

ソフトウェア品質シンポジウム2024

# スマートファクトリー (OT・IT・プロダクト) における品質確保

2024/09/12

 株式会社 日立システムズ

品質保証本部

矢賀 大嗣

Email: [taishi.yaga.cp@hitachi-systems.com](mailto:taishi.yaga.cp@hitachi-systems.com)

 Human \* IT

# Contents

---

- 0. はじめに
- 1. 問題点と課題
- 2. 施策内容
- 3. 施策適用と効果測定
- 4. 成果と今後の課題

---

## 0. はじめに



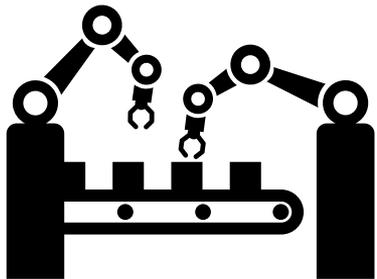
Human \* IT

## 0. はじめに

### 当社のスマートファクトリー事業について

「基幹・計画系システム」から「実行系システム」、「制御系システム」まで OT・IT・プロダクト を 掛け合わせ、お客さま工場のスマートファクトリー化を推進。

#### スマートファクトリーのイメージ



#### プロダクト

設備・機械、ロボットなどの  
物理的なシステム

センシング等でデータ収集



指示どおり動くよう制御



#### OT

設備・機械の状態をデータ化し、収集する制御・運用の技術※

データの加工をして送信



分析・予測を基に指示



#### IT

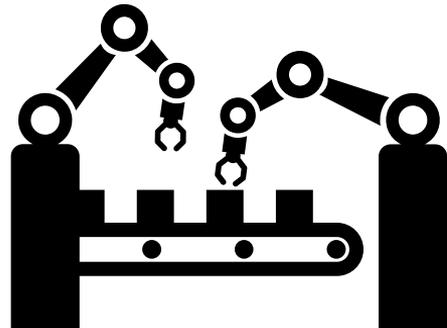
データを見える化し、分析・予測する技術※

※ 出典：「現場業務の知見とデータ活用、OT×IT×プロダクト・システムでアフターサービスをお客さまビジネスの柱に」

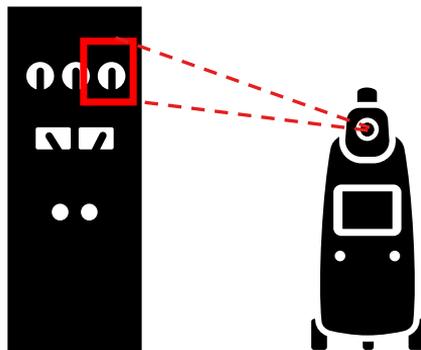
## 0. はじめに

### 今回発表で登場するシステムについて

- ・産業ロボットやその他設備(ベルトコンベアーや箱詰め装置など)をつなげた「生産ライン」の自動化システム
- ・自走ロボットを使った「人手作業(メーター読み取りなど)」の自動化システム

