

労働安全のこれから -行動分析学との親和性と可能性



SNJのマスコット
ピーちゃん



J-AOBAマスコット
原須 好菜

○講演者

清水尚憲

(労働安全衛生総合研究所・建設安全研究グループ・部長)

是村由佳

(コレムラ技研バラスト事業部・取締役)

○ファシリテーター

北條理恵子

(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)

本日の講演

1. 機械安全における安全の考え方

安全とは？

リスクとは？

リスクアセスメントとは？

リスクの見積り方法

2. リスクアセスメントにおけるリスク低減プロセス

危害に至るプロセスとリスク低減の優先順位

3. 機械安全における安全の考え方

前提条件と原則

従来と現在

4. 協調安全

考え方

人と機械の関係：行動分析学的な解釈

5. リスクアセスメントの問題点

行動分析学的な解釈と解決法

6. リスク低減の妥当性を検証した事例

7. まとめ

1. 機械安全における安全の考え方…安全とは？

✕ 「危険のないこと」



○ 「許容不可能なリスクのないこと」 (ISO/IEC Guide51:2014の定義)



1. 機械安全における安全の考え方…リスクとは？

リスク(R)

危害の度合い(S)と危害の発生確率の組合せ(関数)

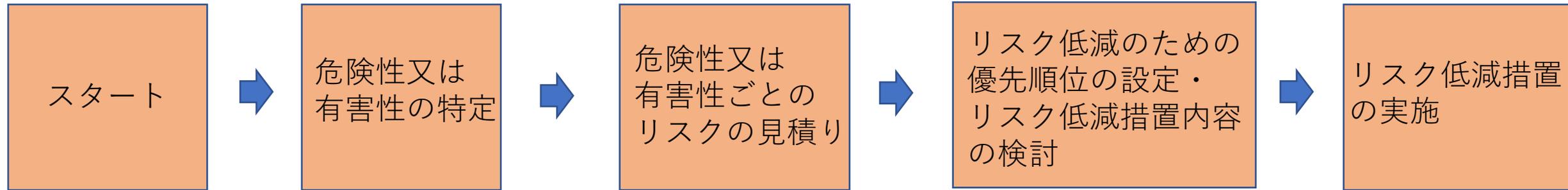
暴露頻度及び時間(F)
危険事象の発生確率(Q)
危害回避または制限の可能性(P)

ゼロ
リスク0(絶対安全)は存在しない

R: risk
S: severity
F: frequency
Q:
P: provability

1. 機械安全における安全の考え方…リスクアセスメントとは？

手順



事業者は、結果に基づき適切な労働災害防止対策を講じる必要がある

労働安全衛生法第28条の2：「危険性又は有害性等の調査及びその結果に基づく措置」

→製造業や建設業等の事業場の事業者は、リスクアセスメント及びその結果に基づく措置の実施に取り組むことが**努力義務**

「危険性又は有害性等の調査等に関する指針」:適切かつ有効な実施

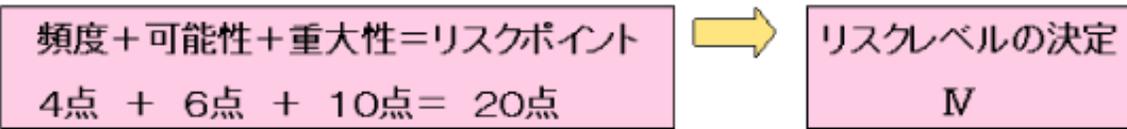
1. 機械安全における安全の考え方…リスクの見積り方法

1. 数値化する方法（加算法）の例

1)危険状態が発生する頻度		2)危険状態が発生したときケガに至る可能性		3)ケガの重大性	
頻度	点数	可能性	点数	重大性	点数
頻	4	確実である	6	致命傷	10
とき	2	可能性が高い	4	重傷	6
めったにない	1	可能性がある	2	軽傷	3
		可能性がほとんどない	1	微傷	1

リスクレベルの評価基準

リスクレベル	リスクポイント	リスクの内容	リスク低減措置の進め方
IV	12~20	安全衛生上重大な問題がある	直ちに中止または改善する リスク低減措置を直ちに行う
III	8~11	安全衛生上問題がある	低減措置を速やかに行う
II	5~7	安全衛生上多少の問題がある	低減措置を計画的に行う
I	3~4	安全衛生上の問題ほとんどない	費用対効果を考慮して低減措置を行う



2. 数値化しない方法（マトリクス法）の例

リスク見積り表	発生の可能性	軽傷 (かすり傷程度 ・不休災害)	重傷 (完治可能な 休業災害)	重度の障害 (後遺症を伴う もの・死亡)
	ほとんどない・A	I	II	III
	可能性がある・B	I	III	IV
	可能性が高い・C	II	III	IV

