JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	Cray XT5 における数値流体プログラミングの Hybrid 並列による高速化について
Author(s)	西條，晶彦
Citation	
Issue Date	2010-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/8957
Rights	
Description	Supervisor:松澤照男，情報科学研究科，修士

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

Cray XT5 における数値流体プログラミングの Hybrid 並列による高速化について

西條晶彦 (0810026)

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

2010 年 2 月 9 日

キーワード: Hybrid 並列, MPI, OpenMP, Cray XT5.

1 背景と目的

並列計算機のアーキテクチャは変化している．大規模な計算を高速に行うには並列計算機による並列処理が欠かせない．並列計算機の能力を決める要素にはコアプロセッサの性能やネットワーク構造など様々なものがあるが，メモリアーキテクチャは影響の大きいものの一つである．並列計算機のメモリアーキテクチャは大きく分けて，複数のプロセサがメモリ空間を共有する共有メモリ型，計算機をネットワークで結び通信によって大規模メモリを実現する分散メモリ型，そしてこれら組み合わせである分散共有メモリ型がある．コストパフォーマンスの良さから，現在の並列計算機の多くは分散共有メモリ型である．

分散共有メモリ型並列計算機は共有メモリ型の計算機を 1 ノードとし，複数のノードをネットワークで接続した形態の計算機である．このようなアーキテクチャの計算機においてはノード内の並列計算を OpenMP などによる共有メモリ並列で，ノード間の並列計算をメッセージパッシングによる通信 (MPI) で行うという，二つの並列化モデルを混ぜ込んだ Hybrid 並列化手法が性能を引き出すのに有効であると言われている．先行研究ではほとんどの数値計算において Hybrid 並列は MPI のみを用いる Pure 並列の方と比べて同程度かやや劣るが，Hybrid 並列の方が性能を出す場合もあるという結果が報告されている．

このように Hybrid 並列の有効性は未だ明らかではない．Hybrid 並列は MPI の通信オーバーヘッドを避けることができるが，その代わりに共有メモリ並列を混ぜ込むことによって生じるスレッド間の同期オーバーヘッドが加わるため，どちらかのモデルが決定的に良いとは言えない．コードを実行する計算機のメモリ性能，ネットワーク性能，計算対象の性質やプログラミングの手法によっても， Hybrid 並列の性能は変わりうる．

本研究では，ターゲットとなる大規模並列分散共有メモリ型計算機として，本学に 2009 年に導入された Cray XT5 を用いる．本学における Cray XT5 の構成はノードあたりク

Copyright © 2010 by SAIJOU Akihiko

アッドコア CPU を 2 ソケット，全体で 256 ノードが使用可能な大規模並列計算機である．本研究では Cray XT5 の OpenMP によるノード内の並列処理性能，MPI によるノード間の通信性能を調査し，Cray XT5 に適した Hybrid 並列プログラミングモデルを調べ，性能の高い数値流体ソルバを構築することである．

Hybrid 並列の性能を向上させるには，OpenMP 並列部の性能を上げるのが効果的である．その一つとして SPMD 的に OpenMP を実行するのが有効であることが牛島 (2006) によって指摘されている．既存のほとんどの研究では，Hybrid 並列のプログラミングモデルとして MPI コードのループの部分に OpenMP スレッド内からは MPI 手続きを呼ばない Hybrid マスターオンリーモデルが用いられている．そこで，本研究では SPMD 的に実行された OpenMP スレッドから MPI 手続きを呼ぶ手法を用いて OpenMP 並列部を高速化する技法を用いて Hybrid 並列を用い，有限要素法による共役勾配法ポテンシャルソルバに適用して性能を調査した．

2　結果

本研究では, 分散共有メモリ型計算機上計算機である Cray XT5 上で様々なベンチマークを動かし，XT5 の性能と Hybrid 並列プログラミングの性質を調べた．そして，マスターオンリーモデルと MPI+OpenMP SPMD モデルの 2 つの Hybrid 並列化手法を用いた反復法により有限要素法アプリケーションを構築し，性能を調査した．

その結果，以下のことがわかった．

- Hybrid 並列が Pure 並列よりも性能が高くなるのは，高並列時に負荷分散がうまくいかずアプリケーションの通信時間が計算時間よりも大きくなる場合であった．
- 2 次元ポテンシャルソルバを Hybrid 並列化した数値流体アプリケーションとして用い，Hybrid 並列プログラミングのマスターオンリーモデルと MPI+OpenMP SPMD を比較した結果，問題サイズの小さい場合は Pure 並列と比べて同程度からやや優れた結果を得た．問題サイズが大きい場合は並列度が上がると Hybrid 並列との差がなくなっていくことがわかった．