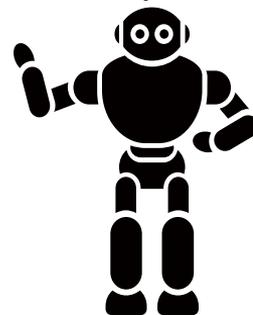


生産ライン自動化システム



メーター読み取り自動化システム

このようなロボットシステム  
の構築をロボットSIといいます。



## 0. はじめに

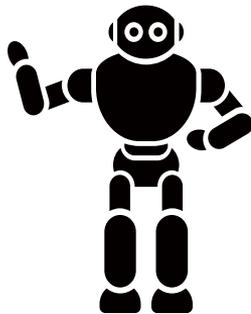
### 本日の発表について

ロボットシステムの品質確保プロセスの検討事例と、プロセス導入後の効果について報告する。

また、本件はロボットシステムについての事例を取り上げるが、以下の場合でも参考になることを期待する。

- ・自社で前例のない新事業へ参入する場合
- ・特定分野において経験が浅い方にプロジェクト推進を任せる場合

次章では本報告の概要を説明します。



---

# 1. 問題点と課題

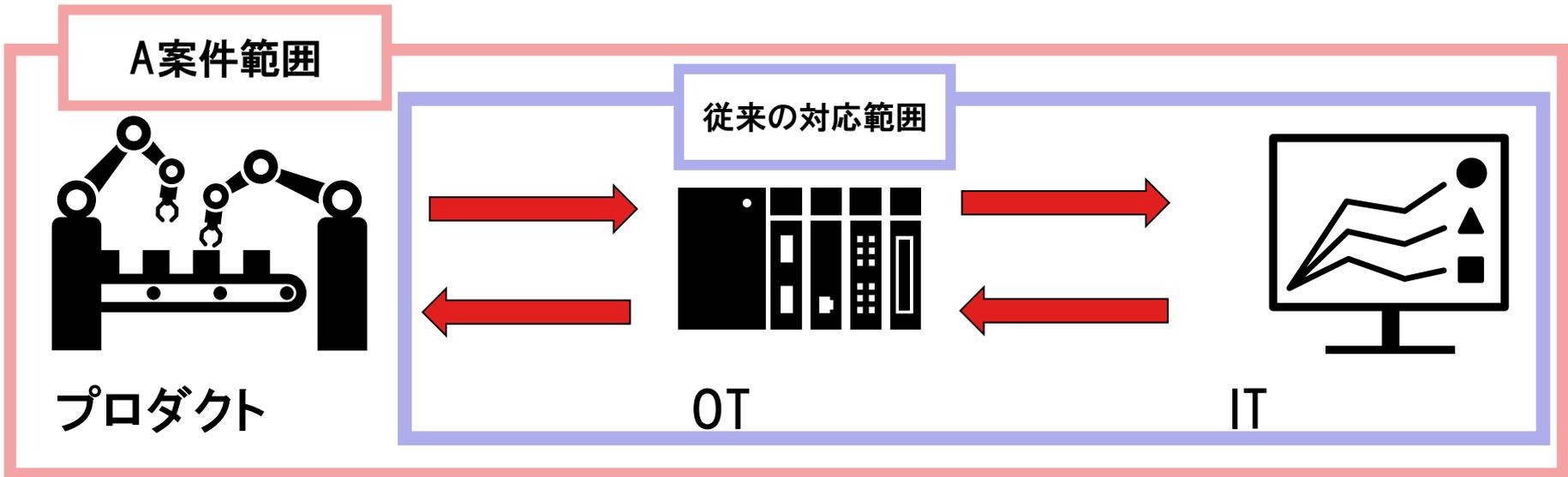


Human \* IT

# 1. 問題点と課題

## <当社初のロボットシステム導入>

従来よりお客さま設備に対してデータ収集と見える化システムを提供してきたが、2020年にロボットシステムの新規導入も含めたスマートファクトリー化プロジェクト(以降、A案件と呼称)を受注した。



# 1. 問題点と課題

## A案件にて問題発生

A案件は、当社初のロボットシステム導入であり、ノウハウがなかったことから、業界開発標準プロセスである「RIPS※」を適用。しかし、設計工程以降にて手戻りが発生した。



### 問題点

- ・プロセスは把握していても、具体的なアクションについてノウハウがなかった。
- ・設計にて考慮しなければならない観点が不足した。
- ・安全評価について知見のあるグループ会社より支援いただいたが、自社にてできるようになる必要がある。

※ RIPS(Robot system Integration Process Standard):2017年に経産省、日本ロボット工業会によってロボットシステム導入プロセスとして定義されたロボットSIにおける標準開発プロセス。