可能性の定義

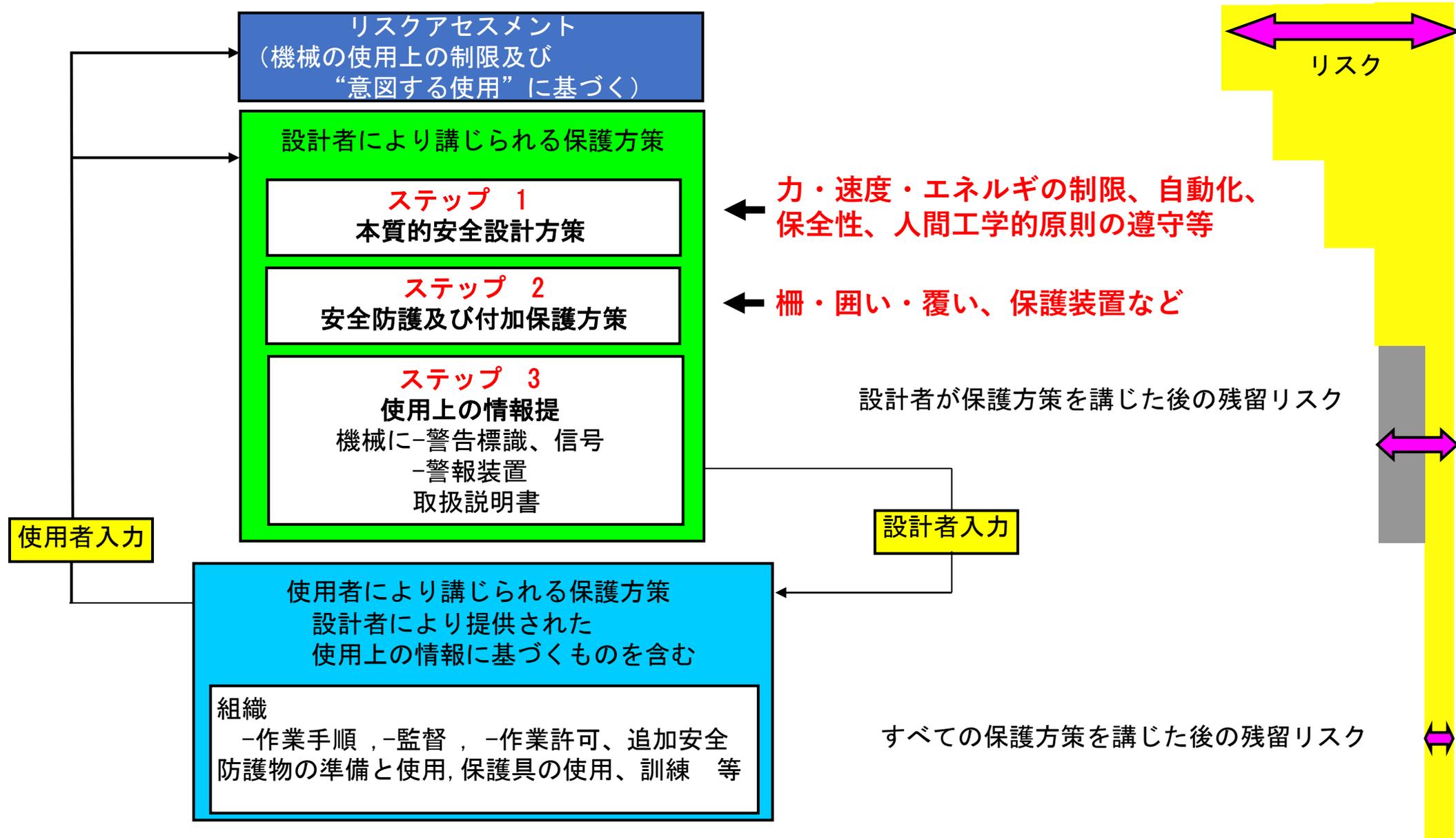
- A: 効果的な安全措置がある、特別に注意していなくともケガをしない
- B: 安全措置されているが不備、うっかりしているとケガになる
- C: 安全措置がない、高い注意が必要

リスクレベル	リスクレベルと内容	リスク低減措置の進め方
IV	安全衛生上、重大な問題がある	リスク低減措置を直ちに行う 措置の実施まで、作業を中止する/十分な経営資源を投入する
III	安全衛生上、問題がある	リスク低減措置を速やかに行う 措置の実施まで、使用しないことが望ましい
II	安全衛生上、多少の問題がある	リスク低減措置を計画的に行う 措置の実施まで、適切に管理する
I	安全衛生上の問題は、殆どない	費用対効果を考慮して、リスク低減措置を行う。

