

製造業の生産性向上に向けた取り組みの支援

(地独)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

2023年11月9日

多摩テクノプラザと多摩地域の産業

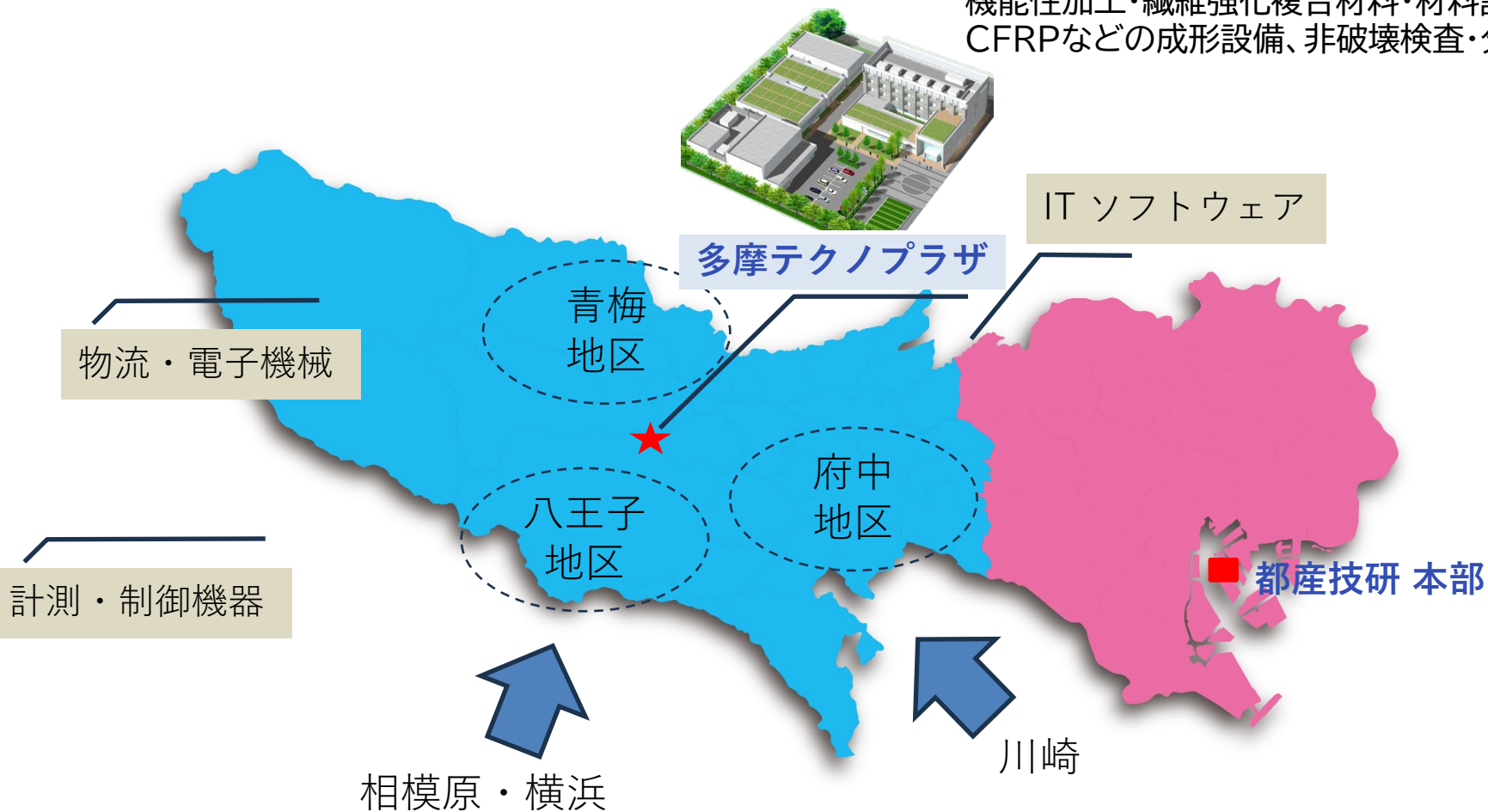
多摩の力で東京を元気に！

電子技術グループ

モビリティEMC分野、電子応用分野
電子計測設備を使用した製品開発の支援

複合素材技術グループ

機能性加工・繊維強化複合材料・材料評価計測
CFRPなどの成形設備、非破壊検査・分析



製造業の生産性向上（昨年の振り返り）

対象：

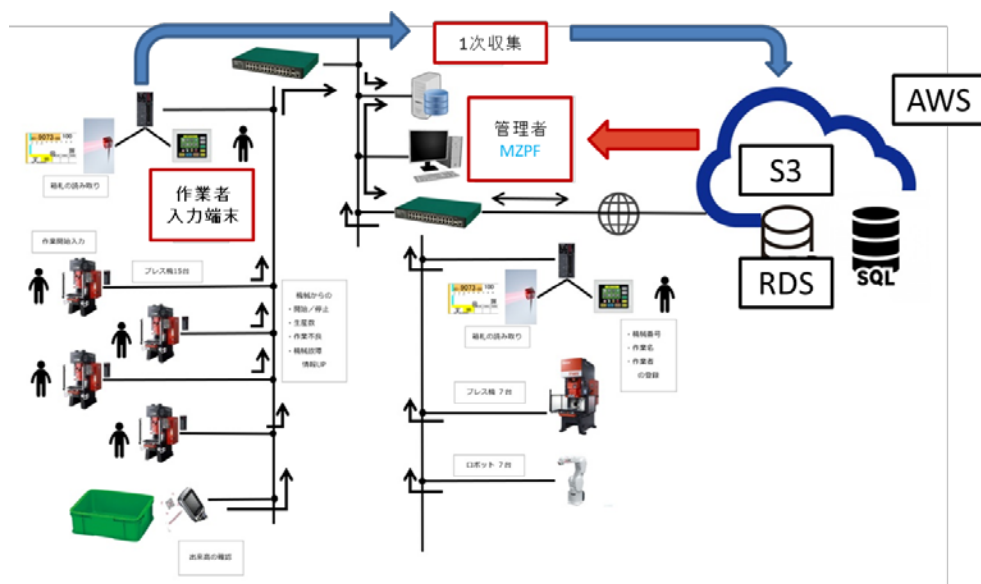
製造業 金属プレス加工

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



IoT導入のシステム構成

