



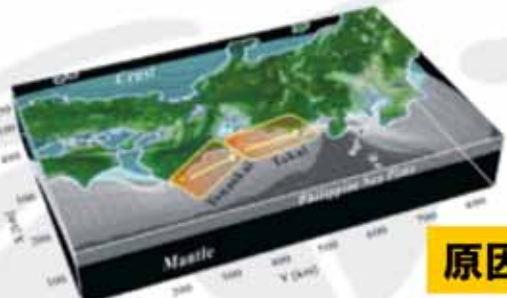
将来のHPCIシステムの在り方の調査研究
「高メモリバンド幅アプリケーションに適したHPCIシステム
のあり方に関する調査研究」
事業説明

小林広明

東北大学
サイバーサイエンスセンター
平成24年8月10日



将来のHPCIシステムに対する社会的・科学的ニーズ 安全安心な社会実現に向けて防災・減災に関する 海洋研究開発機構, 東北大学, 東京大学等の先進的取り組み: (戦略分野3地震津波課題)



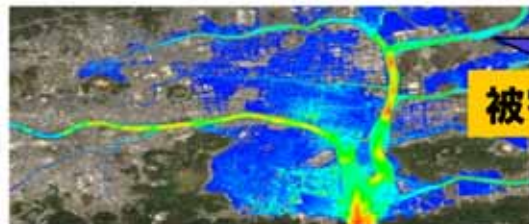
原因

- ① データ同化手法を用いた地震の発生シナリオの予測
- ② 高精度・高分解能の日本列島下地震波速度構造モデルの構築



地震・津波事象

- ③ 多様な構造物の被害予測に向けて、短周期地震動(5Hz以上)のシミュレーションの実用化



被害予測

- ④ リアルタイム観測データとの融合による津波予測の高精度・高速化、複合災害の予測



- ⑤ 都市全構造物の被害予測、地震被害が社会・経済に及ぼす影響の予測、及び避難シミュレーションの実施

高度化の真の目的

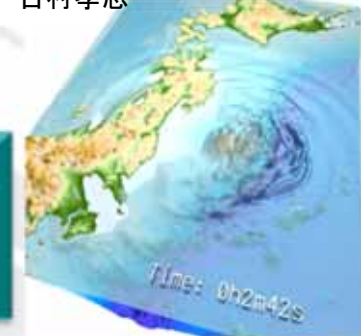
- (1) シミュレーションの高度化(高速、高精度)
自体は最終目的ではない
- (2) 個別要素モデルの統合・連成による
被害予測・軽減シミュレーションを実現
- (3) 地震・津波の予測から、被害の予測・軽減へ

(1) 地震の予測精度の高度化に関する研究

責任者: 東京大学 古村孝志

地震動&津波
&地殻変動

東北地方太平洋
沖地震シミュレーション
(Maeda and Furumura, 2011)

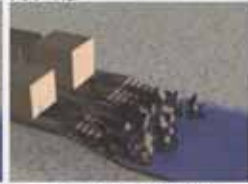


(2) 津波の予測精度の高度化に関する研究

責任者: 東北大学 今村文彦



丸太の遡上

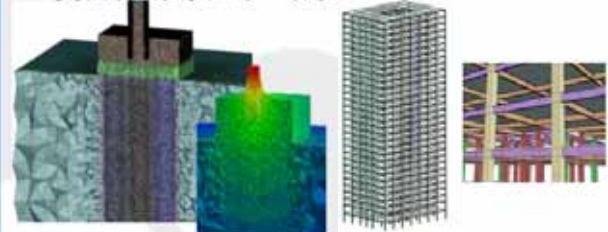


ブロックによる消波

JAMSTEC 坂口秀PD、西浦泰介研究員資料より

(3) 都市全域の予測精度の高度化に関する研究

責任者: 東京大学 堀宗朗



地盤とRC橋脚の連成解析 地盤と超高層ビルの連成解析

国産小型民間航空機空力設計への大規模空力解析技術の適用 (三菱航空株式会社)