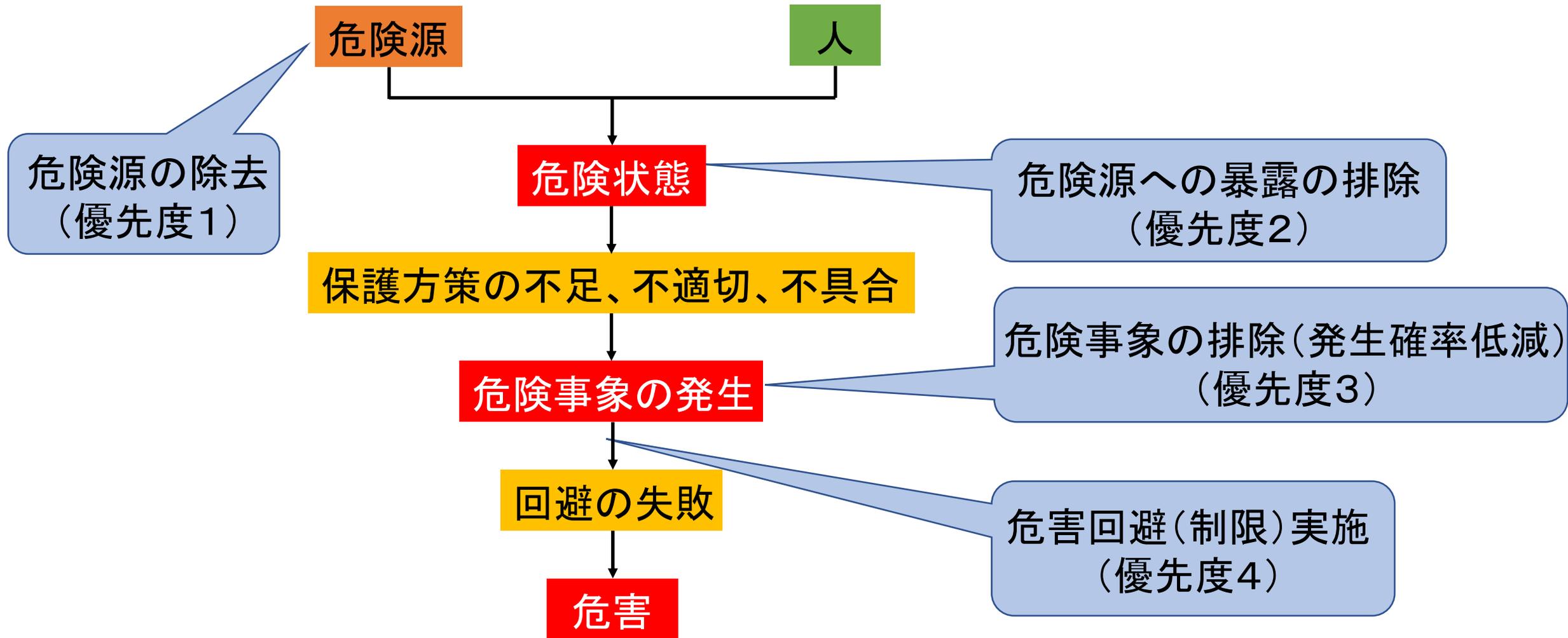
その他、積算法、ハイブリット法がある

その他、リスクグラフ法がある

2. リスクアセスメントにおけるリスク低減プロセス



2. リスクアセスメントにおけるリスク低減プロセス 危害に至るプロセスとリスク低減の優先順位



3. 機械安全における安全の考え方…前提条件と原則

機械安全の前提条件

1. **人はミスをする** : 教育や訓練を行ってもミスを0にはできない
2. **機械は故障する** : 壊れにくい機械は作れるが、絶対に故障しない機械を作れない
3. **絶対安全は存在しない (リスク0)** : 作業を行う以上、どのような危害も発生しない保証を行うことはできない

機械安全の原則

1. **本質安全の原則** : 危険源(機械の危険箇所) を除去、またはエネルギーを危害を与えない程度にする
2. **停止の原則** : 人が機械の動作範囲に入るときに、機械を停止させる
または、機械を停止させることで人が機械の動作範囲に入ることを許可する
3. **隔離の原則** : 人が機械の危険源に接触できないように、機械の可動範囲の外に柵や囲いを設ける

