

PCクラスタコンソーシアム
ワークショップ in 神戸 資料

NECの考えるHPC・クラウドの現状と将来

2022年6月23日

NEC

先端プラットフォーム事業部門 シニアディレクター

量子コンピューティング事業統括部長

泓 宏優

\Orchestrating a brighter world

NECは、安全・安心・公平・効率という社会価値を創造し、
誰もが人間性を十分に発揮できる持続可能な社会の実現を目指します。

目次

1. SX-Aurora TSUBASAクラウドサービス
2. 見えてきたSX-Aurora TSUBASAの新たな活用領域
3. SX-Aurora TSUBASAのこれから

1. SX-Aurora TSUBASAクラウドサービス

NECの想い

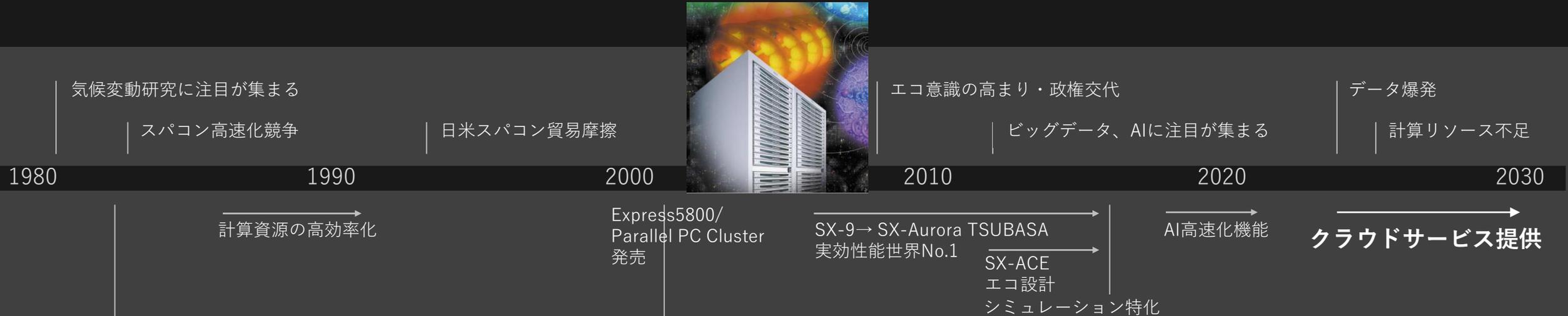
技術があるから 世界を変えられる

願いをかなえるには 技術と情熱がいる
描く世界の実現に スパコンはきっと役に立つ
妥協なき理想を目指して とともに未来をつくろう

できるのはNECしかない

NECのスパコンは技術力で世界を変えてきました

SX-2から始まり歴代地球シミュレータへ。NECのベクトル型スパコンは世界を圧倒してきました
その積み重ねたノウハウと既成概念にとらわれない柔軟性、世の中を先んじる観点と成果への情熱で、これからも「価値」を生み出し進化し続けます



世界最速

SX-2

世界に技術の日本を知らしめ
ハイテク競争を起こした



5期連続 TOP500首位

地球シミュレータ

100年後の地球を可視化し
人類の環境意識を変えた



実効性能 世界No.1

活用分野拡大
小型化低消費電力化

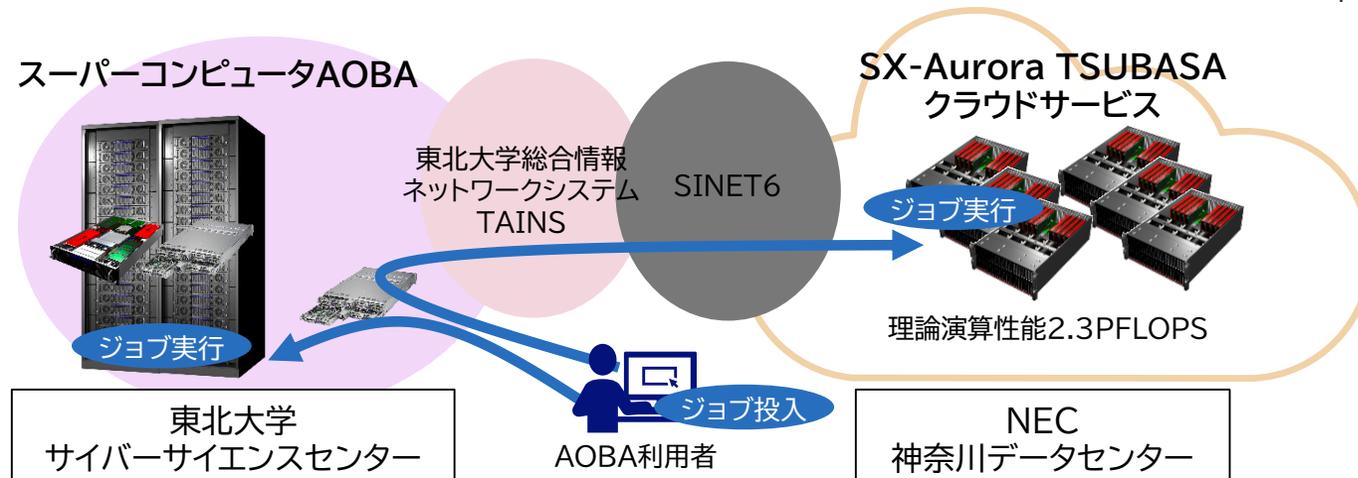
SX-Aurora TSUBASA

スパコンのカたちを変え
活用先のすそ野を広げる

SX-Aurora TSUBASAクラウドサービス

- ◆ ベクトル型スパコンをネットワーク経由で活用可能なクラウドサービス
- ◆ 東北大学サイバーサイエンスセンターより初受注
NEC神奈川データセンター内に設置した理論演算性能2.3PFLOPSの「SX-Aurora TSUBASA」を、国立情報学研究所の学術情報ネットワークSINET6を経由して東北大学にサービス提供(本年10月サービスイン予定)
- ◆ 疑似量子アニーリングの大規模利用環境も提供することにより、量子・古典ハイブリッドでの先進的な計算サービス環境を実現

2022年4月25日広報発表済



SX- Aurora TSUBASAクラウドサービスの特長

ベクトル型計算機が利用できる**商用クラウドサービス**

1

標準との 高い互換性

- 標準プログラミング言語が利用可能：C/C++, Fortran, Python
- 疑似量子アニーリングマシンを提供
- パブリッククラウド利用可能(順次追加予定)

2

簡単に 高速計算を実現

- 大規模高速計算リソースをサービスとして提供
- Infiniband接続、MPIによる並列化が可能

3

安心・安全な プラットフォーム

- システムの稼働率99.99%
- 災害対策済データセンターでの運用（24H/365 サービス提供）
- 万全の情報セキュリティ対策（FISC準拠）

安心・安全なプラットフォームとは（詳細）

基幹システムの基盤として安心できる

可用性・信頼性

- クラウド基盤を構成するハードウェア冗長化と自動化
- 現行サービスで蓄積したナレッジを生かし設計
- プラットフォーム全体で稼働率 99.99%を実現

高可用性

- 基本構成はすべて冗長化、SPOF*がない設計(運用管理系)
- **グローバルデファクト製品**（ストレージ）採用による信頼性向上
- 運用管理のバックボーンNWの**3冗長化**等による信頼性向上
- ゲートウェイ障害時の待機系への切替時簡短縮 **従来の1/6**

高信頼性

- 迅速な脆弱性への対応
(基盤に使用しているOS、ハードウェア、ソフトウェア等を常に最新化)
- 障害対処の自動化だけでなく、**脆弱性対処の自動化**も推進
- 将来はコンテナによるDevOps環境でユーザーサービスの迅速展開 & 運用の安定化を支援

安全・安心なデータセンター&セキュリティ

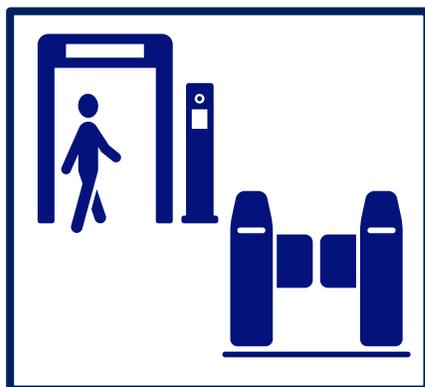
耐災害性を備え、最新のセキュリティ技術を備えた国内データセンターを利用
入口からサーバラックを開錠するまでの間に多段階のセキュリティチェックを実施

セキュリティチェック例

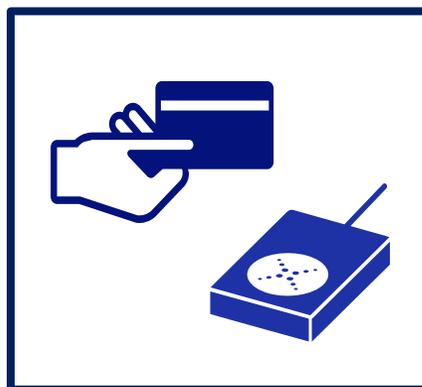
不審行動検知システム
24×365警備



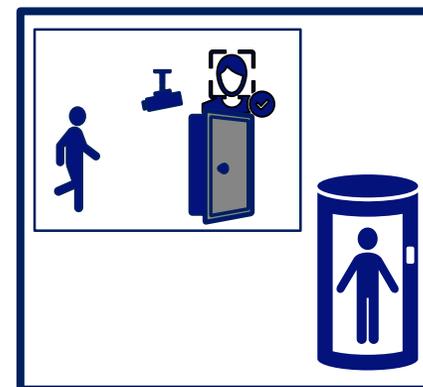
金属探知ゲート
警備員による
持込持出品チェック



ICカード認証



ウォークスルー顔認証
サークルゲート
(共連れ入室防止)