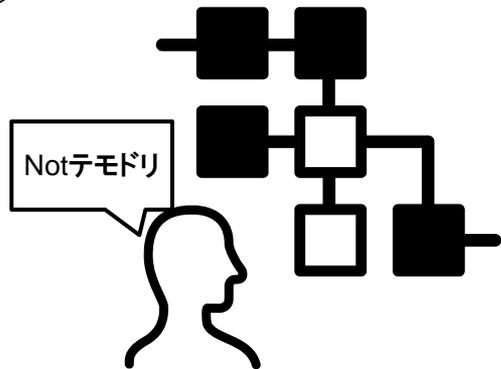
# 1. 問題点と課題

## 問題点に対して以下2点の課題解決が必要

課題①：システム構築後に手戻りが発生しない仕組みが必要

課題②：物理的な安全性を考慮した設計と評価手法が必要

### 課題①



あるべき姿：  
設計段階で問題点を刈り取り、  
品質を確保する。

### 課題②

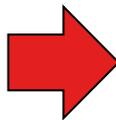


あるべき姿：  
起こりえる危険事象を漏れなく  
刈り取り、安全を確保する。

# 1. 問題点と課題

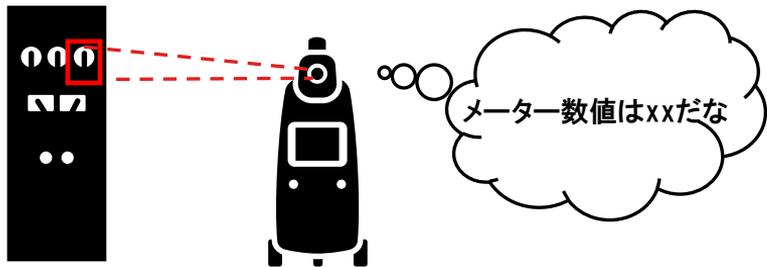
## A案件での課題と対応策

#	課題	施策内容
1	システム構築後に手戻りが発生しない仕組みが必要	各工程でのアクションを具体化し、ガイドライン等に反映
2	物理的な安全性を考慮した設計と評価手法が必要	安全評価手順を具体化し、ガイドライン等に反映

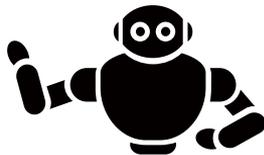


- ・B案件に施策適用
- ・適用効果を検証

B案件：自動化システム導入プロジェクト自走ロボットと当社のメーター読み取りソリューションを組み合わせ、工場内のメーターを読み取る。



次章以降では  
課題解決に向けた施策と  
その検証事例について  
掘り下げて説明します。



---

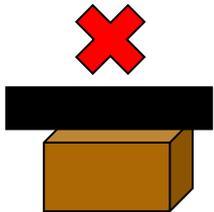
## 2. 施策内容

- ①各工程での実施事項を具体化
- ②安全評価手順を具体化

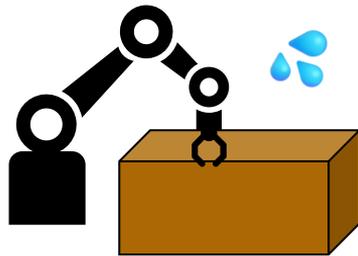
## 2. 施策内容 ①各工程での実施事項を具体化

### 実施事項が具体化されていないため起きた事象

A案件で箱の大きさのバラつき(公差)について考慮された設計をしていなかったため、箱詰め作業の際に箱に製品が収まらなかったり、ロボットが箱から抜けなくなる事象が発生。

