

みんなで創る次世代の工場

-デジタルツインを基盤としたスマート工場の実現-

東京科学大学
総合研究院 デジタルツイン研究ユニット
情報理工学院 数理・計算科学系

藤澤 克樹

2025年 第3回 NICEイノベーションセミナー
2025年11月10日

自己紹介(藤澤克樹)

東京科学大学 総合研究院 & 情報理工学院 教授 & PGR, Inc CTO

博士(理学) : 東京工業大学大学院 情報理工学研究科 数理・計算科学専攻

所属 : 経営工学 → 情報科学 → 建築学 → 数学 → 制御(ロボット) → 経営工学 → 数学 → 情報科学

研究内容と業績

グラフ解析, 数理最適化, 深層学習, 高性能計算

- 大規模グラフにおける最短経路 : Graph500 ベンチマーク通算21期(全30期) 世界第1位
- スーパーコンピュータ富岳(理研) : 1秒間に204兆枝の探索(現在の世界記録)
- 2017年 文部科学大臣表彰 科学技術賞(研究部門)などの受賞(国内13件, 海外33件)
- 深層学習, 高性能計算, グラフ解析, 数理最適化などの研究
- 数理最適化, グラフ解析, 深層学習を用いた新しい産業応用の開拓(多数の民間企業との共同研究)

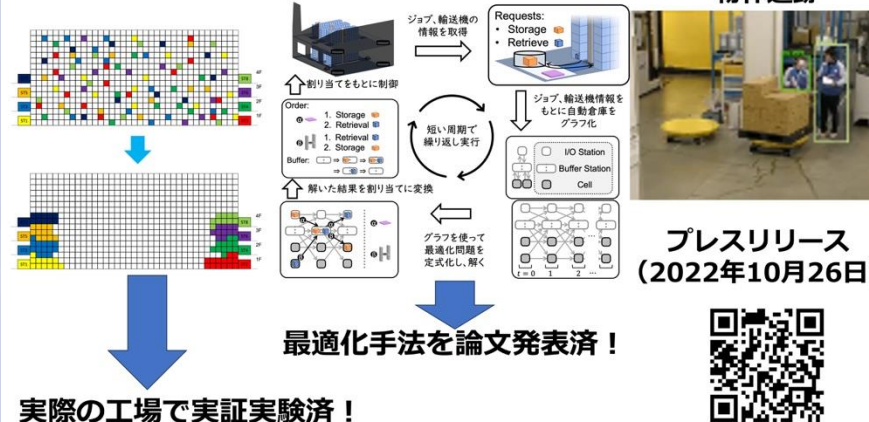
CPS(サイバーフィジカルシステム)での実証実験

・B2B現場のデジタルツイン(CPS)化→サイバー空間での最適化やシミュレーション
→現場業務改善を実施



ロート製薬との共同研究

モビリティ最適化



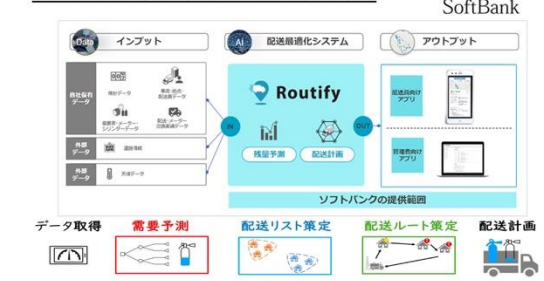
実際の工場で実証実験済!

物体追跡



プレスリリース
(2022年10月26日)

需要予測や最適配送計画問題
ソフトバンクとの共同研究



九州大学とソフトバンクによるLPガス配送サービスに関する共同研究(2020年5月開始)

ソフトバンク: LPガス業界のDXを実現する三つのサービスを提供開始(2022年6月27日)

最新のAIやIoTによる需要予測と配送最適化(配送リスト及びルート策定)

データ格付け機能の搭載

少子化・高齢化社会において継続的に発展可能な社会システムの構築を目的とする

日本各地での
サービス化達成!
プレスリリース
(2022年6月27日)



なぜものづくりが、戦略の基盤となるか

デジタルツイン

物理空間（フィジカル）をデジタルコピーした仮想空間(バーチャル)を再現することで、シミュレーションや相互の空間にフィードバックを可能にする仕組みである

メタバース

必ずしも既存の物理空間を再現する必要はないものの、物理空間と同じように人々（アバター）が集まって人間活動ができる「仮想の人間空間プラットフォーム」である

- ・ **デジタルツイン** = シミュレーション空間
- ・ **メタバース** = コミュニケーション空間

サイバーフィジカルシステム(CPS) は結果をフィジカル空間にフィードバック
デジタルツインの結果を分析し活用するためにはCPSによるシステムが必要



仮想伊勢丹新宿店アプリ
「REV WORLDS」

<https://www.rev-worlds.com/place/4>



マインクラフトのイメージ

デジタルツインの原型：古代巨大建築

飛鳥、奈良時代に出雲大社や
東大寺のほか国分寺の大建築
が各地に作られた

当時の日本の人口は450万
～500万人。平均寿命はま
だ30才程度

どのように作って、
どのように継承したのか？

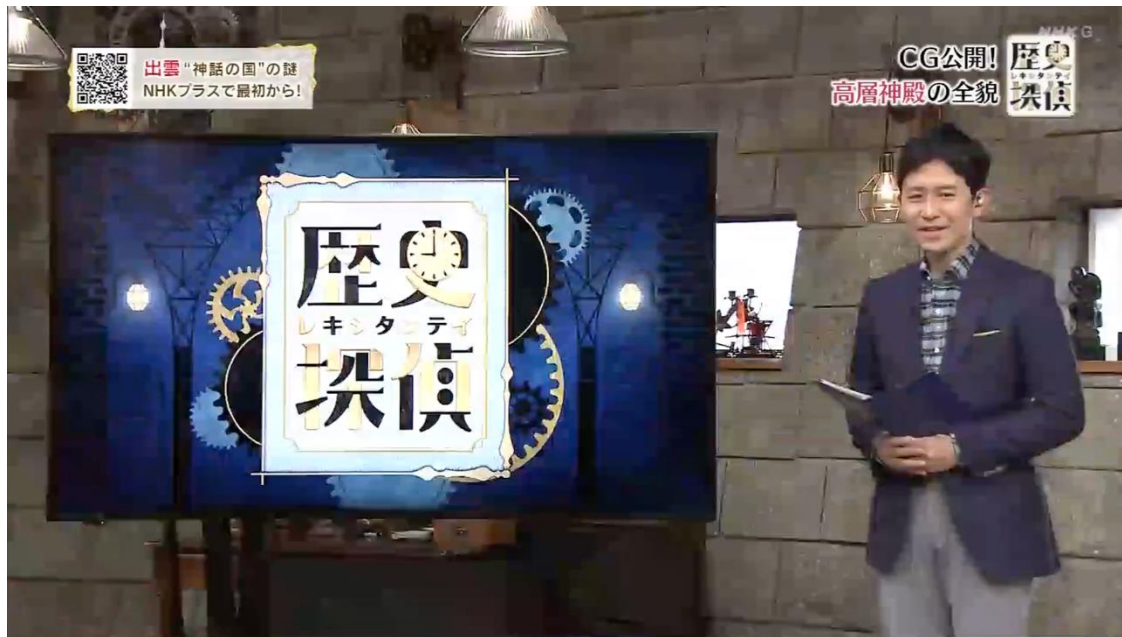
図面ではなく10分の1くらいの精密な縮尺模型—ひな形を棟梁が作り、これを10倍に拡大する方式を使ったと考えられる

相似測より各パーツの重さをはかって、それを1000倍すれば実物重量になりますし、実物と同じ面荷重を掛けて得られた軒の垂下量を10倍すれば実物の値が得られる

昔の棟梁は模型を様々な方向から力を綱でかけたり、衝撃を加えて振動周期や破壊性
状を観察することで、大地震や大風に対する高精度シミュレーションが可能

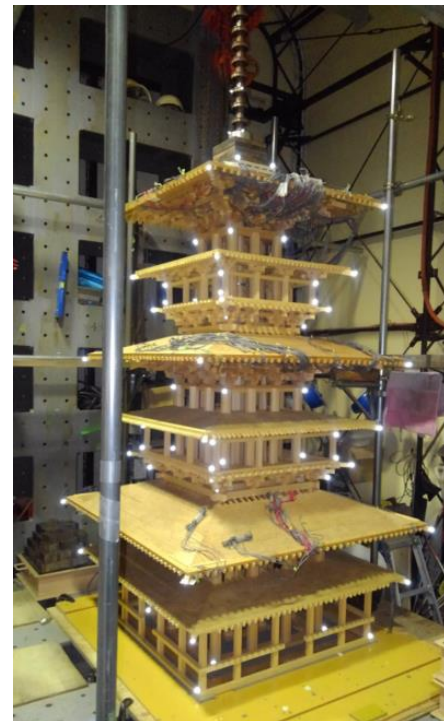
ひな形を組み立てて宝物として奉納してあればいつでも再現することが可能

奈良の元興寺には1200年以上も前に作られた国宝の五重塔のひな形が残されている



NHK 地上波 歴史探偵 「出雲 “神話の国”の謎」
2022年11月30日

パワースポットとされ、数々の神話が残る出雲。
なぜ、古くから聖地とされるのか？
その答えを「古代出雲」に探る！
謎の超高層神殿をCG復元。古代海洋交易の実像に迫る。



国宝 元興寺小塔

奈良時代に作られた精密雛形？



デジタルツインと CPS (Cyber Physical System) とは？

実世界

実世界のデータ化

地理情報、設備情報



街中センシング



行政情報、
ソーシャル情報



エネルギー
インフラセンシング



交通センシング

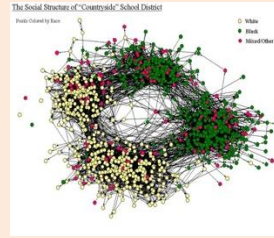


FCV/EV



サイバー空間

最適化, AI,
シミュレーション

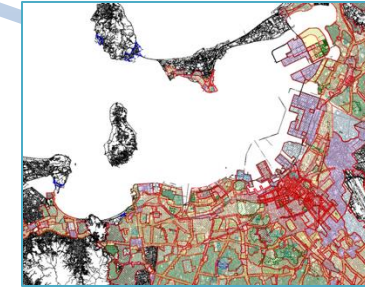


共通クラウド基盤

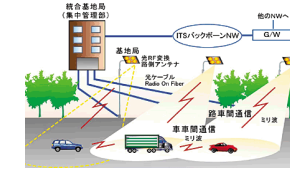


実世界

実世界へ反映、制御



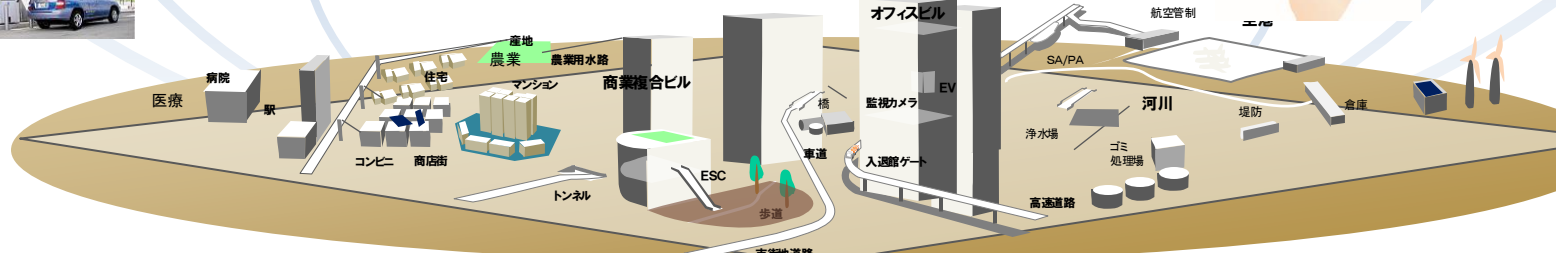
ソーシャルシステム スマホ、PC
ITS、管制、EMS ナビゲーション



ウェアラブルデバイス
パーソナルデバイス



デジタルサイネージ



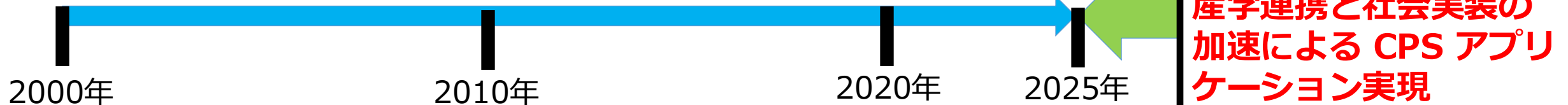
デジタルツインを基盤とした日本の反転戦略

プラットフォーム&物量によるイノベーションは巨大な先行者利益をもたらす

主戦場はサイバー空間からサイバー・フィジカル空間(CPS)へ

GAFAM(米国), BATH(中国) : サイバー空間

日本 : サイバー・フィジカル空間



サイバー・フィジカル(CPS)空間でのアプリケーション創出と産業展開

- 第一弾としての製造業(スマート工場)及びサプライ・チェーン分野
- ものづくり分野を中心に最適化, AI, IoT, HPC, クラウド, ロボット, 量子, 通信等の最新の技術を結集



生成AIが切り拓く、日本のものづくり革新

日本は世界のものづくりをどう変えていくか？

- サイバー空間におけるイノベーションの停滞：日本
 - クラウド(データセンター)、AI(深層学習モデル、生成AI)、データ連携基盤
- 米トランプ政権(2025年～)：関税政策と紛争終結、AIデータセンター増設、国内への製造業回帰
 - 日本の製造業はフィジカルAIを強化して各国での現地生産及び生産支援へ

人間とAIの役割分担（Human-in-the-Loopの再設計）をどう考えるか？

- AIによって過度に緊張を強いられる仕事や単純な繰り返しの仕事を軽減
- 人間側の得意な能力を向上させて、お客様起点のモノづくりに集中できるか？

最新技術(AI等)と人間の共進化を探るためのプラットフォームの構築

- ものづくり分野を中心に最適化, AI, IoT, HPC, クラウド, ロボット, 量子, 通信等の最新の技術を結集
- 産学連携：最新の研究成果をシームレスにものづくり現場で検討可能

