



研究目的 電磁場解析の高度化

電磁場解析 — 電気機器や電子デバイスの設計に必須のツール

- 高周波電磁場解析: アンテナ設計, EMC等
- 低周波電磁場解析: モータ, 発電機等

電磁場解析の課題
 解析の高速化 — 設計期間の短縮が求められている
 解析の高精度化 — 高精度設計が求められている

本課題で取り組む研究内容

- FDTD法の高速化**
高周波電磁場解析において最も広く利用されている3次元FDTD法の高速化を行う。時空間タイリングによる高速化に取り組む
- ヒステリシスを考慮したモータ解析**
ヒステリシスモデルを導入した高精度なモータ解析に取り組む。時間方向並列化を用いた高速化を行う。
- 時間発展型解析, 非線形解析の高速化**
モータ解析等で行われる時間発展型の解析や非線形解析の高速化を行う。新しい誤差修正法による高速化に取り組む。

時空間タイリングによる3次元FDTD法の高性能化

FDTD法 [Yee, 1966]

```

for(t=0; t<tnt; t++)
for(i=1; i<=nx; i++)
for(j=1; j<=ny; j++)
for(k=1; k<=nz; k++)
m=mid(i,j,k);
Ex(i,j,k) = Ce[m]*Ex(i,j,k)
+ Cery[m]*(Hy(i,j,k+1/2) - Hy(i,j,k-1/2))
+ Cez[m]*(Hx(i,j,k+1/2) - Hx(i,j,k-1/2));
Ey(i,j,k) = ...;
Ez(i,j,k) = ...;
}
for(i=1; i<=nx; i++)
for(j=1; j<=ny; j++)
for(k=1; k<=nz; k++)
m=mid(i,j,k);
Hx(i,j,k) = Hx(i,j,k)
+ Chyx[m]*(Ez(i,j,k+1/2) - Ez(i,j,k-1/2))
+ Chyz[m]*(Ey(i,j,k+1/2) - Ey(i,j,k-1/2));
Hy = ...;
Hz = ...;
}
    
```

- FDTD法は**反復型ステンシル計算**。
- 素朴に実装した場合, **メモリバンド幅に性能が律速**。
(メモリアクセスコストがボトルネック)

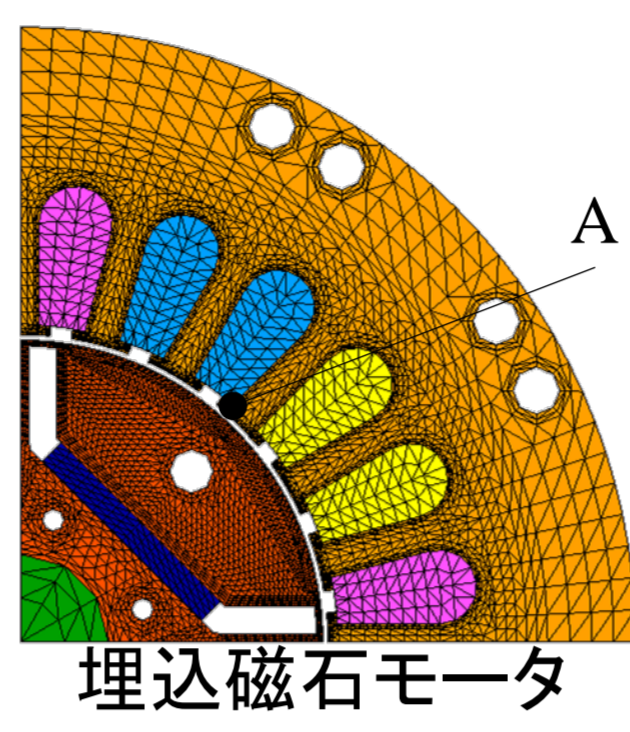
従来の実装 [南他, 2013]

平行四辺形型タイルを採用。冗長計算なしに空間的局所性の向上を実現。
タイル内処理をスレッド並列化。
 並列数の上限あり(タイルサイズはキャッシュサイズ以下)

本課題

ダイヤモンド型タイルを採用。同型のタイル(山or谷)の間で処理の依存関係なし。
タイル単位でスレッド並列化。
 今後のマルチコア・メニーコアCPUの高い並列性を活用可能

