

# ABC印刷株式会社 御中

## AI工数予測 提案

### 報告資料



マナビコンサルティング(株)

2023/01/26(木)

# 目次

## ●本プロジェクトの背景・目的

## ●検討プロセス

## ●ご提案サマリー

## ● PoC結果

- ・ AIによる工数予測による予測誤差
- ・ 予測誤差を大幅に削減可能
- ・ 大幅に売上増加
- ・ 工数予測に必要な工数および、その費用を大幅に削減可能

## ●作業フローの比較

- ・ 現状の作業フローおよび課題
- ・ AI導入後の作業フローおよび効果（AI工数予測のみ）
- ・ 【参考】今後の機能追加案（統合システム化の提案）
- ・ 【参考】システム統合化後の作業フロー案および効果（統合システム化提案）

## ●A I 本番実装に向けた、運用・展開計画

- ・ A I 本番実装に向けた、運用・展開計画①～⑤
- ・ 運用体制図

# 本プロジェクトの背景・目的

## ■プロジェクトの背景

- ・ 機械の稼働が逼迫しているため、注文に対応しきれず断るケースもある。
- ・ 納期が間に合わないことが年に1回は発生している。
- ・ お客様からのすべての注文に対応できる体制を作りたい。
- ・ 生産計画の工数予測がずれると、残業などによって製造を担当する工場スタッフの不満がたまっている。
- ・ 生産管理課担当者が依頼の追加や変更などによる調整で疲弊している。
- ・ 工数予測に10名の担当者が平均して2時間/日かけている。

10名×2時間×20日 = 400時間/月 ⇒ 400時間/160時間 = 2.5人月 (1人月 = 160時間とする)

- ・ 工数予測に以下の誤差が発生している

	正味作業時間	付帯作業時間
印刷機	277時間/月	179時間/月
グルアー	52時間/月	34時間/月

## ■プロジェクトの目的

現状の手作業による工数予測に対して、AIによる工数予測での予測精度向上の検証を本プロジェクトの目標とする。

- ・ 手作業からAIへ工数予測を変更すると、どの程度の誤差軽減効果があるかを検証する。
- ・ 予測誤差軽減により、どの程度のコスト削減効果があるかも検証する。
- ・ 十分な予測工数削減効果がみられた場合、導入方法等の検討を行う。