プレス機にセンサを設置

- ・カウンタ
- ・エラー判定

入力情報

- ・作業者
- ・作業機械No
- ・品番
- ・加工種別

ソシオテクニカル・デザインによる情報基盤

『見える化』で顕在化した
事象の発生背景を分析し解決へと導く



『エンゲージメント』を
高める仕組みを構築

(ポイント)

1. 事実を把握する (データハンドリング)

➡ 現場が理解できる

2. 知識共有 (パタンカード)

➡ 改善活動などの
付加価値の高い
仕事に集中

3. 分析フレームワーク (要因分析・プロセス分析)

(目標) 人の働きやすさを支援することに着目

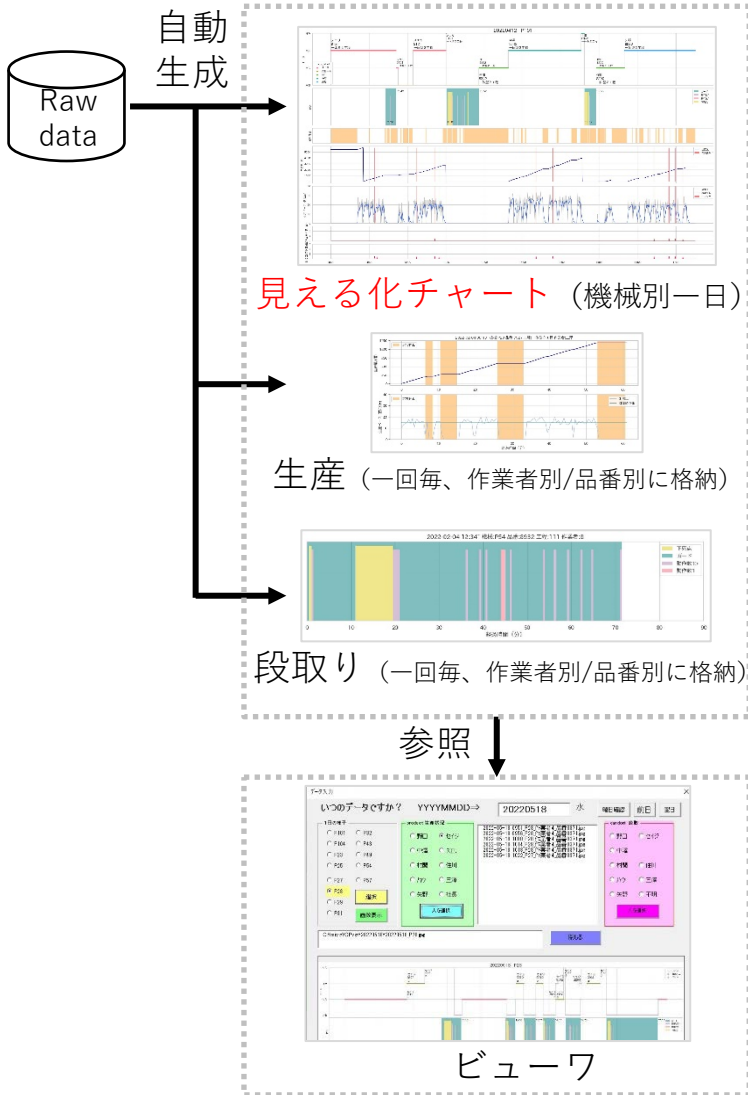
1. 生産プロセスの中で発揮している技能やノウハウのほか、
上手くいかなかった原因と対策などを情報として共有
自発的な生産プロセス変革を支援する新たな仕組みの構築

