

# 中小製造業のデジタル化支援 に関する研究紹介

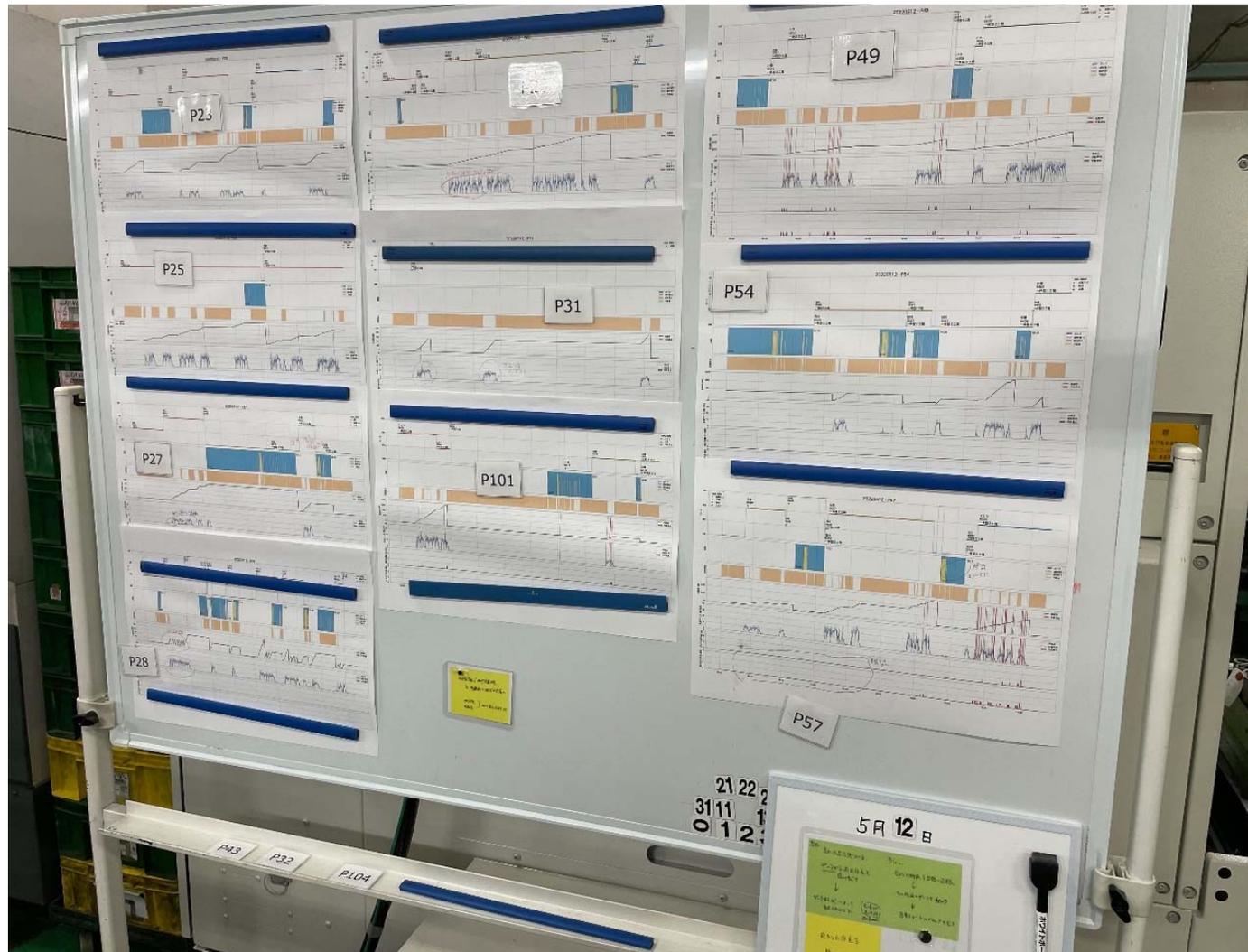
## 生産プロセス情報の共有と情報基盤

東京都立産業技術研究センター  
多摩テクノプラザ 電子技術グループ  
中川 善継

2022年11月30日



# 都産技研の共同研究



見える化チャートを生産現場で掲示

# 共同研究対象企業の概要

対象業種：

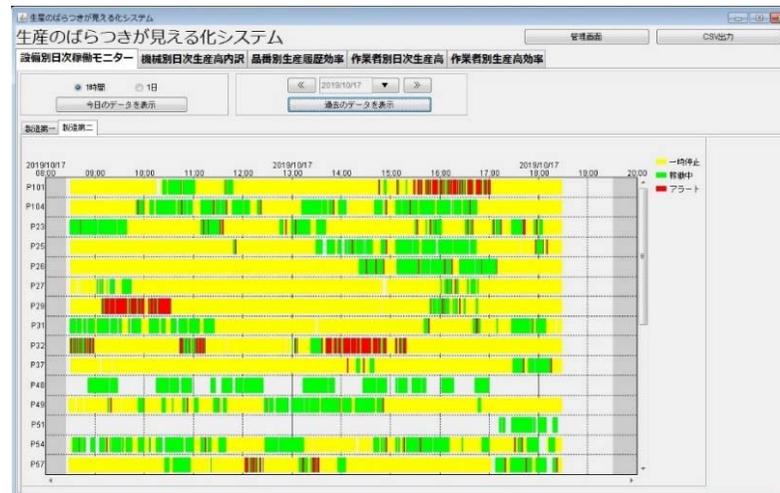
製造業 金属プレス加工

主な生産品：自動車用金属部品



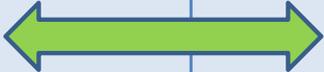
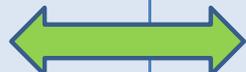
目的：

プレス機を用いた人手作業が中心の中、生産性・品質向上を目指す



MZ Platform(MZプラットフォーム)による見える化システム (2019年)