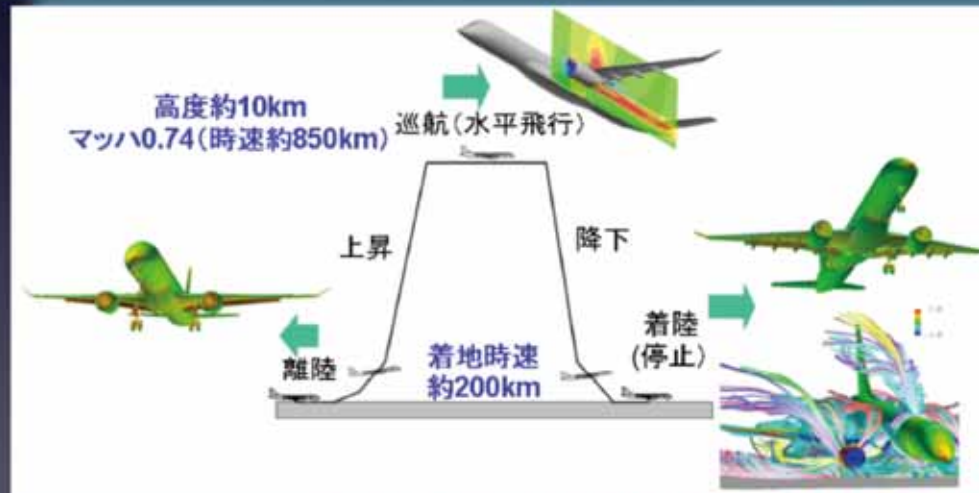
国内初のジェット小型航空機(MRJ)開発

環境負荷低減の為、同クラスで先行するジェット旅客機の燃費に対して、機体の軽量化・低抵抗化と新エンジンの搭載を含めて2割程度の燃費削減を目標とした機体MRJ (Mitsubishi Regional Jet)の設計開発

平成20年度より、東北大学のsx-9システムと東北大学工学研究科中橋教授が開発したTAS-Code (Tohoku Univ. Aerodynamic Simulation Code)を用いた全機全ミッションCFD解析を実施し、飛行試験前の最終版となる機体性能計算のための空力データを作成。MRJ開発スケジュールの維持に貢献

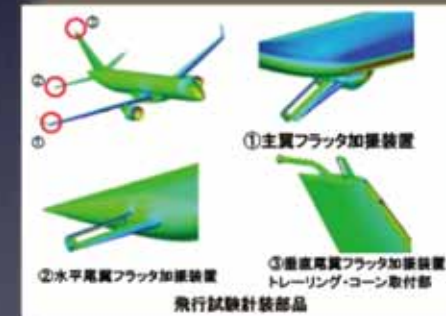


MRJ (参照：<http://www.mrj-japan.com/>)



全機全ミッションCFD解析

CFDの要素技術開発 (非構造格子法の格子生成・解析技術の高度化、大規模並列解析等) によって、離陸→上昇→巡航→降下→着陸→停止という航空機の一連の運用ミッションに適用可能とし、全機全ミッションCFD解析技術を確立



詳細部品模擬CFD

従来は風洞試験模型でも模擬が困難で、従来は理論及び経験に基づく簡易推算に頼っていた機体装備品の詳細部品をCFD解析において模擬し、機体構造設計のための詳細局部空力荷重設定や機体抵抗 (雑抵抗) の高精度化に寄与

社会的・科学的課題とその解決のための ターゲットアプリケーションに適したシステム設計に向けて

• 防災・減災,ものづくり分野のアプリケーションに必要なスパコンの性能・機能

連続体流体力学の計算が中心であり, いずれも演算量に対して相対的に物理変数が多く, スパコンとして特有な性能が求められる.

