

リスクアセスメントシート解説

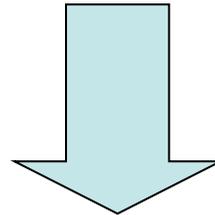
—リスクアセスメントに基づく安全設計の基礎—

安全WG

(独)労働安全衛生総合研究所 池田 博康

安全の国際化

◎「事故を如何に防ぐか」、
「事故の責任をどのように求めるか」
という旧来の視点から、

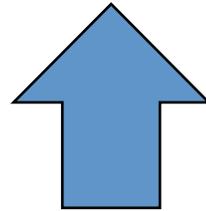


◎「事故を如何に許容するか」、
「許容できる事故だけしか生じないようにするか」
に、安全の視点（目的）が移行している。

リスクアセスメントの目的

機械の安全性

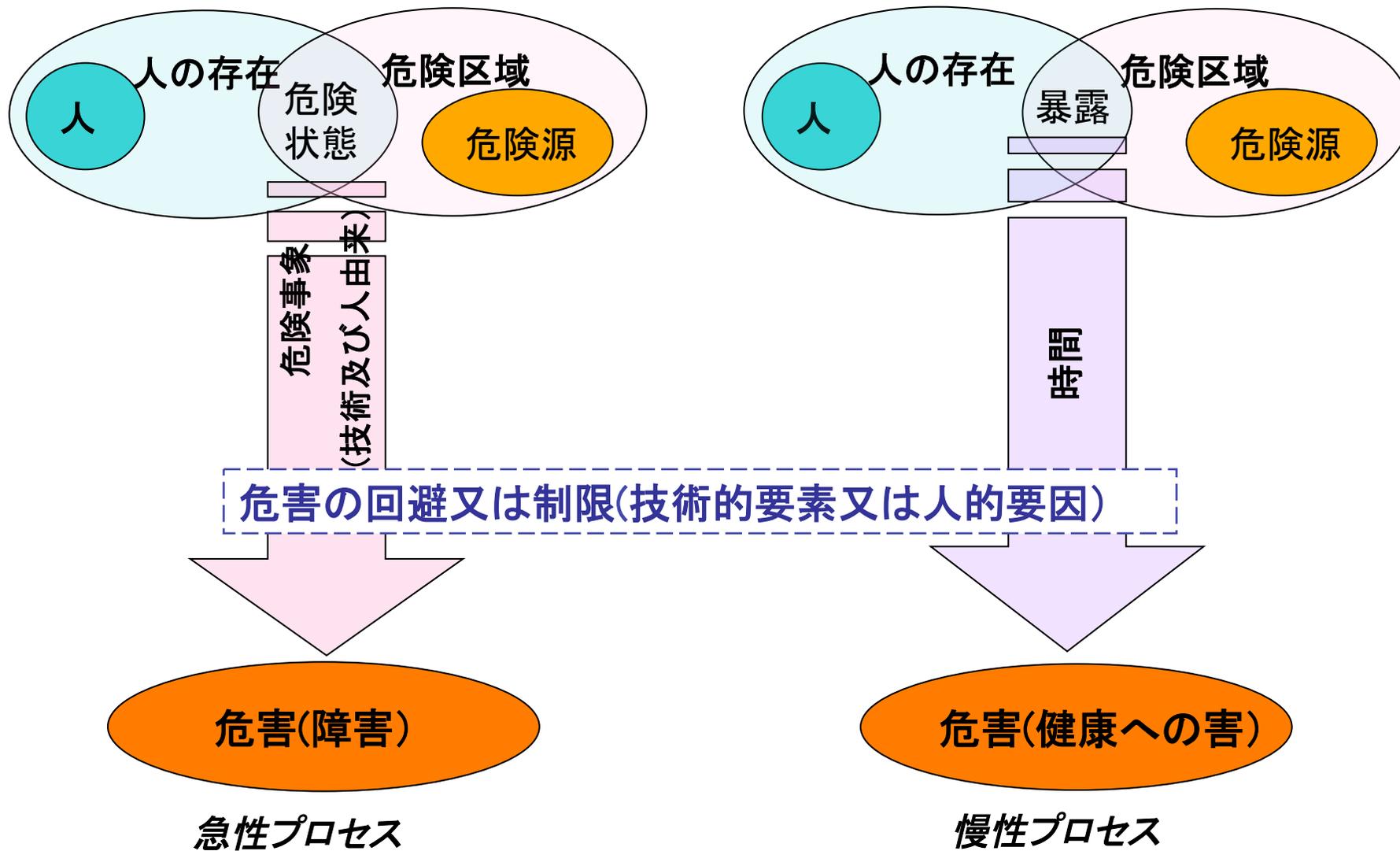
ライフサイクルの間、リスクが適切に低減された状態で意図する機能を実現する (ISO12100)



