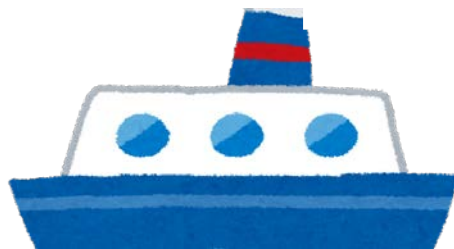


生産シミュレーションを用いた ETO生産実行計画の改善アプローチ

神奈川大学 工学部 経営工学科
翁 嘉華

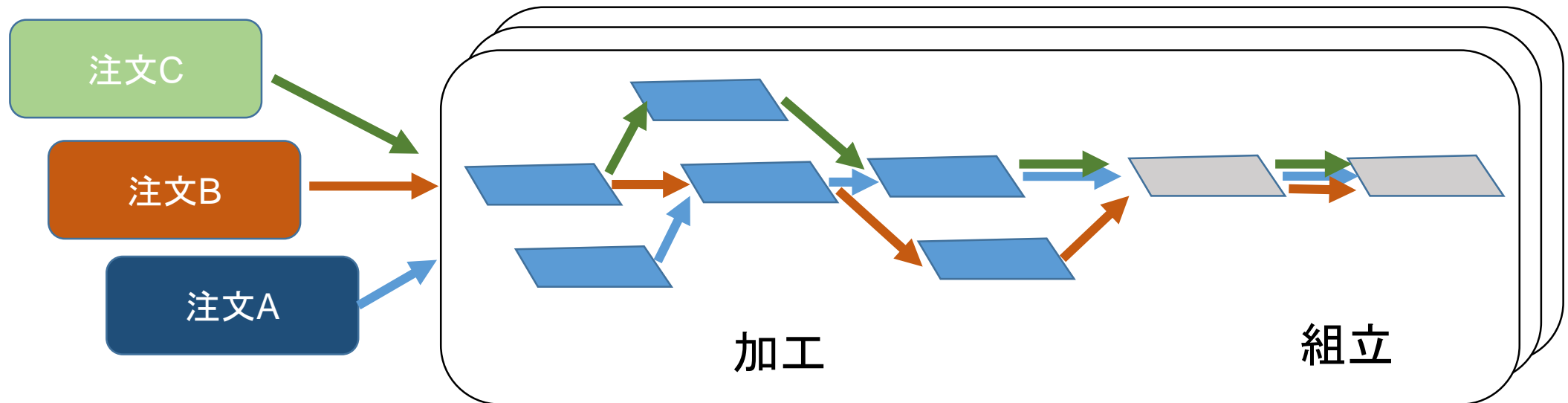
ETO生産とは

- ETO (Engineer-to-Order) 個別受注設計生産
- プロジェクト型: 船, プラントなど
- プロダクト型: 工作機械, 金型, 攪拌機, バルブなどの機械部品など



対象製品(プロダクト型)の特徴

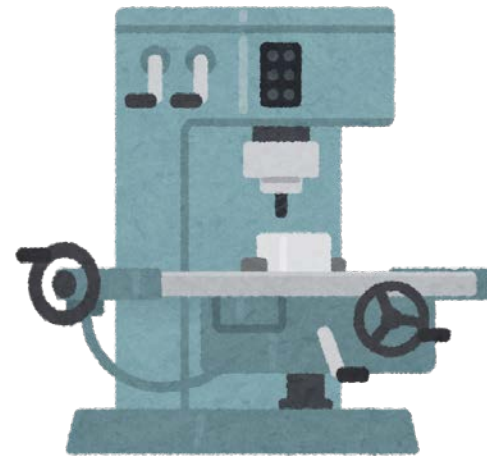
- 多品種少量／個別
- 製品種毎に数十から数百の部品を要す
- 製品種毎の部品構成が異なる
- 部品毎の加工ルート／工程毎の加工時間が異なる



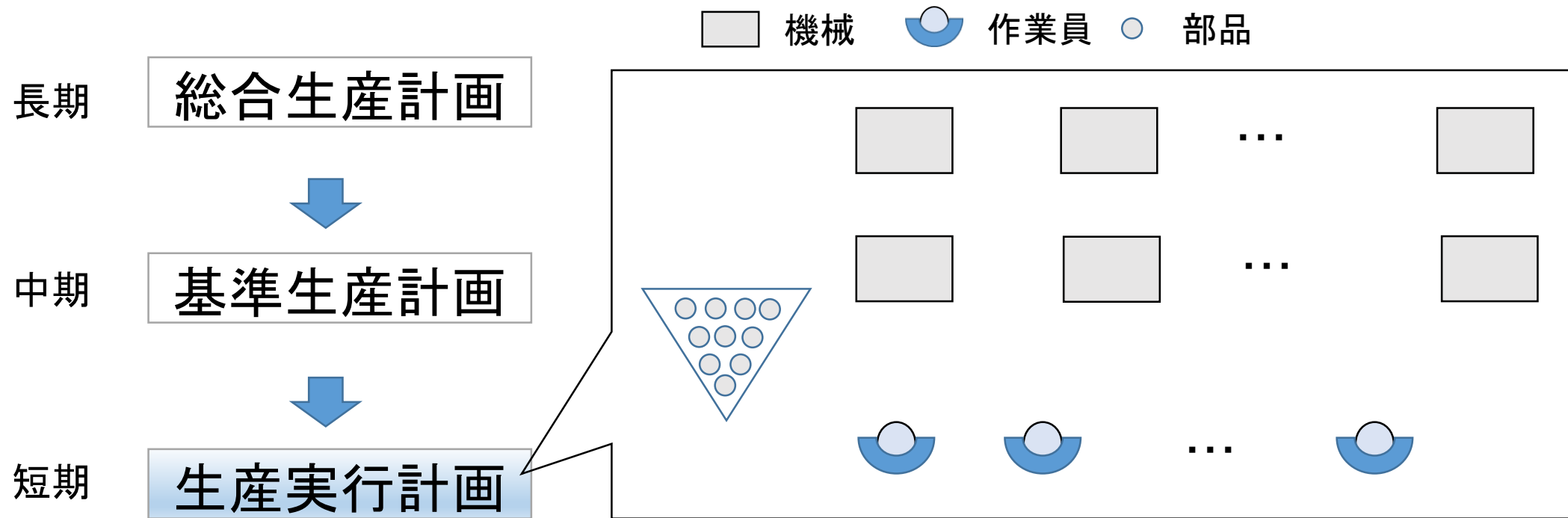
対象工場における作業員の特徴

- 勤務年数
- 担当作業経験

が異なる, 様々な作業員が居る

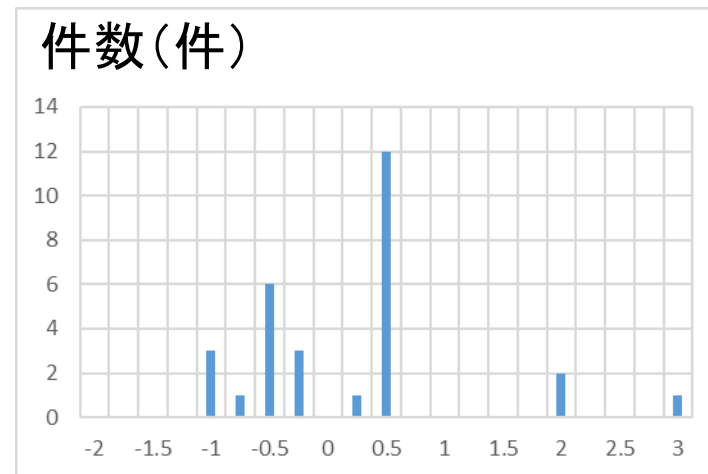
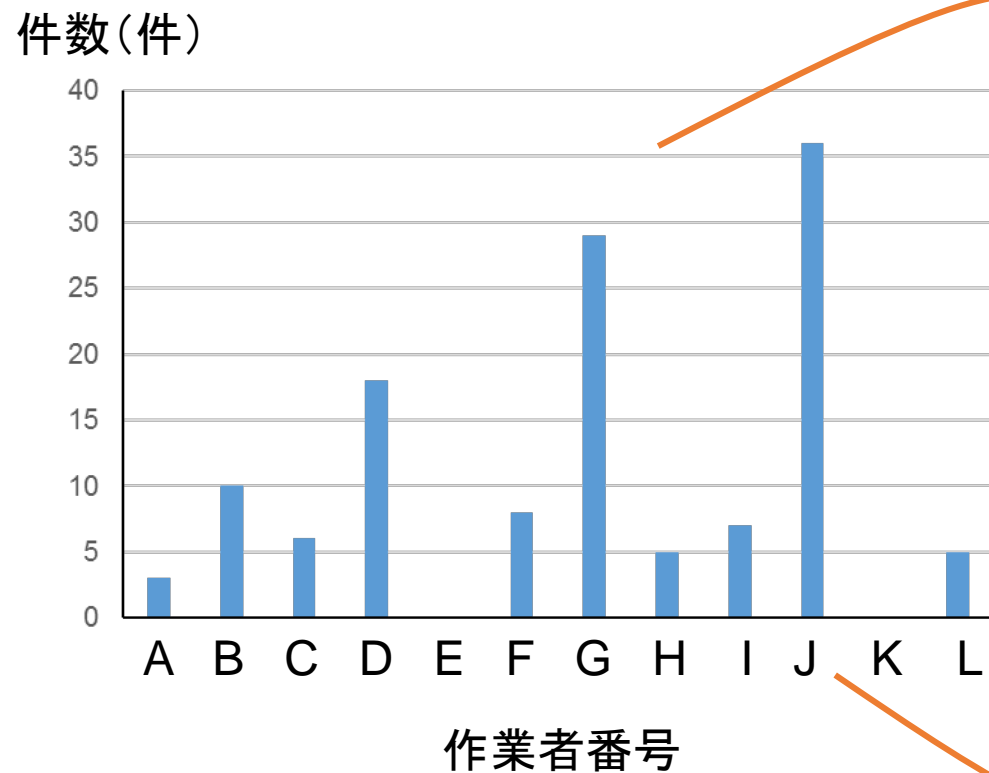