- 1) 演算性能に対するメモリバンド幅比が1B/F 以上の **高いメモリバンド幅と大容量のノードメモリ**
- 2) リアルタイム解析においては, ファイルシステムや外部とのデータのやりとりの高速化

東京大学 古村孝志教授による地震コードの解析

1. 速度変数のアップデート

$$\dot{u}_p^{n+1/2} = \dot{u}_p^{n-1/2} + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \sigma_{xp}^n}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yp}^n}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{zp}^n}{\partial z} + f_p^n \right) \Delta t$$

Load=84Bytes, FLOPs=32 → **メモリアクセス密度 Bytes/FLOP=2.6**

2. 応力変数のアップデート(非弾性体)

$$r_{xxl}^{n+1/2} = r_{xxl}^{n-1/2} - \frac{1}{\tau_o} \left[r_{xxl}^{n-1/2} + \left((\lambda + 2\mu) \left(\frac{\tau_{dl}^p}{\tau_{dl}} - 1 \right) - 2\mu \left(\frac{\tau_{dl}^s}{\tau_{dl}} - 1 \right) \right) \left(\frac{\partial \dot{u}_x}{\partial x} + \frac{\partial \dot{u}_y}{\partial y} + \frac{\partial \dot{u}_z}{\partial z} \right) - 2\mu \left(\frac{\tau_{dl}^s}{\tau_o} - 1 \right) \left(\frac{\partial \dot{u}_y}{\partial y} + \frac{\partial \dot{u}_z}{\partial z} \right) \right] \Delta t$$

$$\sigma_{xx}^{n+1} = \sigma_{xx}^n + \left\{ \left((\lambda + 2\mu) \left[1 - \sum_{l=1}^L \left(1 - \frac{\tau_{dl}^p}{\tau_{dl}} \right) \right] - 2\mu \left[1 - \sum_{l=1}^L \left(1 - \frac{\tau_{dl}^s}{\tau_{dl}} \right) \right] \right) \left(\frac{\partial \dot{u}_x}{\partial x} + \frac{\partial \dot{u}_y}{\partial y} + \frac{\partial \dot{u}_z}{\partial z} \right) + 2\mu \left[1 - \sum_{l=1}^L \left(1 - \frac{\tau_{dl}^s}{\tau_{dl}} \right) \right] \left(\frac{\partial \dot{u}_y}{\partial y} + \frac{\partial \dot{u}_z}{\partial z} \right) + \sum_{l=1}^L r_{xxl}^{n+1/2} \right\} \Delta t$$

