



PCクラスタワークショップin 神戸2022

# AWS ParallelCluster で<sup>つく</sup>創る 自分だけのクラウド HPC クラスタ

Specialist Solutions Architect, HPC  
Daisuke Miyamoto  
2022/06/23

# 宮本 大輔

アマゾン ウェブ サービス ジャパン 合同会社  
技術統括本部  
HPC ソリューションアーキテクト

製薬・金融・気象といった分野を中心に  
AWS 上で大規模な計算を行われるお客様の技術支援を担当



# 本日の流れ

- クラウド HPC とは
- AWS における HPC 関連サービス
- クラウド HPC 活用パターン
  - 伸縮性、柔軟性
  - ワークロード全体を考慮したアーキテクチャ設計
- AWS ParallelCluster で創（はじ）めるクラウド HPC

# クラウド HPC とは



# クラウド / クラウド HPC とは？（一例）

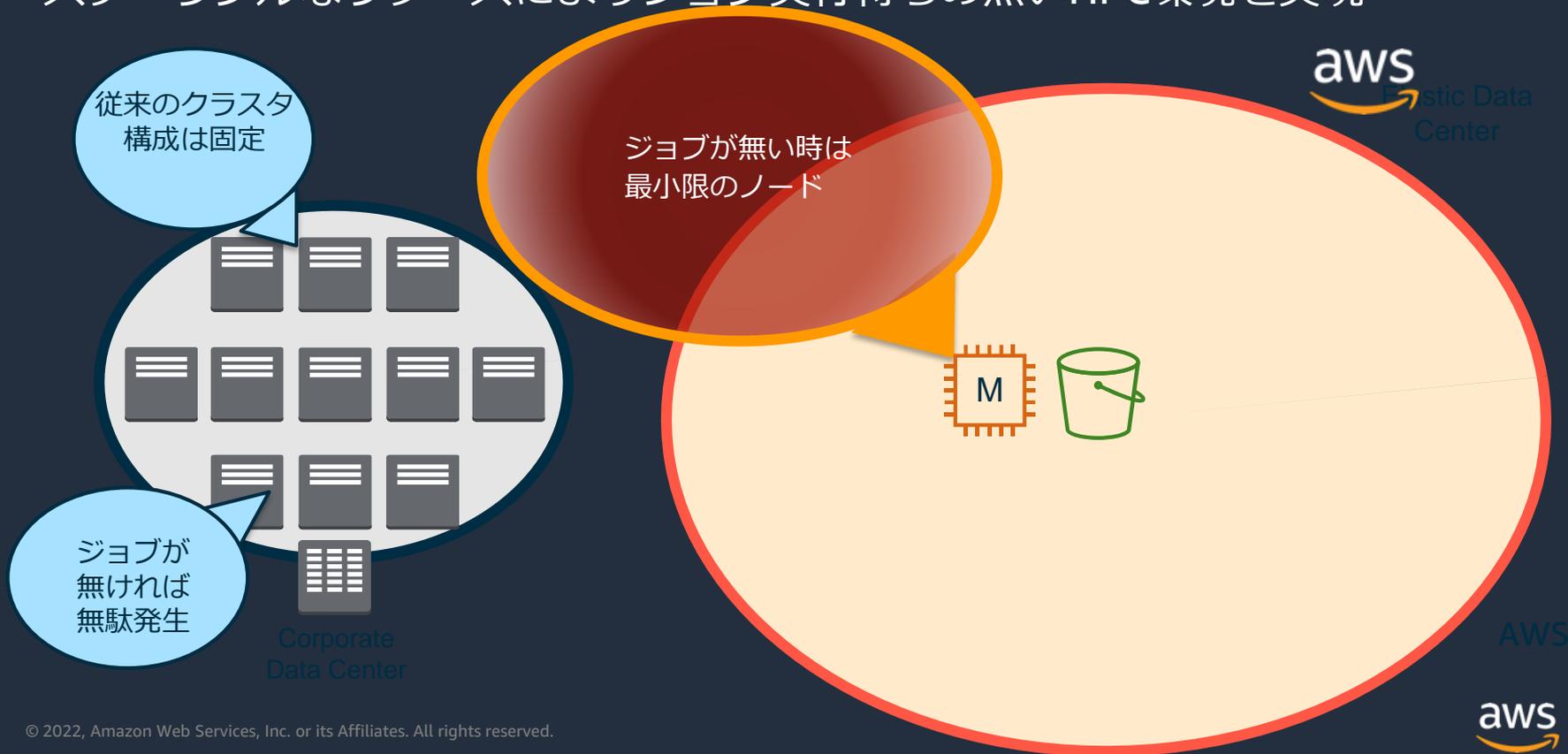
クラウドは  
拡張性・柔軟性・豊富なサービスを持ち

「必要なリソース」を「必要な時」に「オンデマンド」で利用できる

クラウドの持つ、このような特性を HPC に活用

# 必要な時に必要なだけ利用

スケーラブルなリソースによりジョブ実行待ちの無いHPC環境を実現



# 必要な時に必要なだけ利用

スケーラブルなリソースによりジョブ実行待ちの無いHPC環境を実現

aws Elastic Data Center

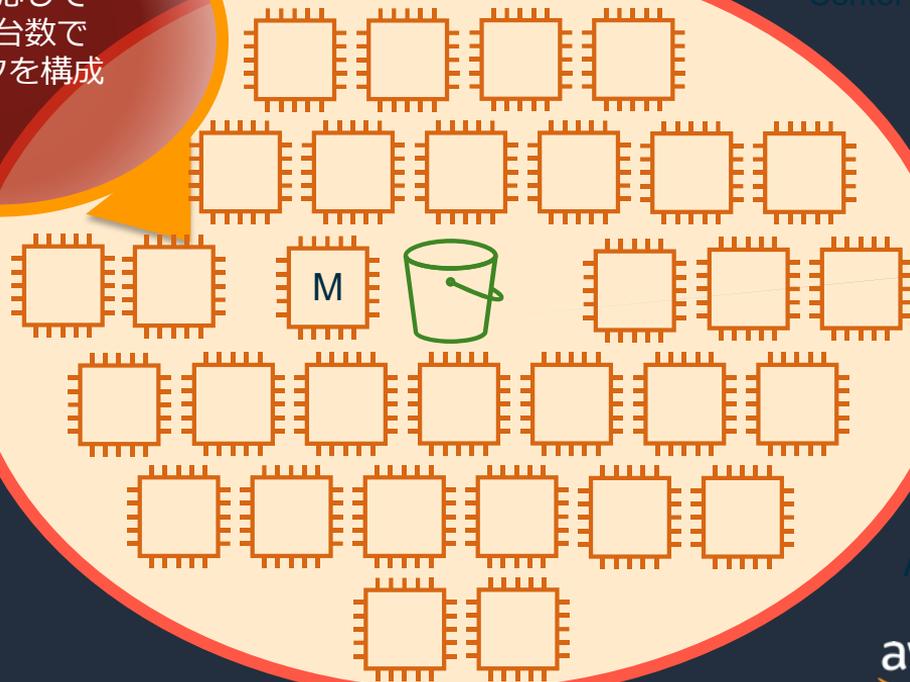
従来のクラスタ  
構成は固定



ジョブが  
無ければ  
無駄発生

Corporate  
Data Center

必要に応じて  
必要な台数で  
クラスタを構成



AWS

aws

# 必要な時に必要なだけ利用

スケーラブルなリソースによりジョブ実行待ちの無いHPC環境を実現



従来のクラスタ  
構成は固定



ジョブが  
無ければ  
無駄発生

Corporate  
Data Center

処理が終了すると  
インスタンスを終了  
課金停止



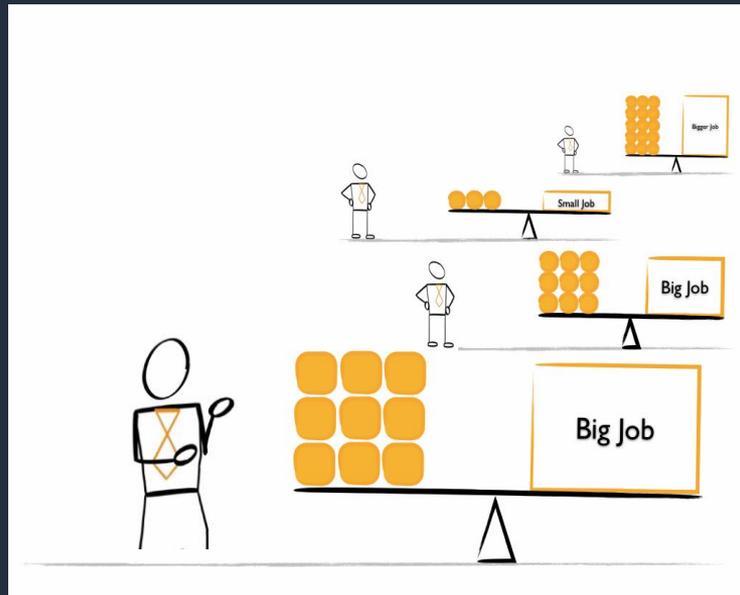
AWS



# アプリケーションに合わせた構成のクラスタを構築可能

ユーザやタスク単位で専用のクラスタを構築できるため  
要件や規模に合わせて、最適構成のクラスタを作成可能

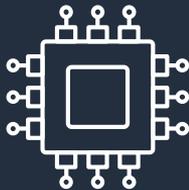
- CPUコア/メモリ
- ストレージ
- アクセラレータ
- ネットワーク
- インストールするソフトウェア