# 共同研究フェーズ

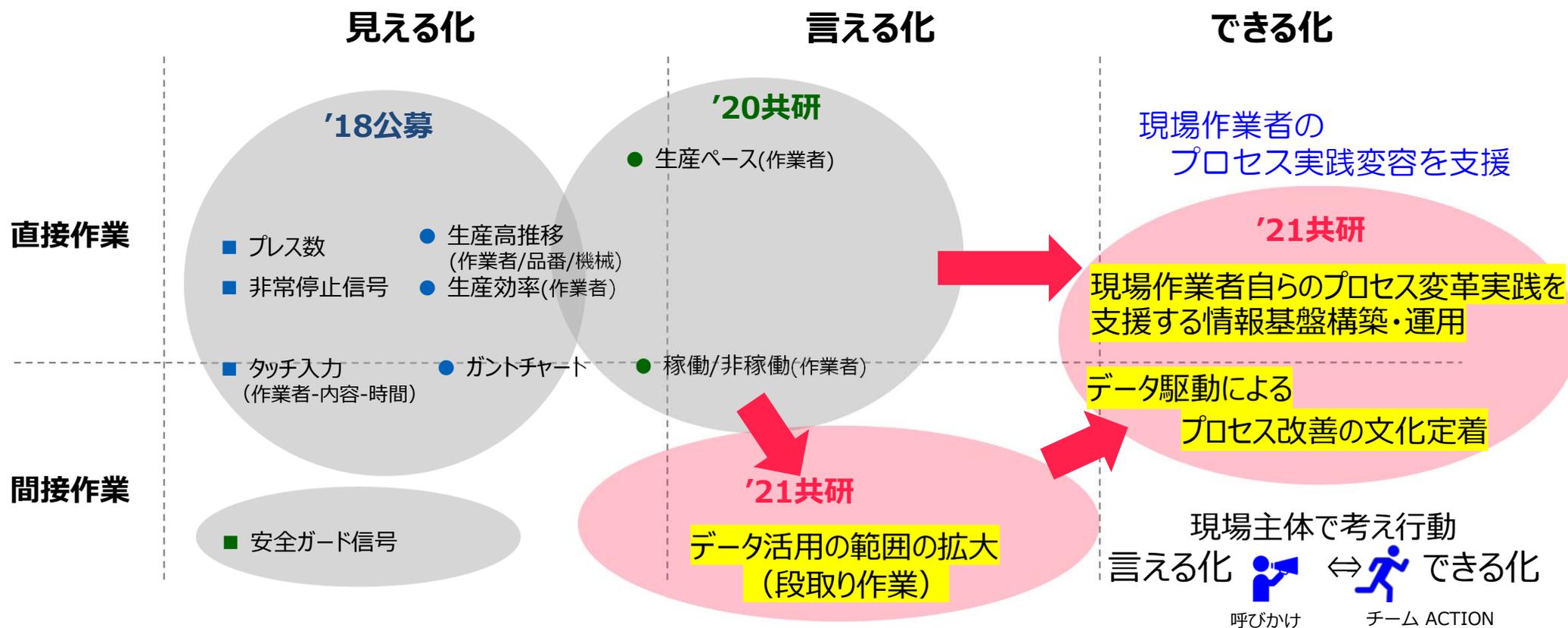
	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年
<b>東京都特定事業 公募型共同研究</b>  「生産のばらつき見える化システムの開発」	 (2018年10月～2019年9月)				
<b>IoT共同研究</b>  「ばらつき要因分析とプロセス情報の共有」		 (2020年1月～2021年3月)			
<b>IoT共同研究</b>  「現場主義の改善を支援する マニファクチャリング・ インフォマティクス」				 (2021年9月～2022年5月)	

公募型共同研究とは、都産技研が中小企業者に研究開発を委託し、その研究開発の一部を都産技研が分担（都産技研が保有するシーズの活用や施設・設備の利用等）して実施する共同研究です。

