

AWSオンラインセミナー
【製造業向けセミナー】製造業の設計開発領域向けセミナー
～AWSのHPCを活用した製品の設計開発期間の削減～

プラントエンジニアリングのCAEにおける HPC on AWS活用事例（ベンチマークを中心として）

2023/8/24

千代田化工建設株式会社

高城 恭司

目次

1. 会社紹介・業務内容
2. クラウド環境の紹介
3. クラウドを利用した業務事例
4. 各種CPU、GPUでのベンチマーク結果
5. まとめ

1. 会社紹介・業務内容(1) 会社概要

経営理念

総合エンジニアリング企業として、英知を結集し研鑽された技術を駆使してエネルギーと環境の調和を目指して事業の充実を図り、持続可能な社会の発展に貢献します。

経営ビジョン

未来エンジニアリング – A Grand Opportunity for the Future – 私たち千代田化工建設グループは、技術と情熱でエネルギーと地球環境の未来を創る、新しいリーディングエンジニアリングカンパニーを目指します。



1. 会社紹介・業務内容(2) 事業紹介1



当社は世界各地で大型プロジェクトを多数遂行し、
環境に配慮しつつ、安定したエネルギー供給に貢献してまいりました



1. 会社紹介・業務内容(3) 業務紹介2

未来エンジニアリング ~A Grand Opportunity for the Future~

4つの事業分野とDXで
『エンジニアリングの新たな価値』を創出し、
事業ポートフォリオ革新を実現する

クリーンエネルギー
の安定供給
CO₂削減・有効活用

水素社会を
早期実現

エネルギー運用最適化
再エネ・蓄電の強化

付加価値の高い
ライフサイエンスの
ソリューション
プロバイダー

低炭素・
カーボン
リサイクルの
取り組み

水素事業
(SPERA水素
アンモニア)

エネルギー
マネジメント
事業

ライフ
サイエンス
事業

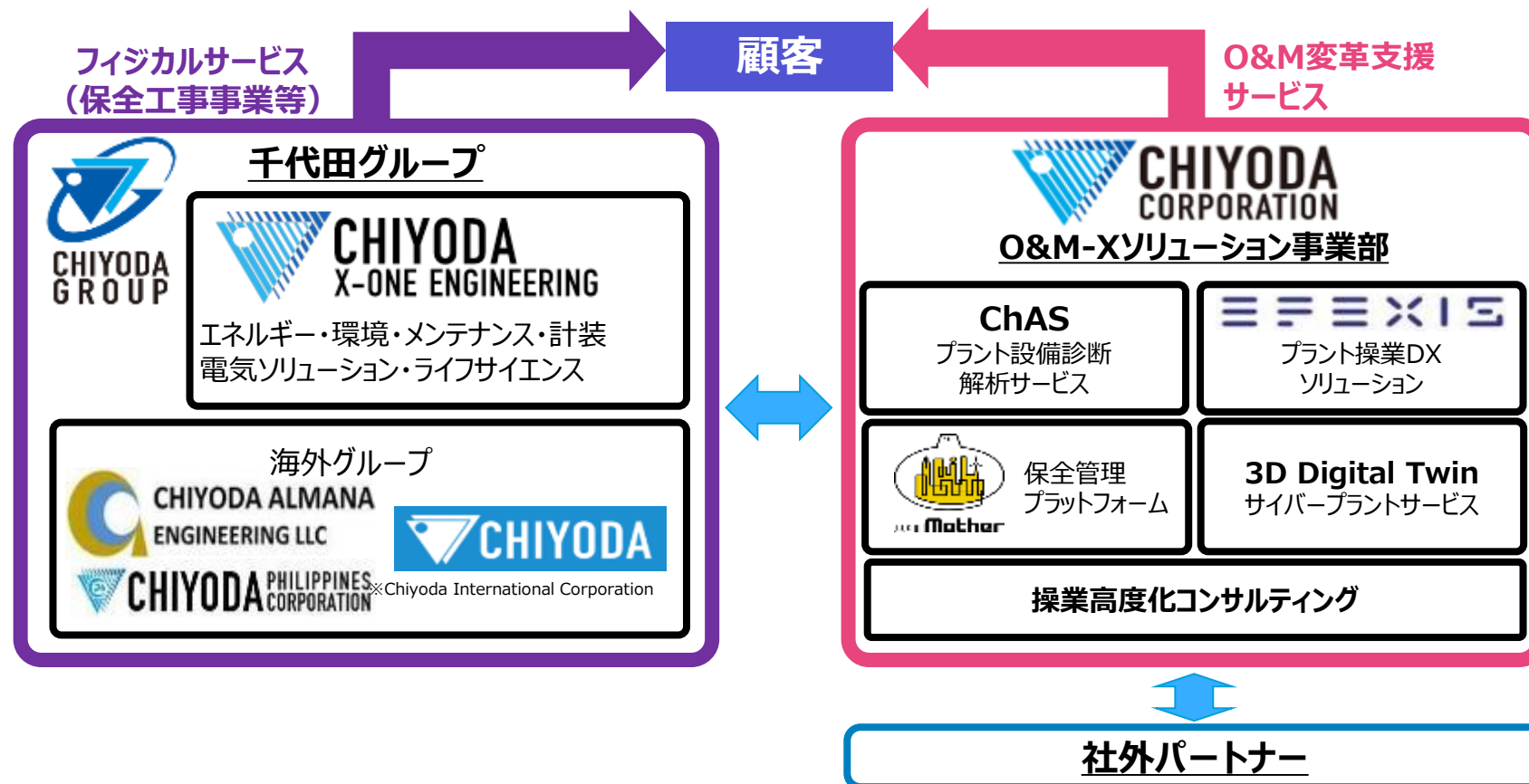
デジタルトランスフォーメーション(DX)

DXビジネス&DX業務変革

1. 会社紹介・業務内容(4) 業務紹介3

グループ総合力による O&M ソリューション事業 の実現

当社のプラント運転・保守ソリューションとDX事業に関する機能を再編・統合し、「O&M-Xソリューション事業部」を2023年1月1日付けにて設立しました。将来のエネルギー分野に加えて、当社が目指す事業ポートフォリオ革新を担うライフサイエンス、次世代電力システム、カーボンニュートラル、及びプラント運転・保守ソリューション分野の成長戦略において、CXOをはじめとするグループ会社や幅広いビジネスパートナーと連携し、環境変化に柔軟に対応、連結グループとしてより強固な成長、及び社会課題への貢献を目指します。