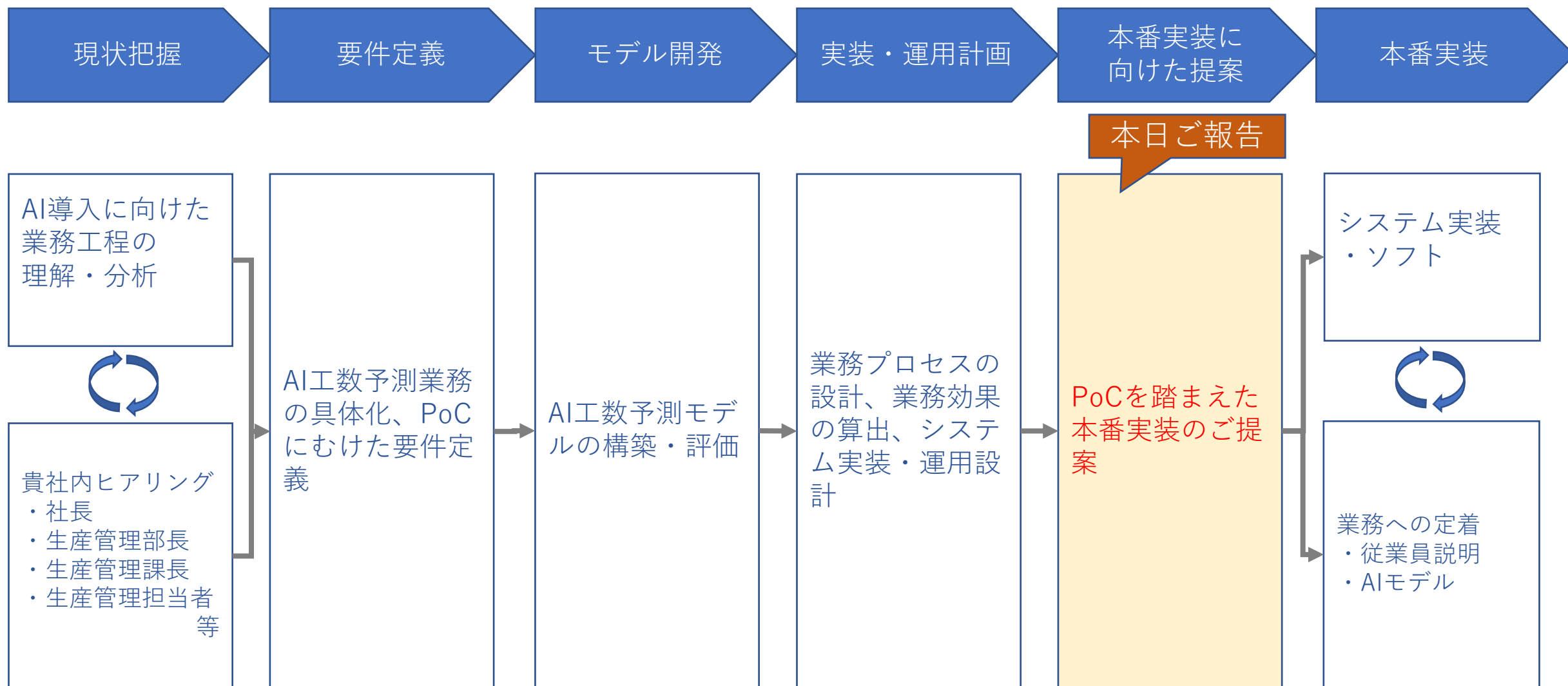
## ■目標の設定

AIによる工数予測として以下を目標とする。

1. 現行の予測誤差よりも低い誤差に抑える。
2. 現行の工数予測よりも短時間で予測を行う。
3. 予測精度を向上させ、調整等に要する時間の削減を目指す。

# 検討プロセス

4



# ご提案サマリー

- 手作業での工数予測のAI化に向け、AI工数予測のPoCを行った。
- 手作業による工数予測とAI工数予測のそれぞれにおいて実工数との誤差比較を行った。
- 本日はPoC結果も踏まえ、AIによるAI工数予測の優位性、予測工数およびコスト削減、本番実装に向けたアクションについて提案を行う。

(AIによる工数予測効果)

- ・ PoCを行った結果以下の削減効果を算出する事が出来た。
  - ・ 手作業での工数予測に対してAIによる工数予測では、実作業に対して**233h/月の誤差削減可能**であった。
  - ・ これにより、年間最大で**約840万円の人件費削減効果**を見込める。
  - ・ 更に、**約6,900万円の売上増**となる見込み。
  - ・ これまで手作業での工数予測に要していた工数も2.5人月 ⇒ 0.6人月へと**1.9人月分の工数削減**効果がある。
- ・ 現行の手作業での工数予測に対して、AIでの工数予測により予測精度が向上し、**納期厳守を徹底、納期遅延リスクを低減**することが可能となり、**調整が必要となる回数も削減**できるものとする。

(必要コスト)

上記効果の創出に当たっての本番実装に向けて、**～400万円の初期投資、～100万円/年程度のランニングコスト**で実現可能であり、上記効果と比較して**十分な費用対効果**が見込まれる。

初期投資：AIモデル開発費、アプリケーション開発費。

ランニングコスト：サポート費、モデルの定期アップデート費用。

(導入スケジュール)

開発期間 2 ヶ月、3 ヶ月目から試験導入が可能。

試験導入は約 1 ヶ月を想定し、その間は現行の手作業での工数予測と並行運用を行い、十分な精度効果を確認した後、本格運用を行う。

PoC結果

# AIによる工数予測による予測誤差

	印刷機					グルアー				
		正味作業時間		付帯作業時間			正味作業時間		付帯作業時間	
	作業数	誤差合計(時間)	MAE(分)(※1)	誤差(時間)	MAE(分)(※1)	作業数	誤差(時間)	MAE(分)(※1)	誤差(時間)	MAE(分)(※1)
2020年08月	626	57.67	5.53	138.33	13.26	105	11.97	6.84	13.07	7.47
2020年09月	772	63.2	4.91	158.37	12.31	142	19.52	8.25	19.22	8.12
2020年10月	828	74.53	5.40	173.45	12.57	151	21.77	8.65	21.07	8.37
2020年11月	810	59.8	4.43	148.62	11.01	191	24.73	7.77	29.35	9.22
2020年12月	730	61.72	5.07	146.62	12.05	162	26.92	9.97	26.72	9.90
2021年01月	760	77.43	6.11	153.18	12.09	194	28.10	8.69	30.32	9.38
平均	703.9	60.38	5.10	142.34	12.13	150.9	21.14	8.32	22.29	8.75
最大値	828	<b>77.43</b>	6.11	<b>173.45</b>	13.26	194	<b>28.1</b>	9.97	<b>30.32</b>	9.90

※1：MAEとは作業当たりの誤差の平均であり、分で算出

- ・ 2021年2月のデータは半月分しかないため、集計対象からは除外する。  
(月内の負荷変動を考慮して除外する)
- ・ **AI予測精度が最悪の場合を想定**し、各月**誤差の最大値をAI予測誤差**とする。  
印刷機：正味作業時間： 77時間/月、付帯作業時間： 173時間/月  
グルアー：正味作業時間： 28時間/月、付帯作業時間： 30時間/月  
合計 309時間/月

最悪ケースでも **予測誤差を309時間/月に削減可能**

# 予測誤差を大幅に削減可能

手作業とAIの予測誤差を比較

	印刷機		グルアー		
	正味時間(h)誤差	付帯時間(h)誤差	正味時間(h)誤差	付帯時間(h)誤差	合計(h)
手作業	277.0	179.0	52.0	34.0	542.0
AI	77.4	173.5	28.1	30.3	309.3
差分	-100.6	-5.6	-23.9	-3.7	<b>-232.7</b>
誤差率	28%	97%	54%	89%	<b>57%</b>

