

「5G等の活用による製造業のダイナミック・ケイパビリティ強化に向けた  
研究開発事業」（5GDC事業）の成果紹介

# 製造現場の全体最適な稼働に 向けた12の研究開発事業

2026年4月

## 5GDC事業の成果紹介 製造現場の全体最適な稼働に向けた12の研究開発事業

### I 5GDC事業の概要

### II 5GDC事業の研究開発内容の紹介

- 1 付帯作業まで含めた工程自動化
- 2 製造拠点の遠隔制御・リソース共有化
- 3 労働環境変化対応のための、情報・知識共有化

# I 5GDC事業の概要

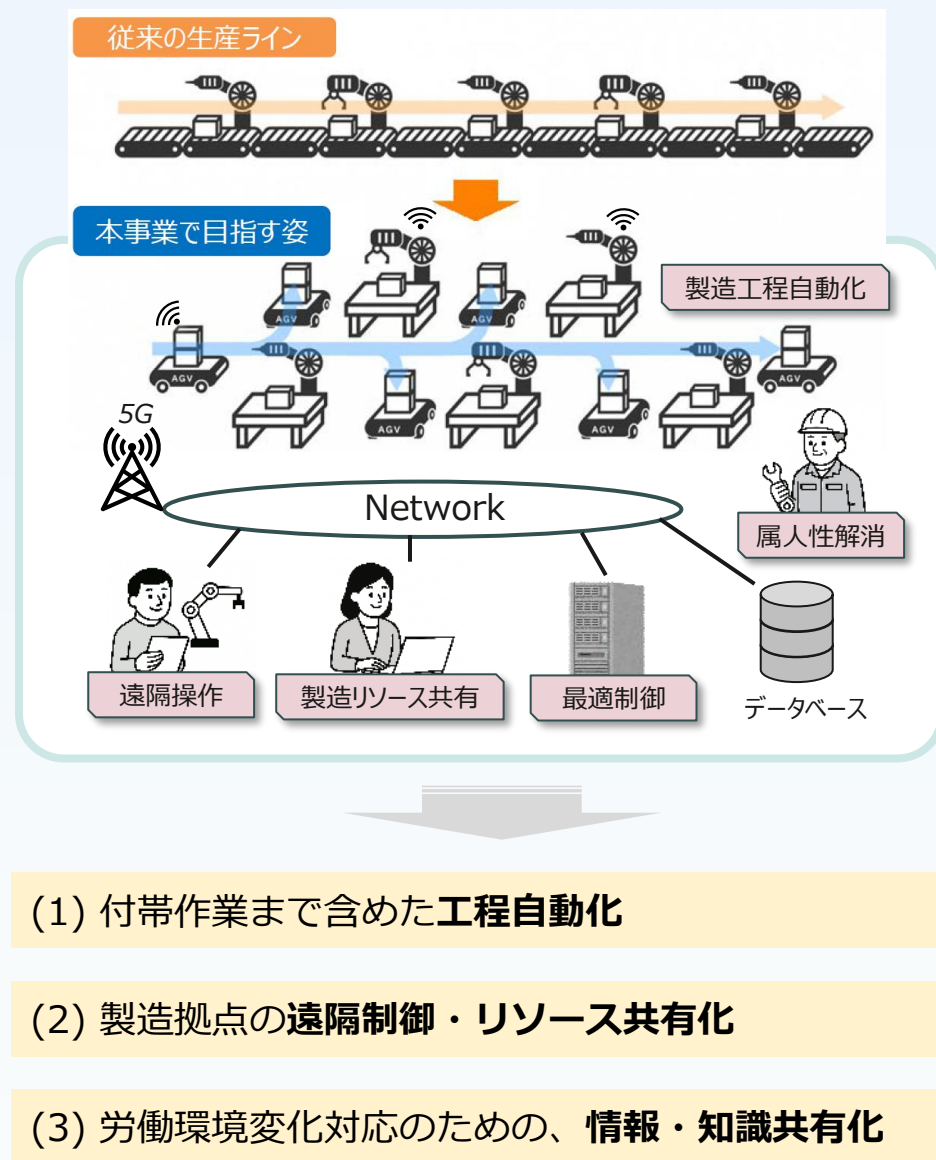
# 5GDC事業概要

NEDO は 2021 年度より「5G 等の活用による製造業のダイナミック・ケイパビリティ強化に向けた研究開発事業」（以下「5GDC 事業」）を開始しました。

本事業では、製造現場において5G 等の無線通信技術を活用し、加工順・製品の組換え、個々の生産設備の動作変更など、柔軟かつ迅速に対応可能な生産ラインの構築を目指しています。加えて、複数拠点間を含む製造現場の自律的かつ全体最適な稼働や、脱炭素に向けた省力化・省エネ化の実現にも取り組んでいます。

**製造現場の自律的かつ全体最適な稼働には、製造工程自動化や最適制御だけでなく、遠隔操作、製造リソース共有、属人性解消などの様々な研究開発が必要です。**

**この動画では、これらの実現のために取り組んだ12の研究開発を、3つの課題区分で整理し、そのポイントをご紹介します。**



# 5GDC事業で推進した研究開発の取組み一覧

課題区分	事業者名
(1) 付帯作業まで含めた <b>工程自動化</b>	DMG森精機株式会社 他
	株式会社OTSL 他
	ヤンマーアグリ株式会社
	株式会社SANMATSU
(2) 製造拠点の <b>遠隔制御・リソース共有化</b>	株式会社共和プリサイスマニファクチャリング 他
	アルム株式会社 他
	ツウテック株式会社 他
	株式会社ロジック・リサーチ
	日本製鉄株式会社
(3) 労働環境変化対応のための、 <b>情報・知識共有化</b>	株式会社リョーフ
	熱産ヒート株式会社
	ラティス・テクノロジー株式会社

- 一部の業界では先行して導入されている類似の仕組みもありますが、今回**研究開発を行った事業者の業界においては、これまでできなかったことの解決にチャレンジした取組み**となっています。
- これらの取組みを基に「もし自社が同じ問題に直面したら、どのように解決するか」「ある目的、制約に対して、**デジタル技術や設備・機器をいかに組み合わせるか**」を**発想**することが有益です。
- なお、これらの事業成果は、研究開発段階での成果が中心であり、実際にビジネスとして展開するには追加の検討が必要なケースも含まれています。

# 研究開発の取組みの基本構成：1スライド目

- 各研究開発の取組みについて、それぞれ2-3枚のスライドで要点をまとめています。
- その基本構成は以下のとおりです。

## NEDO助成事業の公式名称

DMG森精機株式会社 他  
「既存生産設備と協働可能な多能工自走ロボットによるダイナミック生産ラインの実現」

【SMDガイドラインの変革課題との関連】

33人のスキルに依存しない  
ものづくりの仕組み

38 付加価値時間比率を  
高める仕組み

「スマートマニュファクチャリング構築ガイドライン」(SMDガイドライン)の変革課題と関連付け

本資料の研究開発の取組みを、実践に应用するにあたっては、SMDガイドラインの57の変革課題から重点を選定した後、これらの取り組みから、推進イメージや実際に取り組むまでの工夫点を把握し、自社での発想の「刺激」として活用することが効果的です。

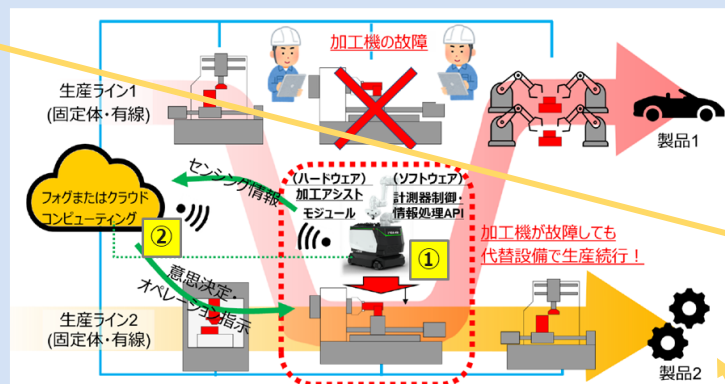
Point

後付けで構成可能な多能工自走ロボットで新旧加工機混在職場の連続稼働・省人化を実現！

### 従来の仕組みと問題

- 加工機は幅広い業種・規模の製造業で用いられるところ、工程集約化・自動化等によってシステムが高度化・複雑化し、投資額が増加している。加えて、加工機の長寿命化もしており、**新旧設備が混在した製造現場が散見される。**
- 自動化の対象範囲はワークの加工や搬送が主であるため、**監視・判断・指示等の付帯作業（以下、加工アシスト）に人員配置が必要。**また、生産品種・量や生産状況・設備状態の変動への柔軟な対応（加工アシストの多発）、夜間操業による稼働率向上（連続無人操業）等のニーズもあるところ、**人的負荷の軽減・省人化がより一層求められている。**

### 新たな仕組みと技術開発テーマの位置づけ



研究開発により「何を実現したいのか」

自社としての問題を定義し、その解決策として研究開発テーマを整理（デジタルツール先行とはしない）。

### 問題解決の方向性

- 投資額を抑えつつ人的負荷の軽減・省人化を進めるため、既存の加工機の改造やリプレイスは不要の、多能工自走ロボット (1) と制御用サーバとの無線接続 (2) を実現する**後付けで構成可能な加工アシストのモジュール開発**および**通信システム**を検討。

- ① 多能工自走ロボットの加工アシストモジュールの開発による作業の自動化
  - ✓ 稼働状況に応じて移動・行動順序決め”**自走ロボの走行経路設計モジュール**”
  - ✓ 振動データの収集・解析・状態判断する”**加工機の振動解析モジュール**”
  - ✓ 切りくずの有無判断・吹飛ばし除去する”**加工機内の切りくず除去モジュール**”
- ② 自走ロボット-フォグ/クラウド連携に要する通信システムの検討
 

迅速なフィードバックが必要な測定等は5G、フィードバックが遅くても良い場合は4GやWifi等、目的に応じて使い分けることで、通信コストを抑制可能

新たな仕組みの全体像と取り組んだ主な研究開発テーマ（自社としてのチャレンジ）

# 研究開発の取組みの基本構成：2スライド目以降

- 各研究開発の取組みについて、それぞれ2-3枚のスライドで要点をまとめています。
- その基本構成は以下のとおりです。

DMG森精機株式会社 他

「既存生産設備と協働可能な多能工自走ロボットによるダイナミック生産ラインの実現」

【SMDガイドラインの変革課題との関連】

33 人のスキルに依存しない  
ものづくりの仕組み

38 付加価値時間比率を  
高める仕組み

## 仕組みの主な構成要素



## キー技術1：自走ロボの走行経路設計モジュール

- 各モジュールと経路設計モジュールとを統合するAPIサーバ設計およびプログラム
- 残電力量とタスク実行時間の制約条件の下で、単位時間当たり経済利益を最大化

## キー技術2：加工機の振動解析モジュール

- 加工機へ後付け可能かつ廉価な自発光マーカー
- マーカー位置を同定・変位計測するアルゴリズム
- 加工機とマーカーを高速カメラで連続撮影・画像処理し、マーカーの変位から加工機の振動を解析する仕組みを構築

## 多能工自走ロボット

※自製のAMR (Autonomous Mobile Robot) に本件で開発している振動解析モジュールおよび切りくず除去モジュールを搭載

## 安定した無線通信：5G等

※目的とアプリケーション次第であり、迅速なフィードバックが必要な測定(動画等)は5G、フィードバックが遅くても良い場合は4GやWiFiでも可

## フогまたはクラウドコンピューティング

※多能工自走ロボットおよび加工機の各センシング情報・指示等のやり取り・連携に活用

## 実践にあたってのポイント

- 旧型設備であっても、画像測定によるセンシングを適用する余地がある(ベテラン技能者が設備条件設定・振動調整をしている現状もデジタル技術で測定し得る)。
- 画像検知には、対象に合わせたカメラ分解能選定・設計、正常・異常判断(振動にはノイズ除去)等のアルゴリズム構築が必要となる。
- 費用対効果が出しやすいのは、新旧混在の設備が多数あり、付帯作業自動化で設備総合効率の向上(夜間操業含む)、配置人員数低減の余地が大きい職場。

## キー技術3：加工機内の切りくず除去モジュール

- 加工機への切りくず付着を画像識別・検出するアルゴリズム
- 付着と判断された切りくずをロボットとエアブローで除去するシステムを構築

仕組みの主な構成要素

キー技術の詳細を整理

研究開発の推進における工夫点や、実践にあたって押さえるべき事項を記載。

## II 5GDC事業の研究開発内容の紹介

- 1 付帯作業まで含めた工程自動化
- 2 製造拠点の遠隔制御・リソース共有化
- 3 労働環境変化対応のための、情報・知識共有化

# 課題区分1：付帯作業まで含めた工程自動化

- 課題区分1の「付帯作業まで含めた工程自動化」に関する取組みとそのポイントは以下のとおりです。

課題区分	事業者名	研究開発のポイント
(1) 付帯作業まで含めた <b>工程自動化</b>	DMG森精機株式会社 他	後付けで構成可能な多能工自走ロボットで 新旧加工機混在職場の <b>連続稼働・省人化</b> を実現！
	株式会社OTSL 他	“遠隔分散リアルタイムOS”で機能分散・低遅延サーバによる複数台の異種設備 <b>リアルタイム制御性を向上</b> ！
	ヤンマーアグリ株式会社	多品種混流・大型品あり・台車規格統一困難な状況下での <b>工程間搬送自動化へのチャレンジ</b> ！
	株式会社SANMATSU	ランダム形状のワーク群と複数製番部品が混在する工程に対応する <b>板金加工工程の完全自動化</b> を実現！

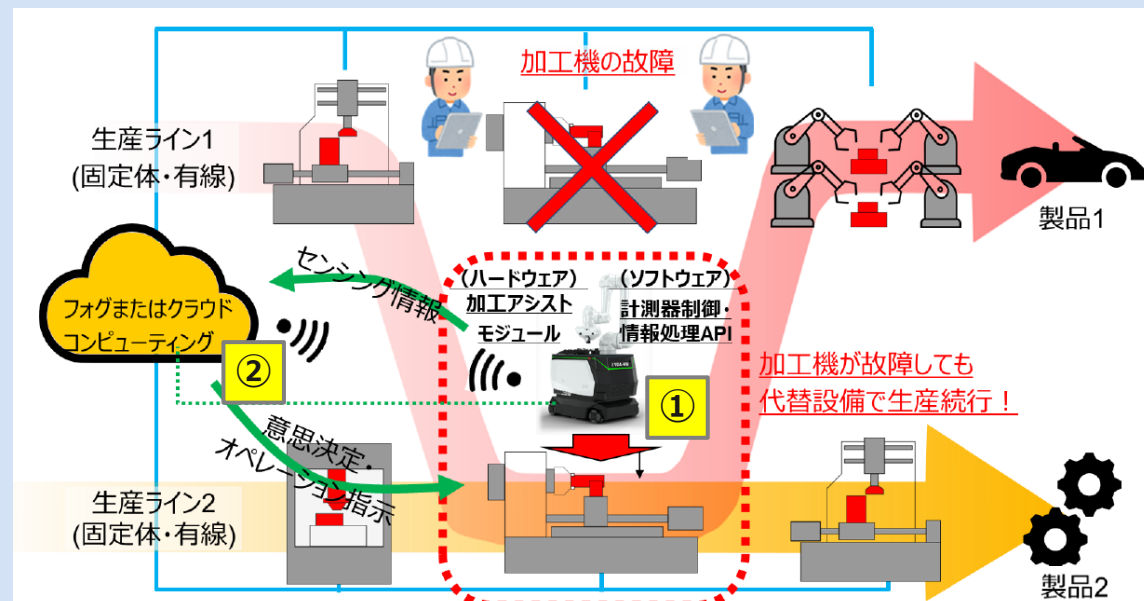
## Point

後付けで構成可能な多能工自走ロボットで新旧加工機混在職場の  
連続稼働・省人化を実現！

## 従来の仕組みと問題

- 加工機は幅広い業種・規模の製造業で用いられるところ、工程集約化・自動化等によってシステムが高度化・複雑化し、**投資額が増加している**。加えて、加工機の長寿命化もしており、**新旧設備が混在した製造現場が散見される**。
- 自動化の対象範囲はワークの加工や搬送が主であるため、**監視・判断・指示等の付帯作業（以下、加工アシスト）に人員配置が必要**。また、生産品種・量や生産状況・設備状態の変動への柔軟な対応（加工アシストの多発）、夜間作業による稼働率向上（連続無人操業）等のニーズもあるところ、**人的負荷の軽減・省人化がより一層求められている**。

