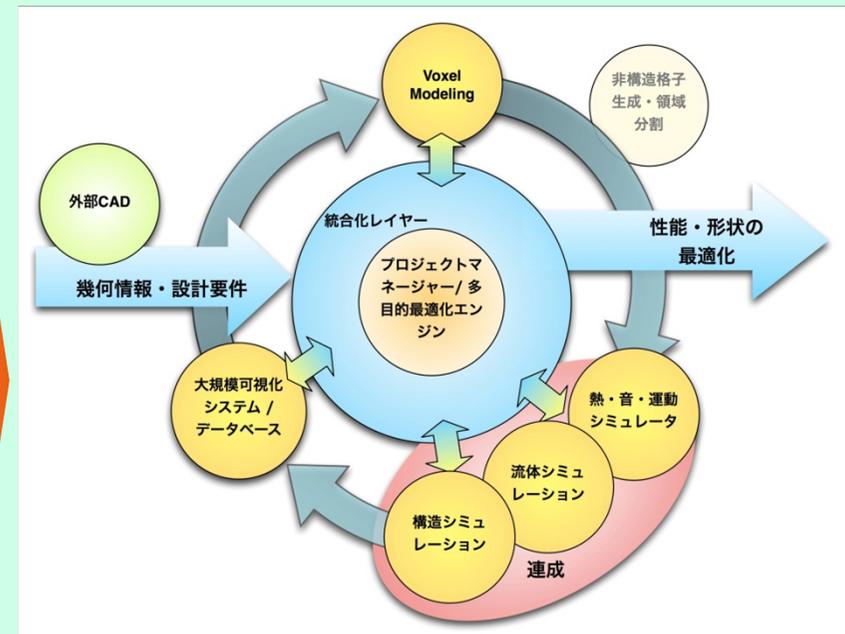
流動メカニズム解明と制御

- ・パッシブ制御による車両抵抗低減
- ・世界初の混相燃焼データベースの構築
- ・ファン騒音の抜本的低減



10年後の展開

熱流動の物理メカニズム理解に基づいた高度な設計制御技術の確立と、環境(CO₂、Nox等)と製品性能のバランスを目指したものづくりの実現



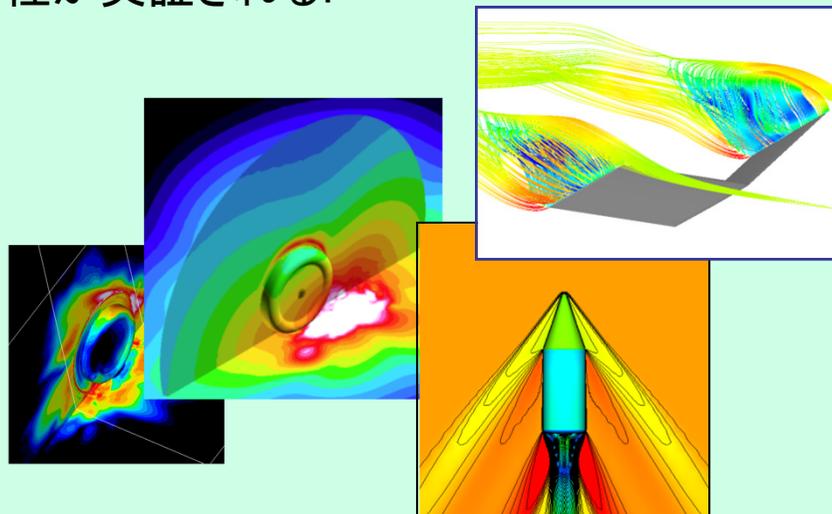
- 高精度予測技術(モデル試験と同等)と最適化技術(数万ケース)を組み合わせ革新的ターボ機械設計技術の確立
- マルチフィジックス, マルチスケール解析のマルチプラットフォーム解析基盤が構築
- 様々な計算パラメータ・解析データを管理するDMS(データマネジメントシステム), 解析結果から知識情報を抽出・分析するツール群などが整備→高度なものづくりが推進