生産実行計画とは

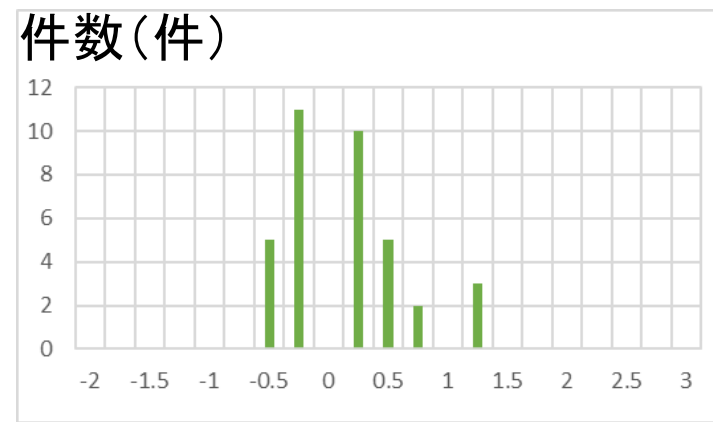


現状の問題現象

- 計画と実績常に乖離がある

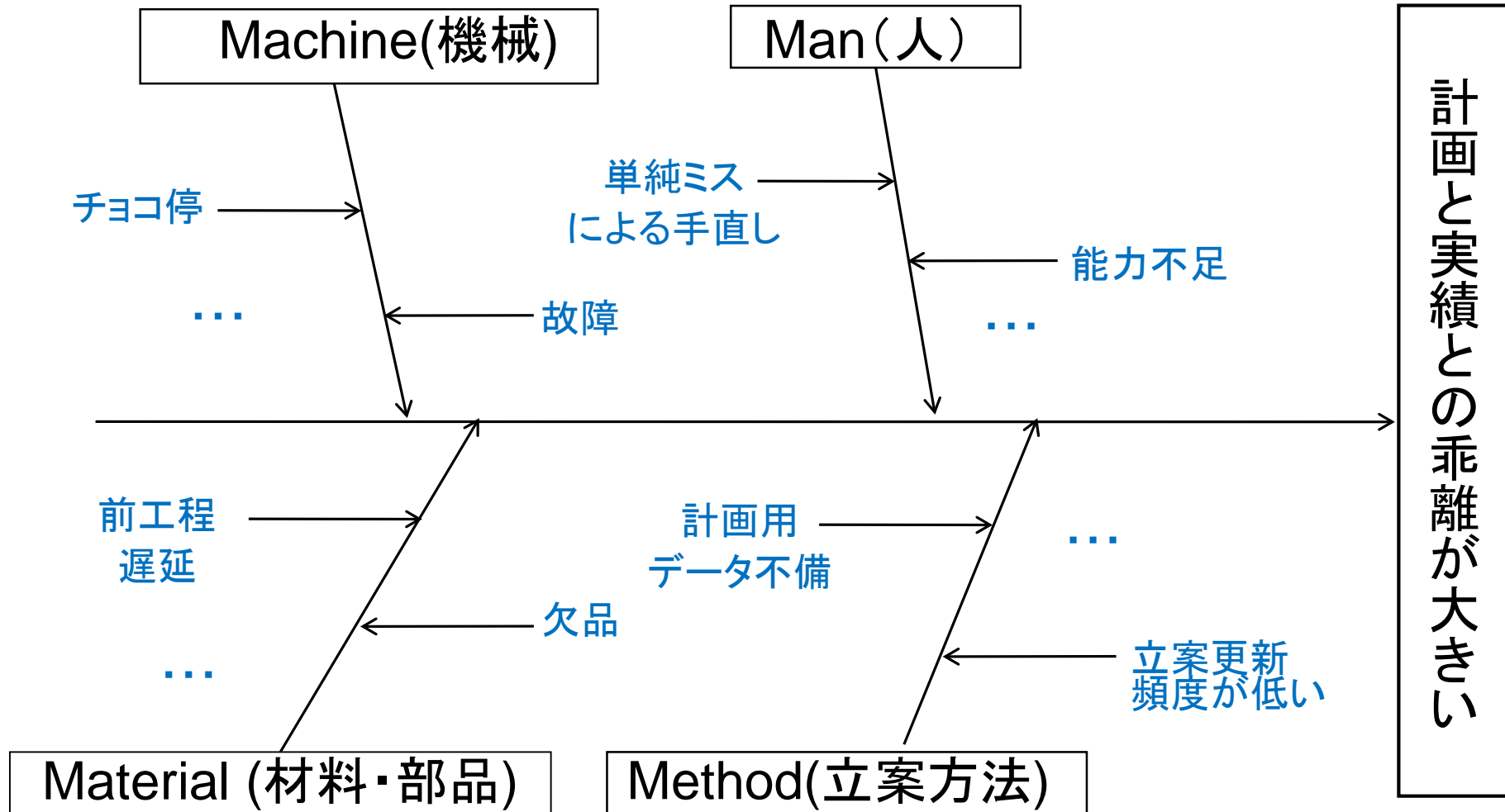


実績時間-計画時間



実績時間-計画時間

原因分析(例)



対策

- 作業者の作業能力を考慮した作業割付
- 変化に合わせて、その都度フレキシブルな作業割付
手待ち状態の作業者が居れば、(計画以外の)別の作業を指示
- 故障を含む各種予想外事象の影響度確認

等々

効果見積・システム挙動確認のツール

- 各種対策を生産実行計画に反映する

本当に効果があるの？
現場が時々刻々
変化・変動するよ



シミュレーションモデル(S-quattro)の利用

- ✓ 各種生産条件を変えながら生産システムの挙動
- ✓ 各種外乱(欠品・故障など)の影響



事前確認可能

ケース(1)