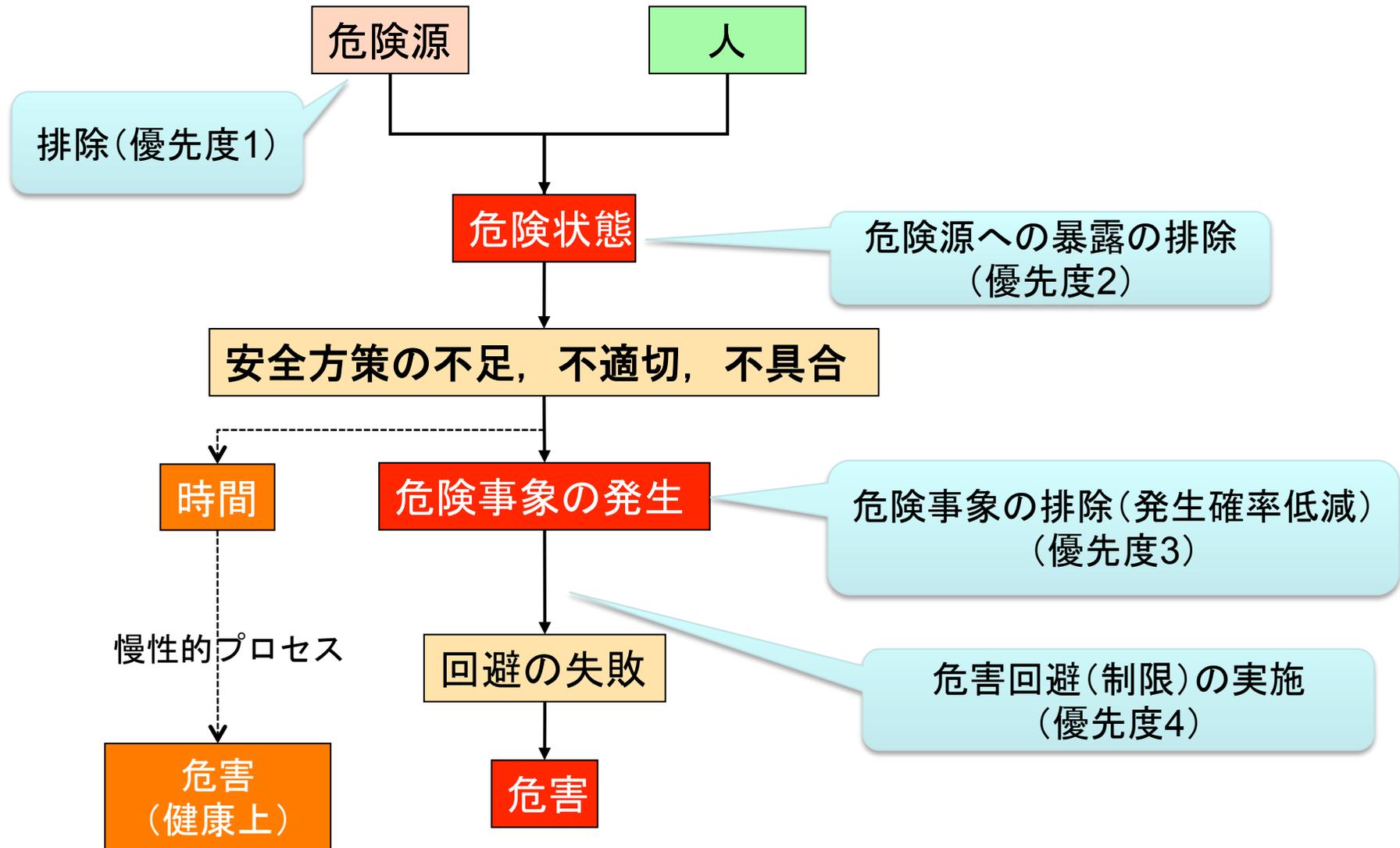
リスクアセスメント

合理的かつ系統的な安全方策の選択を実施するために、リスク低減目標を定める

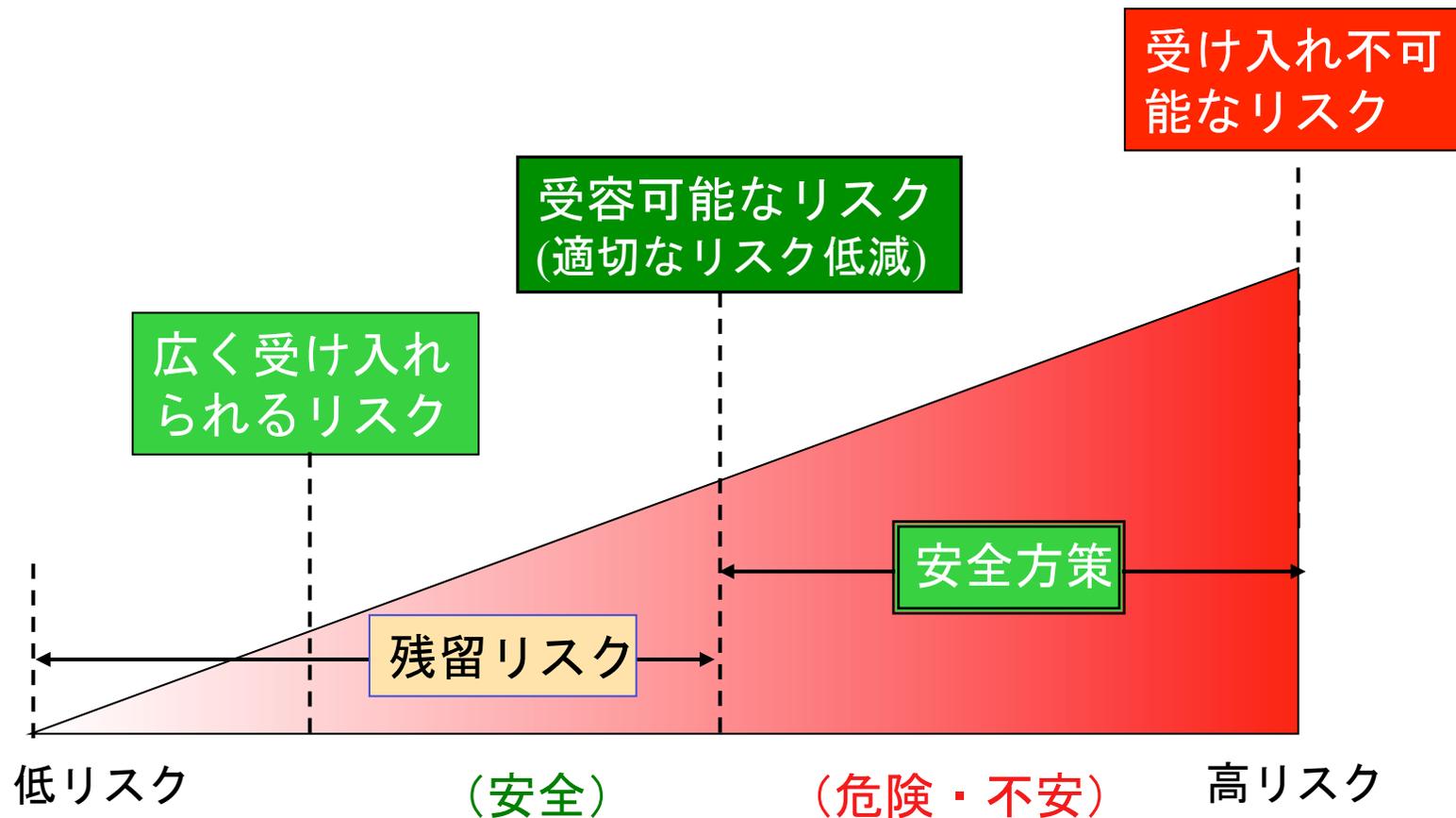
危険源から危害へ至るプロセス



危害に至るプロセス



リスクに基づく安全の概念



「リスク」を用いる「安全」の定義

