

2017年3月9日

日本機械工業連合会講演会

支援的保護システム — 規格化に向かって —

独立行政法人 労働者健康安全機構
労働安全衛生総合研究所

機械システム安全研究グループ

上席研究員 清水尚憲

日本機械工業連合会での活動方針

- ・ 複合的作業空間における安全確保システム開発部会は、ISO/TC199部会(動力を持つ機械類の安全性(安全装置、並びに安全確保のための物理的側面を含む)を担当範囲とする)の下部WGの一つとして位置づけられている。
- ・ 本部会は、統合生産システムに対して、労働者保護の観点から新たに**支援的保護システム**という新しいリスク低減の概念を国際提案することを目的とする。
- ・ 具体的な支援的保護システム(例えば、RFIDとカメラを組み合わせた支援的保護システム)のリスク低減効果に関する妥当性を予備実験で検証するとともに、さらに現場での実証実験を行う。

サブグループの設置

- 規格検討サブグループ

国際規格の原案作成を行う。

- リスクアセスメントサブグループ

現場の作業に関するリスクアセスメントを実施し、支援的保護システムによるリスク低減効果の評価を行う。

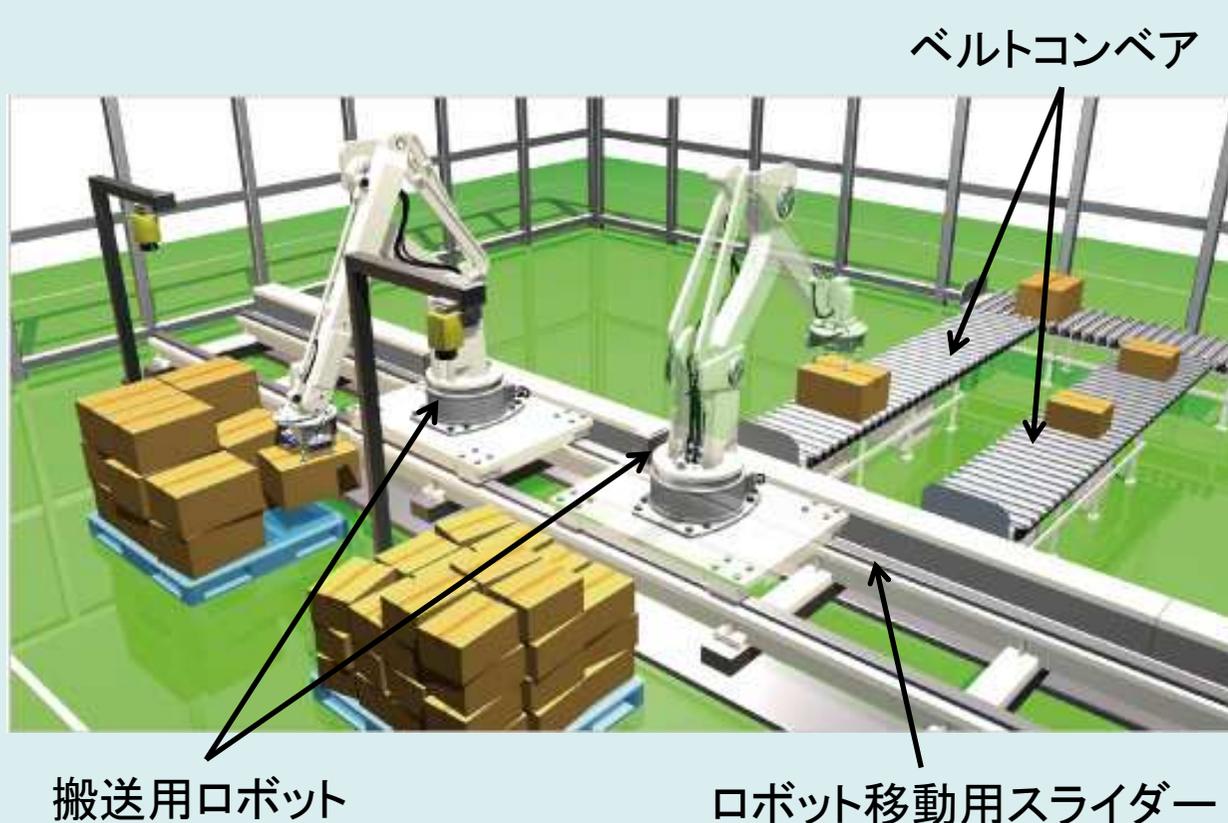
- 実証実験サブグループ

労働安全衛生総合研究所内に設置している統合生産モデルラインを使って支援的保護システムの妥当性検証を行うとともに、現場で実証実験を行い有効性を検証する。

統合生産システムとは？

Integrated Manufacturing System

広大な作業領域に複数の機械設備が混在して作業を行うシステム



メンテナンス作業



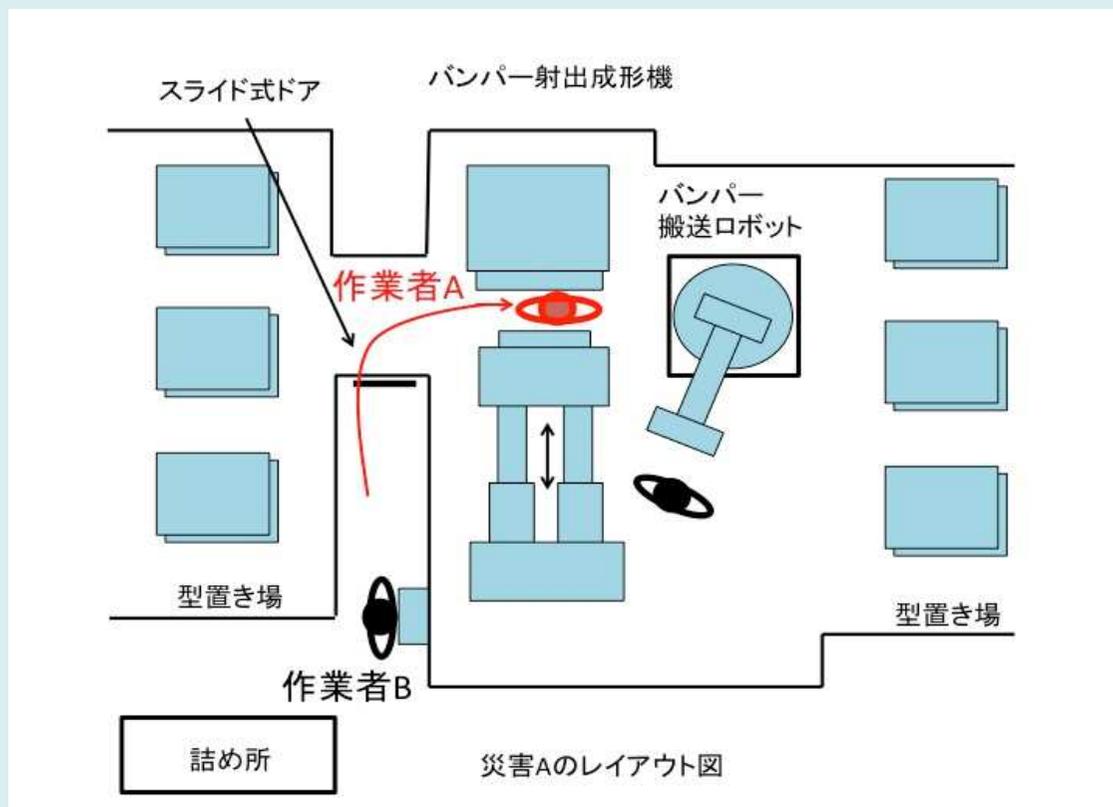
ティーチング作業

研究の背景

- ・ 非定常作業では、人と機械設備が近接して行う作業（危険点近接作業）が日常的に存在している。
- ・ 生産ライン等、複数の機械を複合したシステム(IMS)において、危険領域内に他の作業者が存在する場合、視認性の悪さや死角等により、確認ができない可能性がある。
- ・ ISO11161「統合生産システム(IMS)における安全性」において、危険点近接作業における有効的な安全確保の手段を提供していない。

※ISO12100/JIS B 9700(機械類の安全性-設計のための一般原則)では、原則的に同一時刻・同一場所での人と機械の協調作業を許可していない。
(隔離の原則、停止の原則)

死亡災害の例



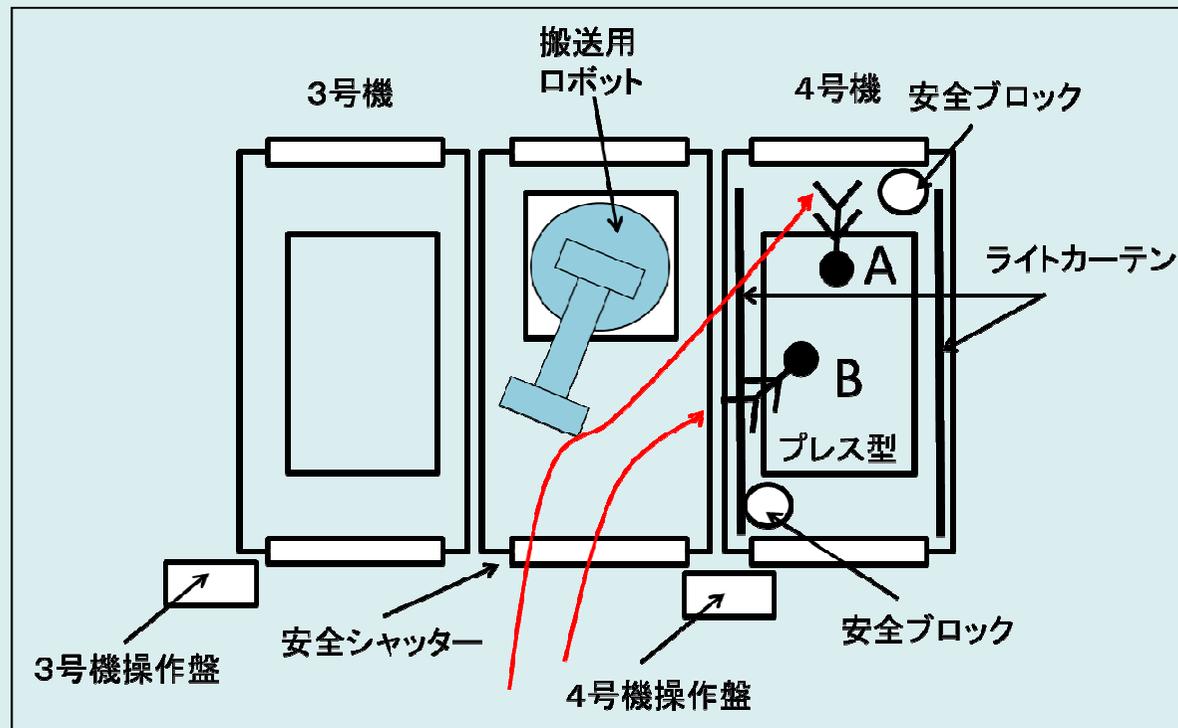
機械に起因する死亡災害
(挟まれ・巻き込まれ)
危険点近接作業:44%
広大領域内作業:36%
第三者による誤起動:12%