2. クラウド環境の紹介（1）クラウド利用の経緯

私の担当業務

- ・ CAE解析（主にCFD流動解析）業務 22年
- ・ サーバー導入選定・環境整備、ソフトウェアのライセンス導入計画担当

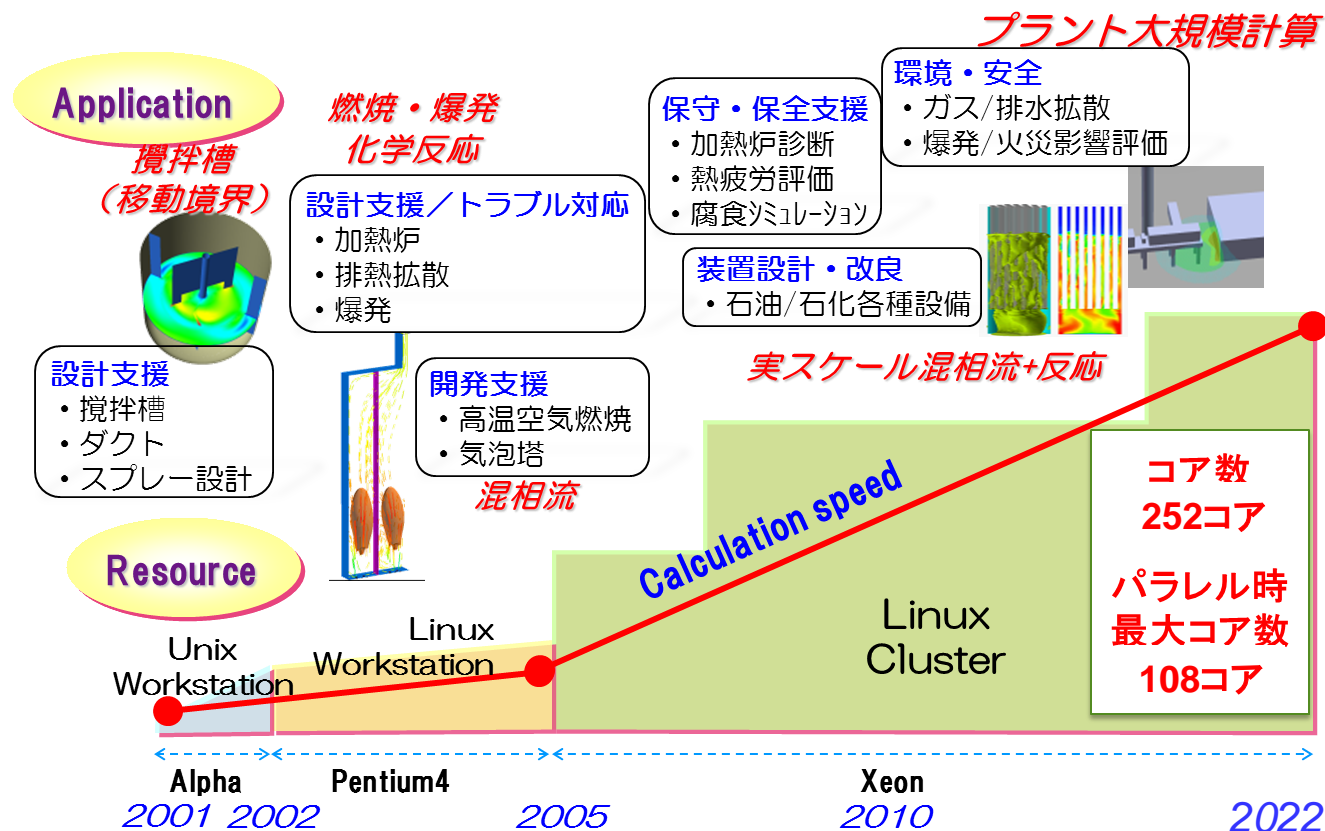
プロジェクト遂行に合わせたハード、ソフトウェアの準備は、意外と大変！！

- ・ 計画外業務実施による社内の**リソース不足**
- ・ 計算規模拡大による**リソース不足**
- ・ 検討期間**短縮**、**コストダウン**
- ・ ハードウェア、ネットワークの**トラブル**

→クラウドの利用推進(2014~)

初めの数年は大規模計算（数百~千数百コア）にてクラウドを利用
ここ数年は**小~中規模**（数十~百コア以下）での利用も進めている。

本日は、CAEユーザーとしての視点よりクラウド環境およびベンチマークの話をしたい。



2. クラウド環境の紹介（2） クラウド利用のメリット

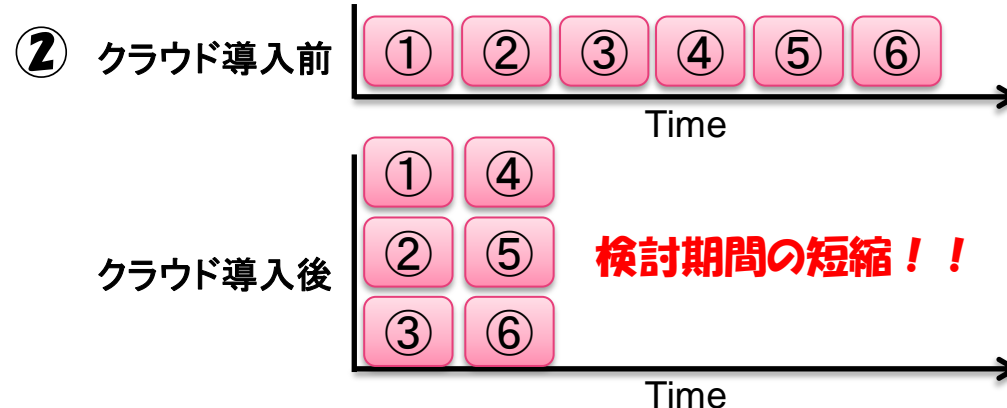
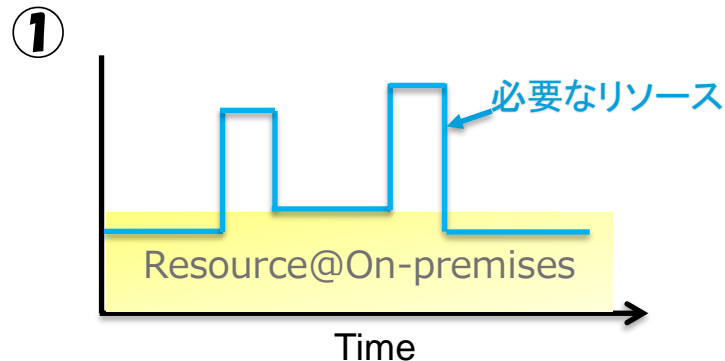
小～中規模での利用促進

クラウドは、これまで主に数百コアを利用した大規模計算に利用。

① 業務集中時、**ちよつと** 計算機が足りない時にも使えないか？
(短期のレンタルサーバーは、在庫次第で使えないことも)

② プラント設計時に必須のケース数が多い解析の**短納期化**を実現もできないか？
(プロジェクトの短納期化の要望)。

- ① いつでも**短期（1時間単位）**で増設できるサーバーがほしい！！
- ② リソースに制限されず**36～288コアの計算を複数同時**に実行したい！！



2. クラウド環境の紹介（3）クラウド環境

クラウド計算環境(AWS) 仕様

- ・利用アプリケーション
数値流体力学（Computational Fluid Dynamics, CFD）
 - Siemens Simcenter STAR-CCM+
 - ANSYS Fluent
 - Open FOAM
- ・同時起動のサーバーは10台以下。
 - 最大36～288コアの計算を数ケース同時に実施する。
- ・計算中のデータはNFS serverに保存。
計算後は、Aamazon S3（長期保管、低コスト）に保管。

2. クラウド環境の紹介 (4) クラウド環境 (利用開始当初)