「リスク」とは、相対的な概念で、段階（レベル）で示されるものであり、「安全」な状態との間の「中間的な領域」を含めて表現される。

↓ 絶対安全は存在しない

JIS Z 8051における「安全」の定義

「受容できないリスクのないこと」

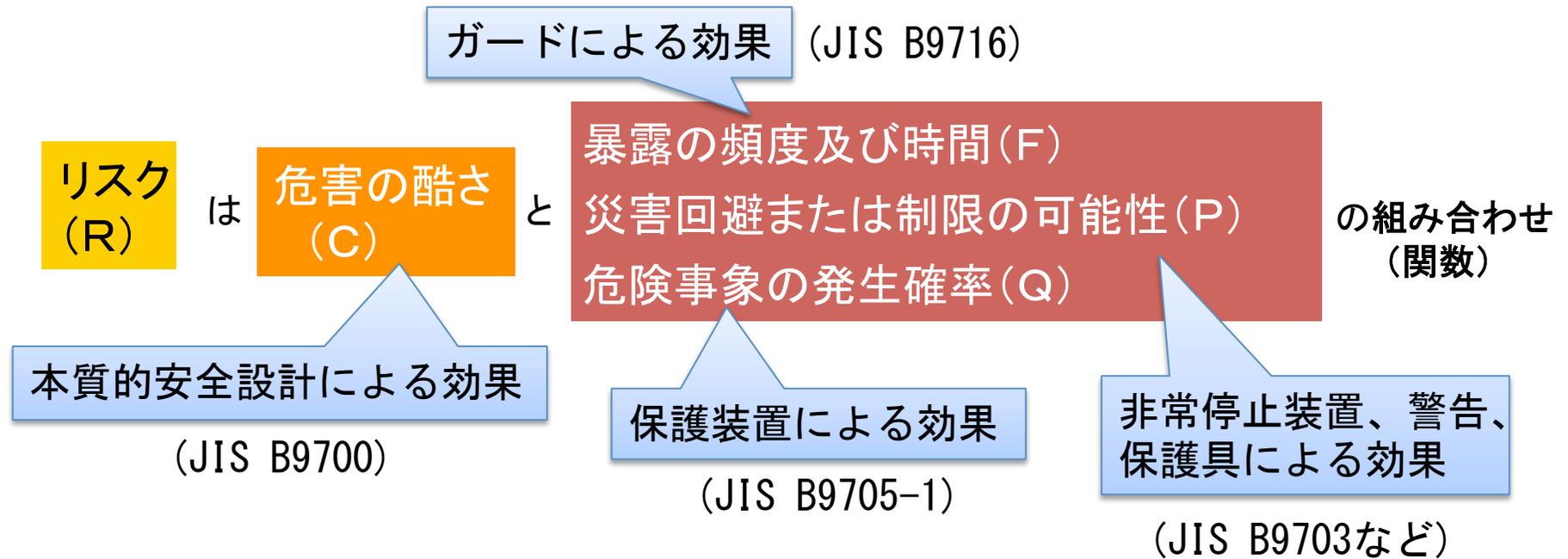
受容可能なリスクとは、その時点の条件と価値観に基づいて受容できるリスクである。

技術水準 (state of the art)