大型製品組立ショップにおける作業割付法の検討

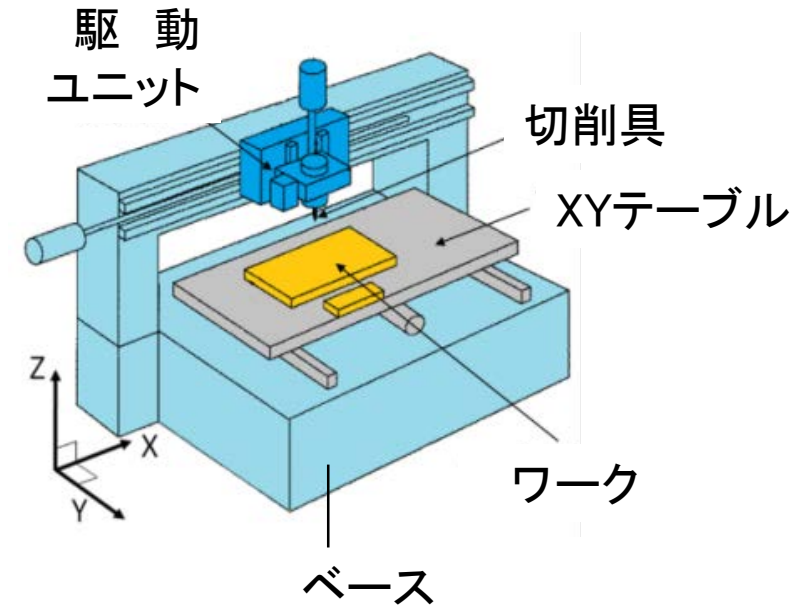
背景と目的

工作機械業界は経済状況によって需要が変動するため、受注台数が急増した時に、能力不足を起こしやすい

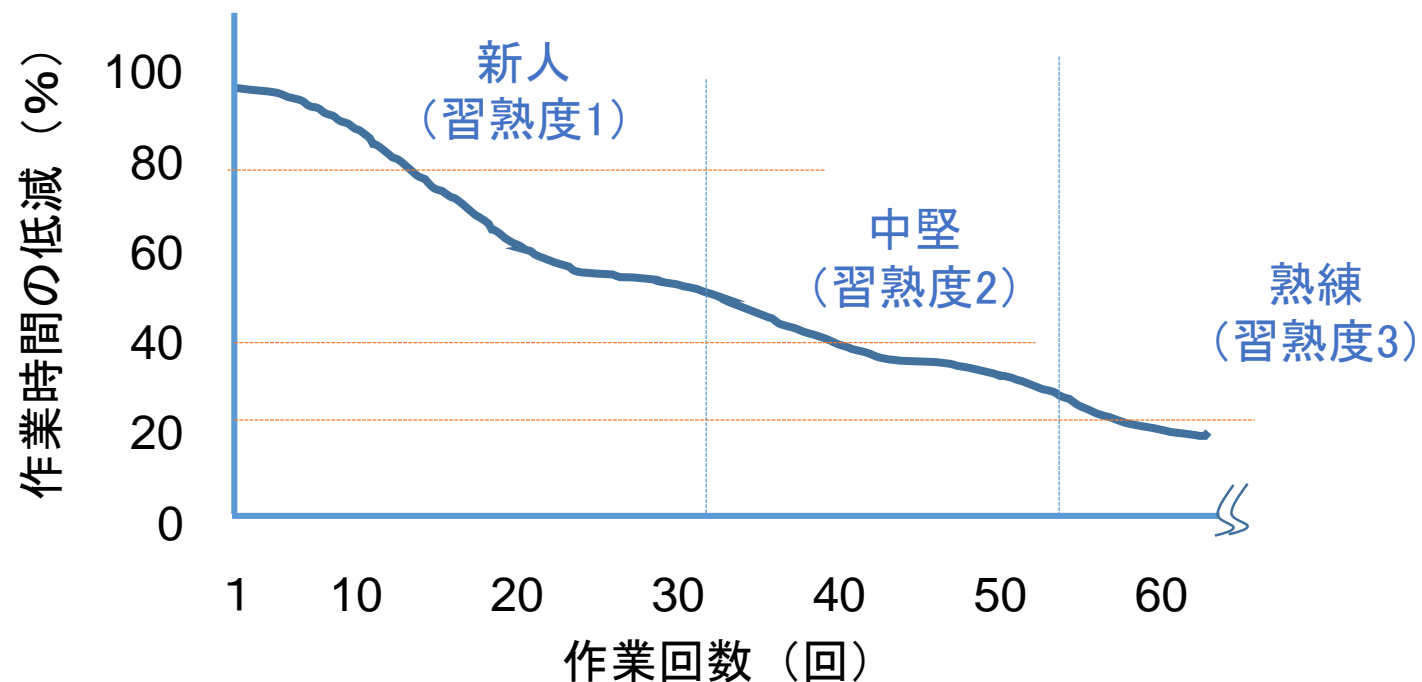
対策: 新人作業者の投入

問題点: 計画通りに作業が進行できていない

作業習熟度を考慮した作業者への作業割付方法を検討



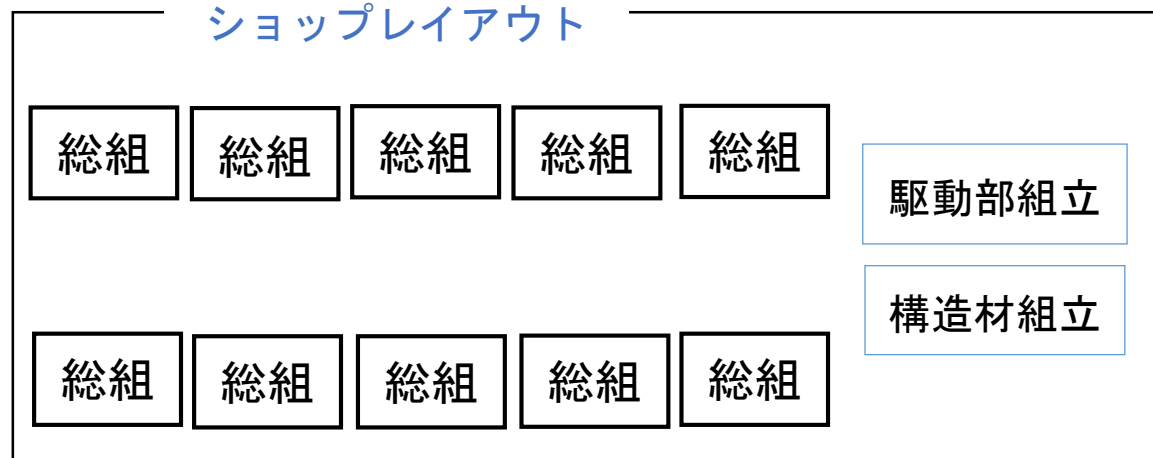
作業習熟度と作業時間



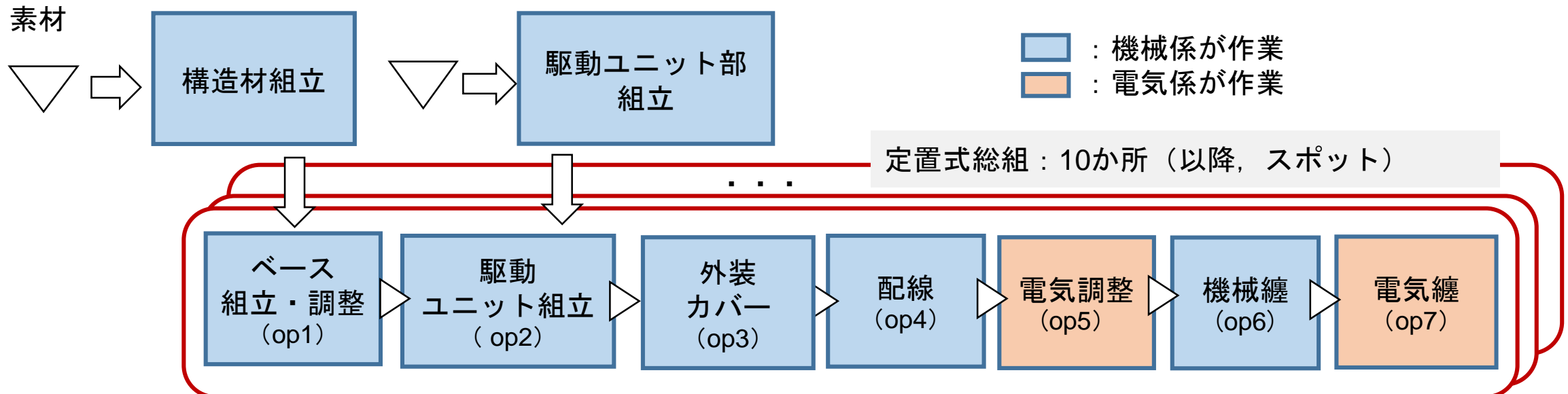
- 作業習熟度に応じて作業者を3段階評価
- 作業回数に応じて作業時間の低減を表現(習熟済:一定値)

習熟による作業時間の変化のイメージ図

ショップレイアウトと組立工程フロー



総組：
定置組立
分担作業
作業員：26名



工場Aにおける作業者の習熟段階例

	ベース組立 ・調整	駆動 ユニット組付	外装カバー 取付け	配線	電気調整	機械纏	電気纏
作業者A	▲	▲				▲	
作業者B	▲	▲				▲	
作業者C	▲	○				▲	
作業者D	▲	▲				▲	
作業者E	▲	▲				▲	
作業者F	▲	▲				▲	
作業者G				▲	▲		▲
作業者H				▲	▲		▲
作業者I				▲	▲		▲
作業者J	○	▲				▲	
作業者K	▲	○				▲	
作業者L	○	○				○	
作業者M	▲	○				▲	
作業者N	▲	○				▲	
作業者O				○	▲		○
作業者P				○	▲		○
作業者Q				▲	○		○
作業者R				▲	○		○
作業者S	▲	▲				○	
作業者T	▲	▲				○	
作業者U	▲	▲				○	
作業者V	▲	▲				○	
作業者W	▲	▲				○	
作業者X							
作業者Y							
作業者Z							

習熟段階

○: 段階III (習熟度3)

▲: 段階II (習熟度2)

空欄: 段階I (習熟度1)

習熟段階と作業時間

○: ▲の約半分

▲: 実務上の標準時間

空欄: ▲の約2倍

新人

現状の作業配分(総組作業の例)

作業 作業者	ベース組立 ・調整	駆動 ユニット組付	外装カバー 取付(2人作業)	配線	電気調整	機械纏	電気纏
作業者A							
作業者B							
作業者C		3	3				
作業者D							
作業者E							
作業者F							
作業者G							
作業者H							
作業者I							
作業者J	3						
作業者K		3	3				
作業者L	3	3	3			3	
作業者M		3	3				
作業者N			1				
作業者O				1			1
作業者P				3			3
作業者Q					3		3
作業者R					3		3
作業者S						3	
作業者T						3	
作業者U						3	
作業者V						3	
作業者W						3	
作業者X		1					
作業者Y							
作業者Z					1		

作業者C, J
~XとZの17
名が, 10か所
の総組(最終
組立)を担当

駆動ユニット
部と構造材
組立を担当

3:習熟度3
2:習熟度2
1:習熟度1

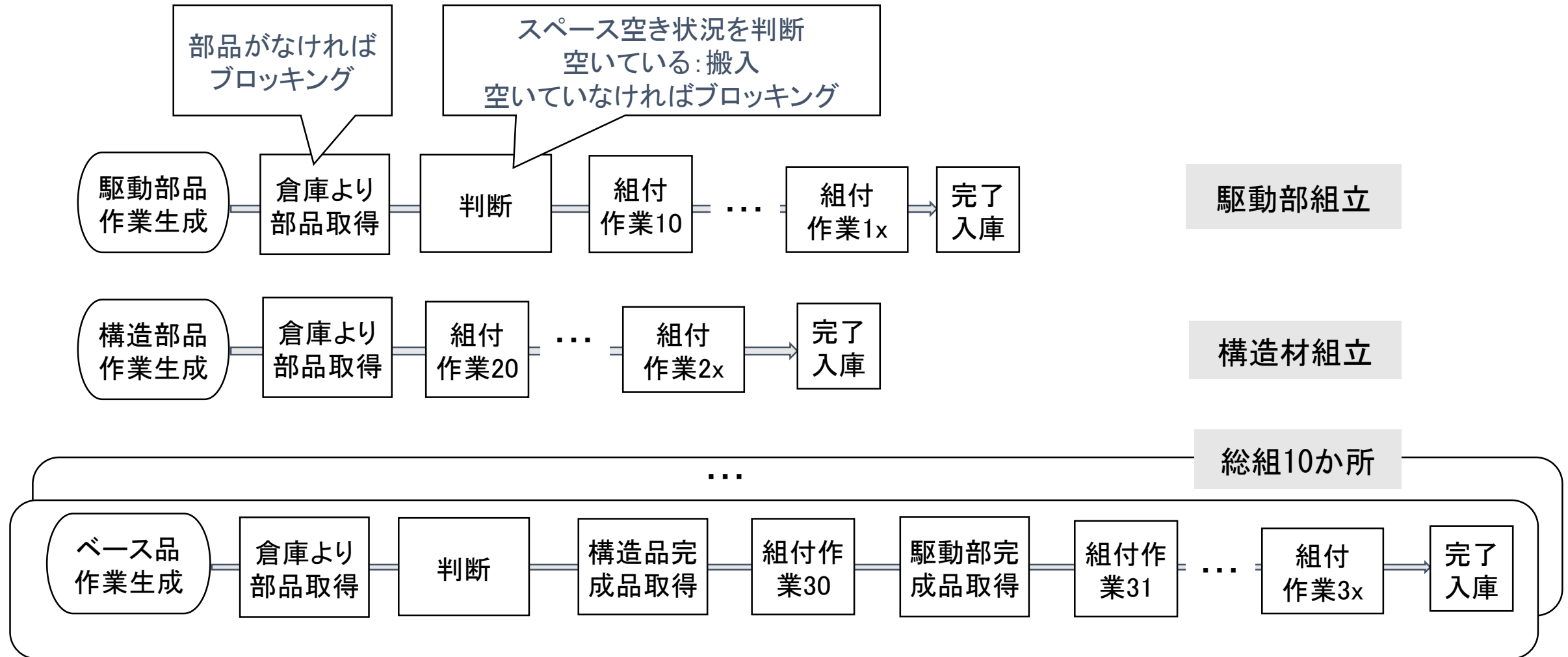
作業配分(総組作業)改善案

作業 作業者	ベース組立 ・調整	駆動 ユニット組付	外装カバー 取付(2人作業)	配線	電気調整	機械纏	電気纏
作業者A	2	2	2			2	
作業者B	2	2	2			2	
作業者C	2	3	3			2	
作業者D	2	2	2			2	
作業者E	2	2	2			2	
作業者F	2	2	2			2	
作業者G				2	2		2
作業者H				2	2		2
作業者I				2	2		2
作業者J	3	2	2			2	
作業者K	2	3	3			2	
作業者L	3	3	3			3	
作業者M	2	3	3			2	
作業者N			1				
作業者O				1			1
作業者P				3	2		3
作業者Q				2	3		3
作業者R				2	3		3
作業者S	2	2	2			3	
作業者T	2	2	2			3	
作業者U	2	2	2			3	
作業者V	2	2	2			3	
作業者W	2	2	2			3	
作業者X		1					
作業者Y							
作業者Z							1