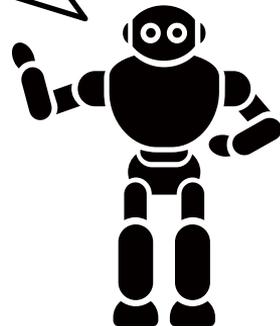


ケース1: 箱に入らない



ケース2: 箱から手が抜けられない

ロボットのような物理システムは  
物理的制約(摩擦や振動)や  
公差によるズレを考慮する  
必要がありました。



## 2. 施策内容 ①各工程での実施事項を具体化

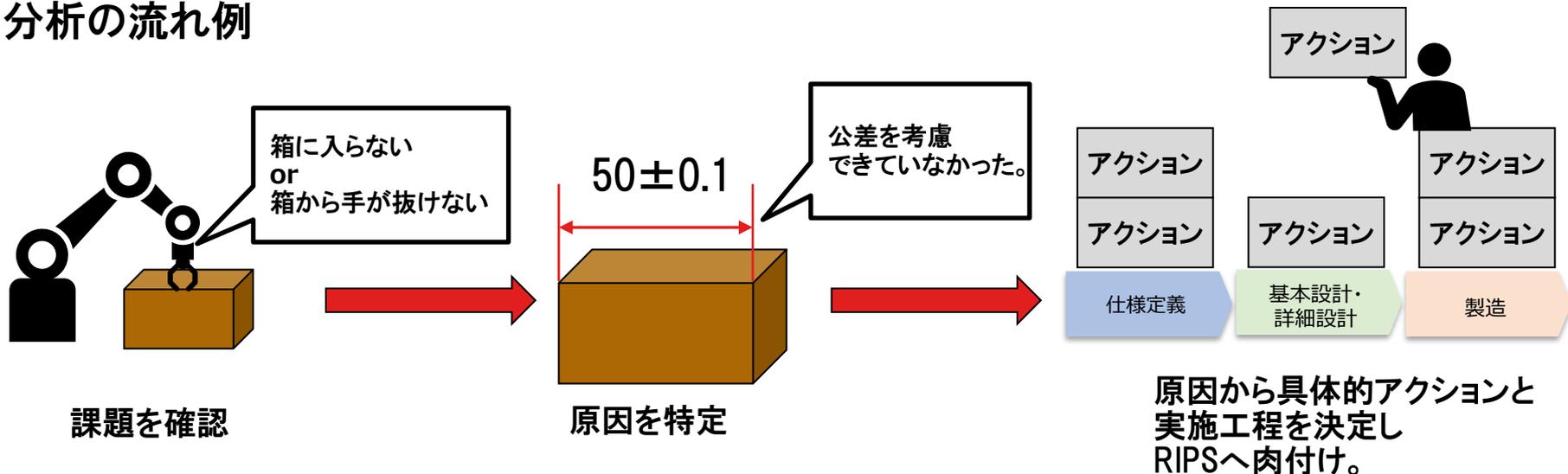
### 実施事項

A案件の課題管理表にて管理されている課題442件に対し、課題の内容を確認。

どこの工程で何を実施すればよかったのかを分析し、RIPSへ肉付け。

肉付けしたものを「ロボットSI品質確保ガイドライン」としてまとめた。

### 分析の流れ例



## 2. 施策内容 ①各工程での実施事項を具体化

### 工夫点

ガイドラインの読み飛ばしや、経験不足起因での設計漏れによる手戻り防止のため、  
ドキュメントマップに記載されているドキュメントの雛形と記載例を作成。

### ユースケース



## 2. 施策内容 ①各工程での実施事項を具体化

### ロボットSI品質確保ガイドラインの構成

「ロボットSIの特徴、リスク」に対するアクションと作成するドキュメント一覧が工程別にまとめられている。

#### ロボットSIの特徴、リスク

No	特徴	主なリスク
1	顧客協創型である	成果に対する権利と責任の所在が曖昧になり、横展開時・検収時に顧客と争議になる。
2	構築後にトライアルとフィードバックが伴うアジャイル的な調整工程がある	品質管理を軽視する風潮で、不十分なプロセスで調整を行い、エラーが収束しない。
3	人に対する安全確保が必要	機械の安全対策が不十分、また危険リスクがユーザーに通知されず、労働災害が発生する。

#### 品質確保のアクション



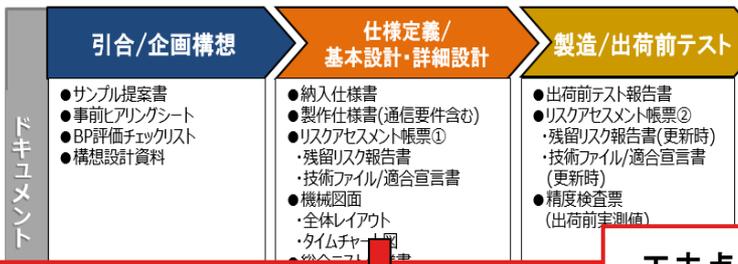
#### 引合・企画構想のアクション <解説>

顧客内に自動化要望を取りまとめ、これを基にしたシステムイメージを提案する。要望の要件化、構想イメージ作成、見積前提条件の明確化を実施し、全体概算見積を提示する。

- 設計のアクション ☆=この工程からの新規実施アクション ○=前工程からの継続実施アクション
- ☆ 3Dシミュレーションツール等を活用し、イメージし易くして顧客との認識齟齬を減らす。これが実行できるベンダを選定する。
- ☆ ロボットSIにおいて厳守すべき製品規格、緩和できる製品規格について事前に取り決め、納入仕様書に明記する。

#### ロボットSIのドキュメントマップ(ドキュメント一覧)

##### ■主なドキュメント



工夫点

#### 雛形/記載例

表 4.2 製品規格表 (ユニットA) 本件での適用対象欄: ○規格厳守 ●規格値の緩和が可能な場合

ユニット名称	記号	規格名称	基準	規格値	公差	対象部品番号	本件での適用対象	ユニット
L1	□□□長さ	センター基準	XXX.X <sup>+</sup> [mm]	±X.X <sup>+</sup>	部品①④	○		
				[mm]				
W1	□□□幅	センター基準	XXX.X <sup>+</sup> [mm]	±X.X <sup>+</sup>	部品①④	○		
				[mm]				
H1	□□□高さ	センター基準	XXX.X <sup>+</sup> [mm]	±X.X <sup>+</sup>	部品①④	○		
				[mm]				
OD1	□□□外径	センター基準	ΦXXX.X <sup>+</sup> [mm]	±X.X <sup>+</sup>	部品①④	○		
				[mm]				
ID1	□□□内径	センター基準	ΦXXX.X <sup>+</sup> [mm]	±X.X <sup>+</sup>	部品①④	○		
				[mm]				