## 新たな仕組みと技術開発テーマの位置づけ



## 問題解決の方向性

- 投資額を抑えつつ人的負荷の軽減・省人化を進めるため、既存の加工機の改造やリプレイスは不要の、多能工自走ロボット（①）と制御用サーバとの無線接続（②）を実現する**後付けで構成可能な加工アシストのモジュール開発**および**通信システム**を検討。

## ① 多能工自走ロボットの加工アシストモジュールの開発による作業の自動化

- ✓ 稼働状況に応じて移動・行動順序決め”**自走ロボの走行経路設計モジュール**”
- ✓ 振動データの収集・解析・状態判断する”**加工機の振動解析モジュール**”
- ✓ 切りくず有無判断・吹飛ばし除去する”**加工機内の切りくず除去モジュール**”

## ② 自走ロボット-フォグ/クラウド連携に要する通信システムの検討

迅速なフィードバックが必要な測定等は5G、フィードバックが遅くても良い場合は4GやWifi等、目的に応じて使い分けることで、通信コストを抑制可能

## 仕組みの主な構成要素



### キー技術3：加工機内の切りくず除去モジュール

- 加工機への切りくず付着を画像識別・検出するアルゴリズム
- 付着と判断された切りくずをロボットとエアブローで除去するシステムを構築

### キー技術1：自走ロボの走行経路設計モジュール

- 各モジュールと経路設計モジュールとを統合するAPIサーバ設計およびプログラム
- 残電力量とタスク実行時間の制約条件の下で、単位時間当たり経済利益を最大化

### キー技術2：加工機の振動解析モジュール

- 加工機へ後付け可能かつ廉価な自発光マーカー
- マーカー位置を同定・変位計測するアルゴリズム
- 加工機とマーカーを高速度カメラで連続撮影・画像処理し、マーカーの変位から加工機の振動を解析する仕組みを構築

### 多能工自走ロボット

※自製のAMR (Autonomous Mobile Robot) に本件で開発している振動解析モジュールおよび切りくず除去モジュールを搭載

### 安定した無線通信：5G等

※目的とアプリケーション次第であり、迅速なフィードバックが必要な測定(動画等)は5G、フィードバックが遅くても良い場合は4GやWifiでも可

### フォグまたはクラウドコンピューティング

※多能工自走ロボットおよび加工機の各センシング情報・指示等のやり取り・連携に活用

### 実践にあたってのポイント

- 旧型設備であっても、画像測定によるセンシングを適用する余地がある(ベテラン技能者が設備条件設定・振動調整をしている現状もデジタル技術で測定し得る)。
- 画像検知には、対象に合わせたカメラ分解能選定・設計、正常・異常判断(振動にはノイズ除去)等のアルゴリズム構築が必要となる。
- 費用対効果が出しやすいのは、新旧混在の設備が多数あり、付帯作業自動化で設備総合効率の向上(夜間操業含む)、配置人員数低減の余地が大きい職場。

Point



# “遠隔分散リアルタイムOS”で機能分散・低遅延サーバによる複数台の異種設備リアルタイム制御性を向上！

## 従来の仕組みと問題

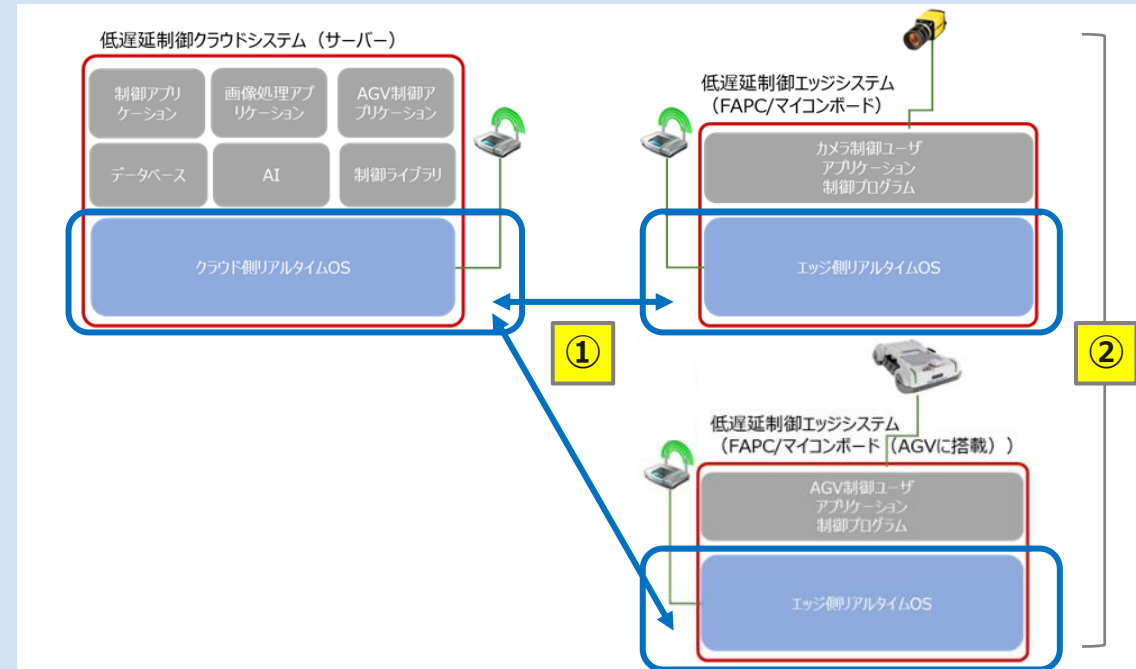
- 従来の設備ではセンシング・動作部と制御・演算部が集約されているケースが多く、設備1つ1つの設定変更や設備間連携の設定変更にかかることで、製造ラインの遅延や停止を起し、生産性等を悪化させるリスクがある。
- 加えて、近年デジタル技術が進化する中、製造工程では完全自動化の追求が一つのテーマとなっているところ（設備単体のセンシング・動作だけでなく、設備間の情報連携・最適処理まで一連の自動化）、大規模な情報量を、実務に耐えうるスピードで処理可能なITインフラ構築が求められる。
- また、システム更新やメンテナンスに際して、設備ごとに多大な人手・時間・コストも発生。



## 問題解決の方向性

- センシング・動作部を設備側、制御・演算部をクラウド側に機能分散するソフトウェアを新開発 (①)  
…AGVと画像検査の組合せで実機動作を検証 (②)
- 異なる拠点・設備で制御・演算機能を共有できるようになり、拠点・設備ごとの制御・演算のバラつきを抑制することで、生産性等の管理・改善に寄与。かつソフトウェアのシステム更新やメンテナンスにかかる人手・時間・コストも削減。

## 新たな仕組みと技術開発テーマの位置づけ



### ① 低遅延制御クラウド・エッジシステムの研究開発

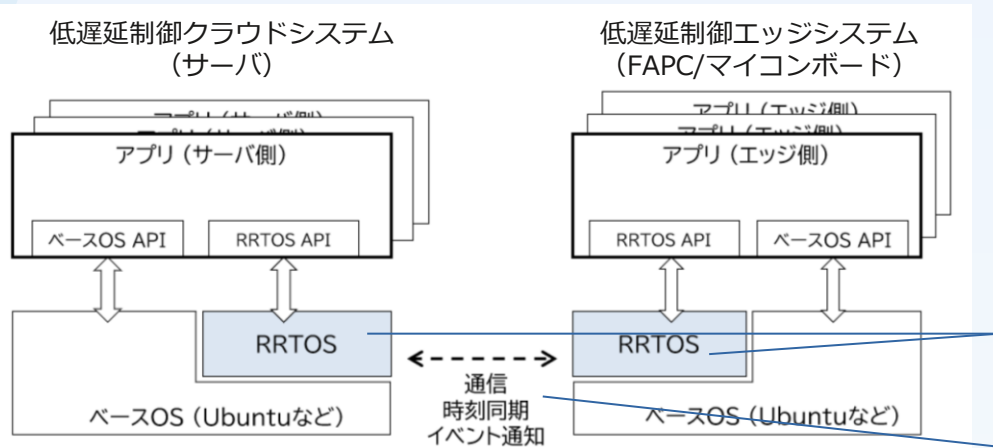
- ✓ 異なる特性のデータを同時処理し、クラウド・エッジ間で遠隔かつ低遅延で制御できる“遠隔分散リアルタイムOS”

### ② 実用を考慮したクラウド・エッジシステムの検証：AGV+画像検査システム

- ✓ データは小容量だが高頻度通信かつ遅延の影響が大きいエッジ（AGV等）および大容量だが低頻度通信かつ遅延の影響が小さいエッジ（画像検査等）を1つのクラウドシステム（サーバ）と組み合わせて実機動作可能

※また、システム更新やメンテナンスが、リモートによる1つのシステム対応だけで完結

## 仕組みの主な構成要素



## キー技術：遠隔分散リアルタイムOS

- クラウドシステム（サーバ）およびエッジシステムのベースOS上のミドルウェアとして新規開発
  - ※本実証では、Linux OSディストリビューションの1つであるUbuntuに実装
- 内部処理プロセス優先度、要求・応答通信の往復時間短縮、スケジューリング調整、等の最適化 および クラウド・エッジ間の通信におけるリアルタイム動作に注目したパフォーマンス検討・評価を進め、リアルタイム動作性を追求

## RRTOS：遠隔分散リアルタイムOS

※Remote Real Time Operating System

## 安定した無線通信：5G等

## エッジシステムの検証例：AGV+画像検査システム

- 協力事業者の工場内で、AGV2台および画像検査システム1セットが遅延無く実機動作可能であることを確認※

### 【AGV】

- あらかじめ設定した工場内のシナリオ走行が遅延・エラー無く走行可能
- 2台が同時に交差点等へ侵入する際、一方が交差点侵入前に停止可能
- 遠隔からの自動走行停止・手動操作への切替、走行中の異常検知・サーバ報告、障害物検知・停止等の安全動作も確認

### 【画像検査システム】

- 製造部品を①エッジ側で画像撮影・サーバへ送信→②サーバ側で画像処理・AI判定・エッジ側に結果を送信→③エッジ側にAI判定結果を表示（OK/NGの判定および異常個所の可視化）する一連のデータ送受信・サーバ側での処理について、AGV2台の動作と相互に影響し合うことなく実行可能

※シミュレーションでは以下の模擬通信パターンにおいて、AGV10台および画像検査システム10セットまで遅延やエラー等なく実用可能であることを確認

通信パターン	通信内容	サイズ	送信頻度	プロトコル	送信方法
1	画像検査 検査画像(JPEG 1枚)	2MB	1Hz	TCP	32KB x 64 回の分割
2	AGV 制御 AGV 状態 (LiDAR 情報など)	20KB	10Hz	UDP	一括送信

## 実践にあたってのポイント

本事業者との協業も可

- クラウド側は、RRTOSシステム全体の信頼性向上に寄与する検証・設計が重要である。  
例えば、長時間安定動作の検証、システム負荷分散の設計等
- エッジ側は、遅延・エラーに対するハード・フィジカル面の影響を最小化することが重要である。  
例えば、AGVを制御する場合、位置精度向上技術の開発等。
- 費用対効果を出しやすいのは、データ容量・通信の特性が異なる複数のエッジを、遠隔で遅延なく制御が必要な事業者。  
例えば、大容量の情報のやりとり（画像・動画等）、小容量だが遅延してはいけないツール（AGV等）を同時に複数台数活用している機械メーカー等。

Point



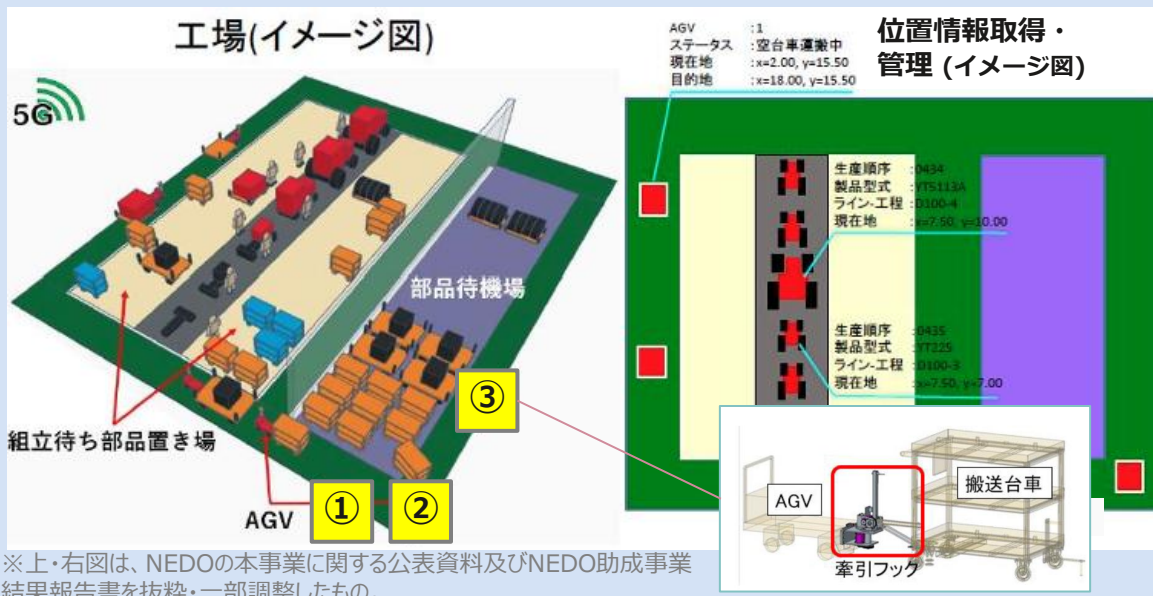
# 多品種混流・大型品あり・台車規格統一困難な状況下での 工程間搬送自動化へのチャレンジ！