※当所で死亡災害129件を
分析した結果

※定置式の機械設備に
関連する死亡災害
の1/2はこのよう
な形態の災害となっ
ている

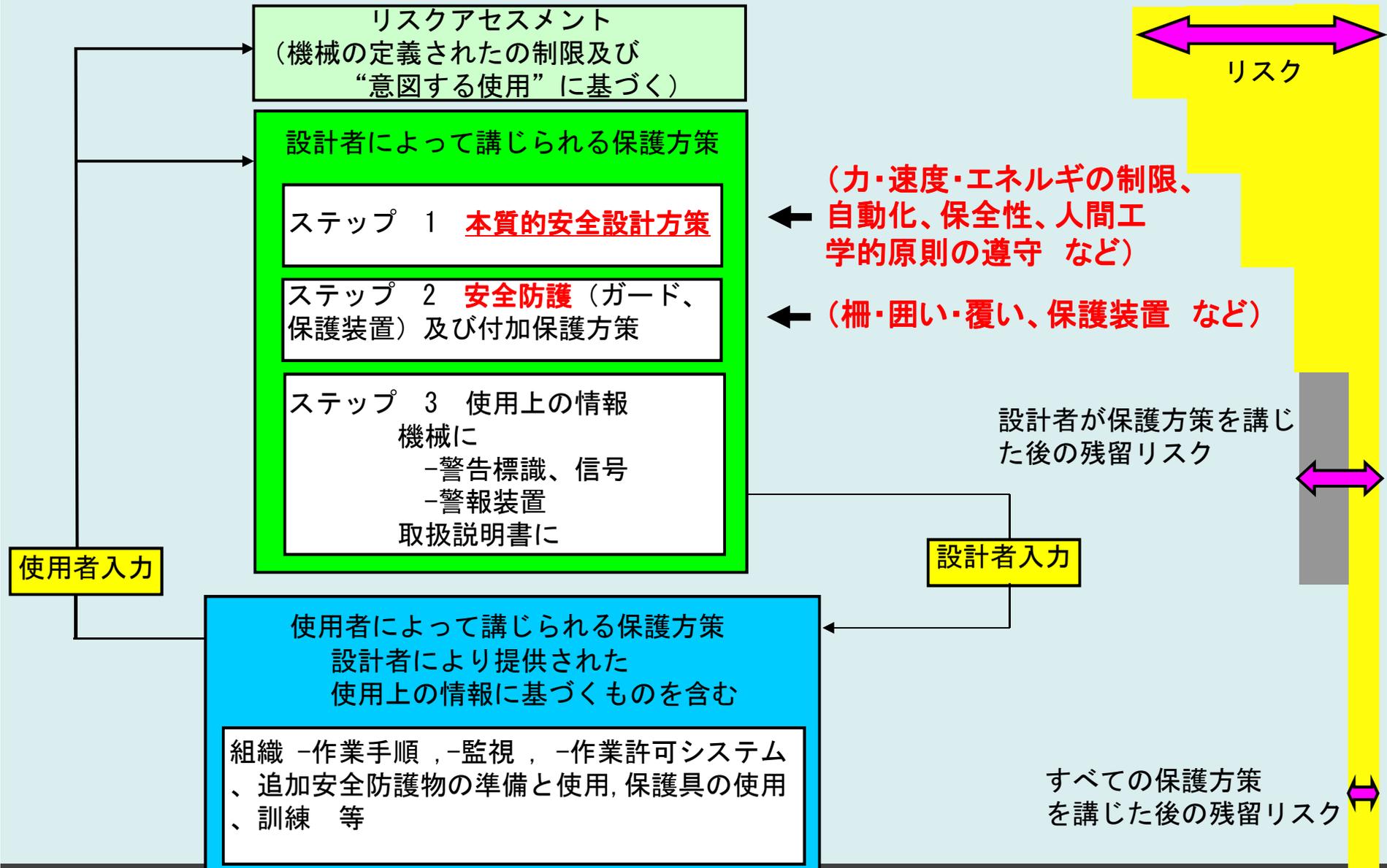
作業員Bが成形機の調整を行うため、スライド式ドアを開けて柵内に進入(安全プラグを携帯)
作業員Aは成形機のバリを取るため、スライド式ドアを開けて柵内に進入
作業員Bが作業終了後、スライド式ドアを閉めて柵外へ移動(安全プラグを戻す)、運転準備
を行い、起動したところ、柵内にいた作業員Aが金型内に挟まれた。

死亡災害の例

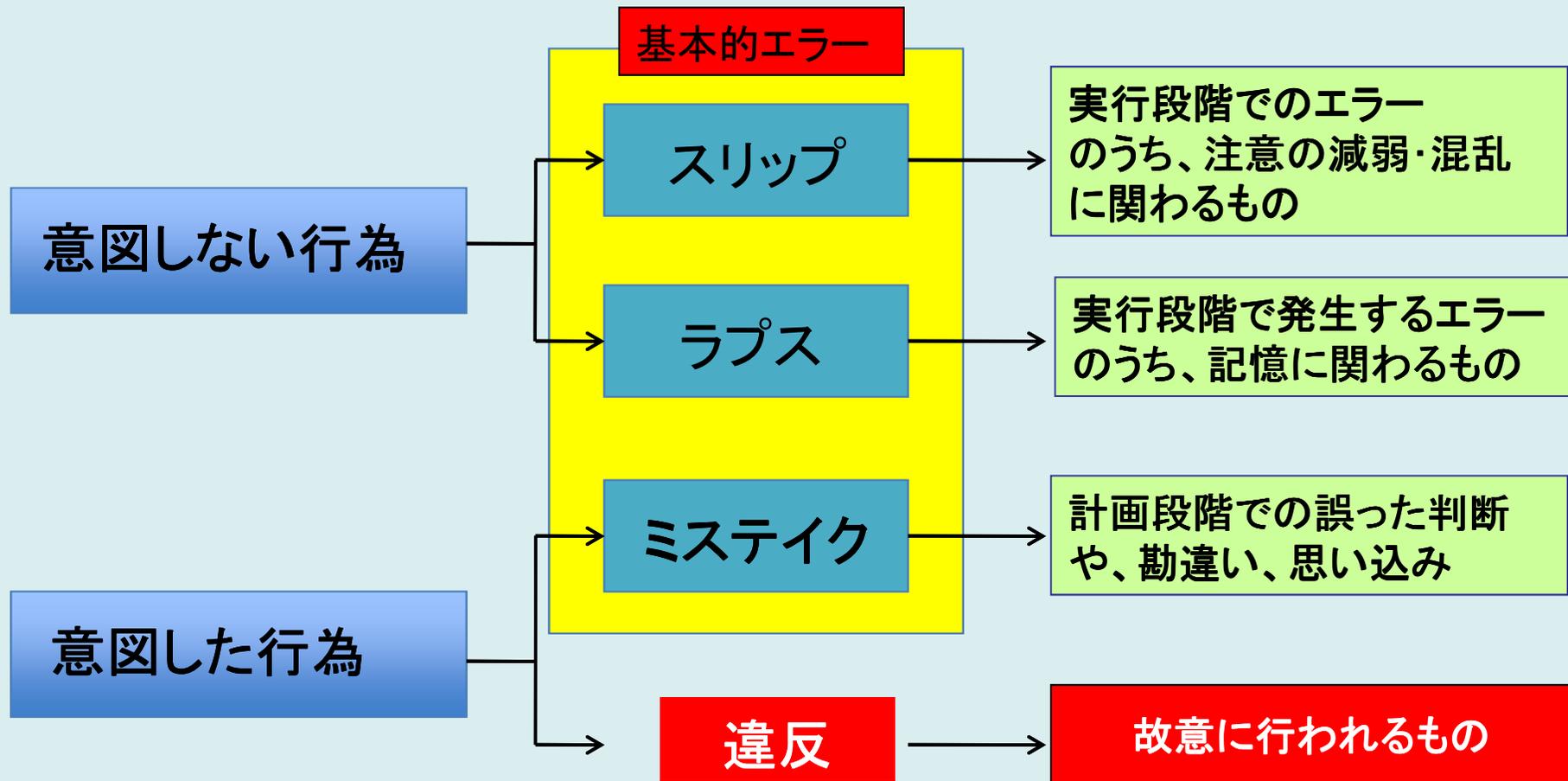


作業員AとBはプレス4号機の金型調査を行うため、安全シャッターから柵内へ進入しプレス4号機の金型内に上半身を入れて作業を行っていた。他の作業員がプレス4号機操作盤を操作したため、プレス4号機のスライドが降下し、作業員AとBが挟まれた。