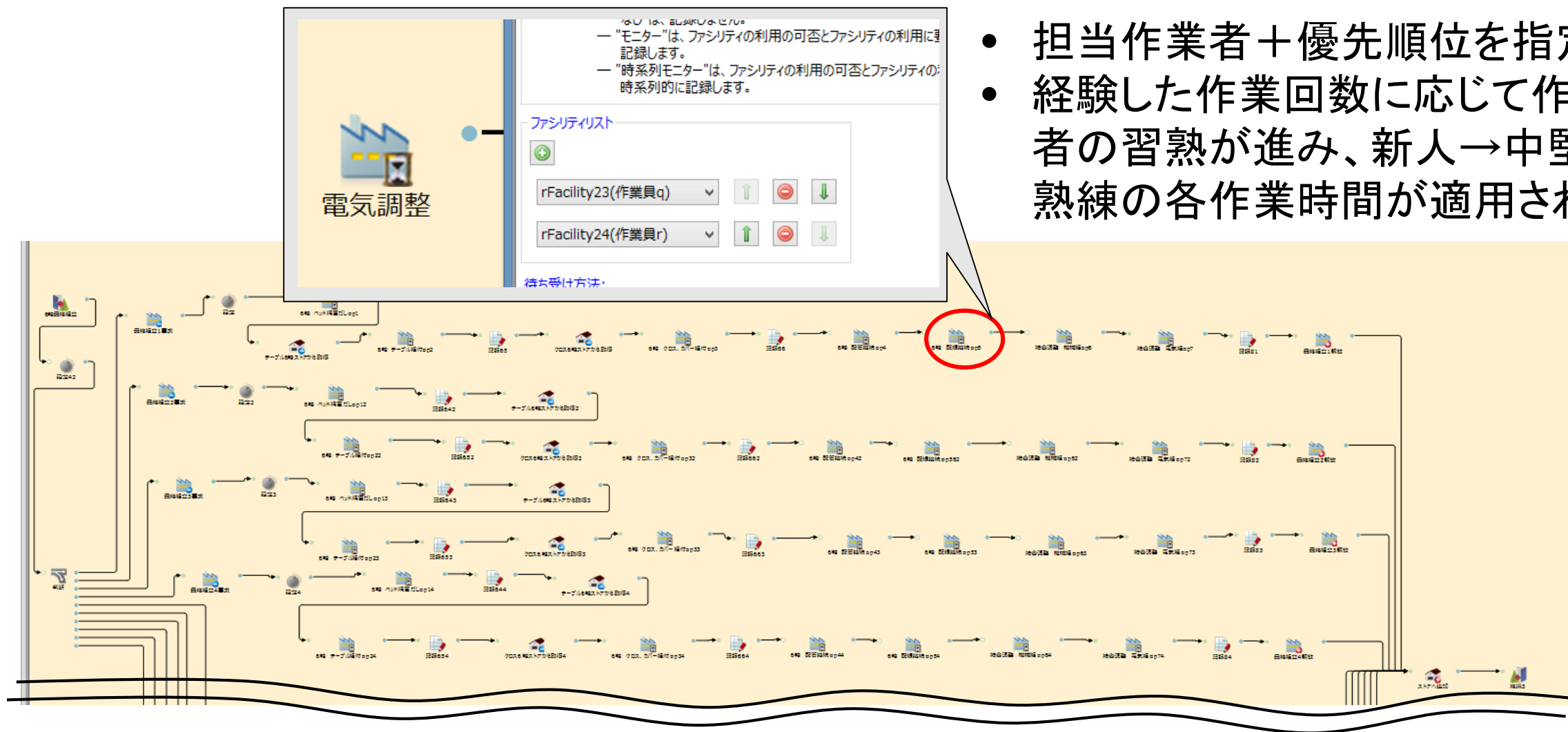
中堅作業者の担当
範囲を拡大(作業
要求が発生する
度, 空いている作
業者を選び)

3:習熟度3
2:習熟度2
1:習熟度1

工場Aの生産工程モデル(S4) モノの流れ



作成したシミュレーションモデルの一部

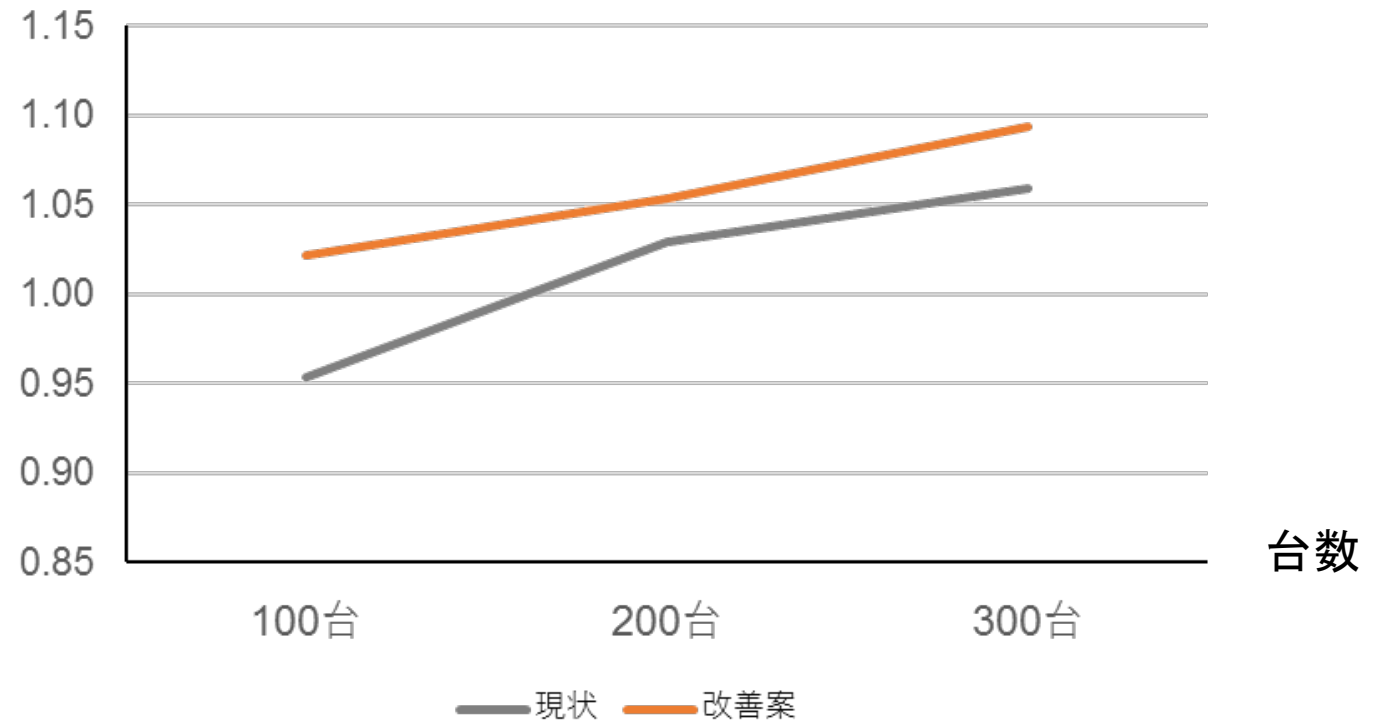


- 担当作業員 + 優先順位を指定
- 経験した作業回数に応じて作業員の習熟が進み、新人 → 中堅 → 熟練の各作業時間が適用される

シミュレーション結果 生産率向上効果

生産率(台/日)

- 生産環境：
100～300台
- 評価指標
生産率
技能度 など



シミュレーション結果 作業者習熟度の変化

作業 作業者	ベース組立 ・調整	駆動 ユニット組付	外装カバー 取付(2人作業)	配線	電気調整	機械纏	電気纏
作業者A	2	2	2			2	
作業者B	2	2	2			2	
作業者C	2	3	3			2	
作業者D	2	2	2			2	
作業者E	2	2	2			2	
作業者F	2	2	2			2	
作業者G				2	2		2
作業者H				2	2		2
作業者I				2	2		2
作業者J	3	2	2			2	
作業者K	2	3	3			2	
作業者L	3	3	3			3	
作業者M	2	3	3			2	
作業者N			1				
作業者O				1			1
作業者P				3	2		3
作業者Q				2	3		3
作業者R				2	3		3
作業者S	2	2	2			3	
作業者T	2	2	2			3	
作業者U	2	2	2			3	
作業者V	2	2	2			3	
作業者W	2	2	2			3	
作業者X		1					
作業者Y							
作業者Z							1