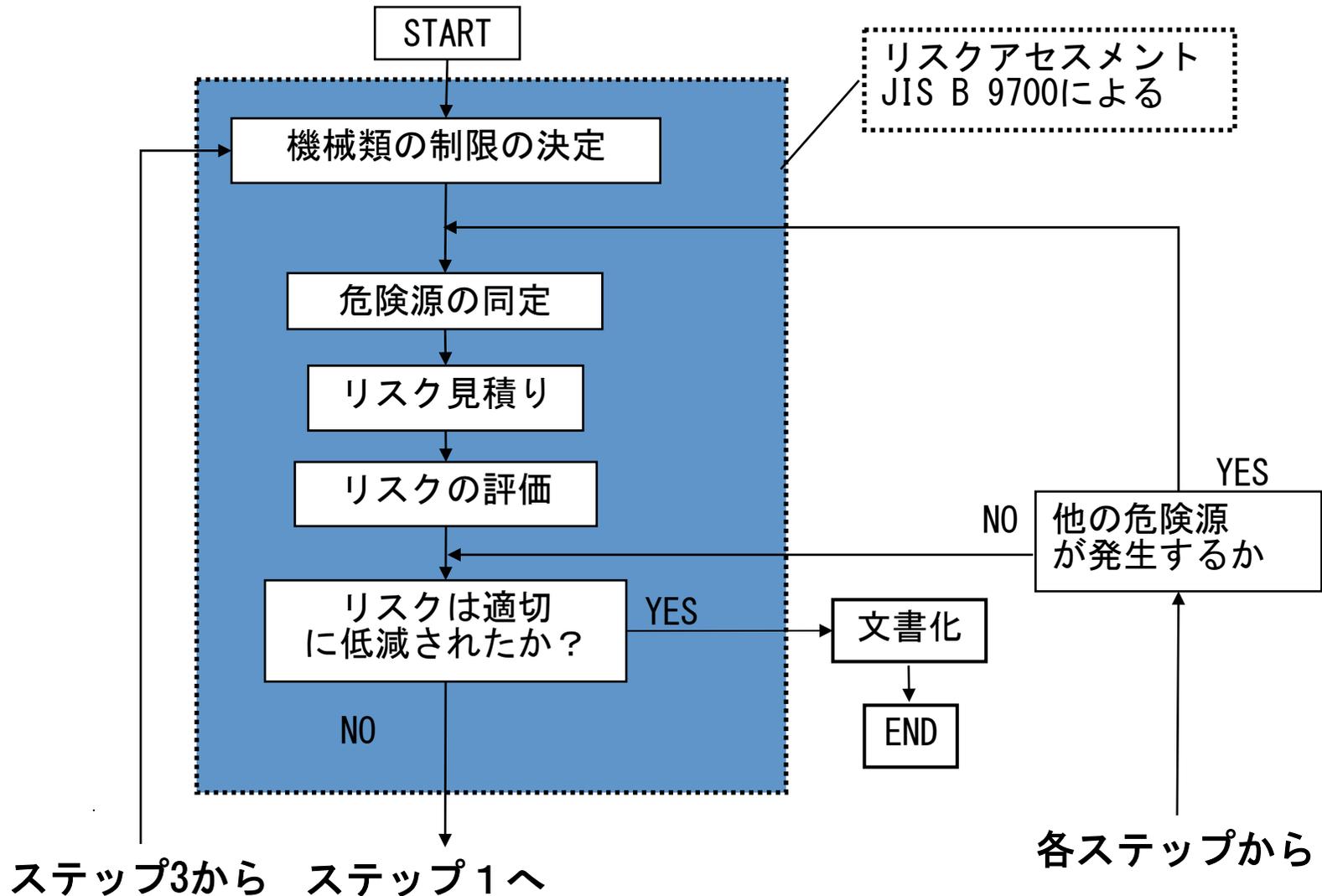
法律上の問題

特定使用者との契約

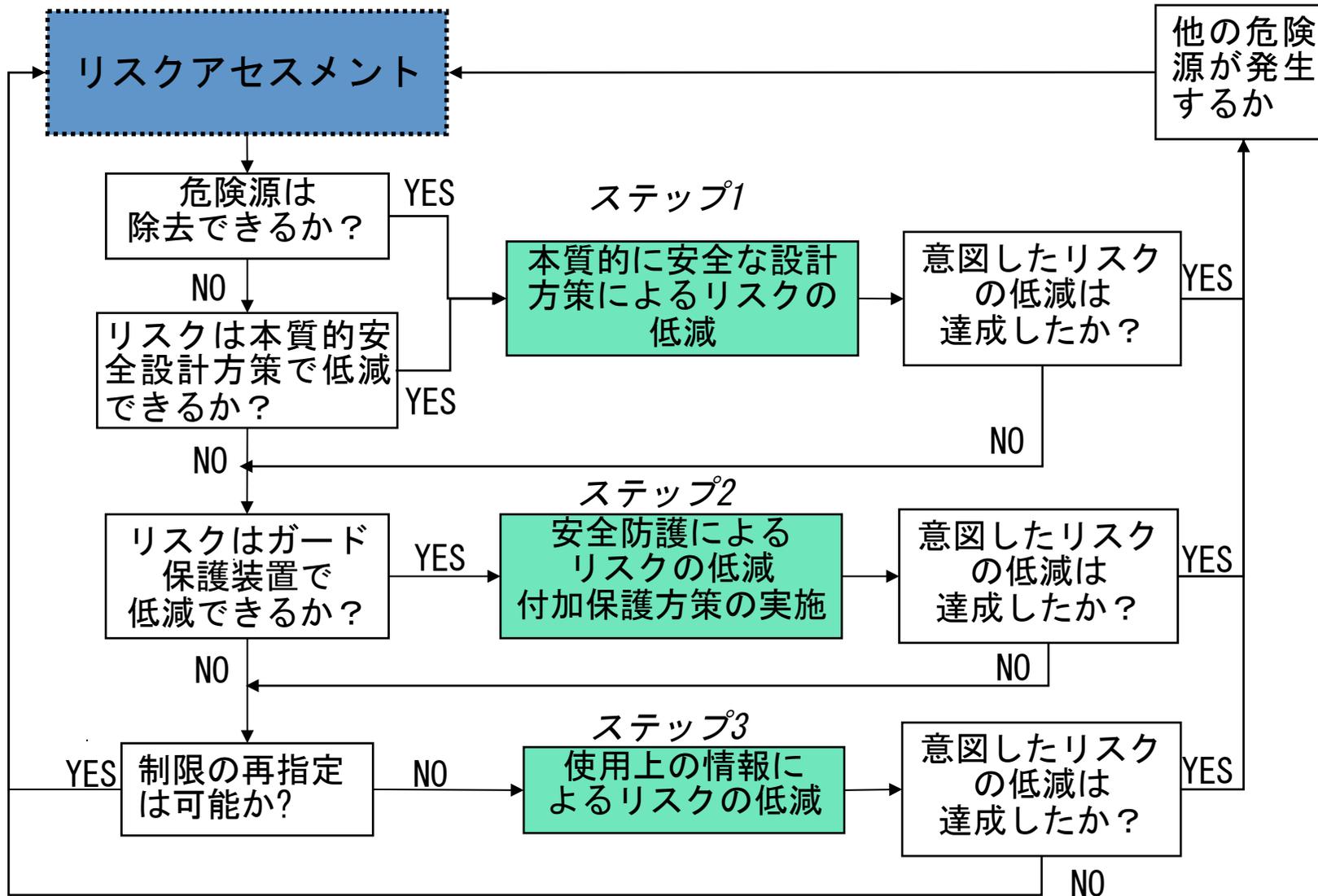
リスク要素とリスク低減効果との関係



3ステップメソッドに基づくリスク低減の手順 1



3ステップメソッドに基づくリスク低減の手順 2



リスクアセスメントの実施で考慮すべき事項(1)

ステップ1: 機械が使用される状態・条件の明確化

空間上の制限	動作範囲 設置空間の制限 人の干渉(安全距離、隙間) 動力源配置
時間的制限	寿命上の制限(ライフサイクル、メンテナンス間隔)
使用上の制限	動作モードや非定常手順 意図するユーザ(性別、年齢、障害の有無、知識の有無、接近する人の立場) 合理的に予見可能な誤使用

予見可能な誤使用(使用上の制限)

意味する挙動	意味
不注意、集中力の欠如	正しくない挙動(安全装置の無効化)
機能不良、故障時の反射的挙動	ちょこ手、とっさの進入
最小抵抗経路をとった結果生じる挙動	人間工学原理(近道反応)
特定の人(子供や障害者等)の挙動	公平性

リスクアセスメントの実施で考慮すべき事項(2)

ステップ2: 危険源の同定

危険源の確実な抽出(重要危険源を漏れなく抽出)