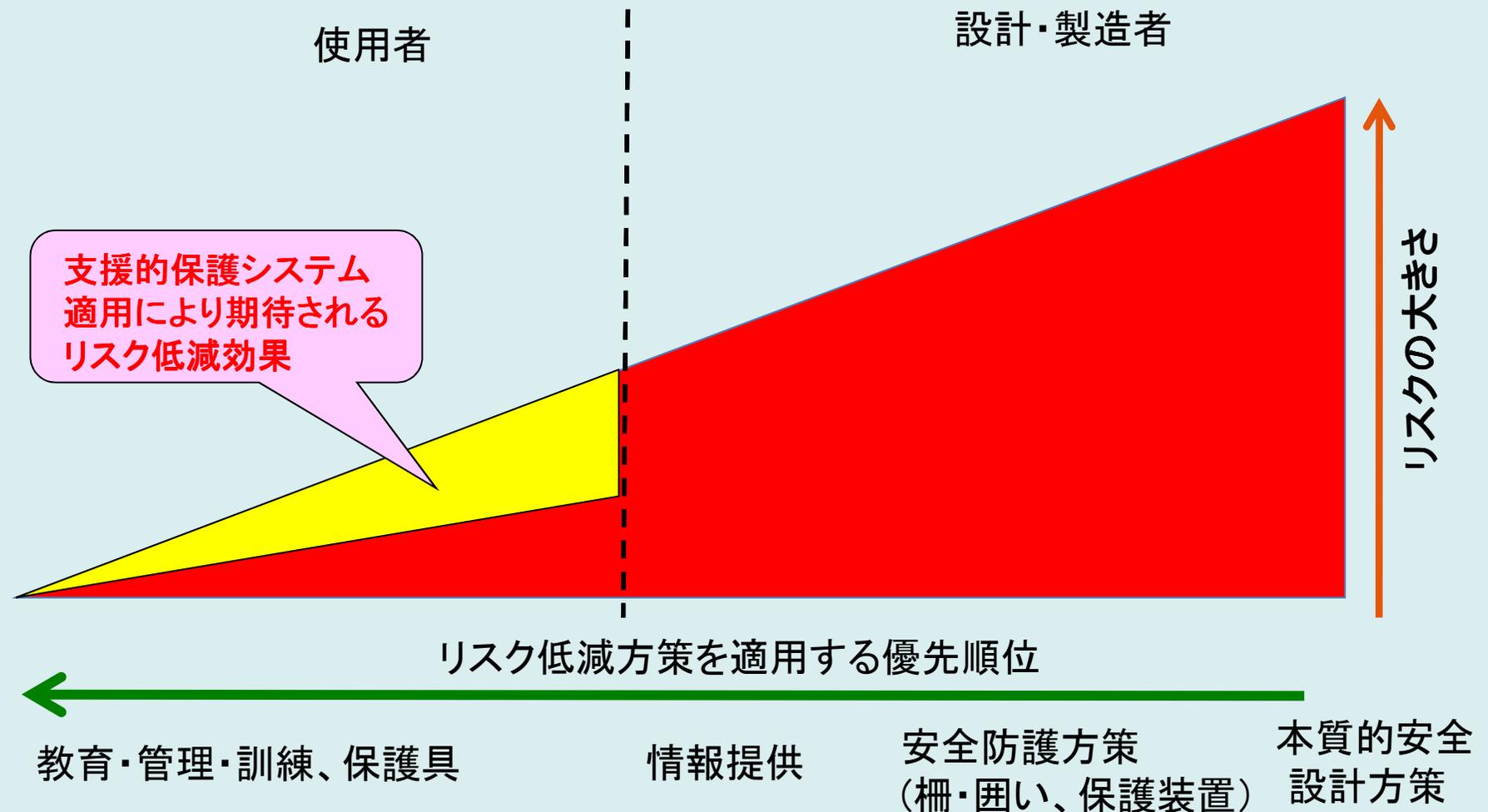
ISO12100(JIS B 9700)のリスク低減プロセス



ヒューマンエラーと意図的不安全行動



設計・製造者と使用者が行うリスク低減方策の優先順位と支援的保護装置のリスク低減効果



保護装置と支援的保護システムの違い

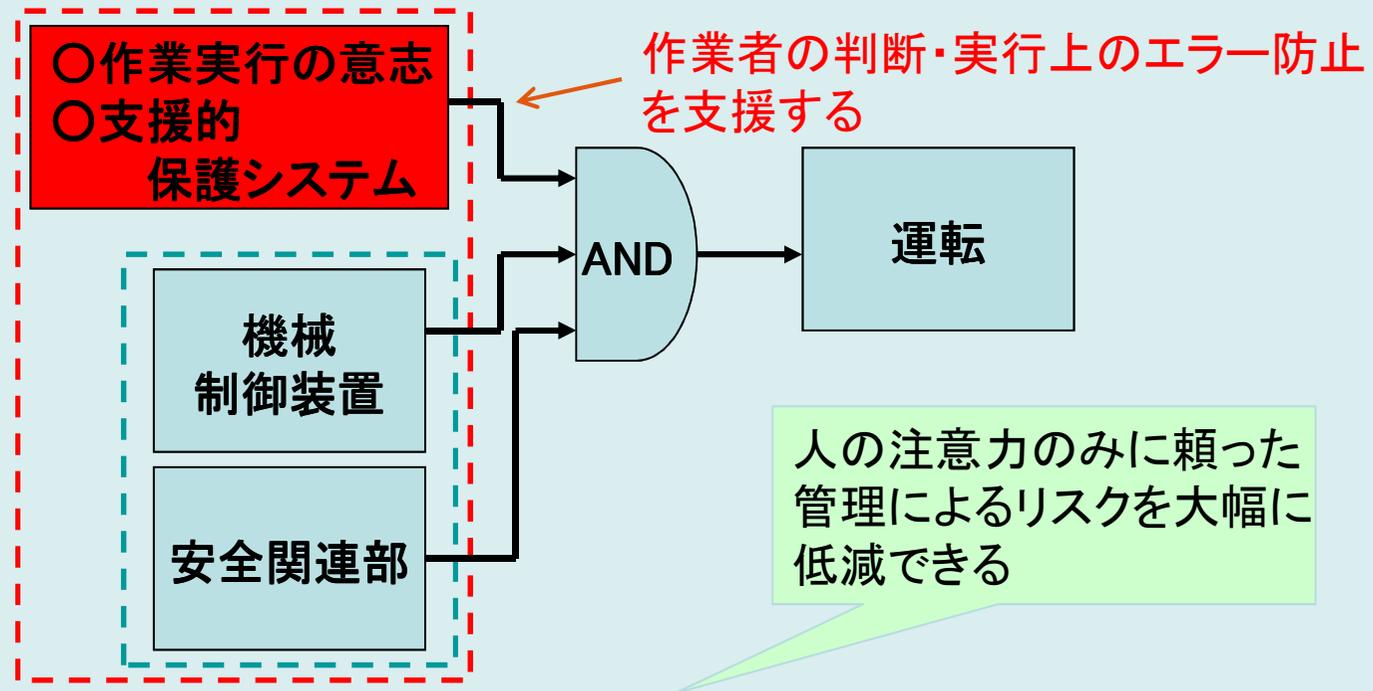
保護装置とは、対象となる機械設備等についてメーカーが設計・製造段階で行うリスク低減方策のうち、ステップ2の安全防護方策のうち、ガード以外の安全防護物に該当するもの

それに対して、**支援的保護システム**とは、ユーザーが現場で行う保護方策のうち、**行動の実行段階でのヒューマンエラー等**(スリップ*とラプス*に相当するが、大きな残留リスクに対してはミステイク*も含む)による**危険側誤りの確率を可能な限り減少させるためのシステム**のことで、従来実施している人的リスク低減方策(「教育・訓練・管理等)と併用して、人の注意力だけに依存しない安全対策を確立することを目的としている。

*ヒューマンエラーと意図的な不安全行動の分類

- ・スリップ : 行動の実行段階でのエラーのうち、注意の減弱・混乱に関わるもの
- ・ラプス : 行動の実行段階のエラーのうち、記憶に関わるもの
- ・ミステイク: 行動の計画段階や判断段階でのエラー
- ・意図的な不安全行動: その行動がルールから逸脱することを知りながらも、あえて取る行動

支援的保護システムの役割

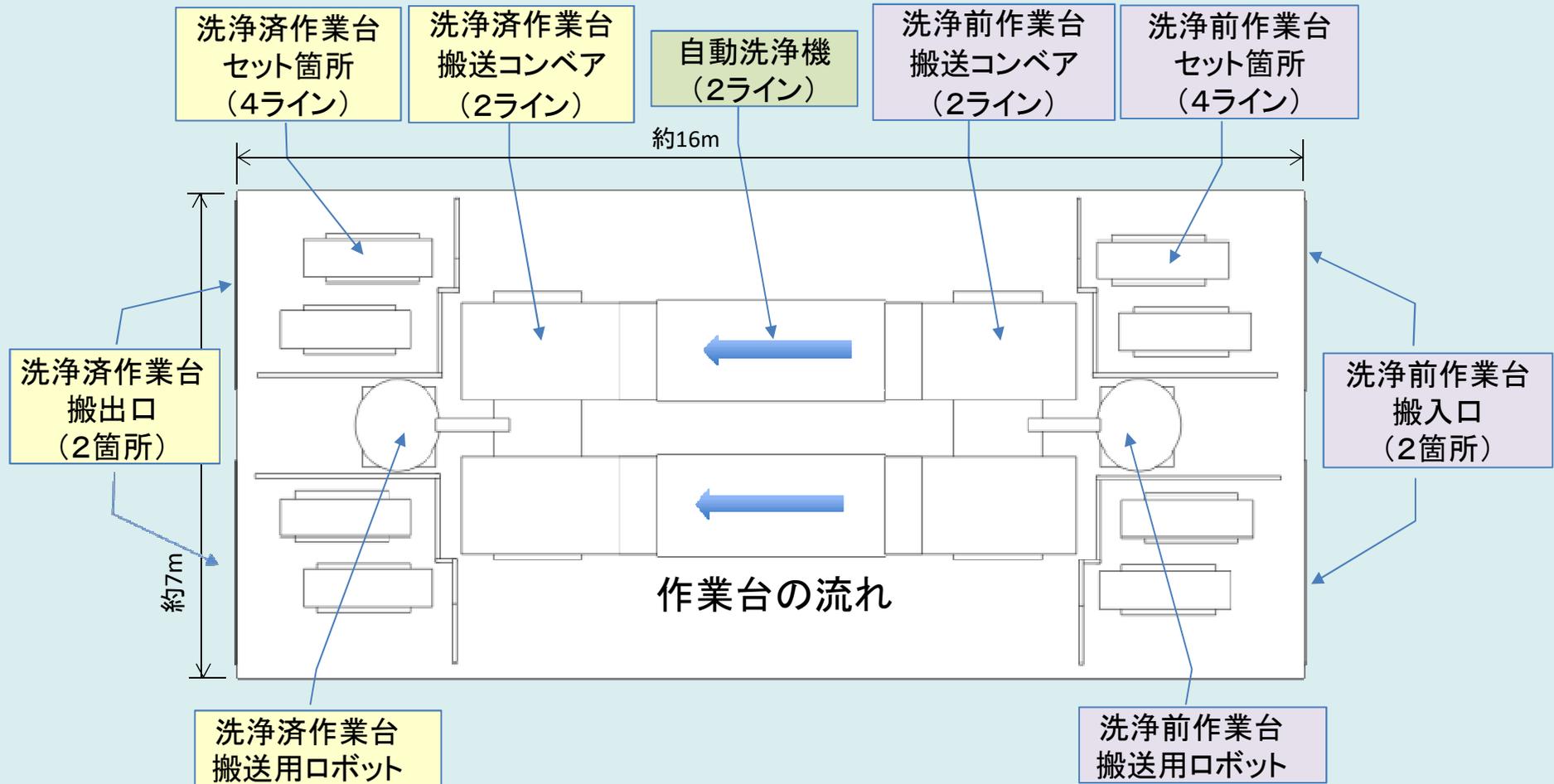


選択された作業ごとに、資格と権限のある作業者のみ進入を可能とし、指定された機械のみ事前に設定された運転モードテーブルに基づいて機械の起動・停止が可能となる。

※従来の起動信号と安全確認信号による運転に加えて、非定常作業支援装置の信号を作業者が入力することにより機械の運転を可能とするもので、**安全関連部の機能を補完するものではない。**