## 従来の仕組みと問題

- 当該事業者の工場では、組立ラインに部品が適時供給される**JIT生産方式**を採用し、**複数種類・サイズ**の農業機械を限られた本数の組立ラインで混流生産している（工場によっては、生産品目数は100種類以上に及び、生産数量には季節変動がある）。
- 構内では、作業者が運転する搬送機による牽引搬送が多頻度で行われており、**工程間搬送を次なる自動化対象としたが、自動化には以下の難しさ**があった。
  - 絶えまなく発生する生産ラインへの部品供給に対して、**搬送を担当する作業者が、生産順序計画に基づき必要な配送タイミングを判断**して部品供給をしていた。
  - サイズの異なる様々な部品が工程間を流れ、**部品の置き位置が現場で頻繁に変わり、搬送経路も多岐**に渡っていた。
  - 農業機械業界のサプライヤーは部品仕様の統一化が進んでおらず、供給部品の台車やフック穴の形状が様々な中で、**搬送機を運転しながら牽引フックで連結することが熟練を要する作業**となっていた。

## 新たな仕組みと技術開発テーマの位置づけ

大型・中型・小型に及ぶトラクター、田植え機、コンバイン等の工程間搬送における自動化を構想



## 問題解決の方向性

- **部品供給タイミングを計算してAGVに搬送指示**を出す配送計画システム(①)、**部品置き位置の変動に対応**可能なAGV・部品・台車の位置情報取得・管理システムの整備(②)。
- **異なる台車やフック穴の形状に対応可能な画像認識**による牽引フック連結の自動化機構の開発(③)。

### ① AGVへの搬送指示を出す配送計画システムの整備

- ✓ 日次の生産順序計画をインプットに、部品供給タイミングから配送計画を計算・立案

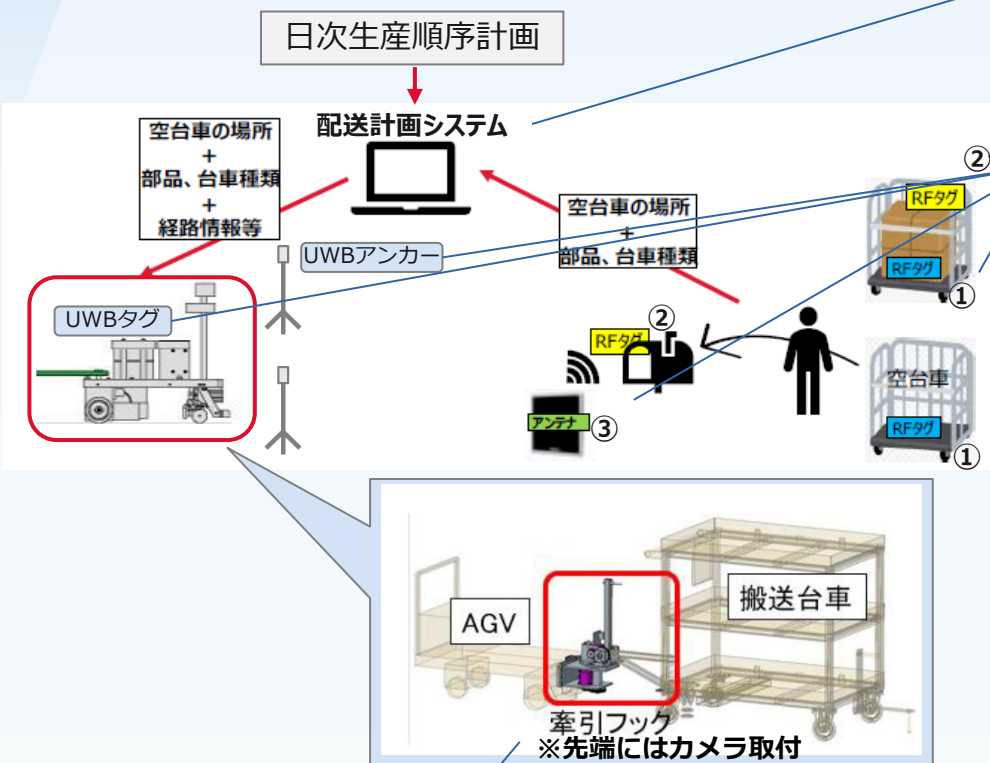
### ② AGV・部品・台車の位置情報取得・管理システムの整備

- ✓ UWBタグ・UWBアンカー、RFタグを用いたAGVや台車の位置情報取得と管理

### ③ 画像認識による牽引フック連結の自動化機構の開発

- ✓ AGVの牽引フック先端に設置したカメラの画像からAIで台車のフック穴の位置を検出し、AGVの向きと位置を調整することで、AGVと搬送台車を自動連結

## 仕組みの主な構成要素



※上図は、NEDO助成事業結果報告書を抜粋・一部調整したものです。

## AGVの牽引フック

### キー技術3：画像認識による牽引フック連結の自動化機構の開発

- AGVに取り付けられた牽引フックの先端に取り付けられたカメラ
- 搬送台車のフック穴の位置を検知するAI画像認識システム
- AGVの牽引フック先端に取り付けられたカメラの画像から、AIにより搬送台車の牽引フック穴の位置を検出し、それによりAGVの向きと位置を自動調整してフック先端とフック穴の位置を合わせ、AGVに搬送台車を連結する。

## 配送計画システム

### キー技術1：AGVへの搬送指示を出す配送計画システムの整備

- 日次の生産順序計画をインプットに、部品供給タイミングに対して、必要な配送計画を計算・立案する。

### UWBタグ・UWBアンカーとRFタグ

### キー技術2：AGV・部品・台車の位置情報取得・管理システムの整備

- AGVに設置されたUWBタグと、工場内の通路上などに設置されたUWBアンカー
- 台車に付与されたRFタグ①、生産指示書（部品）に付与されたRFタグ②、およびこれらを検知するためのアンテナ③
- AGVにはUWBタグを装着して、リアルタイムで位置測位を行う
- 台車と生産指示書のRFタグを紐づけ、「どの台車に・何があるか」を管理。搬送先で生産指示書がアンテナ付きポストに投函されることで、リアルタイムに「どこで・何が使われたか」の情報を把握する

## 実践にあたってのポイント

- 台車連結方式や部品置き場位置等の変動には、作業方法の標準化による調整レス方式を追求するが（フック連結不要の低床潜り込み型AGV等）、実現困難なケースでは、制約を前提とした解決策の検討余地がある（比較的シンプルな搬送経路から段階的に自動化していく）。
- AGV導入には以下の制約・障害への対応に部門間連携が求められることがあり、工場全体での環境づくりもポイント。
  - 類似周波数帯の電波や金属部品・壁による電波遮断
  - 溶接火花等のストレス環境や、イレギュラーなものの配置（新たな作業方法の未浸透）への対応
  - 新たな仕組みの試行実践タイミング調整（実験が操業のない週末に限られる等）
- 費用対効果を出しやすいのは、多品種少量かつ台車等の制約が強い職場で人手による搬送負荷が高い職場

## Point



## ランダム形状のワーク群と複数製番部品が混在する工程に対応する板金加工工程の完全自動化を実現！

## 従来の仕組みと問題

- 当該事業者は、機械・設備の筐体を製造する板金加工工業で、多品種少量の特性を有している。従来、加工作業自体は自動化が進んでいるが、人手不足を背景に**工程間搬送等、さらなる人的負荷の軽減・省人化**が求められている。
- 関連の加工機メーカーが、**ワーク搬入・搬出まで自動化**する設備をすでに市販しているが、一部**多品種少量の特性に対応可能なものが少なく、カスタマイズにも高額な費用が必要**である。
- また、製品番号単位で進捗管理する生産管理システムはあるものの、加工機に直接指示を出すシステムがなく、**加工機への指示・加工データの送信や工程の進捗管理等の付帯作業は、人手での対応が必要**。

## 問題解決の方向性

- **投資額を抑えて自動化を進める**ため、関連の加工機メーカーが市販済の自動加工機やAGVを採用しつつ、**ワーク搬出は多品種少量ゆえのランダム形状に対応**すべく、画像解析によるワーク形状認識 **(1)** とワーク吸着する真空パッド群制御機構 **(2)** を開発。
- また、**生産指示・実績収集の自動化も目指し**、既存の生産管理システムに対して、加工機に部品単位で指示・進捗管理する現場支援システムを導入。**これらをデータ連携し、部品単位の実績を製品番号単位の管理へつなぐWebAPIを整備 (3)**。

## 新たな仕組みと技術開発テーマの位置づけ



※NEDO助成事業結果報告書の画像より抜粋

## ① 画像解析によるワーク形状認識プログラムの開発

- ✓ ランダムに搬出される多品種のワークに対し、ルールベースと機械学習を組み合わせた抽出手法により、100%のワーク形状認識率を達成

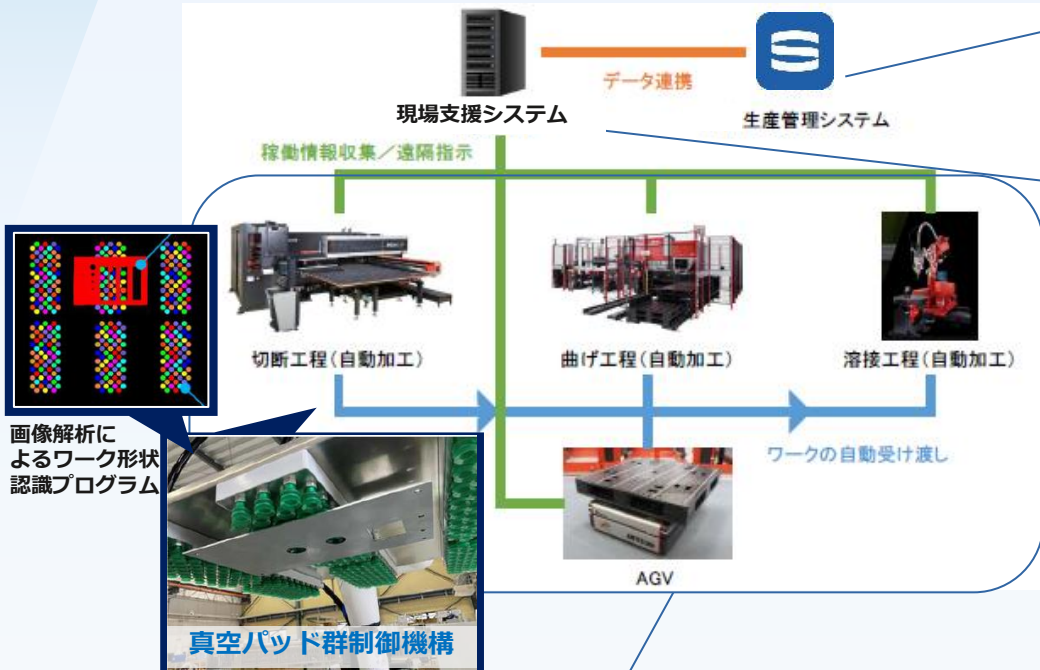
## ② 真空パッド群制御機構の開発

- ✓ ロボットアームのカメラ画像からワークの形状を解析し、最も多くのパッドが当たる位置と角度を演算、割当てするとともに、吸着パッド群のON/OFFを個別に制御するプログラムを開発し、全形状のワークで吸着を実現

## ③ 現場支援システムの導入と既存生産管理システムとのWebAPI整備

- ✓ 同一工番部品が全て加工完了したことをトリガーとして、管理単位が異なるシステム間での生産指示/実績共有を可能とするカスタマイズを実現

## 仕組みの主な構成要素



※NEDO助成事業結果報告書の画像より抜粋

## AGV（無人搬送車）/ 特注加工機

3台のAGVが自律的に連携し、工場内の導線を通して、各工程間の製品搬送を自動化。特注仕様のパンチレーザ複合加工機およびロボット曲げ加工機が、無人連続運転を実現。

## キー技術1

## 画像解析によるワーク形状認識プログラム

- 様々な形状のワークに対し、プロブ抽出手法（学習済みモデルが色などの属性を保持しているかを分析する手法）等の従来手法では認識精度が低かったため、ルールベースと機械学習を組み合わせた抽出手法を採用
- 最小板厚から最大板厚、発生し得る全材質のワークにおいて、目標を上回る100%のワーク形状認識率を達成

## キー技術2

## 真空パッド群制御機構

- 複雑な形状や開口部が大きいワークの吸着失敗を防ぐため、カメラ画像からワークの形状を解析し、最も多くのパッドが当たる位置と角度を演算、割当てる演算制御プログラムを適用
- 吸着しようとするワークの形状に対し、ワークに当たらないパッド群がONにならないように制御し、実機検証において全てのワークで正常に吸着を実現

## 生産管理システム

製品ごとの計画、進捗、原価管理を一元的に行う内製システム。過去30年間の実績データを蓄積し、生産指示の大元となる司令塔。

## 現場支援システム

生産管理システムと切断/曲げ/溶接加工機との情報連携させるためのWebAPI。加工機とAGVの稼働情報の収集と、生産・搬送指示を行う。

## キー技術3

## 現場支援システムの導入と既存生産管理システムとのWebAPI整備

- 製品毎に発行する「工番」を加工部品の管理情報に付加することで、現場支援システムが管理する「部品単位」の生産実績と、生産管理システムが管理する「製品単位」の生産実績を連携し、管理単位の差異を解消
- 同一工番部品（同一製品の部品）が全て生産完了したことをトリガーとして、2つのシステムの生産指示と生産実績の同期を取れるようにカスタマイズを実現

## 実践にあたってのポイント

## 本事業者との協業も可

- 事例企業は30年間の実績データという莫大なデータを活用していた。既存のデータをうまく活用することがポイント。
- 加工機及び、現場支援システムを活用しつつ、自社の核となる生産管理システムとの連携部分を独自開発するという、自社で開発するか/外部から購入するか、を適切に切り分けたことが成功のポイント。
- 自動化を進める中で、CAMソフトにパレタイジングパターンの自動生成を任せるなど、処理速度と生産性最優先でシステム機能を再配置することで、効率化を図っていることがポイント。
- 費用対効果を出しやすいのは、多品種少量のためライン化が難しく、また加工設備が大型で1フロア・1建屋にレイアウトが納まり切らない中で工程間搬送の負荷が高い職場。

## II 5GDC事業の研究開発内容の紹介

- 1 付帯作業まで含めた工程自動化
- 2 製造拠点の遠隔制御・リソース共有化
- 3 労働環境変化対応のための、情報・知識共有化

## 課題区分2：製造拠点の遠隔制御・リソース共有化

- 課題区分2の「製造拠点の遠隔制御・リソース共有化」に関する取組みとそのポイントは以下のとおりです。

課題区分	事業者名	研究開発のポイント
(2) 製造拠点の遠隔 制御・リソース 共有化	株式会社共和プリサイスマ ニファクチャリング 他	安価なFDM方式に対応可能な金属素材の開発と設備の共有化による <b>AM造形の低コスト化</b> を実現！
	アルム株式会社 他	調達業務と切削加工業務の <b>自律化・自動化</b> による サプライチェーン強靱化！
	ツウテック株式会社 他	地域のローカル5Gネットワークを活用した 金属部品加工業者間の <b>設備共有化・協業推進</b> ！
	株式会社ロジック・リサーチ	ローカル5Gと大容量データ活用による <b>遠隔操作・品質 フィードバック体制</b> の構築！
	日本製鉄株式会社	GPUとクラウド集約型制御装置による 複数拠点・大規模設備群の <b>制御集約化</b> ！