習熟度3に

3:習熟度3
2:習熟度2
1:習熟度1

作業配分(総組作業)新人作業追加案

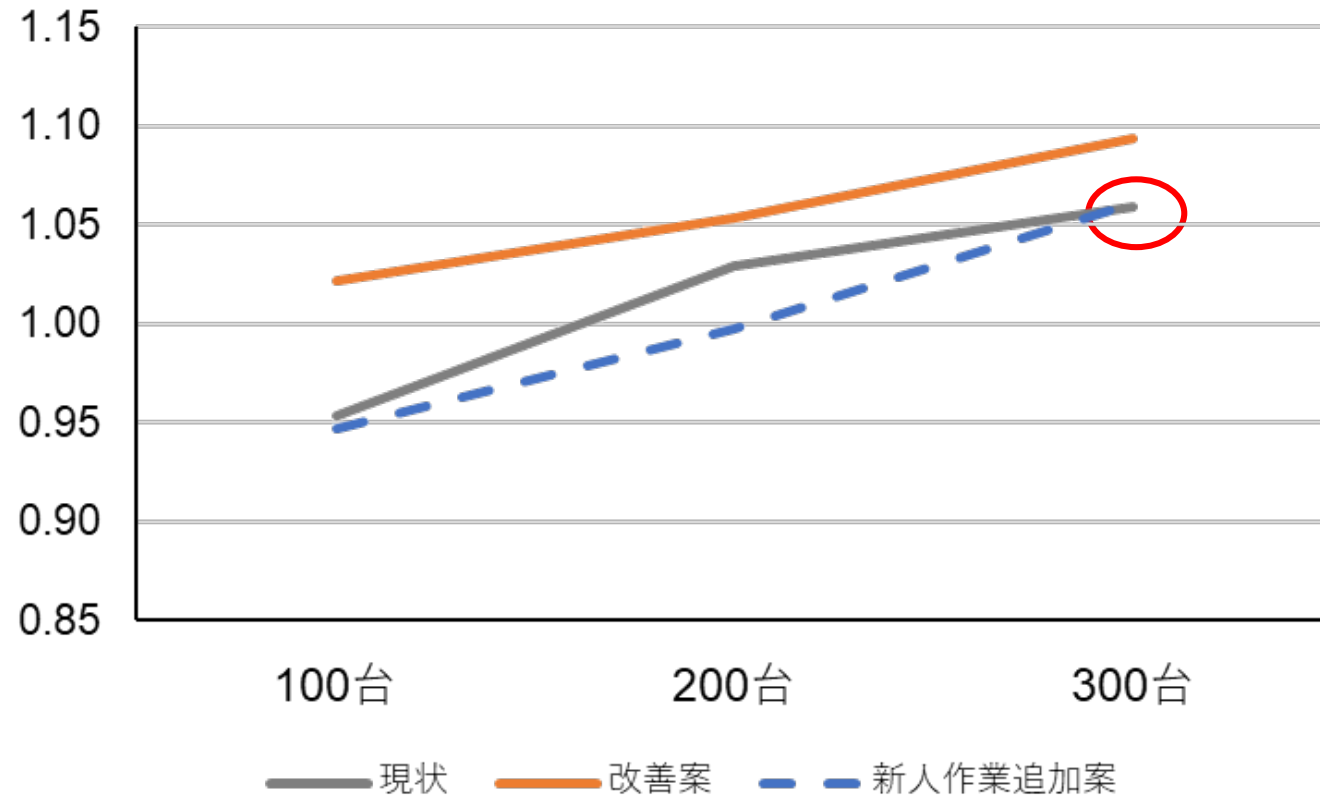
作業 作業者	ベース組立 ・調整	駆動 ユニット組付	外装カバー 取付(2人作業)	配線	電気調整	機械纏	電気纏
作業者A	2	2	2			2	
作業者B	2	2	2			2	
作業者C	2	3	3			2	
作業者D	2	2	2			2	
作業者E	2	2	2			2	
作業者F	2	2	2			2	
作業者G				2	2		2
作業者H				2	2		2
作業者I				2	2		2
作業者J	3	2	2			2	
作業者K	2	3	3			2	
作業者L	3	3	3			3	
作業者M	2	3	3			2	
作業者N			1				
作業者O				1			1
作業者P				3	2		3
作業者Q				2			
作業者R				2			
作業者S	2	2	2				
作業者T	2	2	2				
作業者U	2	2	2				
作業者V	2	2	2				
作業者W	2	2	2			3	
作業者X	1	1					
作業者Y		1					
作業者Z					1		1

3つの作業に新人作業者を追加し、優先的に作業を割付

3:習熟度3
2:習熟度2
1:習熟度1

シミュレーション結果

生産率(台/日)



新人を追加し、優先的に作業を割り付ける場合、300台以上の仕事をこなす必要がある

台数

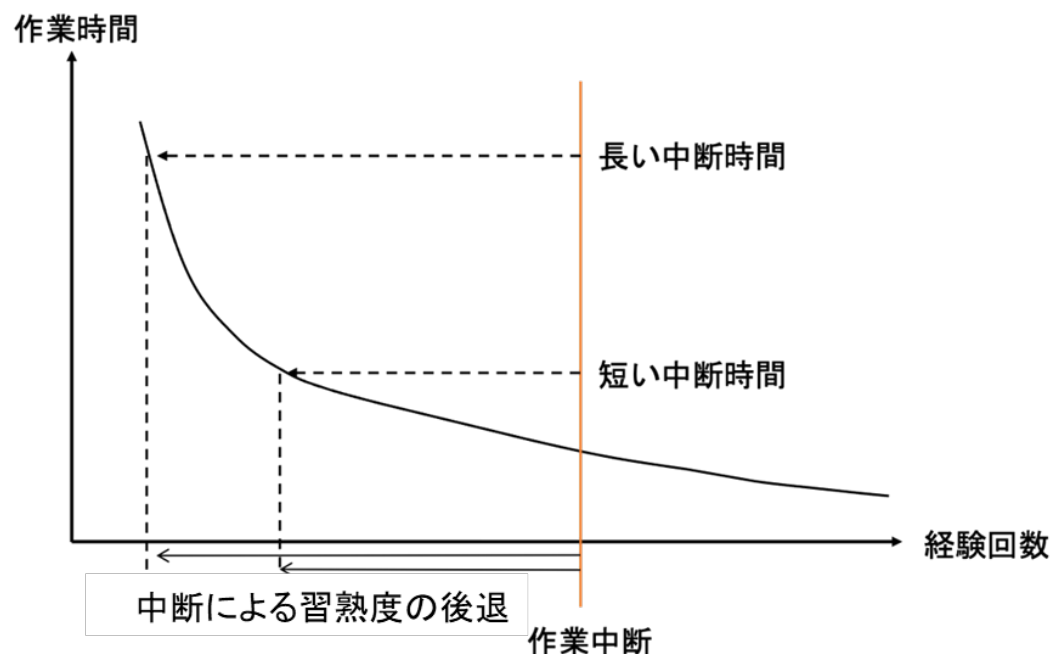
纏めと今後の展望

習熟度の異なる作業員への作業割付方法を検討した

- 熟練者への負荷集中を緩和するために、中堅/新人作業員の応援が生産性の向上が可能で、作業員トレーニング(技能向上)も同時に行う

今後の課題

- 作業中断による生産性への影響を試算
- 作業中断の影響を考慮した作業割付法の検討



ケース(2)