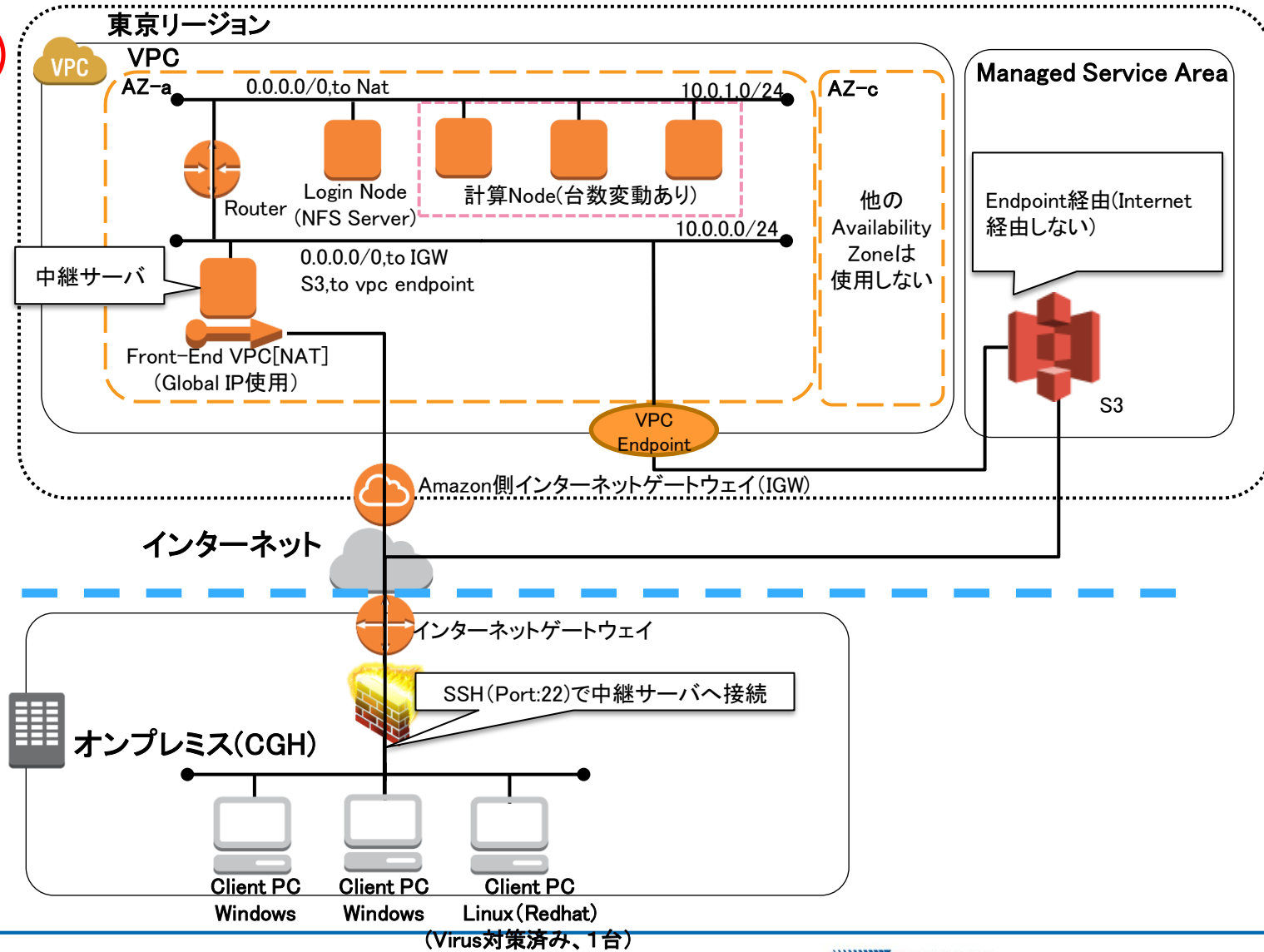
AWS(Amazon Web Services) に解析専用の環境を構築

利用開始時には、

- クラウド側への接続はインターネット経由
- Job Schedulerは使用せず

→限られたメンバーでの利用

- 2段階ログインが面倒。
- インターネットを経由したコピーには時間が掛かる。
- 計算開始までの手順が複雑。
- 大規模を想定していたが、ネットワークがボトルネックとなり、計算効率は高くない。
(現在は、AWS側のスペック向上により解消している)
- NFS server用にインスタンス1台起動。
中継サーバーもあり、管理台数が多い。



2. クラウド環境の紹介 (5) クラウド利用の問題点

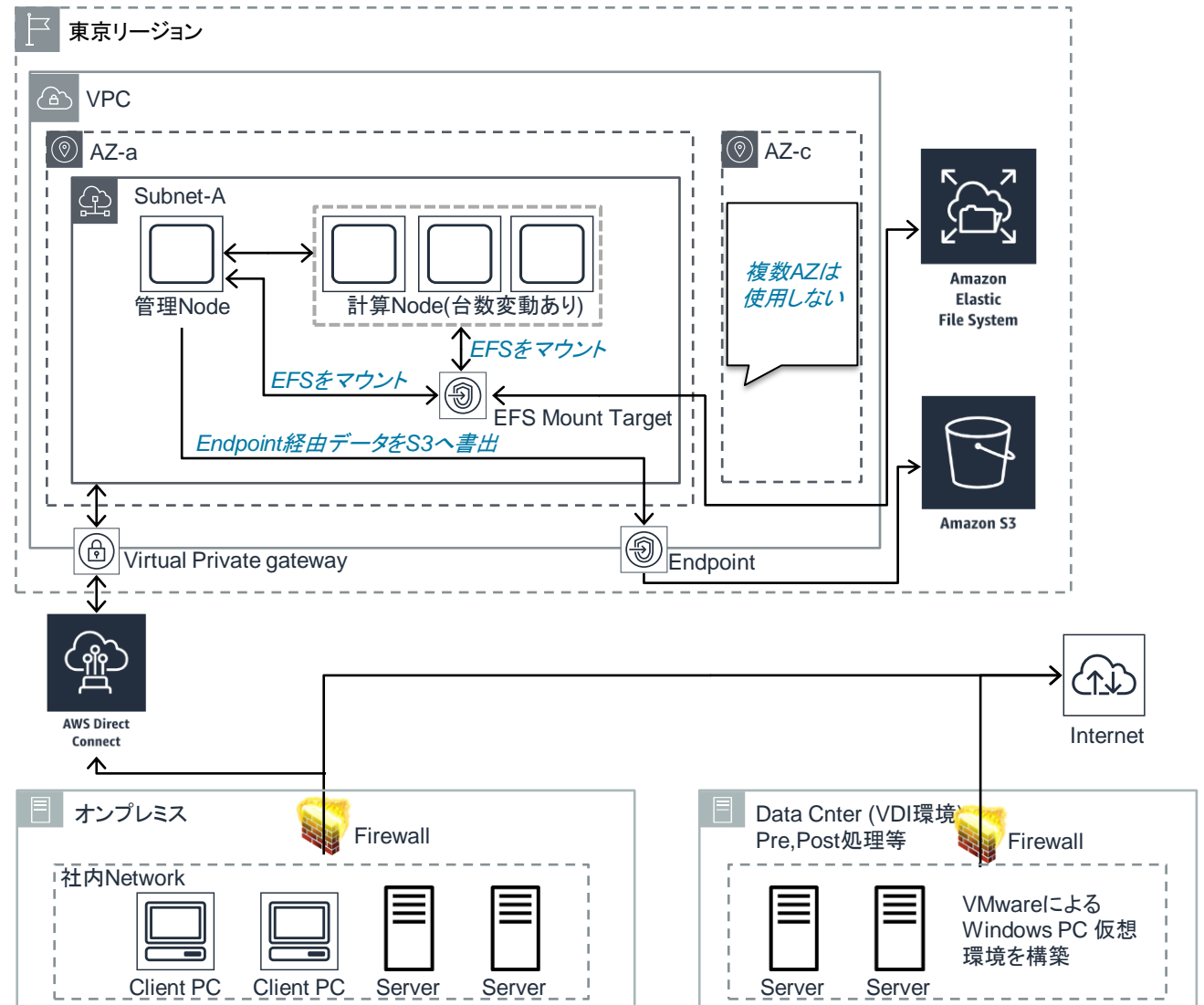
いざクラウドを導入してみると、いろいろな問題があった。

- クラウド環境への慣れ
オンプレミスのようにすぐにはログインできず、二段階ログインが必要。
ファイルサーバー等のシステム構成を理解するのに時間が掛かる。
Linuxのコマンドライン操作に慣れない(手順書を見て実施)。
計算もアプリケーションのGUIから実施できない。TUIやJob Schedulerからの計算実施
- インターネット経由のファイル転送時間がボトルネック
10GB転送するのにインターネット経由1.5hr.~3hr.、オンプレミスでは1~2min.。
(オンプレミスはファイルサーバー利用により実質ゼロ時間)
インターネット経由でクラウド側とファイルをやり取りする時間が、プロジェクト遂行上クリティカルとなるケースもある。
- オンプレミスとアプリケーションバージョンが異なる等の問題も
クラウドに限った問題ではないが、オンプレミスと異なるため、慌てて対応することもあった。