3. 機械安全における安全の考え方…従来と現在



従来

現在

未来

従来：再発防止

経験した災害の原因を究明→類似災害防止
起きた災害を二度と起こさないように対策

現在：未然防止

計画段階で想定される災害の原因の洗い出し
それに対する修正や対策を講じておく

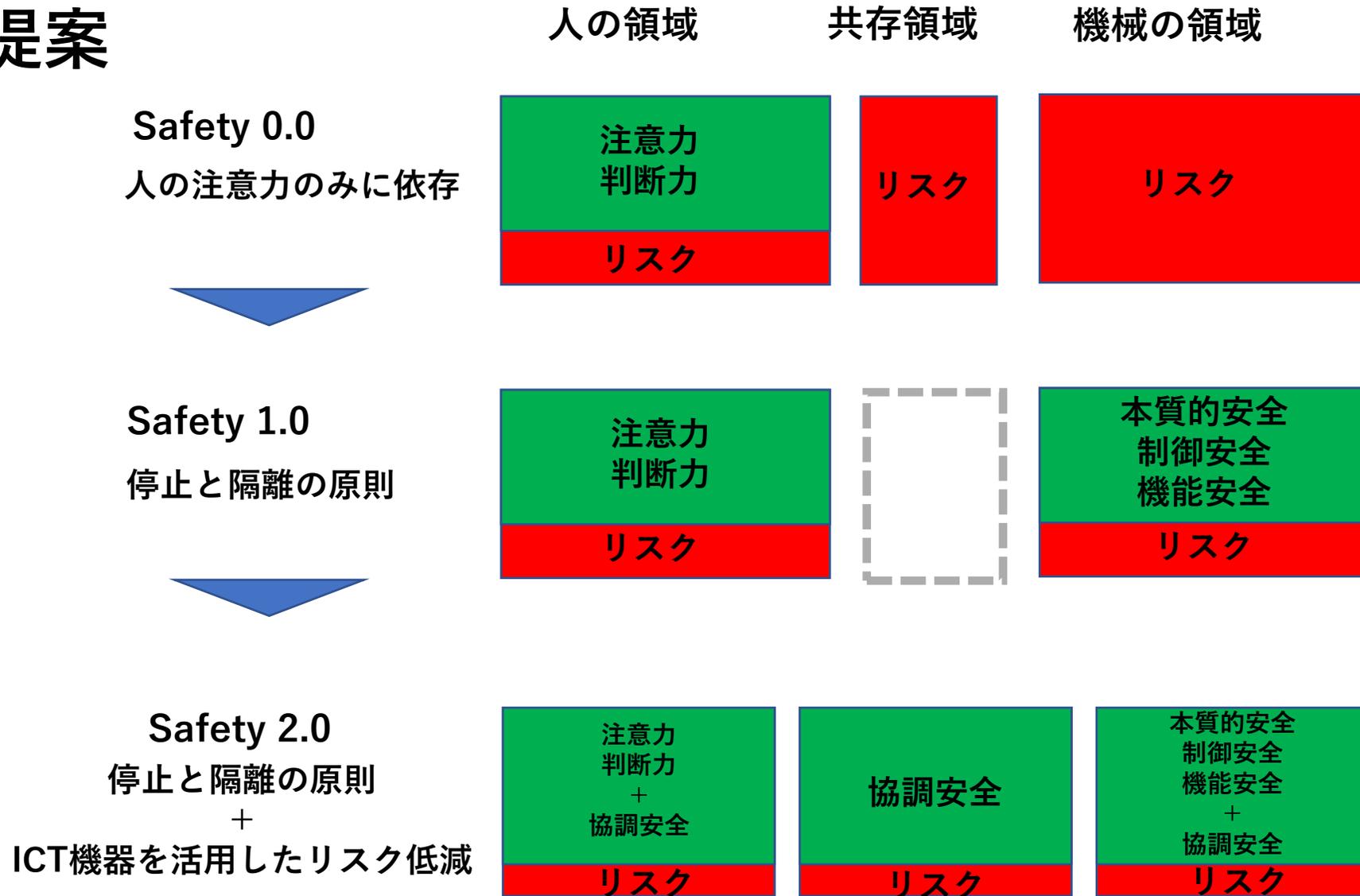
応急的対策：災害発生時にすぐに行う取り組み

再発防止：起きた災害を今後発生しないように対策する

未然防止：想定される災害の原因となるリスクを除去・低減する

4. 協調安全…考え方

日本が提案



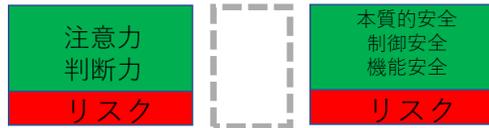
4. 協調安全…人と機械の関係：行動分析学的な解釈

現状確認：職場環境の中で、人の行動と機械のインタラクションを観察

人の領域 共存領域 機械の領域



1. ユーザーがメーカーの説明通りに機械を使用していない場合、機械は不安全（機械に対する人の行動）
→使用上の制限、マニュアルを渡す



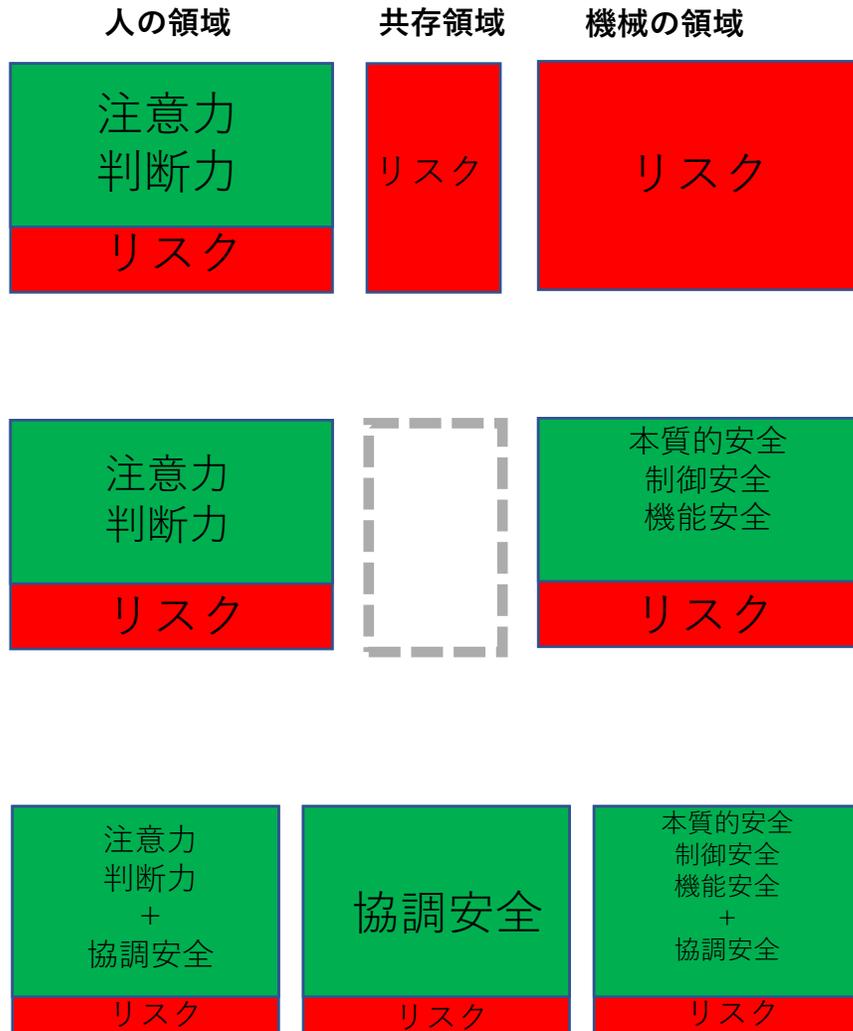
2. 機械以外の職場環境（温度、湿度、人間関係、導線など）の条件により、機械の使用に傾向があるかもしれない（職場と人の行動）
→機械を止めれば良い