- ・印刷機及びグルアーのそれぞれ正味作業時間/付帯作業時間ともに、現行の**手作業による誤差を下回っている**。
- ・トータルで手作業に比べて**233時間の誤差削減**となっている。
- ・トータルで**AIによる工数誤差は手作業の約57%**となっており、**約6割の誤差**に抑えられている。
- ・正味作業時間と付帯作業時間の誤差を比較した場合、付帯作業時間の誤差削減量は低いため、精度向上に向けたアクションが必要である。（学習データの増加、データ入力規則の厳格化 等）

## 233時間の誤差削減

手動予測に対し、**予測誤差を 6 割に削減可能**



# 大幅に売上増加

## 作業時間比較

作業月	実測値(時間)			手動予測(時間)			AI予測値(時間)		
	正味時間	付帯時間	正味+付帯	正味時間	付帯時間	正味+付帯	正味時間	付帯時間	正味+付帯
2020年08月	352.5	403.0	755.5	567.5	365.5	933.0	329.4	384.7	714.1
2020年09月	398.8	484.3	883.1	664.0	457.0	1121.0	372.5	469.2	841.7
2020年10月	464.6	502.3	966.9	755.5	489.5	1245.0	433.6	505.6	939.1
2020年11月	440.0	493.6	933.6	746.0	500.5	1246.5	429.3	504.0	933.3
2020年12月	437.7	467.0	904.7	708.0	446.0	1154.0	422.4	475.1	897.5
2021年01月	481.3	509.6	990.8	748.0	477.0	1225.0	446.7	491.4	938.1
平均	429.1	476.6	<b>905.8</b>	698.2	455.9	1154.1	405.7	471.7	877.3
最大	407.6	450.8	858.4	667.8	437.7	1105.5	386.9	449.8	836.7

・ **233時間/月**の誤差削減が可能となり、これは上図から2020年8月～2021年1月の期間の平均総作業時間は**905.8時間/月**に対して**約25.7%**に相当する。

・ 誤差削減分の50%を追加受注の生産に当てられると仮定した場合、 $25.7 \times 50\% = 12.9\%$

**売上が約12.9%増加**出来る見込みである。

・ 印刷機およびグルアーの**売上貢献率は30%**なので、2019年度の年間売上高**18億円**を元に試算すると、

○印刷機およびグルアーの**売上高**：18億円  $\times$  30% = **5.4億円**

○5.4億円  $\times$  12.9% = 6,966万円  $\Rightarrow$  **年間6,966万円の売上増効果**を見込める。

**約7,000万円の売上増効果**

# 工数予測に必要な工数および、その費用を大幅に削減可能

(工数削減)

・233時間/月の誤差削減が可能となり、これが年間総作業時間の約25.8%となることから、現状の工数予測に必要な工数2.5人月(10名×2時間×20日)を、  
 $10\text{名} \times 2\text{時間} \times 25.8\% / 160\text{時間} = 0.645 \Rightarrow \mathbf{0.6\text{人月}} \quad \mathbf{\blacktriangle 1.9\text{人月}}$

(人件費削減)

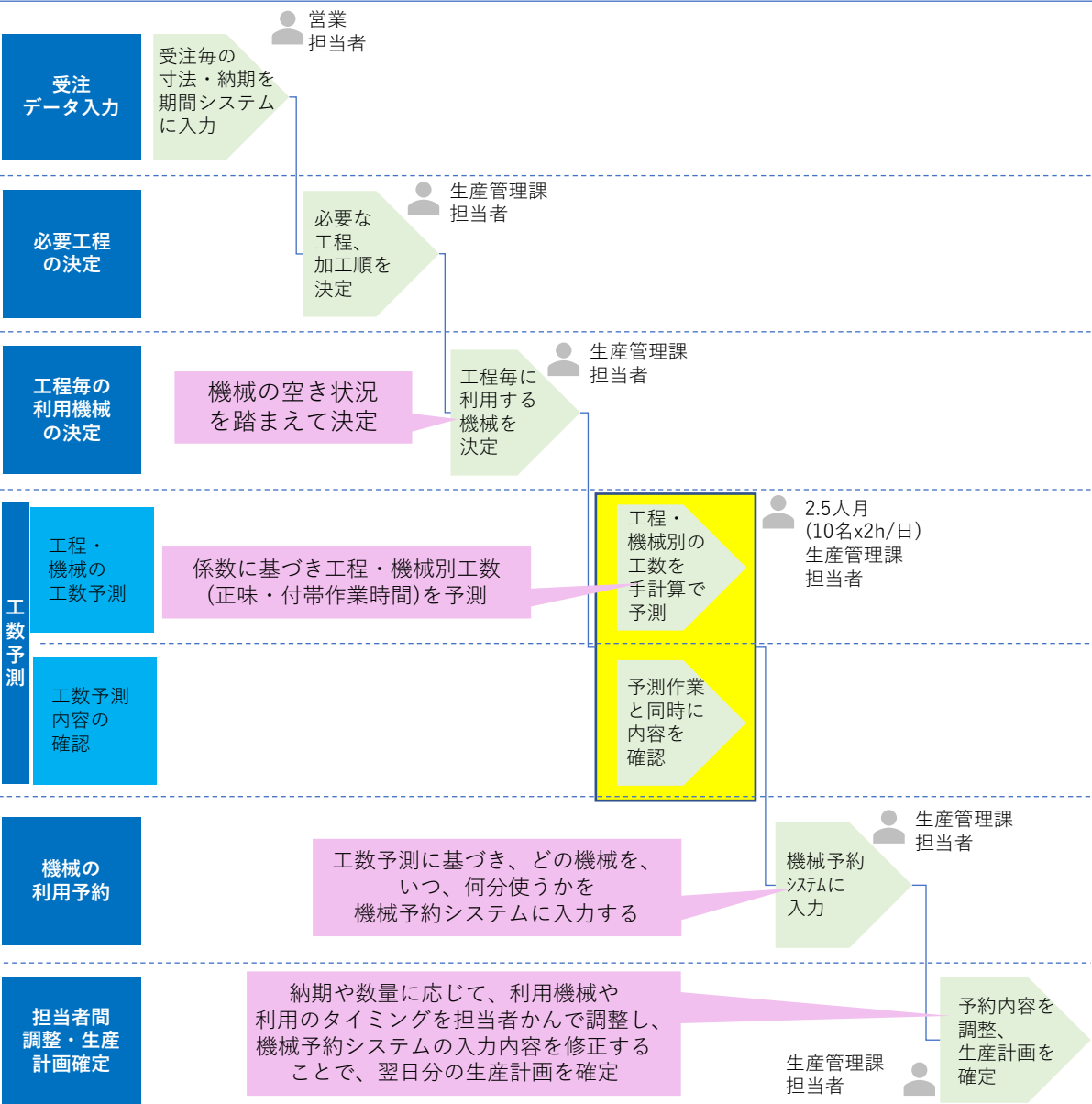
工数予測の担当者の時給を3,000円と仮定すると、 $233\text{時間} \times 3000\text{円} = 69.9\text{万円/月} \Rightarrow \mathbf{838.8\text{万円/年が振替可能}}$