2. クラウド環境の紹介 (6) クラウド環境 (改善後、現在) 1

AWS(Amazon Web Services)の解析専用の環境を改善

- オンプレミスのサーバーとクラウド、両方へのアクセスを同じ感覚で利用できるように、**ハイブリット化**を目指している。
- Job schedulerを導入。ファイル操作や計算投入が**GUI環境**で利用でき、解析作業に不慣れな方でも利用しやすくなった（一部整備中）。
- クラウドへの接続は**専用線**（AWS Direct Connect）を利用。インターネット経由での利用を停止。
- NiceDCV導入により、育児・介護、コロナ禍への対応のための在宅勤務でも**社内と同様の操作感**となっている。
（大規模の3D表示も、リモート操作で問題ない）
- NFS serverを**Amazon EFS**へ変更(管理減)。



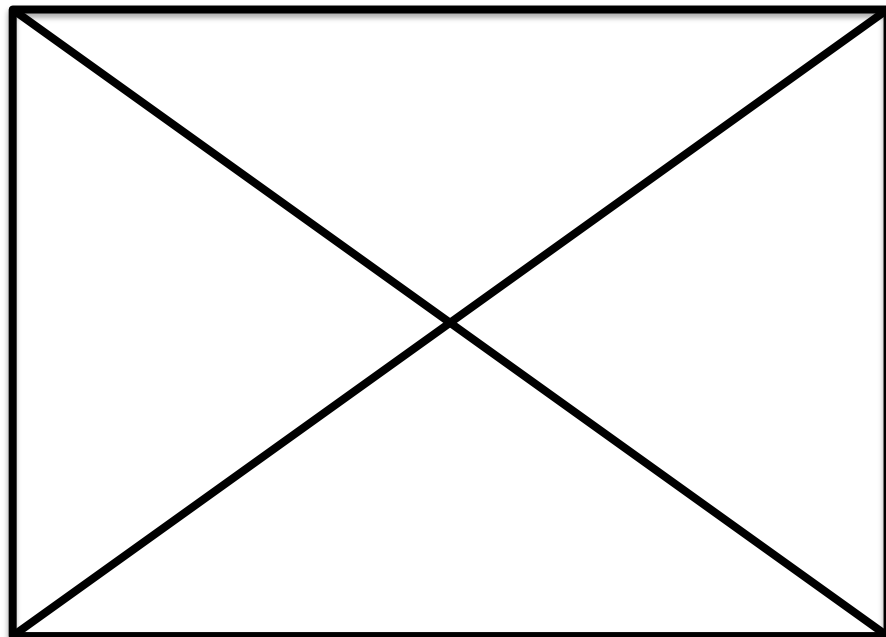
2. クラウド環境の紹介 (6) クラウド環境 (改善後、現在) 2

ハイブリッド環境構築にあたり

- HPC環境の利用者が多数いる場合、ユーザの好みや習熟度に応じて、様々な利用方法を選択できることが好ましい。
 - サードパーティーソフトウェアの**統合GUI環境** (一部整備中)
 - ⇒多くを占めるLinux不慣れなユーザに望ましい。
 - 古くからの**Linux command line**環境
 - ⇒パワーユーザ向け。効率的、かつスクリプト化しやすい。
- 各環境間をスムーズにデータを移動するための対応が必須である。
 - **専用線**
 - サードパーティーソフトウェアの**高速転送オプションの利用** (インターネット経由の場合)
 - ⇒ネットワーク環境によるが、専用線に近い使用感となる。