3. 適切な機械を適切に扱う知識や技術やモチベーションがあるのか？（人の行動）
→人材の育成（教育・訓練）

Safety0.0, 1.0, 2.0では、上記の1から3の割合が違う

機械安全



Safety 0.0
人の注意力みに依存

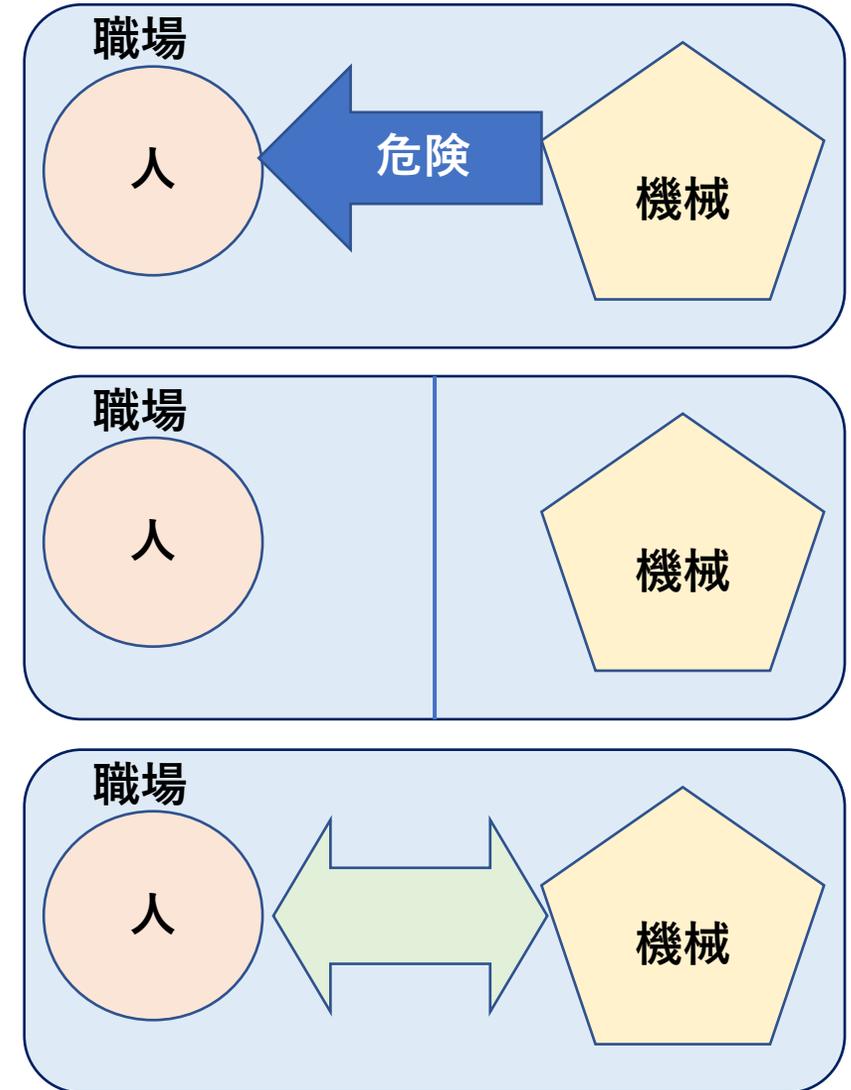


Safety 1.0
停止と隔離の原則



Safety 2.0
停止と隔離の原則
+
ICT機器を活用したリスク低減

行動分析学



5. リスクアセスメントの問題点

リスク低減の妥当性は、事故が発生してみないと分からない

リスク低減の結果、事故が発生していない

適切にリスクが低減しているのか？

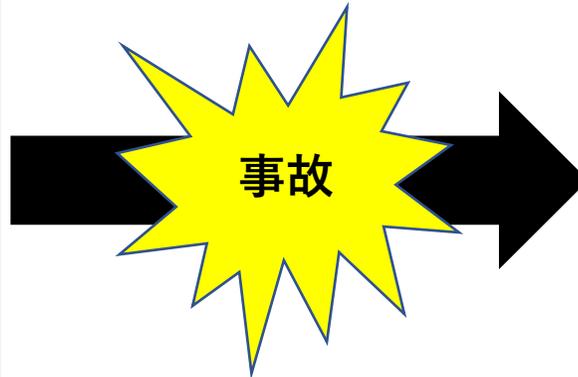
たまたま災害が発生していないのか？
(いつ災害が発生してもおかしく無い状態)

リスクアセスメントが未然防止を目的とするならば、洗い出された危険源・危険状態に潜在するリスクが適切に除去・低減されていることを確認する必要がある

定性的な評価から定量的な評価への意識改革が必要

行動分析学的解決法：どれくらいのリスクかわかりたい

- 使用を想定して説明書を作成
- ○○だろう
- こうすればリスクが下がるはずだ



- 人は何するかわからない
- ブラックボックス
- 得体が知れない

行動分析学による行動観察

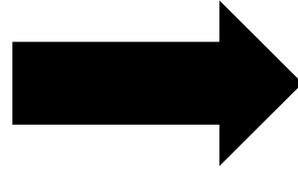
使用を確認して説明書を作成



〇〇だった



実際にリスク低減を確認



- 人は何するかわかる
- ブラックボックスではない
- 得体が知れる



6. リスク低減の妥当性を検証した事例（その1）

トンネル施工現場における建設機械と人との接触による災害を防止する

ステップ1：本質的安全の確保は困難

ステップ2：建設機械に人が近づいたら停止させるセンサを設置
→急停止をすると新たなリスク発生

ステップ3：坑内に安全通路を設置して、人は安全通路の使用を徹底

24時間カメラでモニタリングを行い、リスク低減の妥当性を確認

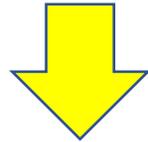
安全通路を逸脱する行為を確認した

（ステップ3によるリスク低減効果は得られなかった）

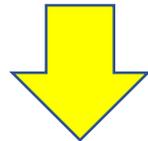
トンネル内での事故 重機とヒトの接触事故



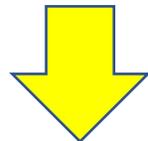
リスクアセスメント



事前の定性的評価



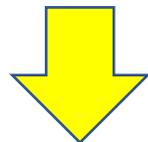
安全通路の設置



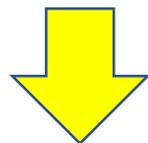
リスク減少？



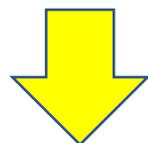
接触事故減少せず



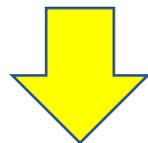
〇〇建設から分析依頼
安全作業支援システム導入
データ分析



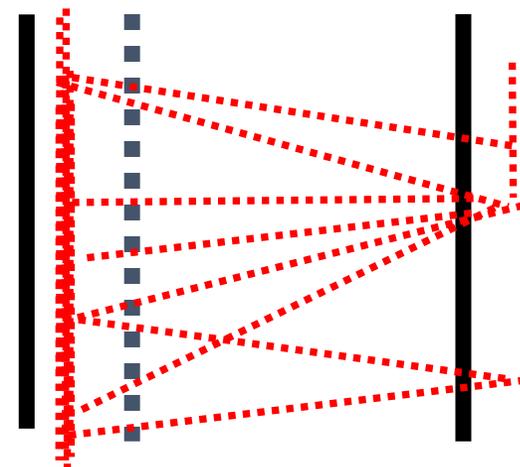
坑道の横切り
(リスクは減少していない)