みんなで創る次世代の工場：CPS 適用の目的とは？

最新技術(AI等)と人間の共進化を探るためのプラットフォームの構築

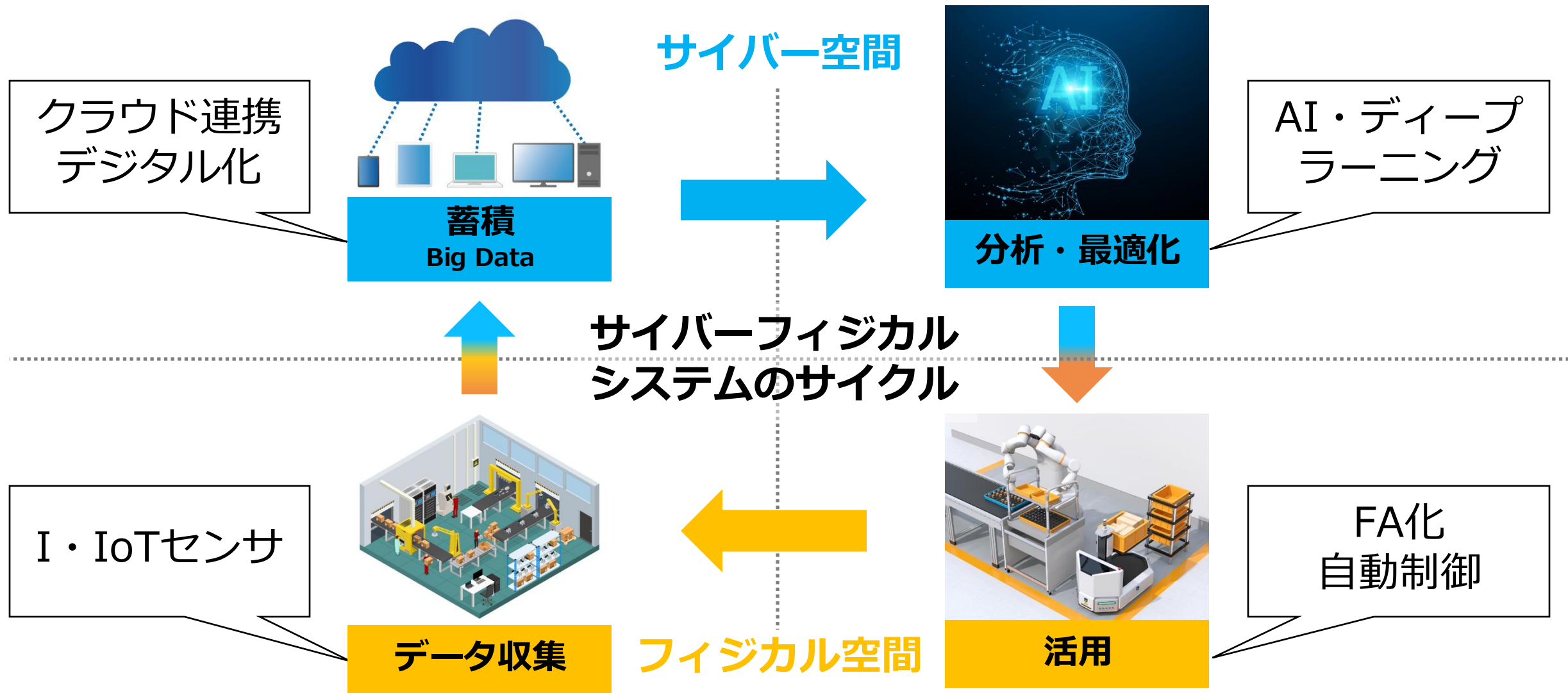
最新の研究成果をシームレスに実工場で検討可能であること

- 最新の数理最適化、AI等の情報技術における研究成果を実工場で即時検討して反映できることが特徴です。また、量子コンピューティング技術を活用し、スマート化に関わる最適化の高速計算や深層学習の精度向上が可能となります

働く一人ひとりがモノづくりにおいて当事者意識を持つことができること

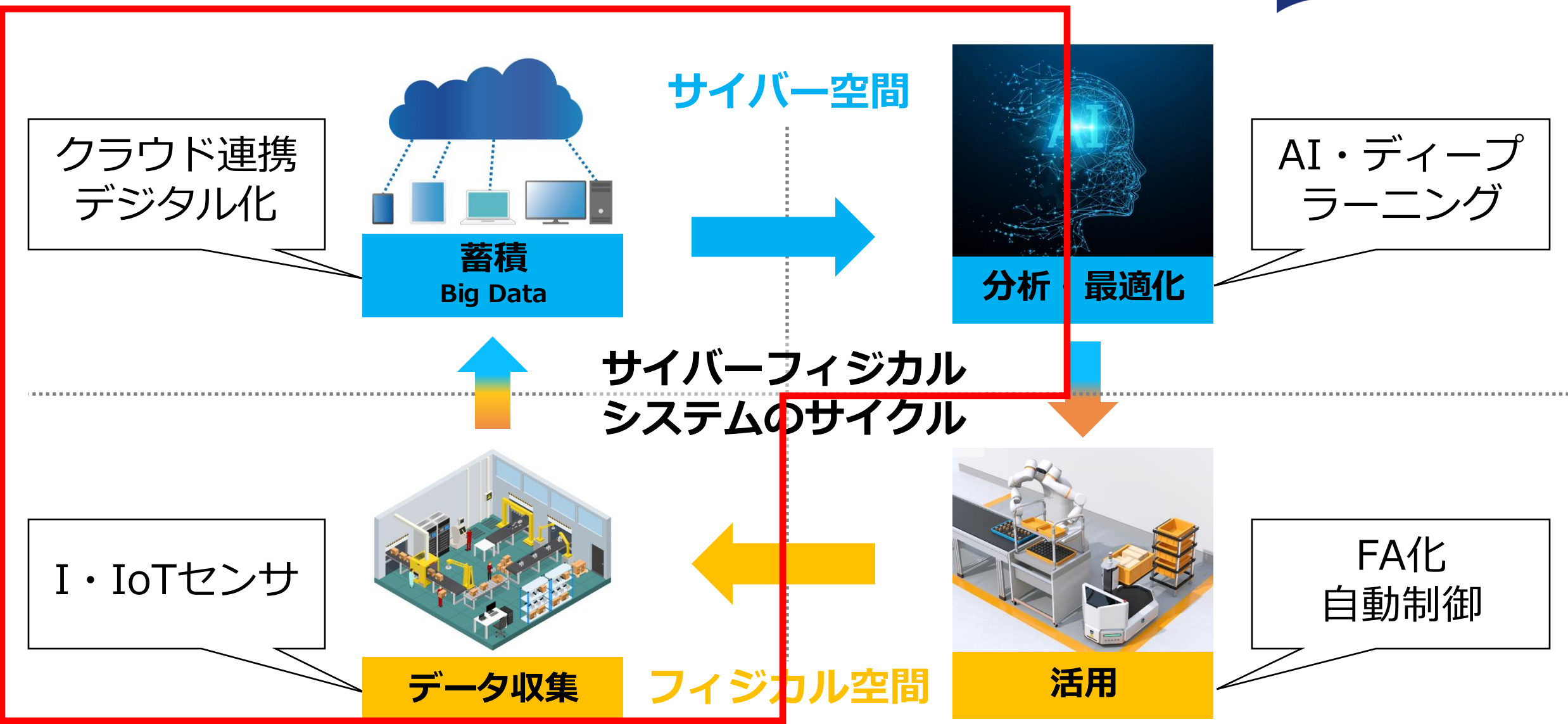
- CPSの実装により、過度に緊張を強いられる仕事や単純な繰り返しの仕事を軽減されます。同時に、CPSとの関係により一人ひとりの得意な能力が向上し、お客様起点のモノづくりに集中でき、お互いを高く評価し尊敬し合える人であふれた工場の実現が可能となります。

■ 「CPS : Cyber Physical System」 とは？



CPSとは、実世界（フィジカル空間）にある多様なデータをセンサーネットワーク等で収集し、サイバー空間で大規模データ処理技術等を駆使して分析／知識化を行い、そこで創出した情報／価値によって、産業の活性化や社会問題の解決を図っていくもの

■ 「CPS1.0」の範囲とは？

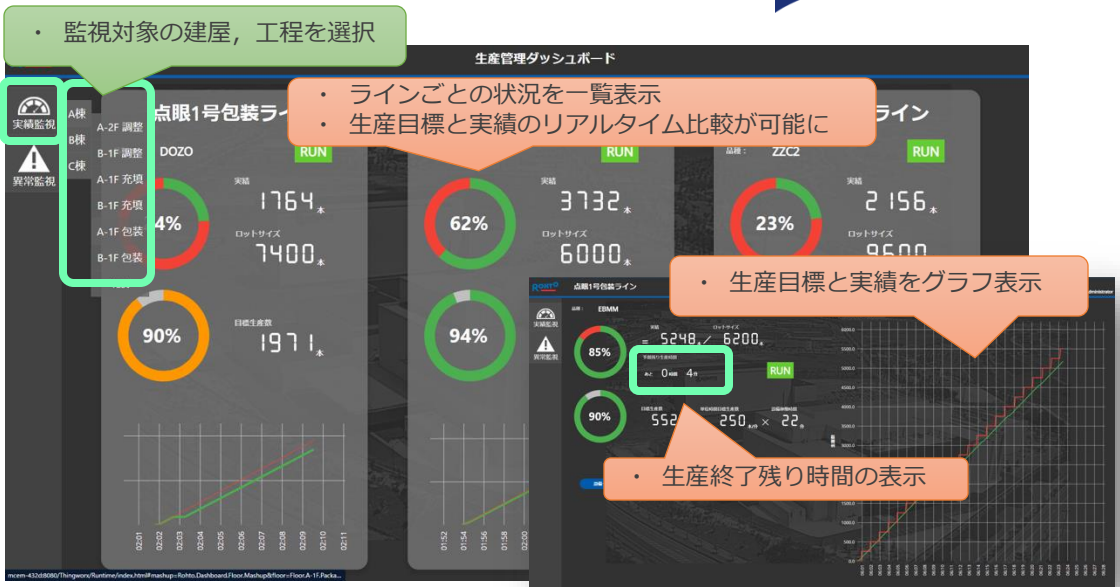


CPSとは、実世界（フィジカル空間）にある多様なデータをセンサーネットワーク等で収集し、サイバー空間で大規模データ処理技術等を駆使して分析／知識化を行い、そこで創出した情報／価値によって、産業の活性化や社会問題の解決を図っていくもの

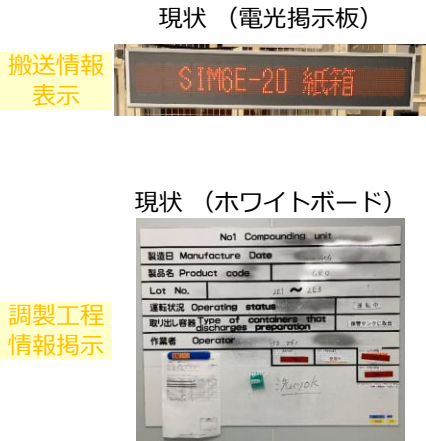
CPS 1.0 : スマートファクトリーシステムによる指示伝達及び確認



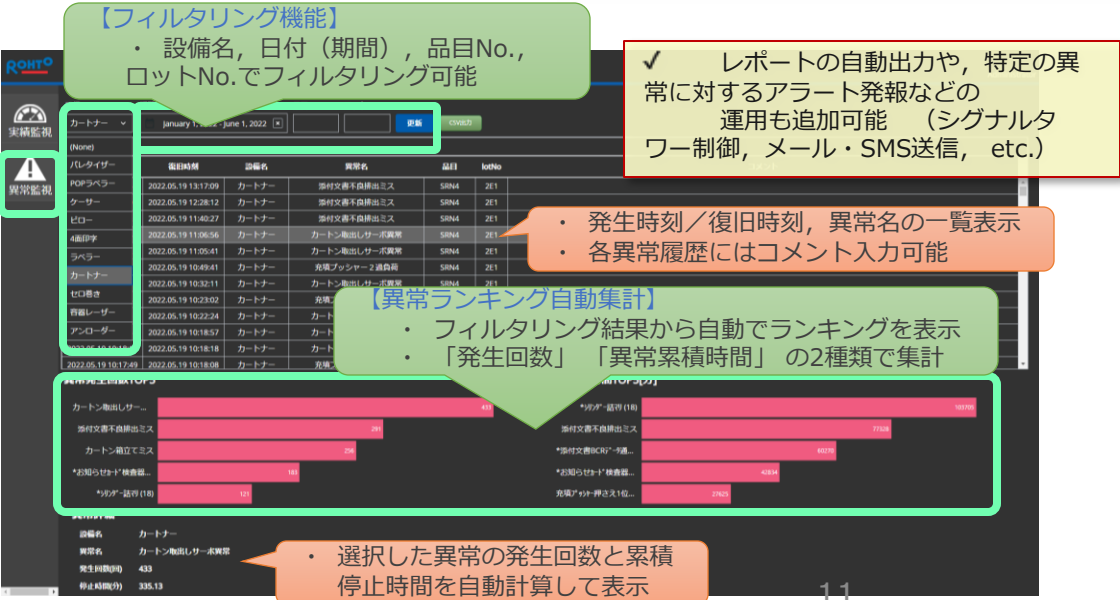
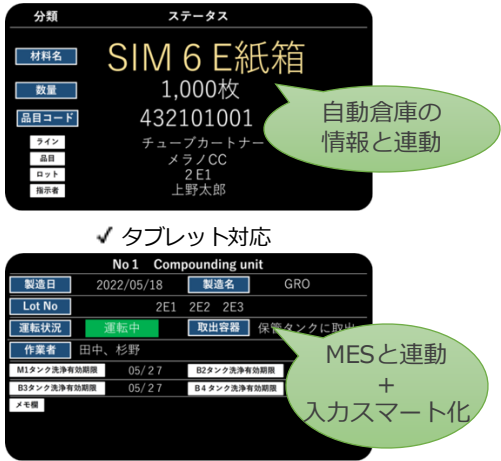
スティックコンピューター+モニターで
製造情報表示



リアルタイムモニタリング画面 (実績監視)



搬送、ステータス表示



異常監視・集計画面

デジタルツイン：アプリケーション (CPS1.0)

Siemens と NVIDIA が連携し、ライブ デジタル ツインを実現

Siemens と NVIDIA が連携し、ライブ デジタル ツインを実現

Siemens と NVIDIA は共同で Siemens Xcelerator と NVIDIA Omniverse™ プラットフォームを接続し、産業オートメーションを次のレベルに引き上げています。このパートナーシップにより、Siemens Xcelerator の広大な産業エコシステムと、**NVIDIA Omniverse** の AI 対応で物理的に正確なリアルタイム バーチャル ワールド エンジンが一体になり、ソフトウェア デファインド AI システムをエッジからクラウドに接続する、完全設計かつ高忠実度のライブ デジタル ツインが実現します。