お客様
サーバラック



公共ゾーン

入館者ゾーン

データホールゾーン

契約者エリア

- ※ ウォークスルー顔認証と行動検知システムは、NEC神戸データセンターで採用
- ※ 本ページでご紹介している内容については、データセンター毎に採用内容が異なります

SX-Aurora TSUBASAとは・・・

NECのスパコン技術を凝縮したPCI-Express型アクセラレータです

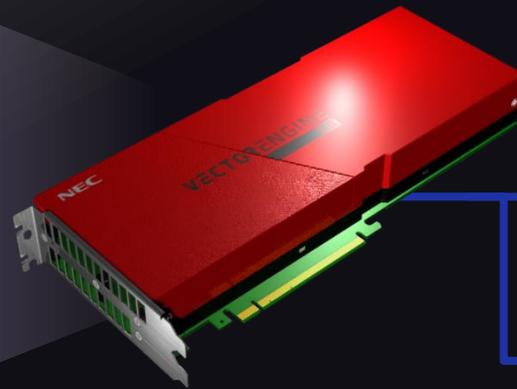
スパコン SXシリーズ 1983年～

2018年3月～



小型化

x86汎用サーバ(Linux)向けに
PCI Express拡張カード化



ベクトルエンジンを
X86汎用サーバ
拡張カードスロットに搭載

エッジ用途や
手元設置

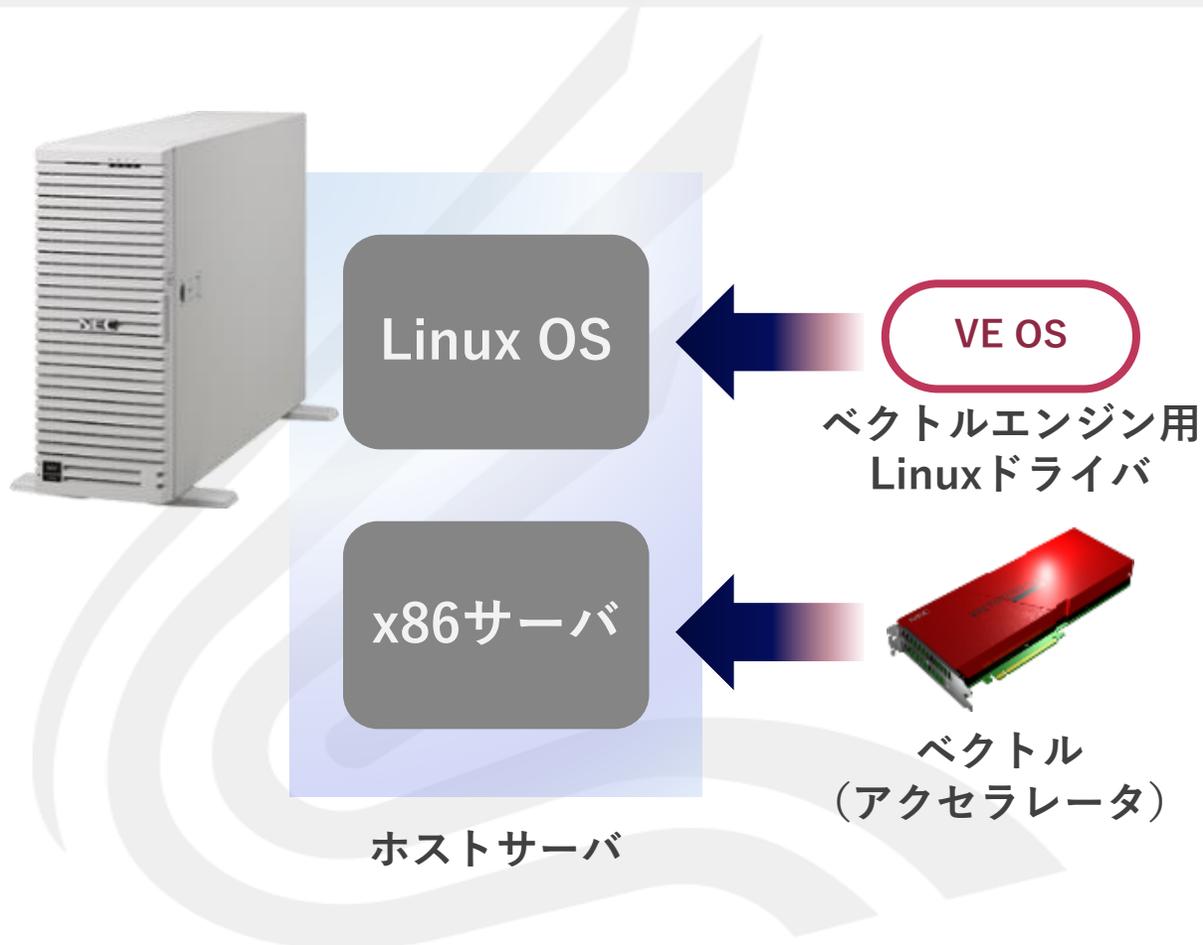
多機能
高性能用途



目的にあわせて自由にカスタマイズ

SX-Aurora TSUBASA のアーキテクチャ

X86サーバ/Linux OS環境にSX-Aurora TSUBASAベクトルエンジン（VE）をアクセラレータとして実装
x86/Linux OSの環境からベクトルエンジンを利用可能



製品構成

- ・ x86/Linuxサーバ + ベクトルエンジン

ソフトウェア環境

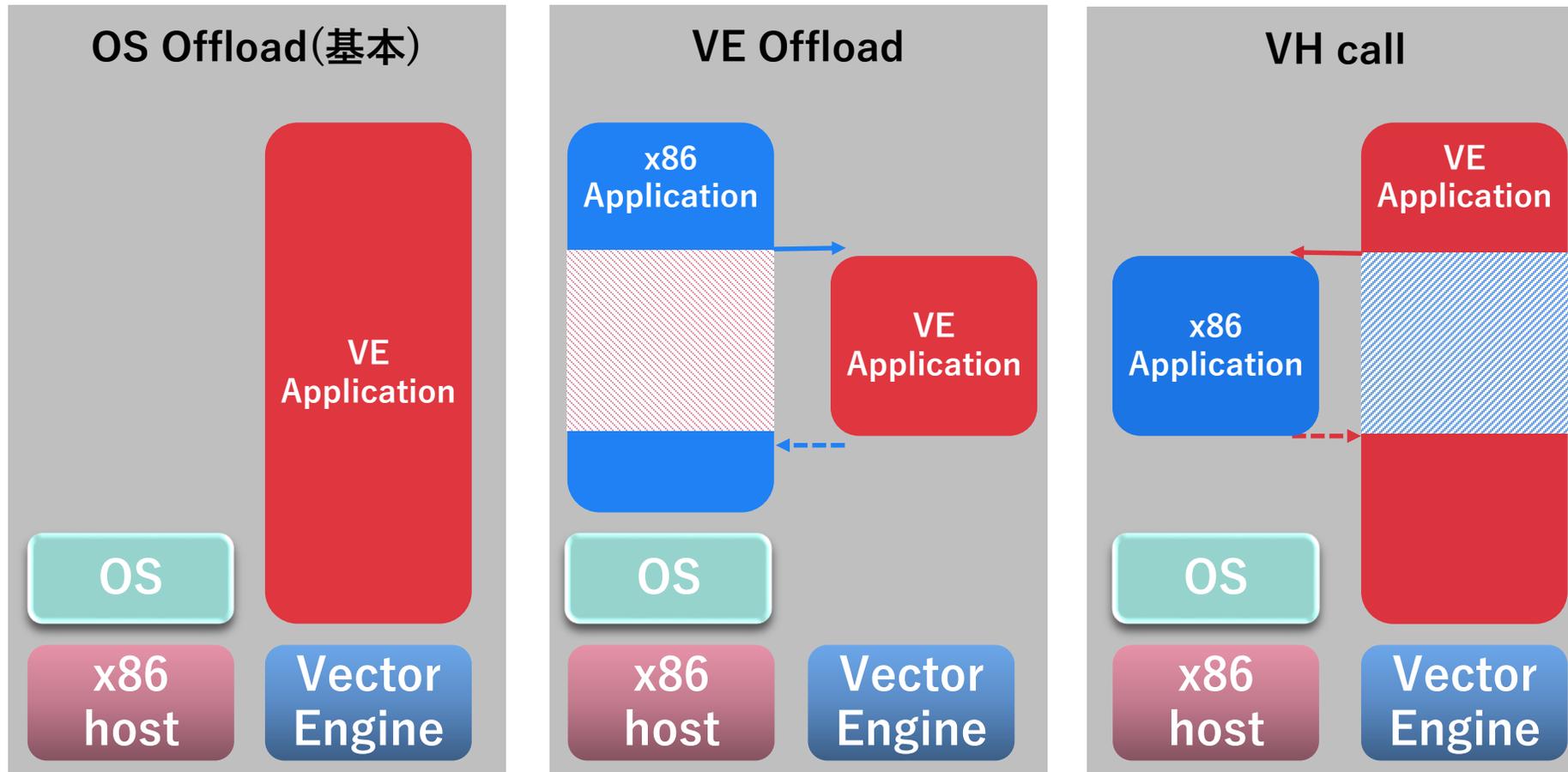
- ・ x86 Linux OS(RHEL)・・・ホスト用
- ・ Fortran/C/C++の標準開発環境
自動ベクトル化機能を備えたコンパイラ
- ・ ホストサーバのPythonからコール可能な
SPARK互換ライブラリ