**One size does not fit all!**

# AWS における HPC 関連サービス

# AWS における主要な HPC 関連サービス



Amazon EC2



Elastic Fabric  
Adapter (EFA)

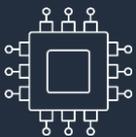


Amazon FSx  
for Lustre



AWS  
ParallelCluster

**仮想サーバだけでなく  
高速ネットワーク、分散ストレージ、オーケストレーションなど  
多様な HPC 関連 サービスを提供**



# Amazon EC2 (Elastic Compute Cloud)

必要なときに必要な計算リソースを確保可能な仮想サーバサービス

- 数分で起動し、秒単位の従量課金（一部タイプについては1時間単位）
- 独自の仮想化基盤 Nitro System により、仮想化オーバーヘッドを極小化
- ワークロードに応じて様々なインスタンスタイプを選択可能

## 高性能計算向けインスタンスタイプの例

高性能 CPU の選択肢

アクセラレータの選択肢



Intel Xeon processor  
(x86\_64 arch)

AMD EPYC processor\*  
(x86\_64 arch)

AWS Graviton Processor  
(64-bit Arm arch)

NVIDIA GPU

Xilinx FPGA

### M6i インスタンス

Ice Lake

最大時全コア 3.5 GHz 駆動

### M5zn インスタンス

Cascade Lake

最大全コア 4.5 GHz 駆動

### M6a インスタンス

EPYC Milan

最大 3.3 GHz 駆動

### Hpc6a インスタンス

EPYC Milan

HPC特化

### C7g インスタンス

64bit Arm Neoverse V1ベース

AWS Graviton3 CPU 搭載

### P3 インスタンス

V100 GPU 搭載

### P4d インスタンス

A100 GPU 搭載

### P4de インスタンス※

A100 (80GB版) GPU 搭載

### G5 インスタンス

A10G GPU 搭載

### F1 インスタンス

Virtex UltraScale+

VU9P 搭載

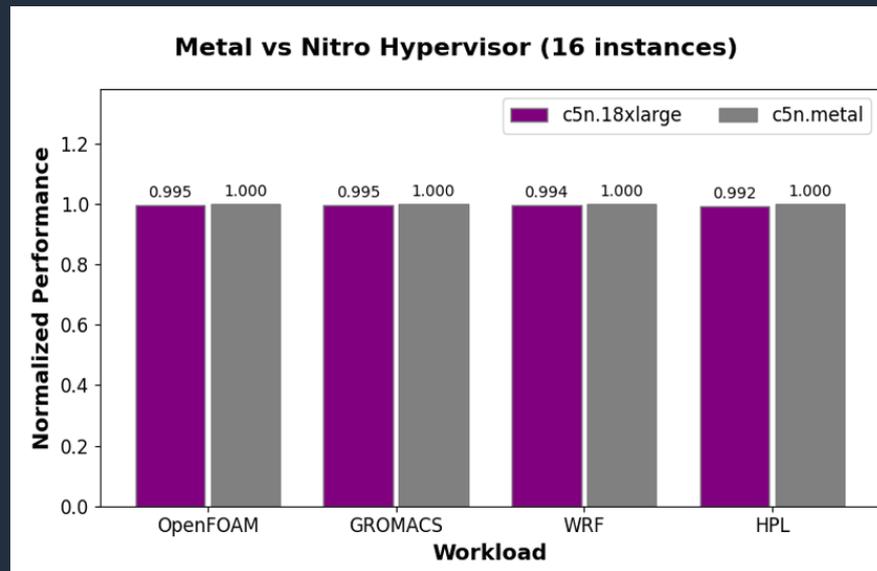
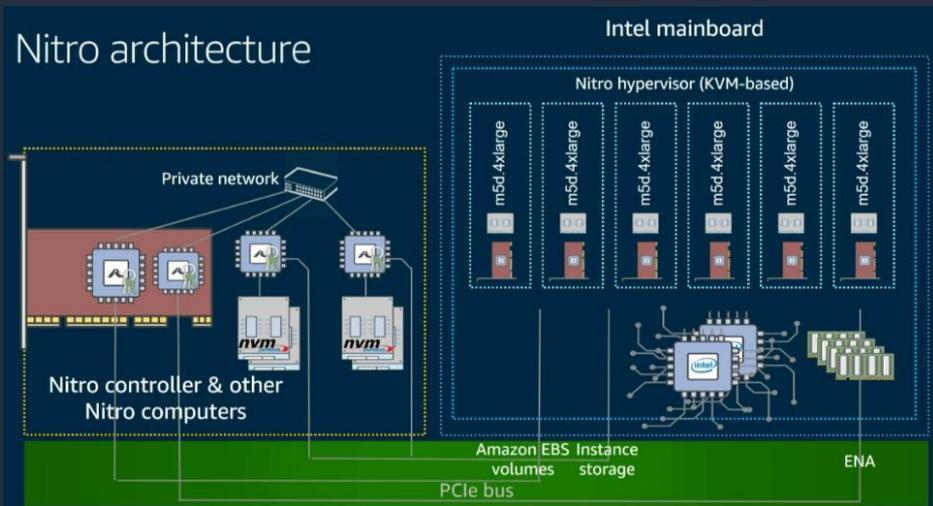


# EC2 の仮想化基盤である Nitro Architecture

2017年に新しい仮想化基盤である Nitro Architecture を発表

仮想化のために必要な処理を、**外部の専用ハードウェアにオフロード**

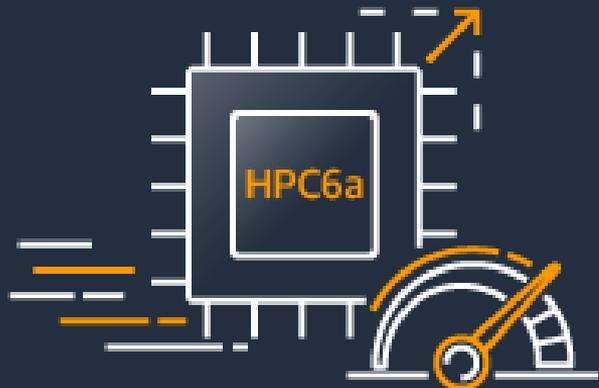
仮想化オーバーヘッドによるパフォーマンス影響を極小化、セキュリティの向上



<https://aws.amazon.com/blogs/hpc/bare-metal-performance-with-the-aws-nitro-system/>

# Amazon EC2 Hpc6a instances

Amazon EC2で実行されるHPCワークロードに対して最高の価格パフォーマンスを提供するように設計



AMD 第3世代 EPYC (Milan) プロセッサ  
96 物理コア、384 GB のメモリを搭載

同等の AmazonEC2 x86ベースの  
コンピューティング最適化インスタンスよりも  
**最大65%優れた価格パフォーマンスを提供**

100 Gbps のネットワーク帯域幅

気象、金融、流体力学、ヘルスケアおよびライフサイエンスなど大規模な計算ワークロードに最適

米国東部 (オハイオ)、欧州 (ストックホルム)、AWS GovCloud (米国) で利用可能

# AWS Graviton3

- 第三世代 AWS Graviton プロセッサ
- Arm Neoverse V1 コア採用
- bfloat16 対応
- SVE (Scalable Vector Extensions) 対応
- 浮動小数点演算性能が最大 2倍
- DDR5 メモリ採用により Graviton2 と比較してメモリバンド幅が +50 % 向上



**AWS Graviton2 と比較してコストパフォーマンスが +25 % 向上**

US East (N. Virginia) 及び US West (Oregon) にて一般提供済み

<https://aws.amazon.com/blogs/aws/new-amazon-ec2-c7g-instances-powered-by-aws-graviton3-processors/>



# EFA: Elastic Fabric Adapter

MPI/NCCL で利用可能な低レイテンシネットワークアダプタ

c5n.18xlarge, c6gn.16xlarge, p4dn.24xlarge 等の EFA 対応インスタンスで利用可能

OpenMPI, Intel MPI, MVAPICH2 が対応

通信プロトコルとして、TCP/IP ではなく、独自の SRD (Scalable Reliable Datagram) を使用

インスタンス間通信速度

C5n

c5n.18xlarge  
100 Gbps

C6gn

c6gn.16xlarge  
100 Gbps

P4d

p4d.24xlarge  
400 Gbps  
(GPUDirect RDMA対応)