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 ＜成果展開の絵姿＞



5年後の成果＜ブレイクスルー技術＞

- ①設計開発プロセスの大幅な効率化および高性能かつ高信頼性を有する製品の設計開発を可能とする多目的設計探査フレームワークが開発される。
- ②JAXA内の設計問題，ものづくり分野の他テーマの設計問題，および，企業のもつ実設計問題に利用され，多目的設計探査フレームワークの有効性が実証される。



10年後の展開

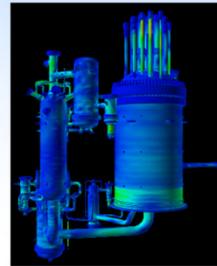
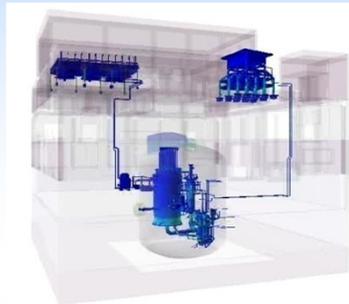
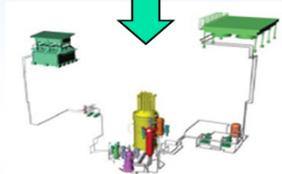
適用試行を希望した企業のみならず、一般の製造業界で本提案の成果を利用した機器開発が行われ、製品化に結び付く。さらに多目的設計探査が製造業のみならず広く一般の産業界やその他の分野で利用されるようになる。



概要

Creation of safe and secure society

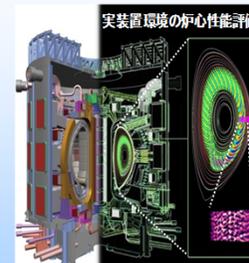
[III] 大規模プラントの信頼性を抜本的に向上させる 次世代安全性・健全性評価システムの研究開発



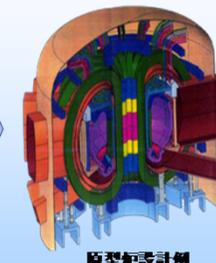
大規模シミュレーションに基づく核融合施設の次世代設計手法の研究開発
(NIFS、JAEA、東大、京大、電中研、他)

大型プラントの耐震設計支援シミュレーション技術(丸ごとシミュレーション 100億自由度規模)

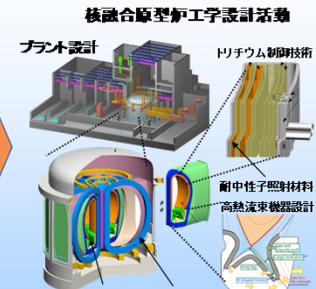
原子力施設等の大型プラントの次世代耐震シミュレーションに関する研究開発
(JAEA、東大、JAXA、他)