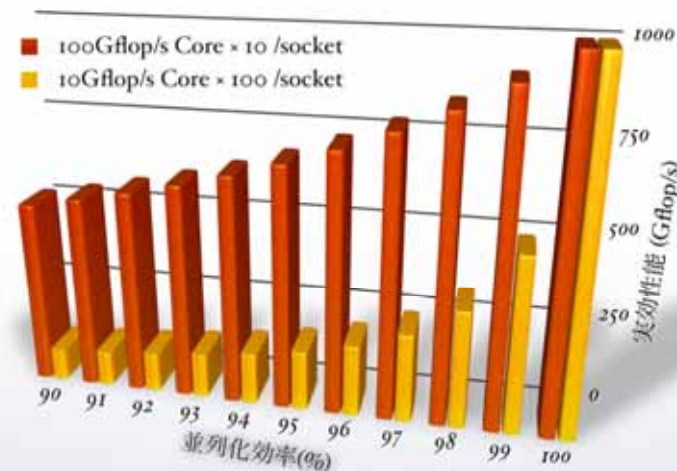
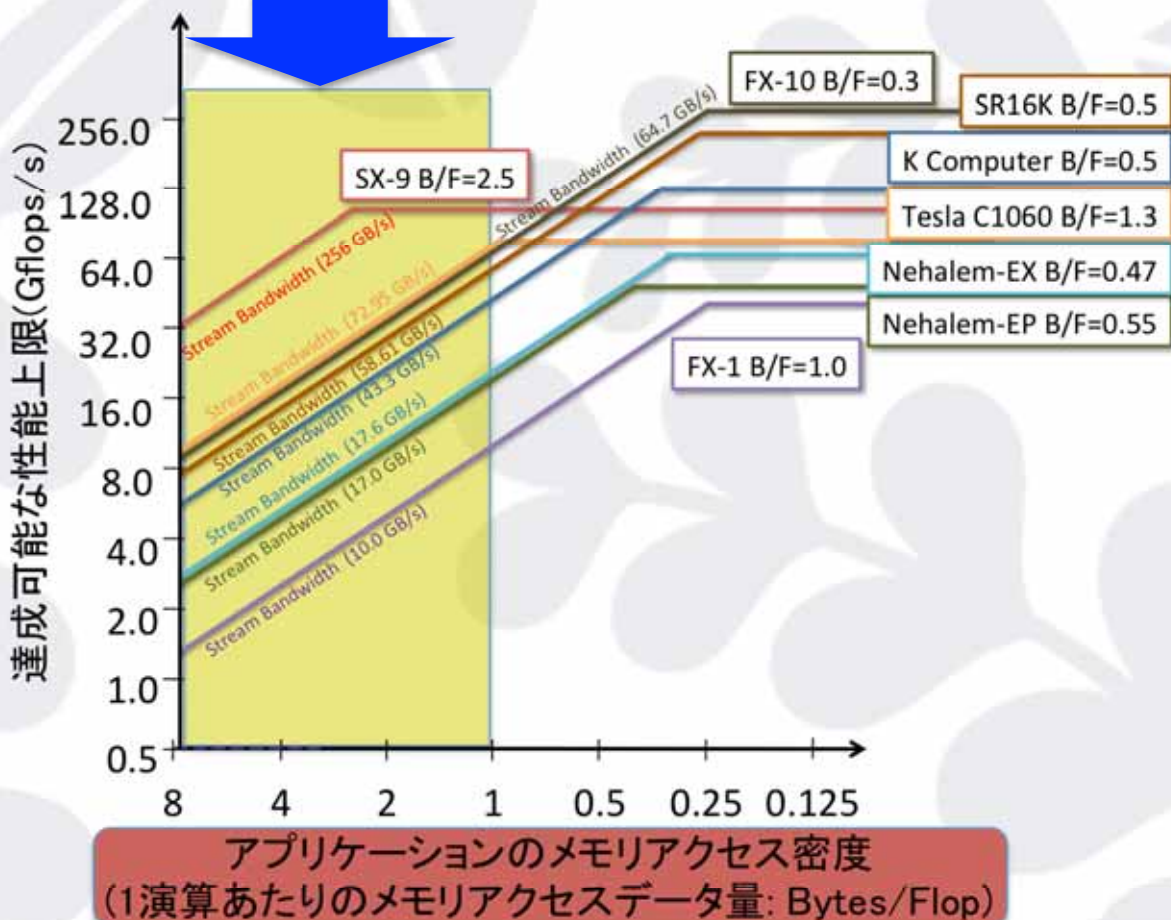
Load=176Bytes, FLOPs=169 → **メモリアクセス密度 Bytes/FLOP=1.0**



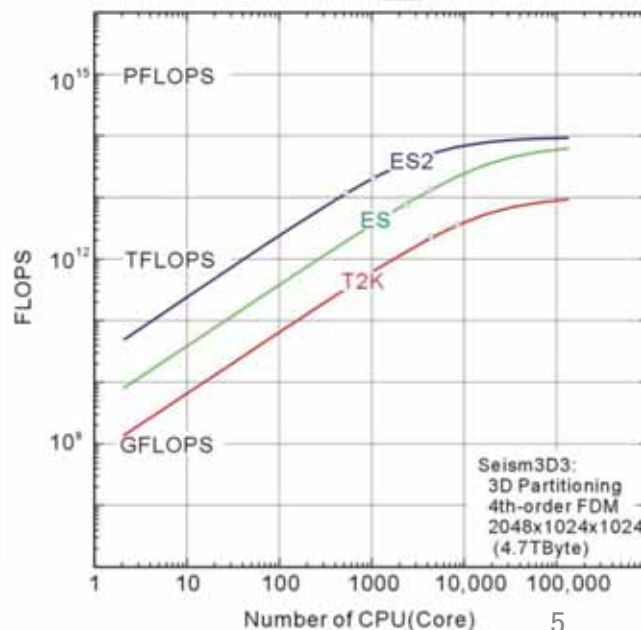


メモリ制約アプリの存在とその実効性能を制約する要因

このエリアのアプリは、メモリバンド幅が十分でない(B/Fが低い)現在のコモディティベースのシステムでは全くピークパフォーマンスの恩恵を受けられない (JAMSTECおよびサイバーサイエンスセンターにおける地震・津波・気象・電磁解析・流体等の実コード解析結果による(SC09,SC10, ParallelCFD, IPSJ Trans.2011, HPCS2011))