今年度実証実験場所

可搬式作業台自動洗浄ライン



ゾーン分割

実験場所を6つのゾーンに分割して管理



各ゾーンの様子

ゾーンA1 & ゾーンB1
(洗浄前作業台 搬入ゾーン1&4)



ゾーンA2 & B2
(作業台自動洗浄ゾーン2&5)

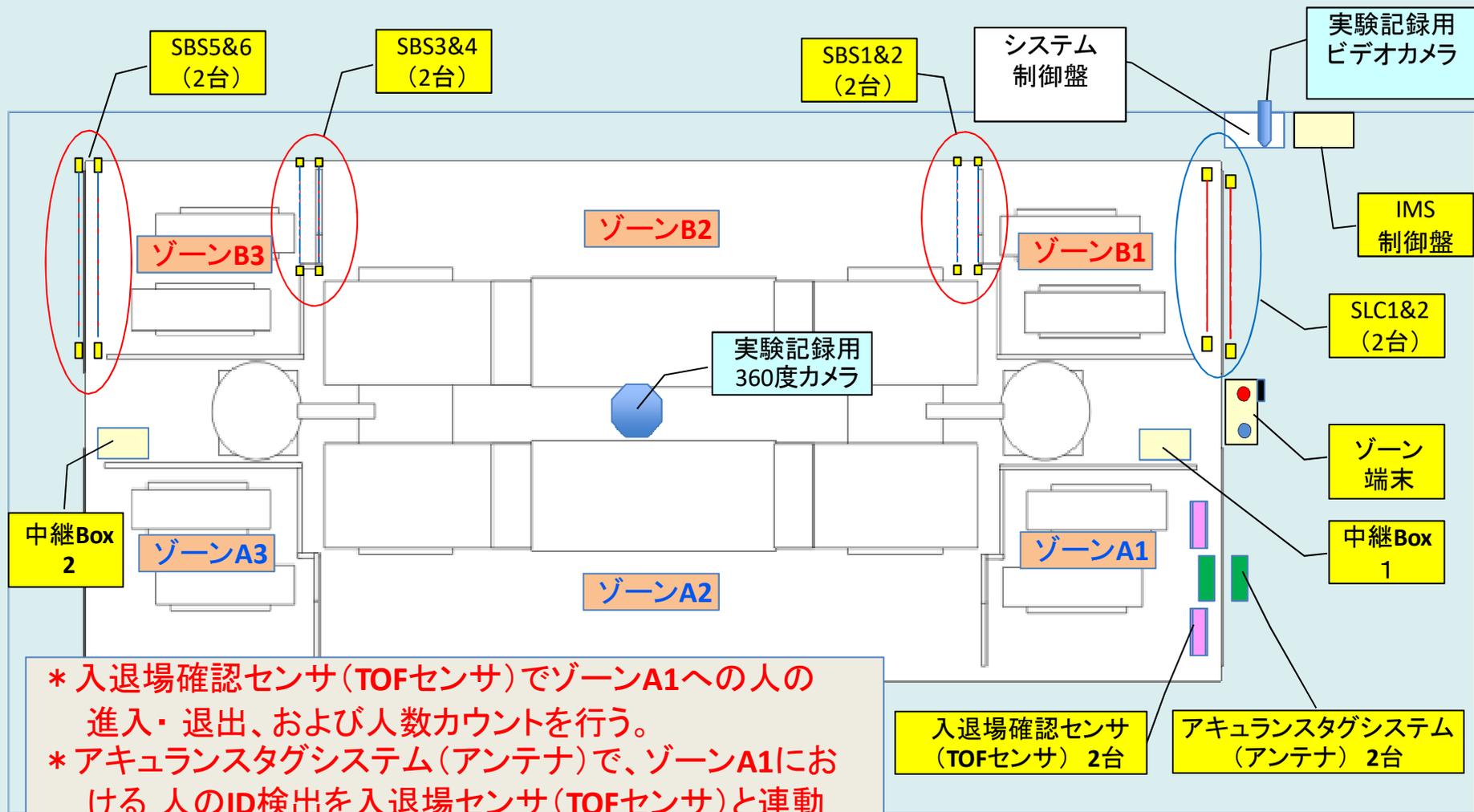


ゾーンA3 & ゾーンB3
(洗浄済作業台 搬出ゾーン3&6)