核融合施設設計の新手法を構築



原形設計例



核融合施設の全体設計データを提示

⑤ 原子力施設等の大型プラントの次世代耐震

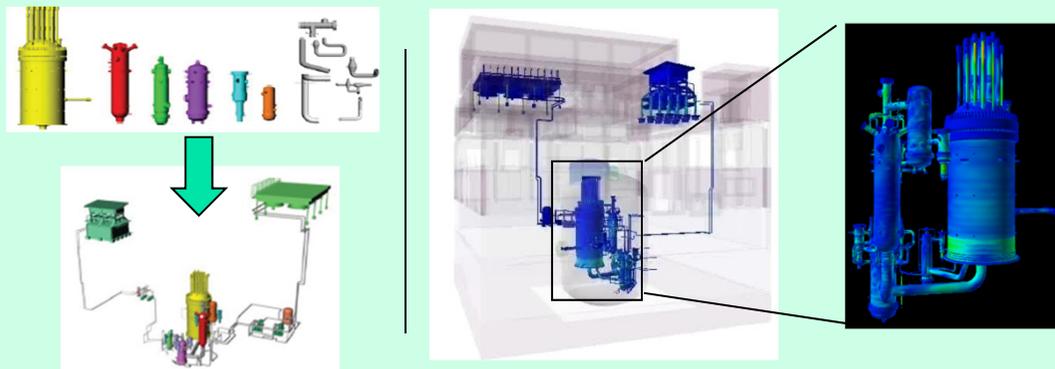
シミュレーションに関する研究開発<成果展開の絵姿>



5年後の成果<ブレイクスルー技術>

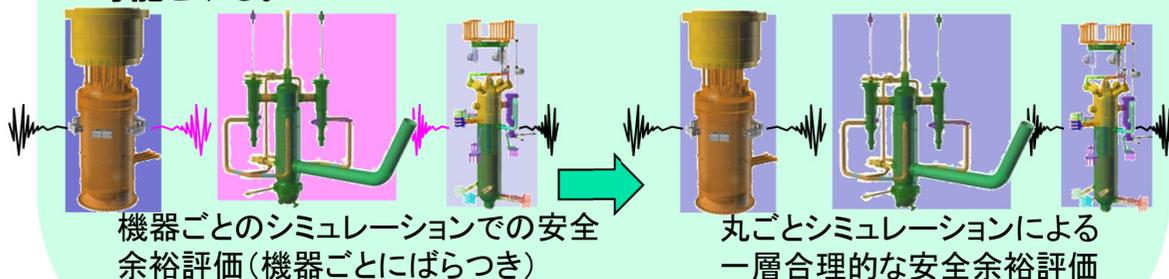
◆巨大かつ複雑な大型プラントの耐震設計支援シミュレーション

- 部品・機器集積によるメッシュ構築
- 大型プラントの丸ごとシミュレーション(100億自由度規模)



◆大型プラントの耐震性の“見える化”

- 大型プラント全体での安全余裕の分布を俯瞰的かつ詳細に把握可能とする。



機器ごとのシミュレーションでの安全余裕評価(機器ごとにばらつき)

丸ごとシミュレーションによる一層合理的な安全余裕評価

- ◆安全面やコスト面において国際的に競争力の高い大型プラントの実現

10年後の展開

- ◆研究開発体制として構築した産学官連携体制を継続的に維持し、本課題成果の企業内利用を計画的に進め、適用事例を蓄積する。大型プラントのみならず建築物や家電製品等の他産業分野への展開を進める。

適用事例蓄積におけるシナリオ例:

- 既設プラントの耐震性評価に適用
- 新設プラントの耐震設計/将来の既設施設バックチェックへの適用
- 次世代原子力施設のような革新的な大型プラントの基本設計時における耐震性評価

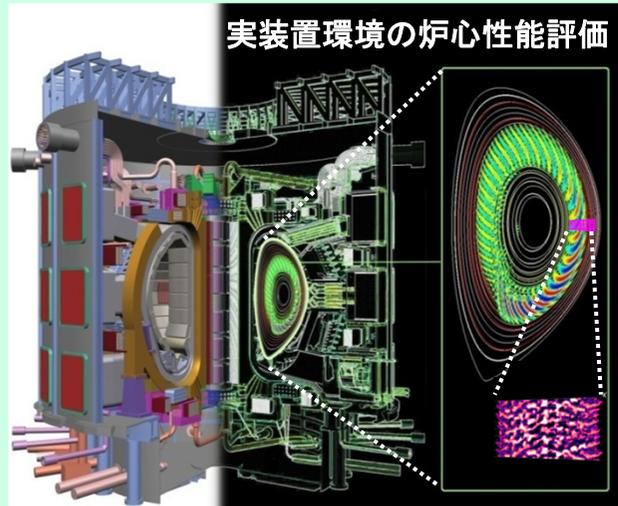
他産業分野への展開の可能性:

- 本課題のベースとなるADVENTUREコードはオープンソースコードとして多くの産業分野(電気、建築、自動車等)で利用されている。また、派生した商用コードも複数社により整備されており、本課題で開発した先端解析技術等が実用化され、他分野に適用される環境は整っている。