多品種個別受注ショップにおける
加工工程生産性向上の検討

背景と目的

対象工場：金型工場

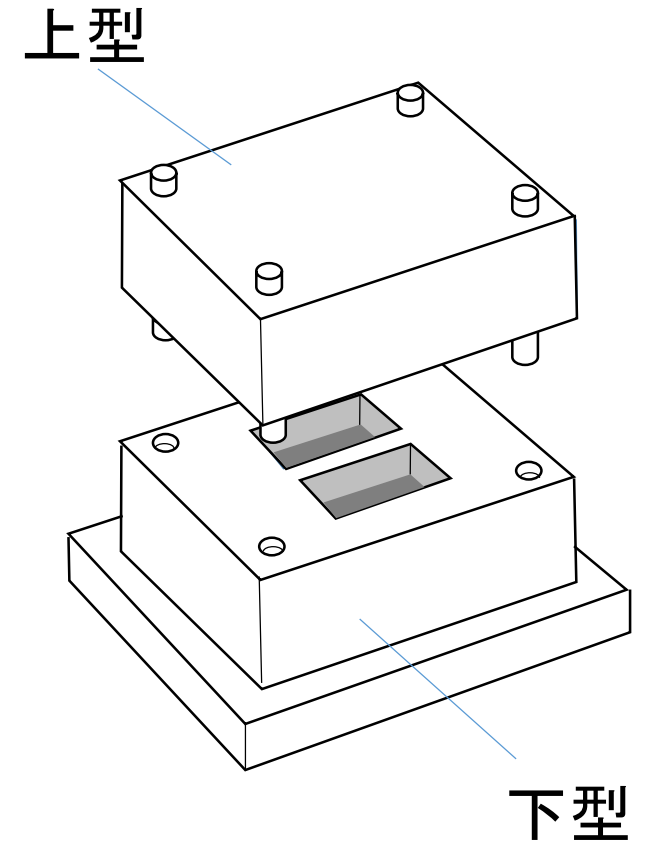
問題点：計画通りに作業が進行できていない

原因：

- ① 計画に用いるデータが不正確
- ② 計画外の事象が多発
- ③ 計画方法（スケジューリング）が精緻でない

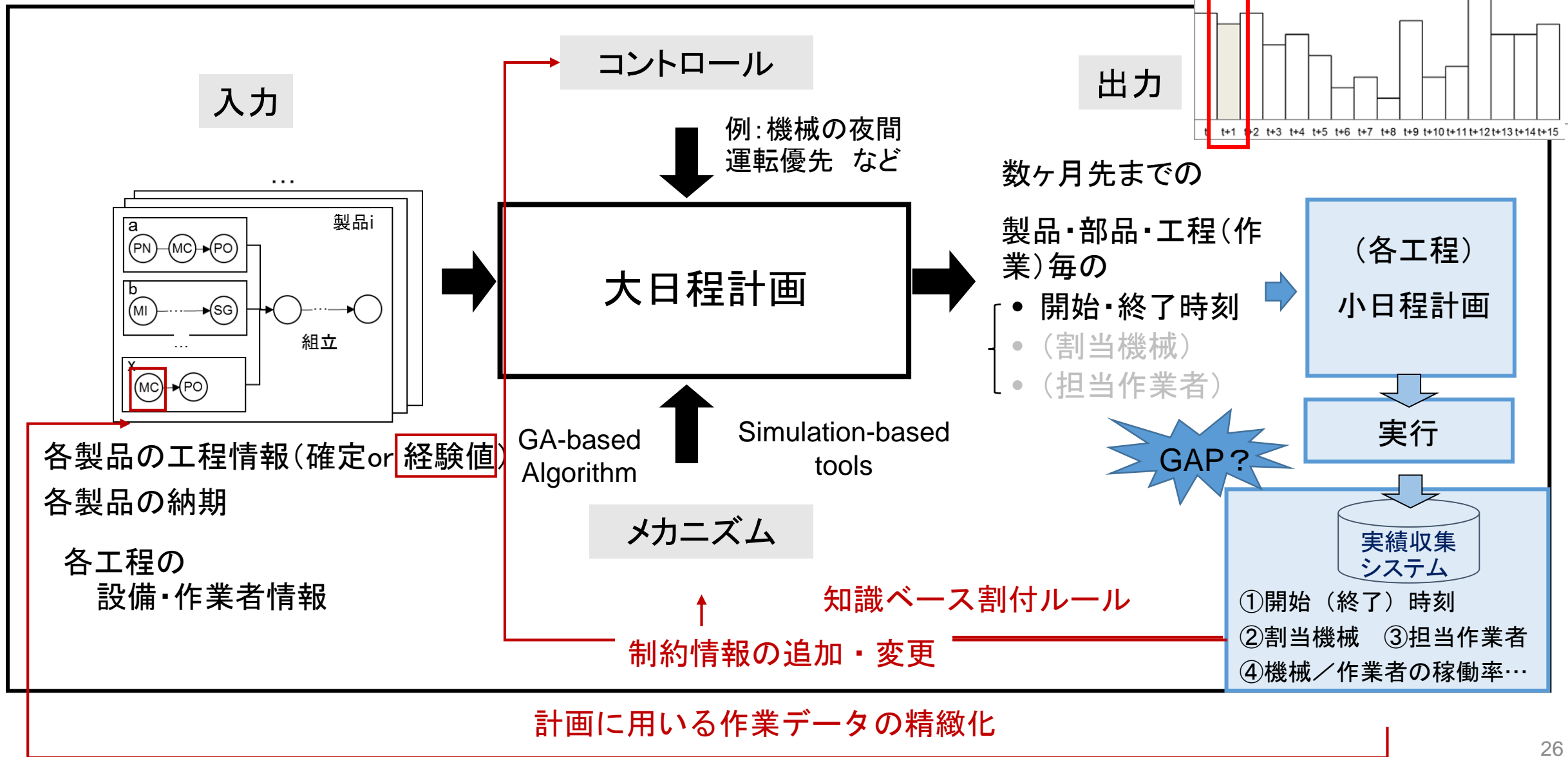
対策：

工程基準日程を見直す



* 日程：工程に入ってから出るまでの所要時間，リードタイム（LT）

生産実績の活用



大日程計画に用いる基準日程の見積検討

ボトルネック工程に限定し、様々な生産条件を生成し、基準日程との関係を調べる

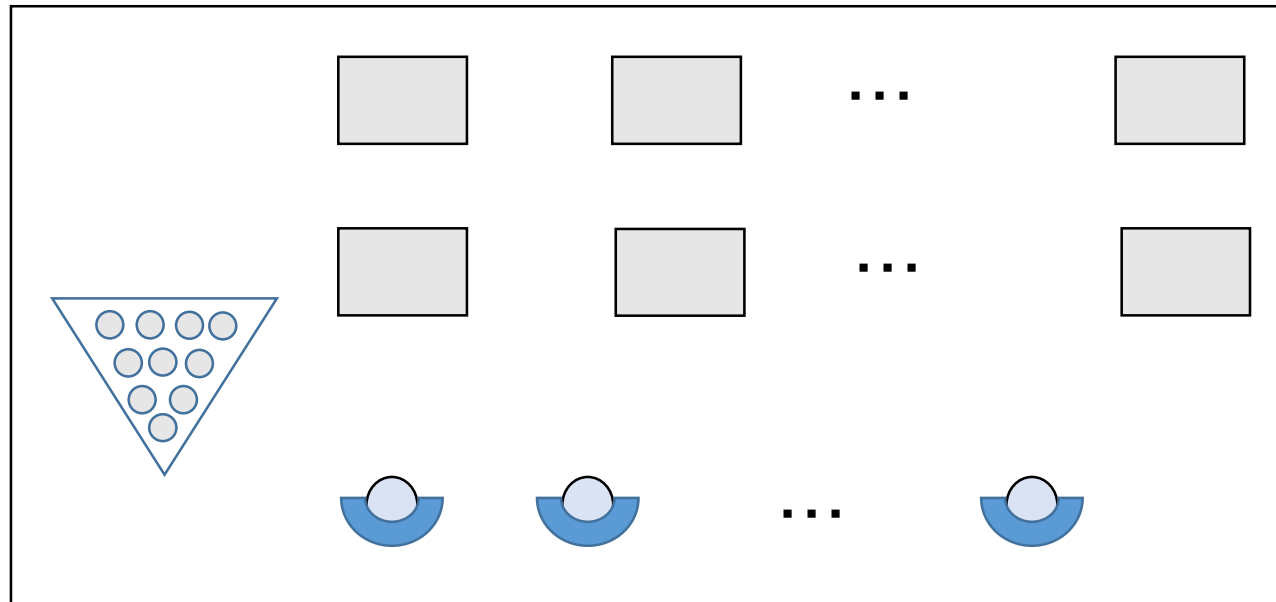
実績データを参照し、様々な生産条件を生成

- 生産負荷
- 生産品種
- 品種毎の割合
- 利用する機械の種類と数
- 担当作業者の人数と技能度

対象工程

複数の工程の内, ボトルネックの機械加工工程を対象

■ 機械 ● 作業員 ○ 部品



機械: 13台
作業員: 最多時9名

部品タイプと対応可能機械の例

部品加工可能機械対応表(イメージ)

Machine	Part								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
M1				○			○		
M2			○	○	○	○	○	○	○
M3			○	○	○	○	○	○	○
M4	○								
M5	○								
M6	○								
M7	○								
M8							○	○	○
M9				○	○		○	○	
M10	○	○							
M11	○	○							
M12							○	○	○
M13							○	○	○

部品によって加工
可能な機械が異なる

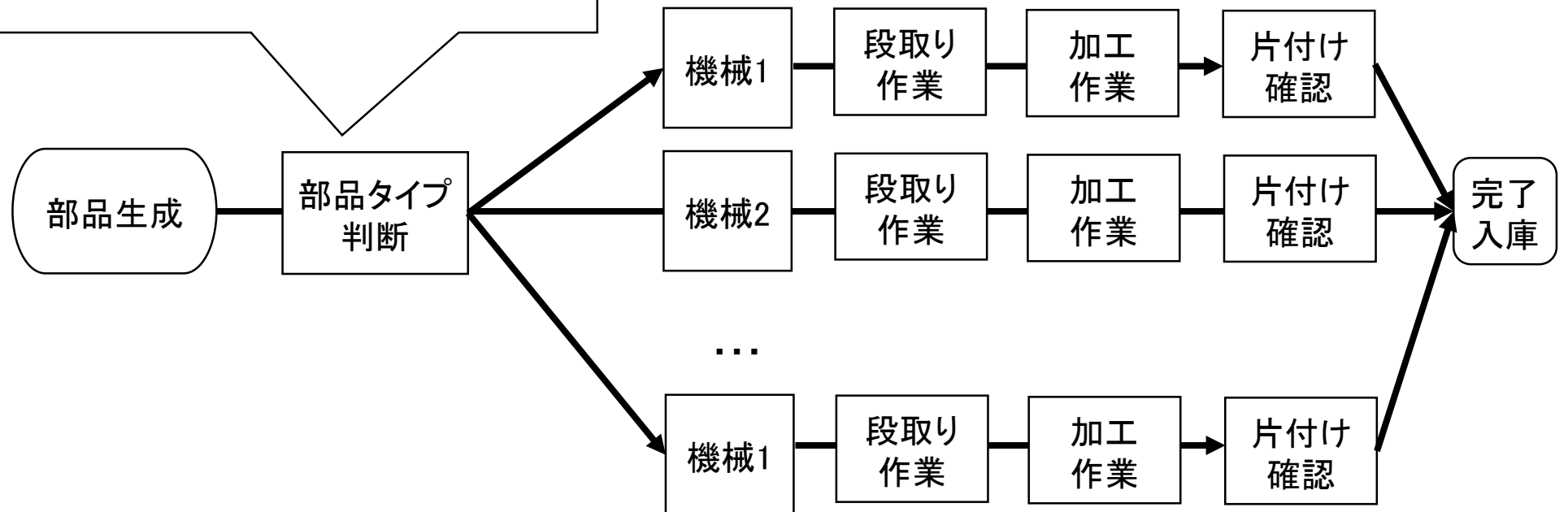
作業者の技能度表(イメージ)

機械 作業者No.	I	II
1	上級●	上級●
2	初級□	中級▲
.....