**1.9人月の工数削減効果**  
**約840万円/年の費用削減効果**





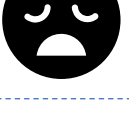
# 作業フローの比較

# 現状の作業フローおよび課題

## 現状

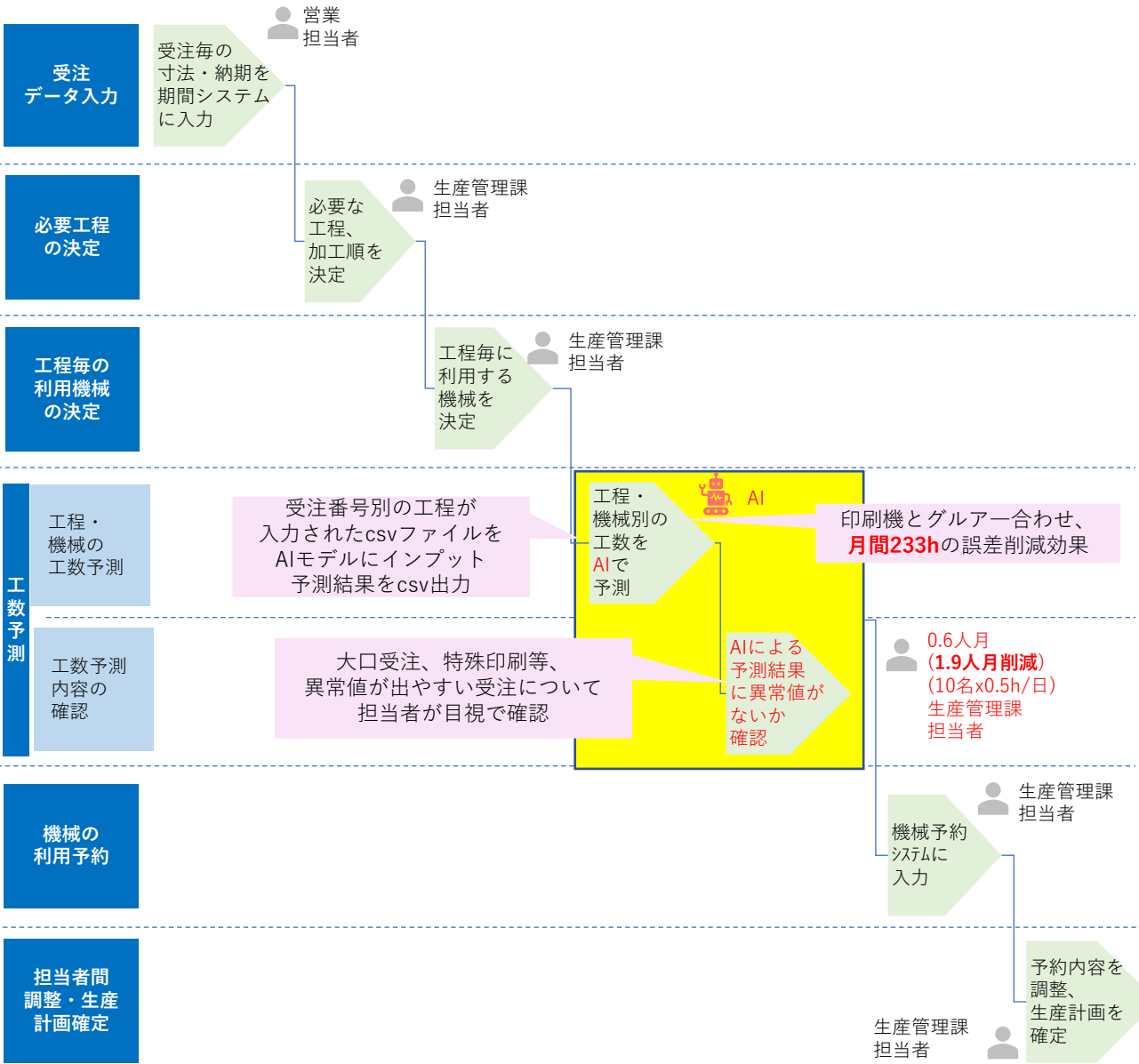


## ヒアリング内容

-  ご注文いただいても対応しきれないためにお断りするケースもある。  
納期遅れが年に1回は発生している。
-  工数予測がずれると予期せぬ残業が生じ工場スタッフの不満が溜まっている
-  依頼の追加・変更に伴う調整業務に担当者が疲弊している。
-  生産管理課担当者の担当業務が多岐に渡り、負荷が大きい。
-  付帯作業時間は揺れが出やすい。

# AI導入後の作業フローおよび効果（AI工数予測のみ）

## AI導入後の業務プロセス



## AI導入効果

- 納期厳守を徹底、納期遅延リスクを低減
- 従業員の負荷を軽減、従業員満足度が向上
- 突発的な調整業務や残業が削減
- 人件費の削減および、売上増

0.6人月  
