

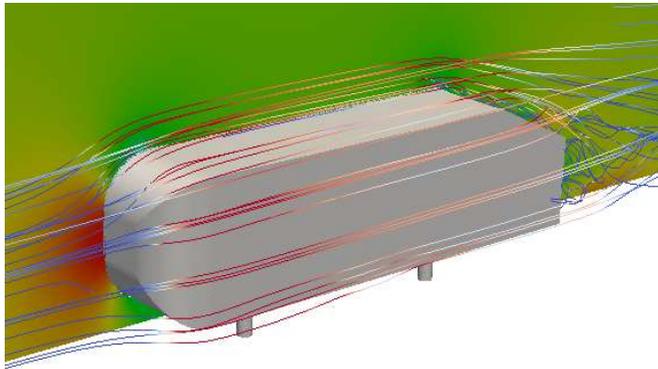
FOCUSスパコンにおける Advance/FrontFlow/redベンチマーク

2023年11月
アドバンスソフト株式会社

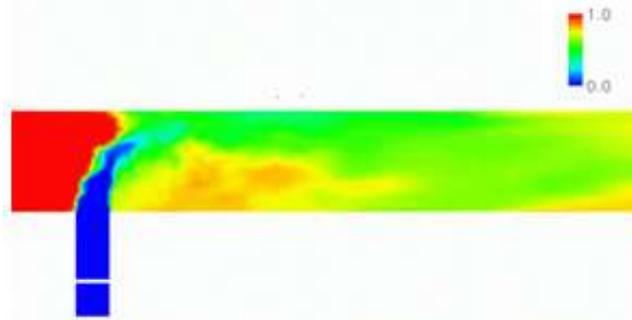
Advance/FrontFlow/red とは

速度、圧力、温度、燃焼、物質拡散、回転系、騒音、キャビテーション、
微粒子などの変動や平均分布を予測・解析する汎用熱流体解析ソフトウェア