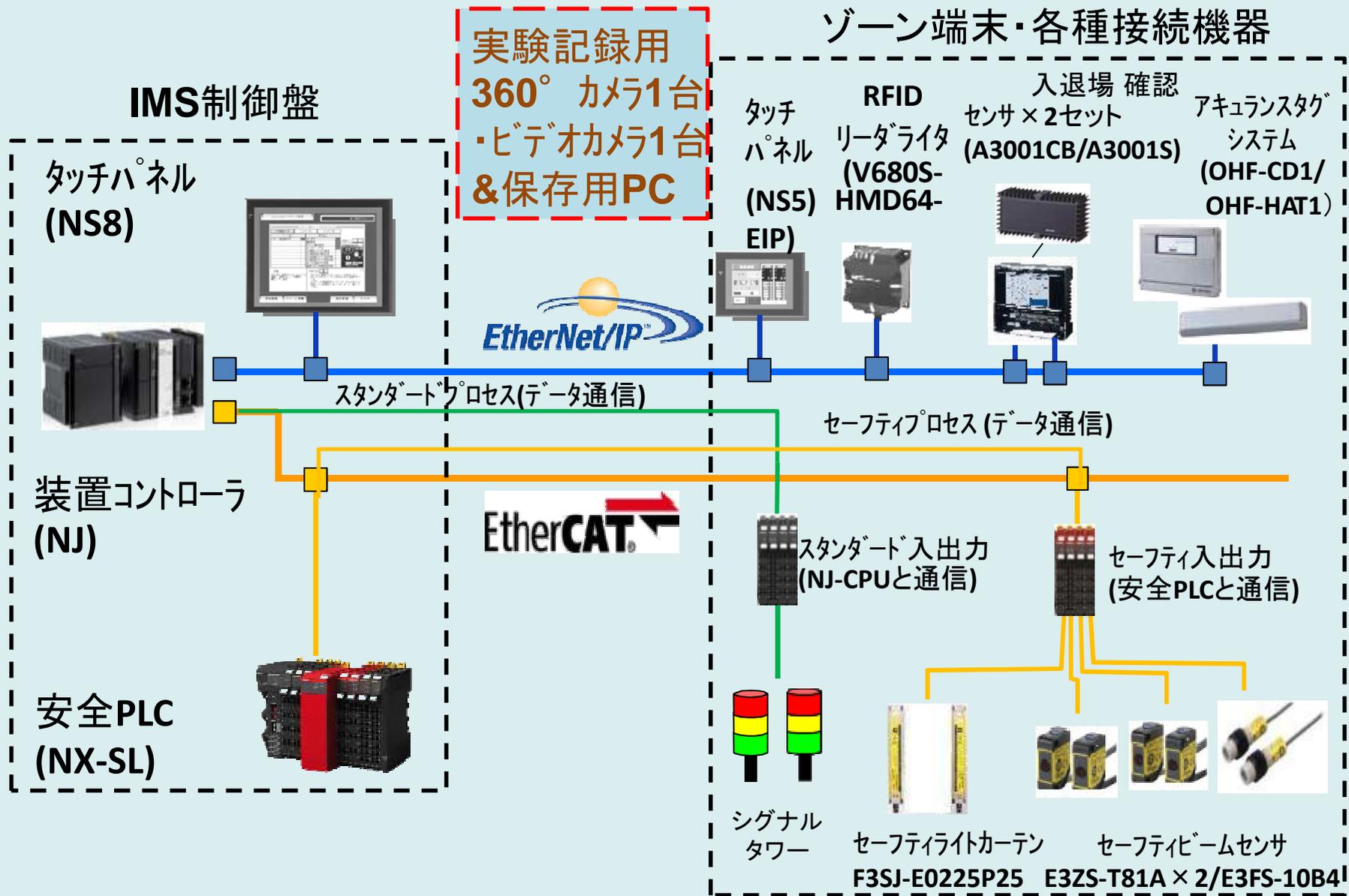
各装置・機器(UWBアクティブRFIDを除く)の設置箇所

* SLC(セーフティライトカーテン)とSBS(セーフティビームセンサ)で、ゾーンB1、B2、B3への人の進入、および退出を検知する。



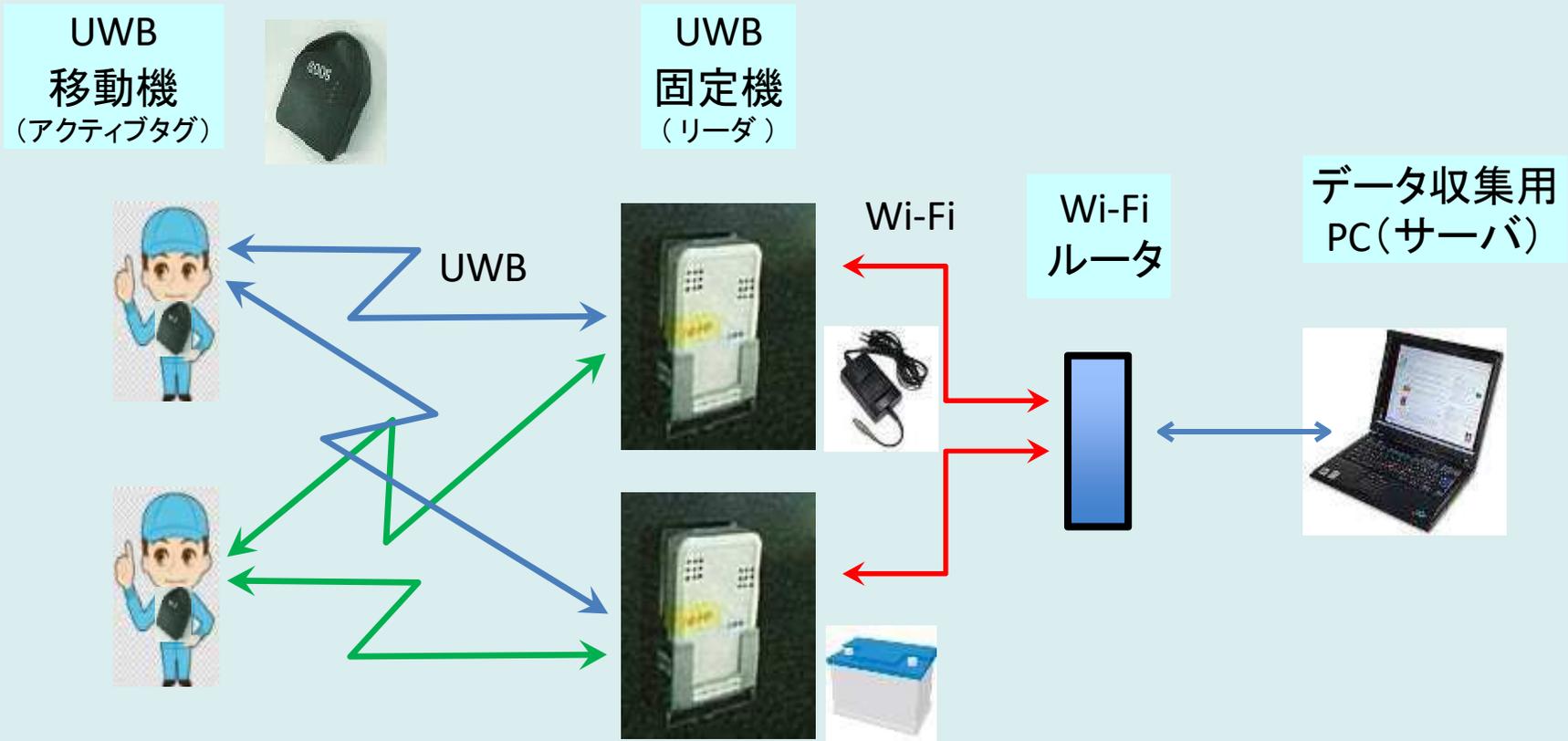
* 入退場確認センサ(TOFセンサ)でゾーンA1への人の進入・退出、および人数カウントを行う。
* アクキュラスタグシステム(アンテナ)で、ゾーンA1における人のID検出を入退場センサ(TOFセンサ)と連動して行う。

システム構成(1)



システム構成(2)

UWBアクティブRFIDシステム



実証実験に使用する各種RFタグ

UWBアクティブRFIDシステム

UWB
移動機
(アクティブタグ)



UWB
固定機
(リーダー)



アキュラスタグシステム

ノーマルタグ
(アクティブタグ)



ハイブリッド
アンテナ



制御機



RFIDシステム(パッシブタイプ)

RFタグ
(リストバンド型タグ)



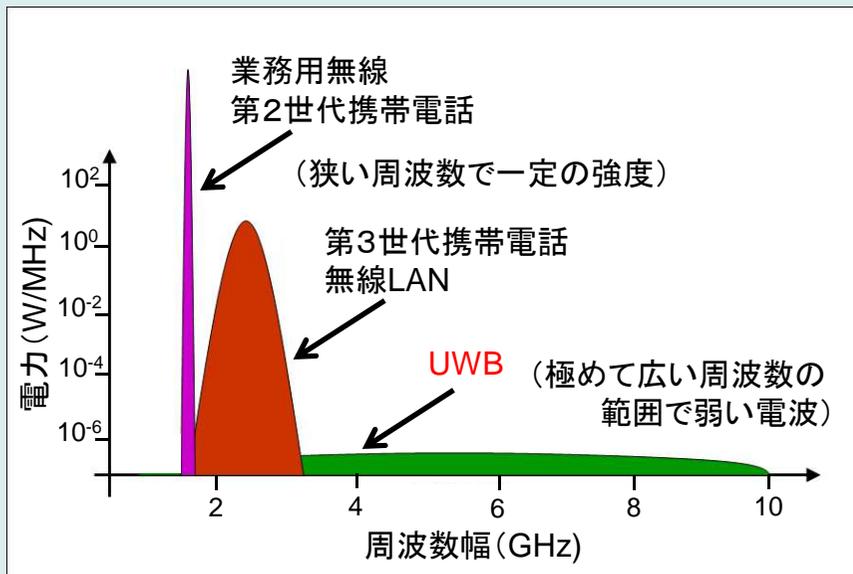
リーダーライタ



UWB(超広帯域通信)を用いた 3D作業位置検出・ID確認システム

UWB無線システムとは？

非常に広い帯域幅にわたり電力を拡散させて、数百Mbps規模の高速通信を可能にする無線システム

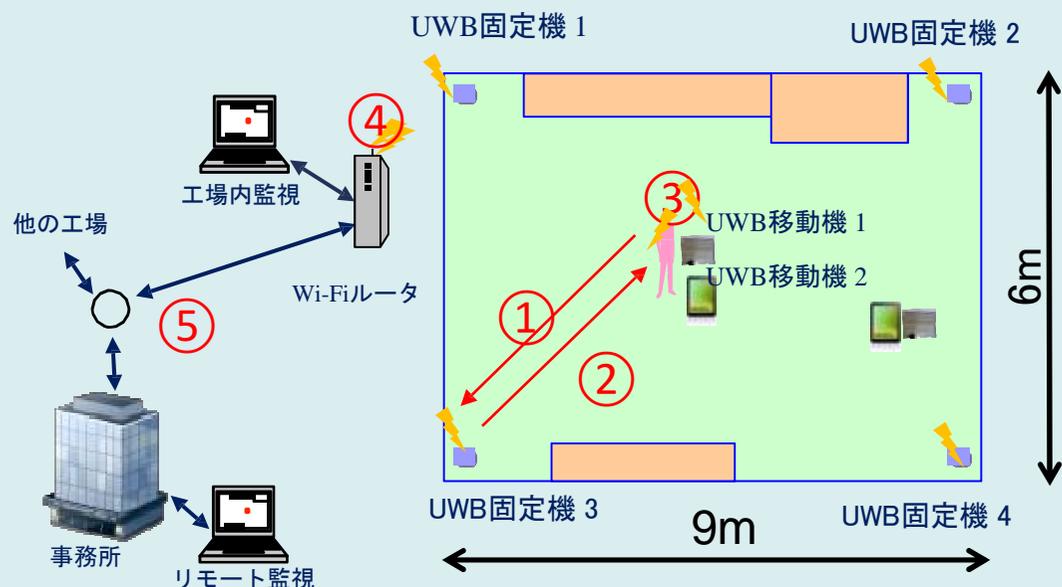


作業者のIDと3次元で作業位置を把握することで、適切な作業許可の条件構築と、作業中の存在確認・健康管理等が可能となる。

UWBを利用した簡易的位置測位システムによる予備検討

位置測位手順

- ①② 移動機と固定機間の距離を計算
- ③ 移動機が自分の位置を把握
- ④ 把握した位置情報とIDをタブレットに表示しその情報をサーバーへ転送
- ⑤ その情報を事務所で一括管理



測定誤差 10cm以内
 (※さらにアンテナの数を増やせば
 誤差が少なくなる可能性あり)



固定機



移動機



RFタグ装着対象者と内容一覧

■RFタグ装着対象者の定常作業内容・権限

No	対象者	人数	作業内容・権限					
			台車搬入	台車搬出	定期点検	ティーチング	システム管理者への支援	定期清掃
1	作業員	4	○	○	○	×	○	○
2	システム管理者	2	×	×	×	○	—	×
3	工場管理者	3	×	×	×	×	×	×

■RFタグ装着対象者の緊急作業内容・権限(設備停止状態)

No	対象者	人数	作業内容・権限							
			台車の荷ずれ対応	ロボット用レンズの緊急清掃	メンテナンス・点検 (ロボット・洗浄機・ベルトコンベア等)	修理 (ロボット・洗浄機・ベルトコンベア等)	システム管理者への各種支援	簡易修理・交換 (パッキン、センサ等)	コンベア上の作業台補正 (ずれ、引っ掛かり対応)	立ち会い・見学
1	作業員	4	○	○	×	×	○	○	○	×
2	システム管理者	2	×	×	○	○	—	×	×	×
3	工場管理者	3	×	×	×	×	×	×	×	○

RFタグ装着対象者一覧

No	RFタグ装着対象者	氏 名	ID No.	RFタグ装着対象者の詳細
1	作業員1	1	8001	現場作業員1(社員)
2	作業員2	2	8002	現場作業員2(社員)
3	作業員3	3	8003	現場作業員3(協力会社)
4	作業員4	4	8004	現場作業員4(協力会社)
5	システム管理者1	5	8005	機械メーカー
6	システム管理者2	6	8006	システム設計者
7	工場管理者1	7	8007	工場長
8	工場管理者2	8	8008	生産本部関係者
9	工場管理者3	9	8009	品質管理部門関係者
10	予備	10	8010	実証実験メンバー他

RFタグ装着対象者の作業vs追加作業エントリー可否(1)