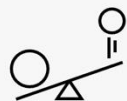


ライブ デジタル ツインの新しい定義

正確で信頼できる仮想テスト、実験、最適化は、デジタル ツイン シミュレーションが特定の属性を満たしている場合にのみ可能です。



すべての仮想データセットの信頼できる1つのソース。



物理的に正確で
すべてに物理法則が適用。



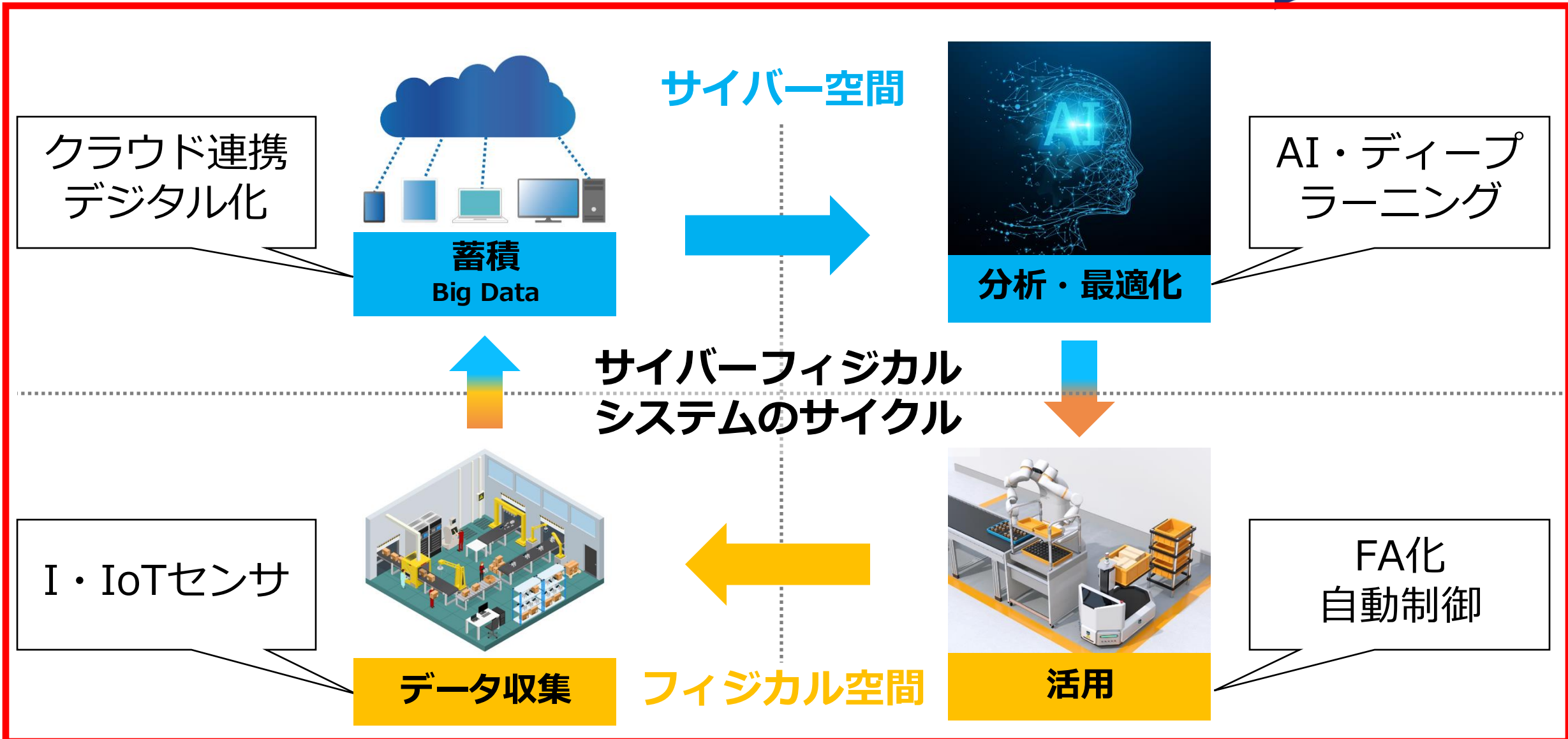
正確にタイミングを合わせ、
現実完全同期。



AI により最適化され
AI トレーニングが可能。

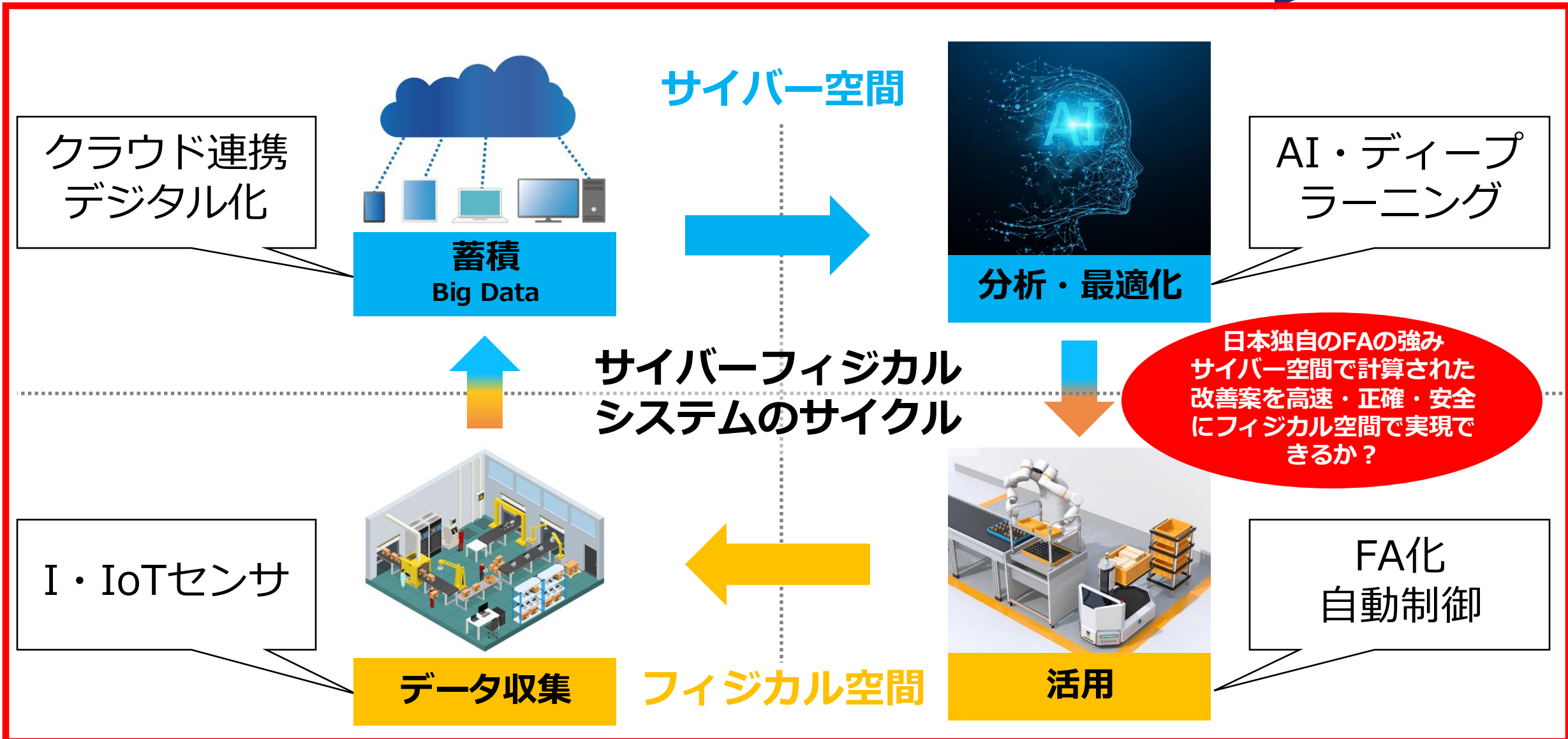


■ 「CPS2.0」の範囲とは？



CPSとは、実世界（フィジカル空間）にある多様なデータをセンサーネットワーク等で収集し、サイバー空間で大規模データ処理技術等を駆使して分析／知識化を行い、そこで創出した情報／価値によって、産業の活性化や社会問題の解決を図っていくもの

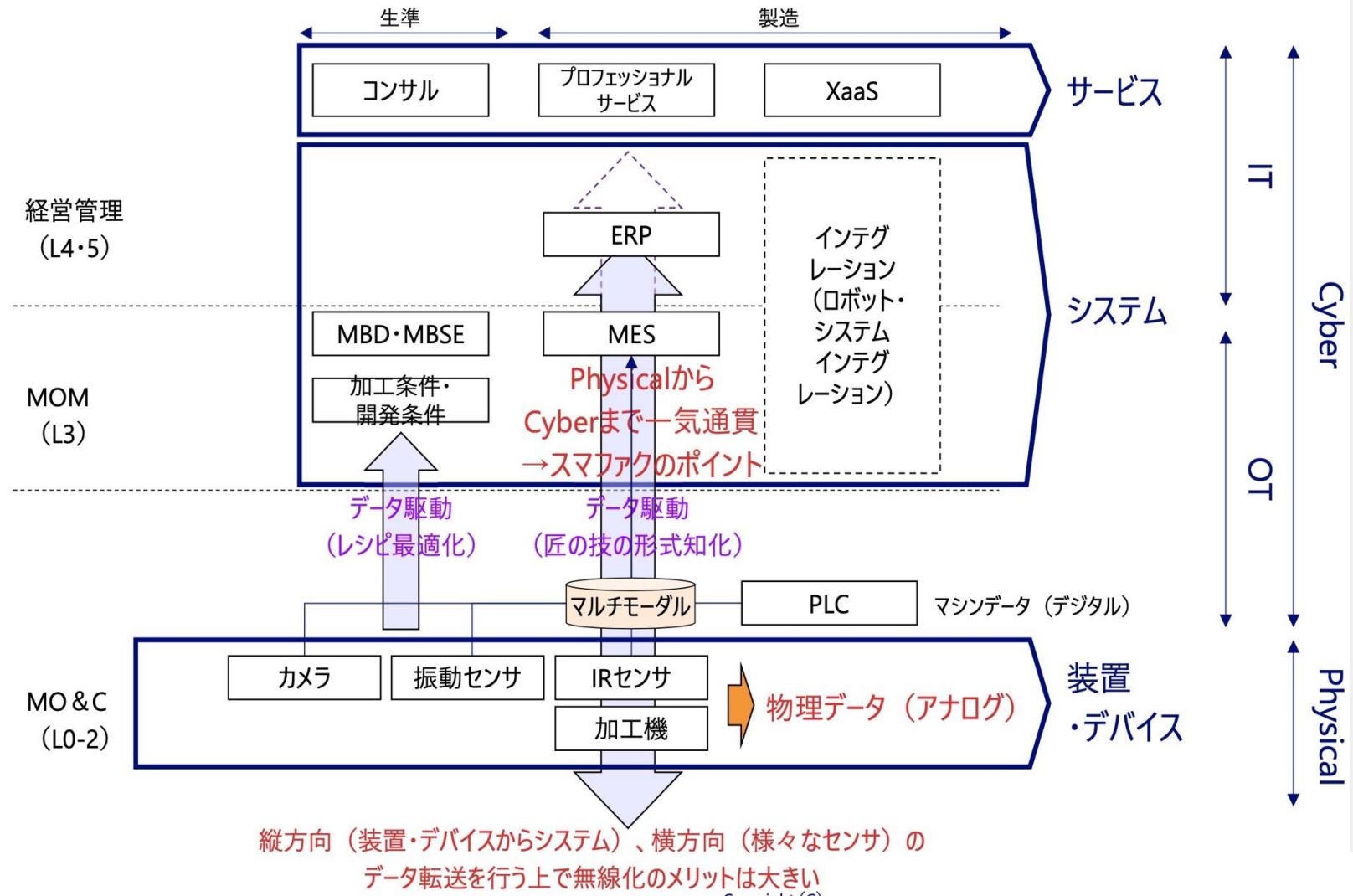
■ 「CPS2.0」の範囲とは？



CPSとは、実世界（フィジカル空間）にある多様なデータをセンサーネットワーク等で収集し、サイバー空間で大規模データ処理技術等を駆使して分析／知識化を行い、そこで創出した情報／価値によって、産業の活性化や社会問題の解決を図っていくもの

製造DXの基盤としての CPS

- データ転送速度や処理能力において CPS の高速な 1 周期の実行への対応が難しい
- CPS には電子的な動きの部分と機械的な動きの部分が混在 (後者がボトルネックとなる)
- 製造 DX への膨大な研究開発や投資が必要
- デジタルツイン 1 週の超高速性能が日本のキラーアプリケーション**



出典：令和 3 年度省エネルギー等に関する国際標準の獲得・普及促進事業委託費
(ルール形成戦略に係る調査研究 (無線通信技術の本格活用を通じたフレキシブルでスマートな製造現場の実現を可能とする国際的な市場の創設に関する調査))

デジタルツインを基盤とした日本の反転戦略

CPS 2.0 によって何がどう変わるのか？

購買 / 発注情報



販売拠点



移動経路 / 積荷



物品の保管情報



外部倉庫



CPS DB / apps



- ・ 自動倉庫最適化
- ・ 需要予測
- ・ 人流追跡
- ・ 運搬情報収集
- ・

スマート工場



スマート工場のデータを
持続的に収集・解析し、生産
活動を常時最適化

生産現場

人・物の動線 / 物品の保管状況 / ...



研究・マーケティング現場

生産計画 / 新商品の開発 / ...