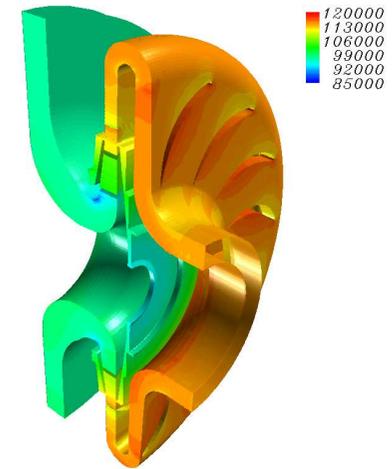
空力



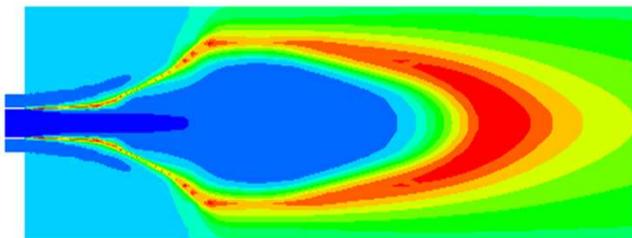
温度



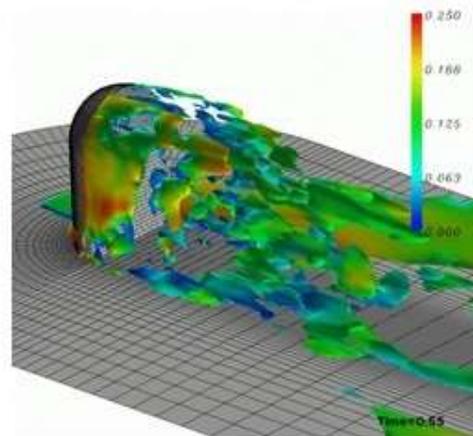
回転系



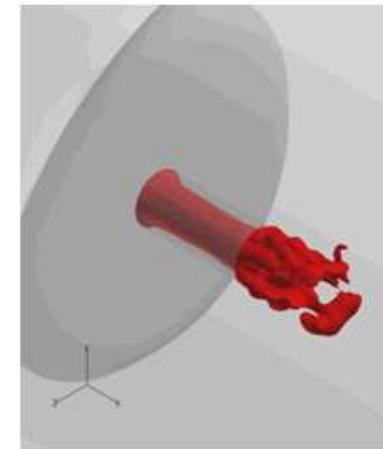
燃焼



騒音

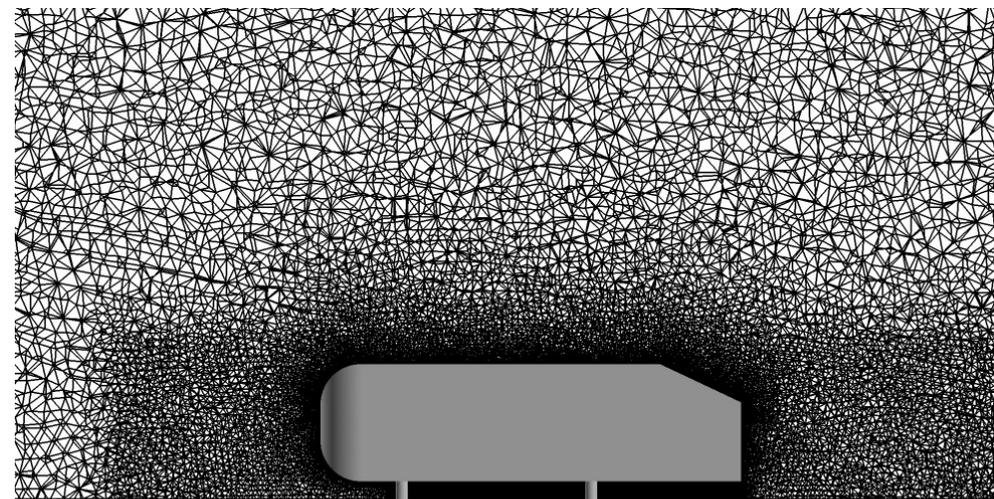
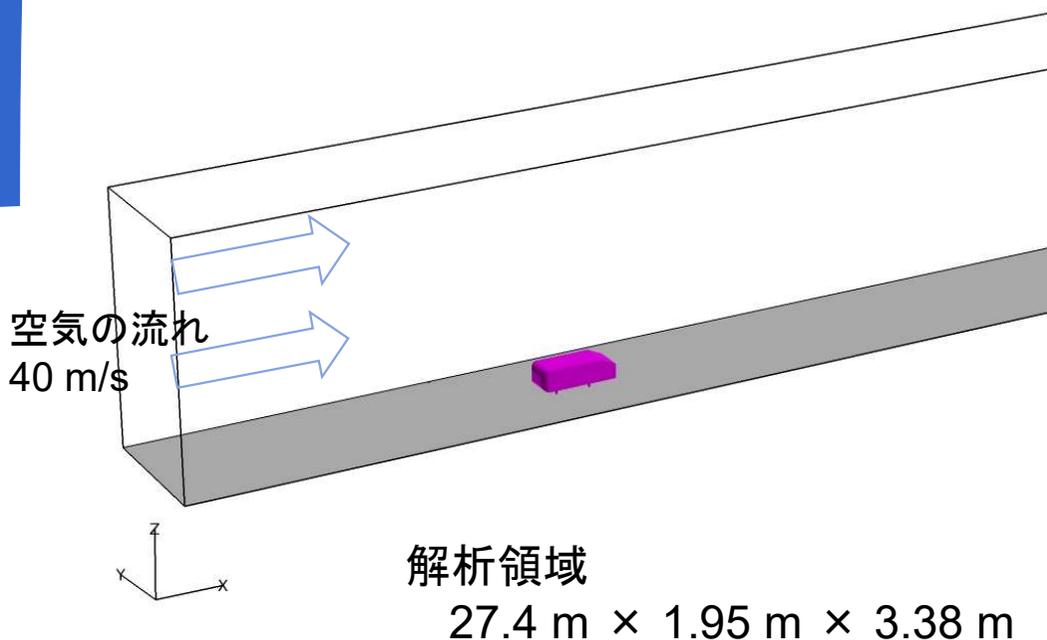