**(1.9人月削減)**  
(10名x0.5h/日)  
生産管理課  
担当者

# 【参考】今後の機能追加案（統合システム化の提案）

14

今回のPoCではAIでの工数予測の精度を主軸に検証を行ったが、その応用として統合システム化を提案主に以下の機能を追加可能

## ■作業機械の自動割当、スケジューリング機能

- ・受注登録時に自動で必要な工程、加工順を判別
- ・工数予測時に最適な号機を自動割当を行い、スケジューリングを行う機能も追加可能
- ・突発的な追加受注の際も最適な号機の自動割当を行い、手動での調整時間を排除できる。

## ■号機毎の作業時間の推移から、故障時期を予測する予知保全

- ・各号機の作業時間の増加をモニタリングし、メンテナンス時期や機械の入替時期を試算することが可能。

※本提案に要する開発工数・スケジュールは別途検討とし、本資料では除外する

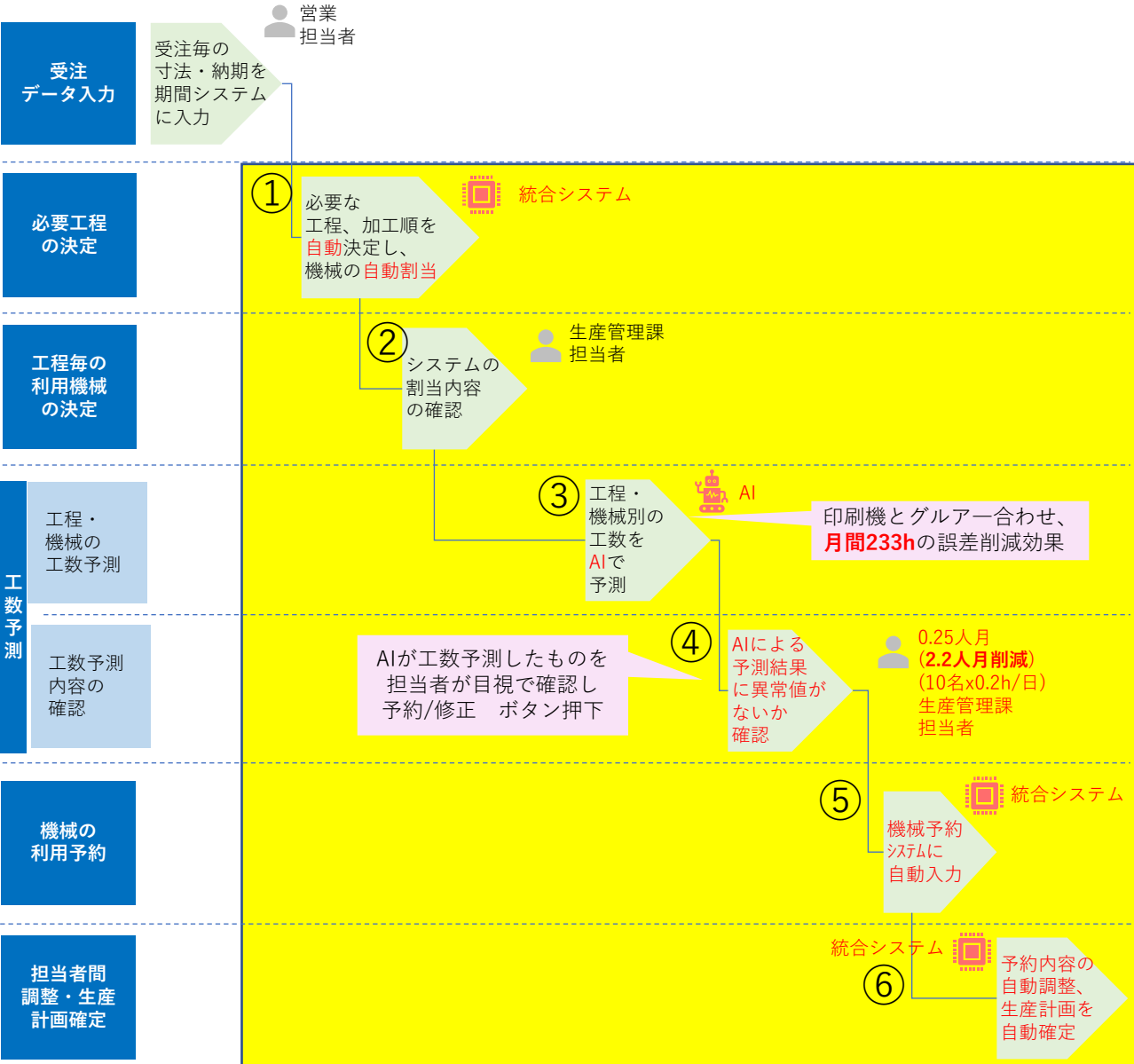
上記機能を追加することにより、**担当者の負荷を大幅軽減**  
更に突発的な機械の**故障を事前予測**することにより**生産能力低下を防止**。