Point

# 安価なFDM方式に対応可能な金属素材の開発と設備の共有化によるAM造形の低コスト化を実現！

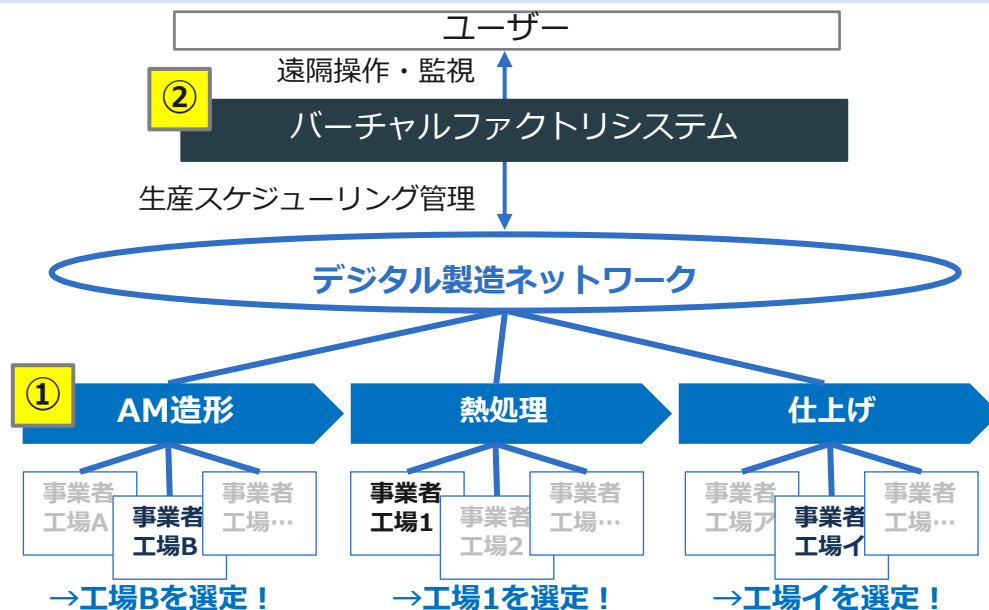
## 従来の仕組みと問題

- 複雑形状の部品の製造技術として樹脂素材を用いたAM造形が知られているが、近年では強度・耐熱性を活かせる金属素材を用いたAM造形が注目されている。
- 金属素材を用いたAM造形において、樹脂素材を用いたAM造形で使われるFDM（熱溶解積層）方式は金属の融点の高さから使用できないため、**PBF（粉末床溶融結合）方式**を使用する。しかし、樹脂素材を用いたAM造形と比較して**設備・材料ともに高価**である。また、樹脂素材を用いたAM造形の後処理は比較的簡易であることに対し、金属素材を用いたAM造形は熱処理や仕上げ等の加工が必要なため大型で高価な設備が不可欠となる。
- そのため、**個別事業者がすべての設備を揃えるのは難しく、各設備の稼働率を上げなければ製品のコストダウンができないという問題**があった。

## 問題解決の方向性

- **安価な設備で運用可能なFDM方式に着目**。FDM方式でも強度などの品質を確保できる**金属素材の開発** (①) ※小型のジェットエンジンの製造で実証
- 各事業者が保有する金属素材を用いたAM造形に関連する**設備をネットワークでつなぎ、バーチャルファクトリーを構築**し、各事業者の設備の有効活用と製品の**コストダウンを実現** (②)

## 新たな仕組みと技術開発テーマの位置づけ



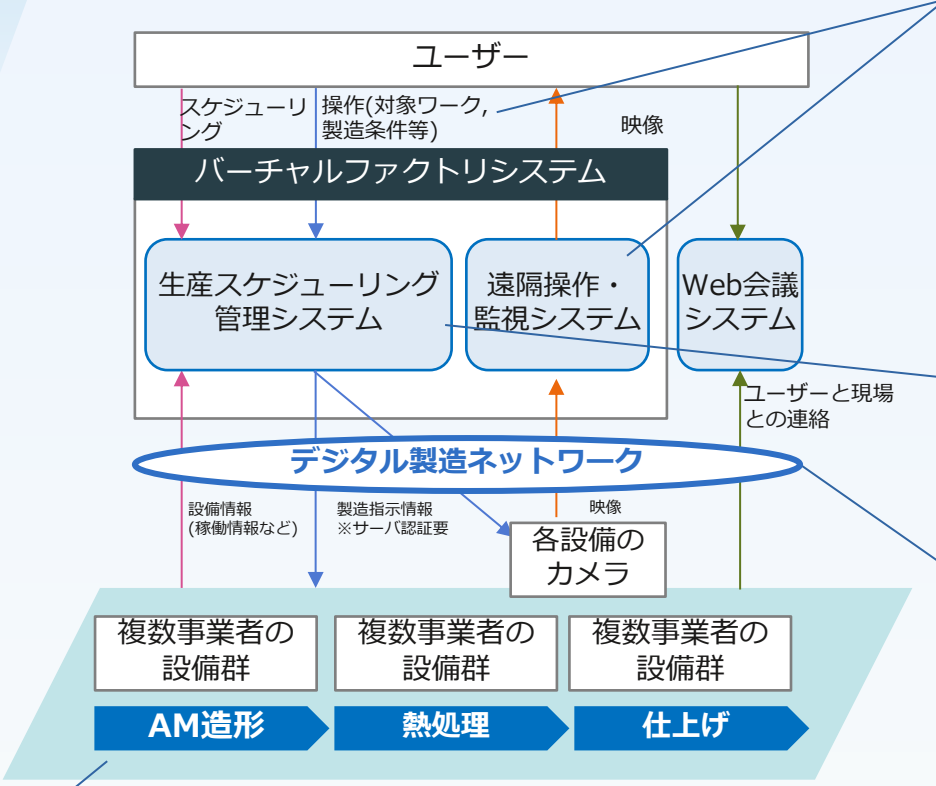
### ① FDM方式のAM造形機で使用可能な金属材料の開発

- ✓ 市販のFDM方式のAM造形機で、PBF方式のAM造形機と同等の強度と耐熱性を備えた製品の製造を可能にする“**FDM方式に対応可能な金属素材**”の開発

### ② バーチャルファクトリシステムの開発

- ✓ 公共ネットワークを介してアクセスおよび利用範囲の拡張が可能な“**遠隔操作・監視システム**”
- ✓ 粉末在庫や設備稼働状況をインプットとし、生産計画とコスト試算を自動で行い、最適な事業者・工場を選定する“**生産スケジューリング管理システム**”

仕組みの主な構成要素



キー技術2：遠隔操作・監視システム

- ネットワークに接続された各設備（AM造形機、熱処理設備、仕上げ加工機など）を、ユーザー認証を介したサーバーアクセスを通じて遠隔操作・監視を実現
- 遠隔操作の際には別途遠隔操作するPCのアクセスコードを設定する方式となっており、アクセス情報を共有した者以外が利用できないセキュアな構成
- アクセス先の各設備にWebカメラを設置し、クラウド上の遠隔監視サービスを利用することで、設備の映像取得とユーザーへの映像共有の通信経路を分割。これにより通信強度の差異による画面動作の遅延を軽減
- ユーザーは、各種設備が設置された拠点に居なくても、例えば在宅環境などの遠隔地から操作・監視をセキュアな環境で利用することが可能

キー技術3：生産スケジュール管理システム

- 高コストな専用システムに代わり、パブリッククラウドと生成AIを生産計画に活用
- 粉末在庫や設備稼働状況をインプットとし、生産計画とコスト試算を自動で行い、最適な事業者・工場を選定

デジタル製造ネットワーク（クラウド環境/公共ネットワーク）

※公共ネットワークを活用し専用回線より低コストで、複数拠点の設備を接続し、遠隔操作・監視およびデータ共有が可能な環境を構築

デジタル製造ネットワークにつながった設備群

※ネットワーク参加事業者が保有する設備群により、金属素材を用いたAM造形の製造リソースを確保し、需要に応じて活用

キー技術1：FDM方式に対応可能な金属素材

- AM造形機の中でも装置価格が安価なFDM方式のAM造形機に着目し、AM造形の低コスト化を目的に金属粉末を含有するFDM方式に対応可能な金属素材（ペレットおよびフィラメント）を開発し、AM造形に適用
- 高価なPBF方式のAM造形機と比較して遜色ない強度・耐熱性の金属製品（例：ミニジェットエンジン部品）を製造可能

実践にあたってのポイント

本事業者との協業も可

- 需要変動に即応する「分散型製造（MaaS）」の確立：特定の人や設備の制約から急な需要変動や小ロット品への柔軟な対応に限界があった。1企業の枠に留まらず複数企業の設備をネットワーク化し、リソースを補い合う考え方が重要
- 設備投資の「ムダ」と現場の「無理」を解消：外部リソースを共有・活用することにより過剰な設備投資を抑制することも可能。固定費面の改善効果も踏まえてトータルで投資対効果を評価することが重要
- 生成AI × クラウドによる「持たざるシステム化」：高コストで硬直的な専用生産管理システムではなく、生成AIとクラウド環境を組み合わせた簡易な方法を検討することも重要
- 費用対効果を出しやすいのは、複雑な形状や特殊な要件を持つ部品を少量多品種で対応する職場（サービスパーツ等）

Point

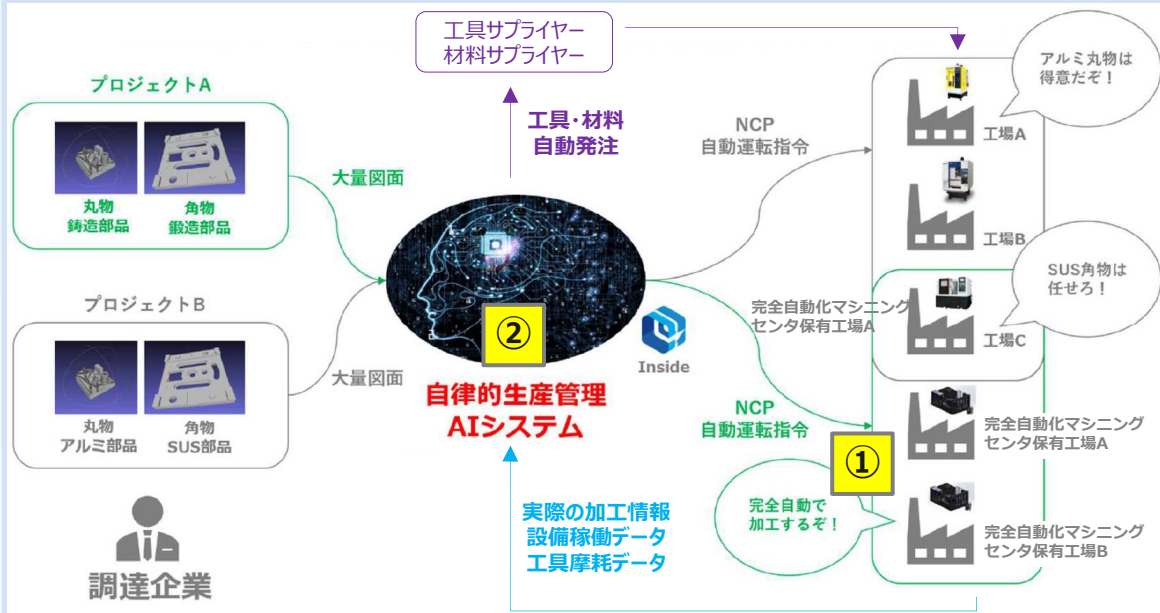


# 調達業務と切削加工業務の自律化・自動化による サプライチェーン強靱化！

## 従来の仕組みと問題

- 従来は調達先の開拓から選定に至るロジックおよび発注業務が属人的になりがちであり、これらのノウハウを継承することおよび業務負荷を軽減することが求められている。さらに近年では、地政学リスク、自然災害、感染症流行などに起因するサプライチェーンの寸断リスクが大きくなっており、**調達部品の安定確保が各社で重要な経営課題**となっている。
- 他方で、調達先（切削加工企業）ではワーク加工や搬送の自動化が進んでいるものの、生産品種や量の変動に応じた細かな判断・調整を要する**段取り作業において依然として人員配置が必要**となっている。労働人口が減少するなか、**人的負荷の軽減・省人化のさらなる実現**が求められる。

## 新たな仕組みと技術開発テーマの位置づけ



## 問題解決の方向性

- 完全自動化マシニングセンタ (①) と自律的生産管理AIシステム (②) を開発。**部品製造と調達に係る業務を自律化・自動化および最適化**することにより、調達先から調達企業に至るサプライチェーンの強靱化を実現する。

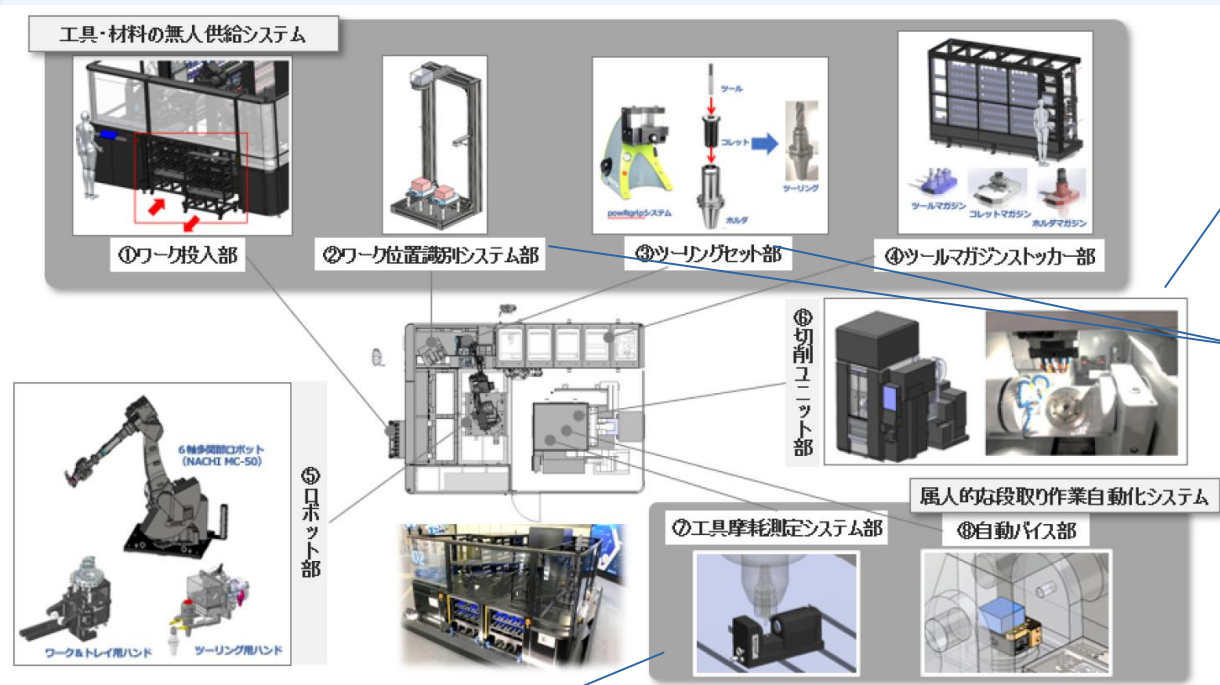
### ① 完全自動化マシニングセンタの研究開発

- ✓ 図面を解析して最適な加工方法・条件を指示“**加工プログラム自動生成AI**”
- ✓ 不定形ワークへ柔軟・正確に対応“**工具・材料の24時間無人供給システム**”
- ✓ 工数削減と人依存解消に寄与“**属人的な段取り作業の完全自動化システム**”