キャビテーション



計算モデル

簡易な車体形状(Ahmed body) 周りの空気の流れの解析



格子解像度が異なる2つのモデルで計算を実行した。

モデル1 (small) のメッシュサイズ

節点数 1,505,423

セル数 7,638,219

モデル2 (large) のメッシュサイズ

節点数 11,771,974

セル数 61,105,752

解析手法

使用ソフトウェア

Advance/FrontFlow/red ver.5.7

解析手法

項目	設定
支配方程式	非圧縮性 Navier-Stokes 方程式
乱流モデル	Large Eddy Simulation (LES) 標準 Smagorinsky モデル
離散化法	節点中心有限体積法
差分スキーム(速度)	2次精度中心差分
時間積分法	オイラー陰解法

並列化方式 ノードの全コアを利用したフラットMPI

100 time step の計算を実行

ベンチマークに使用したシステム

ノード数が最も多いAシステムと
デフォルトキューのZシステムでベンチマーク計算を行った。

Aシステム

CPU

Intel Xeon L5640 × 2 (計12コア) / ノード

メモリ

48 GB / ノード

インターフェース

Infiniband-QDR (40Gbps)

全ノード数

208ノード

ジョブあたりの最大ノード数

64ノード (24時間) / 32ノード (168時間)

Zシステム

CPU

Intel Xeon Gold 6230 × 2 (計40コア) / ノード

メモリ

192 GB / ノード

インターフェース

Infiniband-EDR (100Gbps)

全ノード数

24ノード

ジョブあたりの最大ノード数

20ノード (24時間) / 8ノード (168時間)