⑥ 大規模シミュレーションに基づく核融合施設の次世代設計手法の研究開発 <成果展開の絵姿>



5年後の成果<ブレイクスルー技術>



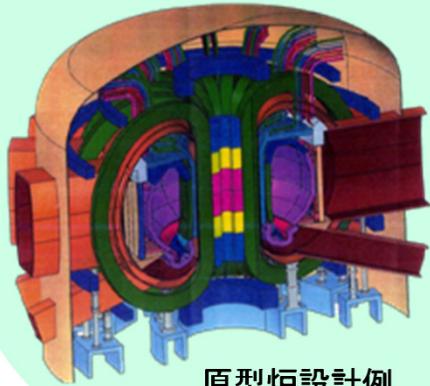
実装置環境の炉心性能評価

炉心健全性評価コード

実装置環境のペタスケール第一原理計算

既存実験データに対する検証・実証解析

信頼性の高い炉心性能データ提供



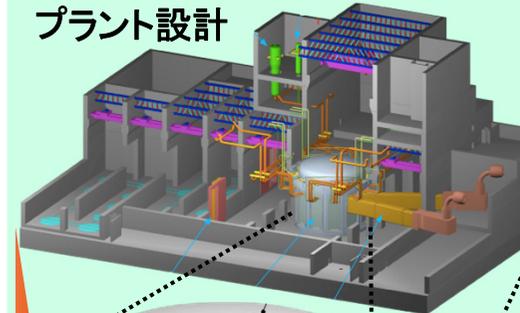
原型炉設計例

- 炉設計プラットフォーム
- ✓ 炉心設計に必要な実機試験をペタスケール計算で代替
 - ✓ 高精度炉心性能データに基づく炉設計の最適化技術
 - ✓ 産業界との連携による炉設計適用性評価・機能検証
- 核融合施設設計の新手法を構築

