

富士通 PC クラスタによる OpenFOAM ベンチマークテスト ～ スロット流れ解析：カルマン渦 ～

近年、流体解析関係者に話題のオープンソース CFD ツールボックス、OpenFOAM®による、大規模流体解析モデルの並列計算性能を、浜松町、富士通トラステッド・クラウド・スクエアにおいて、2011年4月に検証した。

解析モデル定義

図1のように、3次元スロットに液体を流入口より流し込み、円柱後流のカルマン渦が発生する様子を解析した。寸法 (x, y, z): 30m x 16m x 1m, 円柱直径: 2m (高さ = 1m)

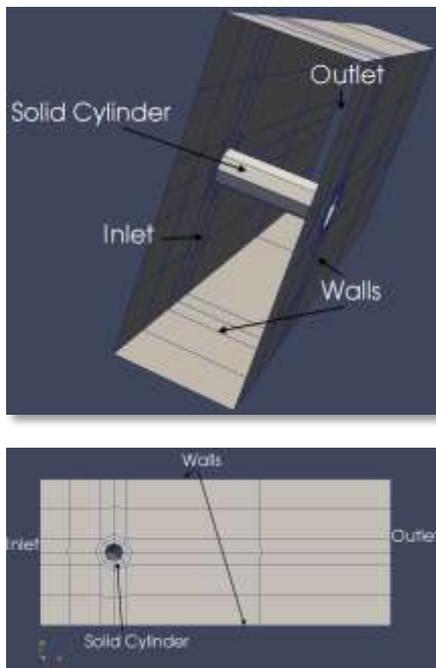


図1 スロットモデルの外観

使用ソルバ : OpenFOAM 1.7.x

非圧縮性ソルバ *pisoFoam*

Transport Properties

Kinematic viscosity $\nu = 1e-04$

Estimated Reynolds Number $Re = 20,000$

No Turbulence

Boundary Conditions

Velocity

Inlet: $(1, 0, 0)$ m/s

Walls: non-slip

Outlet: zero gradient

Pressure

zero gradient everywhere

解析結果 1.

図2. SIMPLE 法による領域分割モデル

x axis - 2, 4, 8, 16, 32, 48 cores, y axis - 2 cores, and z axis - 1 core

メッシュサイズ : 11,205,000 (hex) cells.

分割法 SCOTCH の場合の結果が若干良好。

計算時間 = 0.05secs

(CFD $\Delta T = 2e-03$ secs).



図2. SIMPLE 法分割、y-axis 2 (cores)、x-axis は、2, 4, 8, 16, 32, 48 cores

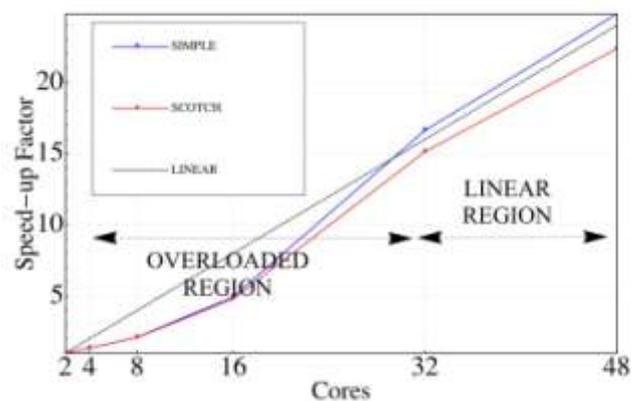


図3. SIMPLE, SCOTCH いずれの分割法でも、Core数にリニアに比例する良好な結果が得られた。

解析結果 2.

図5. SIMPLE 法による領域分割モデル。

x axis - 3, 6, 12, 24, 36 cores, y axis - 4

cores, and z axis - 1 core
 メッシュサイズは 11,205,000 (hex) cells.
 計算時間 = 0.05secs
 (CFD deltaT = 2e-03 secs).



