

令和8年度

**「次世代計算科学グランドリーチプログラム」
(区分A)**

**スマート社会を加速する流体ソフト開発基盤
とエコシステムの構築**

代表機関名：理化学研究所

1. 研究開発内容

1. ものづくりHPC分野において高い実績を有する三つの国産流体ソフトウェアのコアカーネルを共通化し、理研ハードウェアチームと連携し、富岳NEXTに代表される**次世代GPUアーキテクチャ**向けに最適化し、**世界最速の3本の実用アプリケーション**を開発する。
2. **データファイルシステムを統合**し、統一的な学習データの出力や推論ネットワークの呼び出しを可能にし、富岳NEXT時代の**HPC/AI融合を飛躍的に加速**する。
3. 上記のコアカーネル、ファイルシステムおよびそれにアクセスするライブラリを全て**Git公開**し、幅広い開発者とユーザを巻き込む。
4. 上記ソフトウェア群によって、富岳NEXT時代にHPCの**産業応用を確実に実用化**する。
5. さらに新たな**社会課題**に取り組み、要求機能を上記ソフトウェアに実装し、**持続的な高度化**を図る。



富岳NEXT時代をターゲットに、既存の汎用OSSの延長や商用ソフトウェアでは達成できない**実効性能、高機能性、運用性、社会実装性**を備えた、国際流体ソフトウェアを基盤としたソフトウェアエコシステムを構築する。

1. 研究開発内容

- 富岳NEXT時代のHPCとAIの融合を飛躍的に加速させるソフトウェア開発戦略

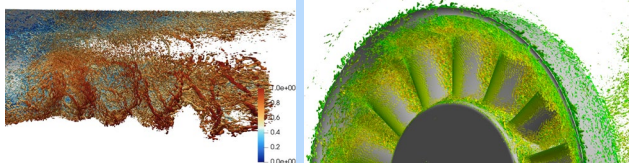
FrontFlow/blue

非圧縮性・圧縮性ナビエーストークス方程式

非構造格子

有限要素法

- 次世代ハードウェアに合わせたデータ構造
- 一千億要素規模の応用解析（世界最大）
- 2020年ゴードンベル賞ファイナリスト
- OpenACC(+一部CUDA)によるGPU対応済み

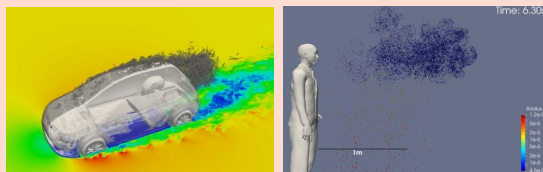


CUBE

弾塑性構造運動方程式

有限体積法

- 流体・構造強連成を含む複雑連成流体解析
- 汎用非構造格子に対してプリ処理を数百倍加速
- 2021年ゴードンベルCOVID-19特別賞受賞
- OpenMPとCUDA/HIPバックエンドでGPU対応済み