インタコネクト

- ・ InfiniBandサポート

ベクトルエンジンを活用する3つのオフロードモデル

- ◆ アプリケーション特性に合わせて実行モデルを選択可能



2. SX-Aurora TSUBASAの新たな活用領域

エッジの膨大なデータをスパコンで高速処理し価値を創出



セキュリティ



人の動き



気象予測



医療



教育



購買

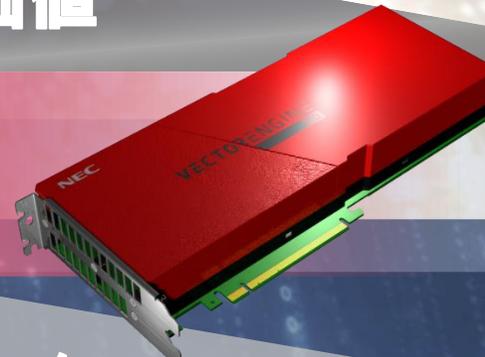


工場

お客様の価値

AI・Application
service

アクセラレータ
SX-Aurora TSUBASA

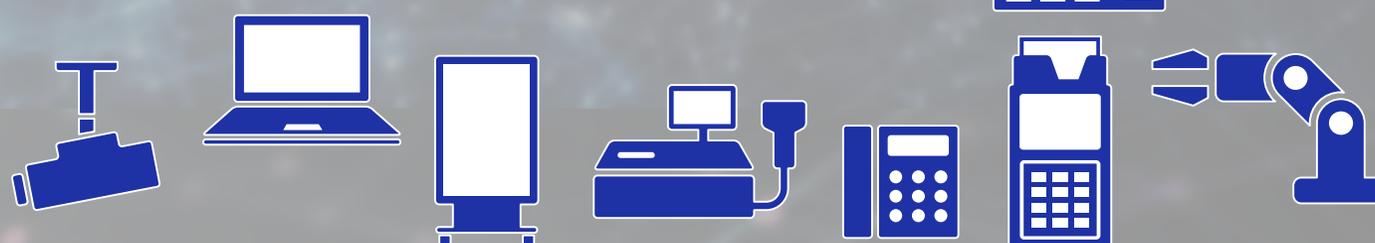


Edge

膨大なデータ

Network

Device



今後NECのHPC事業が提供したい社会価値

豊かに循環する自然環境

世界を可視化し地球として健全な循環を意識することで自然と人の共存を目指します。

①シミュレーション

しなやかに動き続ける社会

世の中の技術やデータをつなぎ合わせ社会の効率化最適化を図ることで優しい社会の実現と持続を目指します。

②量子コンピューティング

未来を信じられる暮らし

個人の履歴や人々の情報から生き生きと暮らす方法を解き明かし自分らしい生活の実現を目指します。

③AI・ビッグデータ

①シミュレーションで災害から社会を守る

雨量・地形データから河川氾濫解析シミュレーション

命の危険を防ぐ

支流の想定外の氾濫により被害が拡大しないようデータで中小河川の氾濫を予測

兵庫県、京都府で実用化し、十分な避難時間の確保を実現

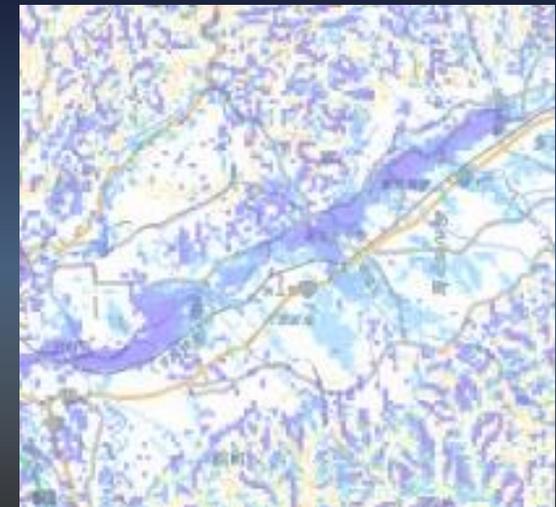
リアルタイムに降雨データを解析 6時間先の氾濫予測



1時間先 雨水が流入



3時間先 1m 程度の浸水



6時間先 2m 以上の浸水拡大

数百GBにおよぶ降雨・地形データを120m × 100m のメッシュで予測するために数百万回の計算を10分以内に完了。

利用データ：降雨予測・地形データ（オープンデータ）

分析ツール：RRIモデル全国版（オープン×独自開発）

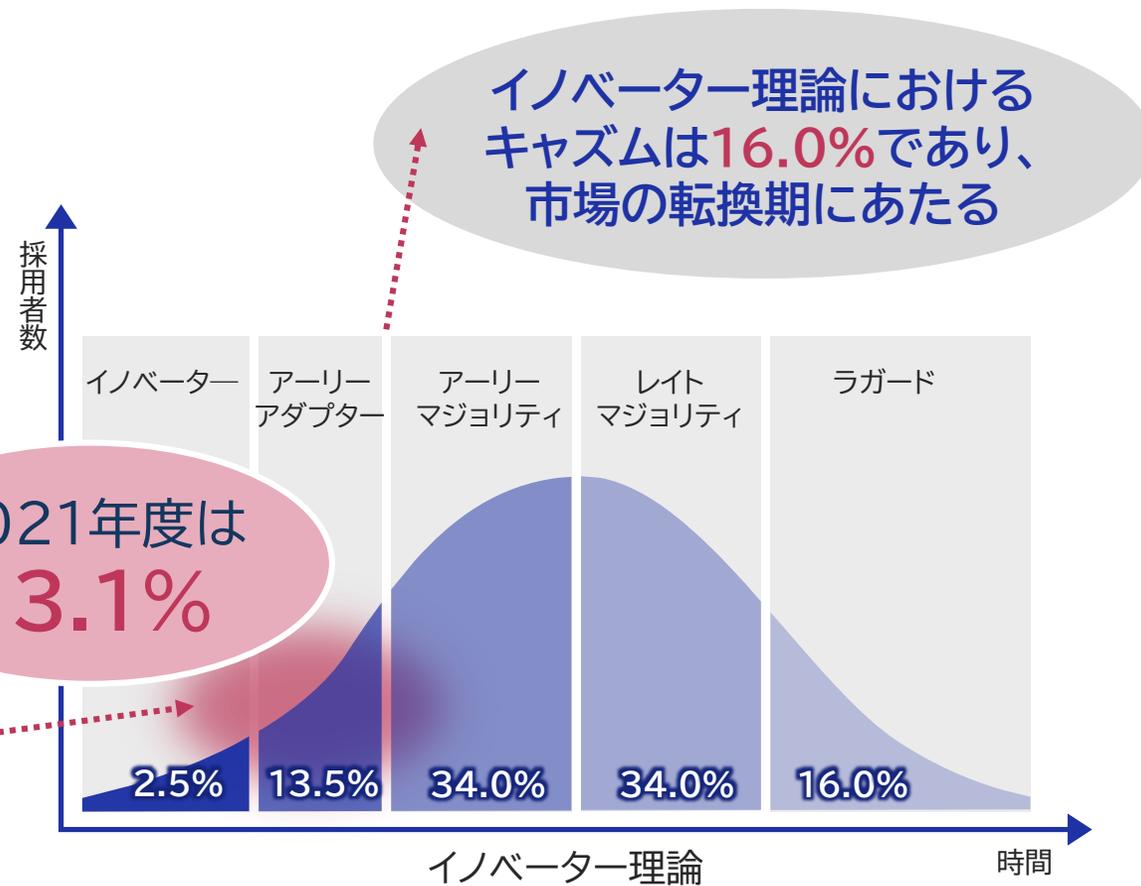
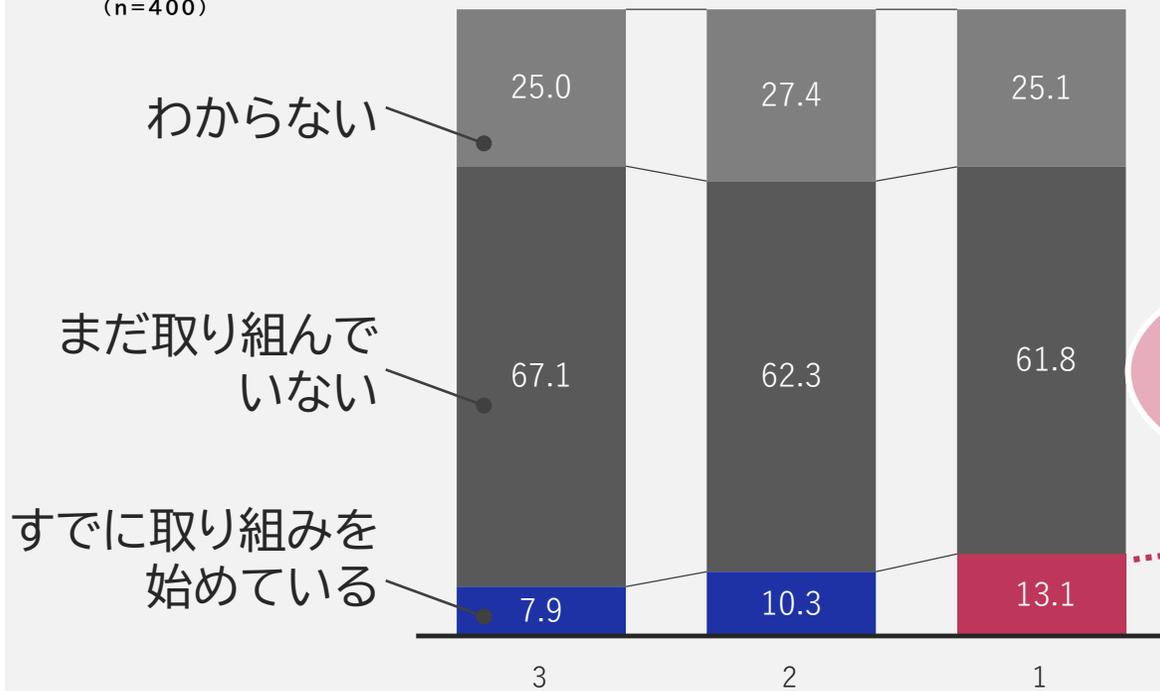
②量子コンピューティングで効率的な社会を創る