計算ノード間の通信レイテンシが重要となる処理例



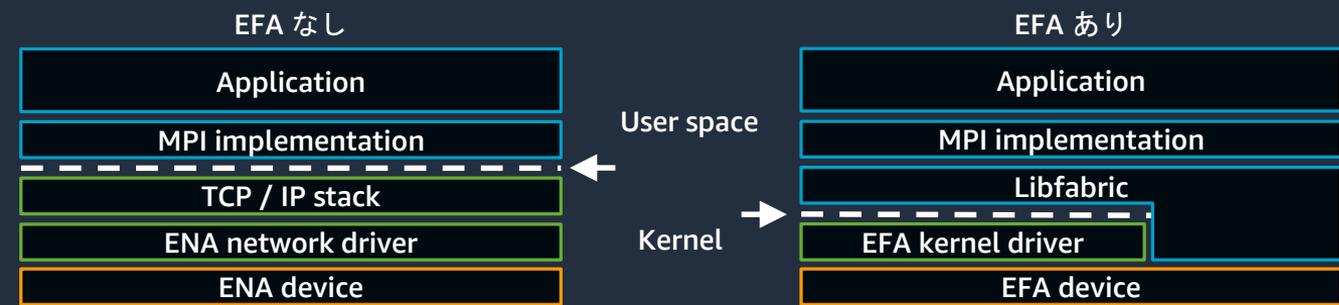
流体解析



地震  
シミュレーション



気象予測



# [参考] SRD: Scalable Reliable Datagram

EFA が使用する AWS のデータセンター構成に特化した独自のプロトコル

## マルチパスルーティング

データセンターの複数のネットワーク経路を活用

## アウトオブオーダーでの転送

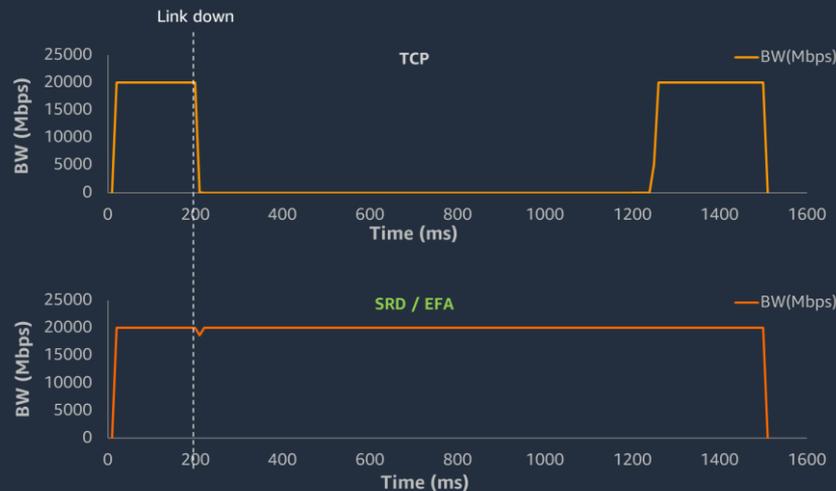
ブロックを抑制

## レイテンシ・ジッターの低減

独自の link/switch ダウン検出、輻輳制御

## 配信保証

EC2のリソースを使用せずに保証を行う



リンクダウン時の再接続

L. Shalev, H. Ayoub, N. Bshara and E. Sabbag, "Supercomputing on Nitro in AWS Cloud," in IEEE Micro, doi: 10.1109/MM.2020.3016891.  
<https://ieeexplore.ieee.org/document/9167399>

How EFA works and why we don't use infiniband in the cloud.  
<https://youtu.be/IgPWzhlHX68>

# Amazon FSx for Lustre

高速な分散ファイルシステムである Lustre をフルマネージドで提供

Lustre は POSIX 準拠のファイルシステムとして利用可能

階層型ストレージの機能もあり、S3と透過的にデータの import/export が可能

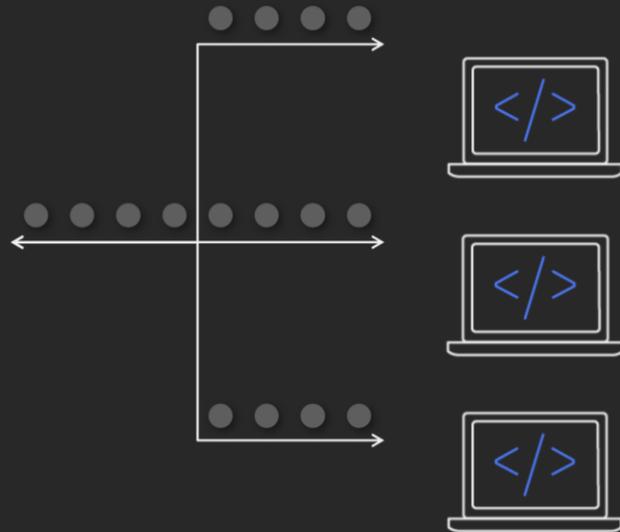
Link your Amazon S3 data set to your Amazon FSx for Lustre file system, then...



Data stored in Amazon S3 is loaded to Amazon FSx for processing



Output of processing returned to Amazon S3 for retention



# AWS ParallelCluster とは

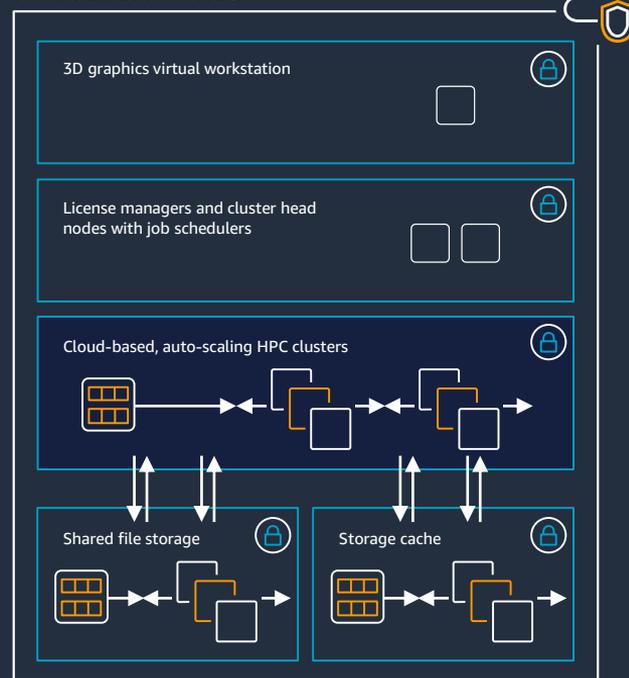
数コマンド操作でジョブ投入に応じて自動でスケールするクラスタを  
AWS 上に構築可能な AWS 公式のオープンソースソフトウェア

## AWS ParallelCluster の特徴

- 既存のHPC向けジョブスケジューラ（Slurm）と Auto-Scaling を連携した環境を作成
- MPI/NCCL 環境がセットアップ済みで、すぐに利用可能
- 使用するOSやネットワーク環境、ストレージ構成などを柔軟にカスタマイズ可能
- オープンソースプロジェクトであり、誰でもソースコードを入手可能

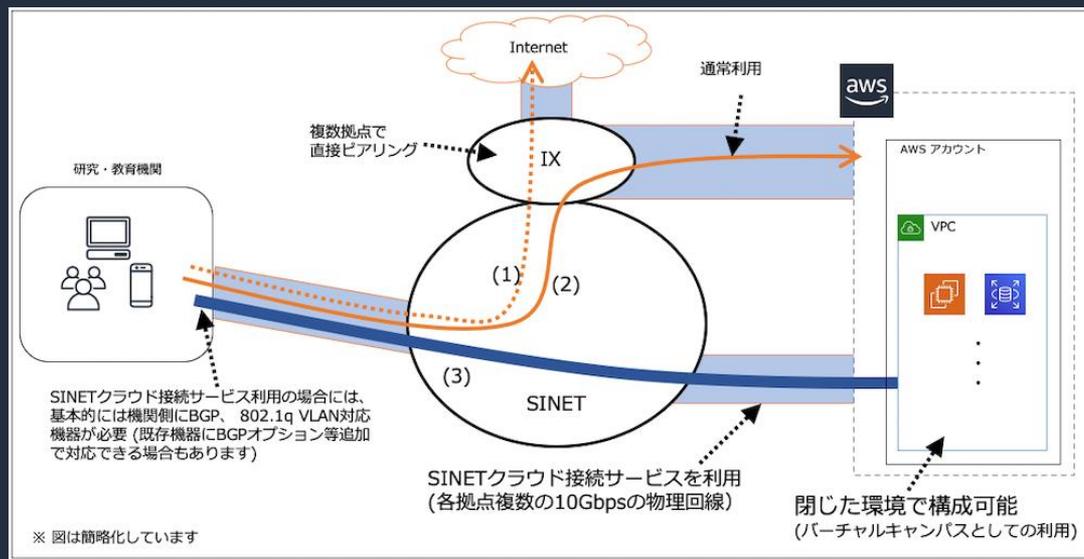
<https://github.com/aws/aws-parallelcluster>