2. 作業者が生産活動をやり易くするための情報を獲得し、
理解を深めながら、よりよい方向へ変化させる

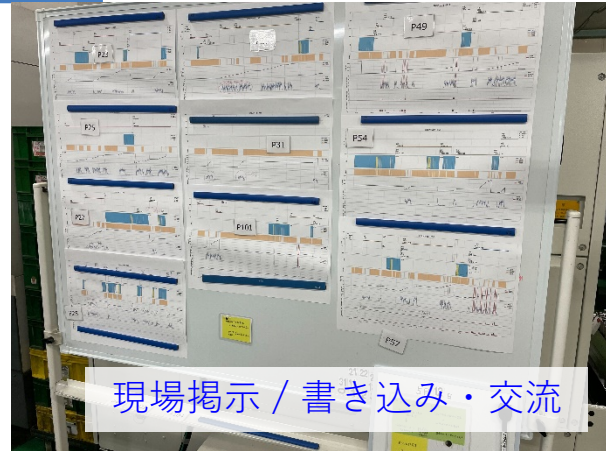
このシステムを「マニュファクチャリング・インフォマティクス」と位置づけ

MIの構成要素

要素1：データハンドリング



情報共有



支援

事象への
気付き

事象の
構造理解

プロセス
変革

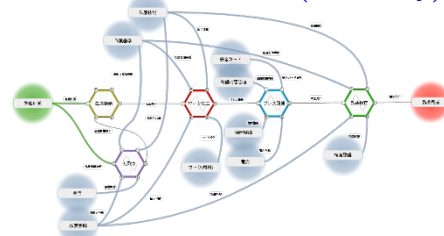
実践
変化

教訓・工夫
共有と活用

支援

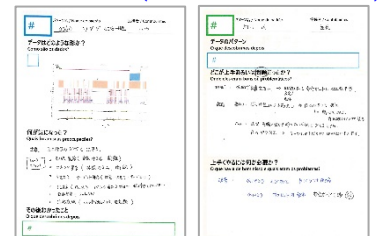
意味
づけ

要素2：モデル化・分析フレームワーク (FRAM等)



促進

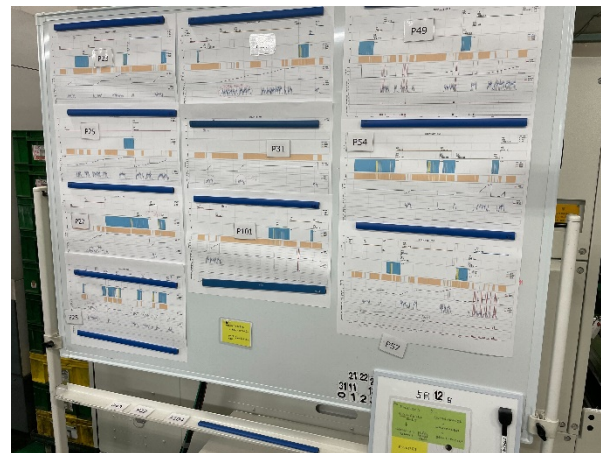
要素3：知識共有ツール (パターンカード)