### ② 自律的生産管理AIシステムの研究開発

- ✓ 調達企業がアップロードした図面の特性を抽出し、機械特性と照合して最適マシンを選択する“**図面／機械特性マッチングアプリ**”
- ✓ 完全自動化マシニングセンタで測定する工具摩耗データと加工対象物の図面解析を基に、調達工具・材料を自動発注する“**工具・材料自動発注システム**”

## 仕組みの主な構成要素（完全自動化マシニングセンタ）



### キー技術1

#### 加工プログラム自動生成AI

- 図面データから加工部品の形状を解析し、どこにどのような加工を割付するか自動で判断
- 加工の割付データと登録工具の情報をもとに、各加工に最適な工具を自動設定のうえ、材質の登録情報などから、最適な加工条件・加工パスを独自のアルゴリズムで計算
- 最適な加工プログラムの生成・加工実行の自動化に貢献

### キー技術2

#### 工具・材料の24時間無人供給システム

- ロボット部に組み込むワーク位置識別ソフトを独自開発
  - 素材ワークのサイズ・位相のチェック、位相補正
  - XYサイズチェック、板厚チェック、ポカヨケ
- 不定形ワークへ柔軟かつ正確に対応できる制御を実現
- ハード面では、ツールリセット部を開発  
国内大手工具メーカーとの連携により、工具のシャンク径のばらつきを可能な限り共通化
- 各シャンク径に合った内径のコレットを多数揃える必要があったところ、本件において28種から5種へ大幅に削減  
ツールリセット部のメカ動作の完全自動化がしやすくなり、かつツールマガジnstock部の省スペース化にも寄与

### キー技術3

#### 属人的な段取り作業の完全自動化システム

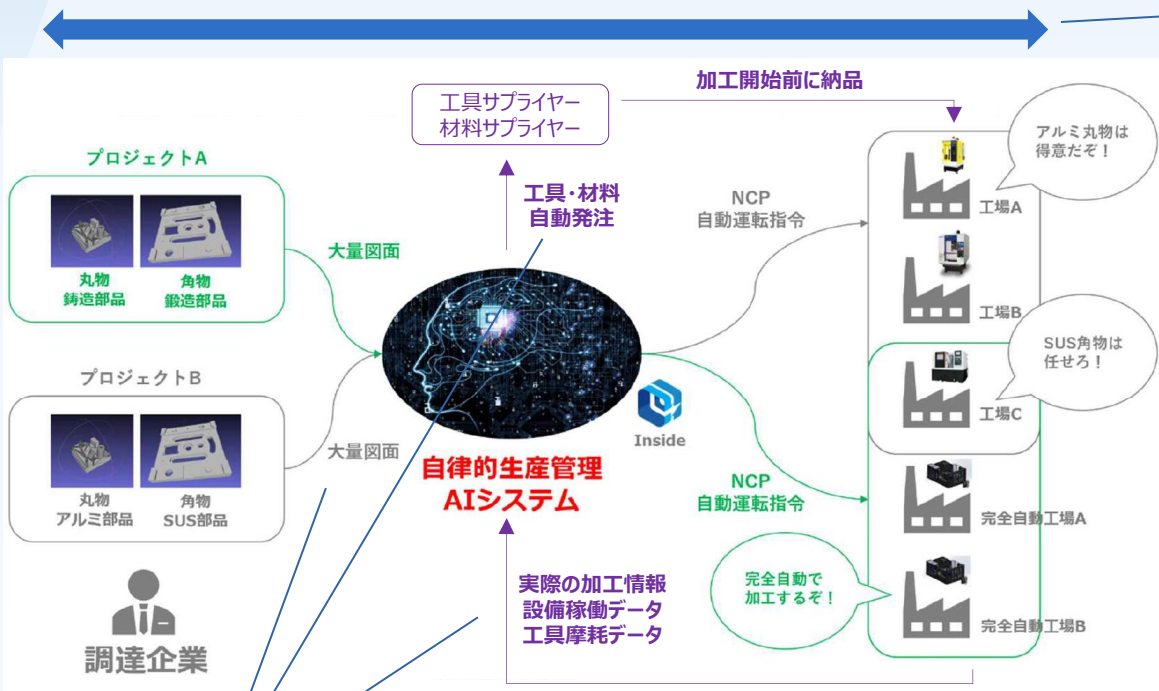
- 工具の摩耗測定や材料のバイス固定等、加工前に必要な属人的段取り作業を自動化する切削ユニット、TKカメラデバイス、自動バイスおよび制御システムを開発
- また、QRコード刻印型の工具を工具メーカーと協業で試作開発し、工具1本1本の在庫情報や摩耗状態の測定データをデジタル管理化
- 業務の工数削減だけでなく、工具補充や工具交換の最適なタイミングを自動判断できるようになり、データの測定・蓄積・判断といった「工具の知識がある加工者」等への人依存も解消

### 実践にあたってのポイント

本事業者との協業も可

- 日常的に使い続けるうえでの人的負荷を抑えるために、メンテナンス性を高めるよう工夫。（メンテナンス箇所を近接・一元化して設計など）
- 費用対効果を出しやすいのは、人手不足による設備稼働ロス・機会損失が慢性化している事業者。  
※調達すべき部品の種類および調達先が多岐に渡る事業者（特に変種変量かつニッチな部品の調達ニーズがある事業者）においても、対象部品の安定調達を目的として自ら導入・製造に活用可能。

## 仕組みの主な構成要素（自律的生産管理AIシステム）



### キー技術1

#### 図面／機械特性マッチングアプリ

- 従来、加工オペレーターが経験をもとに図面情報を読み取り、使用機械の選定や工程設計を行っていた思考プロセスを洗い出して形式知化・プログラミングし、アプリを開発
- 調達企業がアップロードした図面の特性を抽出し、機械特性と照合して最適マシンを選択可能

図面特性データ	照合	機械特性データ
図①形状/寸法	>加工できるマシンはあるか?>	機①マシンスペック(各軸ストローク)
図②材質	>材質に対応できる工具はあるか?>	機②加工可能材質
図③加工フィーチャー	>加工可能な工具はあるか?>	機③保有工具
図④必要工具	>必要な工具は揃っているか?>	機③保有工具
図⑤最大回転数	>マシンの性能は足りているか?>	機①マシンスペック(最大回転数)
図⑥各軸送り速度	>マシンの性能は足りているか?>	機①マシンスペック(G00送り速度)
図⑦発注時間	>マシンは空いているか?>	機④稼働状況
図⑧発注場所	>発注者の近くで加工できるか?>	機⑤マシン設置場所

※調達企業が指定する納品場所に近い加工企業を優先選択する「地産地消型マッチング機能」も開発・搭載

### キー技術2

#### 工具・材料自動発注システム

- 工具については、工具の摩耗に影響する加工情報（加工形状、材質など）、設備情報（主軸回転数、送り速度、加工時間など）、工具情報（使用工具の種類、加工前後の工具長・径など）からAIが工具寿命を予測し自動発注するアルゴリズムを開発
- 材料については、AIが解析した図面特性（使用する材質、外寸など）に適した材料を自動発注するアルゴリズムを開発
- 完全自動化マシニングセンタで測定する工具摩耗データおよび加工対象物の図面解析を基に、加工開始前に調達しておくべき工具・材料の選定・自動発注を実現

### 実践にあたってのポイント

#### 本事業者との協業も可

- クラウドおよび通信ネットワークを通じたデジタル連携を想定しているため、企業ごとのゲートウェイおよび各企業内のローカルアクセス管理におけるセキュリティ措置を実装。
- 費用対効果を出しやすいのは、調達すべき部品の種類および調達先が多岐に渡る事業者（特に多品種変量の調達ニーズがある事業者）  
製造事業者：半導体製造装置メーカー等  
（顧客ごとに一品一様での試作・提供が必要なメーカー）  
非製造業：部品商社等

Point

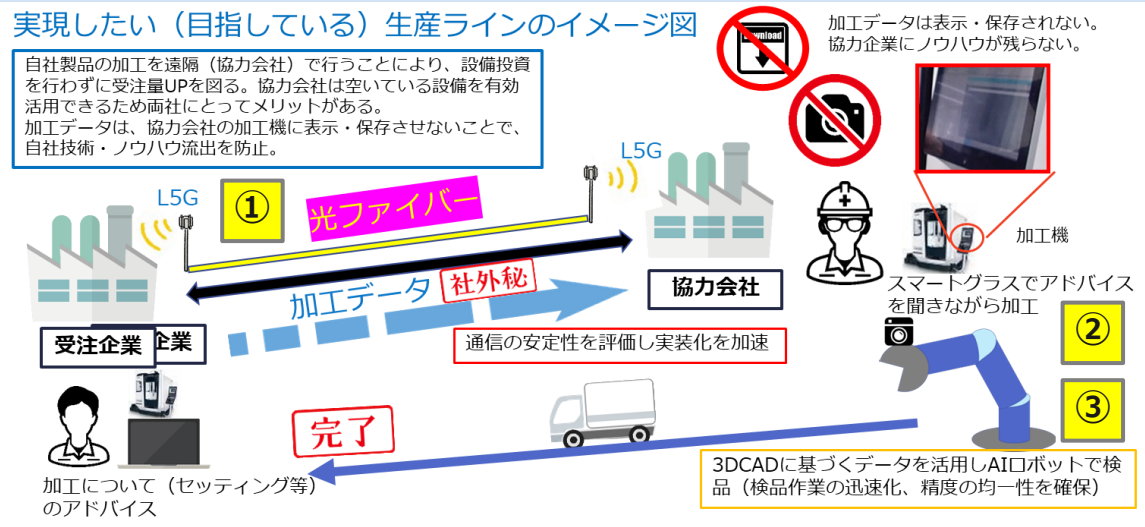


# 地域のローカル5Gネットワークを活用した金属部品加工業者間の 設備共有化・協業推進！

## 従来の仕組みと問題

- 多品種小ロットの精密部品製造業（半導体製造装置用部品メーカーなど）では、需要の変動が激しく、特に中小事業者においては**需要のピークに合わせて人や設備の生産能力を保持することが困難**である。
- 需要が多く仕事が溢れてしてしまう際には、**余力のある他社設備を使用する方法**が考えられる。しかし、他社設備を使用する際には**加工データを持ち込み、他社メンバーに加工の段取りや品質検査のポイントを説明**するなど、移動時間も含めて**多大な時間と労力**がかかるうえ、**自社の技術・ノウハウが流出**してしまう懸念もある。

## 新たな仕組みと技術開発テーマの位置づけ



## 問題解決の方向性

- セキュアで安定的なローカル5Gネットワーク環境下にて通信データを保護しながら、同一地域内の同業2社間で同様の機能を持つ設備に加工データを送り（NC工作機械など）、**同等の品質・サイクルタイムで製造を実行するシステム**を構築 (①)
- 遠隔先の作業支援を目的とした**スマートグラス活用システム** (②) および**検品作業の迅速化・精度の均一性を確保するためのAI検品システム** (③) を開発

### ① 地域共有型ローカル5Gネットワーク評価及び切削機械の遠隔操作実証

- ✓ 長時間の連続通信かつ遠隔操作でも、通信品質（通信速度・遅延速度など）および加工品質（加工精度・サイクルタイムなど）が安定した加工を実現

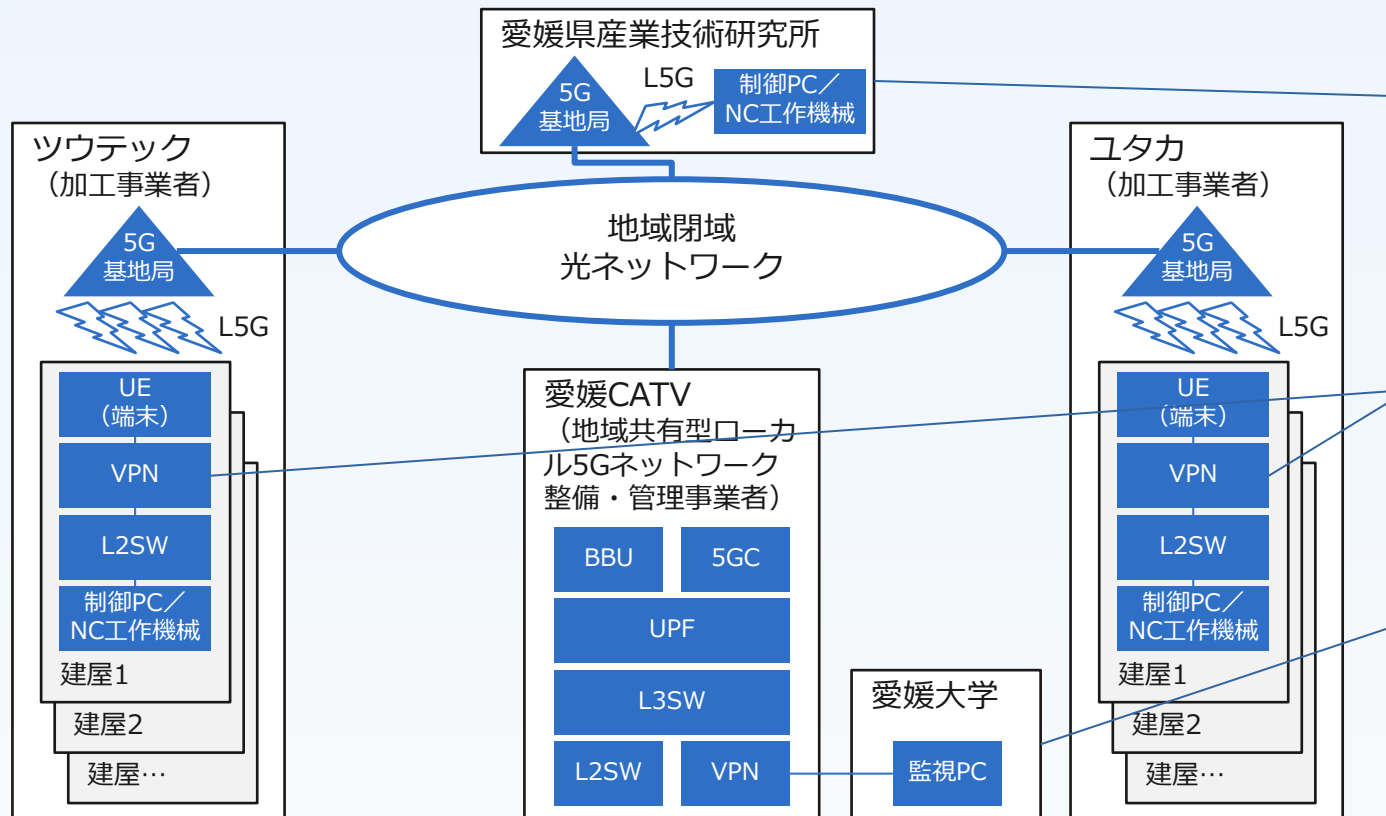
### ② スマートグラスを活用した遠隔支援システムの開発

- ✓ 協力会社の作業者がスマートグラス上のデジタル手順書を見つつ、受注企業の指示をリアルタイムで受け、対面指導と比較して遜色ない作業品質を実現

### ③ 高精細カメラ画像AI解析による3D CADと連動したAI検品システムの開発

- ✓ 多品種小ロットのように、事前に多数の不良品を確保・学習および安定した高品質の検品性能の維持が難しく、品種ごとの画像撮影システム作成が煩雑な対象について、少数の画像から高性能で検査可能なAI検品システムを実現