HPC stack on AWS



# SINET 経由による高速な AWS 接続

- SINET とAWSはIX(インターネットエクスチェンジ)で直接ピアリングしており、SINET 経由で Internet を利用している機関は申請不要で高速な帯域を活用可能 (2)
- SINET クラウド接続サービスを利用することで「閉じた環境」での利用も可能 (3)
- SINET AWS 間の接続に、**複数の 100 Gbps 専用回線の追加** を発表 (2022年度内提供予定)



<https://aws.amazon.com/jp/about-aws/whats-new/2022/05/amazon-and-kek-announce-collaborate-for-driving-digital-transformation-scientific-research-in-japan/>  
<https://aws.amazon.com/jp/blogs/news/sinet5-aws-explain/>

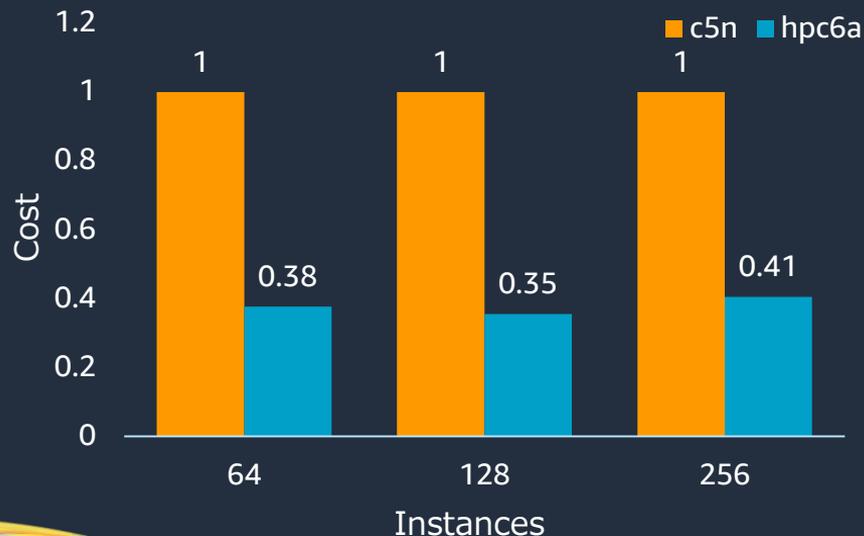
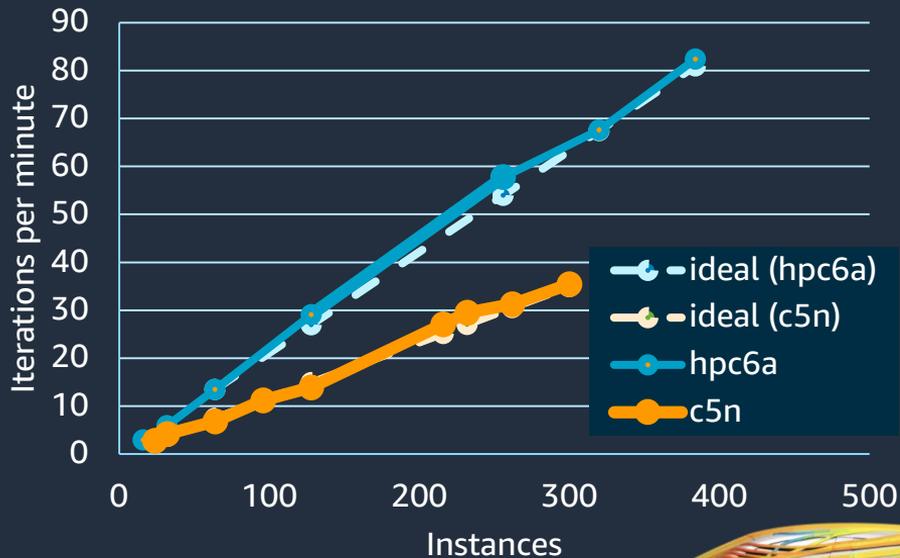
# クラウド HPC 活用パターン

## 伸縮性・柔軟性



# Siemens Simcenter STAR-CCM+ でのスケーラビリティ

1.4B cell Siemens Simcenter STAR-CCM+  
automotive CFD simulation



# Harvard Medical School

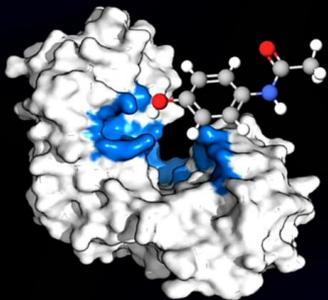
## 巨大スケールでのドッキングシミュレーション事例

創薬領域では、薬の候補となる化合物を発見するため  
標的となるタンパク質と化合物の相互作用を予測するドッキングシミュレーションを実施する

大量の化合物でのドッキングを試すことで薬剤候補分子の発見につながるが、  
そのために長大な計算時間が必要（10 億化合物 × 1化合物あたり15 秒 = 475 年）

**最大時 228万 vCPU を使用し、数十億化合物規模のドッキングシミュレーションを数時間で完了**

### Treating “untreatable” cancers



Does it fit?

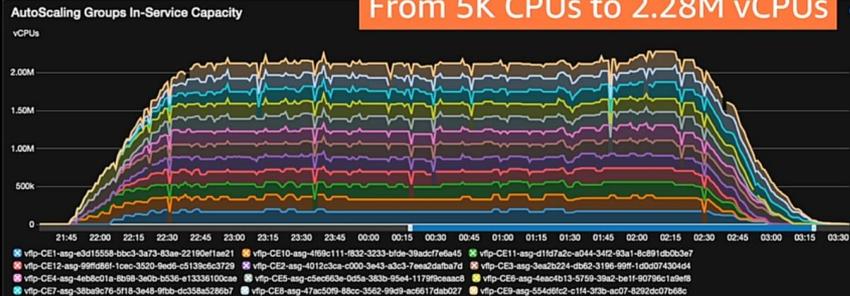


© 2021, Amazon Web Services, Inc. or its affiliates. All rights reserved.



### Learning from largest-ever known single Region HPC run on any cloud

From 5K CPUs to 2.28M vCPUs



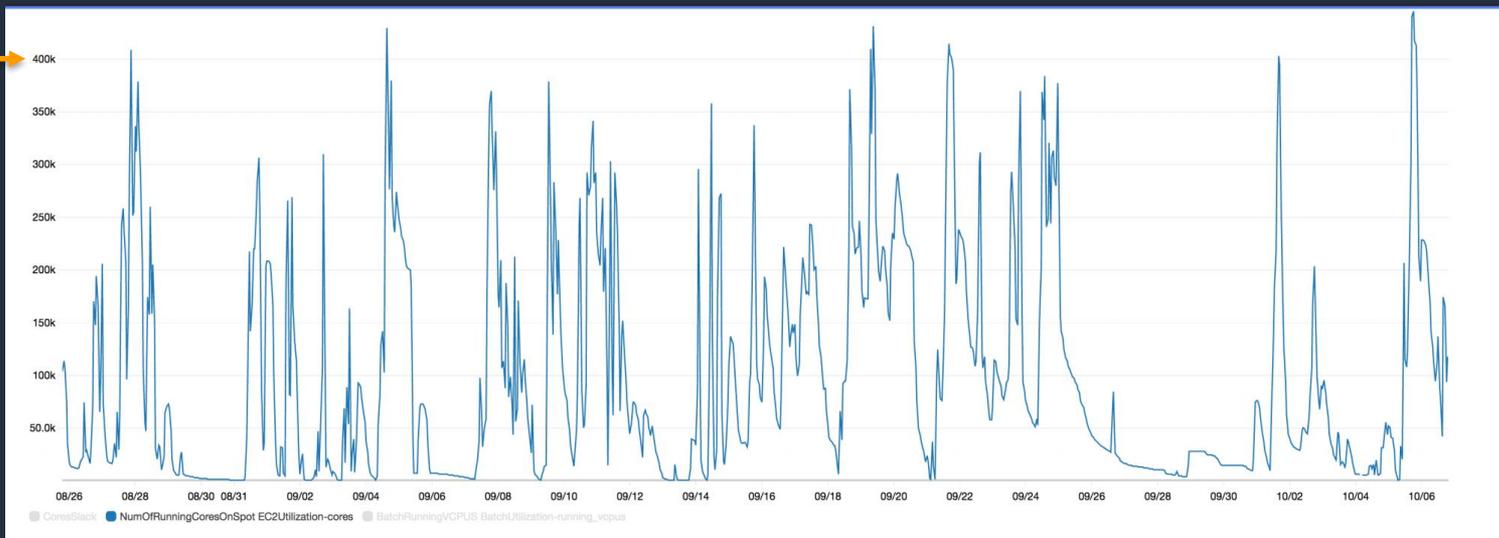
© 2021, Amazon Web Services, Inc. or its affiliates. All rights reserved.