## 2. 施策内容 ①各工程での実施事項を具体化

### 工夫点

設計漏れ防止のため、アクションに沿った記載欄を該当ドキュメントの雛形に設けた。

#### 引合・企画構想のアクション <解説>

顧客内にて自動化要望を取りまとめ、これを基にしたシステムイメージを提案する。  
要望の要件化、構想イメージ作成、見積前提条件の明確化を実施し、全体概算見積

■設計のアクション ☆=この工程からの新規実施アクション ○=前工程からの継続実

☆3Dシミュレーションツール等を活用し、イメージし易くして顧客との認識齟齬を減ら  
これが実行できるベンダを選定する。

☆ロボットSIにおいて厳守すべき製品規格、緩和できる製品規格について事前に取  
納入仕様書に明記する。

☆顧客から提供される資材については、公差を含めた情報を入手する。

指定されたサイズ以外の資材による不具合は保証対象外となる旨を明記する。

☆顧客・ベンダ共に提示するドキュメントの記載内容、粒度は、サンプルにて認識合

☆企画構想時にベンダーと  
また顧客とも運用・保守要

箱から手が抜けられない事象を受けての  
対応策

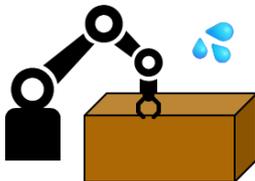


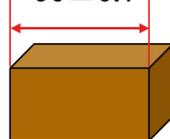
表 4.2 製品規格表 (ユニット A)

本件での適用対象欄：○規格厳守 ●規格値の緩和が可能な

ユニット名称	記号	規格名称	基準	規格値	公差	対象 部品番号	本件での 適用対象	ユニット 重量
	L1	□□□長さ	センター基準	XXX.X [mm]	±X.X [mm]	部品①④	○	
	W1	□□□幅	センター基準	XXX.X [mm]	±X.X [mm]	部品①④	○	
	H1	□□□高さ	センター基準	XXX.X [mm]	±X.X [mm]	部品①④	○	
	OD1	□□□外径	センター基準	ΦXXX.X [mm]	±X.X [mm]	部品①④	○	

項目を作ることで公差についての設計漏れを防止

50±0.1



---

## 2. 施策内容

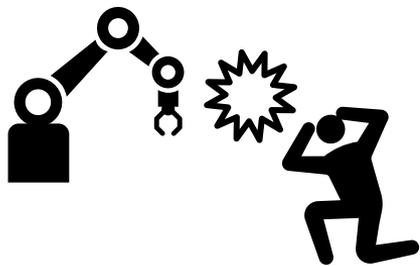
- ①各工程での実施事項を具体化
- ②安全評価手順を具体化

## 2. 施策内容 ②安全評価手順を具体化

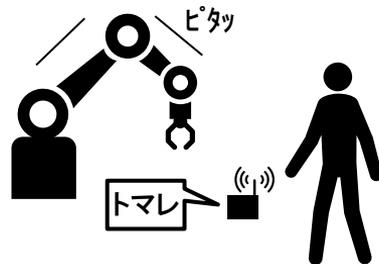
### ノウハウがなかったため苦労したこと

A案件でRIPS記載のフローに沿ってリスクアセスメントを実施したが、評価ノウハウがなく、ロボットに知見のあるグループ会社に協力要請した。

### リスクアセスメント例

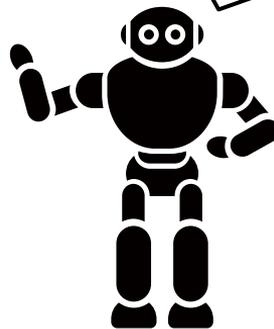


機械と人が関わりあう作業で  
起こりえる危険と被害規模を  
考慮してリスクを見積もる。



許容できない危険については  
リスク低減を実施する。

RIPSにはリスクアセスメントの  
流れについて記載されていますが、  
使用する帳票や、具体的な手順は  
記載されていません。  
安全については妥協が許されず、  
有識者の支援が必須でした。