# 共同研究マッピング

① 生産プロセスの変化に着目して IoTデータを有効活用

② プレス機を用いた加工プロセスを対象に、見える化のためのデータ基盤と見える化に寄与するデータ起動（データハンドリング）の仕組みを開発



③ 対象工程はそのままに、データ活用の範囲を拡大しつつデータ駆動による改善を文化として根付かせることを目指す

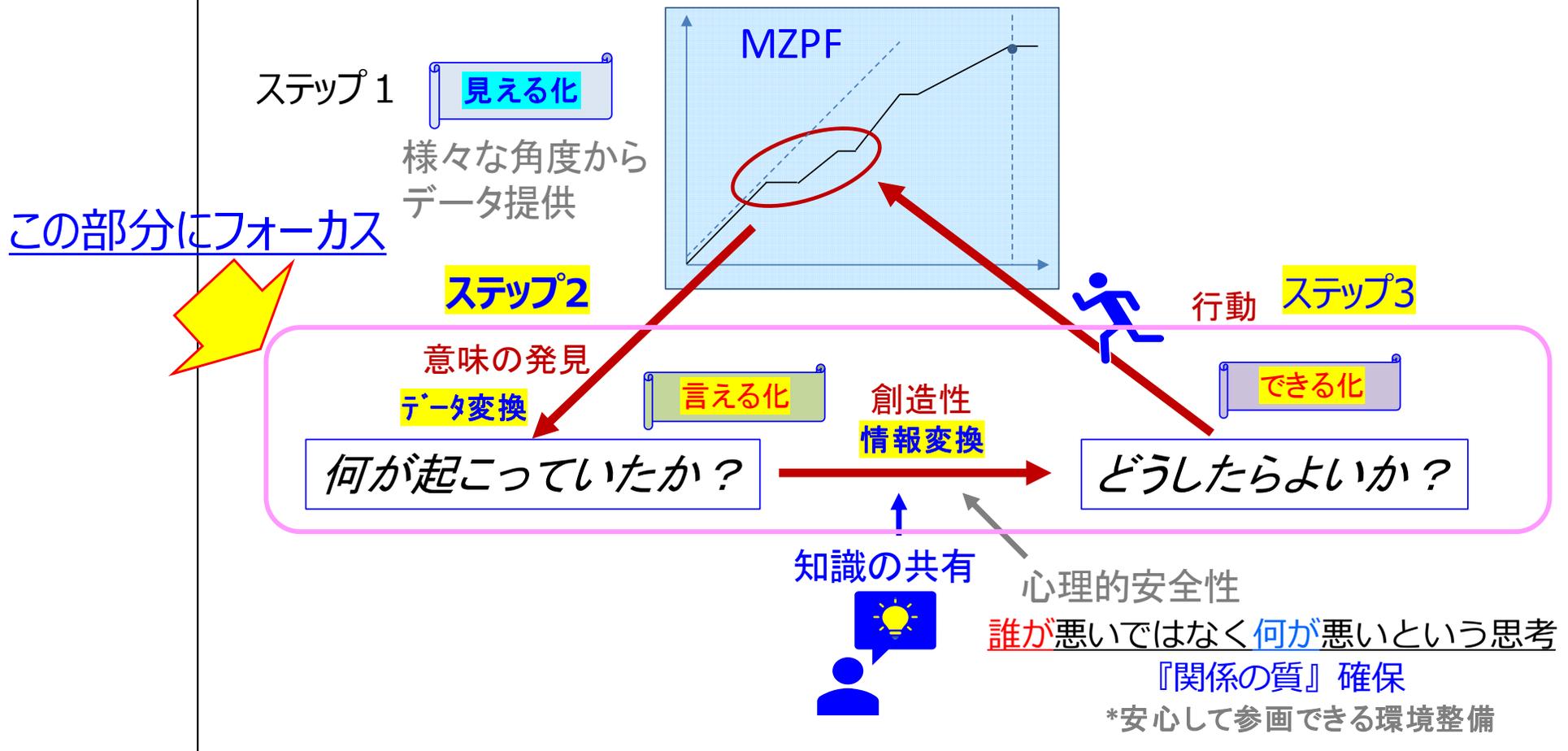
「マニュファクチャリング・インフォマティクス」の実現

# 『言える化』フェーズの位置付け

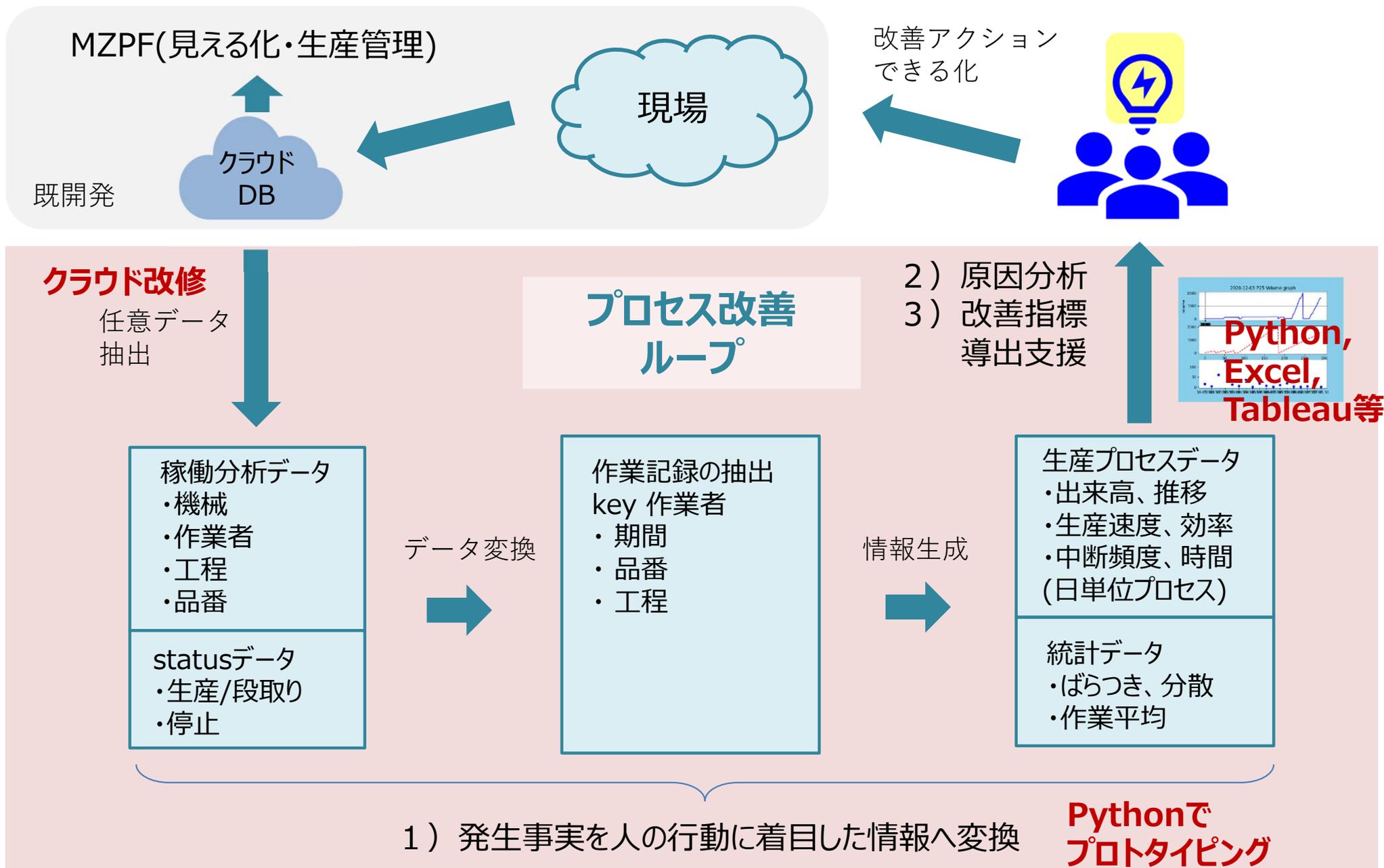
『見える化』で顕在化した事象の発生背景を分析すること

## 『できる化』に向けた仕掛けづくりのアプローチ

outputの質を変える3ステップアプローチ  
今より上手くやるために変えるべきことを発見する



# データハンドリングシステム概要



# データハンドリング分析

## 作業員別データに基づく作業進捗特性 (12,400ショット/人日)

現場実証でわかったことを経営・品質指標改良の新たな指針へ

### ① 出来高推移特性 : 単位時間当たりの出来高のばらつき

👉 作業手順・ペース・段取りの最適化 (品質安定化)

### ② 稼働/非稼働頻度特性 : 回数, 時間経過のばらつき

👉 非稼働定量把握による正味作業時間データ化 (効率向上)