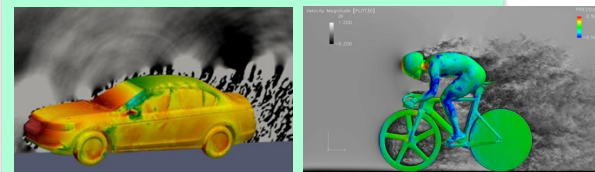
FFX

ボルツマン方程式

階層直交格子

格子ボルツマン法

- 低計算負荷・高速アルゴリズム
- 最大6,000億要素規模解析の実績
- OpenACCによるGPU対応済み



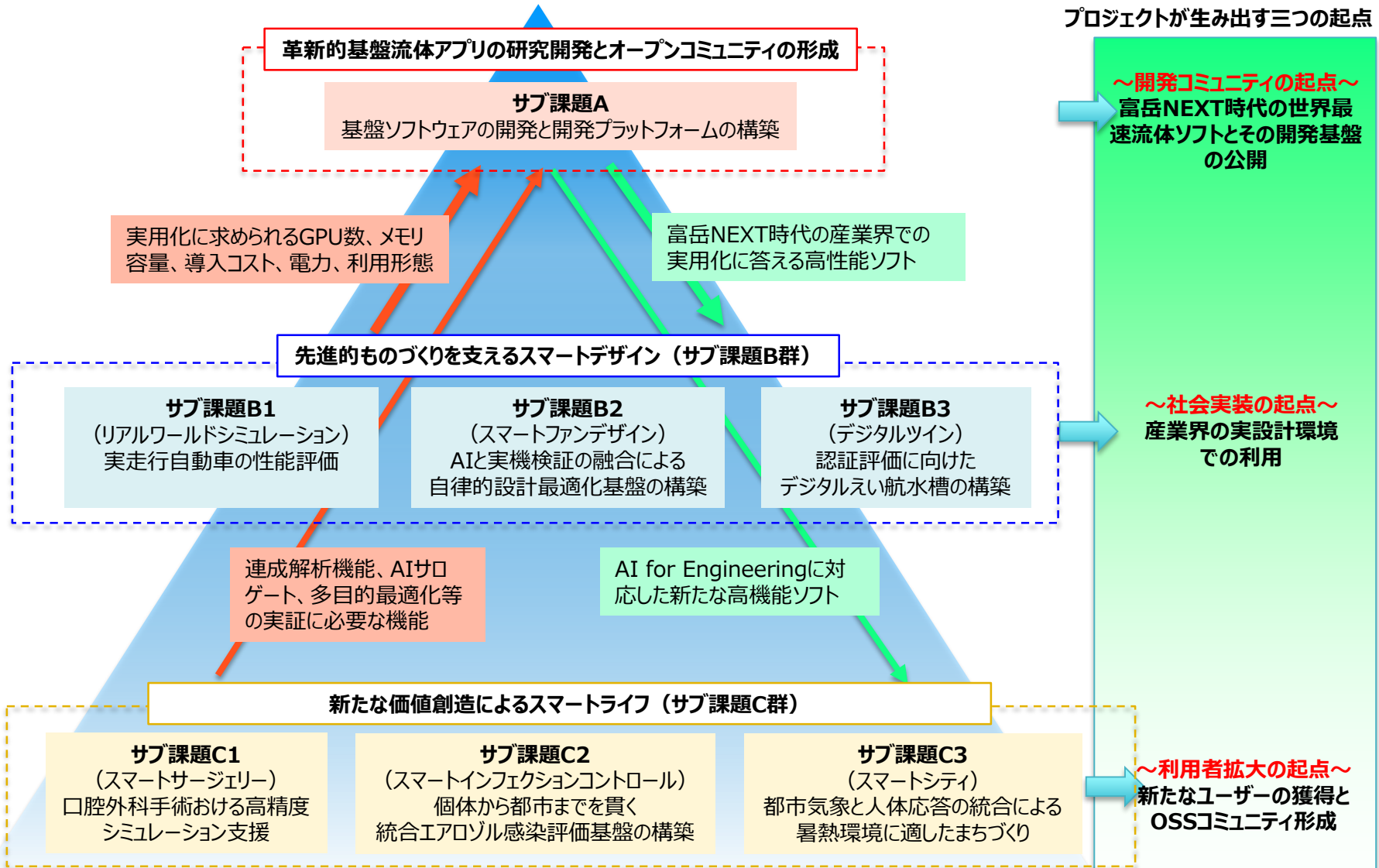
統合カーネルプロトタイプ開発と最適化

- 主計算カーネル
 - 先行するFFBのGPU実装成果をCUBE、FFXに展開
- 境界条件処理カーネル
- 並列通信のパッキング/アンパッキング
 - 今後、本プロジェクト内で開発