基本危険源リスト(JIS B9700附属書Bなど)からの同定

注意事項

- ◆ユーザにおけるライフサイクルの全局面(搬送、設置、試運転、運転、解体・廃棄)を想定
- ◆非定常時を含む全タスクを想定 → タスク毎に危険源を同定
 - 非常停止、異常時からの復帰・トラブル処理、清掃、保全など

機械に潜在する危険源リスト例

危険源の種類	事 例
機械的	押し潰し、せん断、切傷、巻き込み、衝撃、突き刺し、こすれ (速度、運動エネルギー、エッジ、可動部、重力、安定性欠如)
電氣的	(熱傷を引き起こす)充電部・高圧領域への接近、静電気現象
熱的	(やけどを引き起こす) 極度の高温または低温物体(への接触)
騒音による	聴力喪失、平衡感覚喪失(を引き起こす部品・装置)
振動による	神経および血管障害 (を引き起こす部品・装置)
放射による	(やけど・視覚障害を引き起こす) 放射線やレーザー、低周波
使用材料／物質による	(窒息や爆発を引き起こす) 有害液体、ミスト、粉塵、火炎
人間工学原則の無視による	不自然な姿勢、不適切な照明、ストレス、ヒューマンエラー
使用環境に関連する	(疾病や滑落を引き起こす) 粉塵、ヒューム、汚染、雷
危険源の組み合わせ	劣悪姿勢と全身振動

リスクアセスメントの実施で考慮すべき事項(3)

ステップ3: リスクの見積もり・評価

- ◆見積もりや評価基準に主観差が生じない判定基準(具体的かつ論理的で、評価者によるバラツキが少ないこと)
- ◆危険源曝露の蓄積の影響、相乗効果
- ◆人間工学的側面(HMI、心理面、リスク認知)
- ◆安全機能の信頼性
- ◆安全方策の維持能力(新たな危険源の有無)

リスク評価終了の判断

- **リスク低減目標の達成**(3ステップメソッドの適用、適切な安全防護形式、明確な使用上の情報の提供と熟知、操作手順の技量調和、明確な作業慣行・訓練の記述、十分な追加方策)
- **リスク比較の実施**(類似機械が安全で、仕様、危険源、仕様等が比較可能な場合)

リスク要素の査定において考慮する項目

1. 危害の酷さ
 - 傷害(健康障害)の程度
 - 人数
2. 曝露頻度(時間)
 - 接近の必要性(性質)
 - 経過時間
 - 人数
3. 危険事象の発生確率
 - 信頼性データ、事故・健康障害履歴
 - リスク比較
4. 危害の回避(制限)の可能性
 - 熟練者か否か
 - 危険事象の発生速度
 - リスク認知の方法(情報、観察、表示)
 - 体験・知識の有無、人の能力(敏捷性等)

基本的に最悪条件

リスク分析の手法例

帰納的	演繹的
<p>PHA(予備危険源分析) 災害の可能性を同定→傷害程度を定性的に評価</p>	<p>MOSAR(系統的リスク分析のための組織化)法 危険源同定、保護方策の妥当性検証等、10ステップの分析</p>
<p>ワット・イフ法 故障の影響や手順のエラーをワット・イフ質問により回答</p>	<p>FTA(フォールト・ツリー分析) 危険事象に至る個々の故障の全ての組み合わせを確率計算</p>
<p>FMEA(故障モード及び影響分析) 故障頻度及び影響を評価</p>	<p>デルファイテクニック 専門家が受ける質問の回答を統計的に処理して予測</p>

リスクアセスメント手法の比較

手法	内容	特徴
加算法	リスク評価要素毎の評価点を加算し、合計点をリスク評価点としてリスクレベルを決定。	日本では多く利用される。 リスク評価要素の増減が容易。 リスク低減効果が見えにくい。
積算法	リスク評価要素毎の評価点を積算し、合計点をリスク評価点としてリスクレベルを決定。	加算法の変形。 リスク低減効果は加算法より反映しやすい。
マトリクス法	「危害のひどさ」と「危害の発生確率」に係わる副要素を、縦・横2軸の評価軸の組み合わせで示されるリスク評価点でリスクレベルを決定。	リスク低減方策実施前後の比較が容易。 適用できるリスク要素に限界あり。
リスクグラフ法	リスク評価要素毎に評価の分岐経路を定め、最終的にリスクレベルを導く。	比較・妥当性確認が容易。 リスク評価要素の評価分類は多くはできない。

加算方法の例

傷害の程度(S)

傷害の程度	点数
致命傷	10
重傷	6
軽傷	3
軽微な傷害	1

危険事象の発生確率(P1)

危険事象の発生確率	点数
確実	6
可能性が高い	4
可能性がある	2
ほとんどない	1

暴露頻度(F)