工具棚を安全通路側に移動

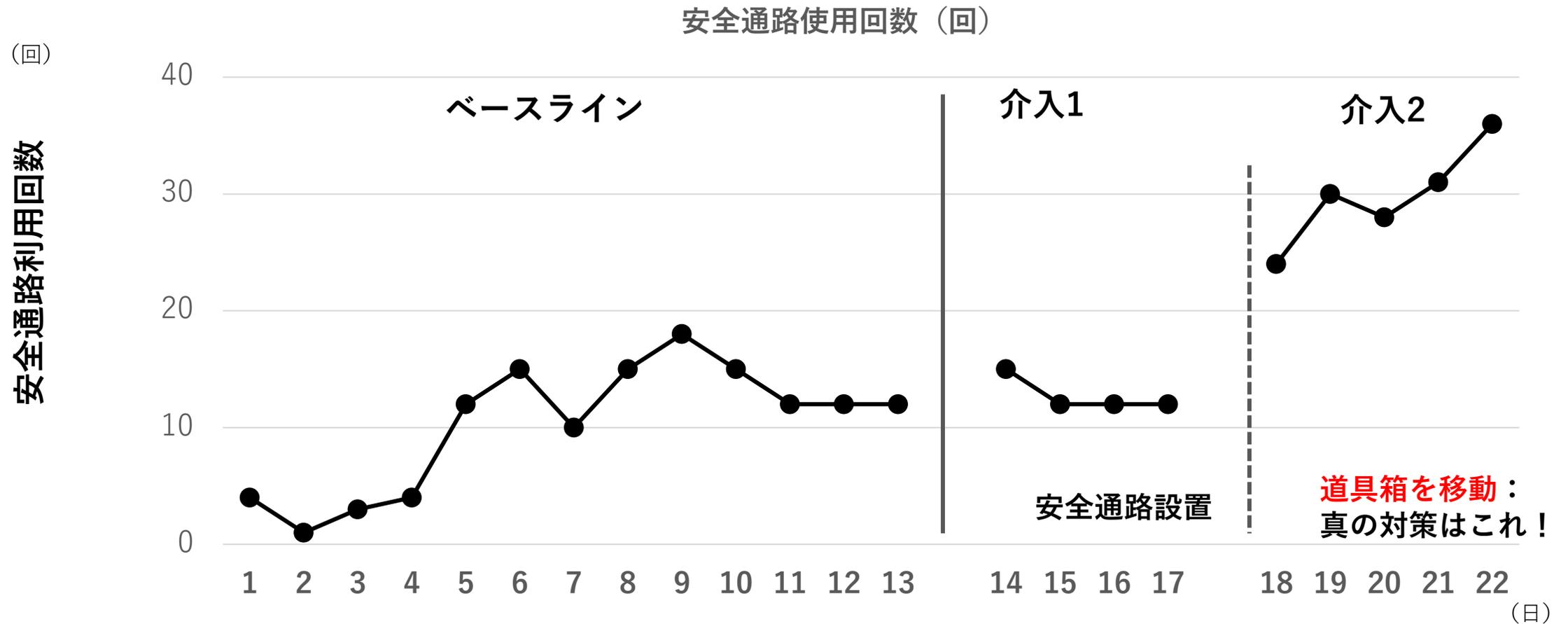


横切り減少



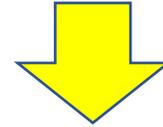
行動分析学の適用例（リスク低減方策編）

トンネル工事現場で坑内横切り行動が多発している：**安全通路を設置した**

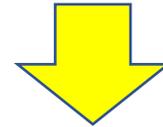


リスクアセスメントの妥当性検証

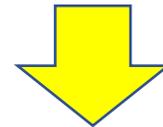
従来：事前の定性的評価



安全作業支援システム導入（特許申請中）

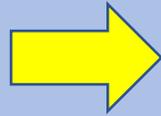


リアルタイムの定量的評価へ
指標→リスクポイントの検出・対策

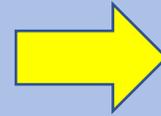


次世代スマートトンネル（〇〇建設）に適用
更に本格的な妥当性検証

結果



環境



行動

接触事故が
減らない

工具棚の
移動

坑道横切り
減少



分析

坑道横切り



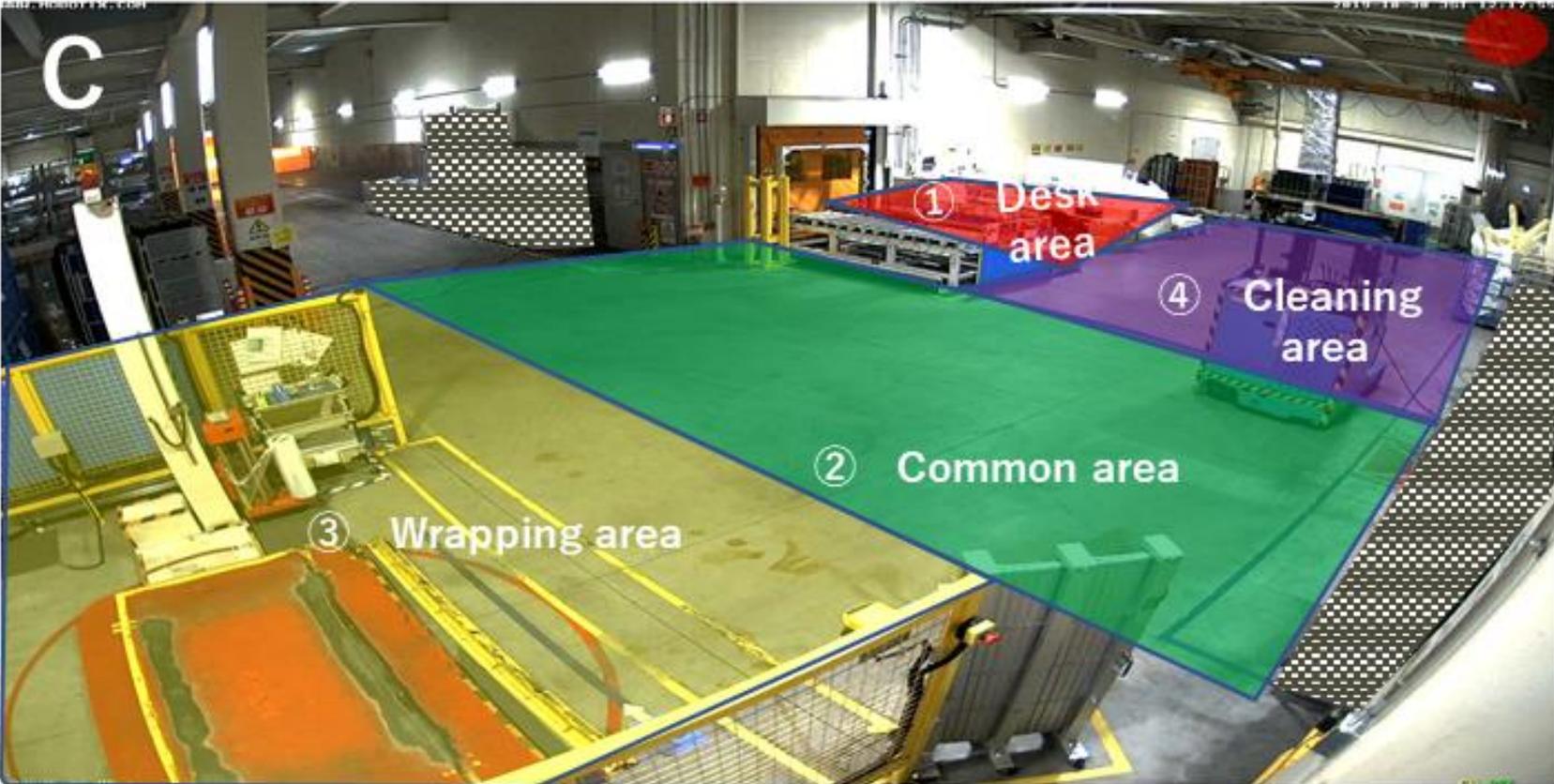
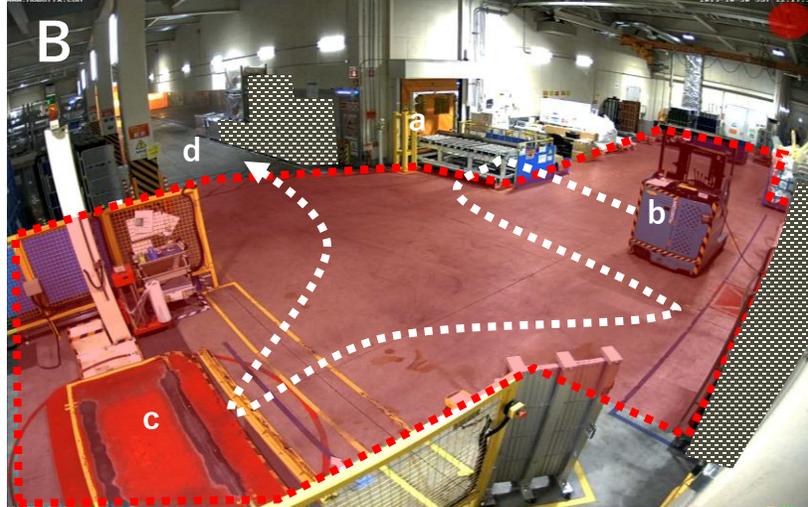
横切りの原因



工具棚の位置



安全作業支援システム



6. リスク低減の妥当性を検証した事例（その2）

作業者の行動計測から見たリスク分散手法の提案

－作業標準の遂行における結果の分析による対策の振り分け

○北條理恵子（労働安全衛生総合研究所）, 筋野哲央（Bergische Universität Wuppertal）,
Christoph BÖLDLEIN（Hochschule für angewandte Wissenschaften Würzburg-Schweinfurt）,
是村由佳（コレムラ技研バラスト事業部）, 清水尚憲（労働安全衛生総合研究所）

目的

- 既存の教示に基づき作業を進めた場合に生じる不具合（不安全行動，作業の停止あるいは誤作動等）を客観的かつ定量的に評価する
- 当該教示に改良を加え最適化を目指す
- 改良後の教示に従い作業を実際に行い，作業時間，手順の潤滑化，作業効率に評価を行う

方法

実験場所：労働安全衛生総合研究所

被験者：

既存の作業標準に基づき作業を行う群
(既存群, 男性5名, 女性5名)

改良した作業標準に従い作業を行う群
(改良群, 男性5名, 女性6名)

作業：デモンストレーション用パネル（写真1）の操作
各実験協力者は、同じ手順を5回繰り返した



Pic. 1 The demonstration panel used for the present experiment.

