

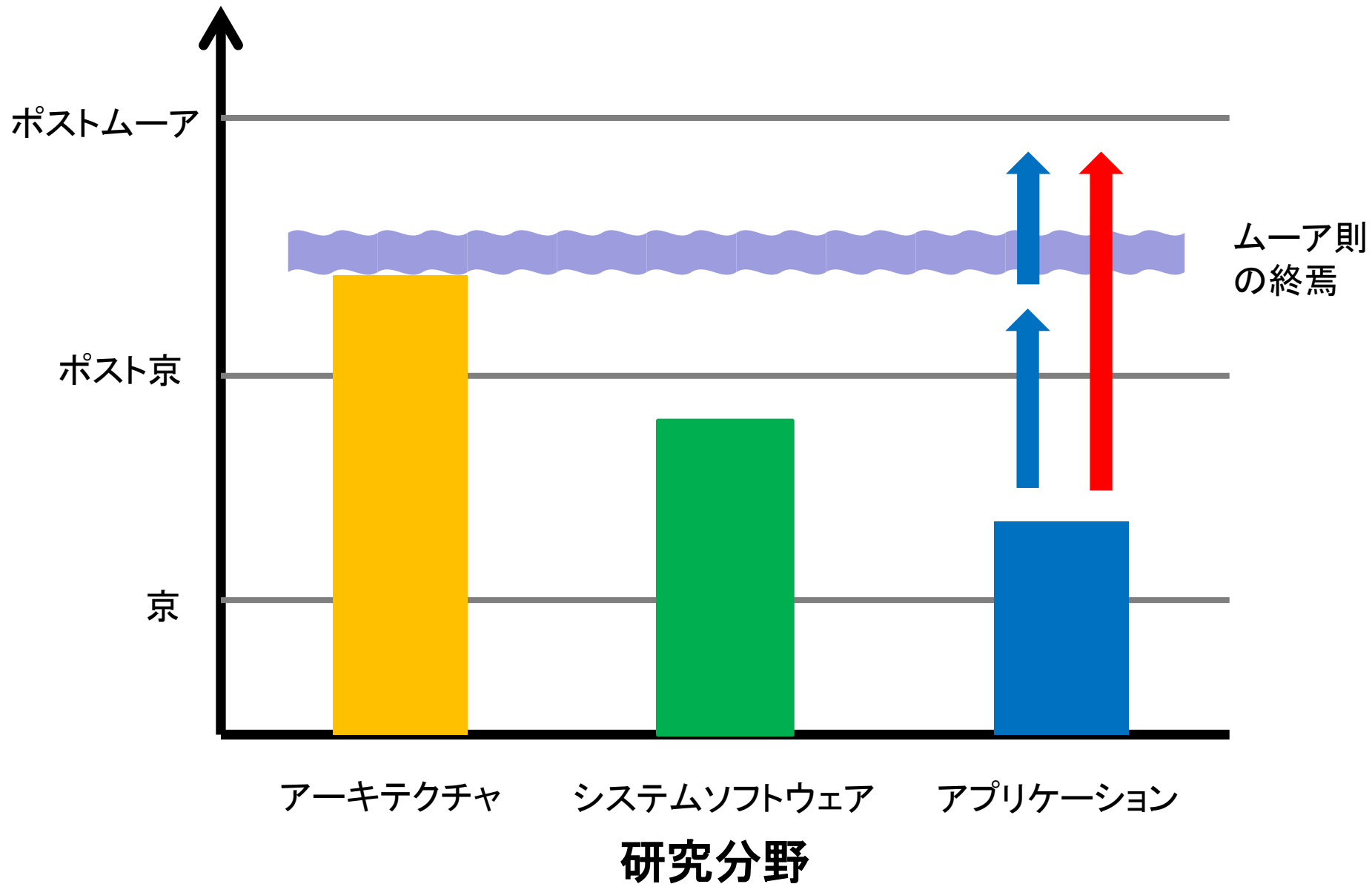
ポストムーア時代に向けた 数値計算アルゴリズムの深化

岩下 武史

(北海道大学情報基盤センター)

共同研究者：深谷猛(北大), 高橋康人(同大), 美舩健(京大),
藤井昭宏(工学院大), 伊田明弘(東大)

技術レベル



数値計算アルゴリズム／実装分野の研究ターゲット

並列度を使い切る

- **ポスト京でも必ず必要**

消費電力を抑えて演算性能をあげる

- 汎用プロセッサでは難しい
- GPGPUやPhi, FPGAなど、特定の計算や演算パターンへの特化、ハードウェア化に対応

メモリバンド幅の拡大、ノード間ネットワークの改善に関する利益を享受する

ターゲットにする計算カーネル

反復型ステンシル計算

時間発展型計算(時空間並列マルチグリッド)

密行列計算(H行列)