仕組みの主な構成要素（地域閉域の光ネットワーク+ローカル5G(L5G)構成概略）



愛媛県産業技術研究所  
(共同研究者)

制御PC/NC工作機械

※本テーマのユーザー企業（ツウテックおよび  
ユタカ）以外に設置されている設備でも、  
遠隔操作が可能であることを検証

VPN

※帯域幅確保などを目的として構築

愛媛大学（共同研究者）  
監視PC

※遅延測定などのネットワーク品質を評価

キー技術1

地域共有型ローカル5Gネットワーク評価及び切削機械の遠隔操作実証

- 連続25時間超の長時間遠隔加工でも、通信品質（通信速度・遅延速度など）および加工品質（加工精度・加工サイクルタイムなど）が安定
- 12週間超かけて測定した拠点間の通信特性の連続評価においても、通信速度（スループット）および遅延速度が安定していることも確認
- ツウテック-ユタカ2社間のほか、愛媛県産業技術研究所も閉域ネットワークに加えたところ、同所内のNC工作機械も使って問題無く遠隔加工できることを確認
- 地域共有型ローカル5Gネットワークで連携した複数の事業者間において安定した遠隔操作が可能であることを実証  
地域内におけるさらなる協業事業者の拡大・地域生産クラスターの展開および他地域における同様のネットワーク・クラスター構築による  
日本のものづくり全体の持続的発展に貢献できるものと期待

## 仕組みの主な構成要素（スマートグラス および AI検品システム）

### 実現したい（目指している）生産ラインのイメージ図



### キー技術2

#### スマートグラスを活用した遠隔支援システムの開発

- 協会社の作業者がスマートグラス上のデジタル手順書を見つつ、受注企業の熟練者の指示をリアルタイムで受けながら作業が可能となる
- 特に「何をみているか」を熟練者が正確に把握することが、作業者への適切な指示出しには必要であるため、視線データ（視点、視野など）を取得・補正する機能を開発
  - ▶ 多品種小ロット生産のように製品が頻繁に切り替わることにより、段取り方法などに関する熟練者の専門知識が常に求められる現場において、対面指導と比較しても遜色ない作業品質を実現
  - ▶ また、熟練者が生産現場へ突発的に入れなくなり、他の作業者へ対応を急遽依頼・指示する必要が生じた際においても有用（例えば、熟練者の突発入院時など）

### キー技術3

#### 高精細カメラ画像AI解析による3D CADと連動したAI検品システムの開発

- 検査対象の3D CADデータから撮影ポイント（検査用ロボットアームの原点に対するXYZ座標および撮影点）を算出するアルゴリズムを開発
  - 少数の画像データにおいても高性能なAI検出アルゴリズムを開発（不良検出100%、過検出率2%以下）
  - 画像検査に要する光学系（照明の種類・設置角度、カメラの解像度・設置角度など）、ロボット制御系（位置決め、移動速度、セtring速度など）、PC上の検査アプリ（検査対象の撮影ポイント読み込み、ワークに対する照明およびロボットの動作指示、検査結果に応じたワーク分別：良品箱・不良品箱への移動指示など）を設計・確立
    - ▶ 多品種小ロット製造物の検品時における以下の問題
      - 品種ごとの画像撮影システム作成が煩雑
      - 事前に多数の不良品確保が困難
      - 安定した高品質の検品性能の維持が困難
- を解決できる検査システムを実現

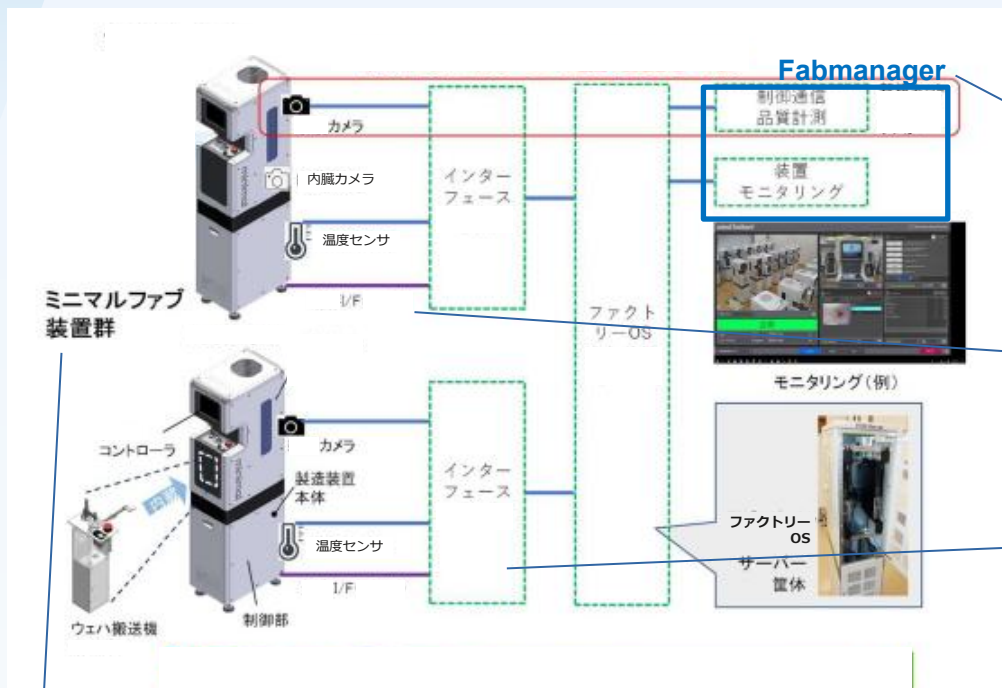
### 実践にあたってのポイント

#### 本事業者との協業も可

- 地域共有型ローカル5Gネットワークの構築・インフラ整備を、複数の事業者や公的機関と連携して進めていく必要がある。
  - ※社会実装に向けては、各ステークホルダー（通信事業者、受注企業、協会社、等）が参照・活用するマニュアル整備も必要。（特に、万が一、突発的なネットワーク障害が発生した場合にも生産に与える影響を最小化するための対策と運用方法を要検討）
- 費用対効果を出しやすいのは、人や設備の生産能力が需要ピークに対して不足することによる機会損失、需要ボトムに対して過剰となることによる稼働ロスが慢性化している事業者。
  - ※例えば、半導体製造装置用部品メーカーのように、需要の変動が激しく、多品種小ロットの精密加工も求められるため、ピークに合わせた生産能力を保有することが難しい事業者（特に中小事業者）



## 仕組みの主な構成要素



※画像はNEDO助成事業結果報告書より抜粋、一部調整

## ミニマルファブ装置群

※従来の半導体製造設備は大量生産と比較して、少量多品種生産を対象とし、設備投資を抑えた製造設備。クリーンルームを必要としない等の特徴を持ち、従来の半導体製造に必要な莫大な開発投資を抑えることが期待できる

## キー技術3：ローカル5G通信基盤整備

- 数十台のミニマルファブ装置から送信されるセンシングデータ(特に動画データが大容量)の安定伝送と低遅延通信(2ms程度)を提供する無線ネットワーク基盤
- 多台数・大容量データ伝送を可能とし、遠隔からのモニタリングやリモート制御を安定的に実現すると同時に、配線レスな無線通信基盤により、製品仕様に応じた工程の追加や変更するケースに対応する柔軟な設備構成を可能とする

## キー技術1：製造品質管理ソフトウェア (Fabmanager)

- 製造工程管理および品質管理を一元的に行うソフトウェアプラットフォーム。製造条件(レシピ)と使用機器の一括登録や、センサーデータを含むログ情報の保存・閲覧、リモートからの製造条件(レシピ)設定が可能
- 製造条件/製造環境データと電気的特性の評価結果を紐づけ、不良発生時の原因抽出

## キー技術2：センシング・映像データ収集の仕組み

- 温度、湿度、気圧、照度、加速度、動画データを収集し、Fabmanagerへ連携する
- 上記データは装置の異常動作や製造条件の不具合を判断するためのログ情報として活用され、故障箇所の特定に寄与
- 各センシング機器のログに加えて動画データによる振り返りは、ドライブレコーダーのような役割を担い、不良発生時の時系列的な状況把握や品質改善への手がかりを提供

## ファクトリーOS連携インターフェース

※製造品質管理ソフトウェア (Fabmanager) とミニマルファブ装置群の各センシング・カメラ機器の接続インターフェース

## 実践にあたってのポイント

本事業者との協業も可

- 製造現場や設備に対してオペレーター常駐による監視が常時必須である場合、モニタリング環境の構築と最適なソフトウェア設定により、このオペレーター常駐は解消可能。安定的な複数機器の遠隔操作・管理を基にした、遠隔地からの状況把握により、現地トラブル対応工数を最小化することがポイント
- 配線工事不要の無線接続(ローカル5G)によって高速通信を維持しつつ、設備構成の柔軟性の確保を実現。製品仕様や需要に応じて工程の追加や変更をするケースが発生する少量生産においては重要な機能である
- 費用対効果を得やすい適用先は、設備にはりつきで製造条件入力や監視を行う必要がある工数負荷が高い職場などが挙げられる

Point



# GPUとクラウド集約型制御装置による複数拠点・大規模設備群の制御集約化！

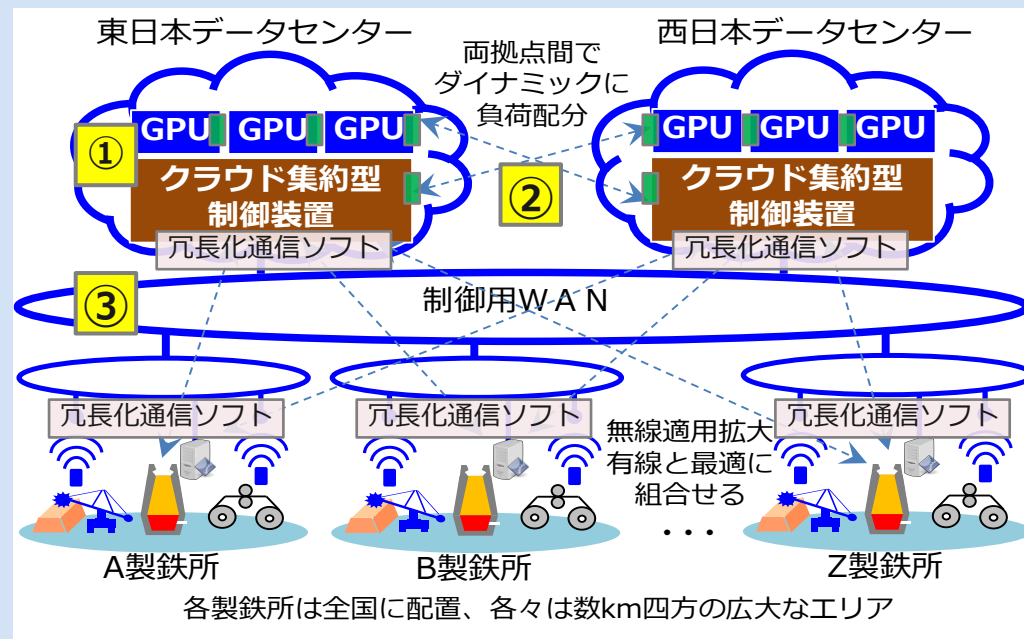
## 従来の仕組みと問題

- 全国各地の拠点・広大なエリアにて、膨大なプロセスや設備で多品種を高品質で作り込むため、**生産管理からプロセス制御、設備制御に至る大規模な階層システムを構築**してきた。
- システムは24時間連続運転に耐える信頼性や大規模設備の大量情報処理が必要となるため、**各設備ごとに制御用のサーバを設置**して設備制御を行ってきた。
- 他方で、**新システムの導入・システムの刷新やメンテナンスは設備ごとに多大な人手・時間・コスト**がかかり、障害発生時も各拠点で個別対応が必要。

## 問題解決の方向性

- **高速大量計算装置群（GPU）とクラウド集約型制御装置（①）**をデータセンターへ設置し、複数拠点・大規模設備群の制御機能を集中化することによって、新システムを全拠点へ展開するスピードを向上。また、障害時も各拠点での個別対応が不要となる。
- 加えて、**負荷分散機構を構築（②）、ネットワーク機器とソフトウェアによる冗長性を向上（③）**。処理を最適化しながら、24時間連続運転にも耐える高い信頼性とメンテナンス性を実現。
- これらにより、新システムの導入・システムの刷新やメンテナンスにかかる人手・時間・コストも削減。

## 新たな仕組みと技術開発テーマの位置づけ



### ① GPUとクラウド集約型制御装置による制御システム構築

- ✓ 仮想化技術と自社製ミドルウェアNS SEMI SYSTEM®より、効率的に構築。

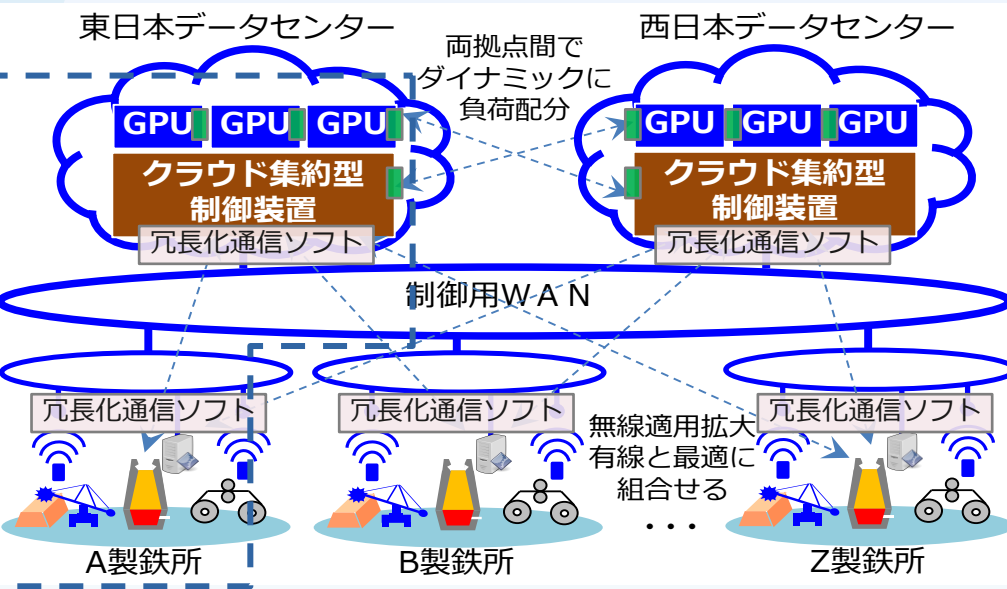
### ② 負荷分散機構の構築

- ✓ 各データセンターに複数配置したGPUで全体最適な処理を実現するために、負荷分散機構の機能仕様を策定、ソフトウェアを設計・構築。

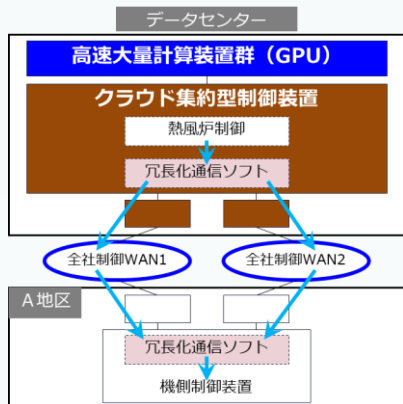
### ③ 制御用WANの自製通信ソフトによる冗長化

- ✓ 高い信頼性とメンテナンス性を達成するために、ネットワーク機器と自製の通信ソフトウェアを組み合わせ、高度な冗長制御を実現。

## 仕組みの主な構成要素



※クラウドと各拠点設備間における冗長化通信のイメージ



### キー技術1

#### GPUとクラウド集約型制御装置による制御システム

- 仮想化技術と自社製ミドルウェアNS SEMI SYSTEM®を組み合わせ、効率的に構築。  
※同ミドルウェアはオープン系プロセス制御用の汎用システムとして開発しており、汎用PC・OSにて様々なアプリケーションやIT機器等と接続して使用可能。
- ストレージ・サーバの物理構成は、要件に応じて柔軟に構成可能。  
本件でも単純な構成を指向し、構築・保守・改造を割安に実現。