# 【参考】システム統合化後の作業フロー案および効果（統合システム化提案）

15

## システム統合後の業務プロセス

## 統合システム実行フロー



- ① システムに登録されると自動で工程、加工順を判別を行う
- ② システムが算出した工程、加工順を目視でチェック。必要な場合は修正を行い、工数予測ボタンを押下  
⇒ 工数算出業務の負荷軽減
- ③ CSVファイルの読み込み不要で自動ロード  
AIで自動工数予測  
⇒ 担当者負荷軽減
- ④ 担当者がAIの予測結果を目視で確認  
必要な場合は修正を行い、登録ボタンを押下  
⇒ 現状の工数予測より大幅に負荷軽減(2.3人月削減)
- ⑤ システムで最適な機械を自動割当
- ⑥ 生産計画自動確定  
突発的な追加受注等が発生した場合もシステム内でスケジュールを自動更新  
⇒ 人手での調整作業の負荷軽減

A | 本番実装に向けた、運用・展開計画



## A | 本番実装に向けた、運用・展開計画①

### < 初期費用 >

#### ・ A | モデル開発費用

- 人件費単価 × 稼働人員数 × 稼働期間に応じて算出
- $5,000 \times 2人 \times 8h \times 1ヶ月(20日) = \text{160万円}$

#### ・ アプリケーション開発費

- AI管理アプリケーション（必要データの入力・出力、予測結果の管理画面上への表示・修正）
- $5,000 \times 2人 \times 8h \times 1ヶ月(20日) = \text{160万円}$

### < ランニングコスト >

#### ・ アプリケーションサポート費：30万円

- 開発したアプリケーション利用時のサポートサービス費（ユーザー教育、問合せ、トラブル対応 等）

#### ・ AIの定期精度点検・アップデート費：50万円<sup>(※1)</sup>

- 年に1～2回程度、AIの定期精度点検・アップデートを行うための人件費
  - ✓ 予測精度が低下した場合の再学習等
  - ✓ 年1回の定期メンテナンス

※1：機械追加及び入替などによりモデルの再学習が必要となった場合は追加料金が発生

～400万円の初期投資、～100万円/年程度のランニングコストで実現可能  
費用対効果は十分

## A | 本番実装に向けた、運用・展開計画②

### 1. 初期導入

・初期導入時は、完全にAI予測に移行するのではなく、**1ヶ月程度**は現行の**手作業での予測と並行稼働**を行い、手作業と比べて**確実に精度向上が見られた場合**に限り**完全移行**を行う。

### 2. 予測結果データの管理

・予測結果のデータは、AIモデルのアップデートに当たり必要。このため、AI運用時に予測結果データが定常的に蓄積されるよう業務フローを設計しておく  
・予測精度の推移を監視できるように、予測結果のデータと実際の作業時間もデータを保存して、MAEを算出し**予測精度の遷移をモニタリング**する。ここで取得した実際の作業時間を次回の**再学習時の学習データ**として用いる。

### 3. 精度監視の方法

#### <モデルパフォーマンスの監視>

評価関数として、以下の3つを並行して用いる。

○MAE：**全体的な誤差**を把握する為。

○RMSE：特定のデータで予測を大きく外すものがないか検知する為。RMSEが大きくなった場合、**どのデータの予測に乖離があるか判定**し、**モデルの再学習**を検討する。

○RMSLE：実測値よりも小さく予想したデータを検出する為。RMSLEが大きくなった場合、予測工数よりも実測工数の方が大きくなるため、**納期遅延等の発生**が考えられるので、**モデルの再学習**を検討する。

## A | 本番実装に向けた、運用・展開計画③

### 3. 精度監視の方法

#### <モデルの異常の監視>

・モデルの予測精度だけではなく、実績値の数量等、各説明変数及び目的変数の分布を確認することで、その分布の変化も監視し、状況の変化を素早く察知し、必要に応じイレギュラーなデータを除くこと、そのような場合にはAIによる予測を採用しないといった対処を行う。