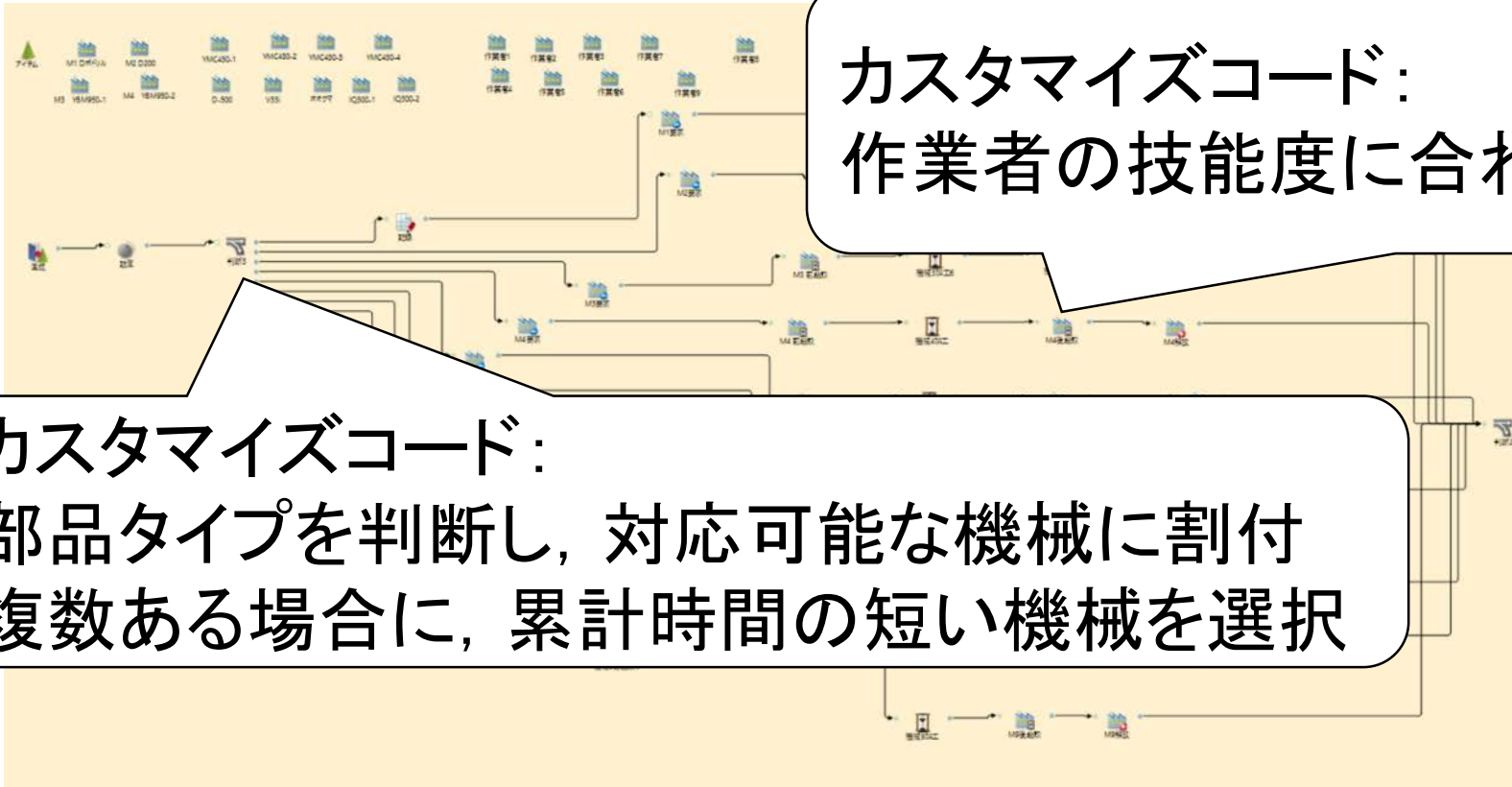
- 段取り時間が短い
- ▲ 段取り時間がやや短い
- 段取り時間が長い

対象工程における作業のモデル化

- 作業タイプを判断
- タイプ毎に対応可能な機械候補へ
- 複数候補がある場合には、累計稼働時間の少ない方



シミュレーションモデル例

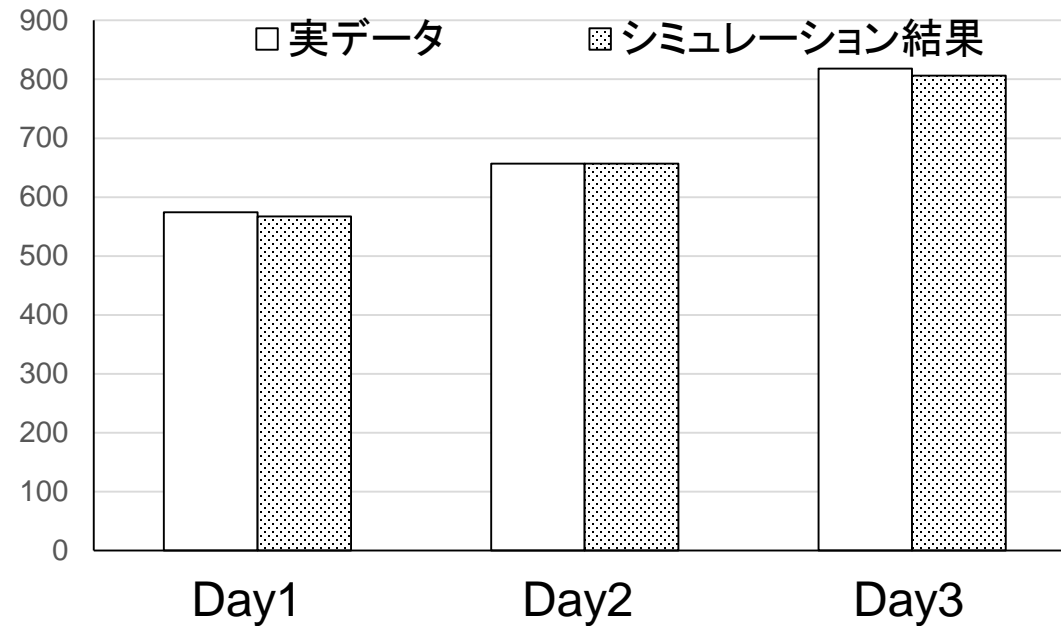


カスタマイズコード:
作業者の技能度に合わせて作業時間を設定

カスタマイズコード:
部品タイプを判断し、対応可能な機械に割付
複数ある場合に、累計時間の短い機械を選択

モデルの妥当性の検証

総所要時間(分)



* 総所要時間: 全ての仕事が終了するのに必要な時間

基準日程見積ための実験条件

◆作業者

- 初心者:中級者:上級者=3人:3人:3人
- 作業時間比率 初心者:中級者:上級者=2:1.5:1

◆機械

- 稼働可能な機械数:13台

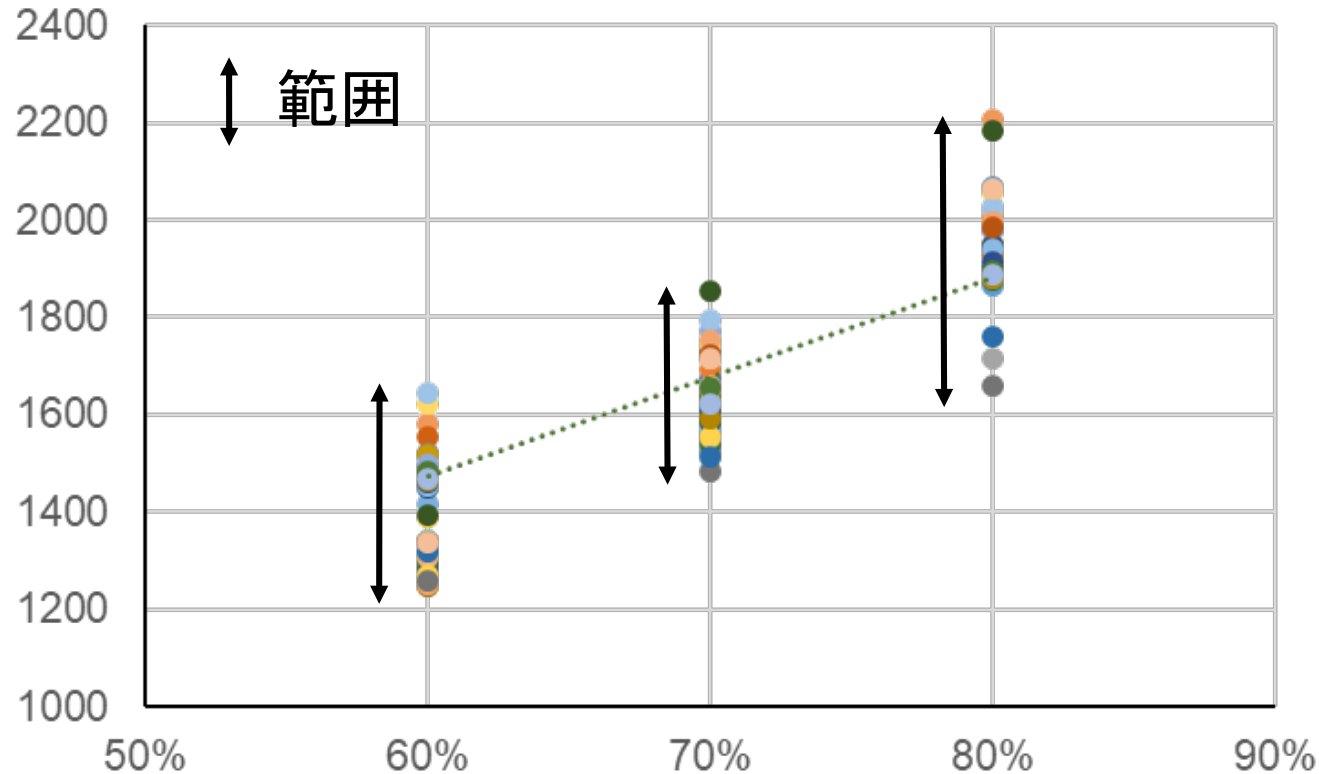
◆負荷率

- 機械は24時間稼働
- 作業者は1日8時間
→仕事の投入負荷率は作業者稼働可能時間より算出する

◆シミュレーション期間:1週間

シミュレーション結果例

LT(分)



負荷(作業者ベース)