# Mobileye での自動運転シミュレーション環境

大規模な自動運転のシミュレーション環境を AWS Batch を用いて構成  
最大同時 500,000 CPUコアを利用して、1時間あたり70年分のコンピューティングを実行、S3上のデータを1ヶ月あたり100PB処理

40万 vCPU →



[https://d1.awsstatic.com/events/reinvent/2019/Navigating\\_the\\_winding\\_road\\_toward\\_driverless\\_mobility\\_AUT307.pdf](https://d1.awsstatic.com/events/reinvent/2019/Navigating_the_winding_road_toward_driverless_mobility_AUT307.pdf)

# クラウド HPC の拡張性・柔軟性活用例

## AWS で実現するクラウド HPC 2022 春 ～最大 65% のコスト削減 HPC 向け Hpc6a インスタンスに Deep Dive～

- シーメンス株式会社
- ヘキサゴンマニュファクチュアリングインテリジェンス
- メトロウェザー株式会社
- 株式会社 安藤・間

<https://aws.amazon.com/jp/blogs/news/event-hpc-on-aws-apr-2022/>

## AWS Summit Japan 2022

- ソニーセミコンダクターソリューションズ株式会社
  - 「AWS を活用した半導体設計環境構築による設計力強化の実現」

<https://aws.amazon.com/jp/summits/japan/>

クラウド HPC 活用パターン

# ワークロード全体を考慮したアーキテクチャ設計

# クラウド HPC におけるアーキテクチャの重要性

対象となるワークロード全体の処理時間を短縮するためには  
HPC に加え周囲の「システム」全体を考える必要がある



ワークロードごとのアーキテクチャを設計

# マネージドサービスの活用と Building Block の考え方

多くのクラウドでは、仮想サーバだけでなく、  
ユーザーが共通に利用するような

- ストレージ
- データベース
- データレイク、データウェアハウス
- HPC クラスタ

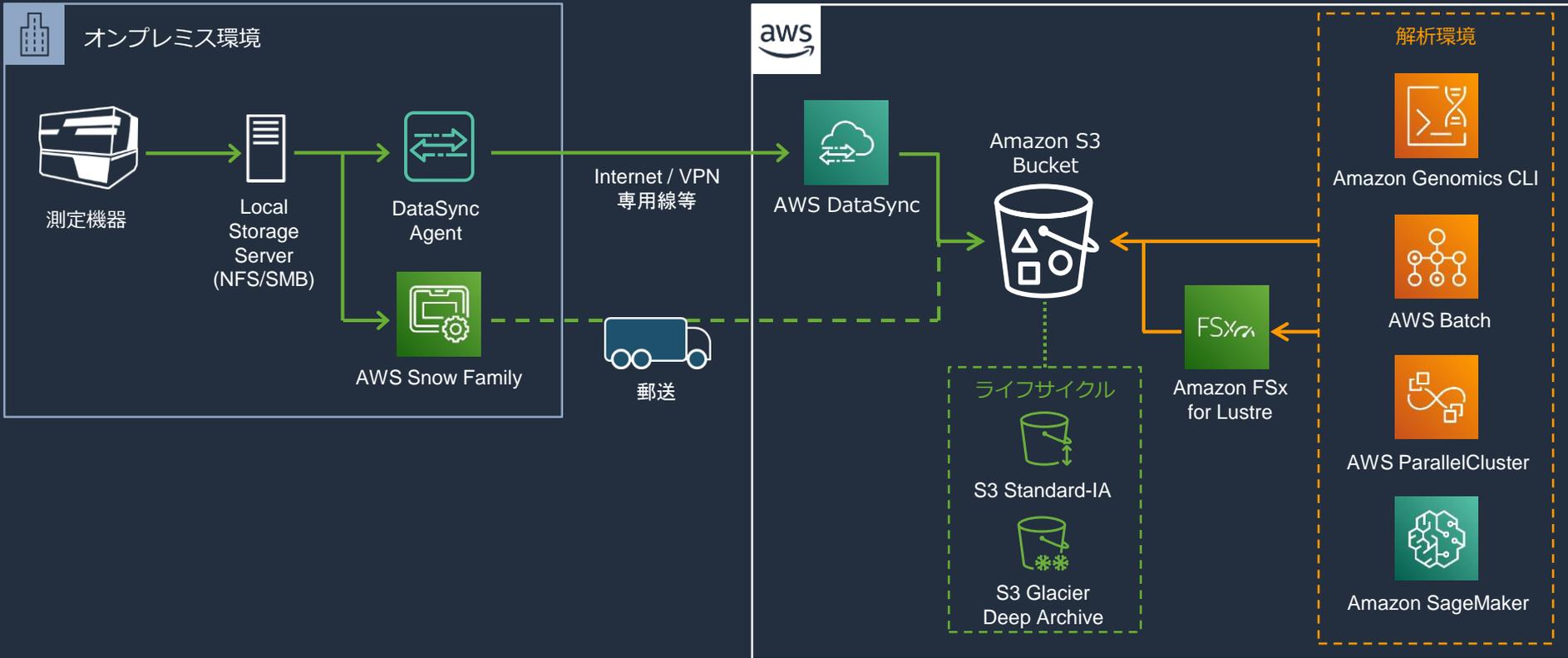
といったサービスを提供している

これらのサービスを適材適所で組み合わせ、や  
りたいことを最小の手間で実現する

→ **Building Block の活用**



# 実験データの「転送・保存・解析」アーキテクチャ



# 高エネルギー加速器研究機構での クライオ電子顕微鏡単粒子解析プラットフォーム

構造同定のスループットを向上させるためクラウドのスケラビリティを活用  
AWS の HPC 関連サービスを組み合わせる利用  
クラウド上に環境を構築することで、他の研究者や製薬企業にも展開



<https://aws.amazon.com/jp/about-aws/whats-new/2022/05/amazon-and-kek-announce-collaborate-for-driving-digital-transformation-scientific-research-in-japan/>

# AstraZeneca の創薬プラットフォーム構築事例

AstraZeneca は、現代の創薬に求められるHPC・AI等多種多様なワークロードをクラウド上で実現

- 化合物動態・毒性予測プラットフォームでは、社内・社外両方から得られた様々な機械学習予測モデルを研究者に提供するための環境を Amazon EKS 上に構築
- 化合物最適化フェーズでの結合予測では、Schrödinger 社の FEP+ を利用。スケーラブルな GPU 環境により年間 30万の FEP+ 計算を実行

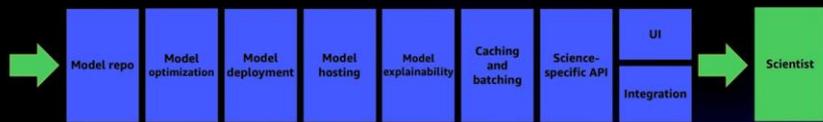
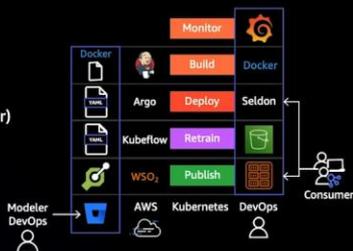
## Predictive insights platform

### SCOPE

- Scalable predictive platform for all drug discovery
- Load models in less than a day

### MODEL SOURCE

- SCP – AstraZeneca HPC
- GPU workstations
- AI Bench (Amazon SageMaker)
- MELLODDY consortium
- NVIDIA Cambridge 1



Jenkins logo by Frontside / CC-BY-SA 3.0

© 2021, Amazon Web Services, Inc. or its affiliates. All rights reserved.