そして1年後…

良い効果：

- ・ 作業データのチェックが習慣化
(チャートに書き入れコミュニケーションツールとしても役立ち)
- ・ 熟練度の浅い作業者への指導に効果



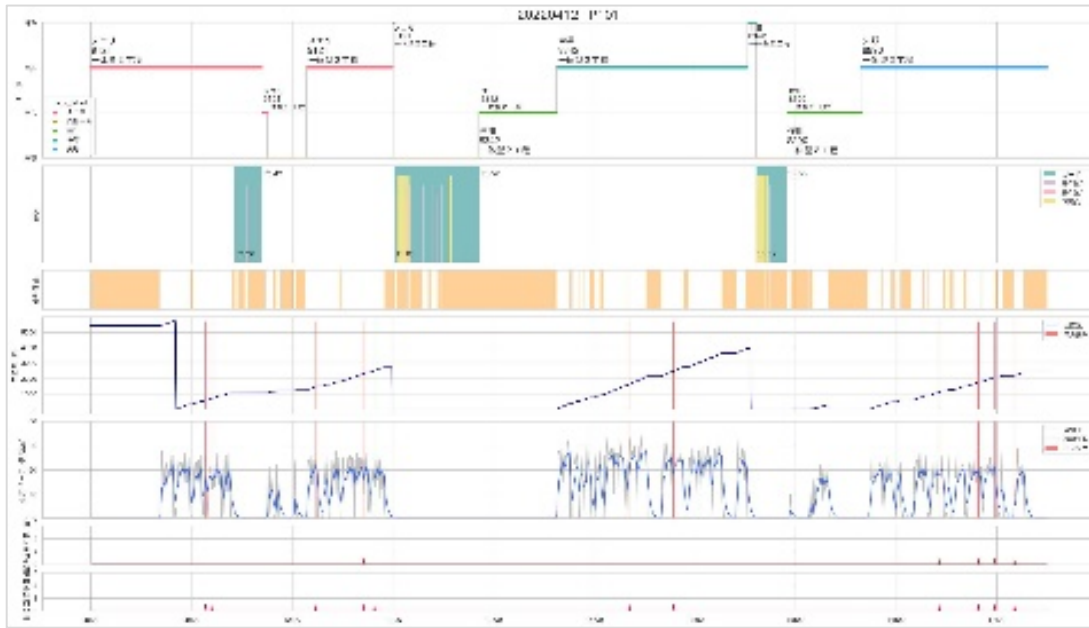
新たな課題：

- ・ 慣れによる感覚の自己補正
(エラー発生 (データ) から改善を見出しにくい)
- ・ 作業日報との連動

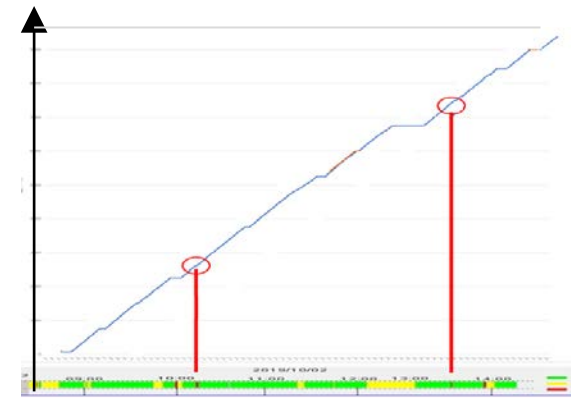
➡ 指標づくり
例 ペースメーカー

➡ 自然言語処理による
情報探索

見える化チャート



見える化チャートの出力例



着目する出来高グラフ

対象：

プレス機を操作する作業者ごとに生成

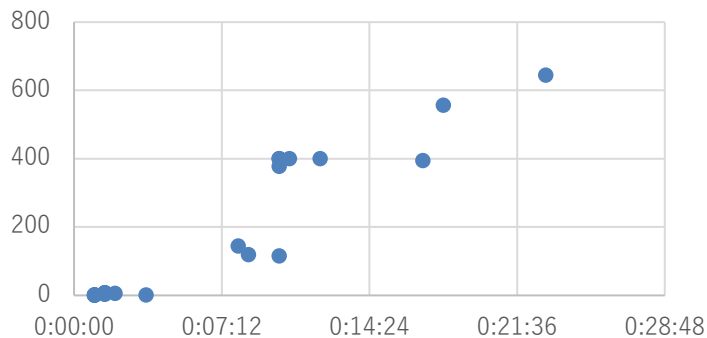
課題：

作業者の熟練度、生産型番、前工程の寸法基準、金型との整合（加工しやすさ）等により、自身が上手く生産できているかチャートだけではわからない。

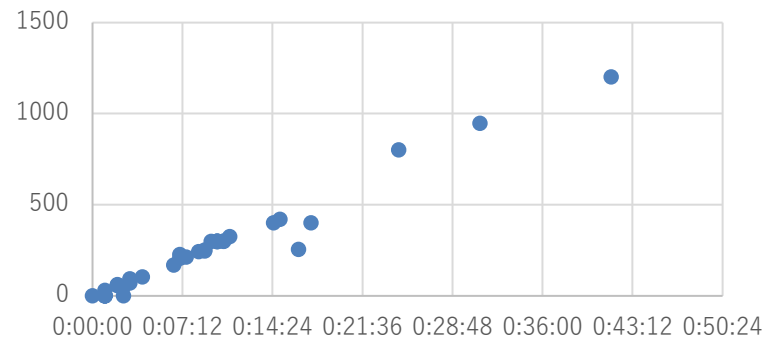