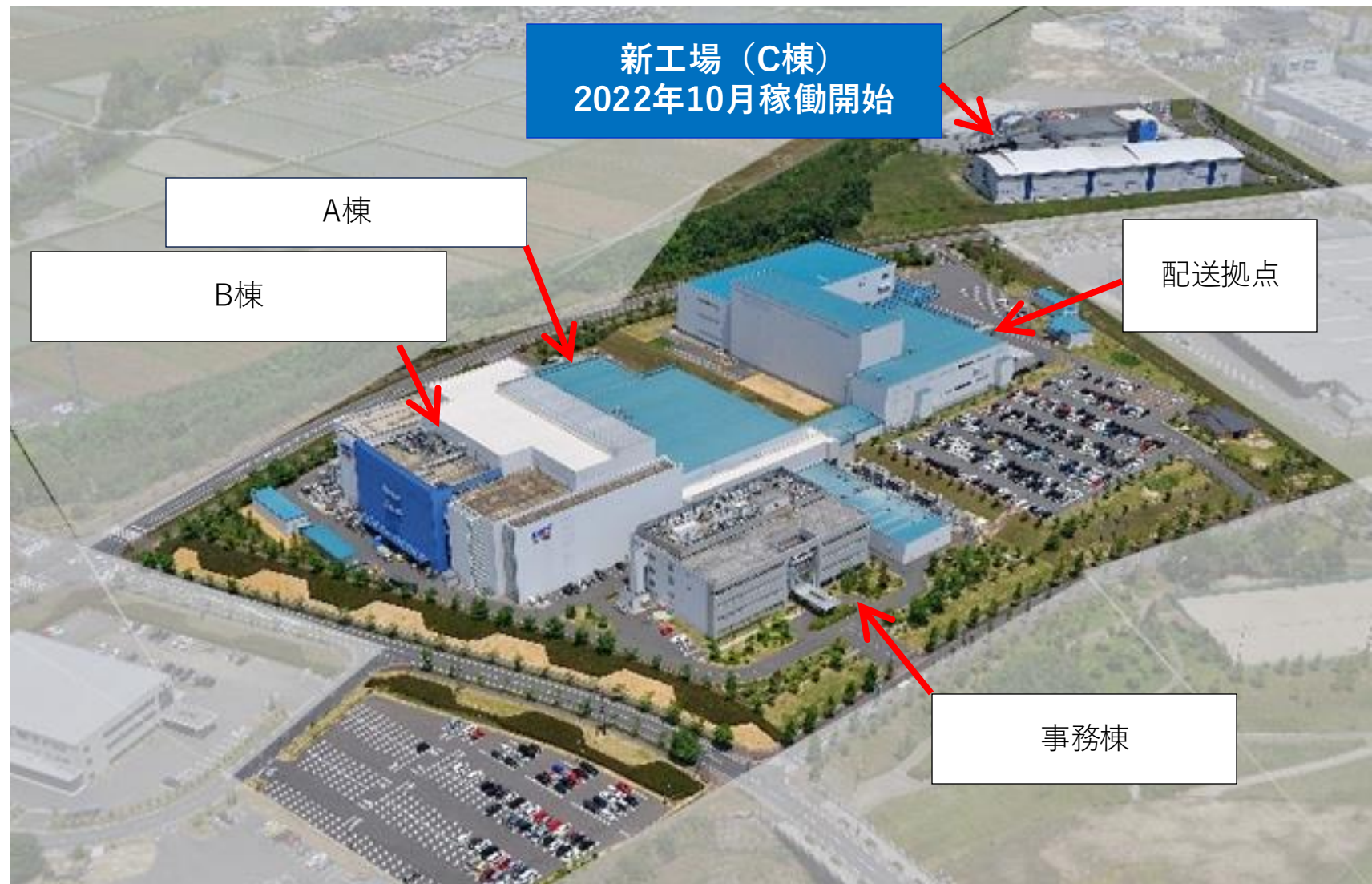


ロート製薬の目指すスマート工場

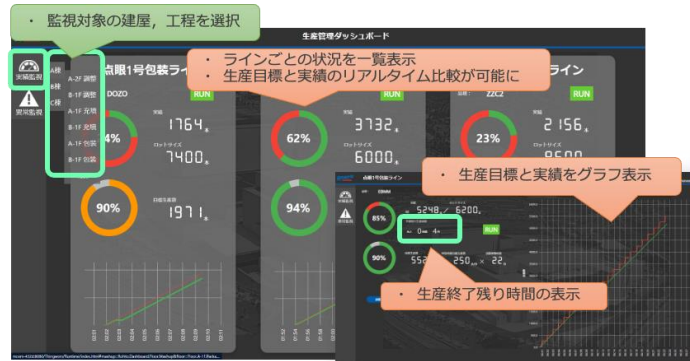
上野テクノセンター

518-0131 三重県伊賀市ゆめが丘7-3

- 1999年に稼働開始
- スキンケア・アイケア製品を製造
- ロート製薬のスマート工場におけるマザー工場としての稼働を目指す



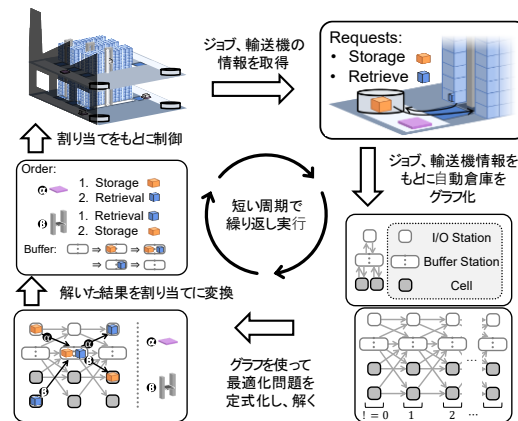
スマートファクトリーシステム:指示伝達及び確認



リアルタイムモニタリング画面 (実績監視)

MESデータを使用した自動倉庫最適化システム

翌日以降の計画に応じて入出庫しやすくなり、
待ち時間や保管スペースの削減ができる



【先行課題でトライアル】

CPS 1.0

「ヒト・モノの検知追跡機能を追加し、工場全体で移動
最適化及び、生産・移動能力推定による改善案提示機能」
(予測を伴う生産活動、デジタルツインの基盤構築)



【マザー工場のスマート化】

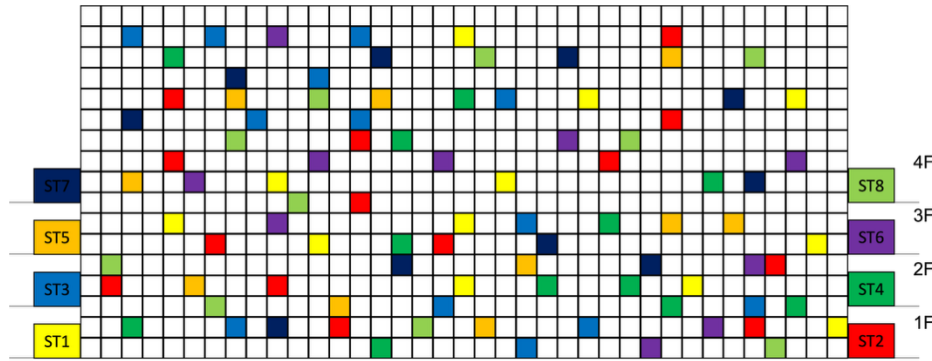
CPS 2.0

自動倉庫の最適化に関する2つの取り組み

夜間棚替え

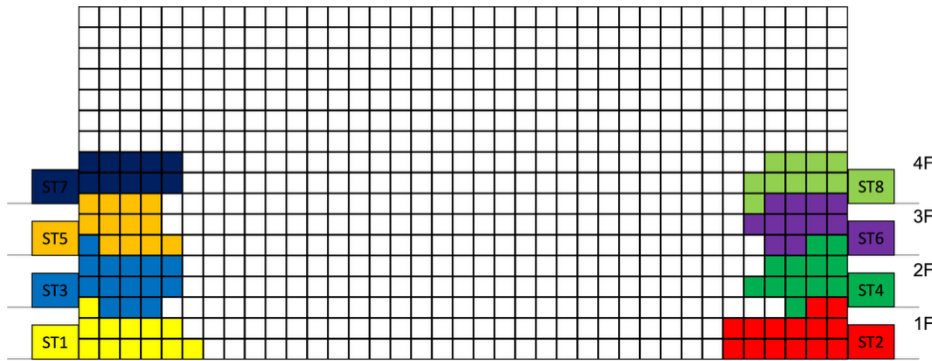
Before

荷物の保管場所が
バラバラ

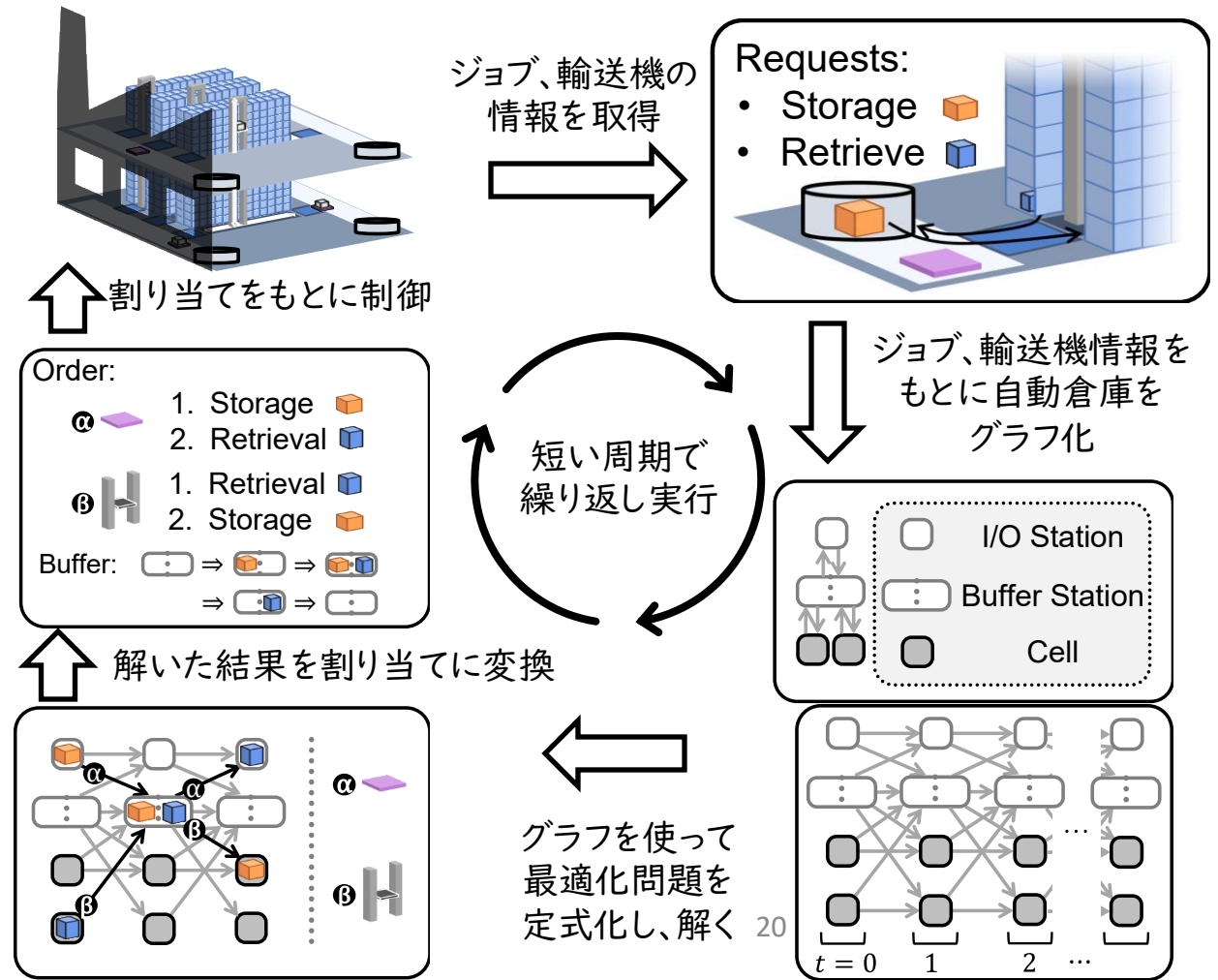


After

荷物の保管場所が
整理整頓

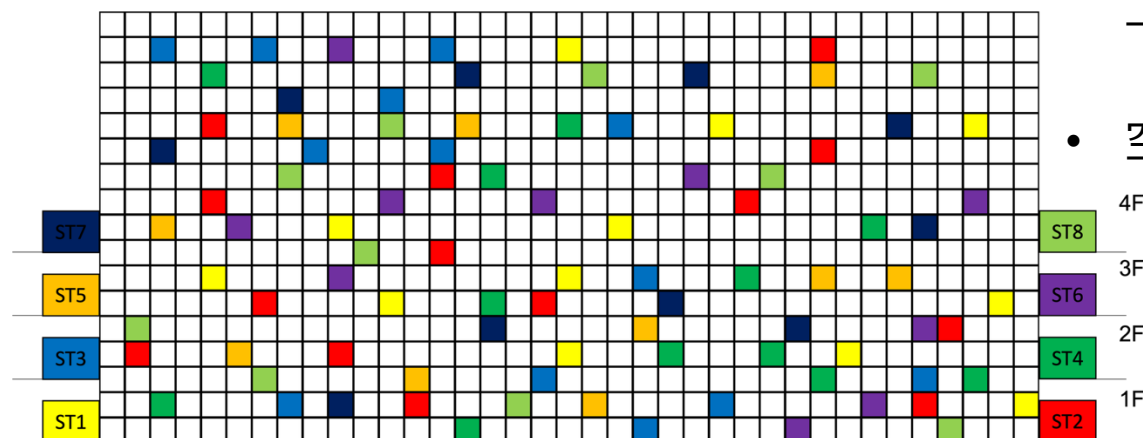


自動倉庫運用最適化システム(日中最適化)



工場が停止している夜間に、翌日の出庫情報に合わせて倉庫の中身を入れ替える

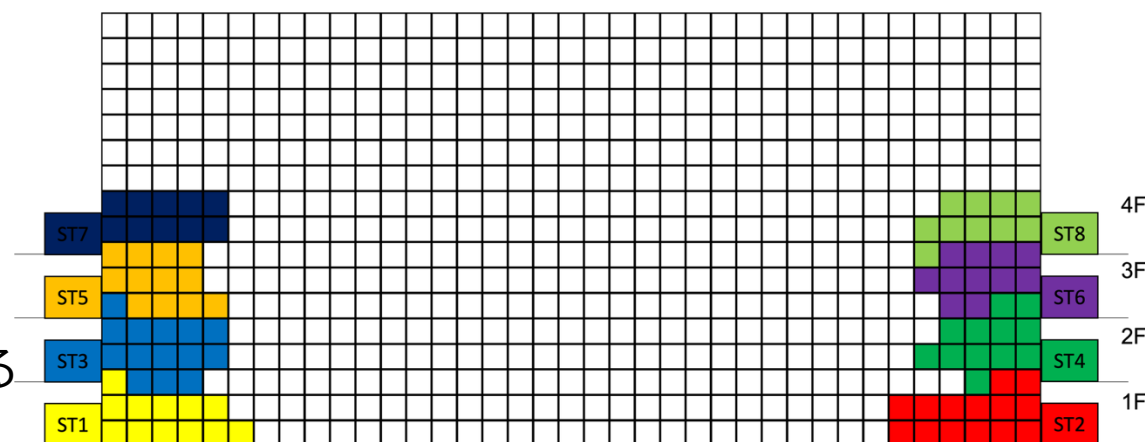
Before



- 入庫アルゴリズムによって出庫場所とは関係なく荷物を保管
→荷物によっては、取り出す際に出庫口から遠い場所に保管される場合あり
- 空いている場所に依存して、入庫時にも時間がかかる場合あり