現在の量子コンピューティング市場状況

NECは、3年間実施している独自調査から、もうすぐキャズムを越える状況と見ています。先行者利益を獲得するためには現時点から取り組みを進めることが重要です。

Q,あなたの勤務先では、量子コンピュータの活用のための取り組みを始めていますか。

NEC独自調査結果
(n=400)



※NEC独自調べ

量子コンピューティングの分類

量子コンピューティングには大きく2つの方式があり、NECは社会の最適化ニーズに応えるアニーリング方式を主軸に、ゲート方式の実現に向けても研究開発を進めています

量子コンピューティング (量子の振る舞いを取り入れたものを含む広義)

アニーリング方式 等
イジングモデルを物理法則などを利用して解く
組合せ最適化問題に特化した手法

量子アニーリング
超伝導回路

デジタル回路

光パラメトリック
発振

D-Wave

NEC

産総研

NEC

日立

富士通

東芝

NTT

量子ゲート方式
従来コンピュータのビットを
量子ビットに置き換え計算する手法

NEC

理研

IBM

Google

Rigetti

IonQ

本日の説明

※NEC調べ(紙面の都合上、必ずしも全ての研究機関を網羅しているわけではありません)

アニメーリングマシンができること

普通の計算アルゴリズムが苦手としている「組合せ最適化問題」を効率的に解く

「組合せ最適化問題」とは 膨大な選択肢の組合せから、制約条件を満たし
評価関数を最小/最大化する組合せを見つけること

ナップサック問題

なるべく甘いお菓子を詰めるには？

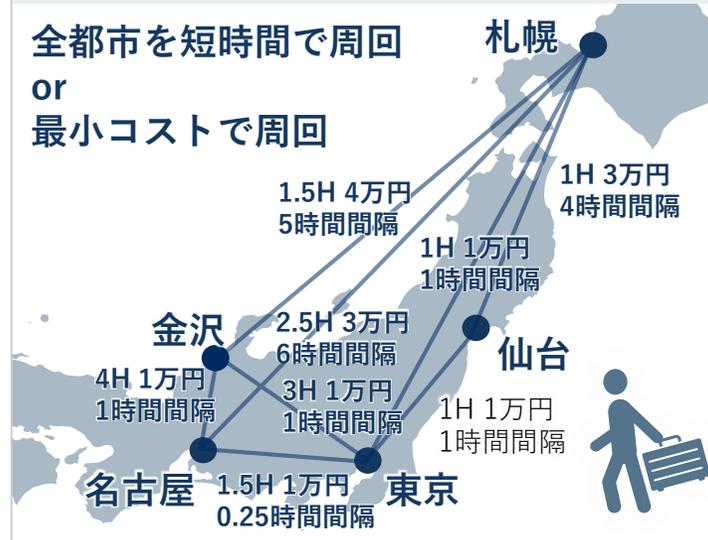
①	②	③	④
甘さ 8	甘さ 10	甘さ 9	甘さ 9
110ml	150ml	120ml	120ml
⑤	⑥	⑦	⑧
甘さ 6	甘さ 7	甘さ 4	甘さ 3
100ml	90ml	40ml	30ml



300mlのバッグ

巡回セールスマン問題

全都市を短時間で周回
or
最小コストで周回



勤務シフト問題

労働条件、必要人数、勤務希望、
相性、バランス等すべての条件を
満たすパターンを求める



NECの量子コンピューターへの取り組み

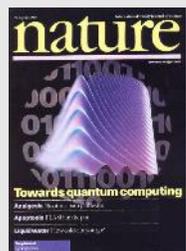
NECは世界で初めて量子ビットの製造に成功して以来、量子コンピューティングの社会実装に向けて取り組んでいます

1999

世界初

固体素子
量子ビットの動作実証を成功

〈Nature誌掲載※1〉



2000

2020-2021

シミュレーテッドアニーリング・
量子アニーリングを活用し
応用研究を加速

大規模な問題に対応する
アニーリングマシンの
提供を開始

2020

2023

量子アニーリングマシン上で
長時間「量子重ね合わせ状態」
の保持を目指す



※2

2030

量子アニーリングと
ゲート方式による課題解決モデルの
提供を目指す

2030

2040

2040~

ゲート方式実現を見据えた
MOONSHOTプログラムを推進



※1: Y. Nakamura et al., Nature 398, 786 (1999) ※2: これは、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託業務の成果を一部活用しています。

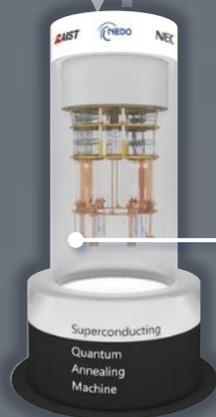
NECの取り組み（量子素子の研究開発）

2023年の超伝導量子アニーリングマシン実用化を目指して、量子アニーリング素子の開発を牽引しています

超伝導量子アニーリングマシン(モックアップ)

外部装置 ← 制御入力 → 読出し出力 → 外部装置

常温
~数 K
数百 mK
~ mK(≒-273℃)



※これは、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務の成果を一部活用しています。

支援

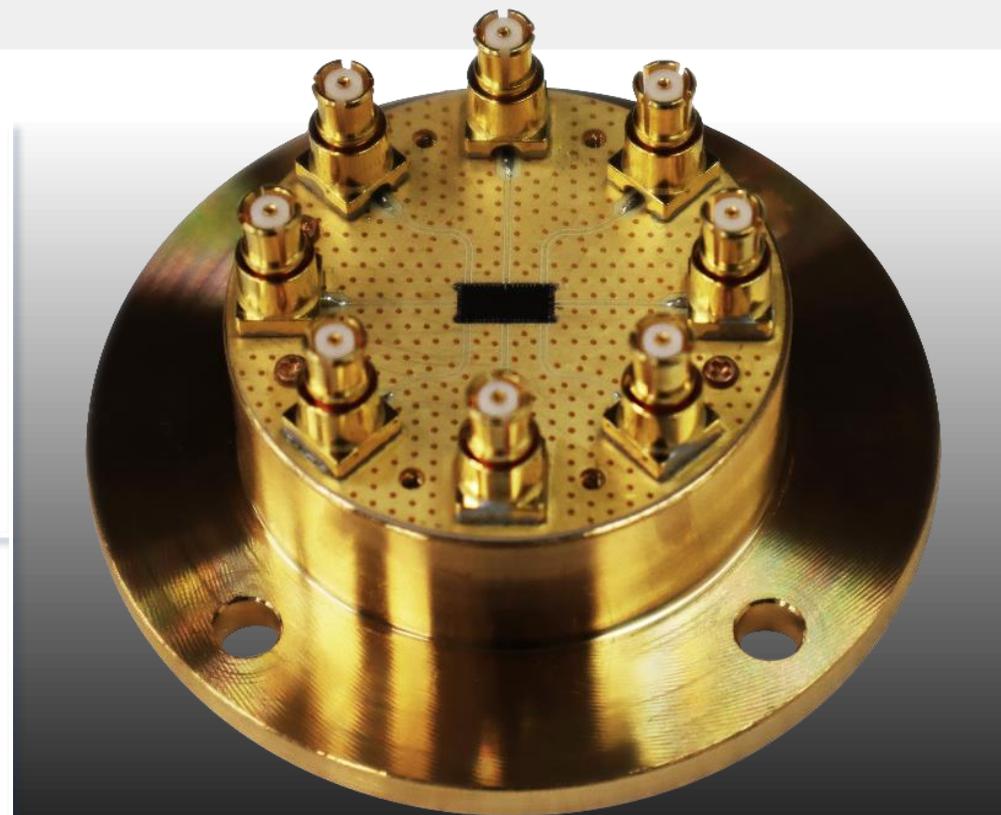
NEDO

参加団体

NEC（副代表、事業化・実用化責任機関）

産業技術総合研究所(代表)

東京工業大学 / 早稲田大学 / 横浜国立大学 他

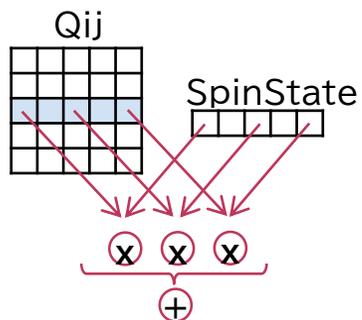


NECが取り組む
量子アニーリング素子
(マシンの心臓部)