単一コア実効性能の重要性



本調査研究で明らかにすること



地震・津波に伴う被害想定



気象・気候に伴う災害想定



その他科学的な課題
(プラズマ, CFD等)

◇ 2020年頃に解決が求められる社会的・科学的課題の明確化とその解決のためのアプリケーションの検討・開発ロードマップの策定

– 自然災害, とりわけ地震津波による災害軽減を目指すため, 沿岸データを使用したリアルタイム津波予測・地震シナリオを含む津波ハザード予測・地震津波に伴う複合被害予測・集中豪雨等を含めた都市災害と避難の予測といった課題に取り組む. これらは津波が共通のキーワードであり, 特に本事業においては, 津波計算に関わるターゲットアプリケーションを用いたシステム評価や課題検討を中心に行う.

- 1) 自然災害に対する防災・減災, および先進ものづくり分野での社会的・科学的課題の明確化
- 2) 社会的・科学的課題を解決するための地震・津波・気象・気候, およびプラズマ・CFD等に関するターゲットアプリケーションの調査研究
- 3) ターゲットアプリケーションの実行に適したHPCIシステムの機能・性能要件の明確化
- 4) システム評価用ベンチマーク開発

◇ 上記ターゲットアプリケーションに適したHPCIシステムの検討・開発ロードマップの策定

– 地震・津波, 集中豪雨など都市災害の被害予測と避難予測に不可欠なアプリケーションがHPCIシステムに必要とする性能・機能を明らかにし, その実現のためのアーキテクチャおよびデバイス技術の検討を通じて, 2018年頃にシステムを実現するための開発ロードマップの策定を行う.

- 1) ターゲットアプリケーションの性能要件(例えば, 1B/F以上のメモリバンド幅・演算スループット比)を低消費電力で実現するためのアーキテクチャの調査研究
- 2) 大容量・低消費電力・階層型メモリサブシステムアーキテクチャ検討
- 3) アーキテクチャ, およびデバイスレベルでの低消費電力技術や耐故障技術と, OS, アプリケーションが協調してその効果の最大化を可能とするシステムソフトウェア技術の検討
- 4) オフラインシミュレーションの高速化に加え, 様々な時間制約の中でリアルタイムシミュレーションを実現する上で必要な将来のHPCIシステムが備えるべき機能・性能の明確化
- 5) ターゲットアプリケーションによるシステムの評価と2018年頃の実現を目指す開発ロードマップの策定



TOHOKU

体制と役割

東北大学

(事業・機関代表:小林広明)

災害科学国際研究所

サイバーサイエンセンター

情報科学研究科

電気通信研究機構

未来科学技術共同
研究センター

電気通信研究所

海洋研究開発機構

(機関代表 金田義行)

日本電気株式会社

(機関代表 橋本ユキ子)