棚替え実行

After



- 出庫口に近い場所に配置し直す
→翌日、すぐにもものを取り出せる
- 入庫する荷物も、入庫口の近くに保管できるようになる
→入庫にかかる時間も削減可能

スマート工場での最適化研究

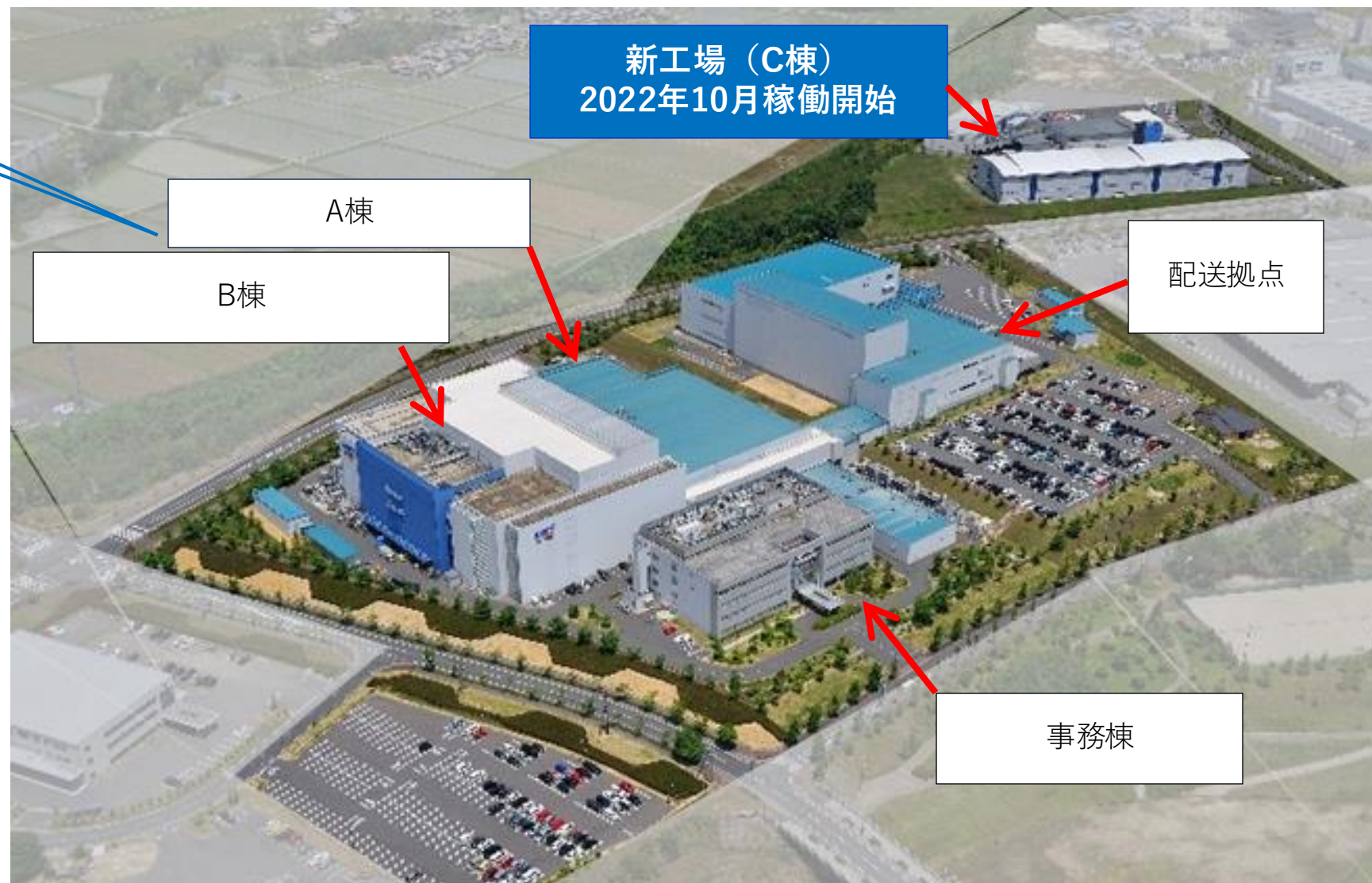
Target

実験設定

- ・ シミュレータと実際の機械の両方を使用して実験
- ・ A、B棟の倉庫は稼働率が高い
- ・ 倉庫には3台のクレーンがある

評価指標

棚替え後、パレットを運搬するために必要な時間

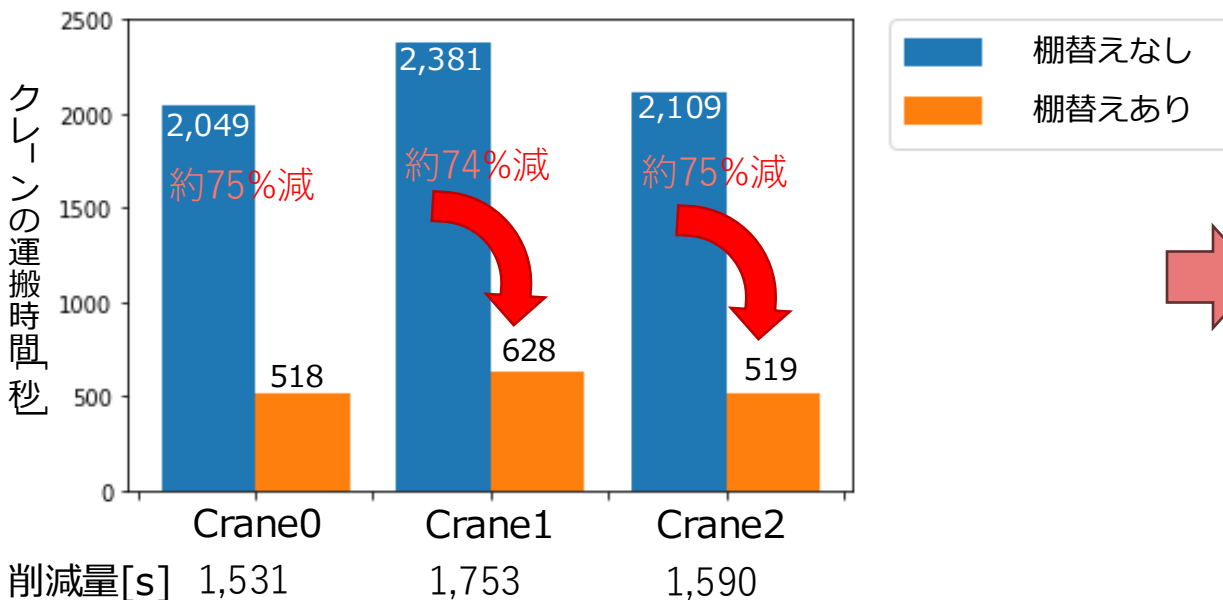


スマート工場での最適化研究

【シミュレータを用いた検証】

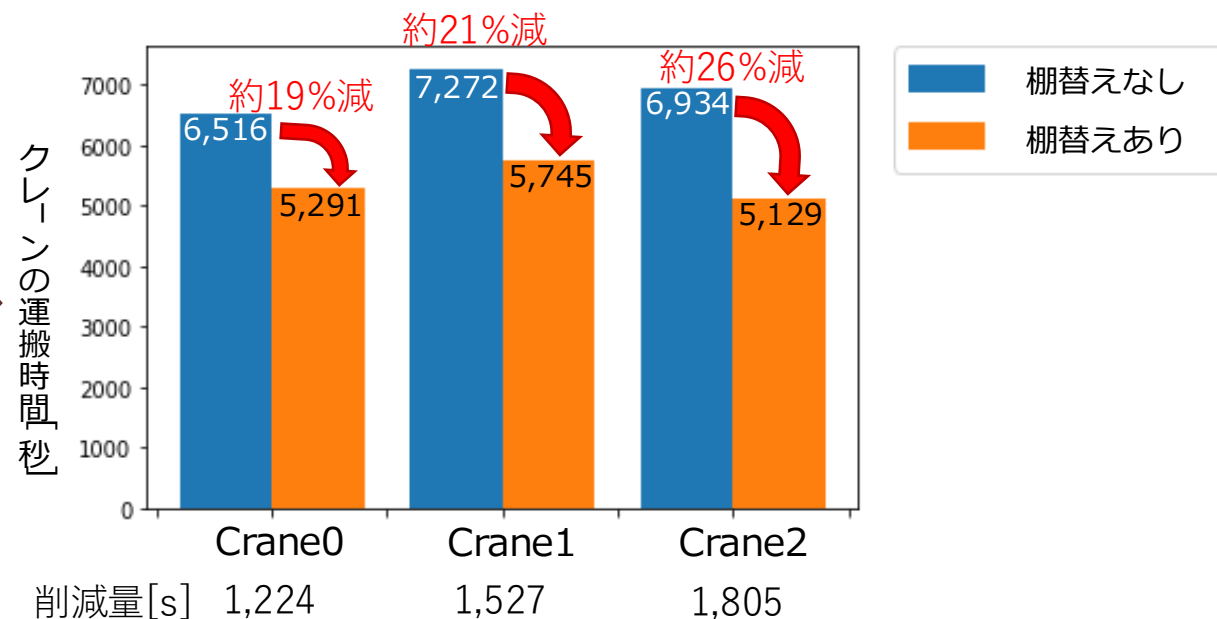
Day1（総ジョブ数：1462、出庫ジョブ数：659、棚替え対象ジョブ数：485）

棚替え対象のパレットをクレーンが運搬した時間



最適化対象となるパレットの運搬に非常に高い効果を示した

すべてのパレットをクレーンが運搬した時間



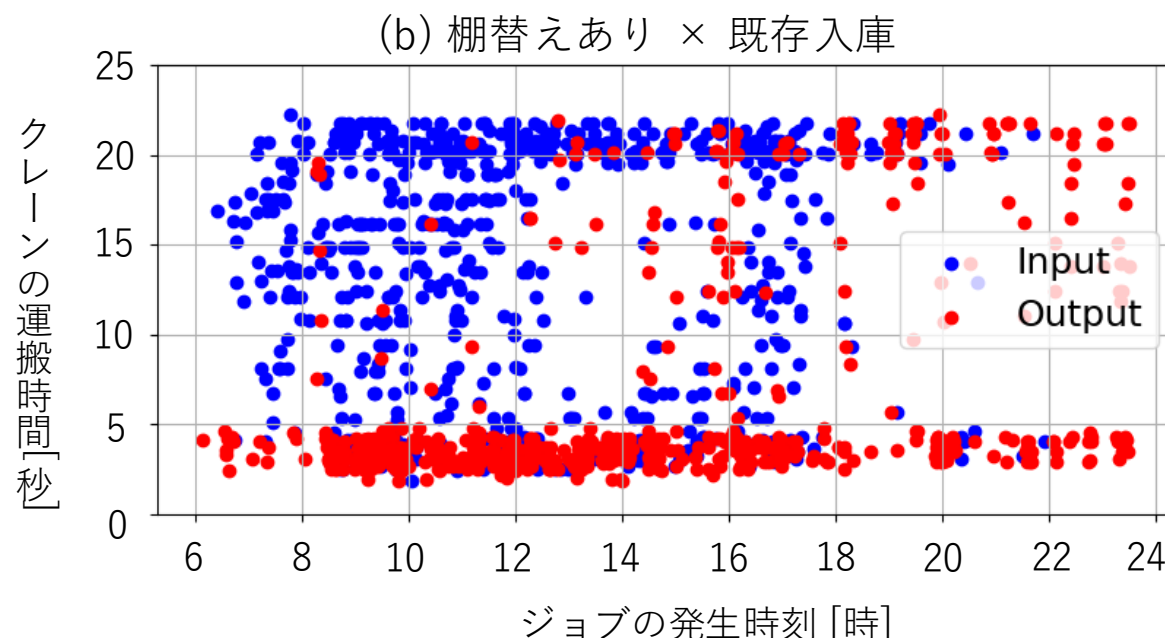
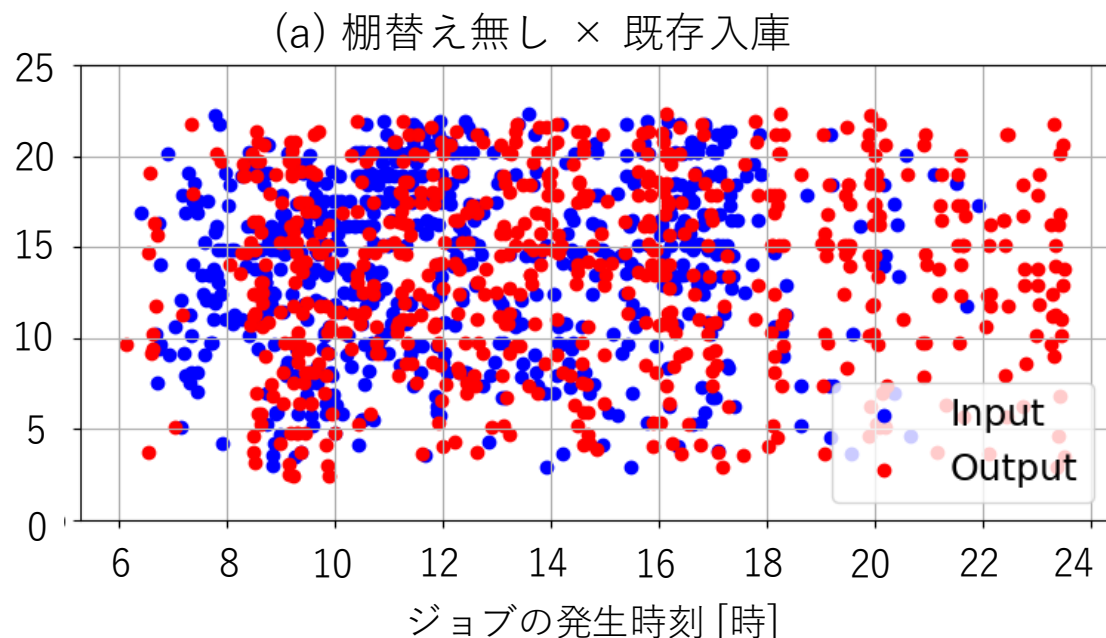
最適化していないパレットを含めても運搬時間の削減に貢献できた

スマート工場での最適化研究

【入出庫ジョブの実行時にかかるクレーンの運搬時間の可視化】

Day1（総ジョブ数：1462、出庫ジョブ数：659、棚替え対象ジョブ数：485）

● Input(入庫ジョブ)
● Output(出庫ジョブ)



実行時間

減少

変化なし

増加

ジョブ数 (1,462)

798

76

588

削減量： 79.86 ± 133.51 [s]

増加量： 71.22 ± 166.16 [s]

出庫ジョブのクレーンの運搬時間が全体的に下がっていることが確認

ボーイング・サウスカロライナ工場

ページ ノート

出典: フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』

ボーイング・サウスカロライナ工場(South Carolina Factory)は、アメリカ合衆国サウスカロライナ州ノースチャールストンにあり、チャールストン国際空港 / (チャールストン空軍基地 (英語版)) が隣接しているボーイング社の飛行機組立工場である。

概要 [編集]

チャールストンに工場を開設した理由の一つに西海岸では賃金が上がっている事があった^[1]。この工場でのB787型機生産機数は、2016年には月産5機(現在、3機)、10年以内に同7機に引き上げられる予定^[1]。