機械別生産高/日データ



データ変換

分析パラメータ

機械の生産数

作業員

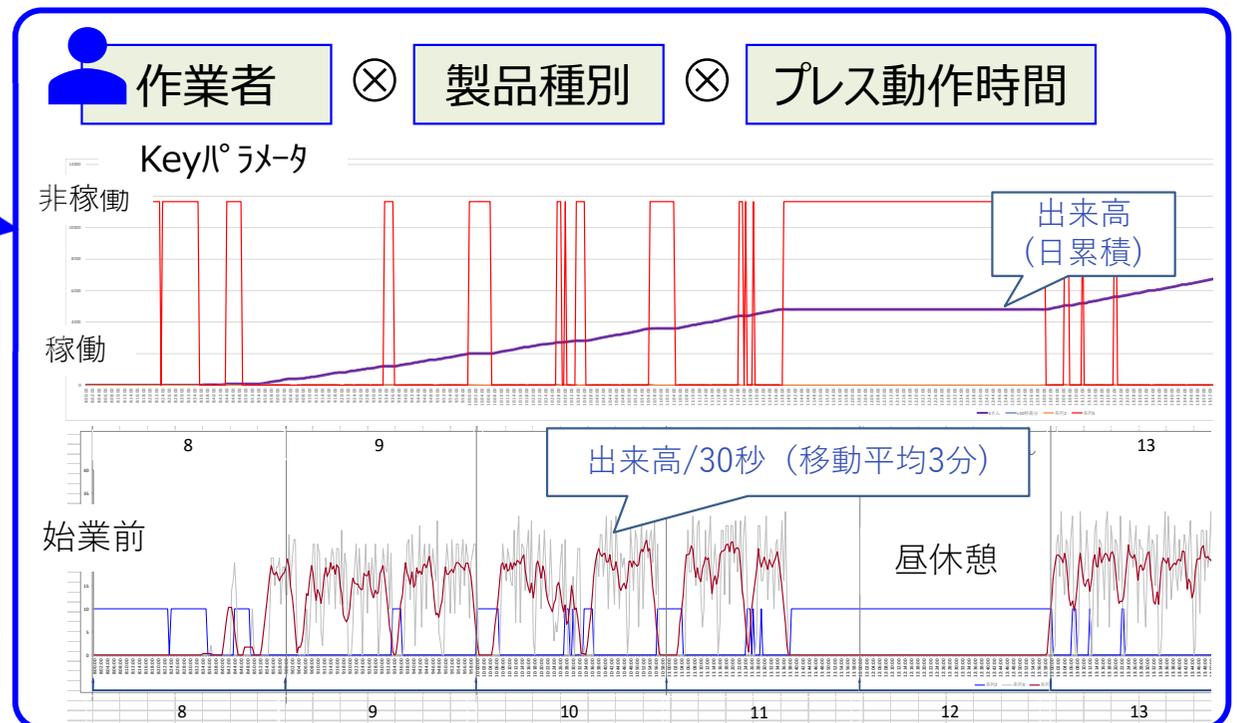
製造型番

時間

停止・稼働状態

作業状態

作業工程名



# データハンドリングの効果

## 『言える化』に向けて得たい情報その1：生産の安定化

### ◇視点そのI：成果の定量的評価

製品出来高/日 = 日々の生産数目標が達成できているか（12,400ショット/日）

狙い：製品種別標準加工時間を求めることで作業者間ばらつきを最少化したい

目的：直接的作業を円滑に進めるために適切な間接的作業はどうあるべきか

## 『言える化』に向けて得たい情報その2：生産の円滑化

### ◇視点そのII：作業はどの程度円滑に進んでいるか

直間比率/日 = 総作業時間中の直接的作業と間接的作業の比率の程度

狙い：直接的作業を円滑に進めるために適切な間接的作業はどのような内容であるか

Sさん非稼働時作業分析(2)



# 製造DXの潮流

## 『デジタル・マニュファクチャリング』

狙いとメリット：製造工程のデジタル化

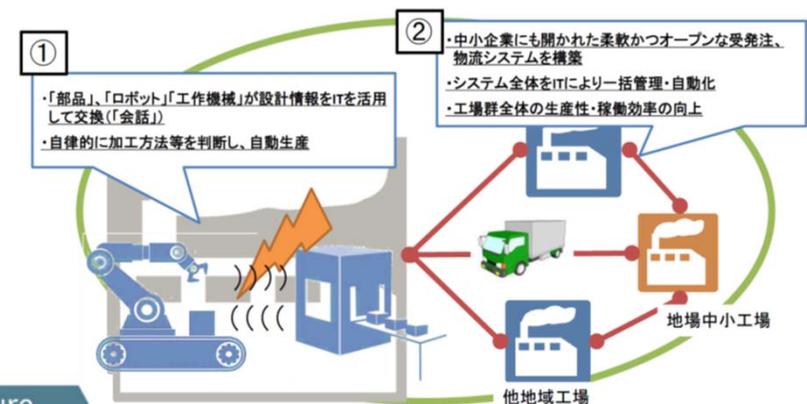
製造データを収集・分析し、熟練工にしかできなかった製造工程を機械に代替させる  
 生産現場の情報をグローバルレベルで共有し、組織全体の生産性を向上させる  
 ユーザ・ニーズ、顧客満足を取り込み生産効率性を上げる 等