3. クラウドを利用した業務事例（1）

空冷式熱交換器（ACHE : Air-Cooled Heat Exchanger）

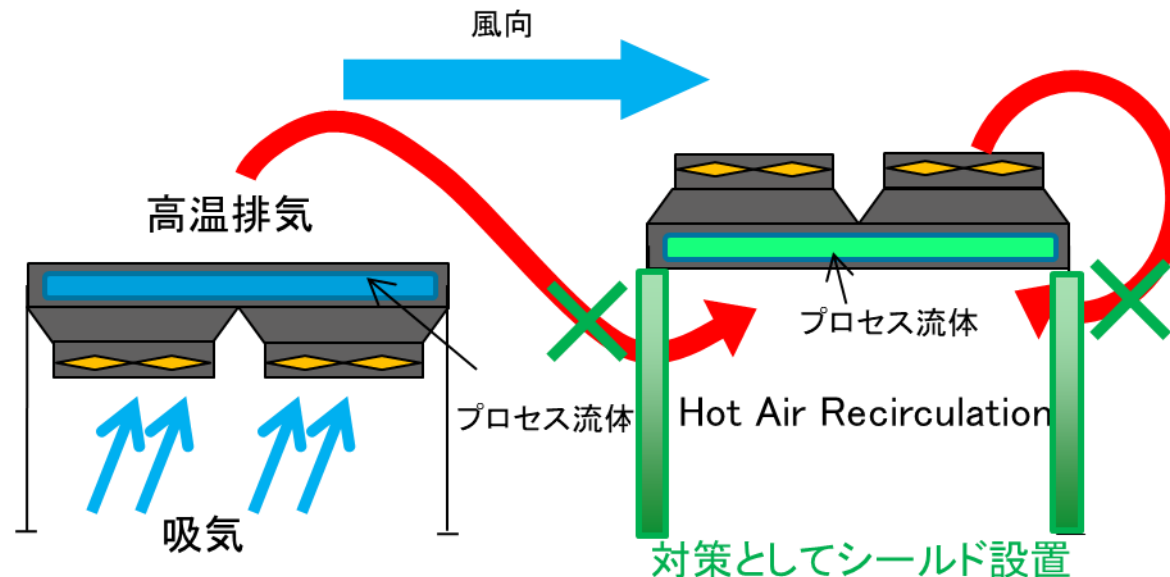


再吸気(HAR: Hot Air Recirculation)による
プラント全体の性能低下の問題がある。

→CFDによる機器配置の最適化、対策案の策定

→風向き、季節等の条件違いや対策案で1度に
40～50ケースの検討

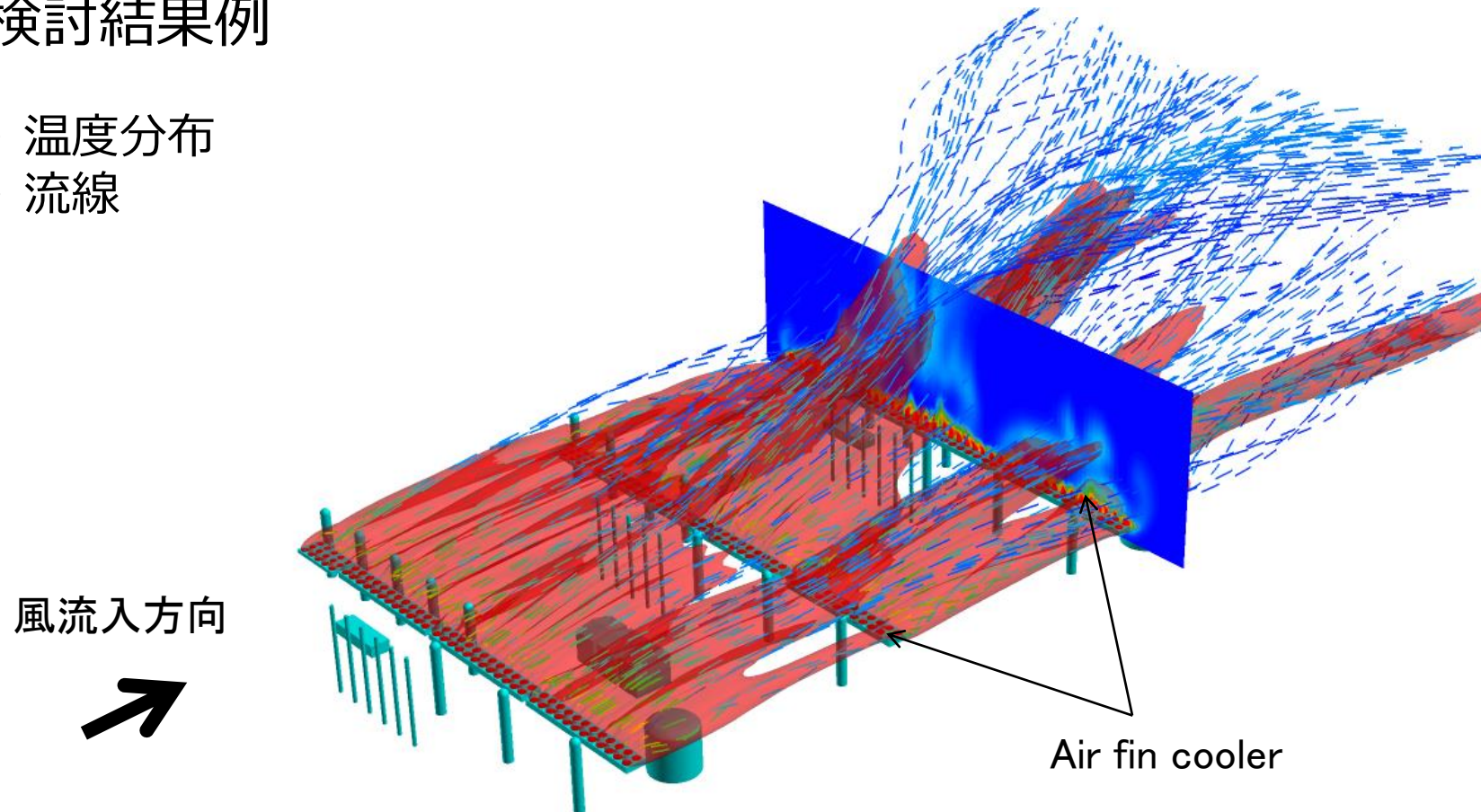
→プロットプラン変更等により、数日の短期間で検討し直すこともある。



3. クラウドを利用した業務事例（2）

検討結果例

- ・ 温度分布
- ・ 流線



4. 各種CPU、GPUでのベンチマーク結果（1）

- ベンチマーク対象 いずれも検討は数十~百ケース実施
 - ① 流体計算のみ メッシュ255万
 - ② 流体計算のみ メッシュ1050万
- 利用Instanceの概要

Instance Type	CPU	GPU	Max. Clock Frequency	No. of Core	No. of GPU	Memory [Gbyte]	Max.Network [Gbps]	Cost (Ondemand)	Cost/No. of Instance or GPU
c5.18xlarge	Intel Casvade Lake 8275CL	-	3.6	72	-	144	25	\$3.85	\$3.85
c6i.32xlarge	Intel Ice Lake 8375CL	-	3.5	128	-	256	50	\$6.85	\$6.85
hpc6a.48xlarge	AMD EPYC 7R13	-	3.6	96	-	384	100	\$3.63	\$3.63
p3.2xlarge	Intel Broadwell E5-2686 v4	NVIDIA Tesla V100	2.7	8	1	61	10	\$4.19	\$4.19
p3.8xlarge	Intel Broadwell E5-2686 v4	NVIDIA Tesla V100	2.7	32	4	244	10	\$16.78	\$4.19
p3.16xlarge	Intel Broadwell E5-2686 v4	NVIDIA Tesla V100	2.7	64	8	488	25	\$33.55	\$4.19
c6g.16xlarge	AWS Graviton2 (ARM)	-	-	64	-	128	25	\$2.74	\$2.74