## 2. 施策内容 ②安全評価手順を具体化

### 実施内容

「協働ロボットの安全解説書」内のリスクアセスメント実施例にて紹介されている 手順とドキュメントを分析。

第2章 実施例2

実施例2. マシンテンドイング（工作機械へのワーク物の投入）

STEP1 機械類の制限の決定

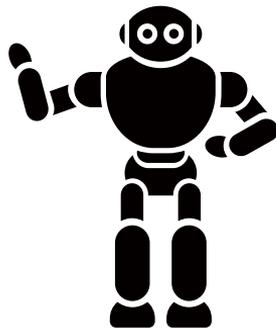
<使用上の制限>  
運転モードや介入手順、機械の使用に関する制限を決定する

モード	・オートモード ・マニュアルモード
介入手順	・マニュアルモードでロボットを動かしティーチングする ・立ち上げ時（1週間想定） ・正常稼働できなくなった時（半年に1回想定） ・自動復帰できない位置で停止し、手でロボットを動かす ・立ち上げ時（1週間想定） ・正常稼働できなくなった時（半年に1回想定） ・落としたワークを取り除く ・1週間に1回想定 ・非常停止後、初期状態に戻す ・1か月に1回想定
用途	産業用
性別	男性/女性
年齢	20歳～60歳
利き手	右利き/左利き
身体能力	健常者

64

分析事項は以下の通りです。

- ・各手順の使用ドキュメントはなにか
- ・漏れなく危険を刈り取るための観点はなにか
- ・手順間のトレーサビリティ担保手段はなにか



出典：「協働ロボットの安全解説書」

本誌では リスクアセスメント手順と、ドキュメントの記載例が紹介 されている。

## 2. 施策内容 ②安全評価手順を具体化

### ロボットSI品質確保ガイドラインの構成

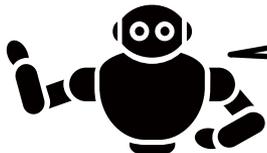
品質確保ガイドラインにてリスクアセスメント手順や安全確保のためのポイントを解説。

#### ロボットSIの特徴、リスク

No	特徴	主なリスク
1	顧客協創型である	成果に対する権利と責任の所在が曖昧になり、横展開時・検収時に顧客と争議になる。
2	構築後にトライアルとフィードバックが伴うアジャイル的な調整工程がある	品質管理を軽視する風潮で、不十分なプロセスで調整を行い、エラーが収束しない。
3	人に対する安全確保が必要	機械の安全対策が不十分、また危険リスクがユーザーに通知されておらず、労働災害が発生する。

#### 品質確保のアクション

- QAのアクション ☆はこの工程からの新規実施アクション ○=前工程からの継続実施アクション
- ☆納入仕様書に記載すべき項目にモレがないことを確認する。
- ☆設計内容が納入仕様書とのトレーサビリティが担保されているか確認する。
- ☆リスクアセスメント※にて危険事象の洗い出し、リスクレベルの見積、リスク低減措置と、残留リスクの合意ができていることを確認する。



**安全性確保は最重要事項のため、詳細な手順を解説しています。**

#### リスクアセスメントの手順群(抜粋)

工夫点(1)

- ①機械種の制限の決定 STEP1
  - ②機械種の制限の決定 STEP2
  - ③危険源の特定
  - ④リスク見積/評価
    - ①~③で整理した情報を基にどの作業中どの危険事象で発生しうるかをリストアップし、見積・評価する。
    - 実施工程：基本設計、詳細設計
    - 入力とする設計書：作業手順一覧、制限仕様書、危険源一覧、メーカー作成の残留リスク報告書
    - 作成する成果物：リスクアセスメント実施記録(業務数分)
- 実施手順
- (1) 業務ごとに想定される危険事象をリストアップする。
  - (2) 【ポイント】危険事象の漏れをなくするために以下を実施する。(全て実施でき次第(2)を実施。)
- 【ポイント】作業手順一覧で定義した安全の命題・規定事項が守られない場合の危険事象を全てリストアップ。
- ・制限仕様書にて定義した想定される誤使用・人の挙動による危険事象を全てリストアップ。
  - ・メーカー作成の残留リスク報告書に記載している危険事象、リスクについて全てリストアップ。
  - ・リストアップした危険事象が危険源一覧でチェックした危険源の要素を網羅しているか確認。
  - ・危険事象が危険源の要素を網羅していない機械設備がある場合、網羅できていない危険源の要素によって発生しうる危険事象を考える。

工夫点(2)