図 5. SIMPLE 法による分割、y-axis が 4、
x-axis が 3, 6, 12, 24, 36 cores

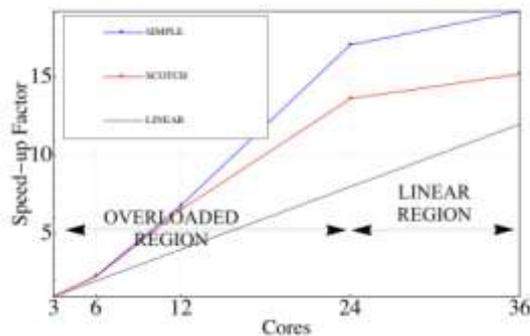


図 6. SIMPLE、SCOTCH どちらの分割法による結果でもスーパーリニアな結果になった。原因としては、24core 以下では本計算モデルが大規模なため、オーバーロードで時間がかかっていると考えられる。

解析結果 3.

下記条件で精度の高い解析を試みた。
 領域分割法：SIMPLE
 x axis - 36 cores, y axis - 4 cores,
 z axis - 1 core
 (hex) mesh 数 = 11,205,000
 計算時間 30 secs.
 CFD deltaT = 1.11e-03 secs.
 12 nodes x 12 cores = 144 cores を使用して、総実効時間 911,567 secs (約 10 日間)。
 図 7 は t=30secs での速度の絶対値表示である。

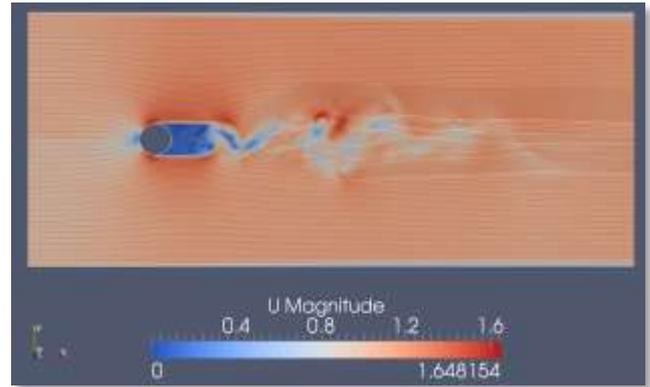


図 7. 流線と速度の絶対値表示 t=30secs, z=0 plane

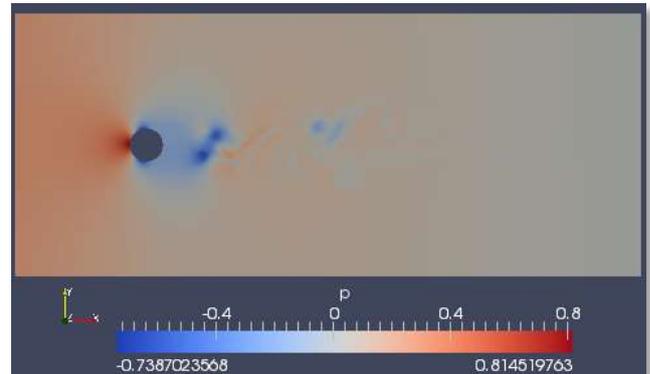


図 8. 圧力分布 z=0 plane, t=30 secs.

PC クラスタ環境

PC サーバ PRIMERGY® BX922S2

CPU: インテル®Xeon® X5680

(3.33GHz/6core)x2

Memory: 48GB

(DDR3 1333 4GB)x12

InfiniBand スイッチブレード

(40Gbps 18/18)

まとめ

OpenFOAM の MPI 並列計算環境が富士通 PC クラスタで充分性能を発揮することが検証できた。PRIMERGY システムの基本アーキテクチャ、および、InfiniBand の高速スイッチャが大規模流体モデル解析に有効であることが実証できた。

今後

OpenFOAM の各ソルバでの検証、領域分割法の違いによる効率化、ParaView による並列可視化の検証などを検討したい。

お問い合わせ先

株式会社 CAE ソリューションズ

tel. 03-3514-1506 e-mail: sales@cae-sc.com