4. 各種CPU、GPUでのベンチマーク結果（2）

ベンチマーク結果①-1 メッシュ数小でのCPUの比較（Intel製、AMD製、ARM製）

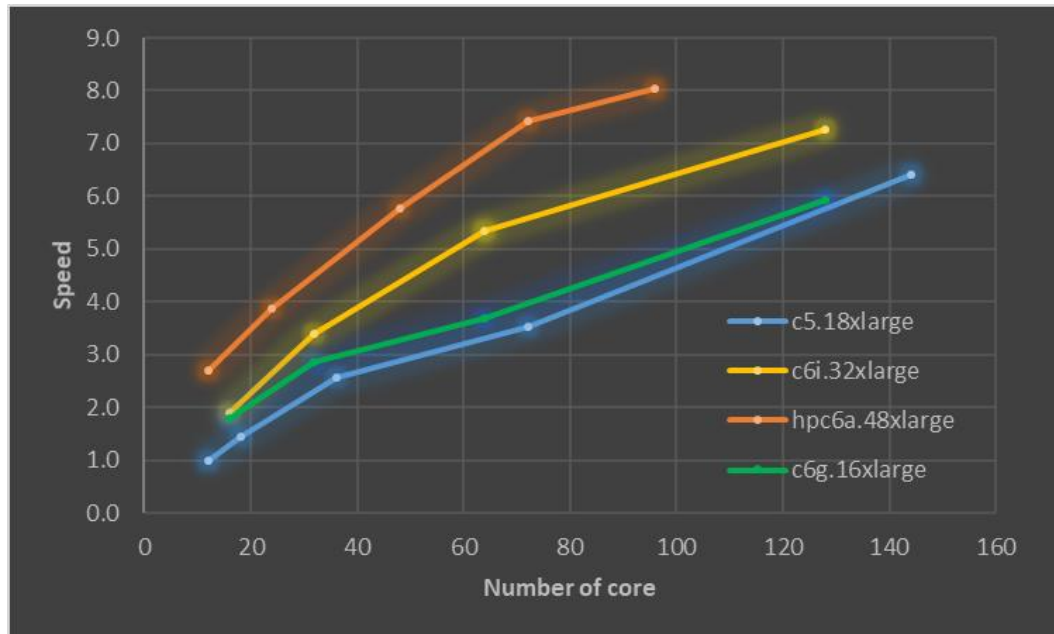
アプリケーション：Simcenter STAR-CCM+ 2306

メッシュ数：255万

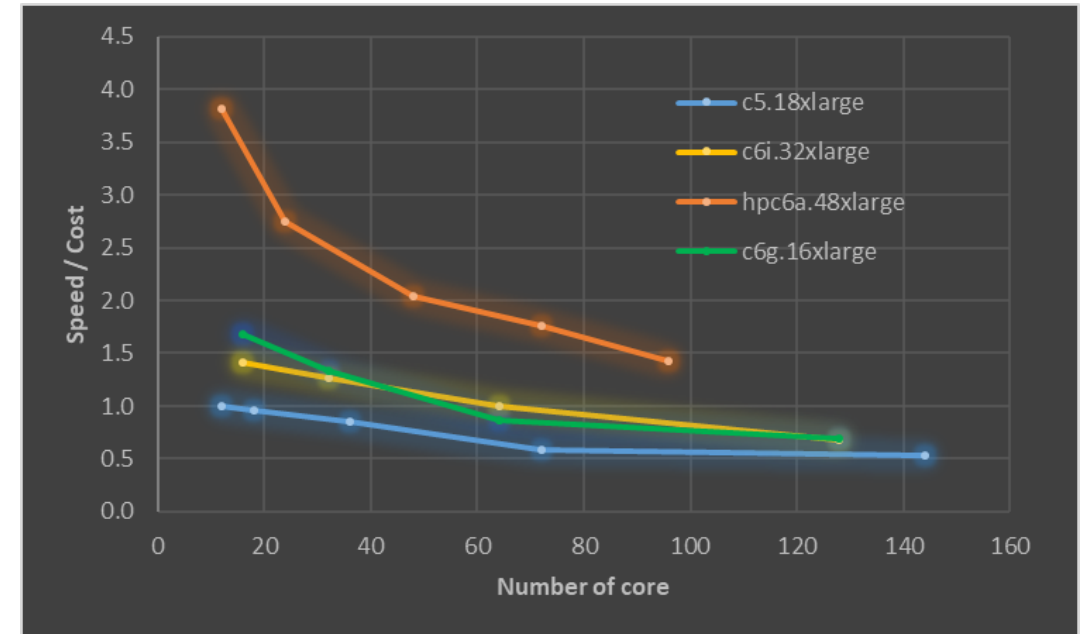
Instance type：c5.18xlarge(72core/Instance), c6i.32xlarge(128core/Instance), hpc6a.48xlarge(96core/Instance), c6g.16xlarge(64core/Instance)

※ c5.18xlarge,12コアの計算速度（Speed）を1として比較

Number of core vs. Speed



Number of core vs. Speed / Cost



4. 各種CPU、GPUでのベンチマーク結果（3）

ベンチマーク結果①-1 CPUの比較（Intel製、AMD製、ARM製）

- 普段利用しているc5.18xlargeと新しく利用を始めたhpc6a.48xlarge、c6i.32xlarge、c6g.16xlargeを比較した。
- hpc6a.48xlargeが速度面、コスト面で優位である。
- c5.18xlargeとhpc6a.48xlargeの最大クロック周波数に大きな差はないが、同数のcoreで比較（vs. Speed）すると**1.7~2.7倍**、hpc6a.48xlargeの方が速い。Intel製とAMD製の違いやAWSの導入時期の違いで性能に差がある（c5.18xlargeはアーキテクチャが古く不利である。**最新のアーキテクチャで、hpc関連のチューニングがされているCPUは速い**）
- また、オンデマンド料金をベースとして料金を加味してc5.18xlargeとhpc6a.48xlargeを比較（vs. Speed/Cost）すると、コアあたりの料金の安いhpc6a.48xlargeは、c5.18xlargeの**3倍前後の数値となり、コスト面でも大きな差がある**ことが分かった。
- c6i.32xlargeは速度はc5.18xlargeよりも速くなる。ただし、hpc6a.48xlargeが速度面、コスト面でc6i.32xlargeを上回る性能がある。
- c6g.16xlargeは、c5.18xlargeと速度では大きな差はない。コスト面では優れている。

4. 各種CPU、GPUでのベンチマーク結果（4）

ベンチマーク結果①-2 CPU（Intel製、AMD製、ARM製）とGPUの比較

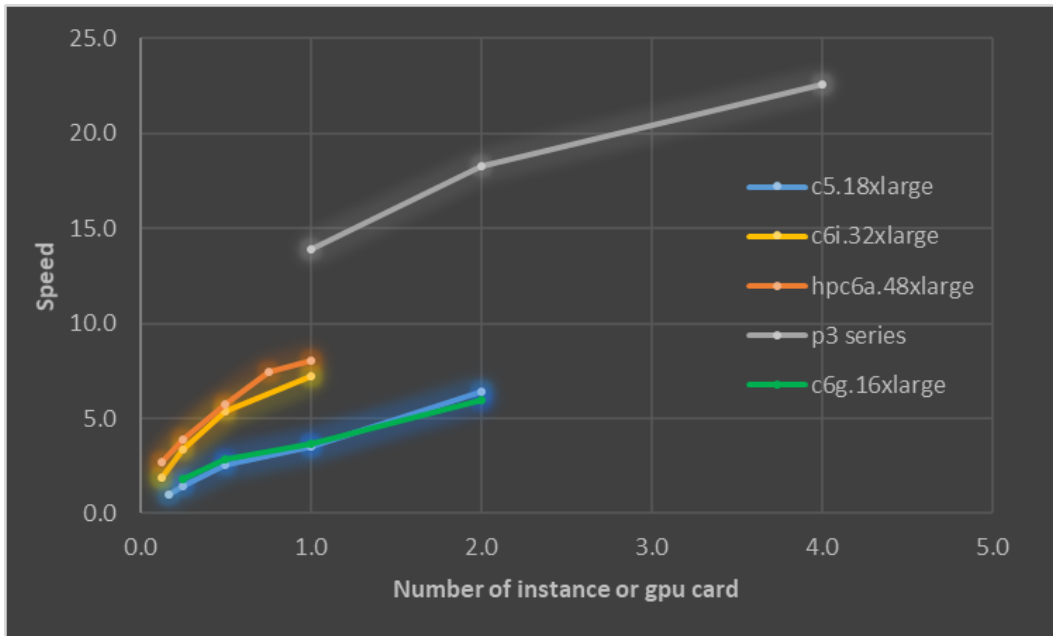
アプリケーション： Simcenter STAR-CCM+ 2306

メッシュ数： **255万**

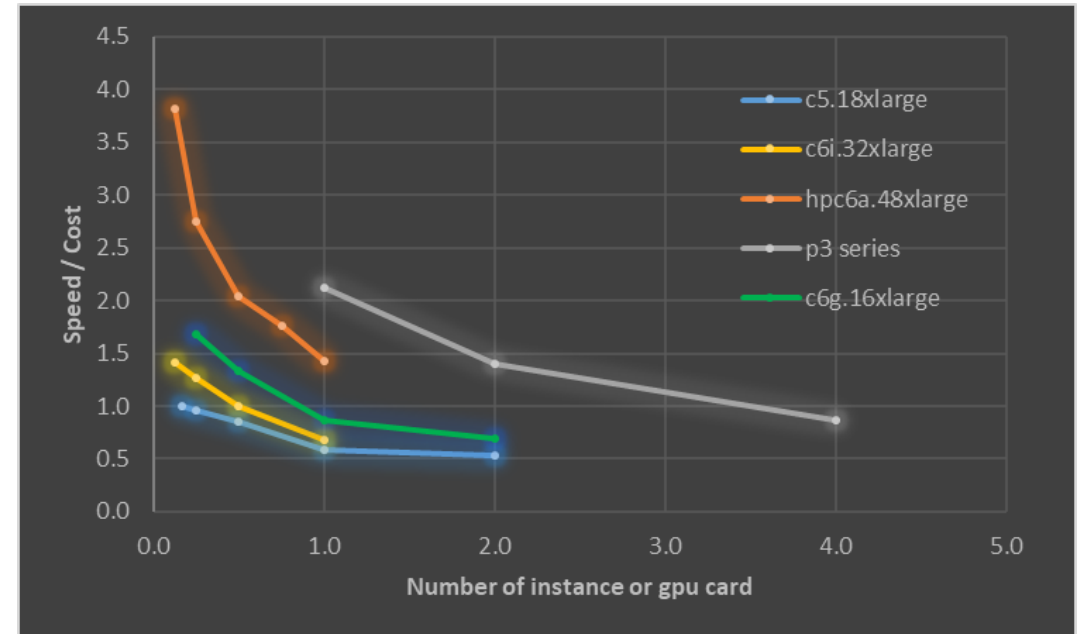
Instance type： c5.18xlarge(72core/Instance), c6i.32xlarge(128core/Instance), hpc6a.48xlarge(96core/Instance), c6g.16xlarge(64core/Instance), p3.2xlarge(GPU1枚/Instance), p3.4xlarge(GPU4枚/Instance)