同じ負荷でも

■ 部品品種

■ 部品数

■ 投入順序

を変え, 複数データ生成

検討可能

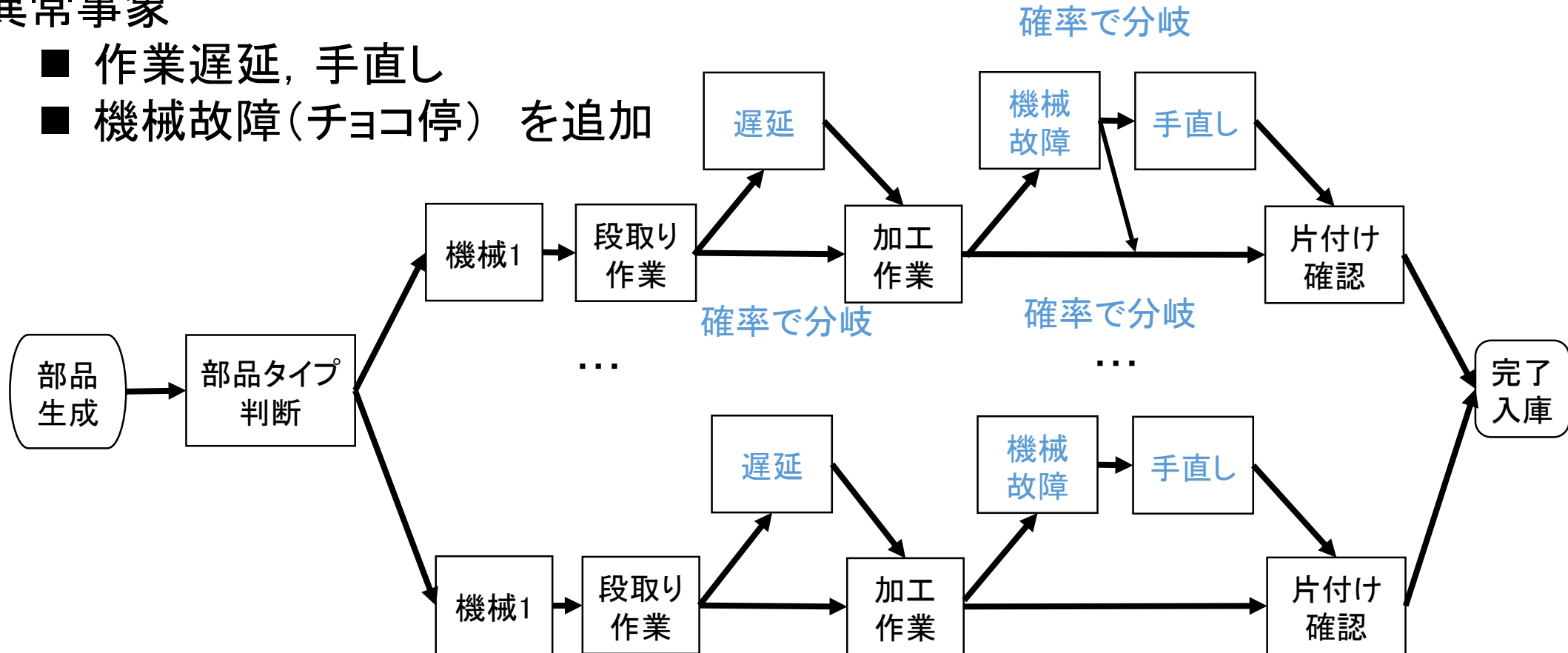
■ LTと負荷との関係

■ 負荷毎LTの範囲

異常事象のモデルへの追加

異常事象

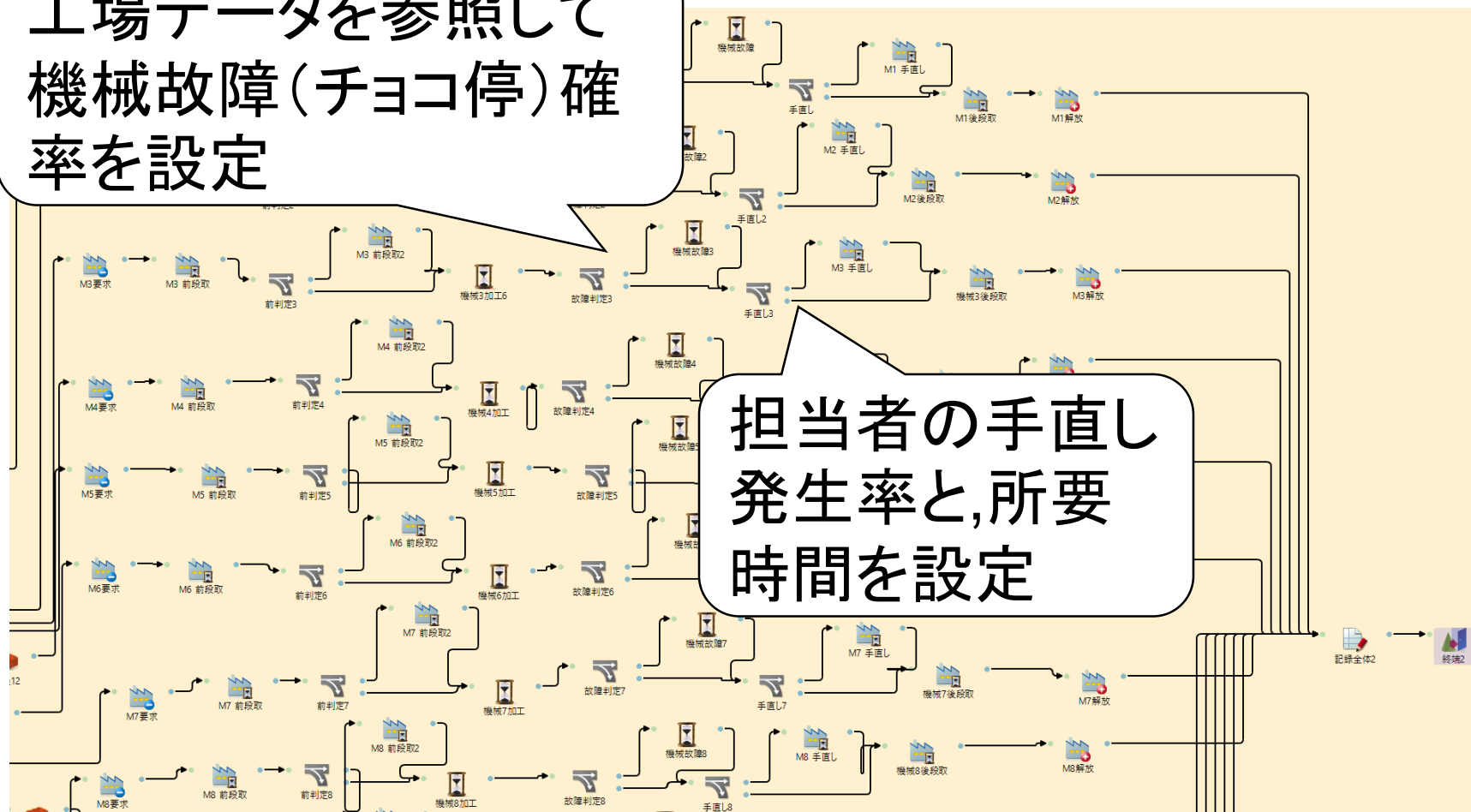
- 作業遅延, 手直し
- 機械故障(チョコ停) を追加



シミュレーションモデル例

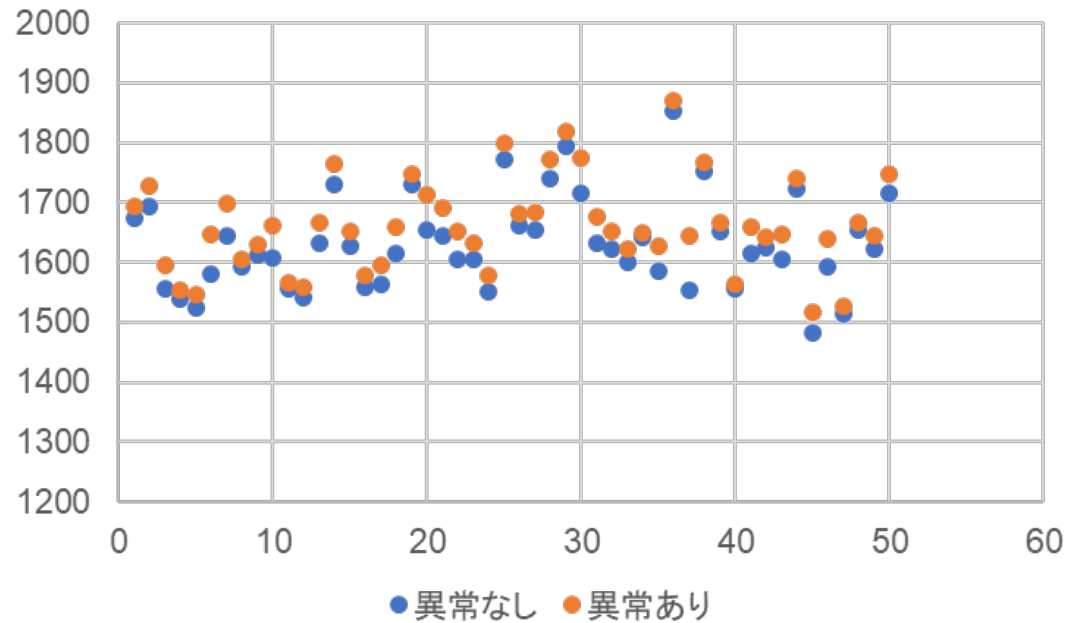
工場データを参照して
機械故障(チョコ停)確
率を設定

担当者の手直し
発生率と,所要
時間を設定



シミュレーション結果

LT(分)



実験条件

■ 故障(チョコ停)率: 1.5%

■ 手直し率

初心者: 7%

中級者: 3%

上級者: 0.5%

負荷(作業者ベース)70%

纏めと今後の展望

実績データを活用して各種生産条件を生成しシミュレーションを行った

- 工程負荷と負荷毎工程基準日程の検討
- 各種異常事象が生産性へのインパクトの検証

等々が可能

今後

- 複数工程へのモデル拡張

を行う予定

全体の纏め

今回紹介した事例

- 生産システム(動脈系)の効率化

他の事例

- サービス業(飲食店)の効率化

今後

- リユース・リサイクルなどを考慮し、動脈＋静脈系の循環型生産システムの評価にも展開

ご視聴大変ありがとうございました