#### 雛形/記載例

③リスク低減措置案		④措置実施後のリスクの見積もり				
リスク低減措置内容	制御機器を使用する	危害のひびき:S	頻度・時間:F	回避性:A	発生確率:O	リスク
[1]本質的安全設計方針 [2]安全防護、付加保護方針 [3]使用上の情報						
[3]怪我をしないため滑り手袋の着用し取り扱う	いいえ	S1	F3	A1	O1	2
[3]怪我防止の安全靴の着用						
[2]装置のエッジに保護/パッド装着	いいえ	S2	F3	A1	O1	2

## 2. 施策内容 ②安全評価手順を具体化

### 工夫点(1)

「協働ロボットの安全解説書」を参照し、分析した結果を盛り込んだ。

#### ④リスク見積/評価

■①～③で整理した情報を基にどの作業中にどのような危険事象で見舞われるかをリストアップし、見積・評価

インプット、アウトプットを明確にすることで  
トレーサビリティを担保する。

実施工程：基本設計、詳細設計

インプットとする設計書：作業手順一覧、制限仕様書、危険源一覧、メーカー作成の残留リスク報告書

作成する成果物：リスクアセスメント実施記録（業務数分）

手順を明確にすることで  
ロボットシステムの経験が浅い者も  
要領を得られるようにするとともに  
危険事象の抽出漏れを防止する。

#### ■実施手順

(1) 業務ごとに想定される危険事象をリストアップする。

【ポイント】危険事象の漏れをなくすために以下を実施する。(全て実施でき次第(2)を実施。)

- ・作業手順一覧で定義した「安全の急所・確認事項」が守られない場合の危険事象を全てリストアップ。
- ・制限仕様書にて定義した「想定される誤使用・人の挙動」による危険事象を全てリストアップ。
- ・メーカー作成の残留リスク報告書に記載している危険事象、リスクについて全てリストアップ。
- ・リストアップした危険事象が危険源一覧でチェックした危険源の要素を網羅しているか確認。
- ・危険事象が危険源の要素を網羅していない機械設備がある場合、網羅できていない危険源の要素によって発生しうる危険事象を考える。

## 2. 施策内容 ②安全評価手順を具体化

### 工夫点(2)

ガイドラインに記載した手順をワークシートの雛形に落とし込むことで手順漏れを防止する。

#### ⑤リスク低減措置策定

- ④にて見積したリスクで許容できないものに対し、リスク低減  
 実施工程：基本設計、詳細設計  
 インプットとする設計書：リスクアセスメント実施記録  
 作成する成果物：リスクアセスメント実施記録（業務数分）

#### ■実施手順

##### (1) リスク低減措置の策定

リスクレベル3以上の危険事象は、各要素（危害のひどさ、頻度・時間、発生確率、回避性）のリスクが低減する措置を「本質的安全設計方策の立案⇒安全防護・付加保護方策の立案⇒使用上の情報の提供」の3ステップ順に策定する。

##### (2) リスクレベル再見積によるリスク低減確認

リスク低減措置策定の1ステップが完了したらリスクレベルを再見積し、リスクレベルが2以下となることを確認する。

リスク低減が十分ではない場合、次のステップのリスク低減措置を追加で立案・実施する。

【ポイント】3ステップ実施してもリスクが許容できない場合、業務フロー、システム構成等の設計書から見直す必要がある。  
制御システムを用いたリスク低減措置を採用する場合、後述の妥当性検証が必要になる。

⑤リスク低減措置案	⑥措置実施後のリスクの見積もり					リスク
	制御機器を使用するか	危害のひどさ:S	頻度・時間:F	回避性:A	発生確率:O	
リスク低減措置内容 【1】本質的安全設計方策 【2】安全防護、付加保護方策 【3】使用上の情報 【3】怪我をしないための滑り手袋の着用し取り扱う 【3】怪我防止の安全靴の着用	いいえ	S1	F3	A1	O1	2
【2】装置のエッジに保護パッドを装着	いいえ	S2	F3	A1	O1	2