### キー技術2 ※特許出願済

#### 負荷分散機構 (左図 緑四角■: 専用ソフトウェア配備イメージ)

- 複数のGPUとクラウド集約型制御装置の各々に、分散して専用ソフトウェアを配備。  
※自社製ミドルウェアNS SEMI SYSTEM®のオプション機能として追加。
- 計算処理の依頼、その予約情報、予約の優先順、依頼結果の受領や依頼の破棄を、ソフトウェア同士が通信をしながら行うことで、負荷を適切に分散。

### キー技術3

#### 制御用WANの自製冗長化通信ソフトウェア

- 送信元 (クラウド側) から常に同じ通信を2つの全社制御WANに送ることにより、冗長化を図るソフトウェア。  
※自社製ミドルウェアNS SEMI SYSTEM®のオプション機能として追加。
- クラウド集約型制御装置と機側制御装置の間の機器のいずれかが止まっても通信を保証。  
信頼性とメンテナンス性の向上に貢献。

## 実践にあたってのポイント

- ユーザー側において、本テーマのようなシステムを導入することによって実現したいこと・要求事項・レベル等の構想を明確化しておく必要がある。
- 合わせて、どのような演算・制御を行いたいかという目的・目標の設定 および AI・ディープラーニング等の活用手法も、ユーザー側で検討・選定・準備しておく必要がある。
- 費用対効果を出しやすいのは、拠点・設備・制御システムの数が多く、複雑な演算・処理を要する事業者。

## II 5GDC事業の研究開発内容の紹介

- 1 付帯作業まで含めた工程自動化
- 2 製造拠点の遠隔制御・リソース共有化
- 3 労働環境変化対応のための、情報・知識共有化

## 課題区分3：労働環境変化対応のための、情報・知識共有化

- 課題区分3の「労働環境変化対応のための、情報・知識共有化」に関する取組みとそのポイントは以下のとおりです。

課題区分	事業者名	研究開発のポイント
(3) 労働環境変化対応のための、 <b>情報・知識共有化</b>	株式会社リョーフ	熟練者の設備メンテナンスノウハウをAIでデータ化し、 <b>非熟練者のメンテナンス作業効率向上</b> を実現！
	熱産ヒート株式会社	熱処理データをクラウドで記録・蓄積して <b>業務効率化・脱属人化</b>
	ラティス・テクノロジー株式会社	お手持ちの3D CADデータから手軽にVR・AR空間を構築して <b>製造プロセス作り込み</b> ！ 同一VR・ARモデルを用いた <b>遠隔・複数拠点・多人数参加可能な設計・作業方法レビュー</b> の仕組み

## Point



## 熟練者の設備メンテナンスノウハウをAIでデータ化し、非熟練者のメンテナンス作業効率向上を実現！

## 従来の仕組みと問題

- 設備メンテナンスにおいては、設備・機器のマニュアルを基に実機を調査し、劣化状態の判断や修理・交換を行うのが一般的である。しかし、**現場で分厚いマニュアルを確認しながら作業を行うのは非効率**であるため、実際には**熟練者が長年の経験と勘によって対応している**ことが多い。
- こうした中、**熟練者の引退によるメンテナンスノウハウ（原因分析や技術など）の断絶**が危惧されている。また、設備の使用者による自主メンテナンスの要求も増えていることから、**非熟練者でも効率的にメンテナンスを行える仕組みが求められていた**。



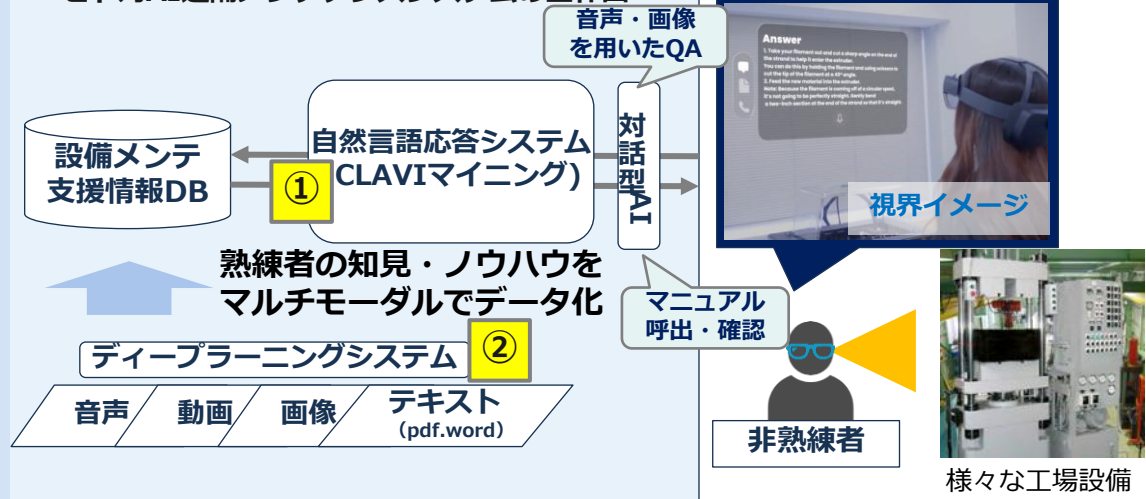
## 問題解決の方向性

- 紙媒体などのマニュアルを使用せずに、スマートグラス等のデバイス **(①)** を用いて、カメラからの画像と自然言語による会話で、**両手を自由にしながら必要なメンテナンス情報を得られるように**することで、メンテナンス作業を妨げず効率的に情報入手できるようにする。また、**知らない用語でも関連情報にリーチ**できるようにする。
- 各設備・機器のマニュアルだけでなく**熟練者のノウハウもメンテナンス支援に活用**できるようにする **(②)**。

## 新たな仕組みと技術開発テーマの位置づけ

## ものづくり支援プラットフォーム

## 一対AI遠隔メンテナンスシステムの全体図



## ① 自然言語応答システム (CLAVIマイニング)

- ✓ 生成AIを活用し、スマートグラスのカメラからの画像認識による対象機器・状況の判断、及び対話型AIとの音声会話によりメンテナンス支援情報へリーチし、表示できるようにする。

## ② ディープラーニングシステムの開発 (独自システム)

- ✓ 熟練者のノウハウはドキュメント化されておらず、音声、画像、映像の場合が多いため、テキスト以外にこれらのフォーマットのデータも生成AIで学習できるようにする。また、AI学習の専門家でなくても質が高い (ノルシネーションが起こりづらい) 学習が可能なシステムを構築する。

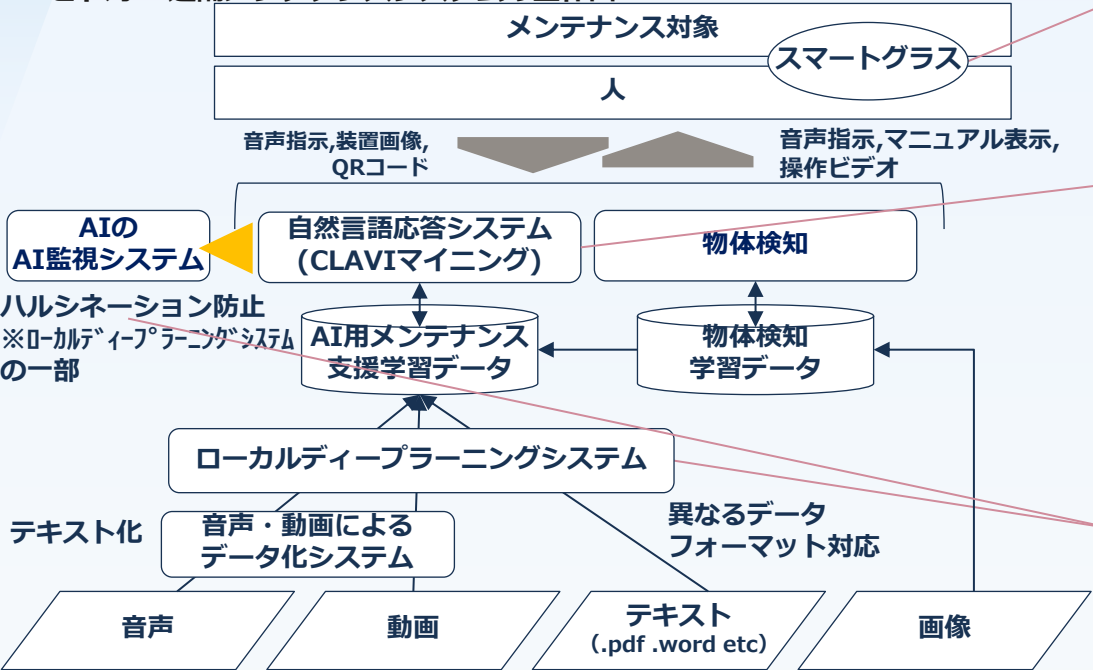
33人のスキルに依存しないものづくりの仕組み

44設備不具合の予兆を検知し、安定稼働を維持する仕組み

# 株式会社リョーワ 「AIと通信を活用した中小企業向け“ものづくり支援プラットフォーム”開発」

## 仕組みの主な構成要素

ものづくり支援プラットフォーム  
一対一AI遠隔メンテナンスシステムの全体図



※NEDO助成事業結果報告書 (システム構成図 1.一対一AI遠隔メンテナンスシステム) を基にJMAC作成

## VR/MRデバイス

現場作業者が装着し、遠隔地のスーパーバイザーやAIとの間で、作業現場の映像をリアルタイムで共有

### キー技術1：自然言語応答システム(CLAVIマイニング)

- 蓄積されたデータと対話型AIを活用し、自然言語で回答を生成する役割。熟練工のノウハウ (画像、音声、テキスト) を含むマルチモーダルデータを学習
- ユーザーは質問や指示に対して自然な言葉で的確な回答を得られる

### キー技術2：ディープラーニングシステム(AIのAI監視システム含む)

- WORD、EXCEL、PDF、音声、動画などの異なるフォーマットのデータを活用してディープラーニングを行うためのシステム
- AIがAIを監視する仕組みを構築し、システムに蓄積されたデータをAIが適切に判断
- データの事前処理が効率化し、学習精度・推論精度が向上します。従来難しかった複数フォーマットの同時分析が可能に
- ユーザーが入力したデータ以外のハルシネーション (意図しない誤回答) が発生することなく、安心してシステムを利用

※特許第7691787号:ハルシネーション抑制システム及びプログラム

本事業者との協業も可

## 実践にあたってのポイント

- 従来の作業日報 (結果) だけでは、熟練者が「なぜその判断をしたか」という思考プロセスが見えない。ヒアリング音声や作業動画などの「生データ」をデータとして活用できるようにすることがポイント。
- 顧客企業の製造現場へのカメラ・通信機器の持ち込みは、セキュリティ上制限されることが多い。メンテナンス会社と顧客間で「技術継承のためのセキュリティポリシー」を共有・再設計することがポイント
- 費用対効果を出しやすいのは、複雑な故障診断を必要とする多種多様な設備をメンテナンスする必要がある事業者。ノウハウ伝承・ナレッジマネジメントのレベル向上に活用可能

Point



# 熱処理データをクラウドで記録・蓄積して業務効率化・脱属人化

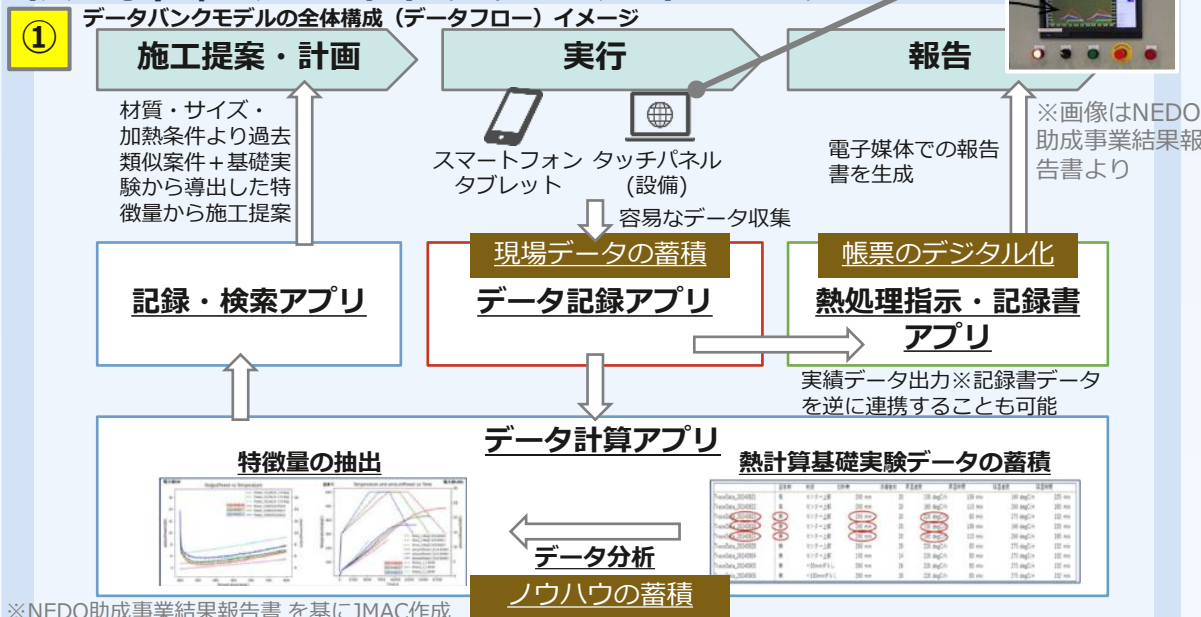
## 従来の仕組みと問題

- 熱処理工事では、温度の上げ方、キープする時間、冷やし方などの精密なコントロールが品質に影響する。そのため、施工方法は対象物の材質やサイズなどの加熱条件によって様々であり、**加熱の微妙な出力調整やヒーター配置などは熟練者の経験や暗黙知によって設計・提案**されていた。
- 熱処理の**施工データはアナログの記録紙で管理されており、非熟練者への技術伝承が困難な状況**である。
- また、工業炉の工事においては、炉体内部の断熱材を施工後・稼働中に状態確認することが難しいため、事後保全または異常発生前に一定期間で交換するケースが多く、**トータルのメンテナンス費用が割高になったり、最適な交換・修理頻度とならないことから熱の漏出などのエネルギーロスが発生**したりするリスクがある。