## Schrödinger FEP+: Enter the GPU



### Amazon EC2

- Up to 8 NVIDIA Tesla V100 GPUs, each pairing 5,120 CUDA Cores and 640 Tensor Cores
- High-frequency Intel Xeon E5-2686 v4 (Broadwell) processors for p3.2xlarge, p3.8xlarge, and p3.16xlarge, and 2.5 GHz (base) Intel Xeon 8175M processors for p3dn.24xlarge
- Provides up to 100 Gbps of aggregate network bandwidth

### Potential drug molecules

### FEP+ active learning



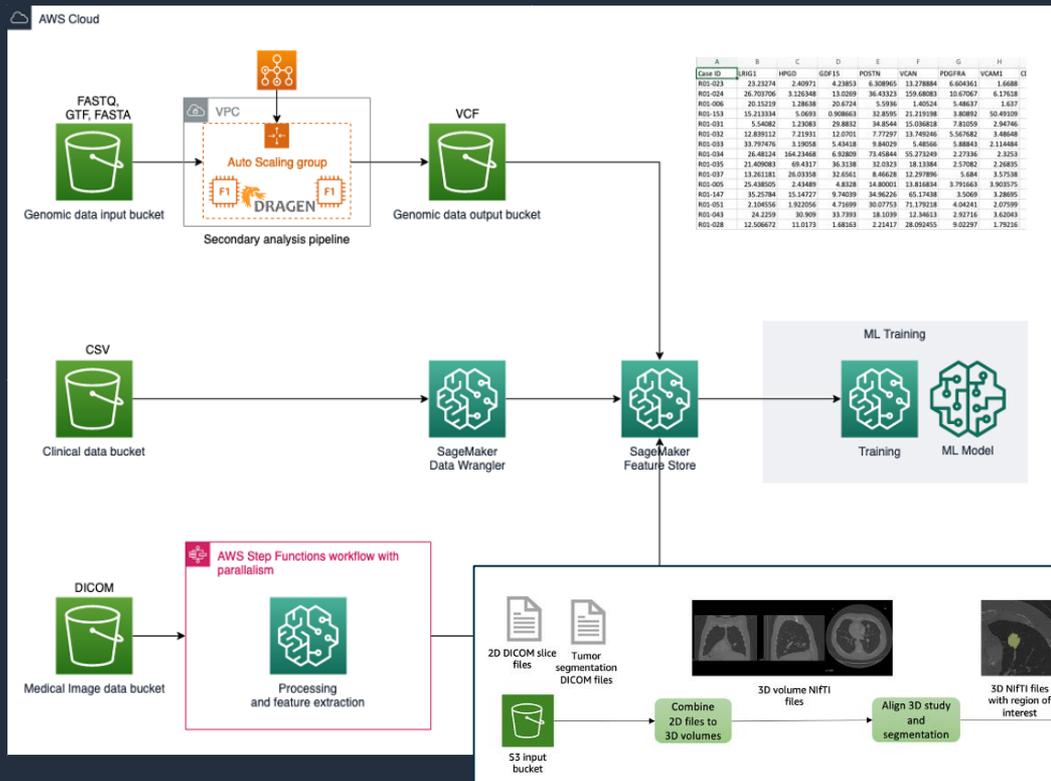
Circa 300,000 FEP+ calculations per annum



© 2021, Amazon Web Services, Inc. or its affiliates. All rights reserved.

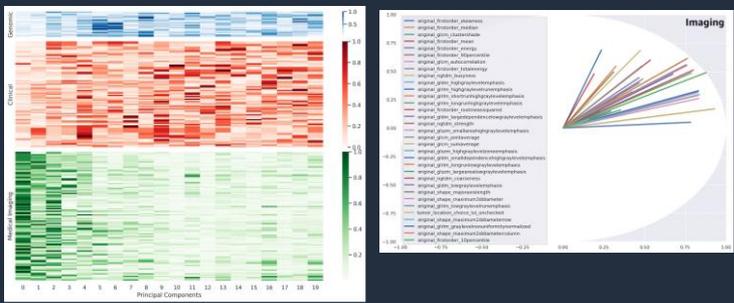


# AWS における機械学習統合環境である Amazon SageMaker のゲノム情報分析への活用



Case ID	ANG1	HPGO	GGF15	POSTN	VCAN	POGFRA	VCAM1	CI
R05-023	23.23274	2.40971	4.23853	6.93895	13.27884	6.60451	1.6688	
R05-024	26.70706	3.12638	13.0209	36.4333	109.6883	15.9707	6.17028	
R05-006	20.13219	1.28638	20.6724	5.5936	1.40524	5.48637	1.637	
R05-153	15.21334	3.0693	0.90863	32.8595	11.21018	3.80892	50.49109	
R05-031	5.54062	1.30983	79.8812	36.8564	15.03818	7.81059	2.94766	
R05-032	12.83912	7.21911	12.0701	7.77297	13.74026	5.56782	3.48648	
R05-033	19.79176	1.39558	5.43128	9.84239	5.46565	5.38853	2.11484	
R05-034	26.48124	164.23468	6.92808	73.45844	55.27340	2.77336	2.2353	
R05-035	21.409083	69.4317	36.3138	32.0323	18.13384	2.57082	2.26835	
R05-037	13.20181	28.03336	32.0561	4.46628	12.29796	5.684	3.57338	
R05-005	25.43805	2.43489	4.8328	14.80001	13.818484	3.791663	3.903575	
R05-147	35.25784	15.14727	9.74039	34.96226	65.17438	3.5069	3.26095	
R05-051	2.10616	1.92206	4.71899	30.07753	71.17018	4.04241	2.07999	
R05-043	24.2259	30.909	33.7393	18.1039	12.34613	2.39716	6.62043	
R05-028	12.506972	11.0173	1.68353	2.11417	28.09245	9.02297	1.78216	

Data Domain used for Model Training	Evaluation Metrics			
	Accuracy	F1 score	Precision	Recall
Genomic	0.62	0.62	0.61	0.62
Clinical	0.66	0.65	0.65	0.66
Medical imaging	0.75	0.73	0.74	0.73
Multimodal (Genomic, Clinical, and Imaging)	<b>0.83</b>	<b>0.82</b>	<b>0.83</b>	<b>0.83</b>

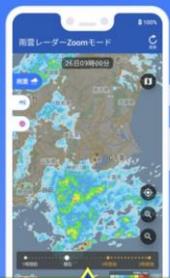


# 株式会社ウェザーニューズ様

台風やゲリラ豪雨など気象リスクに対して短い予報間隔・高い更新頻度の気象予報をユーザーに配信するためクラウドを活用

マルチリージョンクラスタ構成により大規模障害発生時には fail over

雨雲・台風進路・雷雨の境目など  
雨雲レーダー



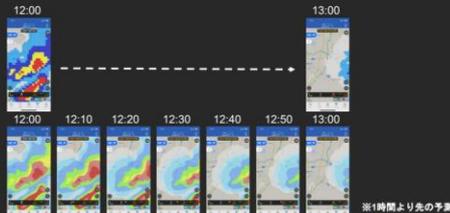
雨が降る時間・止む時間が分かる!

3時間先まで10分ごとの雨雲予想  
AI(人工知能)など最新技術を搭載

## Rapid Update OWN Projectの成果

「ウェザーニューズ」アプリで見られます!

他社  
1時間間隔



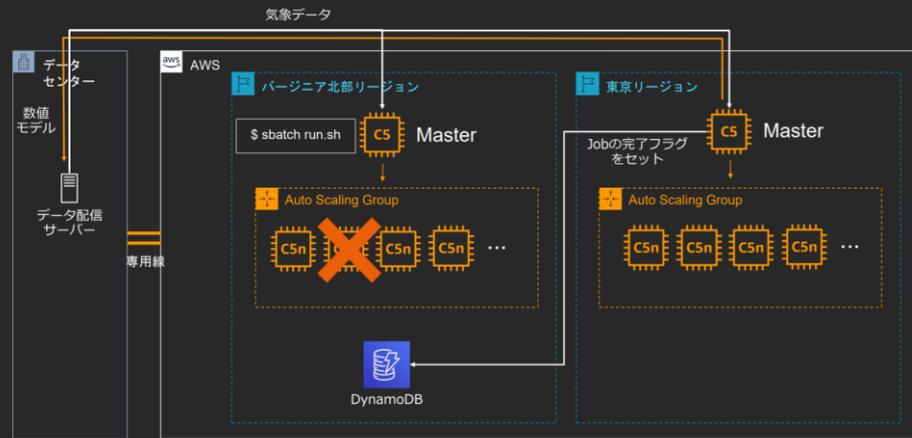
ウェザー  
ニュース  
10分間隔

	現在~30分後	35分後~1時間後	1時間後~
他社	250mメッシュ/5分間隔	1kmメッシュ/5分間隔	1kmメッシュ/1時間間隔
ウェザー ニュース	250mメッシュ/5分間隔	250mメッシュ/5分間隔	250mメッシュ/10分間隔