統合ファイルシステムプロトタイプ開発

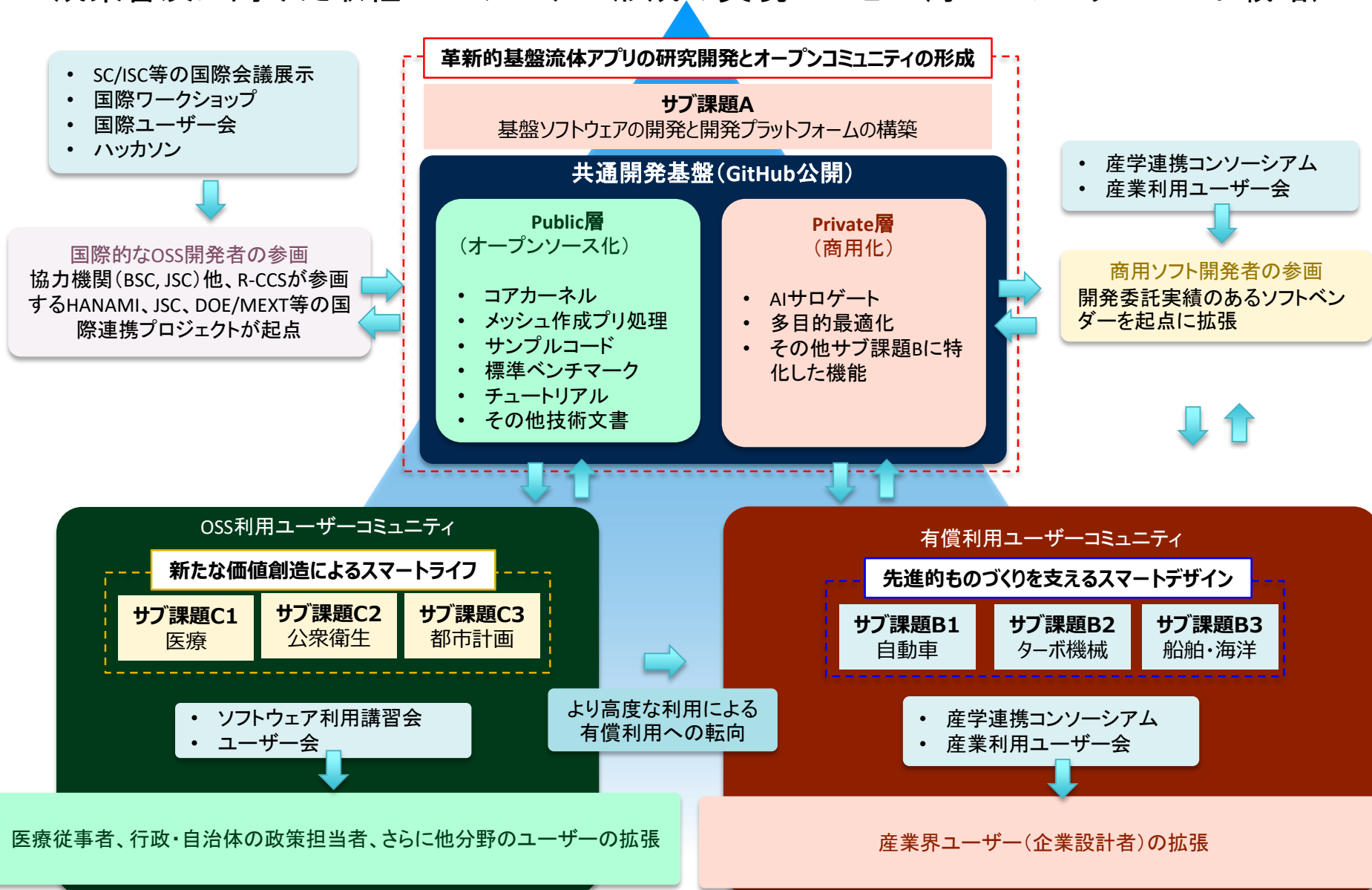
- AI学習用データ作成に必要な出力処理
 - ソフトウェア間で学習データの共有
- ネットワーク型壁モデルの呼び出し
 - ソフトウェア間で壁モデルの共用モジュール化

1. 研究開発内容



2. 成果の普及についての取組

- 成果普及に向けた取組: エコシステム形成の実現プロセス(オープン&クローズド戦略)