疎行列計算(線形反復法, FEM)

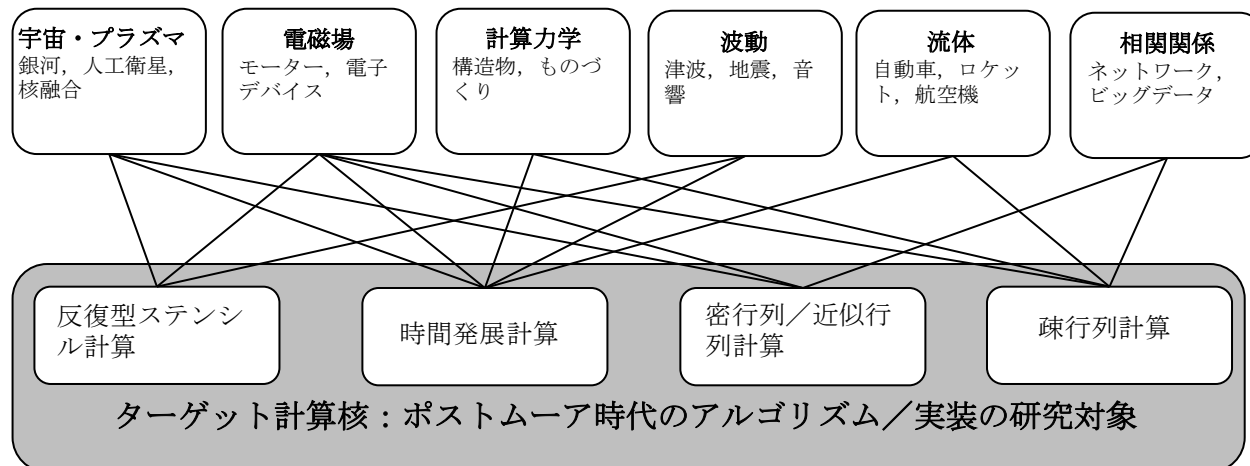
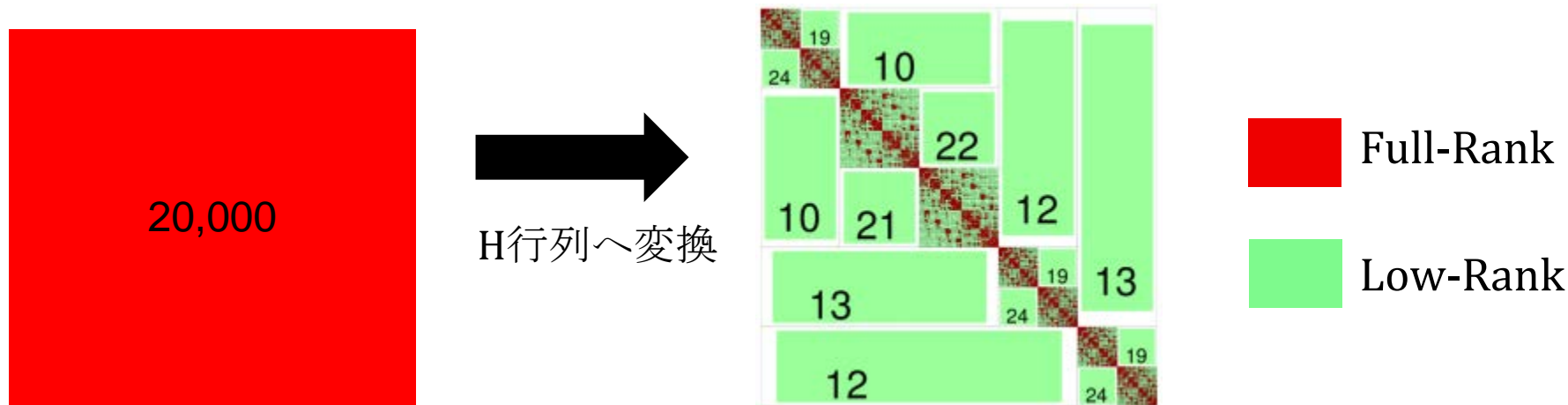


図1 研究対象とする計算核(解法)とその応用分野

H行列： 密行列を低ランク行列を用いることでより少ないデータ量で近似表現する技術



密行列

計算の精度を落とさずにデータ量を削減する

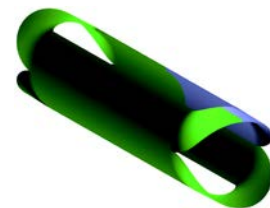
JST CRESTプロジェクト

国内外で初となるハイブリッド並列処理に基づく

分散H行列ライブラリ (HACApK) を開発

地震サイクルシミュレーション@京でも活用 (JAMSTEC, AICS)

超伝導コイル解析への適用 (京大)