Vector Annealingの特長

NECのベクトルプロセッサ（高速行列計算・高速メモリアクセス）と、独自アニーリングアルゴリズムにより大規模アニーリング/最適化の高速処理を実現しています

エネルギー計算はベクトル計算
SX-Aurora TSUBASAで高速求解



```
for(i=0; i<numSpins; i++)  
DeltaEnergy +=  
Qij[FlipSpin][i] x  
SpinState[i]
```

隣のスピンの影響度

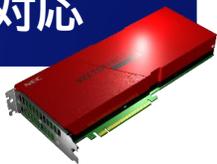
0 or 1



1VEカードで10万ビット全結合の問題に対応



- 1VEカードのメモリ容量 48GB
- 今後マルチカードで10万ビット以上



見込みのない探索を省いて効率化したアルゴリズム

従来手法

制約違反含め
無駄の多い探索



良解

組合せ最適化問題

QUBO定式化

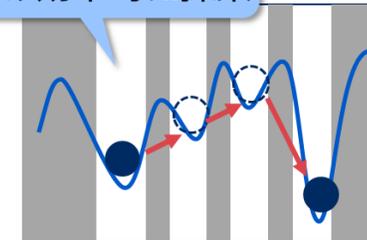
解探索

制約を満たすか確認

制約違反
→再探索

提案手法

制約を考慮し
有効解だけ効率的に探索



組合せ最適化問題

QUBO定式化

制約考慮型解探索

制約条件

定式化の際に失われてしまう
制約条件をヒントとして与える

“組合せ最適化問題における制約条件を考慮したQUBOソルバ”,
https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=repository_uri&item_id=200692&file_id=1&file_no=1

【物流】 NECフィールドディングの保守部品配送効率最適化

背景・課題

- 保守事業における保守部品配送の物流コストを削減したい
- 個人スキルに依存した配送計画業務の属人性を軽減したい



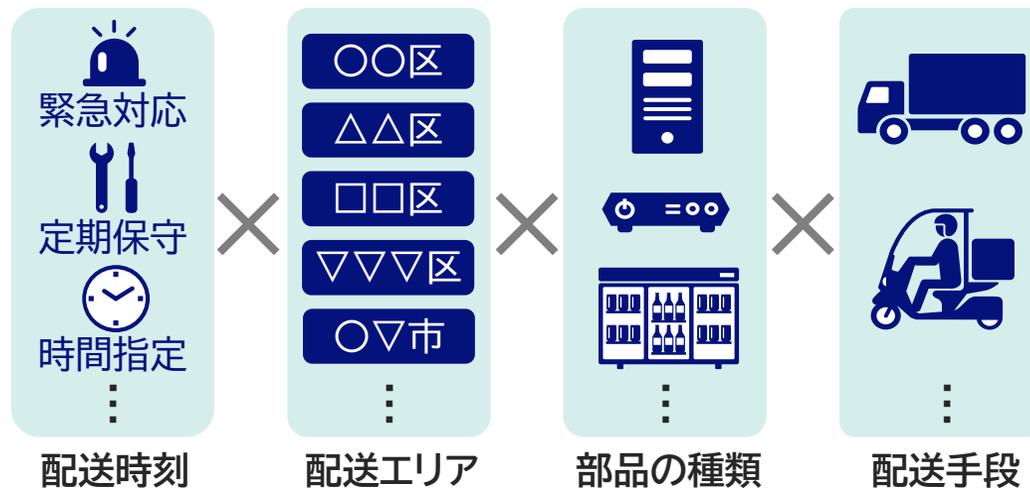
実施内容

配送時刻やエリア、手段など膨大な組み合わせから最適な配送計画を自動で立案

効果

- ベテランの人手による計画と同水準の計画を自動生成できることを確認
- 試算時の上限値である30%の配送効率向上を目指し、チューニング中

膨大な組み合わせから最適な配送計画を策定

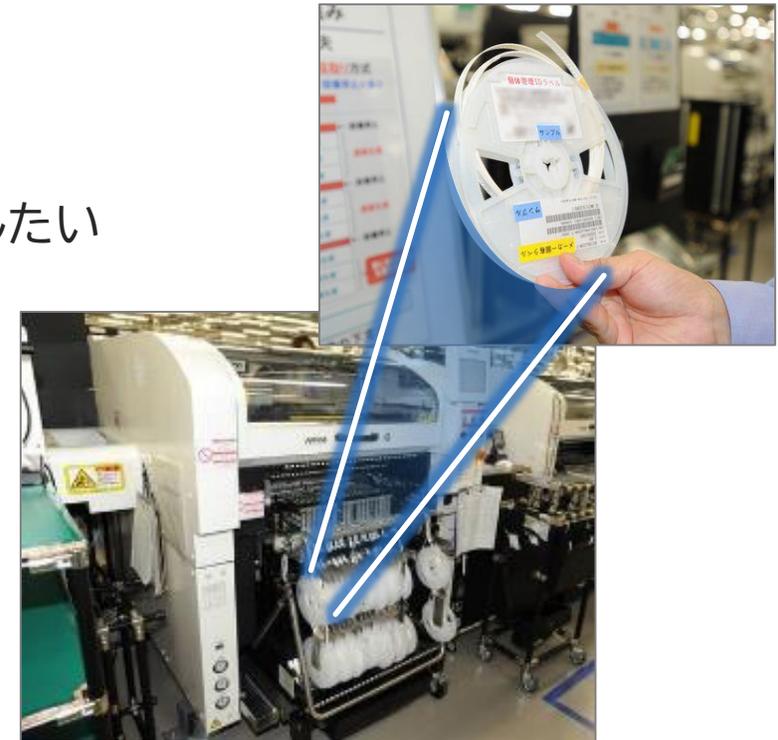


生産計画最適化：NECプラットフォームズ生産計画立案事例

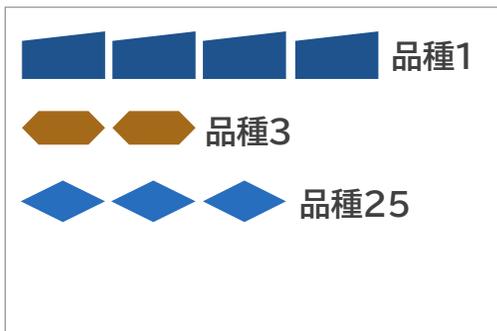
SMT(表面実装)ラインの最適化に適用

例:締め切り日が異なる数百品種のオーダーに対して 当日の最適な生産計画(製造順)を立案

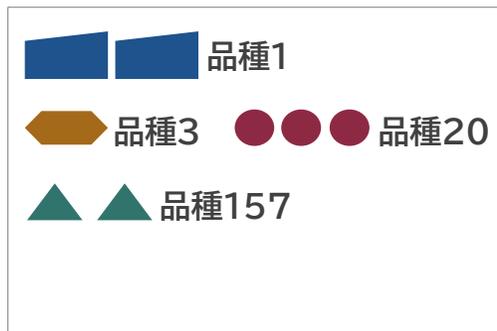
- 生産する品種が切り替わるたびに発生する「段取り替え時間」を最小化したい
- 品種はいくつかのグループに分類されており、
同じグループの品種を連続的に生産すると効率がよい
- 当日締め切りのオーダーは必ず生産する