分析対象のデータ

4か所のプレス機の生産データを題材とする。

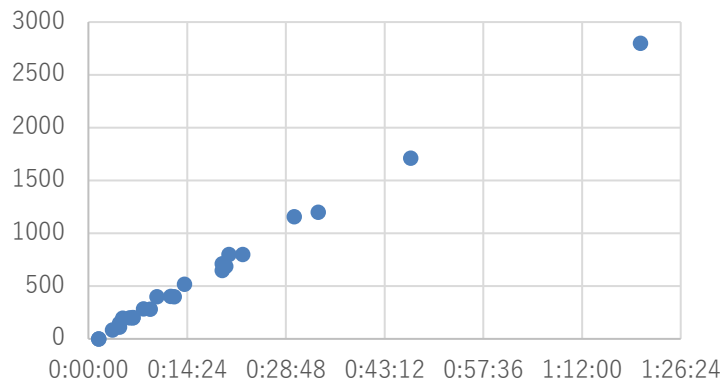
P25 プレス機での生産速度



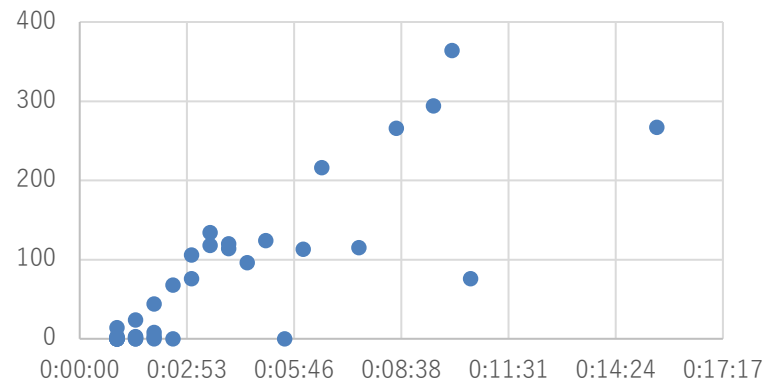
P29 プレス機での生産速度



P104 プレス機での生産速度



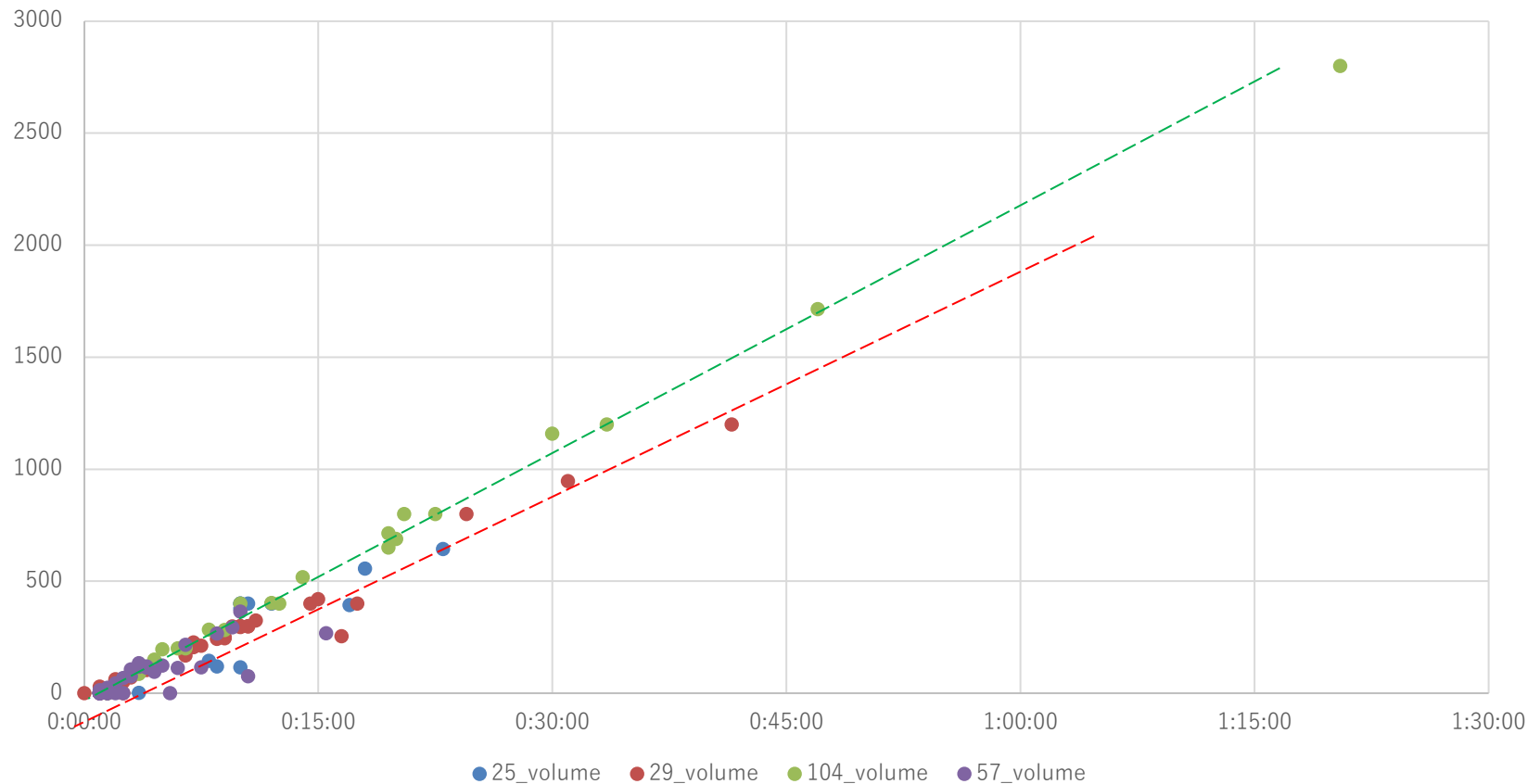
P57 プレス機での生産速度



分析対象のデータ

個々の作業環境の中での生産勾配から作業特性をモデル化する。

プレス機別生産速度（単位時間あたりの出来高）



確率的勾配降下法 (SGD) を適用

データセットを $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$

最適化対象のパラメータを w としたとき、目的関数 $f(w; x)$ が次のように各サンプルから計算される関数 $f_i(w; x_i)$ の和の形で表せる場合を対象.