1: Tool accountability

すべての工具および部品の位置をリアルタイムで追跡



2: Mobility optimization

常にツールや部品の位置,個数及び状態を把握しておく。
さらに次工程の作業が始まるまでに、必要なツールや部品を次工程の場所に高速に移動させる

→ モビリティ最適化システムの開発

British Airways - Building the 787-9 Dreamliner

youtube.com/watch?v=SJZk9vNS8NE



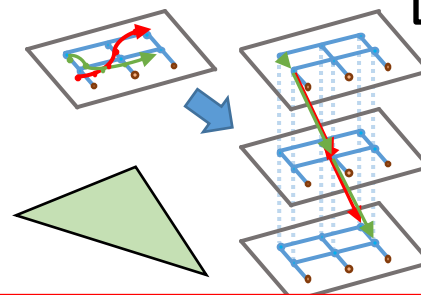
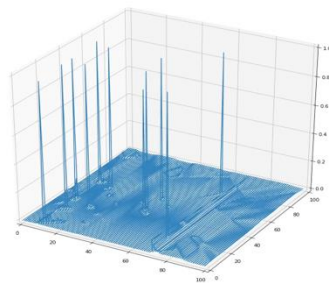
Subscribed



- データ取得
 - カメラ、センサー

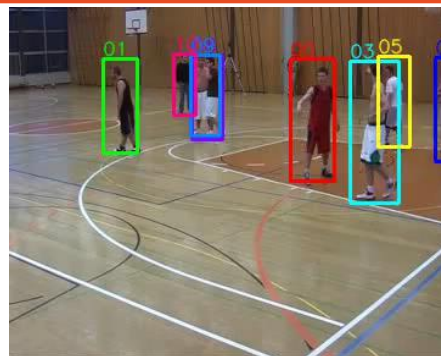
- 最適化
- シミュレーション
- 深層学習

- 実世界への反映
- 可視化
- 制御

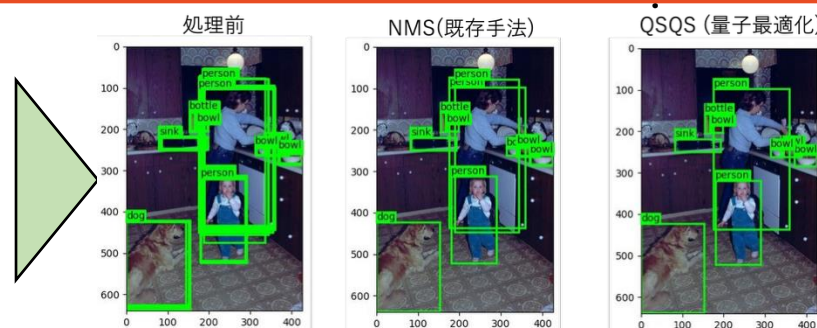


Mobility optimization

ヒト・モノの存在に関する
確率分布の作成と時間拡大
グラフへのマッピング
(グラフ解析&数理解最適化)

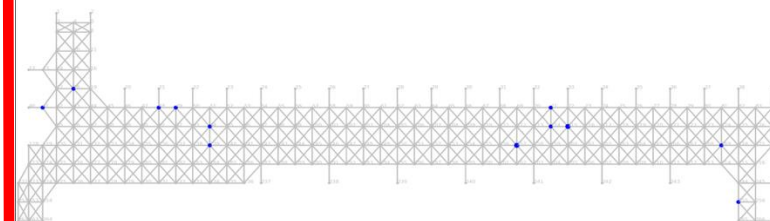


カメラやセンサーからの
ヒト・モノ情報の検
出と取得(深層学習)



深層学習による重複検知の補正
を行い、ヒト・モノ情報の検知
精度を向上(量子計算)

Tool accountability



混雑の自動検出と可視化
混雑の原因分析と流れの
最適化(数理解最適化)

工場内の人・モノ動線最適化

魚眼カメラで撮影した画像による、動線追跡と最適化

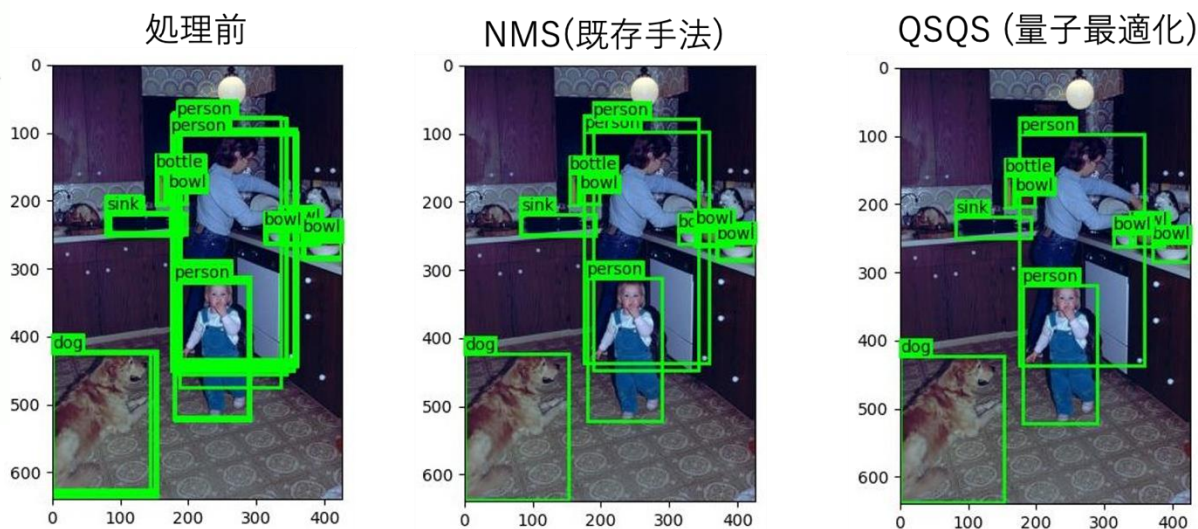
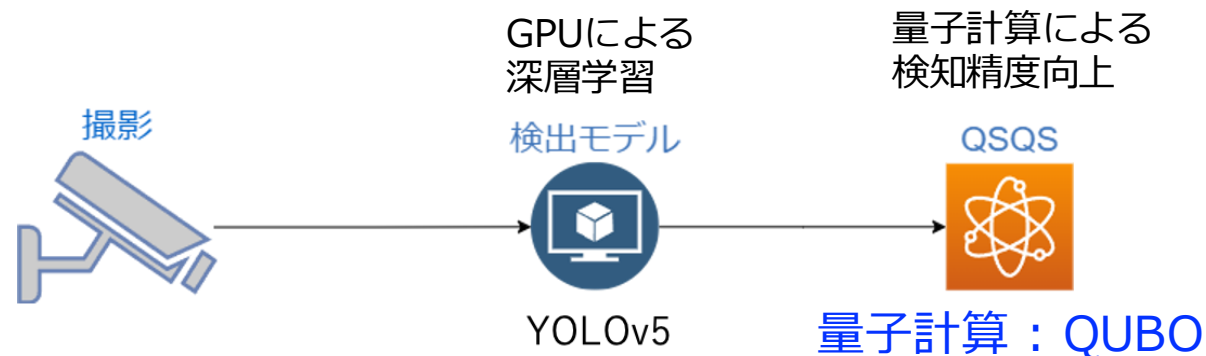
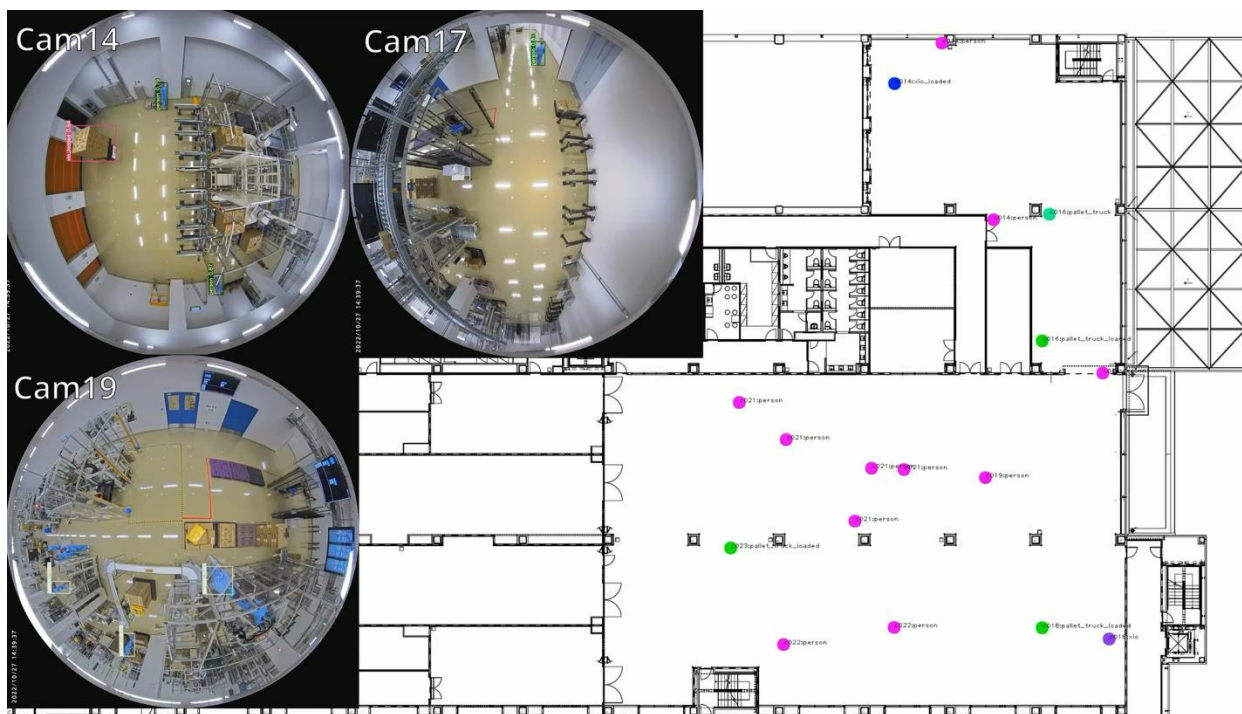
【目的】

- 作業動線の把握
- 滞在エリアと滞在時間の把握

量子コンピューティングの適用

量子最適化(QUBO)による人物検知の性能向上

- アニーリング方式(QUBO)
- ゲート方式(QAOA) : Qiskit, Qulacsを使用



魚眼カメラで撮影した画像による、動線追跡と最適化

【目的】

工場内の人・モノ動線最適化 : 作業動線の把握
: 滞在エリアと滞在時間の把握



 OFF



Bounding box

Many



Only one

- More accurate position
- Higher speed

ID: 

High #



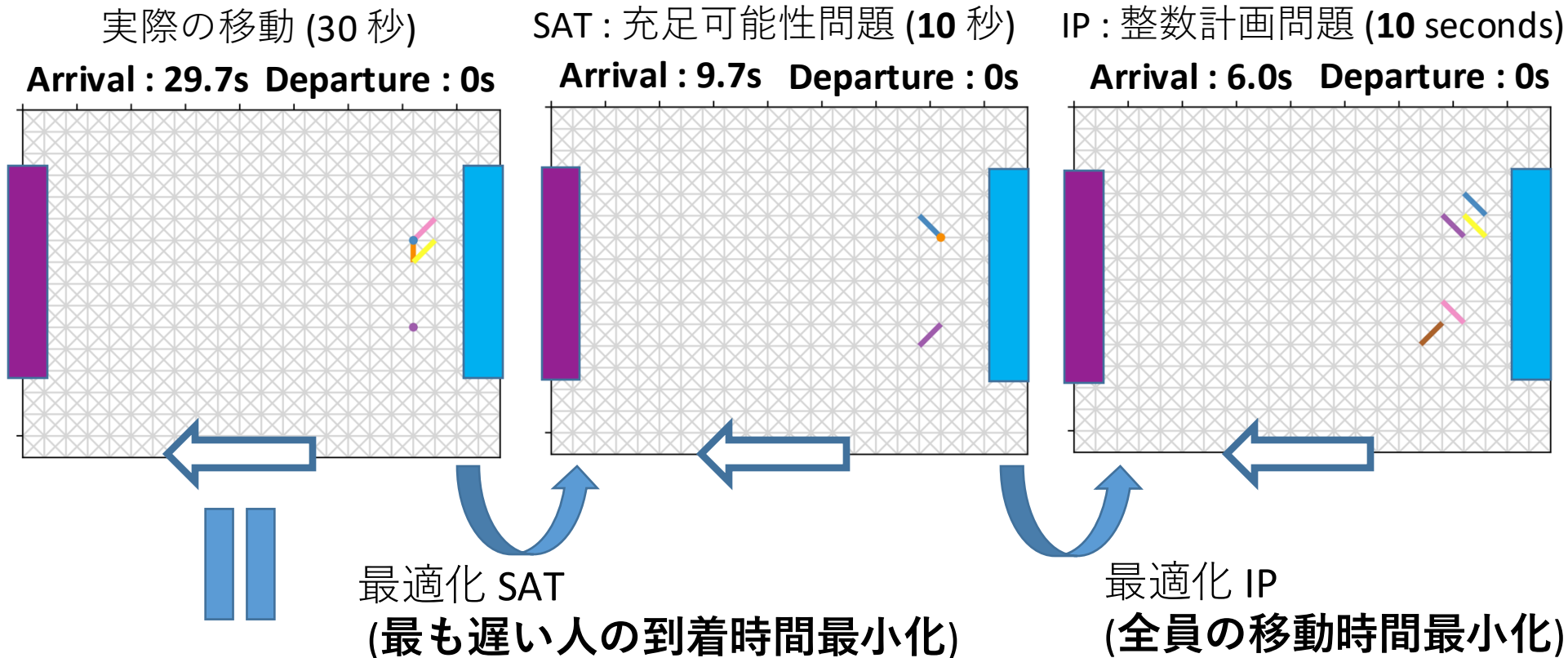
Low #

- No need expensive GPUs
- Less operation cost

ON 



モビリティ最適化 – 実験結果



- 最終到着時間 : 3倍の高速化
 - 元の状態 : 30 秒
 - 最適化後 (SAT, IP) : 10 秒

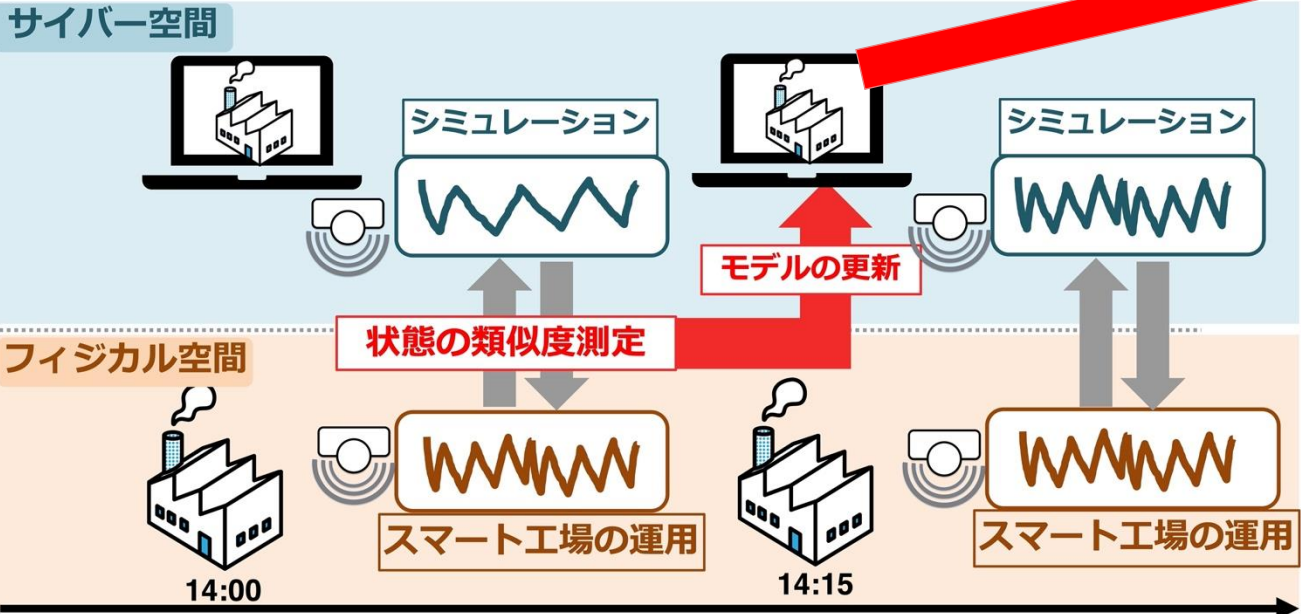
現実世界の不確実性や外乱下におけるデジタルツインの安定運用と自律的な適応機能

現実世界の不確実性や外乱に応じてスケジューリング（資源割当・行動計画）を適応的に変更しようとする、システムが不安定化するリスクが高い

現実世界の不確実性や外乱下においても安定性を数理的に保証しながら適応的な制御を可能とする確率的デジタルツイン(SDT)の新しい理論と産業応用を構築することを目的とする。