---

### 3. 施策適用と効果測定



Human \* IT

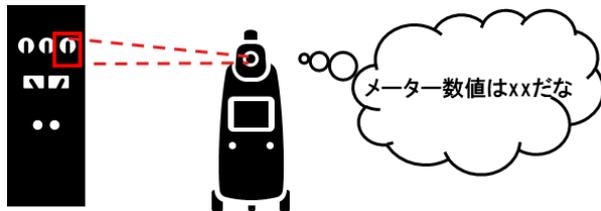
### 3. 施策適用と効果測定

#### 効果測定的前提

以下の前提で検討した品質確保プロセスに効果があったか測定する。

評価対象案件：B案件

B案件(おさらい)：自走ロボットを使ってメーター読み取りを自動化する。



評価対象工程：基本設計まで（B案件が基本設計仕掛中のため）

測定方法(定性)：1.各工程でのアクションを実施し、手戻り防止ができるか評価

2.正しい手順で安全評価を実施し、危険事象を漏れなく刈り取れるか評価

測定方法(定量)：品質確保プロセスを適用しなかった場合、想定される追加工数について評価

### 3. 施策適用と効果測定

#### 定性評価

1.各工程でのアクションを実施し、手戻り防止ができるか。

→①ロボットにおける動きのズレを考慮して読み取り対象とするメーターを定義することができた。

②基本設計完了前にお客さま環境で走行検証を実施し、ロボットが動作停止する不具合を抽出。  
基本設計で工程を止めることで、後工程での品質トラブル発生を防止できた。

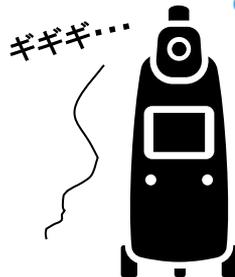
#### 手戻り防止例



①撮影位置のズレを考慮し、対象メーターを定義



同じ場所に止まったつもりでも、ズレで距離が遠くなりメーターが読み取れないことがあります。



②上流で検証を実施し、下流でのトラブル未然防止

ガイドラインには3Dシミュレーターによる机上検証をアクションとして定義していましたが、B案件では実地検証をしました。

### 3. 施策適用と効果測定

#### 定性評価

2.正しい手順で安全評価を実施し、危険事象を漏れなく刈り取れるか。

→手順どおりにリスクアセスメントを実施。

人とロボットが関わる場面を漏れなく洗い出し、適切なリスク低減策を策定できた。

#### 刈り取った危険事象とリスク低減の例



### 3. 施策適用と効果測定

## 定量評価

前述のとおり、基本設計内の検証にてロボットが動作停止する不具合を抽出できたことで、次工程開始を止めた。  
A案件では、手戻り工数として、当初工数の1.5倍かかったが、B案件では未然防止できた。

#### プロセス適用(B案件)



#### プロセス未適用(A案件)



---

## 4. 成果と今後の課題



Human \* IT

## 4. 成果と今後の課題

### まとめ

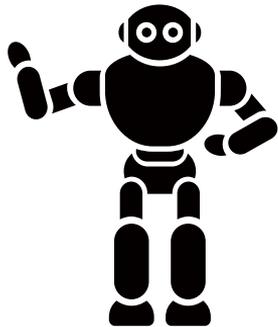
成果：

- ①RIPSを基にA案件の教訓を踏まえたロボットシステムの品質確保プロセスを導入できた。
- ②ロボットSIに関する品質確保ナレッジ(リスクアセスメント手順/実施記録など)が蓄積できた。
- ③設計工程で検証を実施し、致命的な不具合を抽出(手戻り防止)できた。

今後の課題：

- ①実案件を通して未知のナレッジを継続的に蓄積し、品質向上に努める。
- ②B案件の監視とプロセスコントロールの継続をする。
- ③見える化の目的に応じた、OT・IT システムの連携仕様確定方法についてナレッジの整理と事例適用をめざす。

ご清聴ありがとうございました。



END

---

## スマートファクトリー (OT・IT・プロダクト) における品質確保

2024/09/12

 株式会社 日立システムズ  
品質保証本部  
矢賀大嗣

# Human \* IT

人とITのチカラで、驚きと感動のサービスを。



**HITACHI**  
Inspire the Next

- P3 OT・ITの定義:Hitachi IoT Platform Magazine,2019,  
「現場業務の知見とデータ活用、OT×IT×プロダクト・システムで アフターサービスをお客さまビジネスの柱に」  
(2024年8月13日取得, [https://www.hitachi.co.jp/products/it/it-pf/mag/ryoko/iot\\_m2m\\_2019spr\\_01/index.html](https://www.hitachi.co.jp/products/it/it-pf/mag/ryoko/iot_m2m_2019spr_01/index.html))
- P19 リスクアセスメントの実施例 : ロボット革命・産業IoTイニシアティブ協議会, 2023, 「協働ロボットの安全解説書」  
(2024年8月13日取得, [https://www.jmfri.gr.jp/content/files/WG02/WG2\\_Docu/wg2\\_anzen.pdf](https://www.jmfri.gr.jp/content/files/WG02/WG2_Docu/wg2_anzen.pdf))