$$f(w; x) = \sum_{t=1}^N f_i(w; x_i)$$

最小二乗誤差はサンプル x_i に対応する正解をパラメータで表される関数の形状 ($g(x) = ax + b$) を $g(x)$ としたとき次の和で表す.

$$f(w; x) = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (g(w; x_i) - y_i)^2$$

SGDは、すべてのサンプルを使って損失を計算する代わりにランダムに選んだサンプル 1 つで計算した f_i の勾配でパラメータを更新.

基本アルゴリズム

二乗誤差：

$$f(w; x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (g(x_i) - y_i)^2$$

1. 初期値 x_i, y_i を決める.
2. サンプルの1つ x_i をランダムに選ぶ.
3. 勾配 $\nabla(g(x_i) - y_i)^2$ を計算する.
4. 点を更新する.

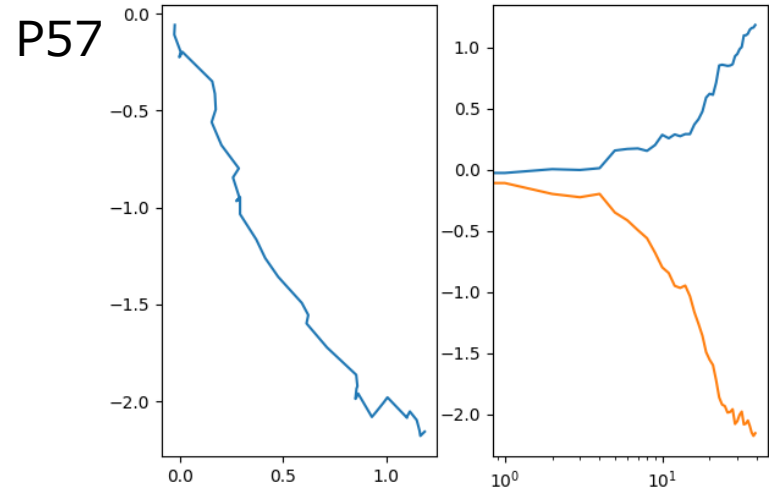
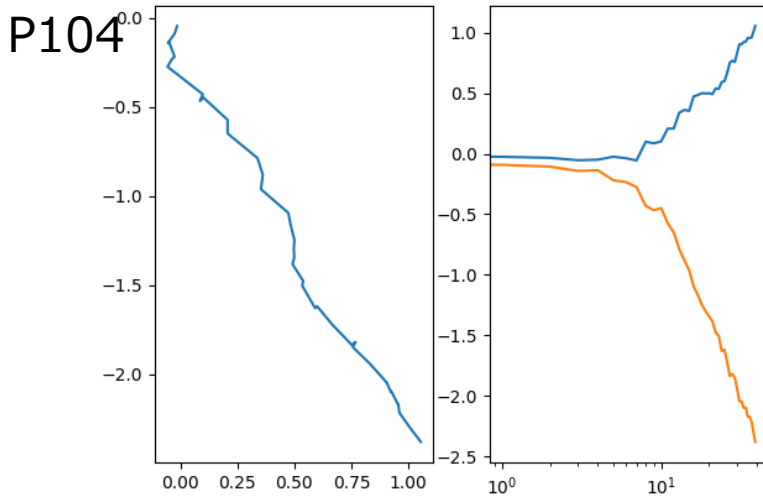
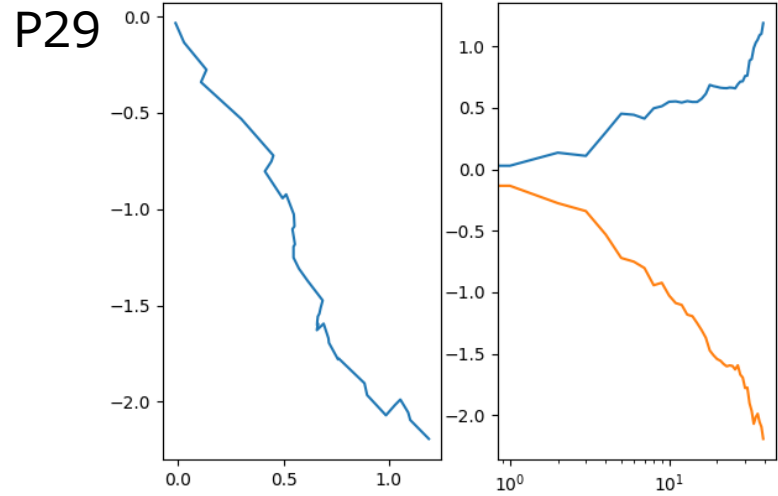
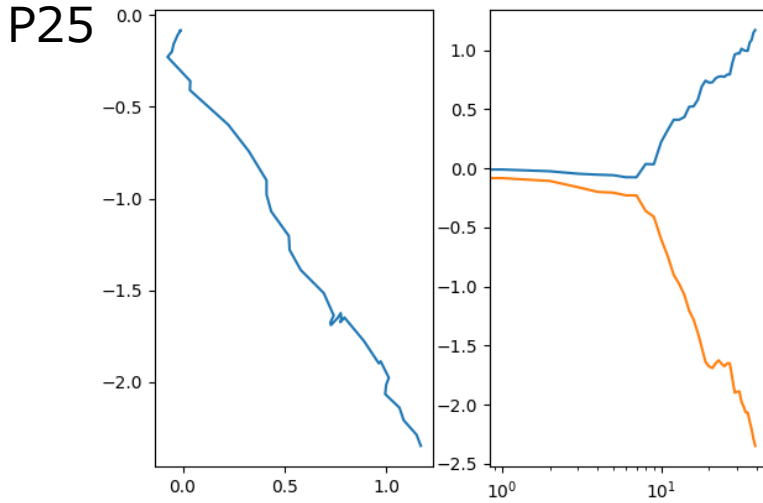
$$a_{t+1} = a_t - \alpha \frac{\partial}{\partial a} \frac{1}{N} (g(x_i) - y_i)^2$$