SDTは、物理システムと数理モデルを統合し、状態を確率的誤差分布として表現・更新することで、従来の決定論的手法では困難であった安定性確保とリアルタイム適応を両立する

自動調整の過程において、システムが予期せぬ挙動を示さないよう、安定性を数理的に保証する

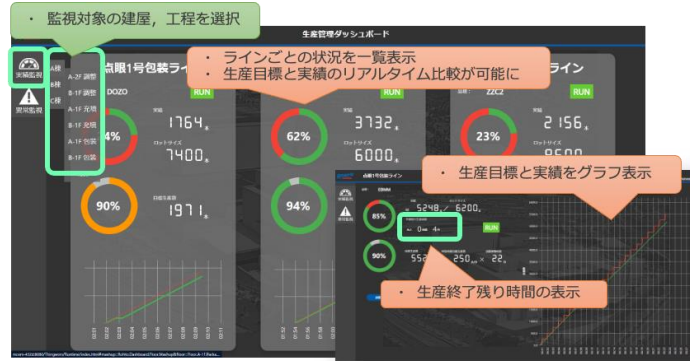


確率的デジタルツインのスマート工場への適用

1. 実行時におけるデータ計測から、実行時最適パラメータの集合(確率分布)を推定
2. 事前最適パラメータから実行時最適パラメータへの遷移方法を推定
3. 分布レベルでの適応更新を導入し、システム全体の挙動を安定に保つ

CPS2.0によって何がどう変わるのか？：方針2(データドリブン)

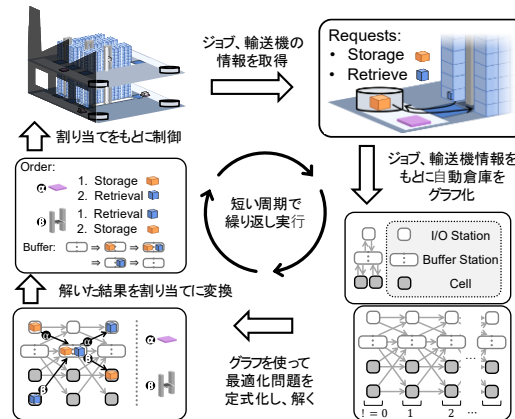
スマートファクトリーシステム:指示伝達及び確認



リアルタイムモニタリング画面 (実績監視)

MESデータを使用した自動倉庫最適化システム

翌日以降の計画に応じて入出庫しやすくなり、
待ち時間や保管スペースの削減ができる



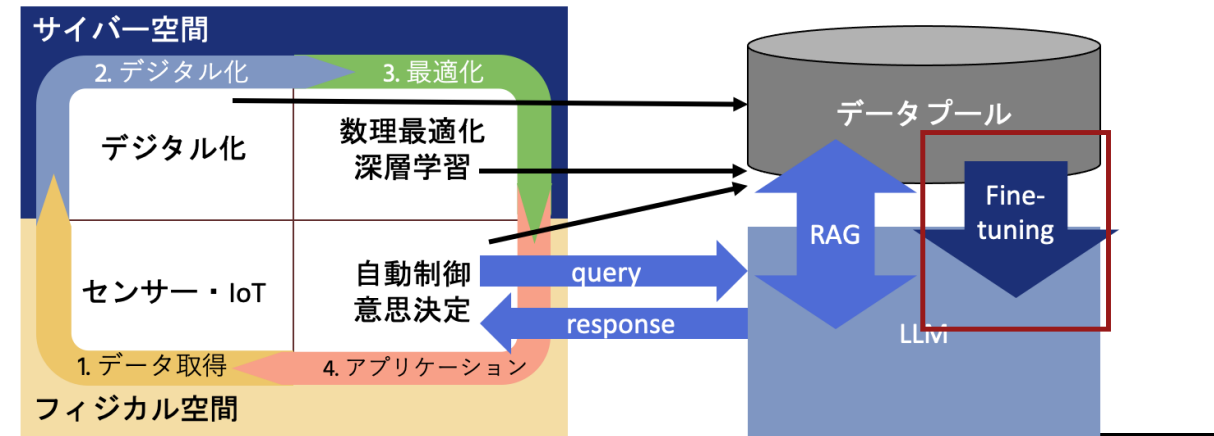
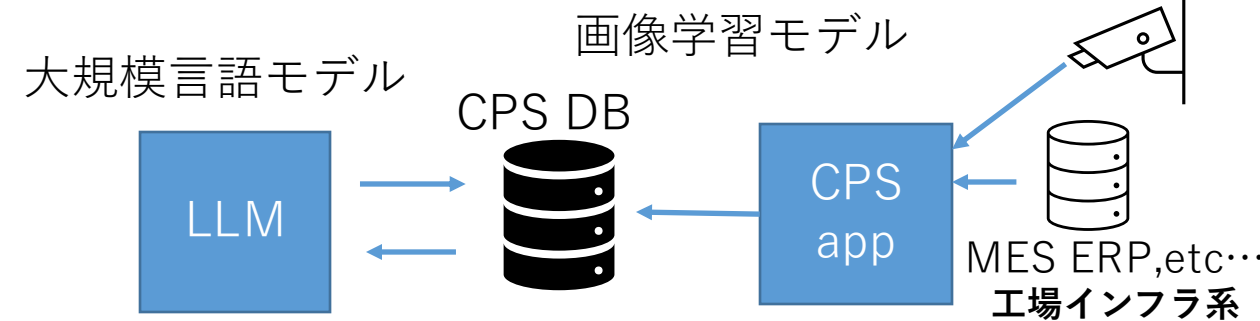
【先行課題でトライアル】

CPS 1.0

「工場全体で生成される複数データを学習データとする」

1. 映像,画像,センサー等の数値データ
2. 日報やQCサークル等の人間による言語データ

(データを集約した集合知から得られる価値発掘)



【AIと人間の共進化】

CPS 2.0

B787, Galley Assembly from YouTube



LLM による動画解析結果 (0:00 – 0:29)

🕒 0:00 – 0:05

初期の水平移動

・作業員が**大型のキャビネット／ギャレー・ユニット**を航空機内で水平に押して運ぶ

🕒 0:05 – 0:09

接近および持ち上げ準備

・ユニットが空洞部分に近づくにつれて、水平移動がゆっくりになる
・作業員は**青い昇降機構**を操作し、ユニットを床から垂直に持ち上げ始める

...

🕒 0:25 – 0:29

位置確認

ユニットは最終的な設置位置にあるように見える。
作業員はその場に留まり、収まり具合を確認している。
彼らは、機械的な固定などの次の作業に備えているように見える。

作業標準シート:時間分析

#	製品	作業	Tool	計画 (分)	現状
1	Galley	ユニットの初期配置		10	13
2	↓	垂直リフトおよび一次配置	Lift	30	37
3	↓	最終配置およびアクセス確認	Wrench	10	10
・	↓	ユニット配置の完了		・ ・ ・	・ ・ ・
Total				30	42

British Airways - Building the 787-9 Dreamliner
[youtube.com/watch?v=SJZk9vNS8NE](https://www.youtube.com/watch?v=SJZk9vNS8NE)



B787 ギャレー設置作業のデモ：作業分析と最適化

Mobility Optimization

FETCH DATA

Original Video

Original Trajectory

Mapped Result

Optimized Result

SELECT IDS SHOW ANIMATION

SELECT TRAJECTORY IDS SHOW ANIMATION

Select Graph

FETCH AND DRAW

EXECUTE GRAPH MAPPING

Objective Function
Min-Max

Time Limit
30

OPTIMIZATION

COMPARE TRAVEL TIMES

COMPARE ANIMATION

CHAT SETTINGS

日本語

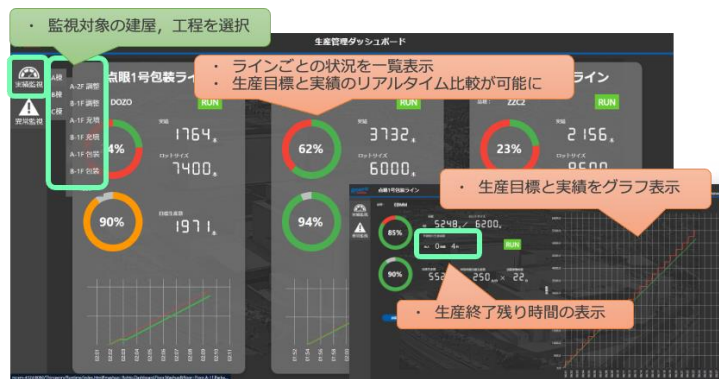
Type a message...

Describe the difference between the two trajectories

- 1.元映像（オリジナルビデオ）
 - ・ カメラでギャレーと作業員を追跡
 - ・ AIのバウンディングボックスで解析
- 2.軌跡（トラジェクトリ）
 - ・ 時間ごとに記録
 - ・ スムーズでない作業動作を可視化
- 3.現状マッピング（As-Is）
 - ・ グラフによる可視化
- 4.改善案のシミュレーション（To-Be）
 - ・ 作業フローの最適化
 - ・ モビリティ最適化により80%：
515秒 → 355秒（-31%）削減
 - ・ 大規模言語モデル（LLM）による分析

CPS 2.0 によって何を実現するのか？

「ヒト・モノの検知追跡機能を追加し、工場全体で移動最適化及び、生産・移動能力推定による改善案提示機能」

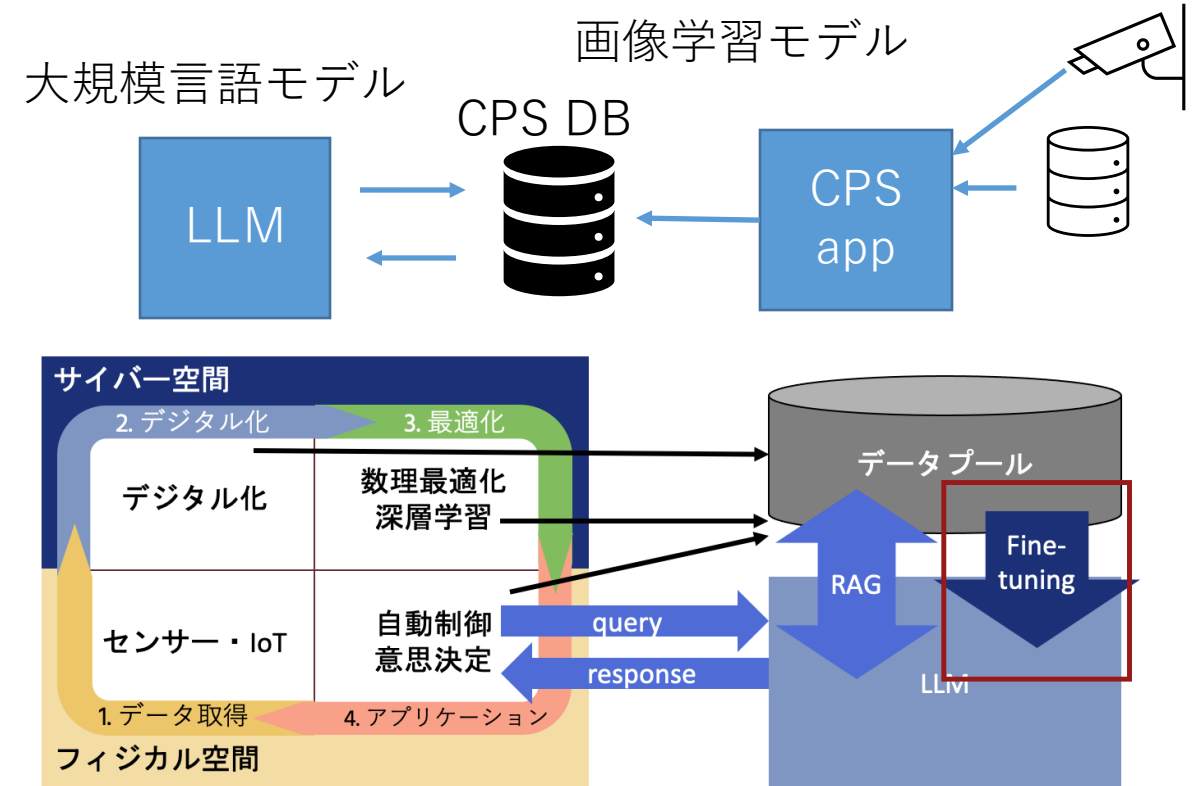


リアルタイムモニタリング画面（実績監視）

アプリケーションドリブン

「工場全体で生成される複数データを学習データとする」

1. 映像,画像,センサー等の数値データ
 2. 日報やQCサークル等の人間による言語データ
- (データを集約した集合知から得られる価値発掘)



【AIと人間の共進化】

データドリブン

二つのアプローチの関係性

アプリケーションドリブン

「ヒト・モノの検知追跡機能を追加し、工場全体で移動最適化及び、生産・移動能力推定による改善案提示機能」
(予測を伴う生産活動、デジタルツインの基盤構築)



【マザー工場のスマート化】

CPS 2.0

- 工数を短く、短期間で実現を目指すことが可能
- 課題・目的の設定とデータの取得が容易
- ボトルネックに注力することが可能
- 全体的な最適性の保証がない
- 対象外の工程・エリアに悪影響を及ぼす可能性