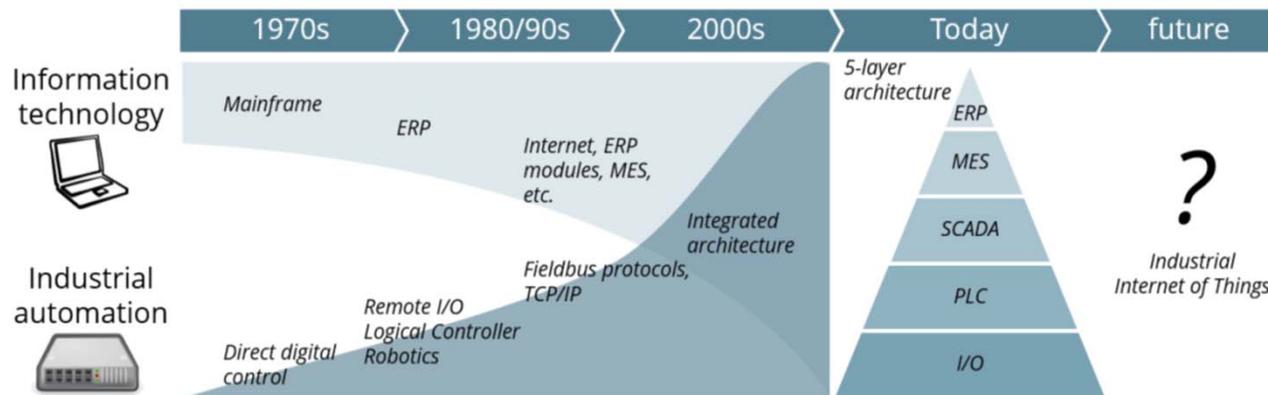
## 『スマート・マニュファクチャリング』

狙いとメリット：モノづくりにおける全工程の効率化を目指す

市場の需要の変化（市場投入の時間短縮）  
 サプライチェーンのグローバル化  
 AI・IoT導入による実現



出展：経産省スマート・マニュファクチャリング概念図 2017年

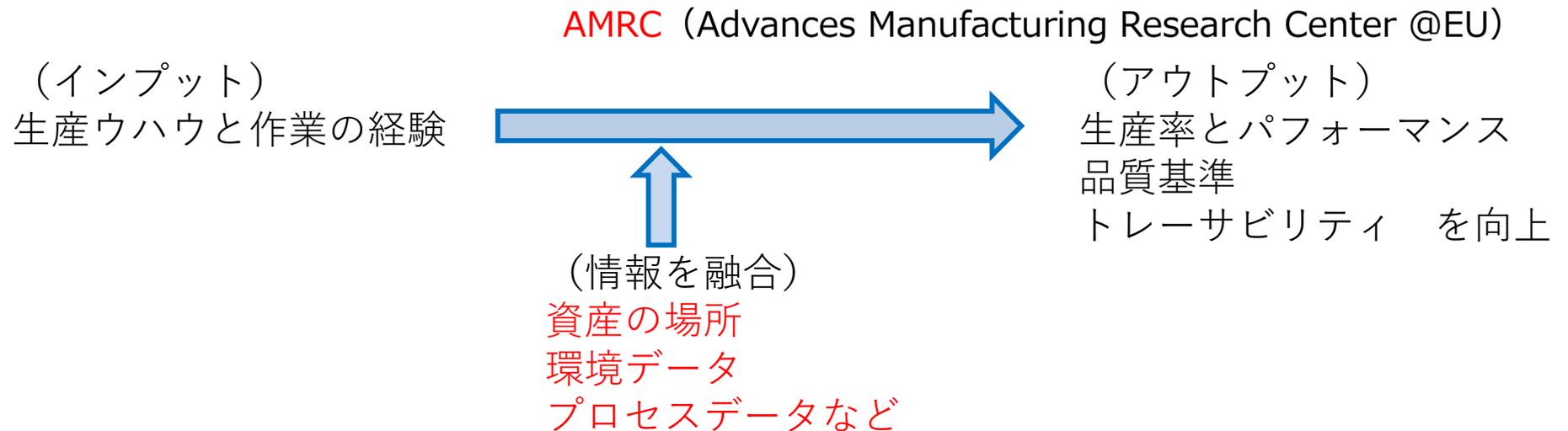


ERP = Enterprise Resource Planning MES = Manufacturing Execution System SCADA = Supervisory Control and Data Acquisition PLC = Programmable Logic Controller I/O = Input/Output signals Source: IoT Analytics 出展：IEC Smart Manufacturing Forum 2020

# 情報の活用

## 『マニュファクチャリング・インフォマティクス』 (MI)

Manufacturing informatics is a part of the wider AMRC digital manufacturing thread, encompassing the Internet of Things (IoT), Big Data and data-driven manufacturing technologies.



(ポイント)  
改善サイクルの糸口として

リアルタイムデータに基づいて現状を視覚化し自律的な意思決定を行う

中小製造業では、生産プロセスにおいて少量多品種生産などの事業背景などから人の介在する工程が多くを占める。

特に、本研究が対象とする金属プレス加工においては、プレス機の段取から加工作業に至るまで、多くの作業者が生産プロセスに深く関わり、それが(製品)作業品質や生産性(作業効率)に大きく影響を及ぼす。

# 本研究でのMIの位置づけ

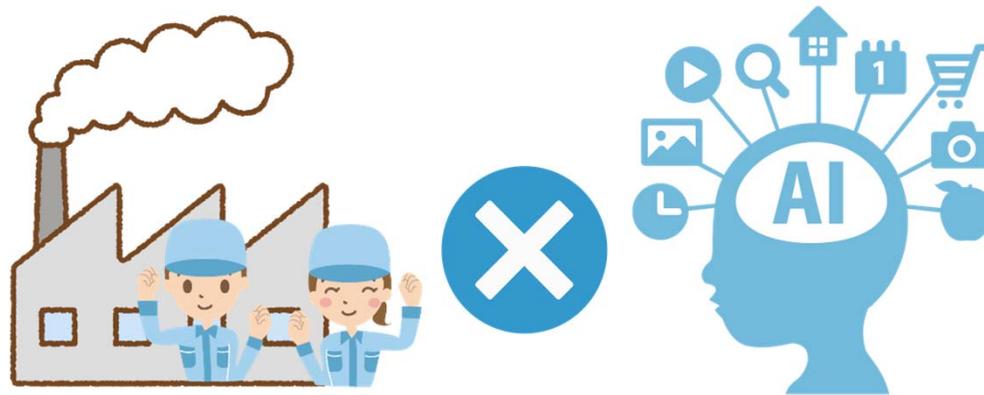
中小製造業では、生産プロセスにおいて少量多品種生産などの事業背景などから人の介在する工程が多くを占める。

特に、本研究が対象とする金属プレス加工においては、プレス機の段取から加工作業に至るまで、多くの作業者が生産プロセスに深く関わり、それが(製品)作業品質や生産性（作業効率）に大きく影響を及ぼす。

更に人の働きやすさを支援することに着目し、生産現場で働く人々が日々の生産プロセスの中で発揮している技能やノウハウまた、上手くいかなかった原因と対策などを情報として共有し、自発的な生産プロセス変革を支援する新たな仕組みの構築と有効性検証を試みる。

この仕組み構築により作業者が生産活動をやり易くするための情報を獲得し、それを活用して理解を深めながら、それをよりよい方向へ変化させることが実践可能となる。

この情報化基盤システムを「マニュファクチャリング・インフォマティクス」と呼ぶ。



# 成功の循環モデル

組織が持続的に結果を出し、成長し続けるため（結果の質を高める）には、**関係性の質**を向上させることが重要である

## ④結果の質

Goal : できる化

## ③行動の質

限られた時間のなかで**意思決定**ができる  
【環境すべてリソースにできる発想力】

チームの気づきを効果的に高める  
【リーダーシップとフォロアーシップの使い分け】

最適な意思決定を実践できる  
高い「**チーム力**」の獲得

循環

1st step : つなぐ化

## ①関係の質

全員参画の仕組みを造ることができる  
【人は責任分担で能力発揮できる】

不必要な権威勾配が解消できる  
【アイスブレイクの活用・工夫】

3rd step : わかる化

\*1 : 意思決定スキル

\*1 : チームワークスキル

\*1 : ワークロードマネジメントスキル

## ②思考の質

多業種・異なった文化がチームの強み  
【文化の違い・異論の出る環境】

メンバ体験事例が気づきにつながる  
【「失敗の教訓」・「成功の秘訣」の発見】

2nd step : 見える化

\*1 : コミュニケーションスキル

\*1 : 状況認識スキル

マニファクチャリング・インフォマティクス

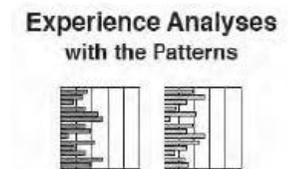
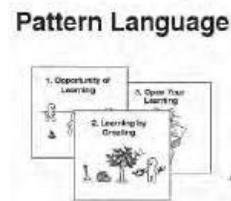
\*1 : CRM訓練で高めるスキル(参考)  
成功の循環モデル : ダニエル・キム

# 知識共有

## 『ソシオテクニカル・デザイン』

生産組織は技術システムと社会システムから成り、同システムの相互作用によって全体の効率が決定される。

- 技術的なシステムの構成に偏重，人が論点となる社会的側面も重要
- IoTを活用した自社の組織プロセスの変革のために，どのようにデザインを行うことが有効かを明らかにする
- 個人の感情や認識ではなく，事実に基づくコミュニケーションを行うことが新たな文化（制度的論理）として定着