頻度	点数
頻繁	4
時々	3
たまにある	2
ほとんど無い	1

リスクレベル	点数(R)
IV	20~13
III	12~9
II	8~6
I	5以下

$$\text{リスク(R)} = (S) + (F) + (P1)$$

例: 傷害の程度が「重傷」、暴露頻度が「時々」、危険事象の発生確率の「可能性が高い」
場合は、 $6 + 3 + 4 = 13$ ∴ リスクレベルIV

積算法(RA実施記録表)の例

(1)リスク要素の配点

災害の重篤度	点数
致命傷	10点
重度災害	7点
中度災害	5点
軽度災害	3点

災害発生の可能性	点数
大きい	7点
中くらい	5点
小さい	3点

(2)リスクレベルの判断

リスクの大きさ = 災害の重篤度 × 災害発生の可能性

レベル	リスク評価	リスクへの対応	リスクの大きさ	リスクレベル
IV	危険すぎる	機械や設備の改善・作業方法の変更を直ちに行う	49点以上	IV
III	危険	機械や設備の改善を計画的に行う	30～48点	III
II	やや危険	当面は改善の必要はないが、リスクレベルの維持は監視する	20～29点	II
I	許容可能	安全教育のみで、特段の措置は必要ない	19点以下	I

マトリクス法によるリスク見積もり例

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 傷害の起こりやすさ 傷害のひどさ </div>	無視可能	軽い	重い	悲劇的
決してない	I	I	I	I
可能性なし	I	I	II	II
僅かに	I	II	II	III
時々	II	II	III	IV
可能性あり	II	III	IV	IV
十分にあり得る	III	IV	IV	IV

I : 無視可能

II : 許容可能(ただしコスト高の場合)

III : 推奨できない

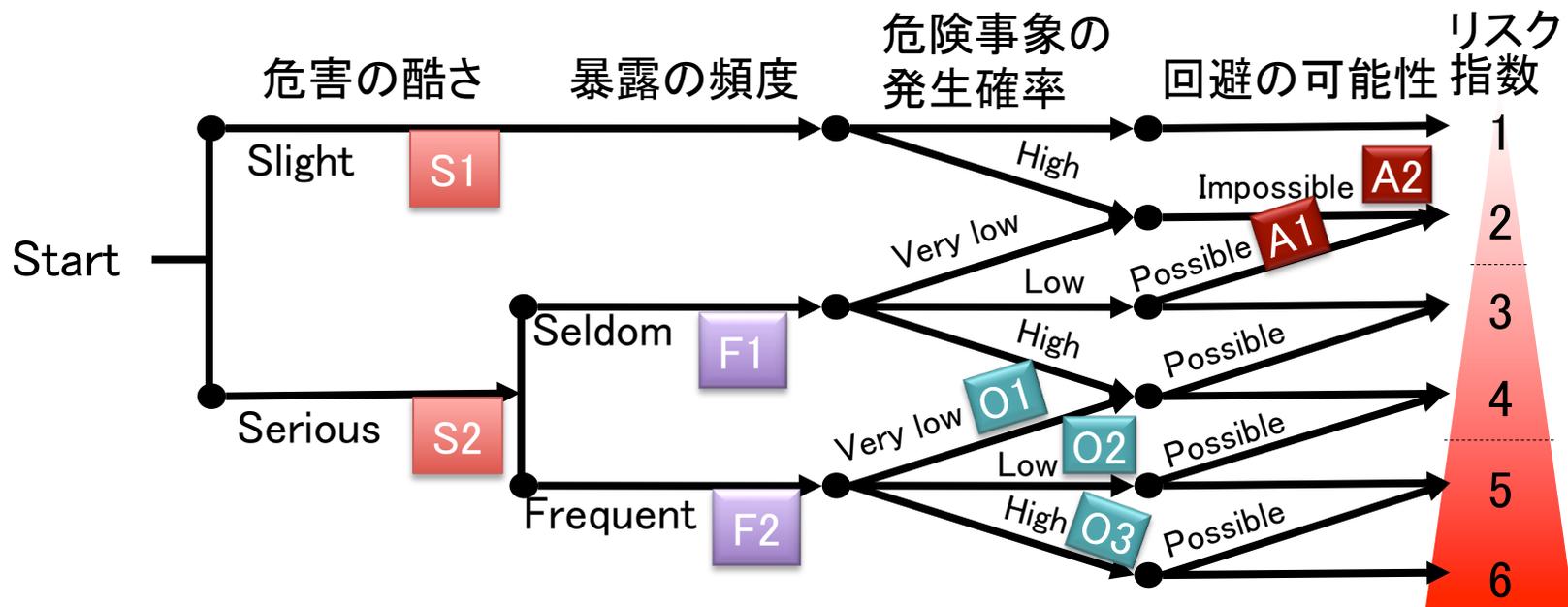
IV : 許容不可

リスク低減の必要



(IEC61508)

リスクグラフ法によるリスク見積もり例



リスク要素の判断例

(ISO TR14121-2)