東京大学

宇宙航空研究開発機構

大阪大学

北陸先端科学技術大学院大学

理化学研究所

東北マイクロテック株式会社

役割:社会的・科学的課題を明確にし、その解決アプリの検討と開発ロードマップの策定

アプリケーション検討
サブグループ

役割:ターゲットアプリにマッチしたHPCIシステムの検討とその開発ロードマップの策定

システム検討
サブグループ

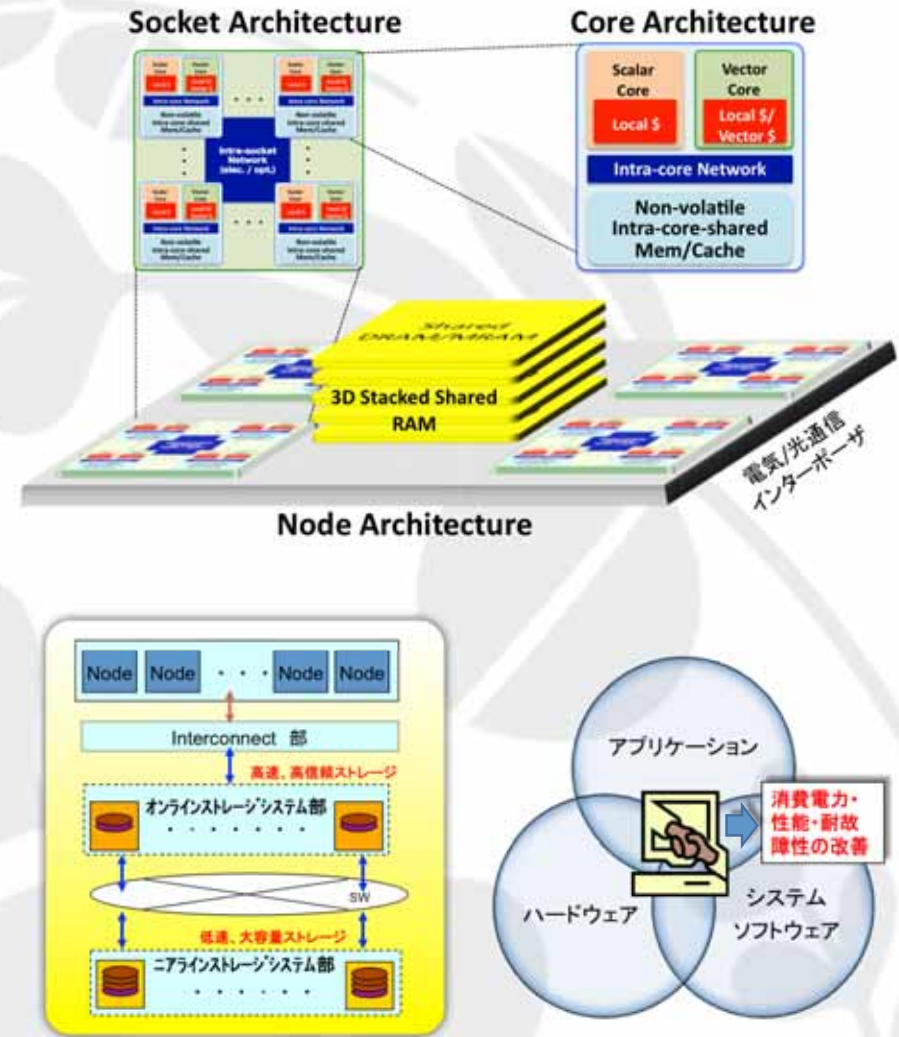
役割:アーキテクチャを実現する要素デバイス技術の検討とその開発ロードマップの策定

デバイス技術検討
サブグループ

アプリ・アーキテクチャ・デバイスのコデザインによる ベースシステムアーキテクチャ設計へのアプローチ



- 目的
 - 防災・減災, ものづくりなど高メモリバンド幅アプリケーションに適したシステムのあり方を追求
- アプローチ
 - 高メモリバンド幅・高スループットを低消費電力で実現するシステムを, アプリケーション, アーキテクチャ, デバイスの協調設計で実現
- FSでの調査研究対象
 - 1B/F以上を有するベクトルスカラ統合型マルチコアプロセッサアーキテクチャ
 - 高バンド幅・低レイテンシを低消費電力で実現する3次元実装技術
 - 電気・光通信シリコンインターポーザによる低消費電力・高バンド幅チップ間接続
 - 不揮発メモリを有する階層型ベクトルキャッシュ機構
 - ~10万ノードレベルをスケラブルに接続する高バンド幅ネットワークシステム
 - 観測データ・シミュレーションデータなど防災・減災ビッグデータも効率的に扱うための高密度・階層型スマートデータストレージシステム
 - アプリとシステムを連携させて, 消費電力・性能・耐故障性を向上させるためのシステムソフトウェアAPI





TOHOKU
UNIVERSITY

全体計画(H24.7~H26.3)



H24年度計画