- ・ FRAMから学ぶ
- ・ IoTデータから学ぶ
- ・ インタビュー／ワークショップ

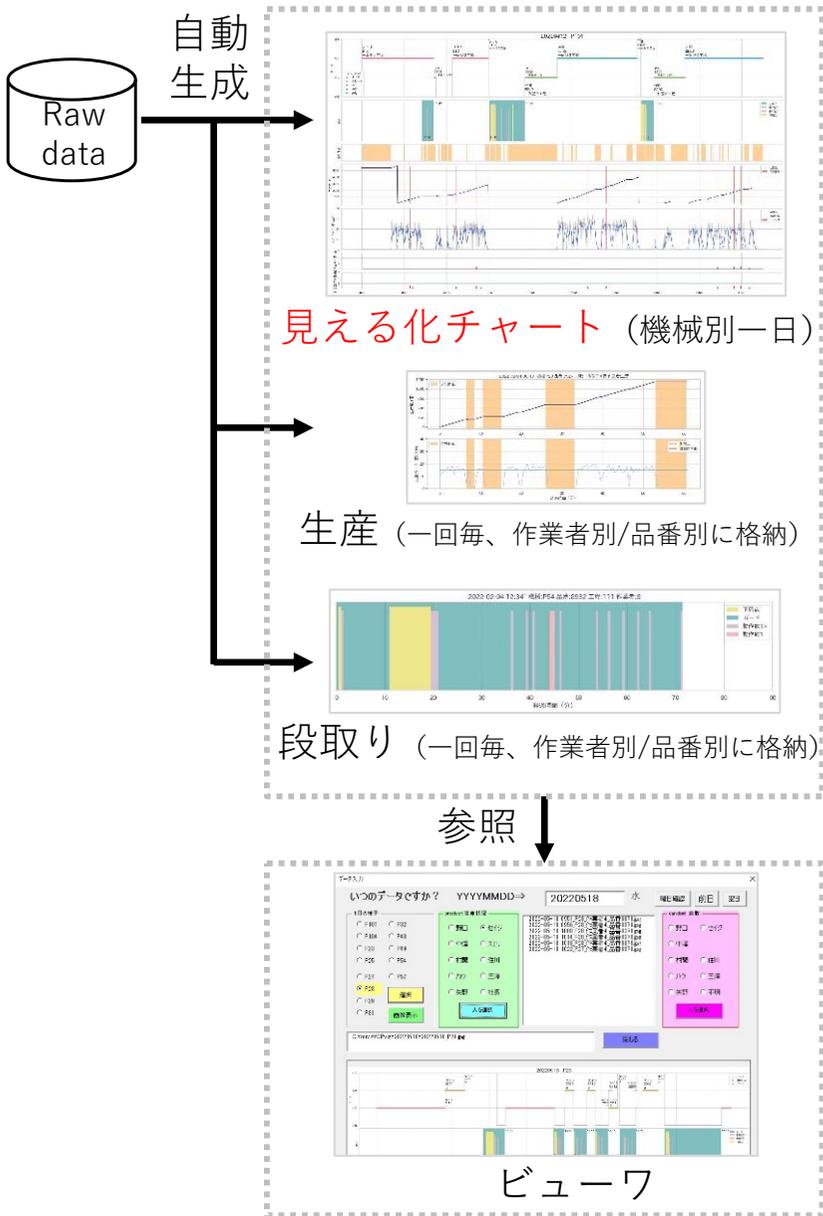
- ・ 共通項、個別性を折り込みながら パタンにする

- ・ 改善活動
- ・ データハンドリングとの連動

- ・ パタンの使用状況を確認する
- ・ IoTデータにみる効果を確認する
- ・ アンケートの前後比較

# MIを構成する3つの要素の関係

## 要素1：データハンドリング



情報共有

支援

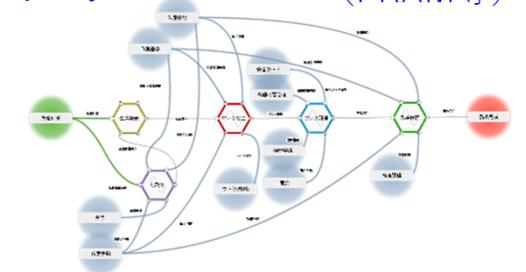
意味づけ

事象への  
気づき

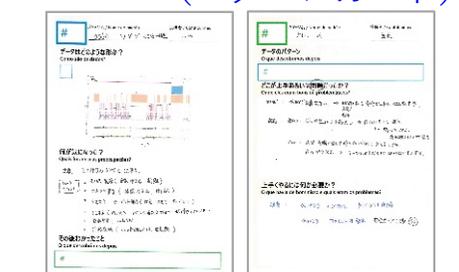
事象の  
構造理解

支援

## 要素2：モデル化・分析フレームワーク (FRAM等)



## 要素3：知識共有ツール (パターンカード)



促進



教訓・工夫  
共有と活用

# IoTデータを活用したモデル化によるプロセス分析

## M-SHELモデル：「誰」ではなく「何」に着目する問題解決フレームワーク

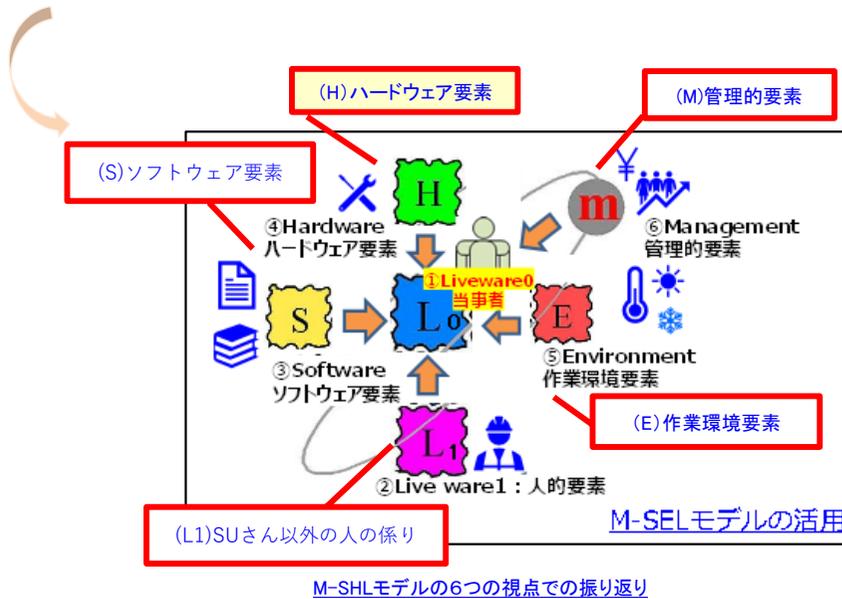
定常プロセスから  
の逸脱発生

・排除ノード

プレス機動作  
(保護機能の喪失)