メモリバンド幅増大の傾向に合致しておりポストムーア向け

課題

新しいメモリアーキテクチャへの対応
省電力実装 国際共同研究を開始 (テネシー大)

反復型ステンシル計算

時空間タイリングコードをベースに展開

直近的研究課題

大規模スレッド並列処理

マルチプロセス／スレッド実装

中期的研究課題(ポストムーアに向けて)

FPGA実装, アクセラレータ実装, 不揮発性メモリを利用した低消費電力実装

時間発展問題

直近の課題

時間方向への並列化

ポスト京～ポストムーア時代ではさらに大規模並列が求められる空間に加えて時間方向の並列化が必要

時間方向の並列化ではなんらかの収束解法が必要となるがその加速(時間方向マルチグリッド)が必要

大規模時空間マルチグリッドコード開発

AMGとの連携

中期的研究課題(ポストムーアに向けて)

実応用・計算科学アプリへの展開(実アプリ研究者との連携)

非線形電磁場解析への時空間マルチグリッド法の導入

密行列計算関係

境界要素解析, 積分方程式法, N体問題等が該当

高速な近似解法: FMM, **H行列**

直近的課題

H行列法の大規模スレッド並列実装, ハイブリッド並列実装の改良, FPGA/アクセラレータ実装

中期的研究課題(ポストムーアに向けて)

H行列同士の積, 和等のライブラリ開発
反復法ライブラリとの前処理連携

疎行列計算関係

有限要素解析等が該当し, 計算力学(構造), 電磁場, 流体, プラズマ等多くの応用分野が関係

ICCG法等の代表的な線形反復解法を対象

直近的研究課題

大規模スレッド並列処理

GPGPU, メニーコアプロセッサを活用する技術

中期的研究課題(ポストムーアに向けて)

FPGA実装, ポストムーアアーキテクチャへの対応

実応用プログラムへの展開(**アプリグループ内連携**)

大規模有限要素解析コード新規開発も視野に

共同研究・コードザインの必要性

アーキテクチャ ⇒ アプリケーション

- ポストムーアアーキテクチャに基づいたアルゴリズム・実装方式の開発

アプリケーション ⇒ システムソフトウェア / アーキテクチャへ

- 代表的なアルゴリズムがどういう形になるのか

アプリケーション ⇔ システムソフトウェア

- ポストムーア時代に適合するプログラミングスタイルを検討

研究推進の基盤(既存研究成果)

反復型ステンシル計算

- 3次元FDTD法の時空間タイリングコードの開発とその性能パラメータの自動チューニングを国内外で初めて報告
 - T. Minami, M. Hibino, T. Hiraishi, T. Iwashita and Hiroshi Nakashima, “Automatic Parameter Tuning of Three-Dimensional Tiled FDTD Kernel”, iWAPT2014, Eugene, USA.
 - 南武志, 高橋康人, 岩下武史, 中島浩; 「キャッシュメモリを考慮した3次元FDTDカーネルの性能改善」, 情処論(ACS), Vol. 4, (2011), pp. 70-83.

時間発展問題

- 非線形電磁場有限要素解析において, 時間方向並列処理, 2レベル時間方向マルチグリッドに関する報告
 - Y. Takahashi, T. Tokumasu, K. Fujiwara, T. Iwashita and H. Nakashima, “Parallel TP-EEC Method Based on Phase Conversion for Time-Periodic Nonlinear Magnetic Field Problems”, IEEE Trans. Magn. Vol. 51, (2015).

研究推進のための基盤(既存研究成果)

密行列計算関係

- JST CRESTにおいて、並列境界要素解析フレームワーク、分散H行列ライブラリを開発
- ハイブリッド並列化されたH行列のライブラリは他に例がない
 - A. Ida, T. Iwashita, T. Mifune and Y. Takahashi, “Parallel Hierarchical Matrices with Adaptive Cross Approximation on Symmetric Multiprocessing Clusters”, JIP, Vol. 22, (2014), pp. 642-650.
 - A. Ida, T. Iwashita, M. Ohtani and K. Hirahara, “Improvement of Hierarchical Matrices with Adaptive Cross Approximation for Large-scale Simulation”, Journal of Information Processing, Vol. 23, No.3, (2015), pp. 366-372.

疎行列計算関係

- 並列線形反復法、代数マルチグリッド法等に数多くの実績
 - T. Iwashita, H. Nakashima and Y. Takahashi, “Algebraic block multi-color ordering method for parallel multi-threaded sparse triangular solver in ICCG method”, IPDPS 2012, China.

Sapporo Summer HPC seminarを2015年7月に北大で
開催

- カーネギーメロン大学Franchetti准教授が参加，継続的に共同研究について議論中（SC15にて）

テネシー大学Yamazaki博士との共同研究

- H行列のGPU実装等について