



地球シミュレータ共同プロジェクト
「並列処理言語HPF (High Performance Fortran) を用いた大規模
並列実行の性能検証および新規機能の検討」

平成16年度 地球シミュレータ利用報告

岡部 寿男

京都大学 / HPF推進協議会



メンバー

- 岡部 寿男 (京都大学)
- 村井 均 (地球シミュレータセンター)
- 秦 万美子 (地球シミュレータセンター)
- 坂上 仁志 (兵庫県立大学)
- 窪田 昌史 (広島市立大学)

※ プロジェクトの進行にあたり、「HPF推進協議会」と連携を行っている。



目的

- HPFで並列化された実アプリケーションの評価
 - HPFコンパイラの諸機能の有効性の検証
 - HPFによるプログラミング手法の確立
- ➡ ● 並列計算を容易に利用できる手段を提供
- 計算科学の振興



計画

- 1年目 (平成14年度) 終了
 - 実アプリケーションの並列化と評価
 - ベンチマーク評価
- 2年目 (平成15年度) 終了
 - ベンチマーク評価
 - 実アプリケーションにおいて、様々なコーディング技法を評価
- 3年目 (平成16年度) 本年度
 - 大規模実アプリケーションの評価 (継続)
 - 拡張言語仕様の提案と、プリプロセッサによる実装と評価



今年度の成果

- 実アプリケーションの評価
 - 全球大気シミュレーション
- ベンチマーク評価
 - SPEC OMP
- 言語仕様の検討と、プリプロセッサによる実装・評価
- HPF/ESコンパイラの強化

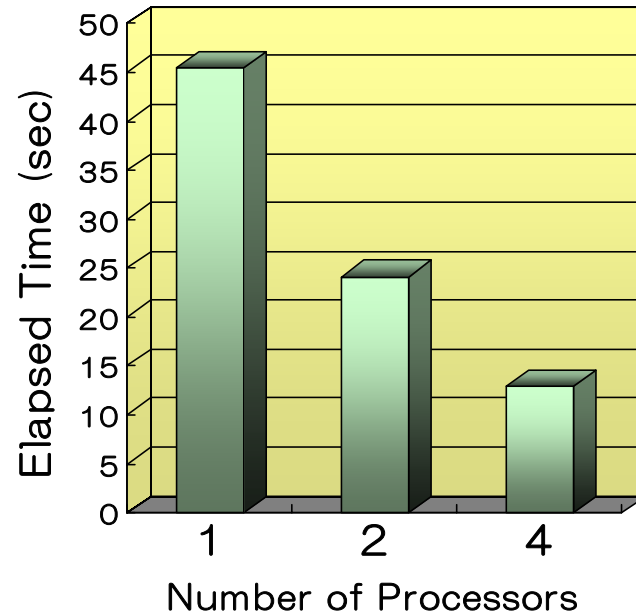


全球大気シミュレーション(1)

- オーストラリア気象局で使用しているモデルをベースにHPFで並列化。
- 主に力学過程 Fortran90 約35,000行
 - HPF指示文280行、EXTRINSIC指定40行追加
 - 主要配列をCYCLIC分割
- 解像度T239L29(経度480×緯度240)
- 各タイムステップ毎の順/逆Legendre変換(LT)と順/逆Fourier変換(FT)の実行時間に占める比率が高い。

全球大気シミュレーション(2)

- フラット並列化(将来的にはハイブリッド並列化の予定)
- I/Oを除いたカーネルループの予備評価
→ 4APで3.5倍の高速化。
- 大規模なCYCLIC分割の配列の転置によるオーバヘッドが大きい。



カーネルループ(3steps)の
実行時間



SPEC OMPの評価 (1)

- 目的
 - SPEC OMPベンチマークをHPFで並列化し、可用性と性能をOpenMPと比較する。
 - HPFプログラム作成のノウハウを蓄積する。
 - 「SPEC HPF」の開発を目指す。
- 成果
 - HPFによる並列化をほぼ完了し、ES上での評価を準備中。



SPEC OMPの評価 (2)

HPFによる並列化

- 規則的な構造の問題なら、十分な性能が得られる。
 - プログラムの構造から、できるだけ通信が起らないデータ分散を考える。
- 並列化できても性能がよくない場合:
 - 原因の追及は、やや難しい。
 - 原因がわかれば、比較的容易に解決できる。

パイプライン並列化 (1)