#### <社会情勢の影響検討>

パンデミックの発生や紛争等、**既存のトレンドと大きく異なる社会情勢**となった場合は、AI予測の使用を控え、個別に**手作業での予測に切替える**。

### 4. 学習データの精度向上

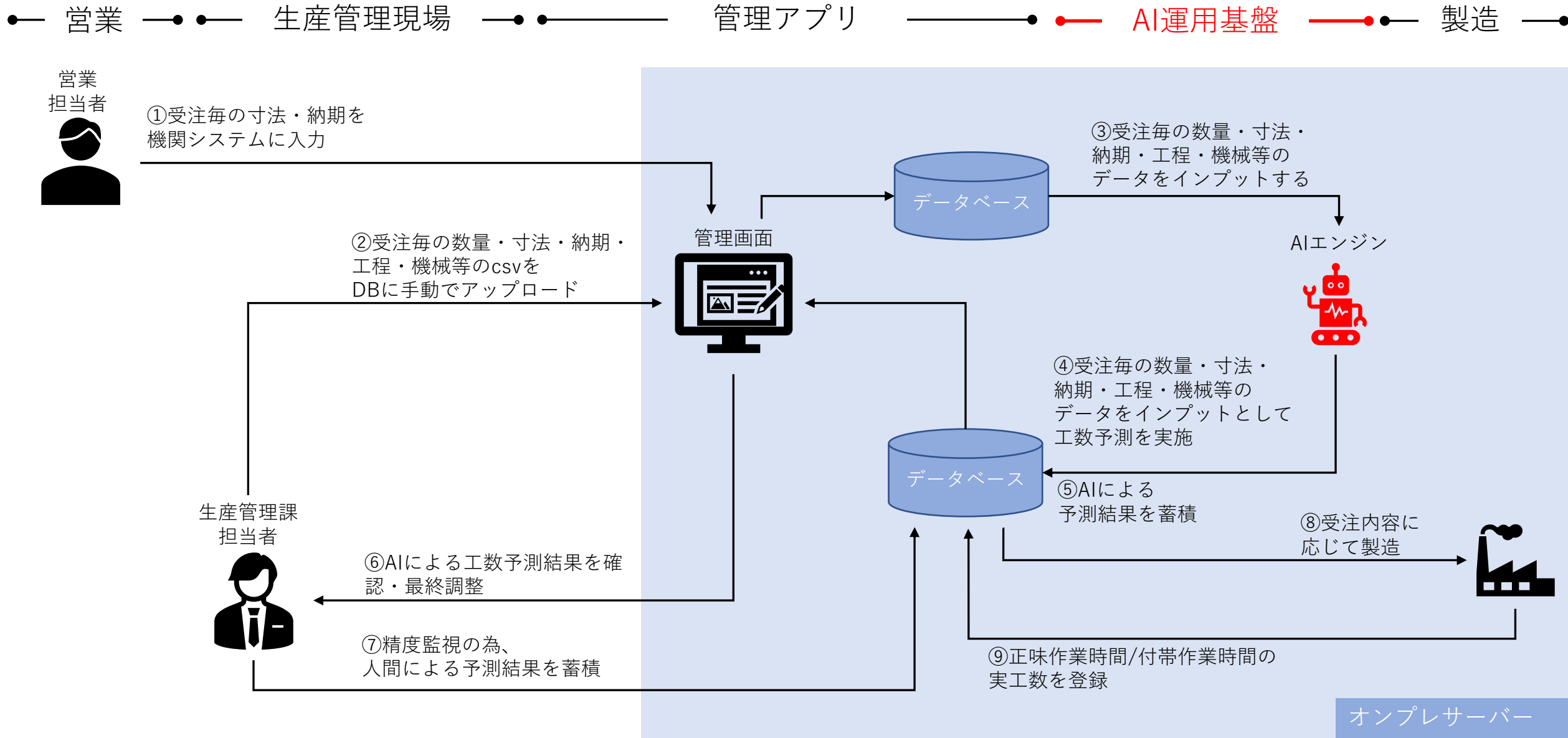
現状、正味作業時間に対して、**付帯作業時間の予測誤差が2倍以上発生**している。予測精度を上げる為に学習データ量を増やすと共に、学習データである**実測値の測定精度も向上させる必要**がある。

### 5. モデルのアップデート方法

- ・予測誤差の評価指標であるMAEが**正味作業時間で10分、付帯作業時間で20分以上**大きくなった場合、印刷機/グラーの正味作業人/付帯作業時間を個別に再学習を行う（**誤差が大きくなったモデルのみ再学習**を行う。）
- ・**基本的には1年に1回**は最新データを用いてモデルの**定期アップデート**を実施する。
- ・**新しい機械を導入した時**に、その追加機械での実測工数を元に、**AIモデルを追加学習**を行う。

# A | 本番実装に向けた、運用・展開計画④

## A | 導入後の処理フロー



# A | 本番実装に向けた、運用・展開計画⑤

21

3年後に目指す状態

FY1

FY2

FY3

① AIモデルの進化

予測精度の向上・モデル適用範囲拡大

社内外データを有効活用した更なる精度向上・予測範囲を多機械やプリプレス工程に拡大

AIモデルのインプットデータの拡充

対象データ選定

モデル構築・精度検証

AIモデルのカバー範囲の拡大

拡大範囲の検討

モデル再学習～検証  
(既存モデルとは別モデルの検証)