相互作用

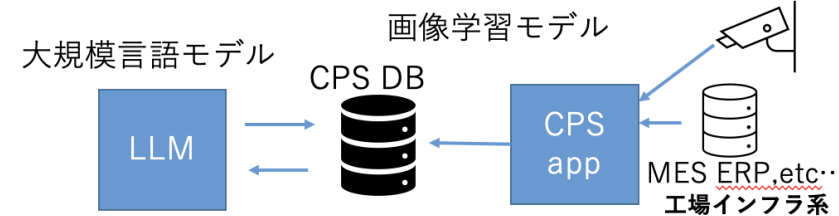
- 最適化した後の状態を提供
- 最適化時の問題（エラーや異常など）を検出
- 工場の状態を最適化の入力に
- 問題の対象外からの影響をシームレスに適用

協調可能

データドリブン

「工場全体で生成される複数データを学習データとする」

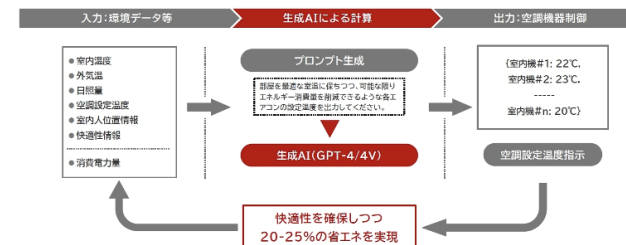
- 映像、画像、センサー等の数値データ
- 日報やQCサークル等の人間による言語データ
(データを集約した集合知から得られる価値発掘)



スクラムプロジェクト事例(生成AIの機器制御への応用)

3. スクラムプロジェクト事例

生成AIによる空調制御実証から快適性と省エネ性の両立技術の有効性を確認



【AIと人間の共進化】

CPS 2.0

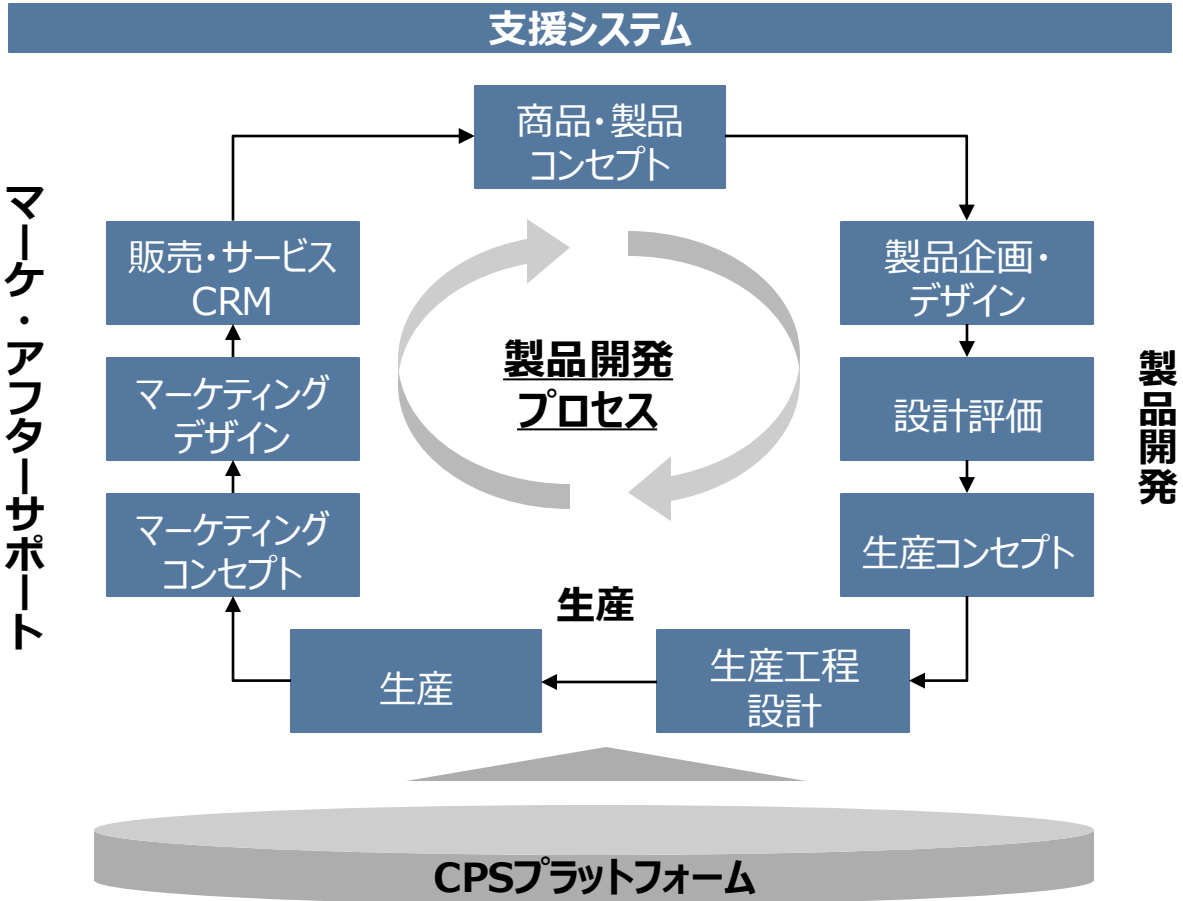
- 全体（工場での生産活動、サプライチェーン等）を考慮した最適化を考えることが可能
- 複雑に絡まる工程に対して、最適化を考えることが可能に
- 取得するデータが膨大
- モデルの研究開発に時間がかかる

デジタルツイン(CPS)の基盤となる重要インフラ

CPSプラットフォームを使った会社全体の変革

- 次世代通信は、クラウド・AIと統合されると、会社全体を変える変革を可能に
- ただし、共通のCPSプラットフォーム（業務改革、支援システム）が必要

業務改革		
全社 経営	目標設定	
	目標方針展開	
	原価企画	
	プロジェクトナレッジマネジメント	
	CPSプラットフォーム戦略検討・導入	
	マネジメント改革支援	
	AI/機械学習の分析・活用支援	
製品 開発	SE活動 (Simultaneous Engineering)	先行開発
		大部屋活動化
		技術ばらし
		機能と役割分担表
	自工程完結/ QIP (Quality into Process)	自工程完結化
		変化点管理導入
		標準化・モデルベース開発
		多能工化支援
		デザインレビュー高度化
	技術ナレッジマネジメント	
生産	購買管理効率化	
	生産企画	
	生産デザイン・評価	
	生産改善活動プロセス導入	
	人の活性化、5S	
	作業改善	
	品質改善	
マーケ・ ロジ・販売 サービス	設備最適化	
	スマートサプライチェーン・ロジスティクス改善	
	顧客データ収集・分析・活用	
	グローバルPMI統合・遠隔監視	
	サービタイゼーション	



グローバル全体で、5 G/6G+クラウド+ AI/機械学習の活用

自動運転のレベル4-5に特化したデータセンター

- データセンター側の処理速度：100 ExaFLOPS（テスラ DoJo, 2024）以上が必要
- エッジ側でも、処理速度 200TOPS 以上が必要

ウーブン・シティ等



自動運転レベル4・5
自動車, eVTOL, ドローン等

花本テクニカルセン
ターで、自動運転
に特化した試験用
データセンターの
構築

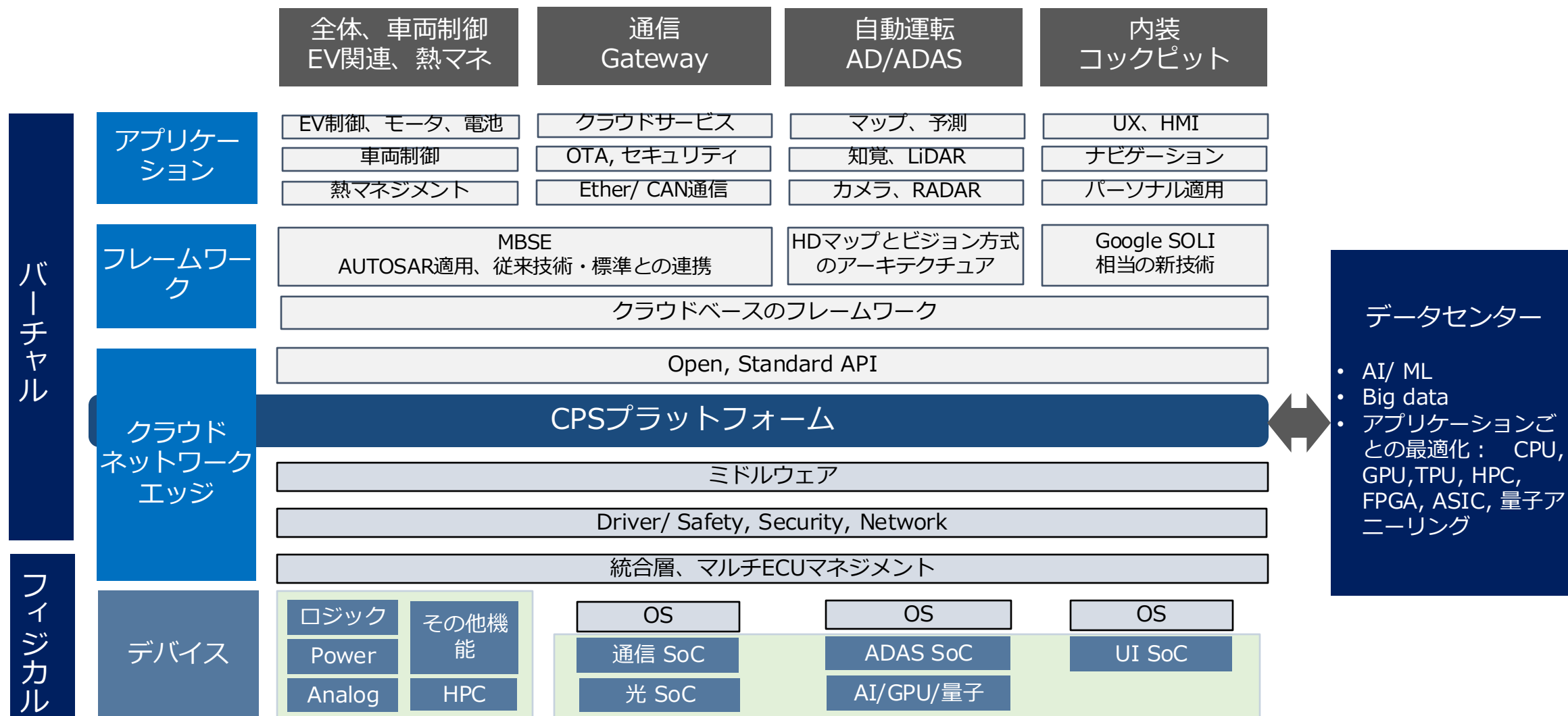


#	基本要件	ベースライン	アドバンス	目指す姿
1	自動運転	レベル-3	レベル-4	レベル-5
2	CPS-プラットフォーム	ファイルベース	データベース。MESを介してのエンジニアリングとサプライチェーン統合	CPS-Platform (Cyber Physical System)
3	MBSE (Model based systems engineering)	機能設計が不十分	デジタルシミュレーションを実際の車両に適用	サイバー空間とフィジカル空間を自動連携。車両全体で実施
4	マーケティング 販売、サービス	販売ディーラにて面談・契約	ウェブ上で完了	メタバース
5	OTA (Over the air for SW update)	部分	車両全体	データセンター連携
6	AI 適用/モビリティ最適化	サイバー空間でのシミュレーション	ハードウェアだけでなく、アルゴリズムとソフトウェアの改革により、計算速度と消費電力を最適化	環境問題までを考慮した最適化

自動運転のレベル4・5に必要な要件

参考資料：グーグル、新データセンターと海底ケーブルでクラウドインフラ拡大へ - ZDNET Japan
世界的に注目されるエッジデータセンターとは？ | JLL記事 (joneslanglasalle.co.jp)

自動運転のレベル4・5を達成するための システムアーキテクチャ：データセンターの役割



スマート工場 + モビリティ最適化システム ↔ 低遅延通信 + 計算データ基盤

外部クラウド連携



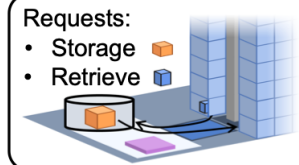
クラウド
計算データ基盤
モビリティ最適化
システム
古典+量子

超高速&
低遅延通信

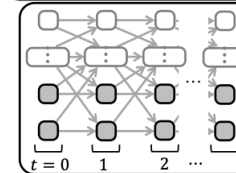
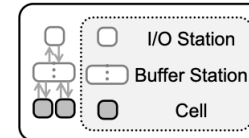
1 周期
10~15分
それ以上の
周期時間では
デジタルツイン
間のずれが増大

モビリティ最適化システム
オンプレ計算データ基盤
古典のみ

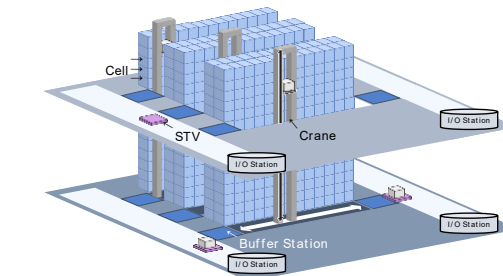
ジョブ、輸送機の
情報を取得



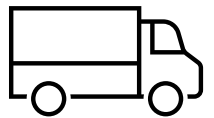
ジョブ、輸送機情報をもとに自動倉庫を
グラフ化



グラフを使って
最適化問題を
定式化し、解く



FA(自動倉庫など)



外部
物流拠点

スマート工場

サイバー・フィジカル(CPS)空間でのアプリケーション創出と産業展開

- 第一弾としての製造業(スマート工場)及びサプライ・チェーン分野
- ものづくり分野を中心に量子, AI, IoT, クラウド, 通信など最新の技術を結集

ものづくり分野(スマート工場)を例とした CPS の差別化戦略

- 出来るところからではなく(データ連携や可視化)、困難かつ先進的な課題から挑戦
 - CPS 2.0 の実現 (方針1, 2 など)
- 既存の操業に悪影響を与えることなく、量子系などの新技術を検証可能な環境を構築することが重要
 - **実プラットフォーム(実際の工場等)を対象に検証可能な環境を構築できれば圧倒的に有利**
 - 例(量子): 古典コンピュータのアルゴリズム(厳密解法, 近似解法等)を量子での最適化計算と同時に実行して、規定時間内 (デジタルツイン 1 周時間) に最も良い解を選択

異分野連携と先端技術の融合によるキラーアプリケーションの構築

- 量子コンピュータはクラウド搭載を前提(地域分散型データ基盤の整備)
- 各地域における CPS アプリケーションを量子による高速計算&低遅延通信で支援
 - **量子&光技術によるデジタルツイン 1 週の超高速性能が日本のキラーアプリケーションとなる**