簡単なパイプライン並列化を実現するプリプロセッサを開発。

```
!HPFX PIPELINE(A(:), (1))  
!HPF$ INDEPENDENT  
      DO I=1, N-1  
!HPF$   ON HOME(A(I)), LOCAL  
        A(I) = A(I) + A(I-1)  
      END DO
```



3. パイプライン並列化を実現したオブジェクトを生成

1. PIPELINE指示文で、対象の配列と通信の幅を指示

```
% hpfx -o test test.hpf
```

2. ドライバhpfxが、プリプロセッサを起動、コンパイル、リンクを実行

パイプライン並列化 (2)

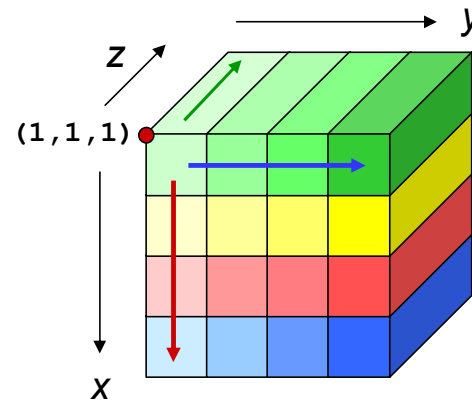
NPB LUでの評価

- 依存関係から、単純なDOALL並列化は不可
- 従来のハイパープレーンはオーバヘッドが大きい。

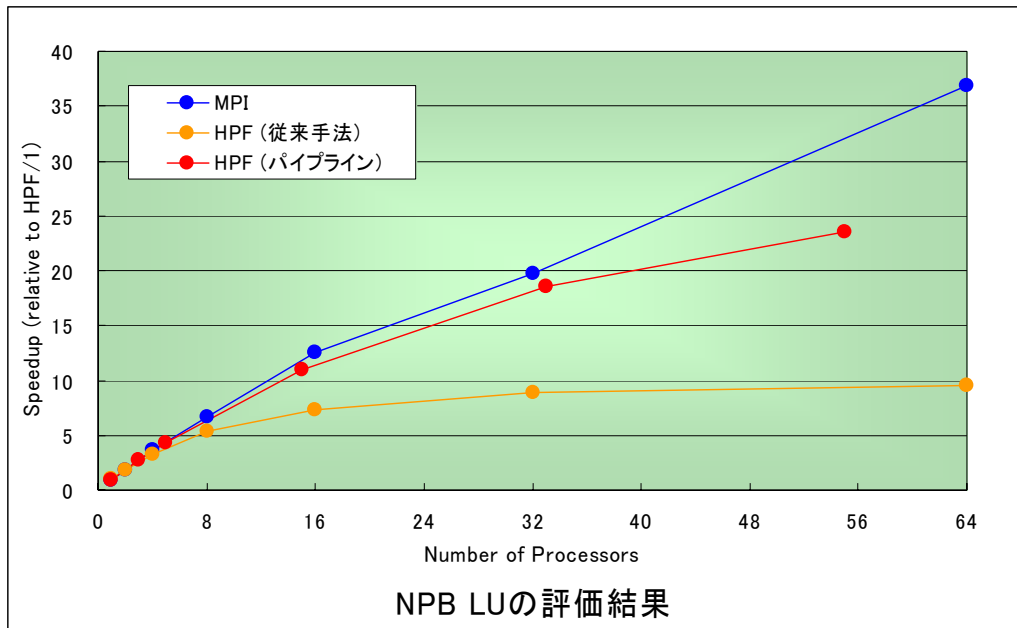
➡ 開発したプリプロセッサによりパイプライン並列化

データの依存関係:

$$a(i, j, k) \leftarrow a(i-1, j-1, k-1)$$



パイプライン並列化 (3)



- L系バッチジョブで評価
- フラット並列化
- クラスC
- 逐次版(NPB2.3-serial)をHPFで並列化
- MPI版としてNPB2.4のコードを使用



HPF/ESコンパイラの強化

昨年度～今年度の評価から得られた問題点
に関し、以下の各機能の改良・強化が行わ
れた。

- シャドウ部の重複実行 (EXT_HOME)
- 部分的REFLECT
- 通信の性能向上
 - 多次元シフト
 - 配列の転置



今後の課題

- 実アプリケーションの評価(継続)
 - PCクラスタ(他プラットフォーム)上での評価, 比較・検討
 - 拡張言語仕様および新規機能の提案
- ➡ HPFあるいは将来の並列プログラミング言語で必要とされる機能・性能・プログラミングモデルを追及する。