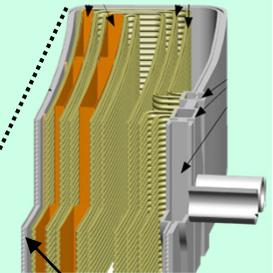
10年後の展開

核融合原型炉工学設計活動

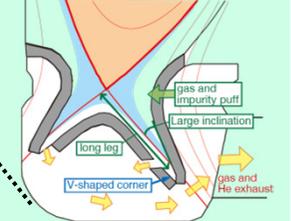
プラント設計



トリチウム制御技術



耐中性子照射材料
高熱流束機器設計

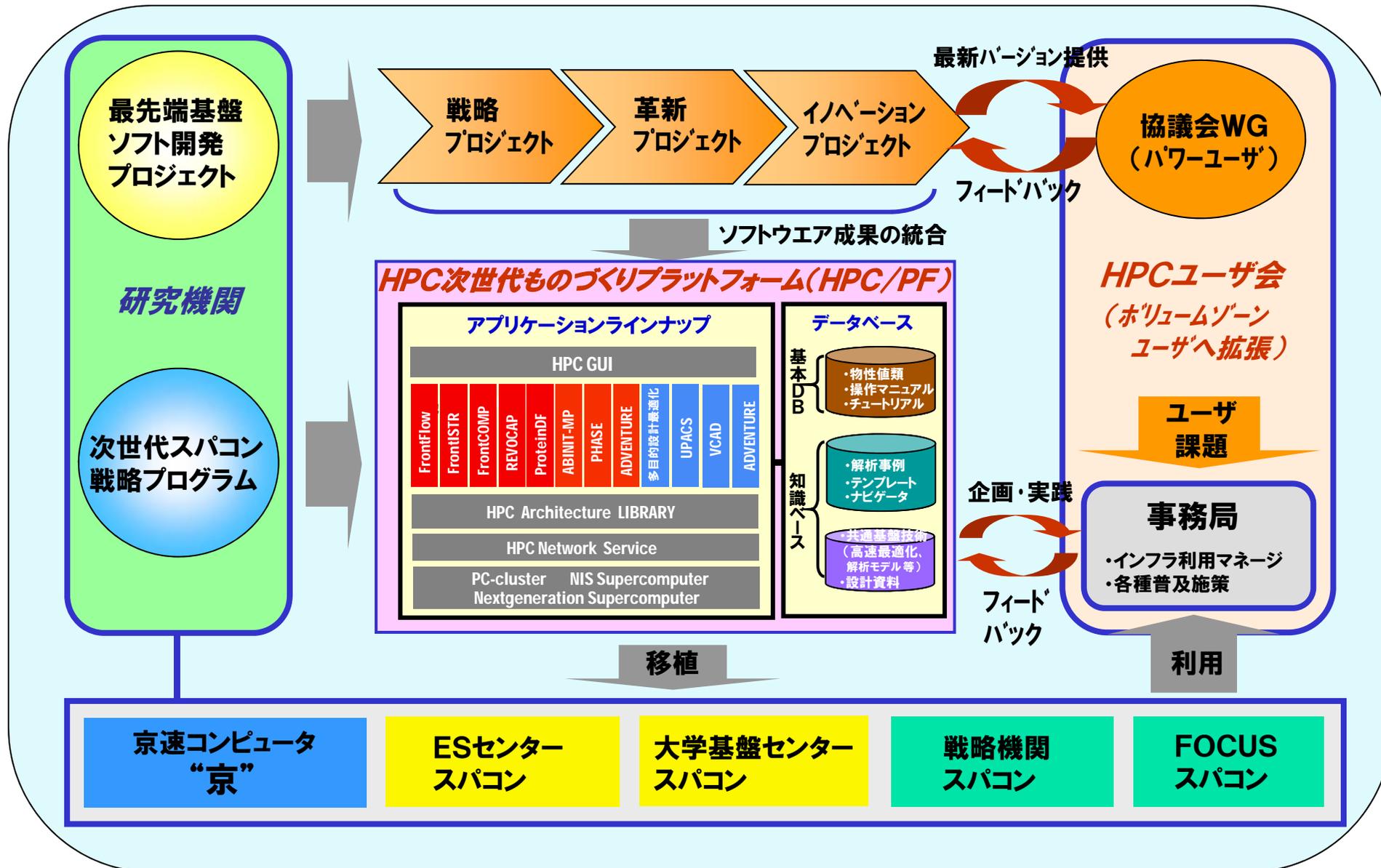


超電導技術

超高真空技術

国産炉設計プラットフォームを实用化し、産業界と一体となって核融合原型炉の工学設計活動を展開
核融合施設の全体設計データを提示

計算科学技術推進体制の構築



HPCものづくりインフラの構築・普及

計算機資源の効率的マネジメント

- **先導的課題対応:**
次世代スパコンの活用を前提とする先導的課題の推進のため、本格活用に至る準備段階でのNIS利用を含めた課題別の具体的利用計画を策定。
- **多様な産業ニーズ対応:**
多様な産業ニーズに効率的に応えるために戦略機関に専門窓口を設け、ニーズに応じた適正計算機資源利用のマネジメントを実施。

研究成果の普及

- **プラットフォームの構築・運用:**
超並列・高並列計算対応アプリケーション群とデータベースからなる「HPC次世代ものづくりプラットフォーム」を構築。これをスタンダードプラットフォーム化し、各レベルのHPCIに移植・運用。
- **利用者層拡大・普及促進:**
組織的に産業界の潜在需要の開拓を行いつつ、ユーザ事例の最適モデル化等きめ細かな技術支援を実施。普及のために導入・整備するハードインフラを含むHPCIに移植した上記プラットフォーム・アプリケーション群の利用を強力に牽引。