ダウンロード(無料)はこちら! (iOS版・Android版) →



## 副系での計算処理の流れ



AWS Summit Online Japan 2020

新たな気象リスクへの挑戦を可能にした HPC on AWS

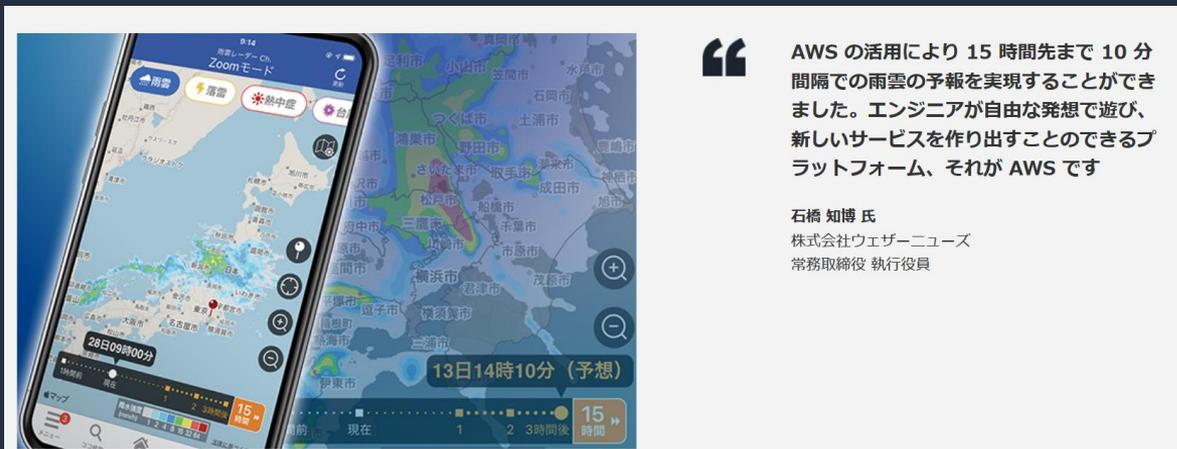
<https://resources.awscloud.com/aws-summit-online-japan-2020-on-demand-industry-3-12034/cus-98-aws-summit-online-2020-weathernews>

© 2022, Amazon Web Services, Inc. or its Affiliates. All rights reserved.



# 株式会社ウェザーニューズ様

- 運用負荷軽減
  - オンプレミスに比べて 5 年間の TCO は 1/3 に
  - ハードウェア故障への対応が最低限
- 新しいチャレンジを行いやすい環境
  - ある程度の計算規模を必要とするサービスをすぐにローンチさせることができる
  - うまいかない場合の sunk cost も最小限に



AWS の活用により 15 時間先まで 10 分間隔での雨雲の予報を実現することができました。エンジニアが自由な発想で遊び、新しいサービスを作り出すことのできるプラットフォーム、それが AWS です

石橋 知博 氏  
株式会社ウェザーニューズ  
常務取締役 執行役員

<https://aws.amazon.com/jp/solutions/case-studies/weathernews/>

# クラウド HPC におけるアーキテクチャ

ワークロード全体の要件に応じて  
データ転送や  
コンテナオーケストレーション（Kubernetes 等）、  
複数リージョン併用  
といったコンポーネントを  
マネージドサービスを活用しながら柔軟に構成できる

はじめ

# AWS ParallelCluster で創めるクラウド HPC

# AWS ParallelCluster のポイント

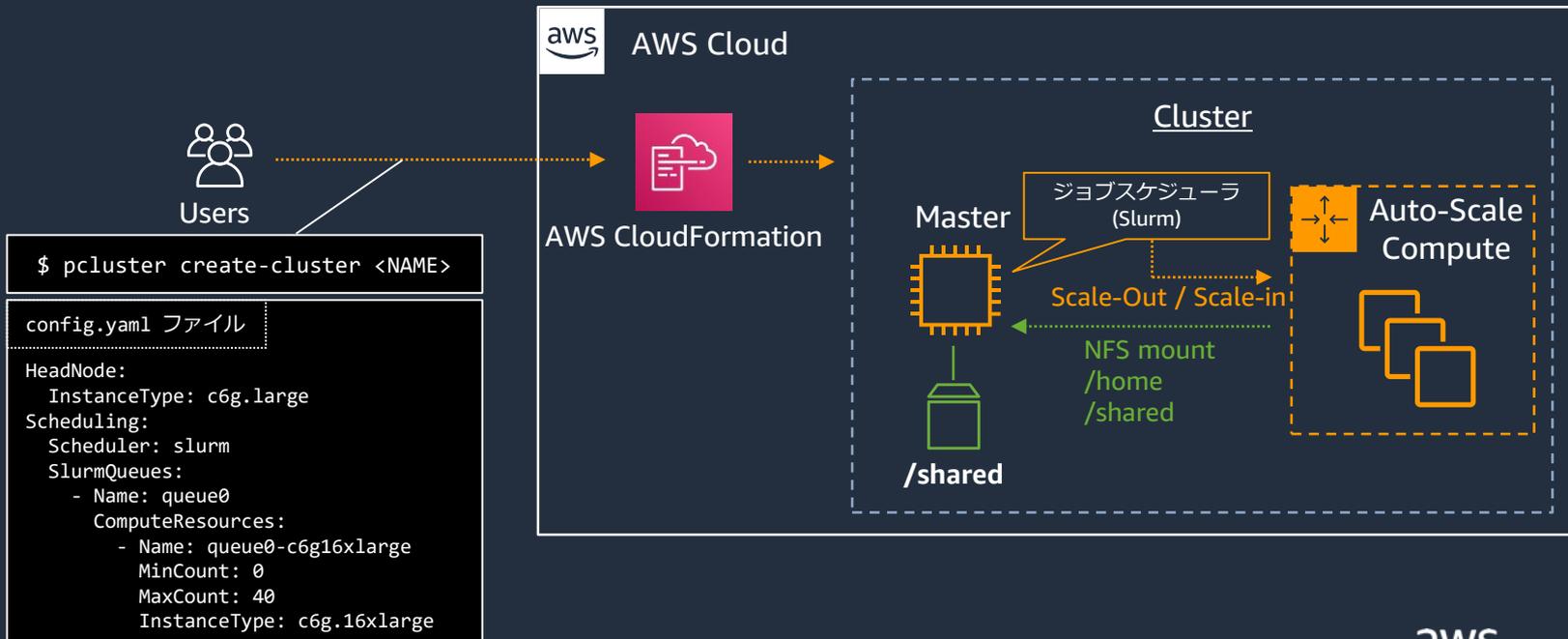
ジョブスケジューラと連動してインスタンスの起動・停止を行う環境を  
少しのコマンド操作や API で構築できる



研究者が自分専用のクラスタを構築できる  
他のサービスと組み合わせる「部品」としても扱うことができる

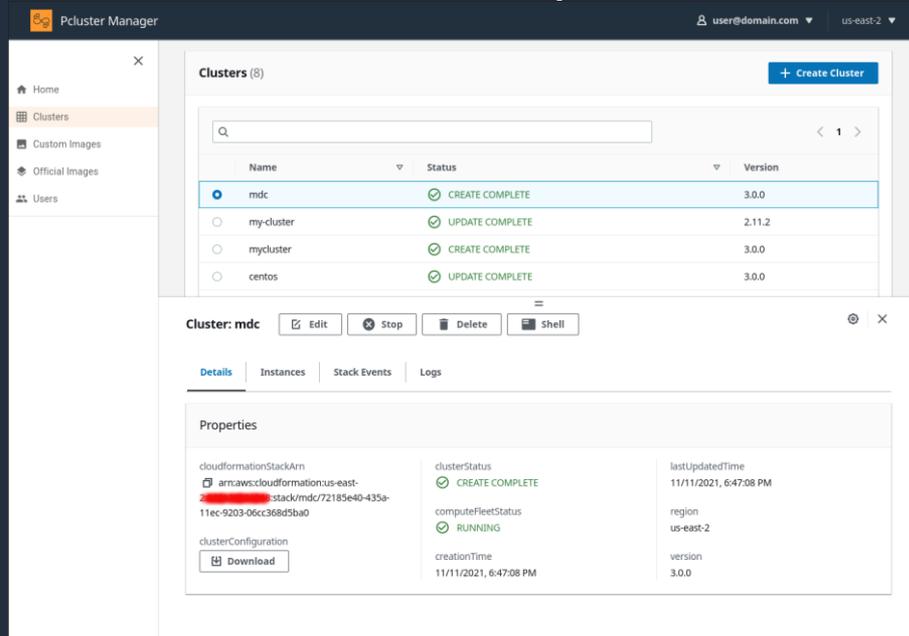
# AWS ParallelCluster の利用

まずは自分のPC等に ParallelCluster ソフトウェアをインストール (Python pip)  
config ファイルを記述し、pcluster create コマンドを実行することで、  
ジョブ投入に応じて Auto-Scale するクラスタ環境が自動的に作成される



# ParallelCluster Manager

ウェブベースの **GUI で ParallelCluster のクラスタ管理** が可能に  
クラスタの作成・停止・削除に加え NICE-DCV での接続も可能  
CloudFormation template の展開のみで利用可能