$$b_{t+1} = b_t - \alpha \frac{\partial}{\partial b} \frac{1}{N} (g(x_i) - y_i)^2$$

演算結果

Fig(左)は縦軸a 横軸b としFig(右)はパラメータ収束の推移(青:a 橙:b).

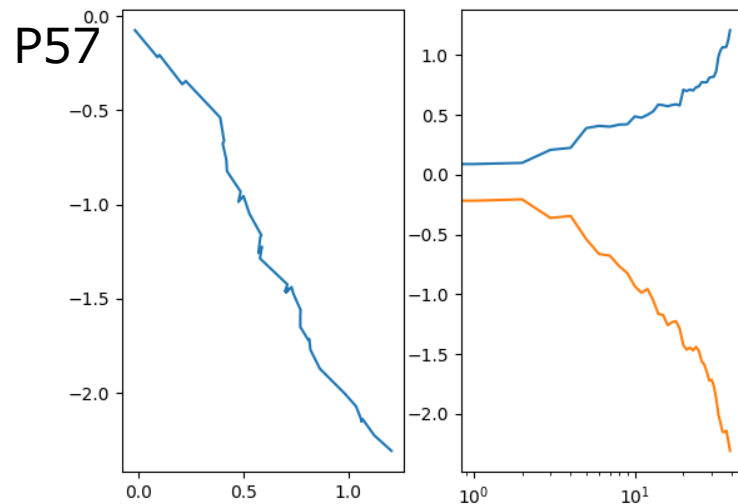
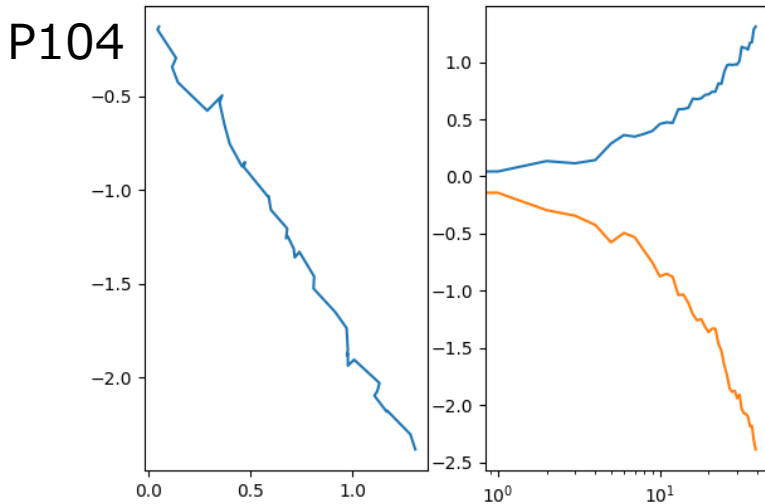
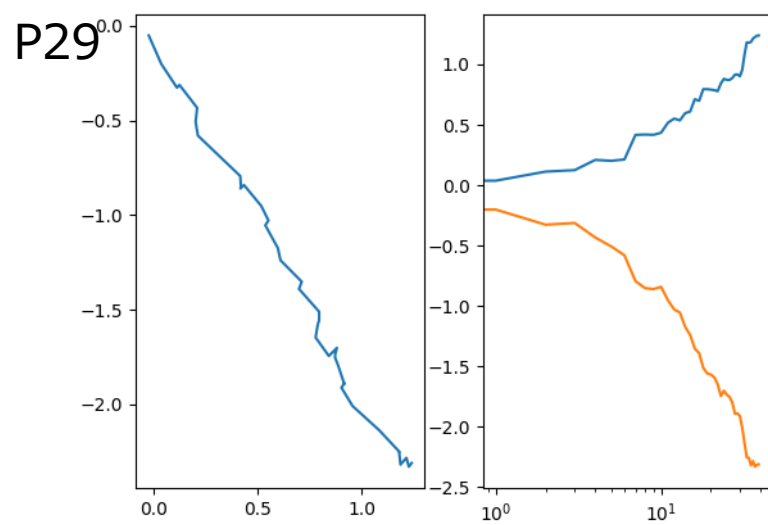
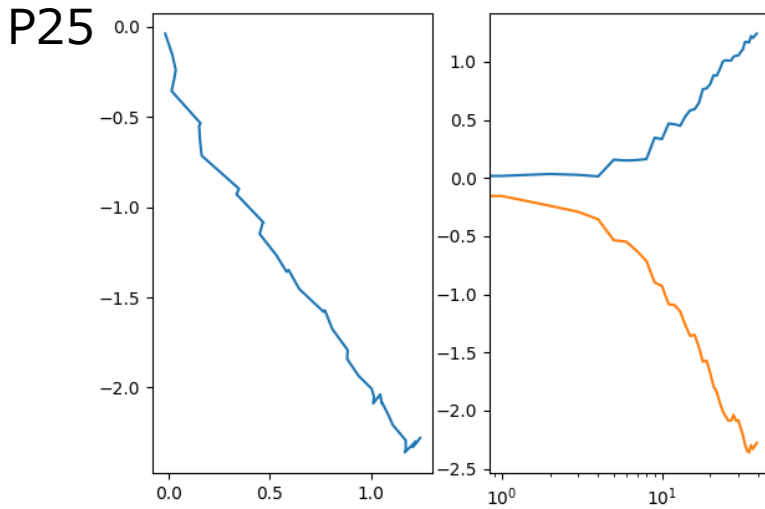
学習率 0.01