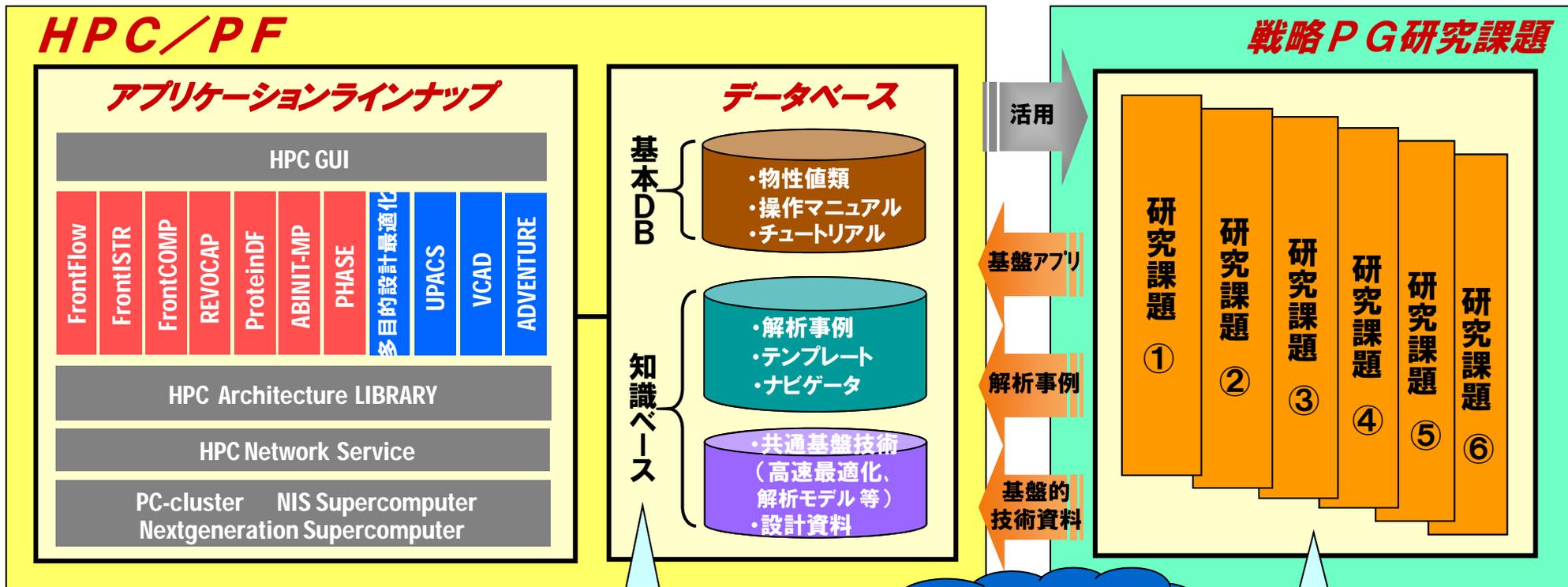
HPC人的資源の強化・育成

人材育成

- **先端的ソフトウェア開発者教育:**
ソフトウェア工学・計算機工学から本格的なシミュレーションソフトウェア設計・プログラミングまでを一貫的に行う実践的な先端的ソフトウェアの開発者教育を推進(大学院教育)。
- **先端的ソフトウェア利活用人材の育成:**
アプリケーションの利活用ノウハウ・最新のハードウェア・ソフトウェアの知識を習得し、企業の研究開発、設計等の場で活躍できる人材を創出するための利用者教育を、初・中・上級者ごとにきめ細かなカリキュラムにより推進(HPC産業利用スクール)。

人的ネットワークの形成

- **シンポジウムの開催:**
革新的HPCIによるシミュレーションのパラダイムシフトがものづくりの変革に及ぼす効果等につき、研究機関と産業界が一同に会して議論する場を提供。
- **ワークショップの開催:**
産業(または専門)分野ごとに分けた会場設定により、各分野に特有の課題に対するより具体的なHPCIの貢献等につき専門家間で議論する場を提供。



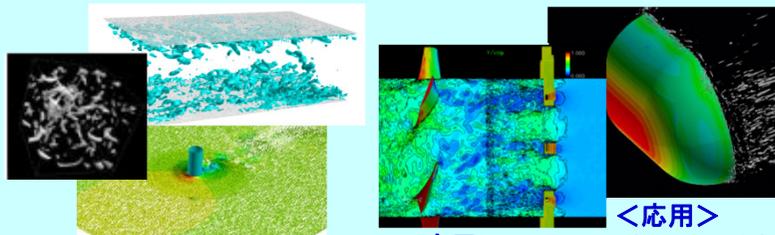
■ アプリ:基本機能はイノベーションソフトPJで開発

- アプリの特徴を事例で明示
- アプリの正確な利用法提示

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

Validation(妥当性確認) —— Verification(有効性確認)

<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

■ 各研究課題に特化したソフトウェアシステムの開発 (コンソーシアム内利用)

■ 基盤的アプリケーション、解析事例、技術資料の HPC/PFへの実装