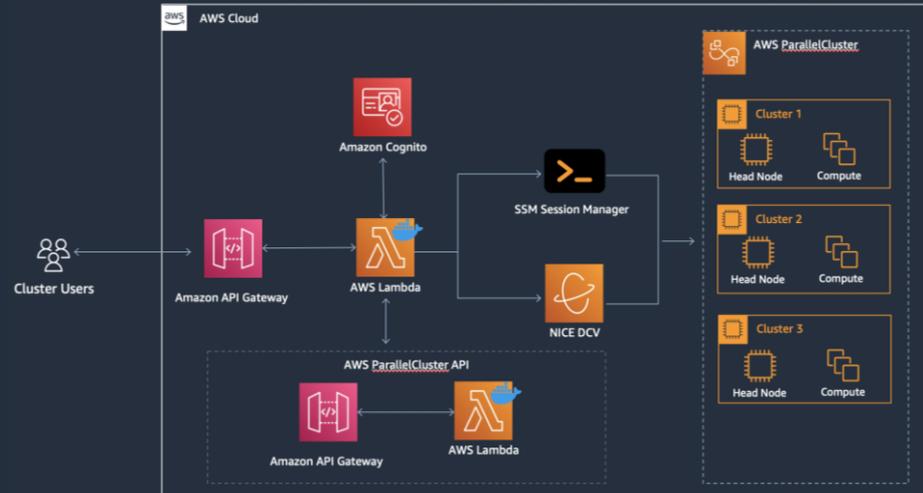


The screenshot shows the ParallelCluster Manager web interface. At the top, there's a navigation menu with 'Home', 'Clusters', 'Custom Images', 'Official Images', and 'Users'. The 'Clusters' section is active, displaying a table of clusters:

Name	Status	Version
mdc	CREATE COMPLETE	3.0.0
my-cluster	UPDATE COMPLETE	2.11.2
mycluster	CREATE COMPLETE	3.0.0
centos	UPDATE COMPLETE	3.0.0

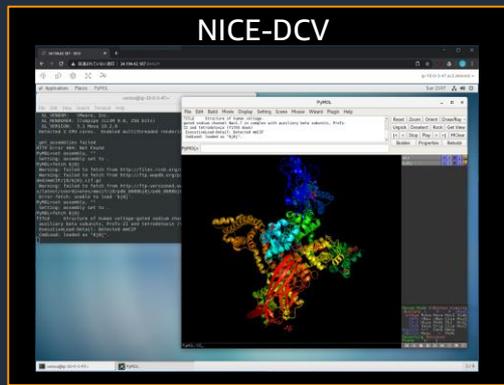
Below the table, the details for the 'mdc' cluster are shown. It includes buttons for 'Edit', 'Stop', 'Delete', and 'Shell'. The 'Properties' section displays the following information:

- cloudformationStackArn: `arn:aws:cloudformation:us-east-1:ec-9203-96cc368d5ba0:stack/mdc/72185e40-435e-11ec-9203-96cc368d5ba0`
- clusterStatus: CREATE COMPLETE
- computeFleetStatus: RUNNING
- creationTime: 11/11/2021, 6:47:08 PM
- lastUpdatedTime: 11/11/2021, 6:47:08 PM
- region: us-east-2
- version: 3.0.0



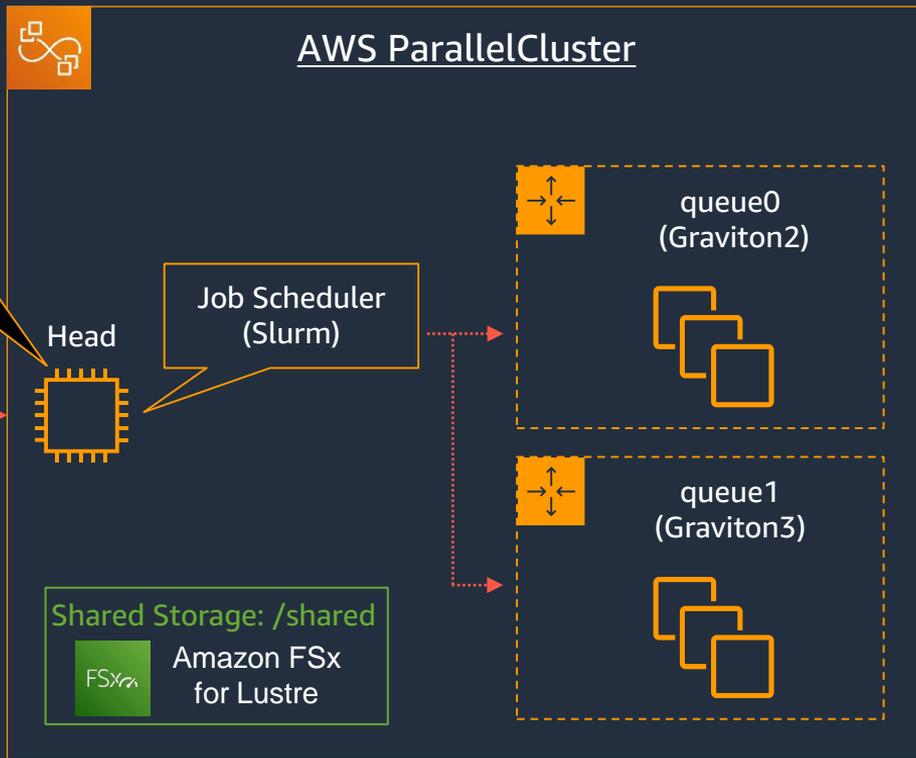
<https://github.com/aws-samples/pcluster-manager>

# クラスタ構成



Users

SSH/NICE-DCV



Sign in with your email and password

Email

midaisuk@amazon.co.jp

Password

••••••••••••••••

[Forgot your password?](#)

**Sign in**

Need an account? [Sign up](#)

- Home
- Clusters
- Custom Images
- Official Images
- Users



### Clusters (1)

Name	Status	Version
my-cluster	CREATE COMPLETE	3.1.3

Cluster: my-cluster

[Edit](#) [Stop](#) [Delete](#) [Filesystem](#) [Shell](#) [DCV](#)

- Details
- Instances
- Storage
- Job Scheduling
- Stack Events
- Logs

### Properties

cloudformationStackArn <a href="#">arn:aws:cloudformation:us-east-1:441877424058:stack/my-cluster/2592b4a0-f172-11ec-9244-12d4fd6a4fbd</a>	clusterStatus CREATE COMPLETE	lastUpdatedTime 6/21/2022, 11:55:10 PM
clusterConfiguration <a href="#">View</a>	computeFleetStatus RUNNING	region us-east-1
	creationTime 6/21/2022, 11:55:10 PM	version 3.1.3
		EC2 Instance Connect mssh -r us-east-1 ec2-user@i-0f26edfba3fc2b8a9

# LLNL（ローレンスリバモア国立研究所） HPCセンターとクラウドリソースの両方で実行可能なオープンソースソフト ウェアコンポーネントの共通スタックを確立するためのAWSとの覚書 （MOU）に署名（2022年5月26日発表）

- Spack（<https://spack.io/> 高性能計算向けのソフトウェアパッケージ管理システム）を含むオープンポジションソースコラボレーションがすでに行われている
- AWSは世界最大のHPCセンターで実行されるAIと複雑なシミュレーションの統合などを含むワークロードをサポートできるクラウド機能を提供



<https://www.llnl.gov/news/llnl-amazon-web-services-cooperate-standardized-software-stack-hpc>  
<https://aws.amazon.com/blogs/hpc/introducing-the-spack-rolling-binary-cache/>

# まとめ

- クラウド HPC ではクラウドの持つ伸縮性、柔軟性、多様なサービスといった特徴を HPC に活用していくことが重要
- クラウドでは HPC 以外の要素も含め、一体のアーキテクチャとして構築することができるため、ワークロード全体の時間短縮に貢献できる
- AWS ParallelCluster では少しの操作で伸縮するクラスタ環境を構築できるため、研究者個人にとって扱いやすいだけでなく、アーキテクチャの中の「部品」としても有効活用できる

**[AWS ParallelCluster で自分だけのクラウドクラスタを作ってみませんか](#)**

# Appendix

# 各サービスについてより詳しく知りたい方は

## Black Belt オンラインセミナー

### HPC on AWS

- <https://aws.amazon.com/jp/blogs/news/webinar-bb-hpconaws-2020/>

### AWS ParallelCluster ではじめるクラウドHPC

- <https://aws.amazon.com/jp/blogs/news/webinar-bb-aws-parallelcluster-cloudhpc-2020/>

### AWS Batch

- <https://aws.amazon.com/jp/blogs/news/webinar-bb-aws-batch-2019/>

### Amazon FSx for Lustre

- <https://aws.amazon.com/jp/blogs/news/webinar-fsx-title-2019/>

### Amazon EC2

- <https://aws.amazon.com/jp/blogs/news/webinar-bb-amazon-ec2-2019/>

### Amazon EC2 Deep Dive: AWS Graviton2 Arm CPU搭載インスタンス

- <https://aws.amazon.com/jp/blogs/news/webinar-bb-aws-graviton2-2020/>



# HPC on AWS