※ c5.18xlarge,12コアの計算速度（Speed）を1として比較、横軸はGPU Card枚数、Instance台数とした。

Number of core vs. Speed



Number of core vs. Speed / Cost



4. 各種CPU、GPUでのベンチマーク結果（5）

ベンチマーク結果①-2 CPU（Intel製、AMD製、ARM製）とGPUの比較

- CPUを利用するc5.18xlarge、hpc6a.48xlarge、c6i.32xlarge、c6g.16xlargeと、GPUで計算するp3.2xlarge（GPU1枚）、p3.4xlarge（GPU4枚）を比較した。
- c5.18xlarge、hpc6a.48xlargeとp3.2xlargeはオンデマンド料金の差は小さいが、**Instance 1台あたりで比較**（vs. Speed）すると、GPUで計算するp3.2xlargeは、c5.18xlarge、hpc6a.48xlargeより**1.7~3.9倍速い**結果となった。これまでのCPU計算と比べると、**飛躍的に速度が向上**している。
- GPU枚数を2、4枚と増やすと、計算速度は頭打ちの傾向はあるが速くなる。ただし、コストを加味して比較（vs. Speed/Cost）すると、コストが大きいためGPUを利用するメリットは小さくなる（コストを無視して、速度を求める場合は別ですが）。

4. 各種CPU、GPUでのベンチマーク結果（6）

ベンチマーク結果②-1 メッシュ数大でのCPUの比較（Intel製、AMD製、ARM製）

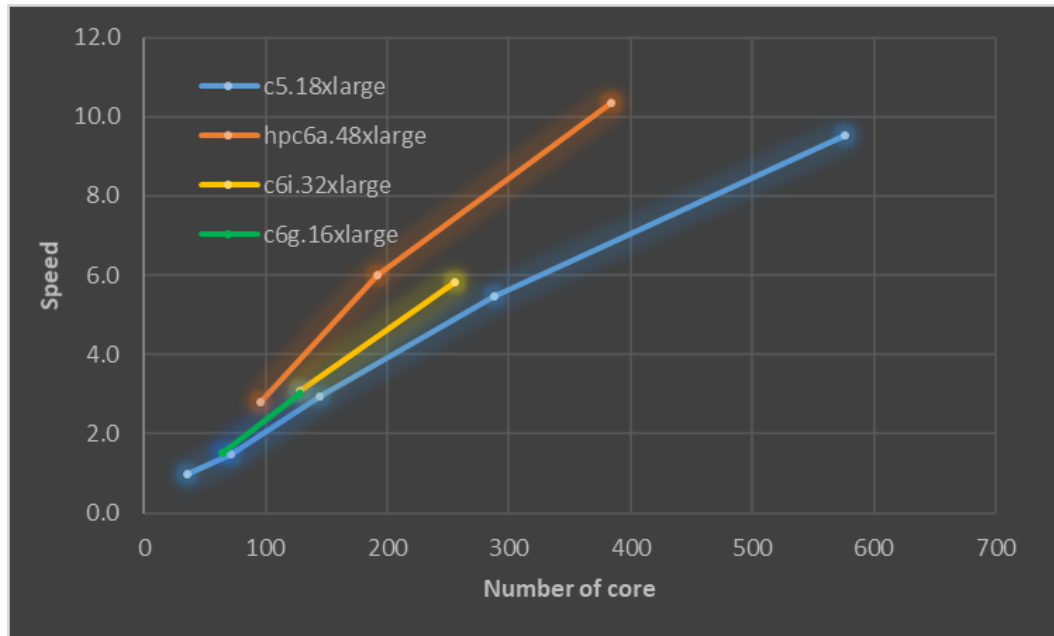
アプリケーション： Simcenter STAR-CCM+ 2306

メッシュ数： 1,050万

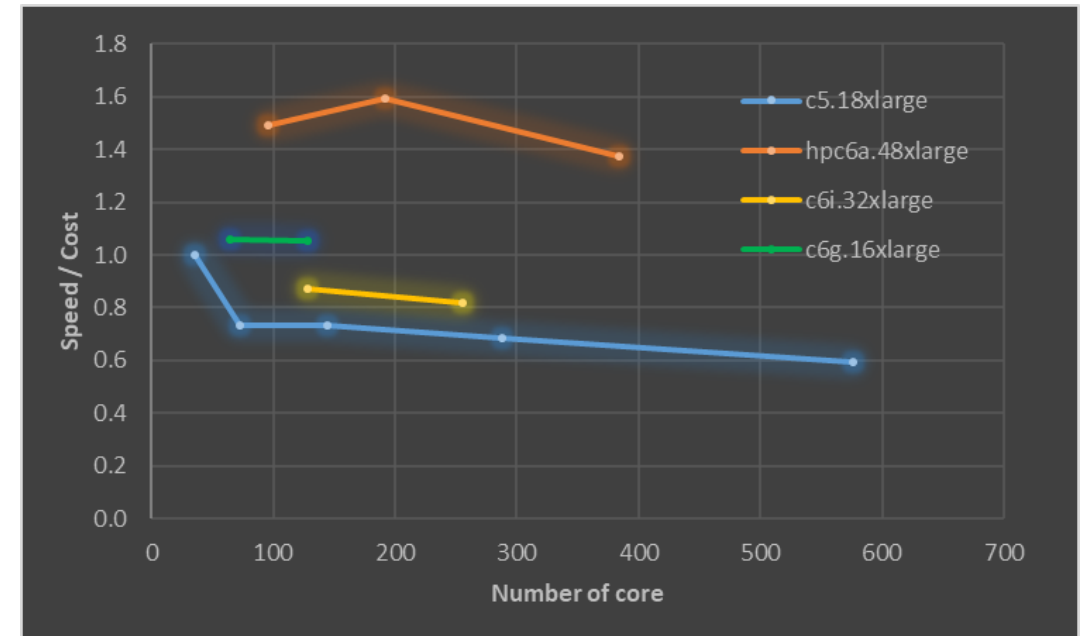
Instance type： c5.18xlarge(72core/Instance), c6i.32xlarge(128core/Instance), hpc6a.48xlarge(96core/Instance), c6g.16xlarge(64core/Instance)