					追加作業内容															
					定常作業							緊急作業								
					作業員				システム管理	工程管理	作業員				システム管理	システム管理	立会・見学			
対象者	作業内容	略称	装置・ロボット	搬入	搬出	定期点検	定期清掃	システム管理支援	ティーチング	無し	荷ずれ直し	緊急清掃	作業台補正	管理修理等	システム管理支援	メンテ・点検	修理	立会・見学		
実施中の作業	無し			稼働	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
				停止	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	作業員	台車搬入	搬入	制限	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		台車搬出	搬出	制限	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		定期点検	定期点検	制限	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		定期清掃	定期清掃	制限	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		システム管理者への各種支援	システム管理者支援	制限	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	システム管理者	ティーチング	ティーチング	制限	-	-	-	-	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	工場管理者	無し	-	制限	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	緊急	作業員	台車の荷ずれ対応	荷くずれ直し	停止	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○	-	-	-	-	-
			ロボット用レンズの緊急清掃	緊急清掃	停止	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○	-	-	-	-	-
			コンベア上の作業台補正対応	作業台補正	停止	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○	-	-	-	-	-
			簡易修理・部品交換等	簡易修理等	停止	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-
			システム管理者への各種支援	システム管理者支援	停止	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
システム管理者		メンテナンス・点検	メンテ・点検	停止	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○	-	
		修理	修理	停止	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○	-	
工場管理者	立会い・見学	立会い	停止	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○		

RFタグ装着対象者の作業vs追加作業エントリー可否(2)

■ 定常時における作業員・システム管理者の作業中時の追加作業エントリー可否

作業主体者と作業項目	作業内容・追加作業エントリー可否					
	作業員 台車搬入	作業員 台車搬出	作業員 定期点検	システム管理者 ティーチング	作業員 システム管理者への支援	作業員 定期清掃
作業員	○	○	○	×	○	○
システム管理者	×	×	×	○	×	×
工場管理者	×	×	×	×	×	×

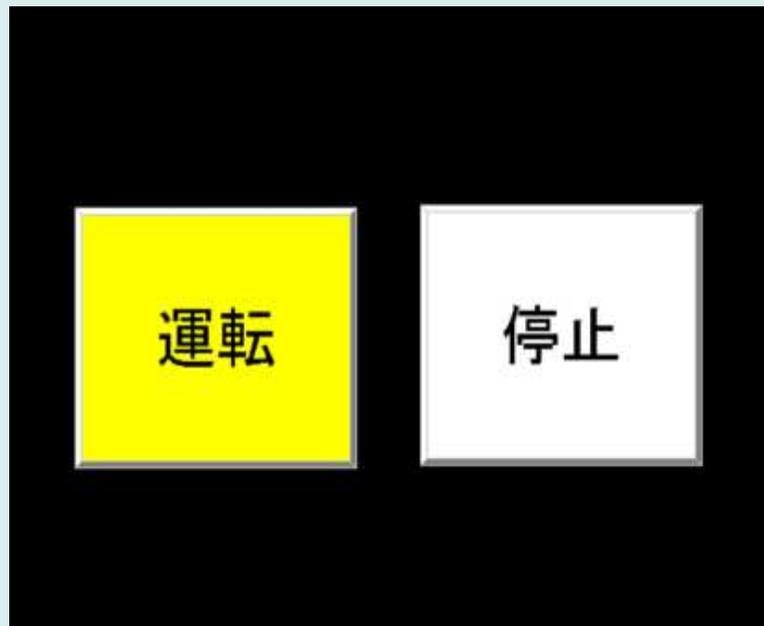
■ 非定常時における作業員・システム管理者の作業中時の追加作業エントリー可否

作業主体者と作業項目	作業内容・権限							
	作業員 台車上の荷 ずれ対応	作業員 ロボット用 レンズの 緊急清掃	システム 管理者 メンテナンス ・点検 (ロボット・洗浄機・ ベルトコンベア等)	システム 管理者 修理 (ロボット・洗浄機・ ベルトコンベア等)	作業員 システム 管理者 への各 種支援	作業員 簡易修理 ・交換 (パッキン、センサ 等)	作業員 コンベア上 の作業台 補正 (ずれ、引っ掛かり 対応)	工場 管理者 立ち会い ・見学
作業員	○	○	×	×	○	○	○	×
システム管理者	×	×	○	○	×	×	×	×
工場管理者	×	×	×	×	×	×	×	○

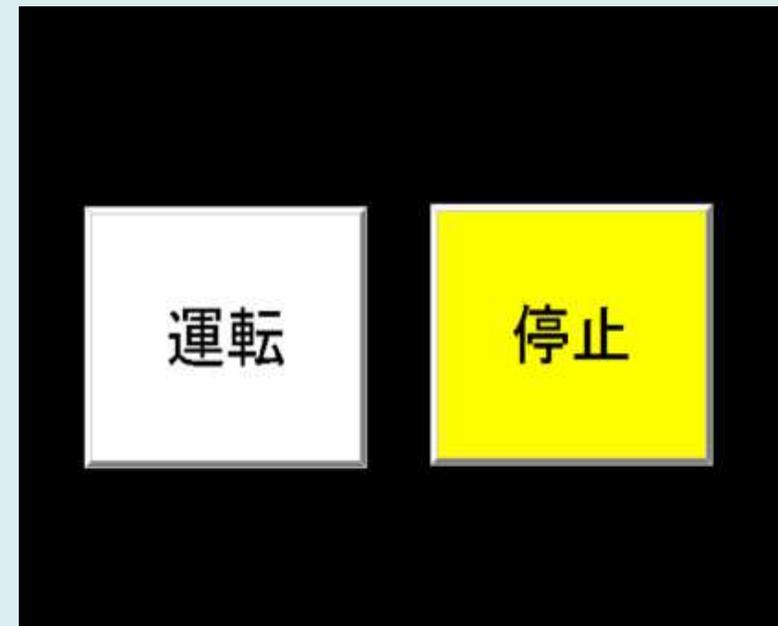
IMS制御盤のモニタ画面代表例

■IMS制御盤

システム稼働中

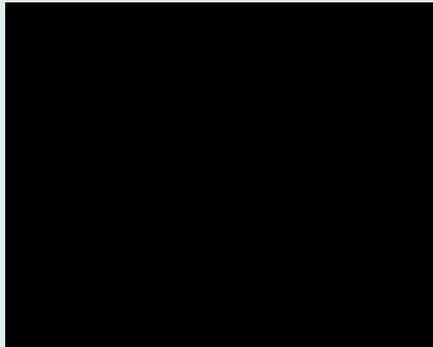


システム停止中



ゾーン端末のモニタ画面代表例(1)

待機時
ブラック画面



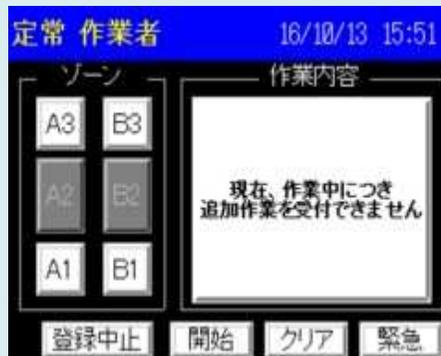
定常&ロボット稼働時
作業者: 搬入or搬出のみ選択可



定常&ロボット停止時
作業者: 実施中の作業が無い時、全作業の選択可



定常&ロボット停止時
作業者: 作業者の資格や権限が無い作業実施中は、追加作業エントリーは不可



定常&ロボット停止時
作業者: 別の作業者が点検作業中の場合、点検のみ選択可

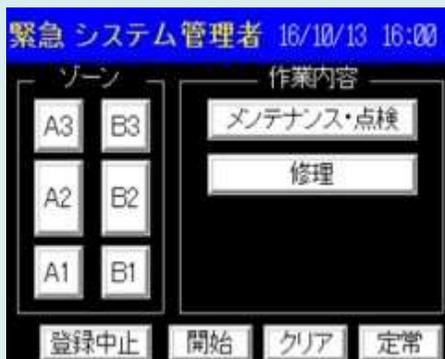


定常&ロボット制限時
システム管理者:
ティーチングのみ選択可



ゾーン端末のモニタ画面代表例(2)

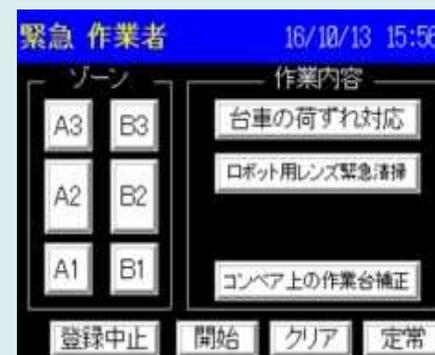
緊急&ロボット停止時
システム管理者:2項目のみ選択可



緊急&ロボット停止時
作業員:該当全作業の選択可



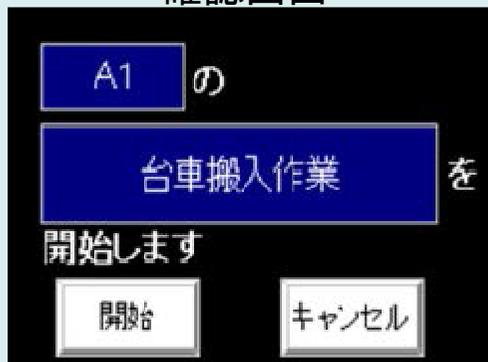
緊急&ロボット停止時
作業員:別の作業員が緊急作業中の場合、同一作業のみ選択可



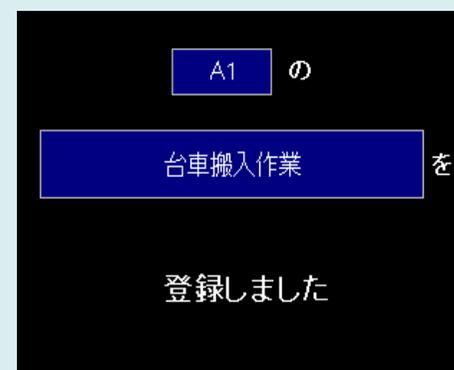
緊急&ロボット停止時
作業員:システム管理者の依頼で作業支援が選択可



作業登録時
下記画面で最終登録
確認画面



作業登録時
最終登録完了画面



UWBアクティブRFIDシステム

* 全ゾーンに
おける人の所在位
置を把握する



UWB
固定機
(リーダー)