不適切なワーク挿入  
認知のエラー

・ブレイク



不適切なワーク挿入位置 (L0 当事者：認知のエラー)	
(人的関係要素) ・作業要領の指導・教育訓練実施 ・作業ノウハウの継承 ・失敗経験の伝承	(作業環境要素) ・挿入位置の認識し易さ (明るさ、障害物) ・適切な作業体勢、姿勢の確保
(ハードウェア要素) ・プレスが停止せず動作した (H プレス機：保護機能の喪失) ・アフォーダンス (情報意味付け)	(ソフトウェア要素) ・作業方法の周知 ・教育、訓練の本人理解
(マネジメント要素) ・生産プロセス改善の仕組み ・トラブルの原因究明、再発防止、トラブルの未然防止 の仕組み化 ・現場意見の取り込み手段 (MI) の運用	

ギャップが問題

あるべき姿 ↓ (裏返し) ↑ 現状

不適切なワーク挿入位置 では プレス機は停止する

不適切なワーク挿入位置 で プレスが(停止せず)動作した  
(L0 当事者：認知のエラー) (H プレス機：保護機能の喪失)



# 分析・効果判定の実施形式

## 研究手法：

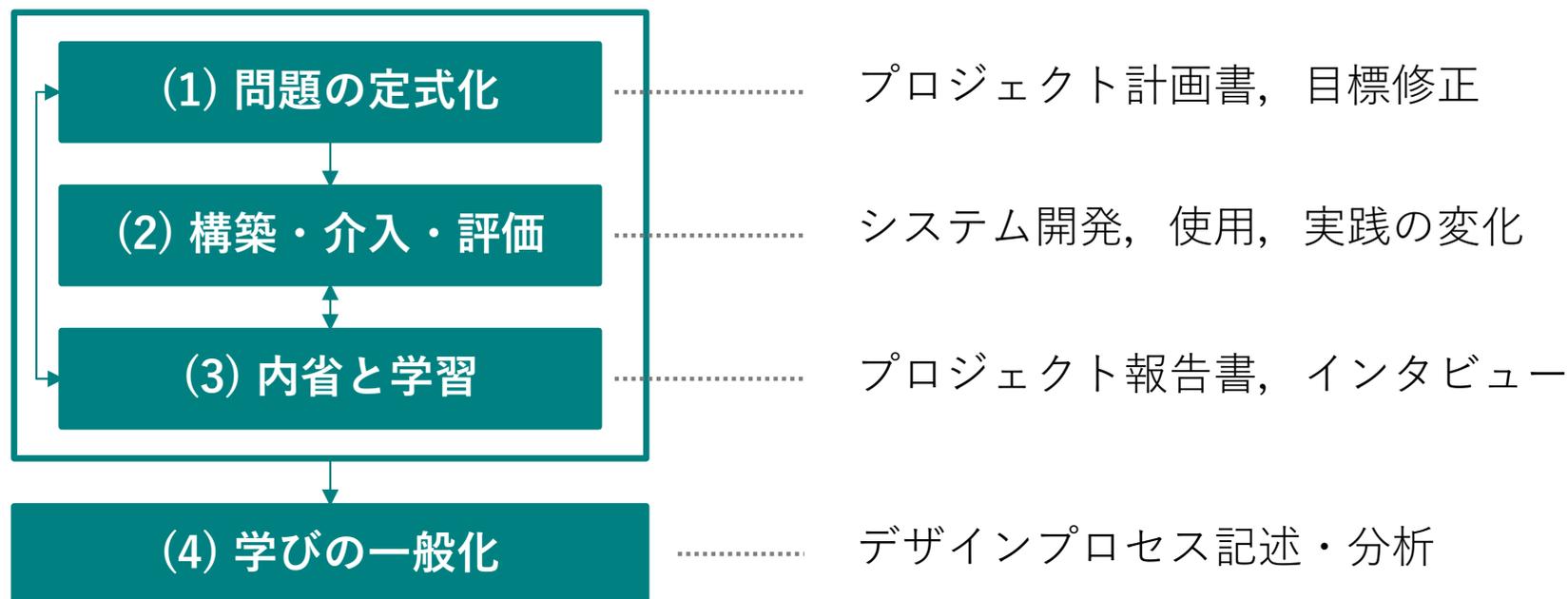
- ・現場設備から得る定量的プロセスデータとインタビュー法により心理的側面(意識のあり方など)を持つ定性的データを組み合わせ、行動実践の変化についてモニタリングする。
- ・行動実践の変化の分析は、組織の成功循環モデルを応用し、「行動の質」を高めるための動機付けに不可欠な「思考の質」の高まりについて分析する。

## 達成目標：

- ・モニタリング対象者の半数以上が事実をもとに自身の良いところを「言える」こと
- ・日頃の工夫や秘訣を相互共有する事が有効と考え 自身の良いところに着目する。

### アクションデザイン・リサーチ

### 本研究



# MIによるデータ活用の事例

## 作業者リーダーの事例

報告日	報告内容
3月29日	<p>工程n（一体型3工程）の生産で、曲げ位置不良がチョコチョコ出ていた。これは、<u>明日言われるだろうな*</u>、と思って覚えていたらやっぱり指摘された。スイッチをONにしたときに、<u>上死点の手前でプレスが止まってしまふ事象</u>が起きていたため、設備故障かと思いメーカーに来てもらったが、再現しなかった。</p> <p>*) 管理者が、前日のチャートを見て気になったことを確かめに行く取り組み</p>
4月8日	<p>再度、<u>工程n</u>の生産があり検証できた。上死点の手前に止まることは結果でしかなく、<u>ワークをセットしスイッチをONにするタイミングに問題がありそうだと</u>が分かった。金型にガイドをつけて挿入を安定させる改善をした。</p>
5月13日	<p>その後も、<u>工程n'</u>（<u>工程n</u>と同じ金型）で、他の人よりもチョコ停が出やすい状態が続いていた。<u>3工程の真ん中で止まりやすいことに気づいたので</u>、スイッチをONにするタイミングを変えてみると、止まらずに生産できるようになった。翌日<u>データを見ると</u>、しっかりと差が出ていた。</p>

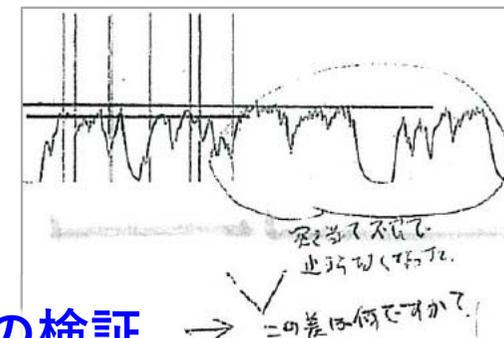
「不良品」という意味ではなく、適正なタイミングより早くワークが動いたこと（=不良の可能性がある）を検出し、機械を自動停止する仕組みになっている。

### → 作業中の省察

チョコ停は”よくあること”であり、記憶に残らないことが多い。データ活用が始まってから、自分自身の生産実践に鋭敏になった。

### → 事象の原因追求

一度、記録・記憶に残った事象は次にやるときに再度追求できる。



### → 工夫の検証

施した工夫の成果を振り返ることができ、効果があった工夫を言えるようになった。

ほか全21件の事例を記録

# 効果とアウトカム

Q. 生産や段取りの作業で最近上手くいったと感じたことは何ですか？

A.