演算結果

Fig(左)は縦軸a 横軸b としFig(右)はパラメータ収束の推移(青:a 橙:b).

学習率 0.001



線形回帰結果

	a	b	a	b
学習率	0.01		0.001	
P25	1.17088562	-2.34762881	1.24158578	-2.27943001
P29	1.18935063	-2.19368673	1.23939312	-2.31053633
P194	1.05392387	-2.37964594	1.30987223	-2.38591876
P57	1.18513902	-2.15546209	1.20757257	-2.3077851

解析結果の活用

- ・作業者の安心感と作業安定性の指標（右図）
- ・機械学習を用いた特徴把握のためのパラメータの定義・探索

①作業データの相関を考える

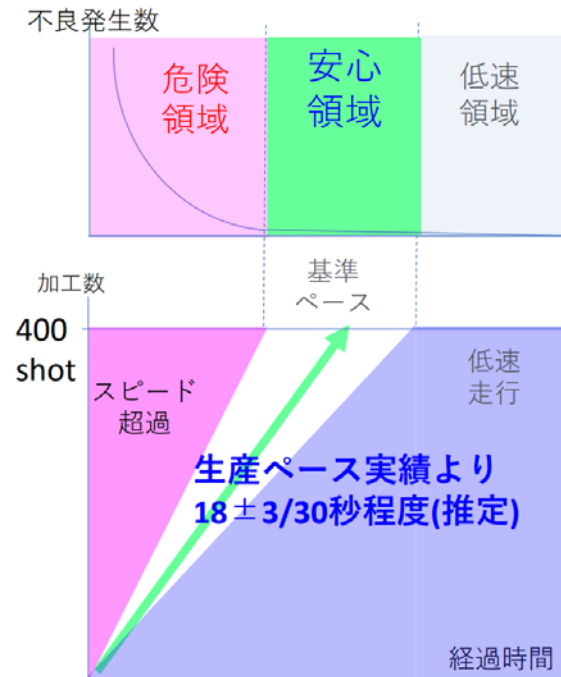
例：

- ・出来高の時間推移
- ・チョコ停の頻度、周期、長さ
- ・時間当たりの作業ペース
- ・不良アラートとその前後のペースの差異
- ・金型組の複雑さと試打の数
- ・出来高ー所要時間の品番チャート、工程チャート

②データの関係が何の効用に結び付くかを考える

例：

- ・上手くいっている・いない（理想・意図した通りorギャップ）
- ・ペースの乱れ、安定しない
- ・稼働割合・作業効率（速い遅いでなく自身のバロメータ）
- ・熟練度の分類



まとめ

- ・振り返りとして、見える化の先に取り組む方向性の一つとして基盤技術（MI）の概念について述べた。
- ・システムで得られる生産プロセス情報のうち、出来高グラフに着目し作業におけるデータゆらぎを分析する手法として確率的勾配降下法を用いた。
- ・生産活動の中で、膨大に生成するデジタルデータを活用する一つの応用事例として生産速度勾配を一つの指標にすることができることを示した。