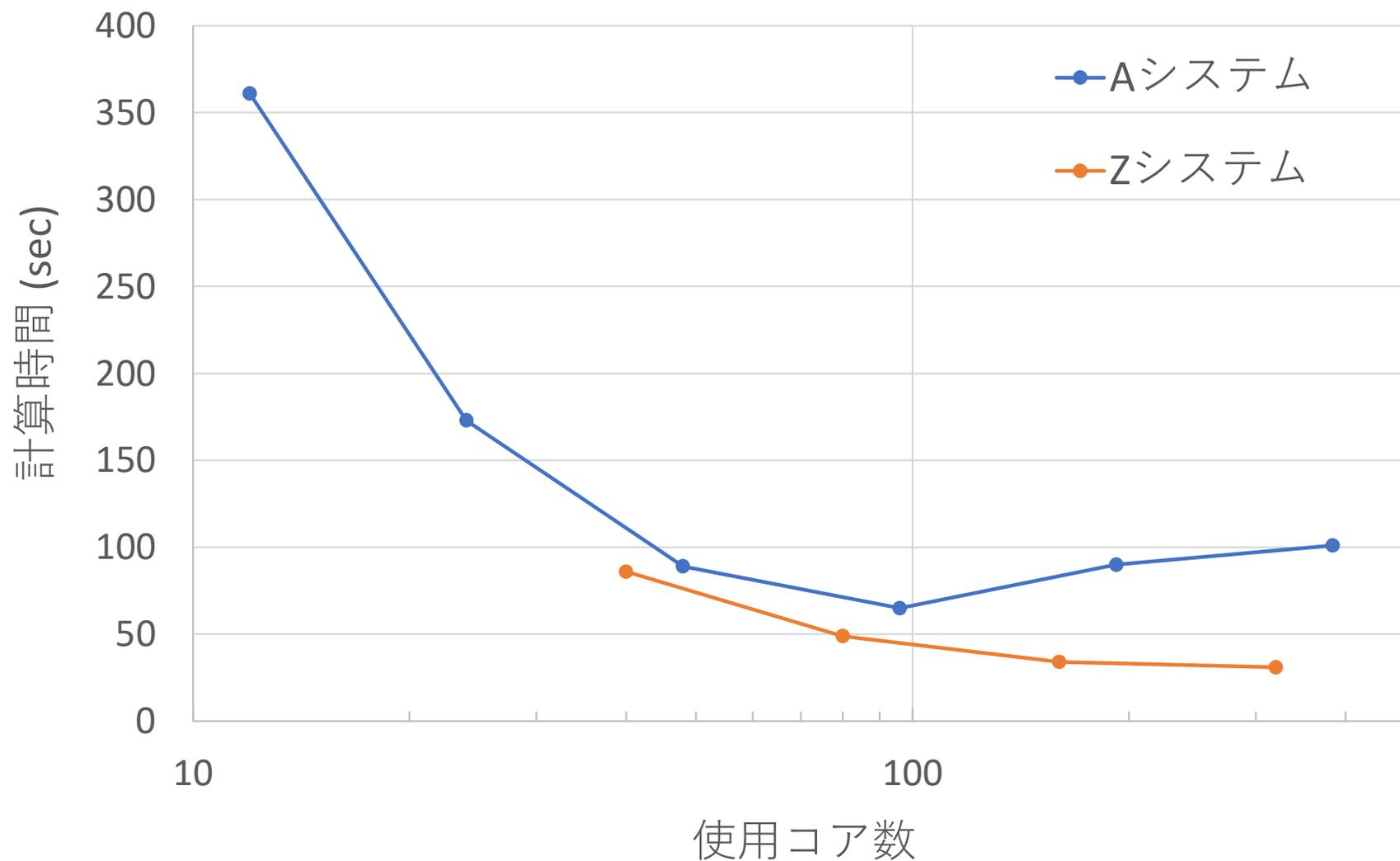
計算時間 結果

Aシステム	ノード数	1	2	4	8	16	32
	MPI並列数	12	24	48	96	192	384
モデル1 (small)	計算時間 (sec)	361	173	89	65	90	101
	基準に対するスケール ラビリティ	1.0	2.1	4.1	5.6	4.0	3.6
モデル2 (large)	計算時間 (sec)	3804	1766	1314	571	244	370
	基準に対するスケール ラビリティ	1.0	2.2	2.9	6.7	15.6	10.3

Zシステム	ノード数	1	1	1	2	4	8	12	16
	MPI並列数	12	24	40	80	160	320	480	640
モデル1 (small)	計算時間 (sec)			86	49	34	31		
	基準に対するスケール ラビリティ			1.0	1.8	2.5	2.8		
モデル2 (large)	計算時間 (sec)	3690	2236	969	477	233	129	94	84
	基準に対するスケール ラビリティ	0.3	0.4	1.0	2.0	4.2	7.5	10.3	11.5