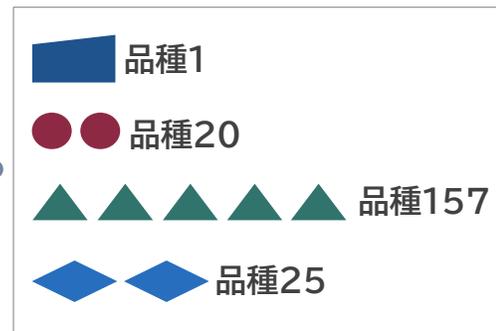
当日締め切り



翌日締め切り



n日後締め切り

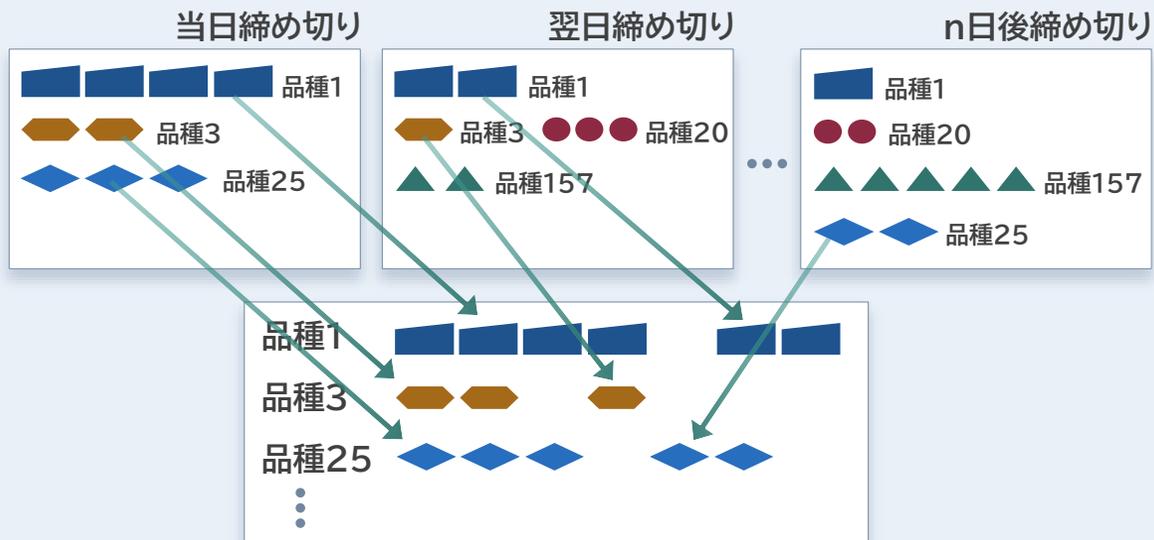


生産計画最適化：結果

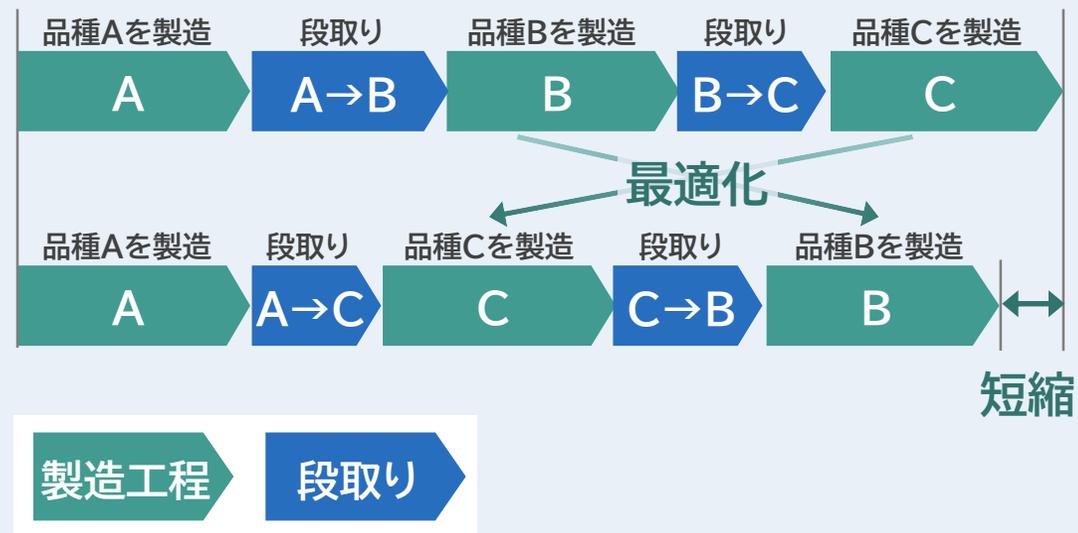
匠の技のデジタル化

https://jpn.nec.com/press/202003/20200317_01.html

■ 当日製造する品種の選択イメージ



■ 製造順序最適化イメージ



人による計画立案

熟練工でも1時間

- ・ 熟練工の不足、後継者育成問題
- ・ システム化・アルゴリズム化が困難

アニーリングマシンによる計画立案

最適化にかかる時間は数秒

- ・ 熟練工より、数パーセント無駄の少ない計画立案が可能であることを検証

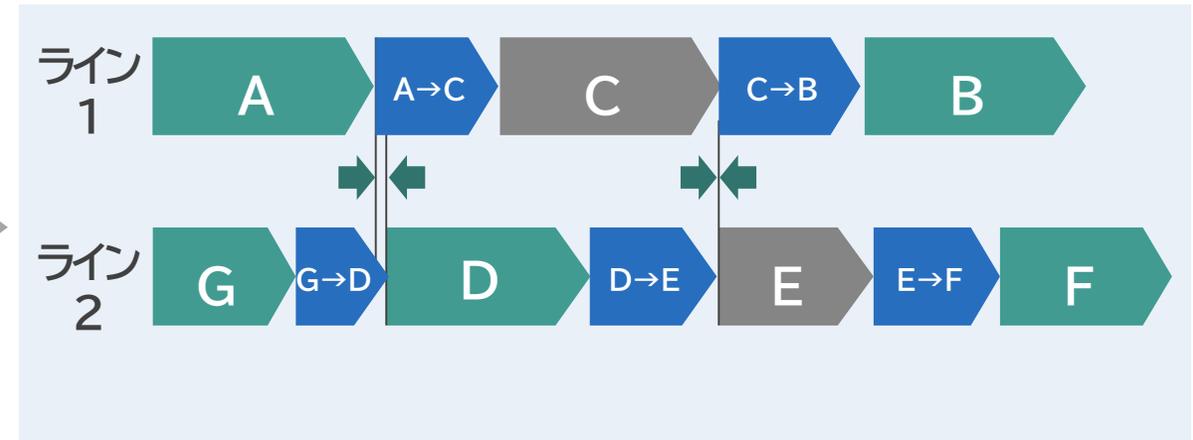
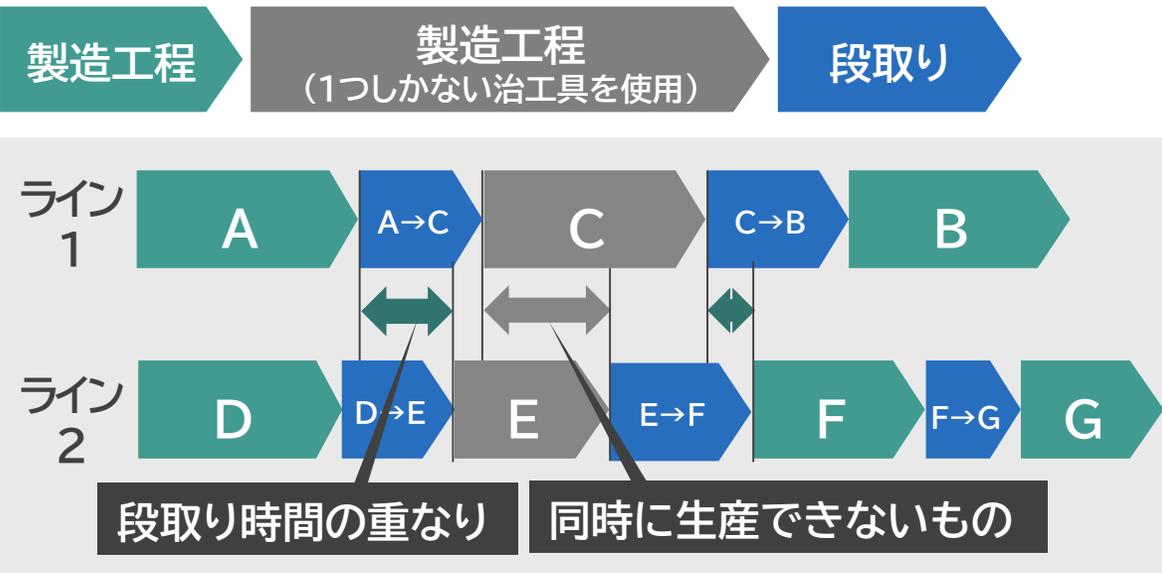
生産計画最適化：スコープ拡大によりさらなる効果

匠の技を超える最適化

複数ライン最適化に発展

1ラインの最適化に加えて、ライン同士の状態を考慮

- ・ 段取り作業時間の重なりを最小化(段取り作業員の削減)
- ・ 治工具の重なり時間を最小化(生産中断時間の削減)