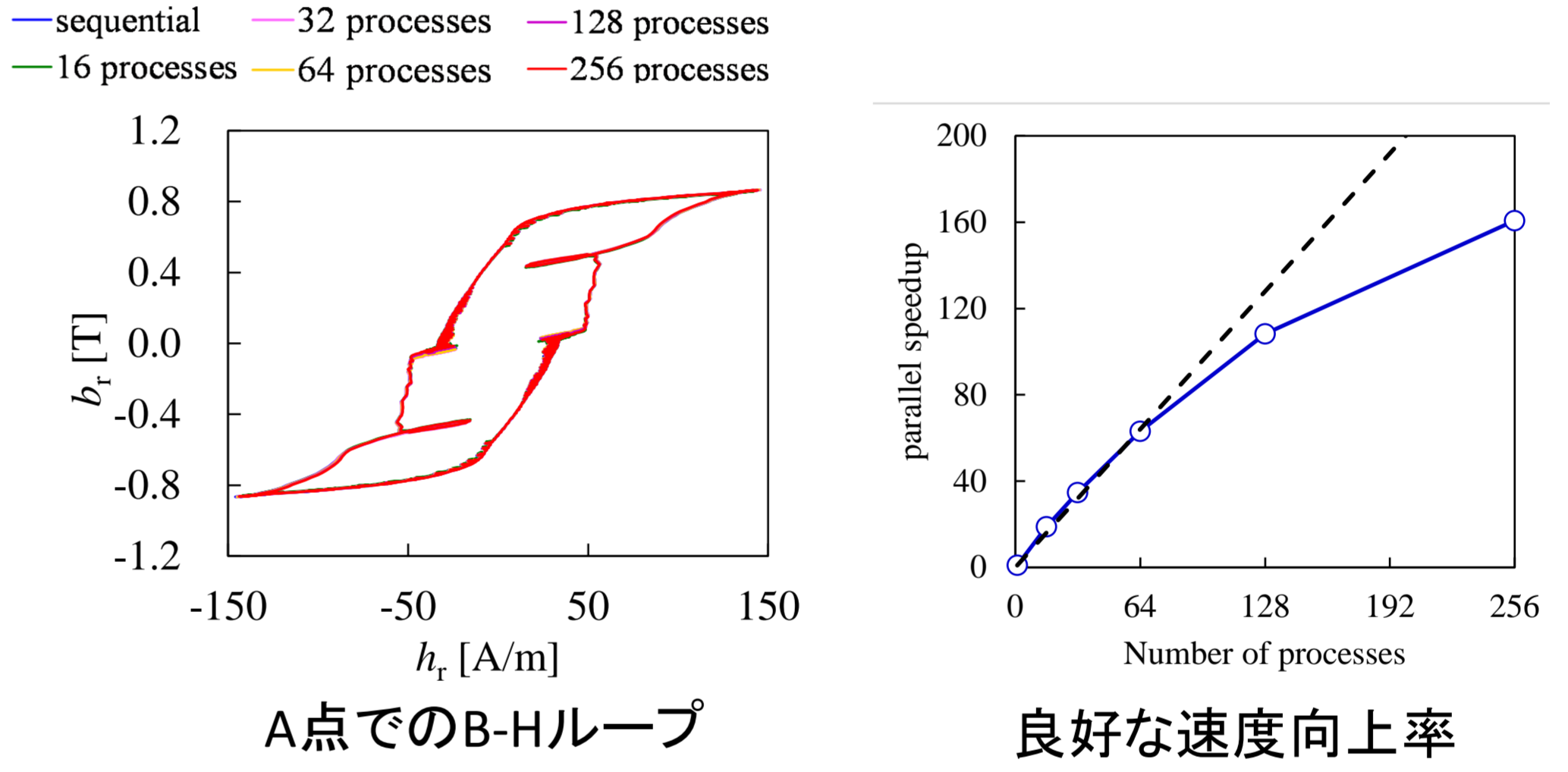
ヒステリシスを考慮した回転機解析の高速化



- **磁気ヒステリシスを考慮した磁界解析**では, 磁化曲線に基づく通常の磁界解析と比べて**計算コストが大幅に増加**
- 現在の磁化状態が履歴に依存するため, 本質的に**過渡解析が必要**

提案アプローチ

並列TP-EEC法 (時間領域での並列FEM) による未知変数の補正 + **暫定的磁束密度波形に基づく磁化履歴の補正**



新しい誤差修正法による電磁場解析の高速化

過渡応答問題 / 非線形問題の有限要素解析
 同一 or 類似の係数行列を持つ多数の連立方程式
 $Ax_1 = b_1, Ax_2 = b_2, Ax_3 = b_3, \dots$

提案アプローチ
 先行する方程式の求解プロセスから高速求解を妨げる要因を抽出し, 反復求解アルゴリズムを自動修正