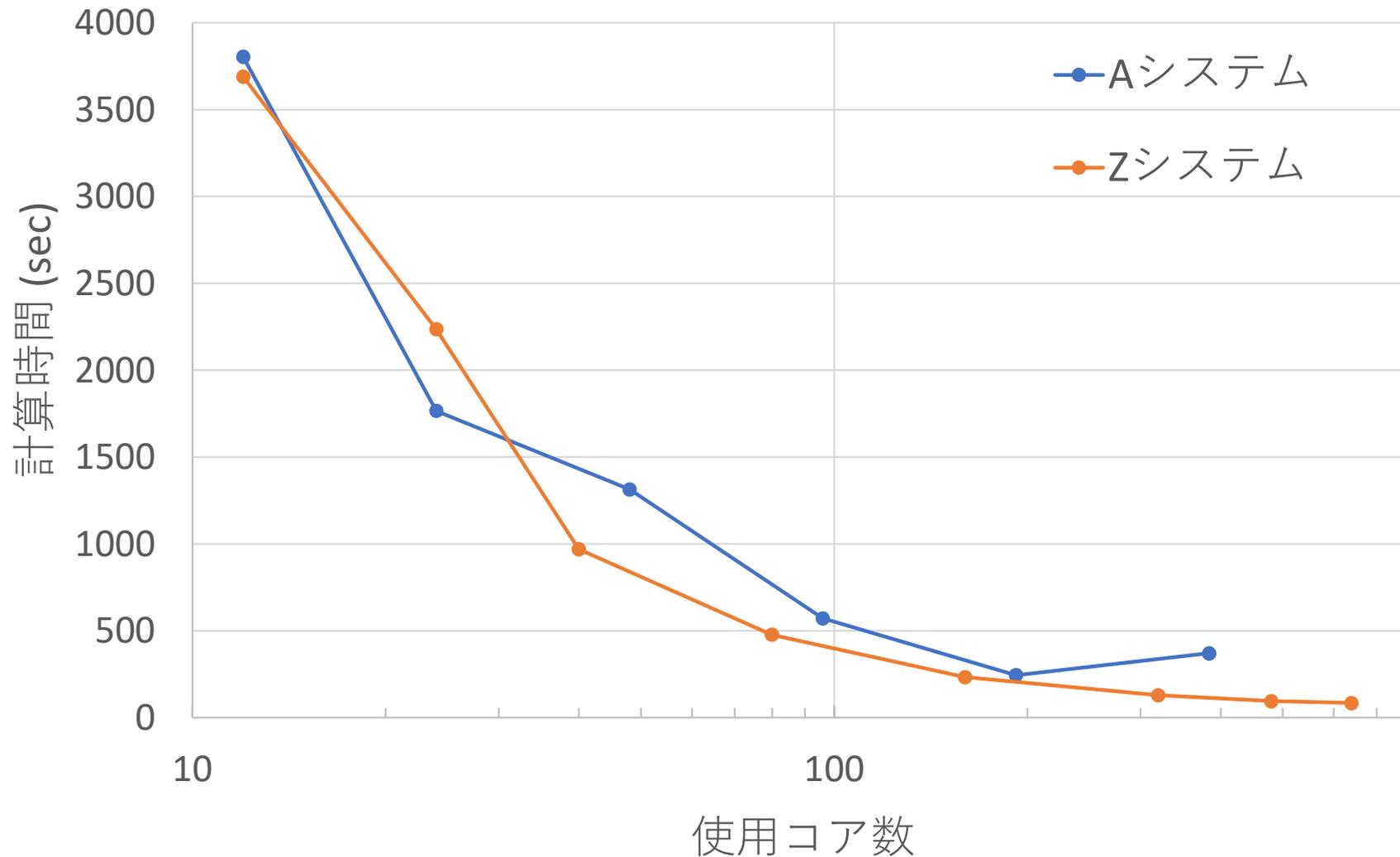
モデル1 (small) の計算時間

使用コア数と計算時間の関係



モデル2 (large) の計算時間

使用コア数と計算時間の関係



Zシステムでは並列数の増加に伴い、計算時間は短くなる。

Aシステムでは並列数を増加したときに、逆に計算時間が長くなることがあった。

これは、Aシステムのノード間通信 (40Gbps) が Zシステム (100Gbps) より遅いことによる通信負荷が影響している可能性がある。

→ プロファイラを用いて確認を行った。

プロファイラ分析

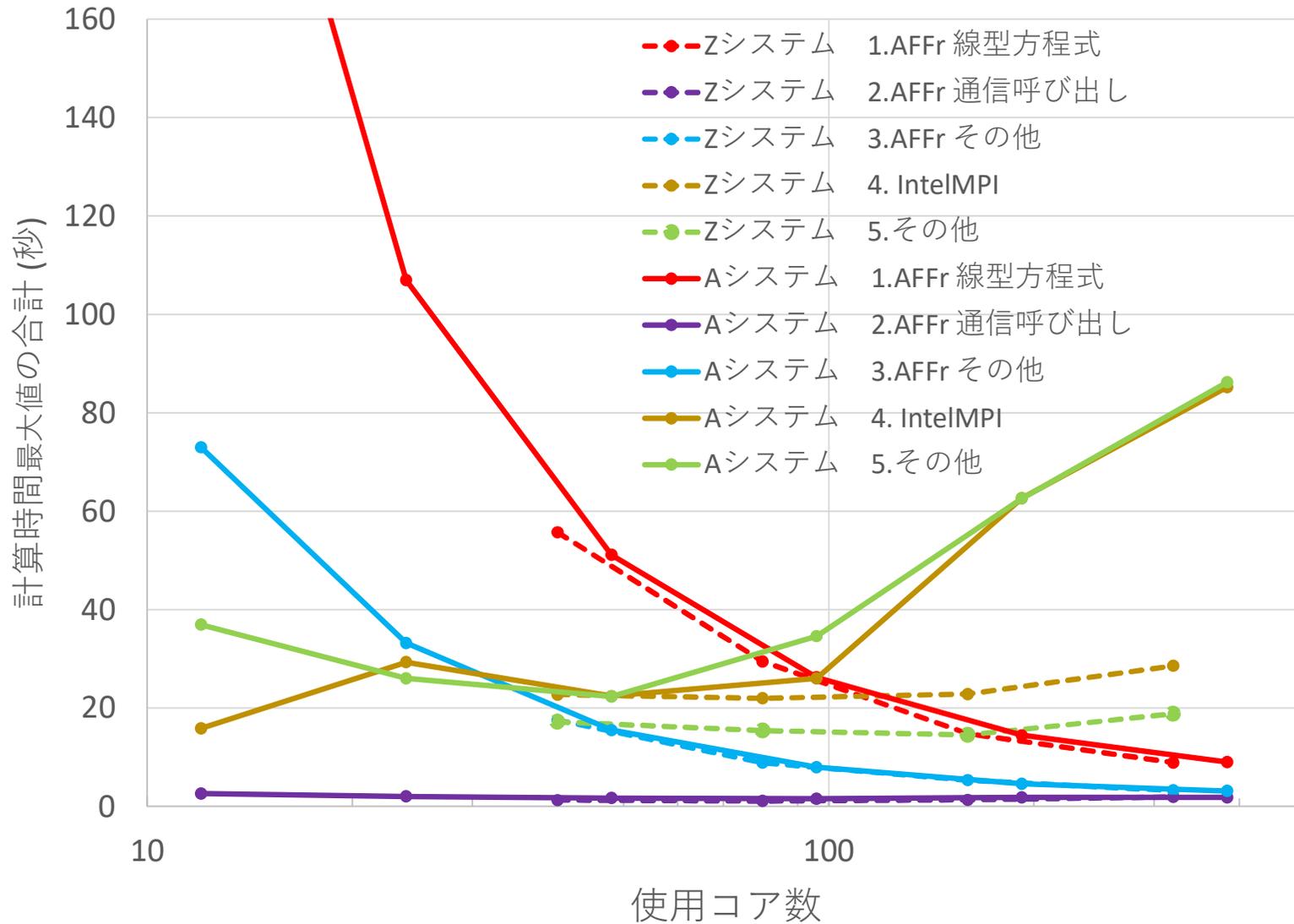
プロファイラ(gprof) でサブルーチンごとの処理時間を取得