※ c5.18xlarge,36コアの計算速度（Speed）を1として比較

Number of core vs. Speed



Number of core vs. Speed / Cost



4. 各種CPU、GPUでのベンチマーク結果（7）

ベンチマーク結果②-1 CPUの比較（Intel製、AMD製、ARM製）

- 普段利用しているc5.18xlargeと新しく利用を始めたhpc6a.48xlarge、c6i.32xlarge、c6g.16xlargeを比較した。
- hpc6a.48xlargeが速度面、コスト面で優位である。
- c5.18xlargeとhpc6a.48xlargeの最大クロック周波数に大きな差はないが、同数のcoreで比較（vs. Speed）すると**1.5倍前後**、hpc6a.48xlargeの方が速い。ベンチマーク①と同様にIntel製とAMD製の違いやAWSの導入時期の違いで性能に差がある（c5.18xlargeはアーキテクチャが古く不利である。**最新のアーキテクチャで、hpc関連のチューニングがされているCPUは速い**）
- また、オンデマンド料金をベースとして料金を加味して比較(vs. Speed/Cost)すると、コアあたりの料金の安いhpc6a.48xlargeは、c5.18xlargeの**2倍程度の数値となり、コスト辺りの性能差が大きい**ことが分かった。
- c6i.32xlargeは速度はc5.18xlargeよりも速くなる。ただし、hpc6a.48xlargeが速度面、コスト面でc6i.32xlargeを上回る性能がある。
- c6g.16xlargeは、c5.18xlargeと速度では大きな差はない。コスト面では優れている

4. 各種CPU、GPUでのベンチマーク結果（8）

ベンチマーク結果②-2 CPU（Intel製、AMD製、ARM製）とGPUの比較

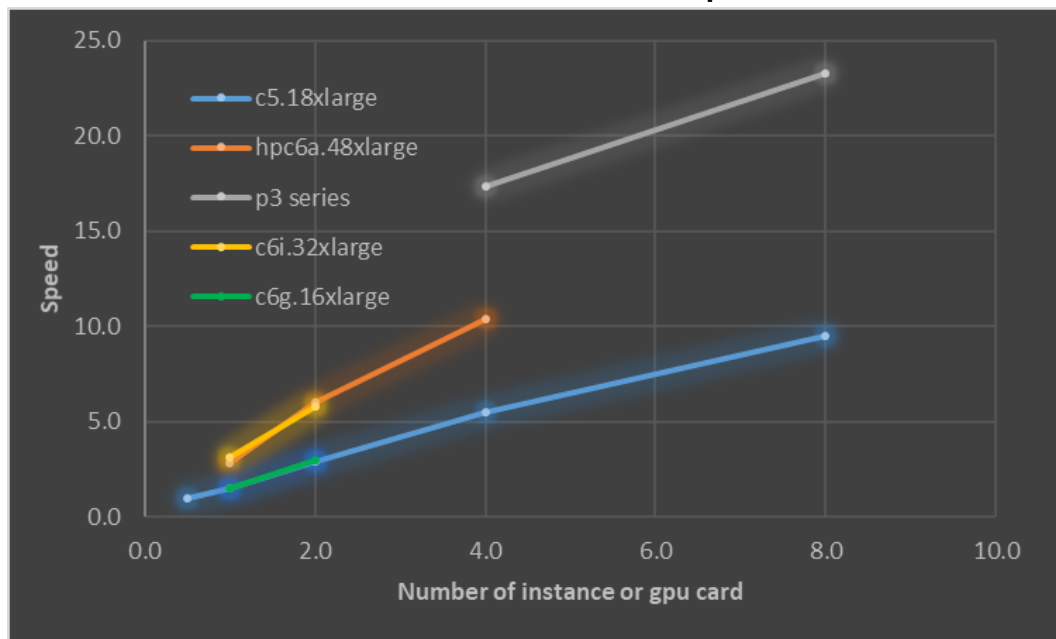
アプリケーション： Simcenter STAR-CCM+ 2306

メッシュ数： 1050万

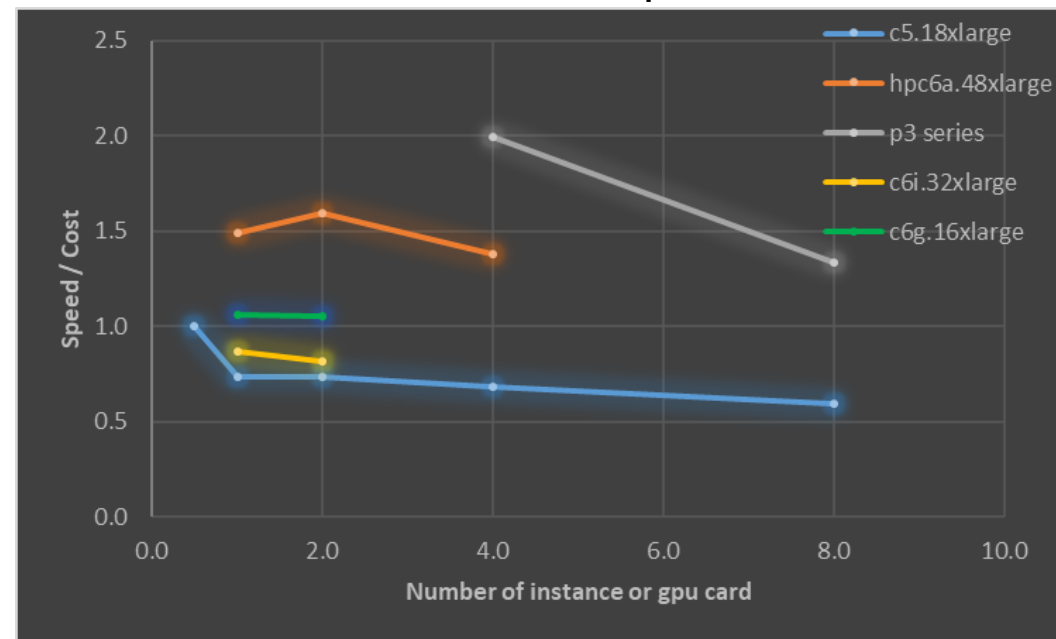
Instance type： c5.18xlarge(72core/Instance), c6i.32xlarge(128core/Instance), hpc6a.48xlarge(96core/Instance), c6g.16xlarge(64core/Instance), p3.8xlarge(gpu 4枚/Instance), p3.16xlarge(gpu 8枚/Instance)

※ c5.18xlarge,36コアの計算速度（Speed）を1として比較、横軸はGPU Card枚数、Instance台数とした。

Number of core vs. Speed



Number of core vs. Speed / Cost



4. 各種CPU、GPUでのベンチマーク結果（9）

ベンチマーク結果① CPU（Intel製、AMD製、ARM製）とGPUの比較

- CPUを利用するc5.18xlarge、hpc6a.48xlarge、c6i.32xlarge、c6g.16xlargeと、GPUで計算するp3.2xlarge（GPU1枚）、p3.8xlarge（GPU4枚）、p3.16xlarge（GPU8枚）を比較した。
- c5.18xlarge、hpc6a.48xlargeとp3.2xlargeはオンデマンド料金の差は小さいが、**Instance 1台あたりで比較**（vs. Speed）すると、GPUで計算するp3.2xlargeは、c5.18xlarge、hpc6a.48xlargeより**1.7~3.1倍速い**結果となった。これまでのCPU計算と比べると、**飛躍的に速度が向上**している。
- GPU枚数を8枚に増やすと、計算速度は頭打ちの傾向はあるが**速くなる**。ただし、コストを加味して比較（vs. Speed/Cost）すると、コストが大きいためGPUを利用するメリットは小さくなる（コストを無視して、速度を求める場合は別ですが）。

5. まとめ

1. AWSを導入した経緯、環境構築について紹介した。
2. Simcenter STAR-CCM+の事例を例に、ベンチマークを実施した。従来利用していたc5.18xlargeに対して、新しいInstance hpc6a.48xlargeやGPUを利用できるInstance p3 Seriesでは、計算速度の大きな向上が確認できた。
3. 多数のケーススタディを短期間に実施するには、最新Instanceを利用する方が、計算時間およびコストで有利なため、積極的に導入を進めたい。



© Chiyoda Corporation 2023, All Rights Reserved.