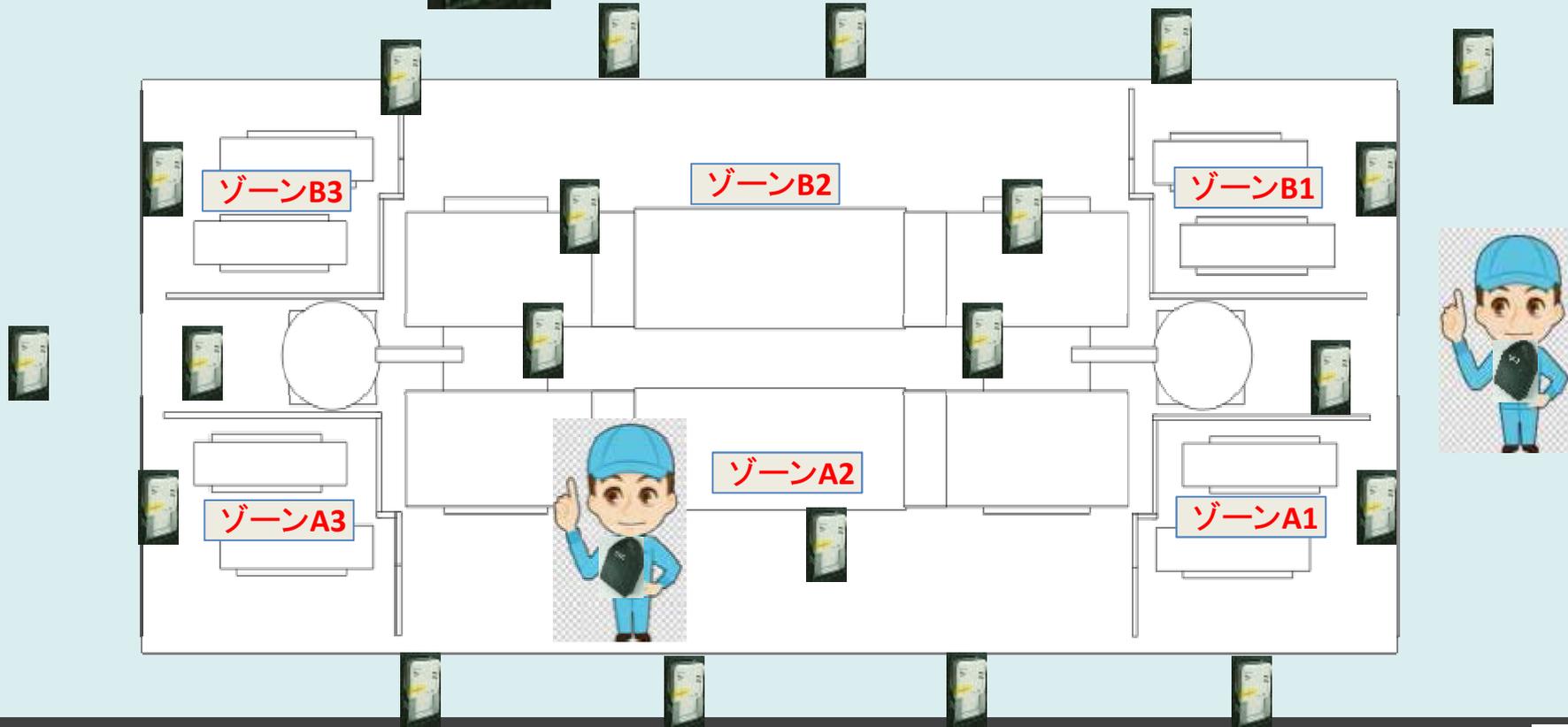
23箇所
に設置



UWB
移動機
(アクティブタグ)



10名に
装着



作業者位置計測システムの特徴



固定機



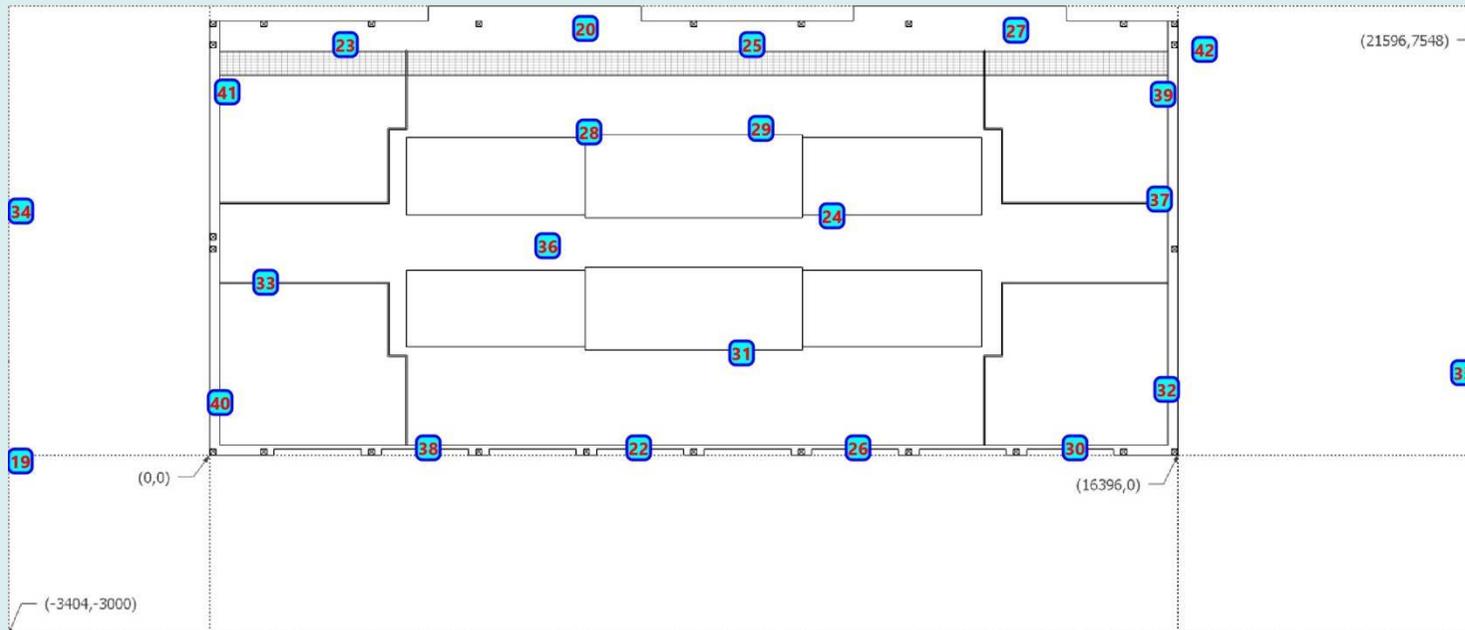
移動機

項目	簡易設置型	
システムの特徴	<ul style="list-style-type: none"> •UWB規格を用いた通信型の測位システム •システムの設置、撤去が容易でゴミの量も非常に少なくて済む。 •設置場所を変えて様々な場所でのツールとして使える。 •測位精度 <10cm (* 環境の条件による) •移動機からタブレットに測位データをBlueTooth経由で送信してタブレット上で地図情報にマッピング可能 	
	固定機	移動機
重さ	100g	90g
機能	WiFi内蔵	BT内蔵
		加速度センサー*1 地磁気センサー*1
電源	電池または USB5.0Vアダプター	充電式または USB5.0Vポータブルバッテリー

固定機調整履歴

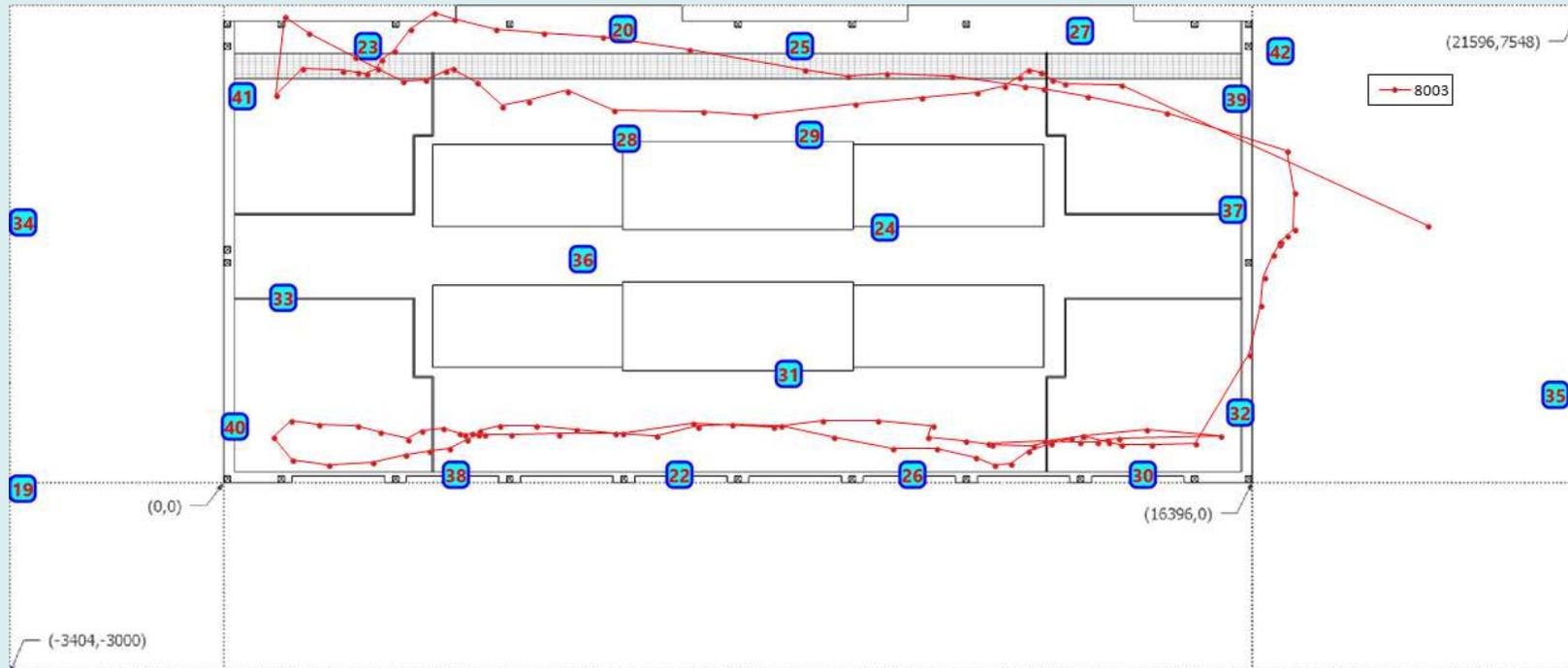
No	変更内容	変更理由
1	固定機1042の配置変更	洗浄室からの退出確認ができなかったため
2	固定機1039の角度変更	ゾーンB1の測位能力向上のため
3	固定機1034の角度変更	搬出口の測位能力向上のため
4	固定機1019追加	洗浄室外の測位能力向上のため
5	固定機1035の高さ変更(153cm →208cm)	搬入口の前は人通りが多く、高い位置からの測距が必要なため
6	固定機1027の高さ変更(102cm →152cm)	搬送用ロボットのアームが邪魔になり洗浄機室外の測距を妨げていたため
7	固定機1025の座標修正	座標設定の誤り修正
8	固定機1020の高さ変更(149cm →169cm)	ゾーンBの洗浄機が遮蔽物となり、ゾーンA側の測距ができなかったため
9	固定機1033の配置を下方向に79cm移動	鉄骨が遮蔽物となり搬出口外側の測距ができなかったため
10	固定機1033の高さ変更(175cm →186cm)	搬送用ロボットのアームの影を避けるため
11	固定機1033の高さ変更(181cm →163cm)	搬送用ロボットのアームの影を避けるため