3. 実施体制及び人材育成の取組

革新的基盤流体アプリの研究開発とオープンコミュニティの形成

～サブ課題A:基盤ソフトウェアの開発と開発プラットフォームの構築～

主査：理研R-CCS/日本大学、協力：東京大学

国外連携：ユーリッヒスパコンセンター/バルセロナスパコンセンター/KTH王立工科大(スウェーデン)
/台湾ユーザーコミュニティ(国家高速ネットワーク・計算センター、国立成功大学、国立台湾技科大、国立中興大学)

先進的ものづくりを支えるスマートデザイン

～サブ課題B1:リアルワールドシミュレーション～
実走行自動車の性能評価

主査：広島大学、協力：豊橋技科大学/神戸大学

～サブ課題B2:スマートファンデザイン～
AIと実機検証の融合による自律的設計最適化基盤の構築

主査：日本大学、協力：東京大学/明治大学

～サブ課題B3:デジタルツイン～
認証評価に向けたデジタルえい航水槽の構築

主査：日本造船技術センター、協力：日本大学、東京大学

理研産学連携自動車コンソーシアム

(アイシン、スズキ、住友ゴム、デンソー、TOYO TIRE、トヨタシステムズ、トヨタ自動車、豊田中研、日産自動車、富士通、プリヂストン、本田技術研究所、マツダ、三菱自動車、JAXA、大阪府立大、神戸大、東大、豊橋技科大、広島大、北大、山梨大、名大、成蹊大)

ターボ機械協会分科会

(40の民間企業と16の大学等研究機関が参画)

国外連携：ミュンヘン工科大学/重慶理工科大学/武漢工科大学

国外連携：オークリッジ国立研究所/アルゴンヌ国立研究所

国外連携：アイオワ大学

新たな価値創造によるスマートライフ

～サブ課題C1:スマートサージェリー～
口腔外科手術における
高精度シミュレーション支援

主査：大阪大学、協力：神戸大学

～サブ課題C2:スマートインフェクションコントロール～
個体から都市までを貫く統合エアロゾル感染評価基盤の構築

主査：九州大学、協力：神戸大学

行政機関連携：内閣感染症危機対策統括庁

国内連携：国立健康危機管理研究機構

国外連携：デンマーク工科大学/RMIT大学(オーストラリア)/イェヴレ大学(スウェーデン)/ユニバーシティカレッジロンドン(英国)

～サブ課題C3:スマートシティ～
都市気象と人体応答の統合による
暑熱環境に適したまちづくり

主査：近畿大学、協力：理研R-CCS

国内連携：大阪ガス/ダイキン工業

自治体連携：大阪府/神戸市

4. 実施計画・成果指標の設定

Phase 1: Foundation & Strategic Design

令和8年度

富岳NEXT時代に向けた戦略的性能設計と開発基盤構築

- 共通開発基盤の構築
- 公開対象・OSS方針の策定
- 3ソフトウェアのカーネル・データ構造の精査
- 実証課題の社会実装のための性能要求の精査
- カーネル性能評価とボトルネックの特定



→ 目標性能仕様
統合カーネル設計方針
統合データファイルシステム設計方針

Phase 2: Integration & Advanced Capabilities

令和9～10年度

統合カーネルの実装と高機能化による次世代HPCシミュレーション基盤の確立

- 統合カーネルの設計・試作・実装
- 統合データファイルシステムの設計・試作・実装
- GPUアーキテクチャでの高速化と性能改善
- 連成解析、AI活用、最適化機能等の実装
- サブ課題B群、C群での実証
- 実証結果の共通基盤への還元



→ HPCソフトウェア基盤試作稼働
GPU最適化モジュール
新機能実装

Phase 3: Deployment & Ecosystem Expansion

令和11～12年度

社会実装の推進と国際HPCソフトウェアエコシステムの形成

- 改良版の実装と総合評価
- 安定化版への統合
- 開発基盤の安定運営化
- B群での社会実装拡大
- C群での利用者層拡大
- OSS運営体制確立
- 技術移転、共同運営体制の具体化



→ HPCソフトウェア基盤安定版稼働
産業・社会分野での実証蓄積
OSS開発者コミュニティの形成
持続的運営への移行