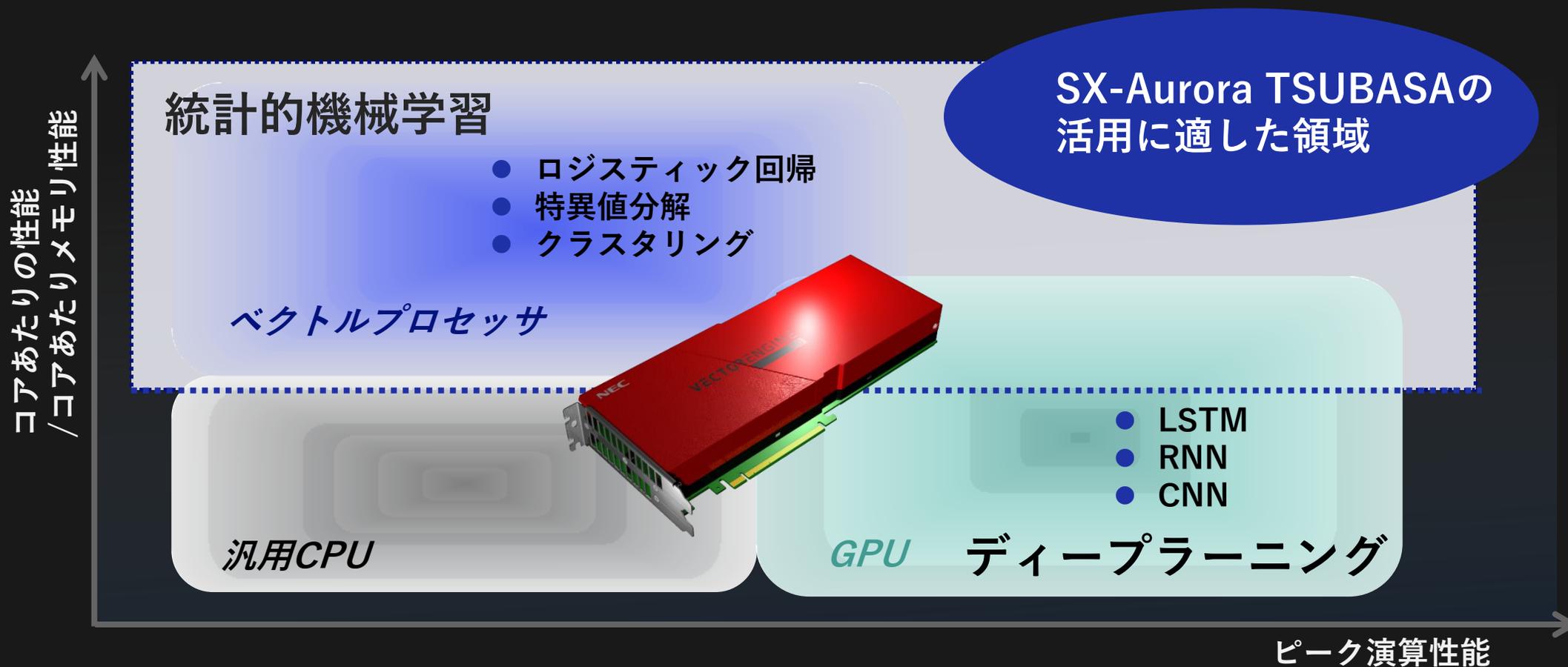


最適化のスコープを広げていくほど全体コスト削減につながる

③AI・ビッグデータで未来を予測し豊かな社会に

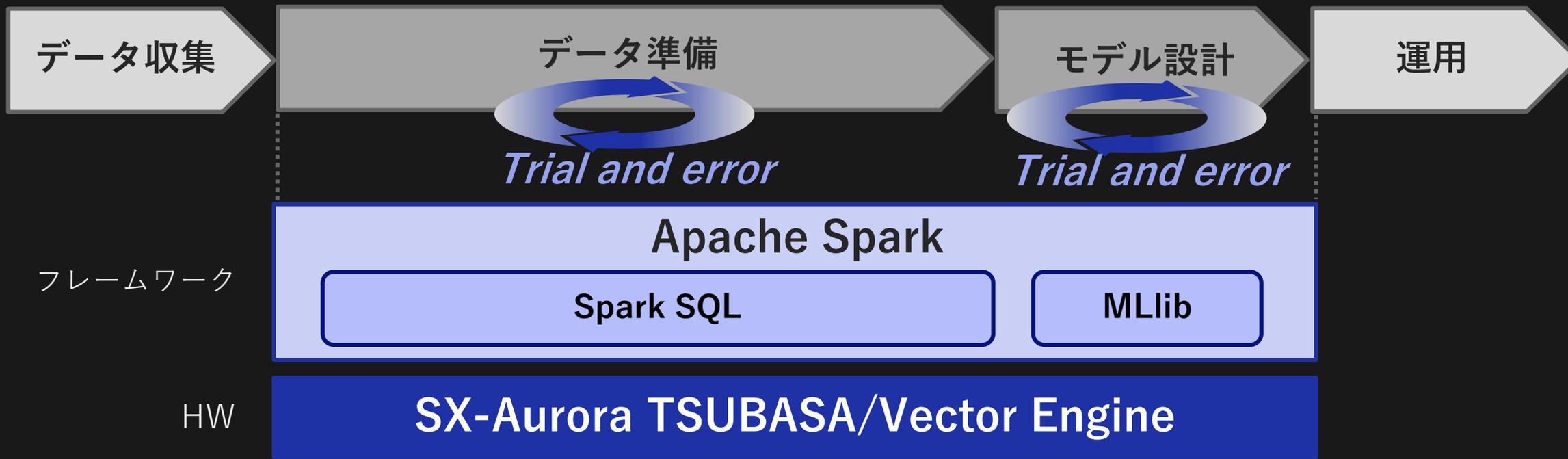
AI/BD領域におけるSX-Aurora TSUBASAの技術的優位性

SX-Aurora TSUBASAは、統計的機械学習に技術的優位性があります。



大規模データ分析を高速化

AI領域ではデータ分析作業の再試行回数増により全体計算の8割を占めるため「データ準備」と「モデル設計」をSX-Aurora TSUBASAで最大10倍高速化



1. 性能に関する説明：TPC-HのQ16でScale 20(20GBデータ)の評価で、対GPGPU比で最大13.5倍の性能を達成
2. TPC-Hに関する注意事項：性能評価リストベースの検証ではなく業界標準クエリの自社性能評価用にTPC-Hを利用

AI/ビッグデータ解析をより大規模かつ最新データで利用可能

List of supported machine learning algorithms(on Vector)

<https://github.com/frovedis/frovedis>

Category	Algorithm	Comment
Classification / Regression	Logistic Regression	
	Multinomial Logistic Regression	
	Linear Regression	
	Ridge Regression	
	Lasso Regression	
	Linear Support Vector Classification	
	Linear Support Vector Regression	
	Kernel Support Vector Classification	[*1]
	Decision Tree Classification	[*3]
	Decision Tree Regression	[*3]
	Random Forest Classification	[*3]
	Random Forest Regression	[*3]
	GBDT Classification	[*3]
	GBDT Regression	[*3]
	Nearest Neighbor Classification	
	Nearest Neighbor Regression	
	Unsupervised Nearest Neighbor	
	Multinomial Naive Bayes	
	Bernoulli Naive Bayes	
	Factorization Machines	

[*1] Only support OpenMP parallelization. Run with VE_OMP_NUM_THREADS=8 and mpirun -np 1

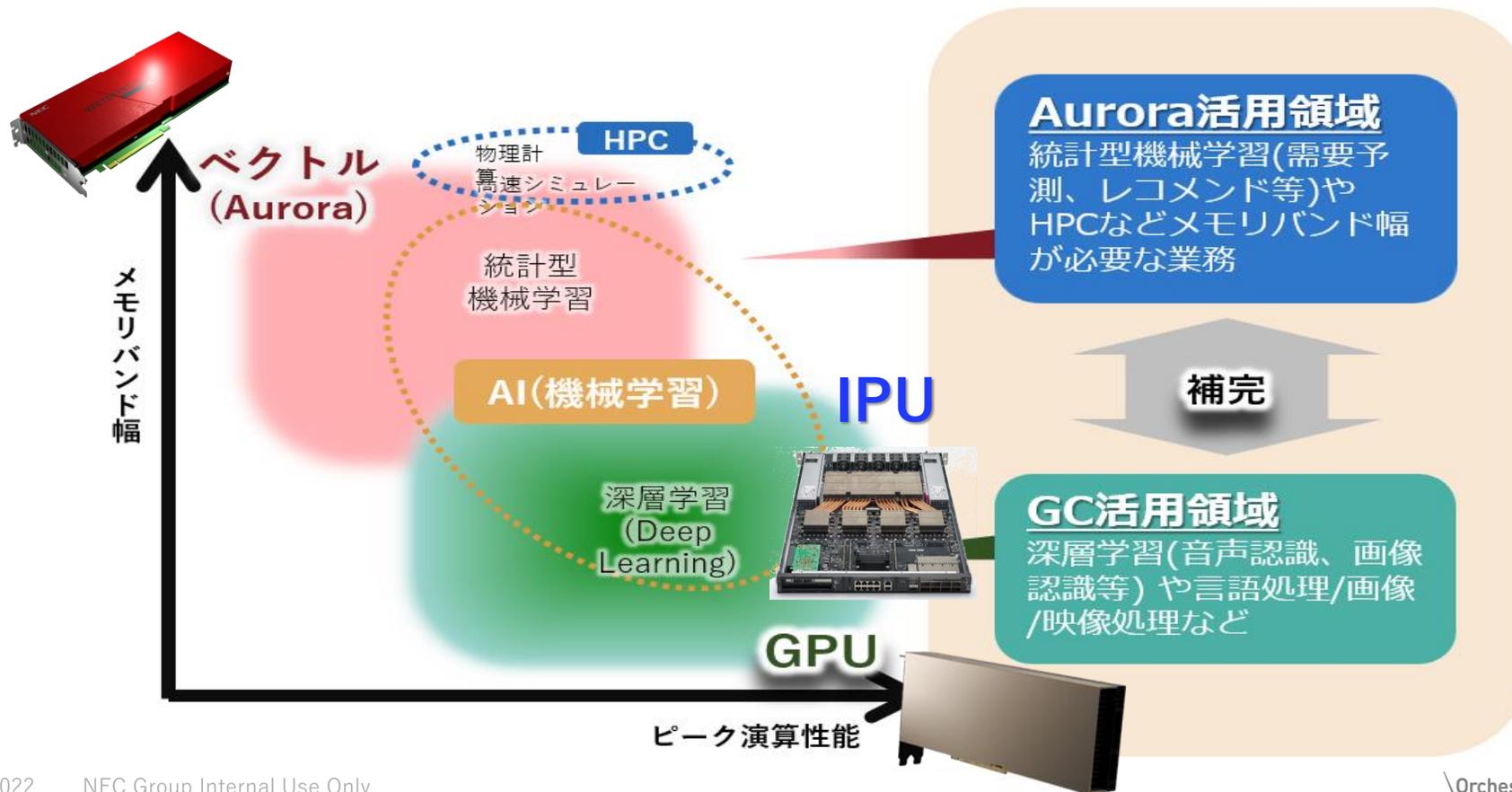
[*2] Support OpenMP + MPI parallelization. Better performance with VE_OMP_NUM_THREADS=8 and one MPI process per card.