過程	既存群	平均遂行度	改良群
1	メインスイッチをONにする	0.86	ボックス後ろにあるメインスイッチを上げ、ONにする
2	POWERスイッチをONにする	1.00	POWERスイッチをONにする
3	運転モード確認（通常）	1.00	運転モード確認（通常）
4	安全デモ機能切替スイッチをS1にする	1.00	安全デモ機能切替スイッチをS1にする
5	リセットボタンを押す	1.00	リセットボタンを押す
6	起動ボタンを押す	1.00	起動ボタンを押す
7	手を開口部に入れる	0.93	手を左のボックスの開口部に入れる
8	リセットボタンを押す	1.00	リセットボタンを押す
9	起動ボタンを押す	1.00	起動ボタンを押す
10	停止ボタンを押す	1.00	停止ボタンを押す
11	運転モードを手動に切り替える	1.00	運転モードを手動に切り替える
12	イネーブル装置を持つ	0.77	黒い棒状のイネーブル装置を外して持つ
13	3点スイッチを中間位置で保持する	0.81	3点スイッチ（イネーブルスイッチの内側側面にある黄色の部分）を軽く押して中間位置で保持する
14	リセットスイッチを押す（3点スイッチを中間位置で保持する）	0.90	リセットスイッチを押す（イネーブルスイッチの内側側面にある黄色の部分）を中間位置で保持する
15	イネーブル装置の起動スイッチを押す（3点スイッチを中間位置で保持する）	0.87	イネーブル装置の上部にある起動スイッチを押す（3点スイッチを中間位置で保持する）
16	メインスイッチをONにする	0.98	メインスイッチがONであることを確認する
17	POWERスイッチをONにする	0.98	POWERスイッチがONであることを確認する
18	運転モード確認（通常）	1.00	運転モード確認（通常）
19	安全デモ機能切替スイッチをS1にする	1.00	安全デモ機能切替スイッチをS1にする
20	リセットボタンを押す	1.00	リセットボタンを押す
21	起動ボタンを押す	1.00	起動ボタンを押す
22	POWERスイッチをOFFにする	0.98	パネル前面のPOWERスイッチをOFFにする
23	メインスイッチをOFFにする	1.00	メインスイッチをOFFにする

結果と考察

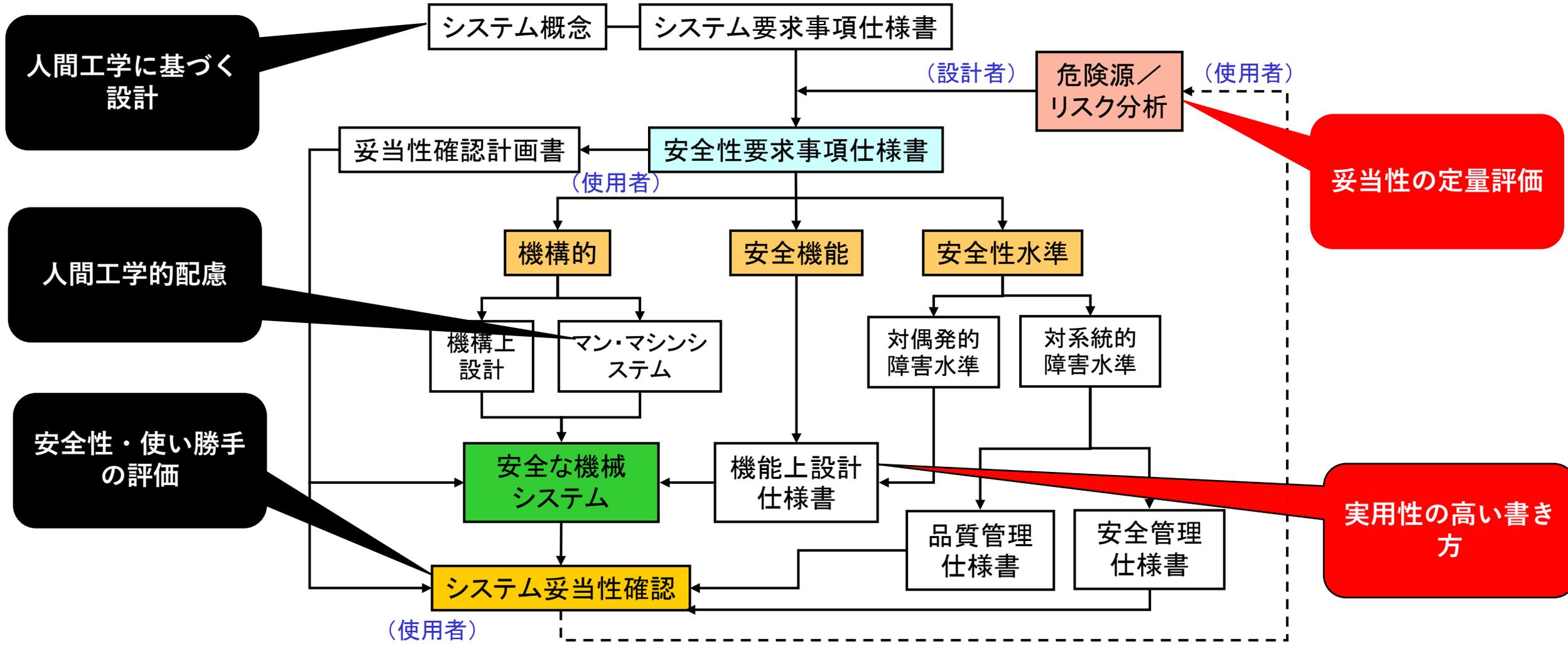
- 既存群10名において、操作手順を誤りなく行えるようになるまでの回数→平均3.2回
既存群の実験結果に基づいて改良した作業標準→平均2.2回
- 実測データに基づいた作業標準の改良を行うことにより、作業標準の最適化が可能
- 作業標準を改良しても最後まで操作が正しく行えない項目もある→ほかの要因があるかもしれない

展望

- 作業標準の有効性を決定する要素を定量的評価で最適化できるかもしれない
 - デザインの改良等の本質的な改変
 - 作業標準のわかりやすさ
 - 訓練による習得（繰り返し）
 - 個人の行動傾向にあった教授法

行動分析学の適用

設計者と使用者によるリスクアセスメントの融合



まとめ

- **機械安全におけるRAやリスク低減対策には妥当性検証が必要である**
- **検証は定量的でエビデンスに基づくもので、再現性がなければならない**
- **検証に基づいた最適なRAやリスク低減対策の実現が必要である**
- **上記の項目を行動分析学が補完する**
- **機械安全と行動分析学の融合は、組織にWell-beingをもたらす**