システム開発・実装

精度モニタリング・必要に応じて再学習

精度モニタリング・必要に応じて再学習

運用・展開

他システム連携

前工程である利用する機械の選定や、後工程である利用機械予約を自動化し、更なる工数削減

他システムとの連携

要件定義・基本設計

開発・テスト

既存業務と並行運用

新業務プロセスの策定

パイロット運用

新業務プロセスへ移行

予知保全

各号機の実工数の推移からメンテナンス時期や機械入替時期を判断し、予知保全を行う

AIモデルのインプットデータの拡充

過去稼働データの収集・蓄積

傾向分析

システム開発・実装

予知保全Poc検証

効果検証・実装方針検討

実装・開発

運用・展開

B版(試用版)リリース

正式版リリース

需要予測

消耗品(用紙、インク)などの需要量の時系列データから需要予測を行う。将来的には在庫管理も目指す。

AIモデルのインプットデータの拡充

消耗品使用データの収集・蓄積

時系列分析

システム開発・実装

需要予測Poc検証

効果検証・実装方針検討

実装・開発

運用・展開

B版(試用版)リリース

正式版リリース

顧客体験価値の向上

過去取引データを活用した、AIによるデザインレコメンド機能の検証  
※傾向分析により打ち手の方向性を要検証

過去取引データの収集・蓄積

傾向分析

AIレコメンドPoc検証

効果検証・実装方針検討

実装・開発

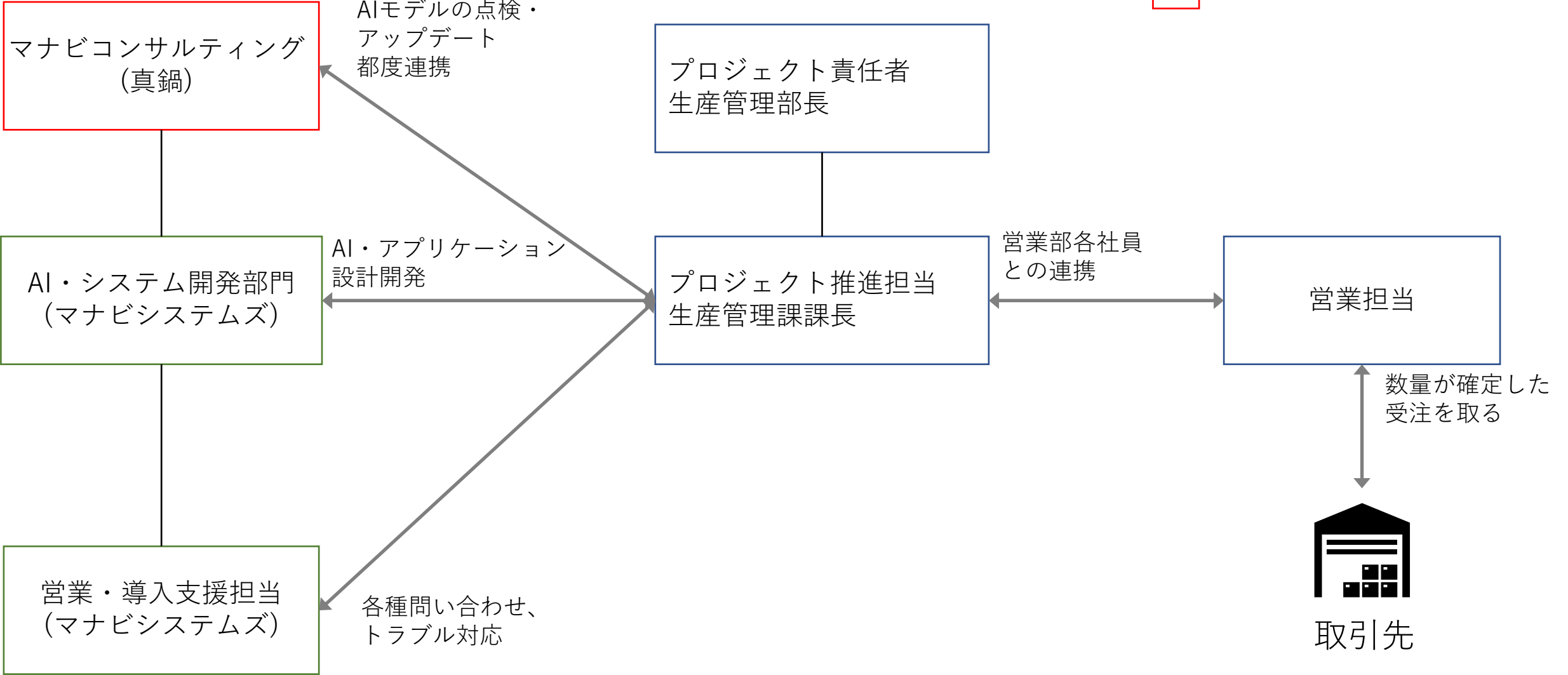
B版(試用版)リリース

正式版リリース

② 学ばずには開けない横展開

# 運用体制図

- 貴社
- システムベンダー
- 真鍋



ご清聴ありがとうございました