固定機配置と座標



					Unit [cm]				
	固定機#	座標				固定機#	座標		
		X	Y	Z			X	Y	Z
1	1019	-318	-8	230	13	1032	1621	112	264
2	1020	638	717	169	14	1033	97	293	186
3	1022	728	14	171	15	1034	-317	412	229
4	1023	232	690	180	16	1035	2123	140	208
5	1024	1055	404	215	17	1036	1609	432	163
6	1025	920	690	180	18	1037	1609	432	163
7	1026	1099	14	166	19	1038	372	14	138
8	1027	97	293	186	20	1039	1615	607	281
9	1028	644	544	149	21	1040	20	90	261
10	1029	935	550	148	22	1041	32	611	284
11	1030	1466	14	176	23	1042	1685	682	201
12	1031	902	173	148					

移動時の導線捕捉



移動機: 右胸ポケットに携帯

歩行経路: ゾーンA1→A3→A1→B1→B3→B1

国際規格(ISO/NP TR)への提案



Form 4: New Work Item Proposal

Circulation date: 2016-10-05	Reference number: ISO/NP TR 22053 (to be given by Central Secretariat)
Closing date for voting: 2016-12-29	ISO/TC 199
Proposer (e.g. ISO member body or A liaison organization) JISC	N 1329
Secretariat DIN	

Title of the proposed deliverable.

English title:

Safety of machinery -- Supporting protective system

French title:

(In the case of an amendment, revision or a new part of an existing document, show the reference number and current title)

Scope of the proposed deliverable.

This document provides general requirements for the application and operation of a supporting protective system that monitors and controls non-routine operations performed in a hazard zone of an Integrated Manufacturing System (IMS) in order to ensure operator safety.

The following items are monitored and controlled.

- Identification of task zones
- Confirmation of human presence
- Operator qualifications and authorization
- Control range for each task and operating mode for each machine

Purpose and justification of the proposal*

An automatic system can be used to help prevent unqualified persons from accessing hazardous areas and from operating dangerous equipment. Such systems are beginning to be used in factories today, but there is no design guidance or a minimum set of requirements. This Technical Report will provide some initial guidance for the development and application of these systems.

Consider the following: Is there a verified market need for the proposal? What problem does this standard solve? What value will the document bring to end-users? See Annex C of the ISO/IEC Directives part 1 for more information. See the following guidance on justification statements on ISO Connect:

<https://connect.iso.org/pages/viewpage.action?pageId=27590861>

Annex A
Members of the group preparing this proposal and working draft

[Convener]
Shoken Shimizu (shimizu@s.iniosh.go.jp)
(National Institute of Occupational Safety and Health)

[Secretary]
Hirokazu Miyazaki (miyazaki@jmf.or.jp)
Mikio Sasaki (sasaki@jmf.or.jp)

(The Japan Machinery Federation)

[Study of standard sub-group]
Tatsuya Iida (tatsuya_iida@omron.co.jp)
(OMRON Corporation : Sub-group leader)

Masaya Inoue (OMRON Corporation)
Kazunari Tsukiyama (kazunari_tsukiyama@omron.co.jp)
(OMRON Corporation)

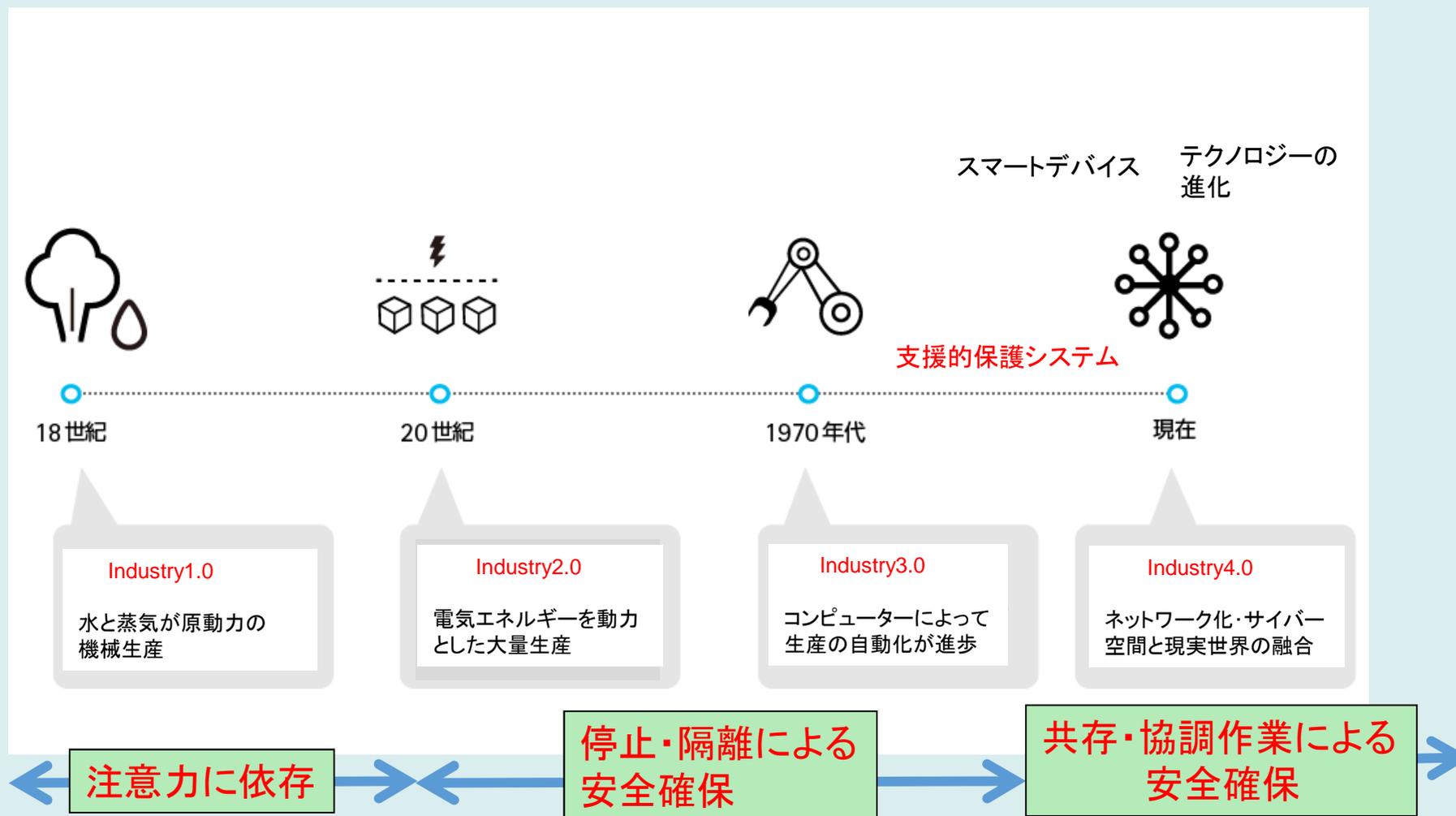
Yasushi Sumi (Advanced Industrial Science and Technology)
Takashi Arita (Fujitsu Component Limited)
Kazuya Okada (IDEC Corporation)
Norikazu Murata (OPTEx Co., Ltd.)

[Study of risk assessment sub-group]
Yukio Hata (Komatsu Industries Corp. : Sub-group leader)
Hirohide Ebisawa (Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corporation)
Takashi Shiga (Fuji Heavy Industries Ltd.)
Takabumi Fukuda (Nagaoka University of Technology)

[Demonstration experiment sub-group]
Hiroshi Otsuka (OMRON Corporation : Sub-group leader)
Yasushi Sumi (Advanced Industrial Science and Technology)
Yoshihiro Nakabo (Advanced Industrial Science and Technology)
Toshiki Koshi (Azbil Corporation)
Takashi Shiga (Fuji Heavy Industries Ltd.)
Norikazu Murata (OPTEx Co., Ltd.)
Hirohide Ebisawa (Toshiba Mitsubishi-Electric Industrial Systems Corporation)
Takabumi Fukuda (Nagaoka University of Technology)
Takahiro Nakamura (Nagaoka University of Technology)

国際的な産業革命の流れ

Industry1.0から Industry4.0へ



WGでの活動と今後必要となる研究課題

- 複数の機械設備が存在する統合生産システムで複数の作業者が作業を行うことで発生する**新たなリスクの対応策**が必要となる。
→作業者IDと作業者の位置確認
- 次世代型生産システム(ガードレスファクトリー等)を構築するための要件を明確にした上で、その対策の**安全性検証**が必要となる。
→ダイナミックアセスメント(動的変化に対応したリスク評価)
- 支援的保護システムを設置した場合の**有効性検証**が必要となる。
→機械の稼働率と作業者の行動分析による総合的なシステムの有効性検証