## 問題解決の方向性

- 熱処理工事に関する**アナログ記録をデジタルデータとして、クラウド上に集約・活用するための仕組み・アプリ**を開発 (①) 熟練者のノウハウを可視化し、データドリブンで非熟練者でも最適な施工方法を設計・提案できる仕組みの構築を目指す。
- この応用として**熱データ遠隔監視システム**を開発し、工業炉などの予知保全への活用を目指す。

## 新たな仕組みと技術開発テーマの位置づけ

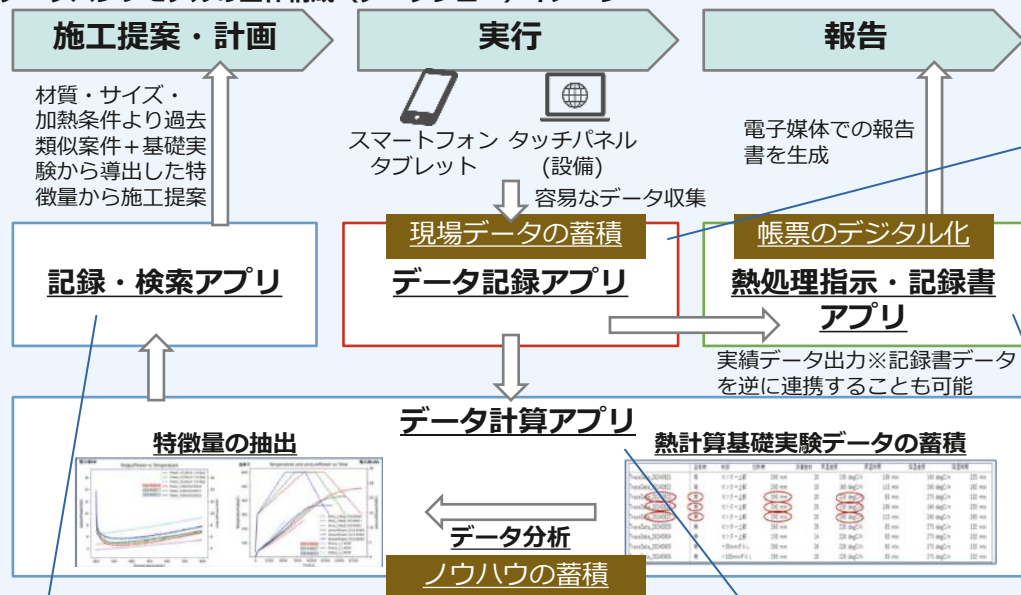


## ① クラウドプラットフォームベースのデータバンクモデル開発

- ✓ 現場データをタッチパネルやモバイル端末 (スマートフォン、タブレット) 等に記録・蓄積し、エクセル等で出力する**“データ記録アプリ”**
  - ✓ 熱処理指示・記録の帳票等をデジタル化、他アプリへインプットする**“熱処理指示・記録書アプリ”**
  - ✓ 現場データを分析・特徴量抽出し、設計改善に活用する**“データ計算アプリ”**
  - ✓ 材質・サイズ・加熱条件等をキーとして過去の類似データを検索、熟練者の経験や暗黙知に頼っていた設計・提案業務を効率化する**“記録・検索アプリ”**
- ※これらの熱データ管理のノウハウを応用し、工業炉などの劣化状況を予想し、予知保全を可能とする**熱データ遠隔監視システム**を開発中

## 仕組みの主な構成要素

データバンクモデルの全体構成（データフロー）イメージ



※NEDO助成事業結果報告書 を基にJMAC作成

### キー技術4：記録・検索アプリ

- 現場データが蓄積されたデータバンクを検索し、過去の類似データを参照するためのインターフェースとして機能する
- 材質・サイズ・加熱条件等カテゴリーをキーとして過去の類似データを検索し、装置構成・電力データ・余裕率等の詳細情報を確認可能
- 過去の具体的な類似データを参照することで、経験の浅い非熟練者でもデータに基づいて効率的な熱処理の設計や提案が可能

### キー技術3：データ計算アプリ

- 蓄積された現場データに基づき、熱計算基礎実験データと照合しながら、データの分析や特徴量抽出、ノウハウとしてデータバンクに蓄積
- 分析結果として、熱処理中の出力状態や熱の変化をグラフとして可視化する機能も含む
- 蓄積されたデータからノウハウの形式知化に必要な具体的な知見を導出・整理することが可能となる。

## データバンクモデル（クラウドプラットフォーム）

※熱処理工事の施工実績データ（温度、出力、施工図など）と熟練者のノウハウ・特徴量を一元的にデジタル蓄積し、アプリ群を連携させるデータバンクモデル。  
 ※これらの情報に基づいた最適な施工方法の確立も目指している。  
 （将来的なAI反映による加熱装置の半自動化の基盤構築等も視野）

### キー技術1：データ記録アプリ

- 現場で取得された実績データをタッチパネルやモバイル端末（スマートフォン、タブレット）で記録
- 直観的に扱えるビジュアルな操作環境を提供することで、現場作業員でも容易に入力できるインターフェースを実現。記録したデータはExcel形式で出力し、他のアプリへ連携可能

### キー技術2：熱処理指示・記録書アプリ

- 記録アプリに蓄積された実績データを基に、顧客提出用帳票のデジタル化（記録書のデジタル出力）を行う
- 従来は紙の記録をコピー・ファイリングして提出していた業務を効率化

## 実践にあたってのポイント

### 本事業者との協業も可

- データ収集率を向上するために、タブレットやタッチパネル等での直観的に扱えるビジュアルな操作環境にすることで、施工現場での入力作業の負荷低減を図ったことがポイント。
- 施工提案の属人化を防ぎ、記録・検索・分析を一気通貫で行えるプロセスへと変革するために、アナログ帳票をデジタル化するだけでなく、材質やサイズなどの条件をキーとして類似案件を参照できる仕組みの構築を図ったことがポイント。
- 費用対効果を出しやすいのは、熟練者ノウハウの技術伝承に課題観があり、かつ、紙帳票の運用が主体となっている職場。

## Point



お手持ちの3D CADデータから手軽にVR・AR空間を構築して製造プロセス作り込み！  
同一VR・ARモデルを用いた遠隔・複数拠点・多人数参加可能な設計・作業方法レビューの仕組み

## 従来の仕組みと問題

- 近年、製造業では社内外で分業が進み、**拠点・工程ごとに異なるデータフォーマットを扱う**ことが多い。  
(例えば設計は3D CAD、製造は紙図面・帳票等)  
また、**拠点間が物理的に離れていること、労働人口と教育機会の減少**等も重なり、以下の問題が発生。

## 【設計・試作・生産技術関係】

- 製品・工法・設備・作業等の各設計を**擦り合わせて、品質・作業性・コスト等を最適化することが困難**。
- 各業務で異なる次元のデータを扱うと情報が分断し、**伝達遅延やミス、手戻りにつながるリスク**あり。

## 【生産技術・工程／作業設計・製造関係】

- 紙ベースの情報だけでは、作業手順書の作成・更新および**作業内容の習得・教育に工数がかかる**。
- ベテラン作業者に**属人化・暗黙知化するリスク**あり。

## 問題解決の方向性

- 遠隔拠点間で、製品の組立性や工程の作業性を**リアルタイムで擦り合わせるためのVR技術開発** ①
- 複数の拠点・関係者が、作業の姿勢・動作・視線・会話内容等を可視化・共有して、**教育コンテンツの作成やノウハウ継承に役立てるAR技術開発** ②

## 新たな仕組みと技術開発テーマの位置づけ



## ① 遠隔拠点間でのデジタル擦り合わせを実現するVR技術開発

- ✓ 同じ3Dモデル (XVLモデル) に対して、遠隔拠点間でお互いの位置や姿勢を共有しながら同時作業・擦り合わせが可能。

## ② 現場力をデジタルで引き出すためのAR技術開発

- ✓ 同じ3Dモデル (XVLモデル) に対して、遠隔拠点間でWebXRルーム上で自由に作業可能。姿勢・動作・視線・会話内容等を出力して、3Dマニュアルの作成に活用可能。

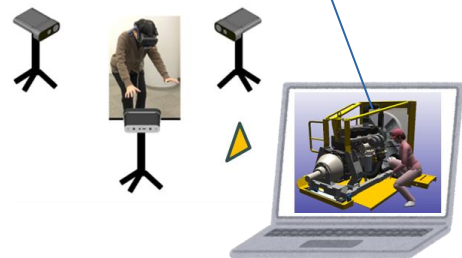
※これらを実現する共通基盤として、既存の3D CADデータから出力可能な独自開発の3Dデータフォーマット“XVL”により、3Dモデルの表示速度・VR/ARの動作性をさらに向上。

## 仕組みの主な構成要素（遠隔拠点間でのデジタル擦り合わせを実現するVR技術開発）

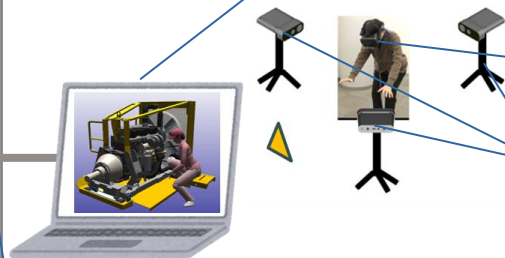
## VR処理ソフト および XVLモデル：本件の新開発品

※XVLモデルは既存の3D CADデータから作成可能

## 開発拠点



## 製造拠点



安定した高速回線：5G 等

## PC：市販品（ゲーミングPC程度のスペック）

※本件では以下のスペックで開発・試験

OS : windows10

CPU : Intel Core i7

メモリ : 16 GB

GPU : NVIDIA GeForce RTX 2070

## VRゴーグル：市販品（HTC社 VIVE Focus3 等）

## 3Dカメラ：市販品（Orbbec社 Femto Bolt 等）

※1台でも可能だが、本件では死角ができないように  
3台を設置して開発・試験

## キー技術：VR技術開発

- VR処理ソフトを新開発（自動車一台分のXVLモデル約20GBのVR描画性能を従来比1.5倍に向上：従来 32FPS → 新開発 45FPS）
- 3Dカメラデータからのフルボディ・トラッキングを新開発※  
※以下の機能も追加：VR体験者に自身の全身モデルを可視化、  
全身モデルによる接触判定、全身モデルを第三者が別画面で確認あるいは  
データ保存して別途検討が可能
- これらの技術により、複数の遠隔拠点・関係者が同一の3Dモデルを用いて、  
製品の組み立て方や工程の作業性などをリアルタイムで擦り合わせることが  
可能となり、設計時点でのQCD作り込みに貢献できる。

## 実践にあたってのポイント

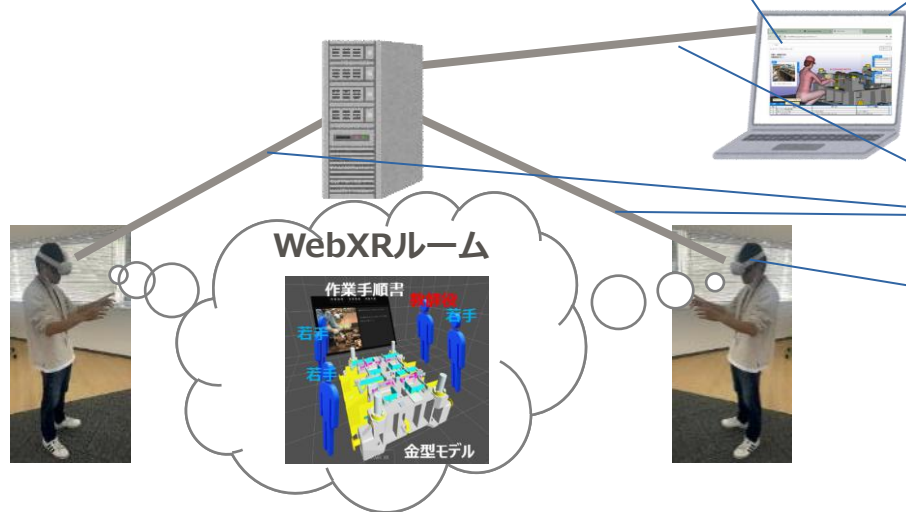
本事業者との協業も可

- PCスペックと通信回線速度のいずれかが不足すると、  
遅延やフリーズが発生する可能性あり。
- 3Dカメラを設置したうえで、VR体験者が安全に動作可能な  
スペースの確保も必要。かつ、VRへの“慣れ”も求められる。  
特に、VR機器自体がエンタメ向けデバイスであるため、VR  
コントローラ操作によるゲーム感覚性を薄め、製造業で活用  
しやすい操作性に改良していくことが重要である。
- 費用対効果を出しやすいのは、3Dモデルのデータ容量が大きく  
構成部品数も多い事業者  
例) 自動車、航空機、造船、建機、農機、重工、重電、建築、  
設備、産業装置（半導体・医療）

## 仕組みの主な構成要素（現場力をデジタルで引き出すためのAR技術開発）

### AR処理ソフト および XVLモデル：本件の新開発品

※XVLモデルは既存の3D CADデータから作成可能



### PC：市販品（オフィス業務用PC程度のスペック）

※本件では以下のスペックで開発・試験

OS : windows11

CPU : Intel Core i5

メモリ : 16 GB

GPU : Intel Iris Xe Graphics

### 安定した高速回線：5G 等

### ARゴーグル：市販品（Meta社 Meta Quest3 等）

### キー技術：AR技術開発

- ARゴーグルとWebXRを組み合わせた「WebXRルーム」を新開発※  
※ARゴーグルを装着して「WebXRルーム」にアクセスすることで、現実空間に配置した実物大の3Dモデルをハンドジェスチャーやコントローラで自由に触ることができる。  
また、WEBシステムのため複数人が遠隔地から同時入室可能。
- これらの技術により、複数の遠隔拠点・関係者が同一の3Dモデルを用いて、作業時の位置、姿勢、動作、視線、会話内容等を可視化して共有可能となり、追体験型のコンテンツ作成・ノウハウ継承に貢献できる。

### 実践にあたってのポイント

本事業者との協業も可

- PCスペックと通信回線速度のいずれかが不足すると、遅延やフリーズが発生する可能性あり。
- AR体験者が安全に動作可能なスペースの確保、およびARに対する“慣れ”も必要。  
また、ARでは現実空間にデジタル情報を重ねて表示する特性から、現実の対象と合致する情報ファイルをサーバから選定したり、表示の角度・位置合わせ等を調整する手間がかかるため、操作性や自動選定・調整機能といったユーザビリティの向上も求められる。
- 費用対効果を出しやすいのは、3Dモデルのデータ容量が大きく構成部品数も多い事業者  
例) 自動車、航空機、造船、建機、農機、重工、重電、建築、設備、産業装置（半導体・医療）