[*3] Only dense matrix is supported, but category variables can be specified

Category	Algorithm	Comment
Clustering	K-means	
	Spectral Clustering	
	Agglomerative Clustering	
	DBSCAN	
	Gaussian Mixture Model	Only dense
	ART-2A	Only C++
Preprocess	Singular Value Decomposition	
	Eigen Value Decomposition	
	Principal Component Analysis	Only dense
	Spectral Embedding	
	T-SNE	Only dense
	Standard Scaler	
Recommendation	ALS	
Basket Analysis	FP Growth	
Natural Language	word2vec	[*2]
	Latent Dirichlet Allocation	
Neural Network	Multi-layer Perceptron	Only C++
	Convolutional Neural Network	Only C++
Graph	PageRank	
	Connected Components	
	Single-Source Shortest Path	
	Breadth First Search	

マルチアクセラレータ環境への取り組み

- AI関連に強いDeep Learning独自技術を持つGraphcore社と協業
 - NVIDIA GPUとも組み合わせ、NECならではの幅広い提案が可能
- ✓ GraphcoreのIPUは画像認識・言語処理領域において**Deep Learning処理でGPGPU比で2~10倍の性能**
 - ✓ Graphcore社とはHPC領域含め既にパートナー契約を締結完了しNECとしての製品化済

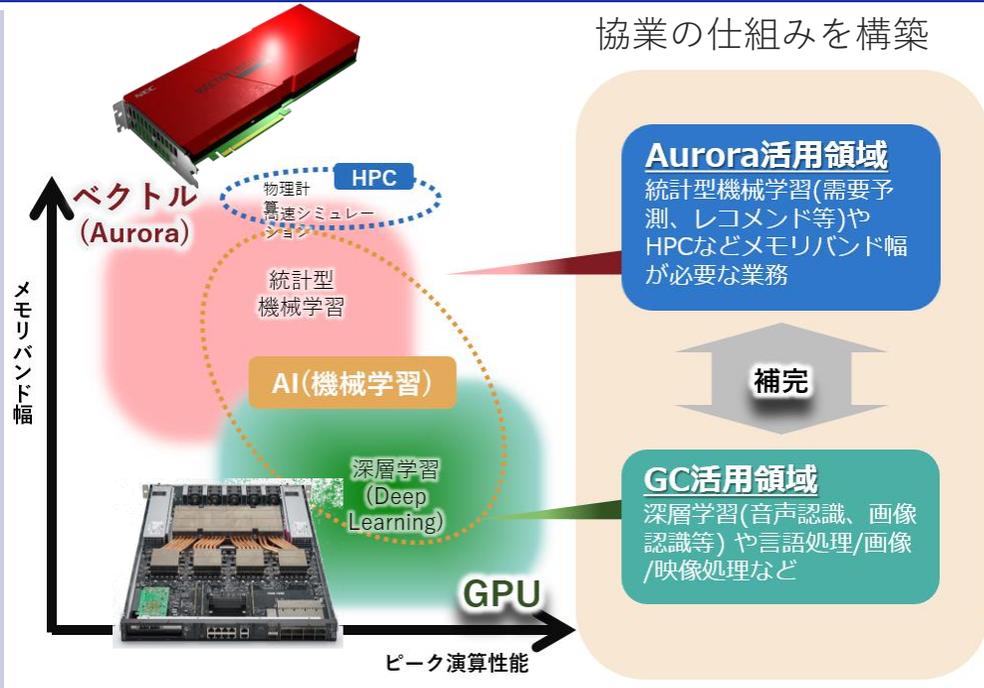


協業パートナーとの連携

AI関連に強いDeep Learning/ストレージ等の独自技術を持つパートナーと協業
SX-Aurora TSUBASAとの組み合わせでお客様の課題解決に貢献

GRAPHCORE

協業の仕組みを構築



- 画像認識・言語処理領域において**Deep Learning処理**で**GPU比で2~10倍の性能**を実現
- HPC領域含め、**SIの差別化要因の商材**として製品化に向け評価中

Infinidat

データアクセス頻度を機械学習、階層最適配置の自動化



- DRAM/SSD/HDDの階層キャッシュ構造を持ち、**All Flashストレージに比べコスパに強み**
- **ゲノム解析・創薬領域に豊富な顧客ベース**を持つ。HPC領域以外の新市場開拓を念頭に置き協業開始

AI事例；商品の閲覧・購入データを活用した高速レコメンド

学習頻度を1日1回から1時間に1回へ

お客様が閲覧、購入した商品をAIアクセラレーターで高速学習
いま欲しいものを的確に提示し購入につなげ、満足度向上に貢献



次に欲しいものを
予測

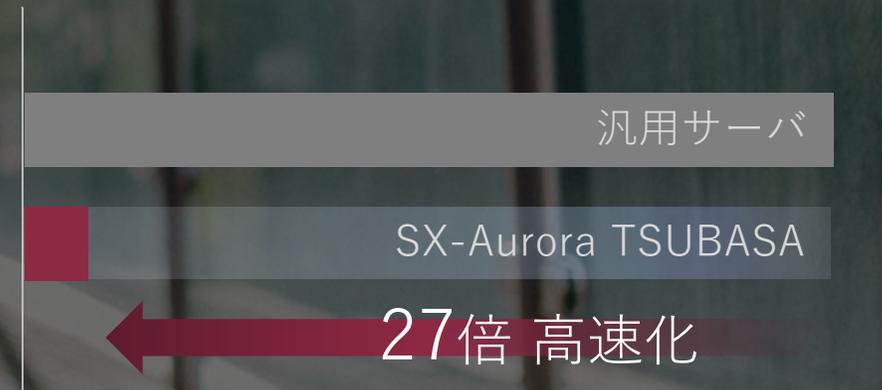
ショップA
商品閲覧・購入



ショップB
欲しい商品を表示

利用データ： ECサイトでのサイト閲覧・購入履歴
分析ツール： 自社分析エンジンをNECで高速化支援

閲覧・購入データの
学習を高速・高精度化



3. SX-Aurora TSUBASAのこれから

NECがスパコン技術を通じて提供したい社会価値

豊かに循環する自然環境

世界を可視化し地球として健全な循環を意識することで自然と人の共存を目指します。

シミュレーション

しなやかに動き続ける社会

世の中の技術やデータをつなぎ合わせ社会の効率化最適化を図ることで優しい社会の実現と持続を目指します。

量子コンピュータ

未来を信じられる暮らし

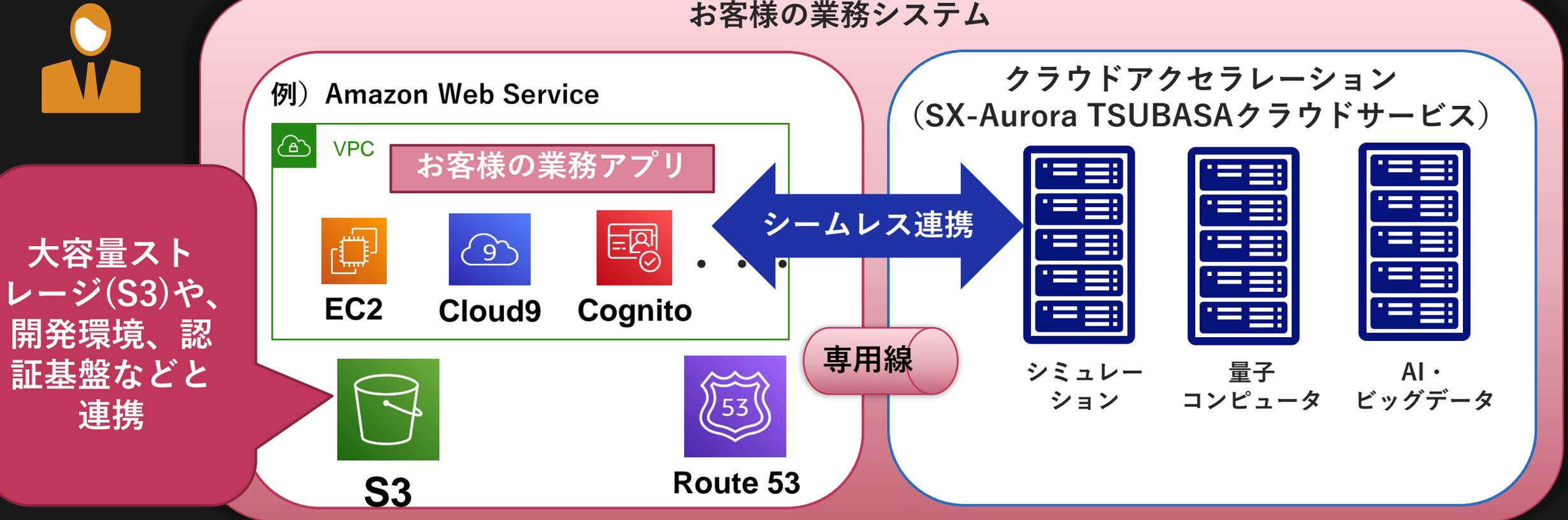
個人の履歴や人々の情報から生き生きと暮らす方法を解き明かし自分らしい生活の実現を目指します。

AI・ビッグデータ

SX-Aurora TSUBASAクラウドサービスのロードマップ

- ◆ シミュレーションだけでなく、量子コンピュータ、AI・ビッグデータ基盤のエンジンをクラウドサービスとして提供
- ◆ 河川氾濫解析やMaterialInfomatics、配車ルート最適化などアプリケーションサービスも含めて提供
- ◆ パブリッククラウド上のお客様業務システムからアクセラレータとしてシームレスに利用可能

*) NECCI、AWS … 整備予定
Azure … 追加予定



ご清聴ありがとうございました

AIプラットフォーム事業部
SX-Aurora TSUBASAグループ

info@hpc.jp.nec.com

製品Web

<https://jpn.nec.com/hpc/sxauroratsubasa/>

\Orchestrating a brighter world

NEC