**Before**

**After**

開始時10月13日 終了時点5月16日

具体化+  
データを示  
具体的  
(品番や工夫等)  
抽象的  
言えない

		3
		3
6		2
2		

[解釈] B→Aで何が変化したか

- データという”ものさし”を得た
  - 技能への自信はあったが、具体的な説明はできなかった
  - 思考の質が高まった
- 個からチームへ、共同で考えるように
  - 各々が異なる視点で見ている、共通言語がなかった
  - 関係の質が高まった

経営

現場理解の深化、データを用いた教育・能力の評価

☞ 自ら答え発見できる様に現場を支援

現場

改善スピードの向上、働きやすさへの考察、鋭敏さの向上、作業内容の保証

☞ 現場作業員間の関わり方に変化の兆し (関係性の向上)

顧客

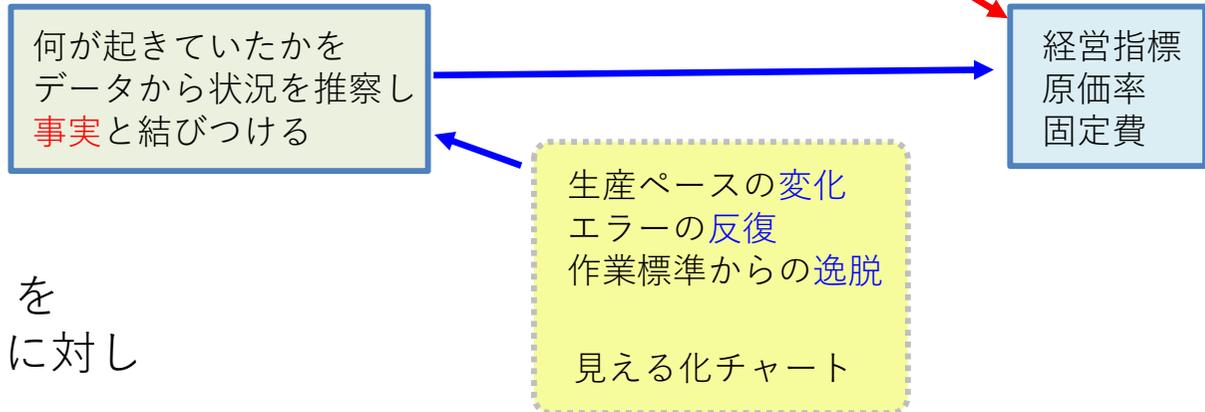
品質管理体制の確実な維持、顧客へのアカウンタビリティ

☞ 2020年度 品質優秀賞,2021年度 生産特別協力賞 (2年連続) を受賞

# まとめ

## トップダウン型改善アプローチ（管理・経営の視点）

- ① IoT導入によるデータの自動収集
- ② 何に着目するか  
= データからどう捉えるか？
- ③ コミュニケーションのための  
情報の共有と理解

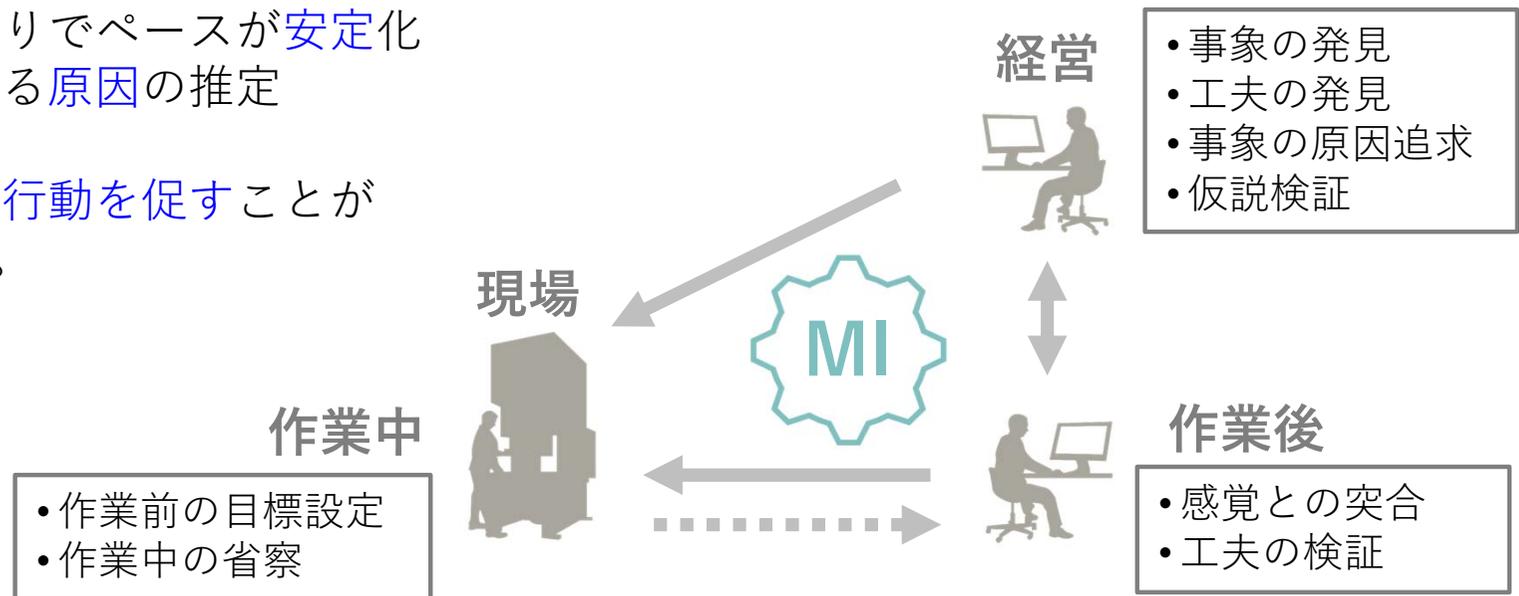


MI（情報基盤）は、現場の「事象」を把握することで起きていることに対して

- ・ 無意識でやっていることの**認識化**
- ・ 作業の振り返りでペースが**安定化**
- ・ 関連付けによる**原因**の推定

など **現場の自発的行動を促す**ことが効果として表れる。

## ボトムアップ型改善アプローチ（現場の視点）



ご清聴ありがとうございました