各サブルーチンの計算時間はMPIランクごとに異なるが、その最大値に注目した。

サブルーチンは以下の5つのグループに分類して、
計算時間最大値の合計を求めた。

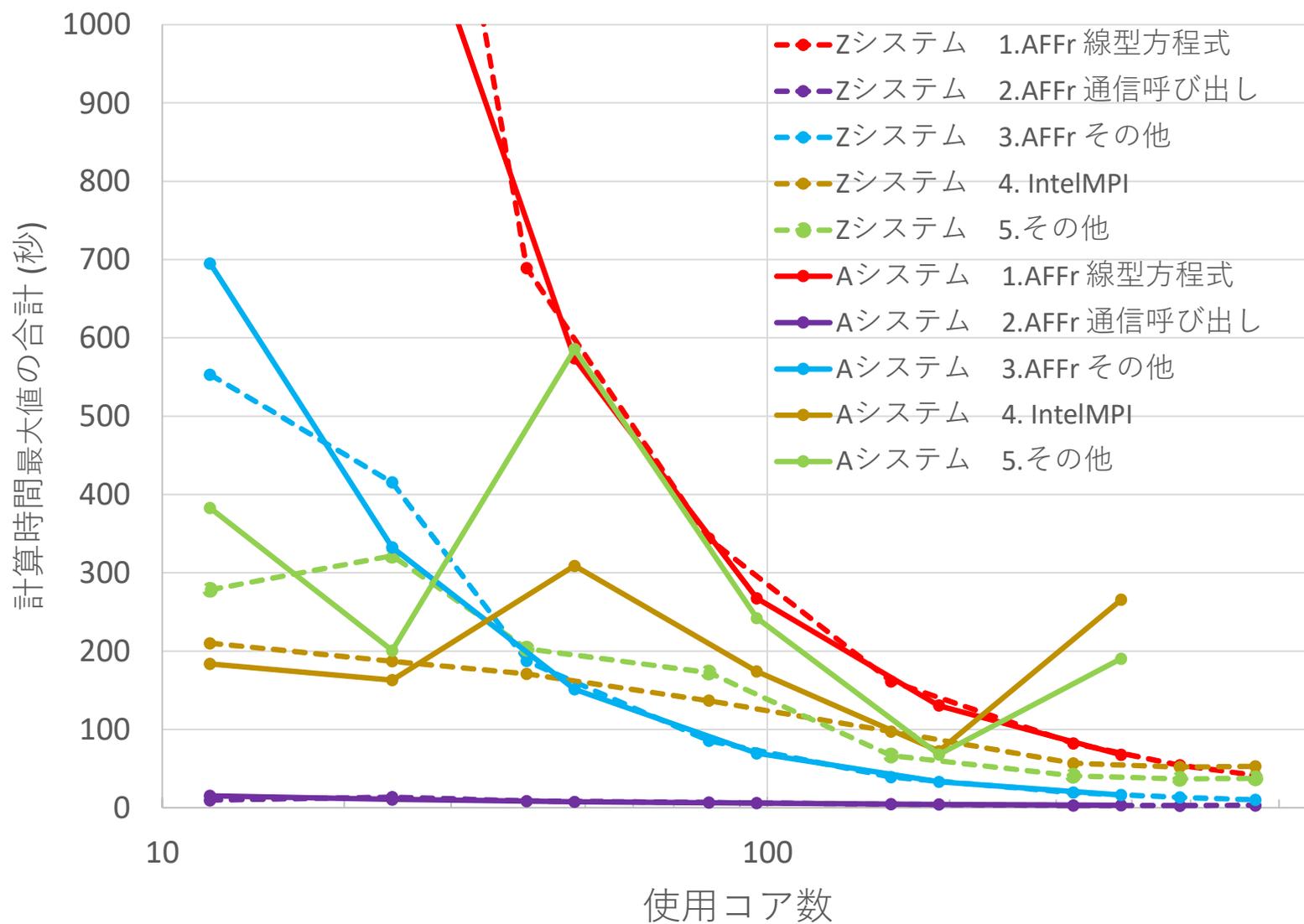
1	AFFr のサブルーチン	線型方程式を解くサブルーチン群
2		MPI通信で情報交換を行うサブルーチン群
3		1,2 以外のAFFrのサブルーチン
4	AFFr 以外のサブルーチン (Intelコンパイラ、Intel MPI)	MPI通信等 (I_MPI_*, MPID*, MPIR*, OPA_*)
5		その他 (_intel_*, poll_*_fboxes, utarray_str_dtor など)

モデル1 (small)



AFFr のサブルーチン(1,3) は並列数の増加に伴い順調に計算時間が短くなるのに対し、MPI の関数は逆に時間が長くなる (とくにAシステム)

モデル2 (large)



ベンチマーク結果

- 使用コア数が少ない場合、線型方程式を解くサブルーチンが計算時間のうち主な部分を占める。
- AFFr のサブルーチンを見ると、コア数(MPI並列数) が同程度であれば A システムと Z システムの計算時間にあまり差はなく、ともに並列化効率が高い。
- 使用コア数が多くなると、MPI の関数の時間が長くなる (とくに A システム)。
- 使用コア数が多すぎなければ、(1 ノード計算を基準として) 80%以上の高い並列化効率で計算実行可能である。

(今回のベンチマークでは 1 コアあたり 2~3 万コントロールボリュームを下回らないような並列数が目安になる)