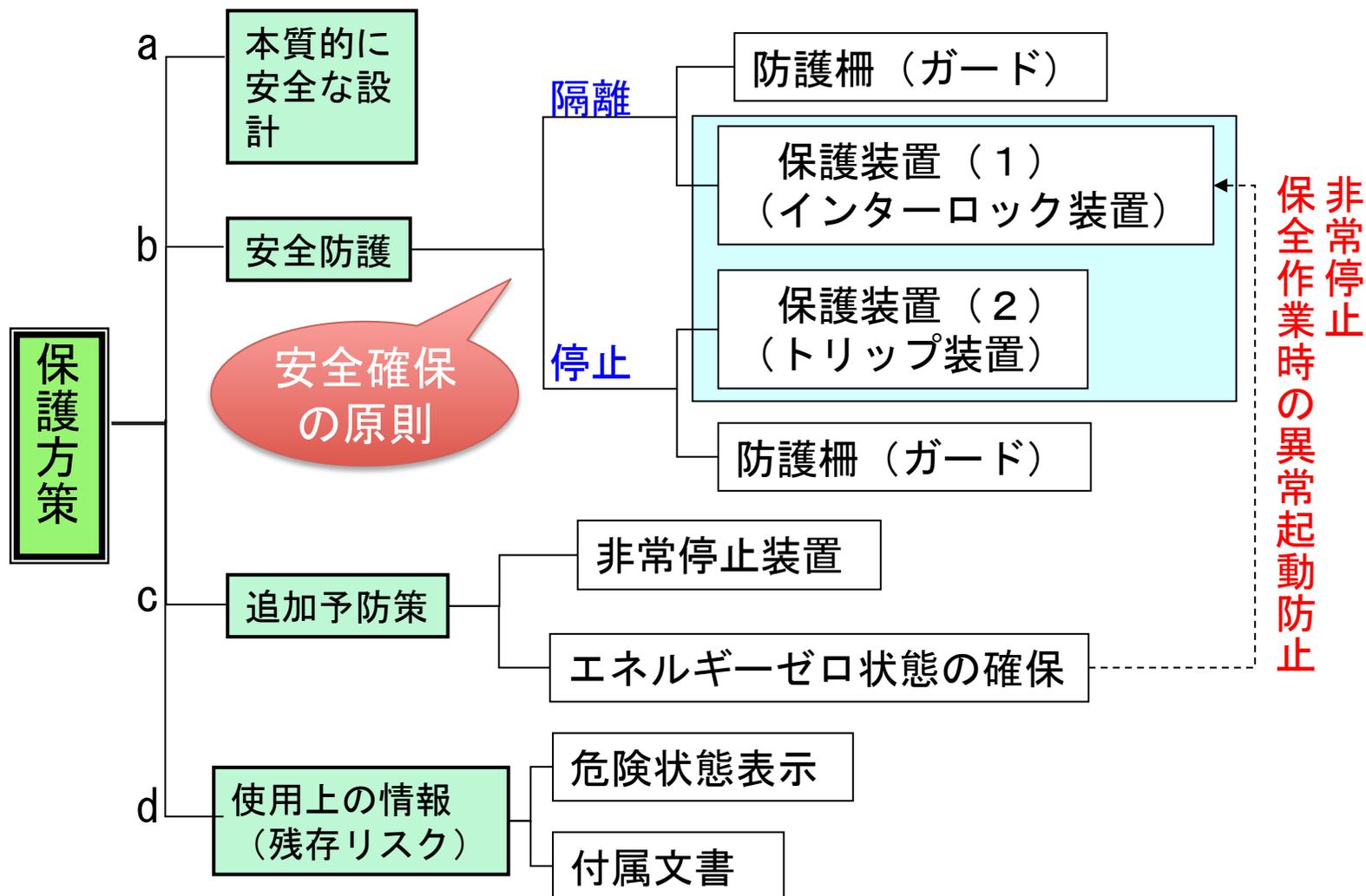
頻度の閾値F: 2回(又は15分)/1シフト
 発生確率の判断O: 実証済み/観察された故障/要員の訓練
 回避の閾値A: 250mm/s速度/要員の知識・経験

リスクアセスメントに関する参考規格

分類	規格番号	名称
全般	JIS B 9700	機械類の安全性－設計のための一般原則
手法	ISO/TR 14121-2	機械類の安全性－リスクアセスメント原則－第2部：実践の手引及び方法の例
用語	JIS Z 8051	安全側面－規格への導入指針
	JIS Q 0073	リスクマネジメント－用語
分野別	JIS T 14971	医療機器のリスクマネジメント
	IEC GUIDE 116	低電圧機器に関する安全関連リスクアセスメント
	SEMI S10-0307	半導体製造設備のリスクアセスメント
その他	NFPA79, ANSI B11 TR3, MIL-STD-882D	

参考資料：「メーカーのための機械工業界リスクアセスメントガイドライン」日本機械工業連合会
「機械設備のリスクアセスメントマニュアル 機械設備製造者用」中央労働災害防止協会
書籍として、R-Map実践ガイダンス（日科技連）、安全システム構築総覧（安応研）など

保護方策の種類と優先順位 (JIS B 9700)



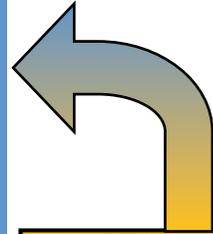
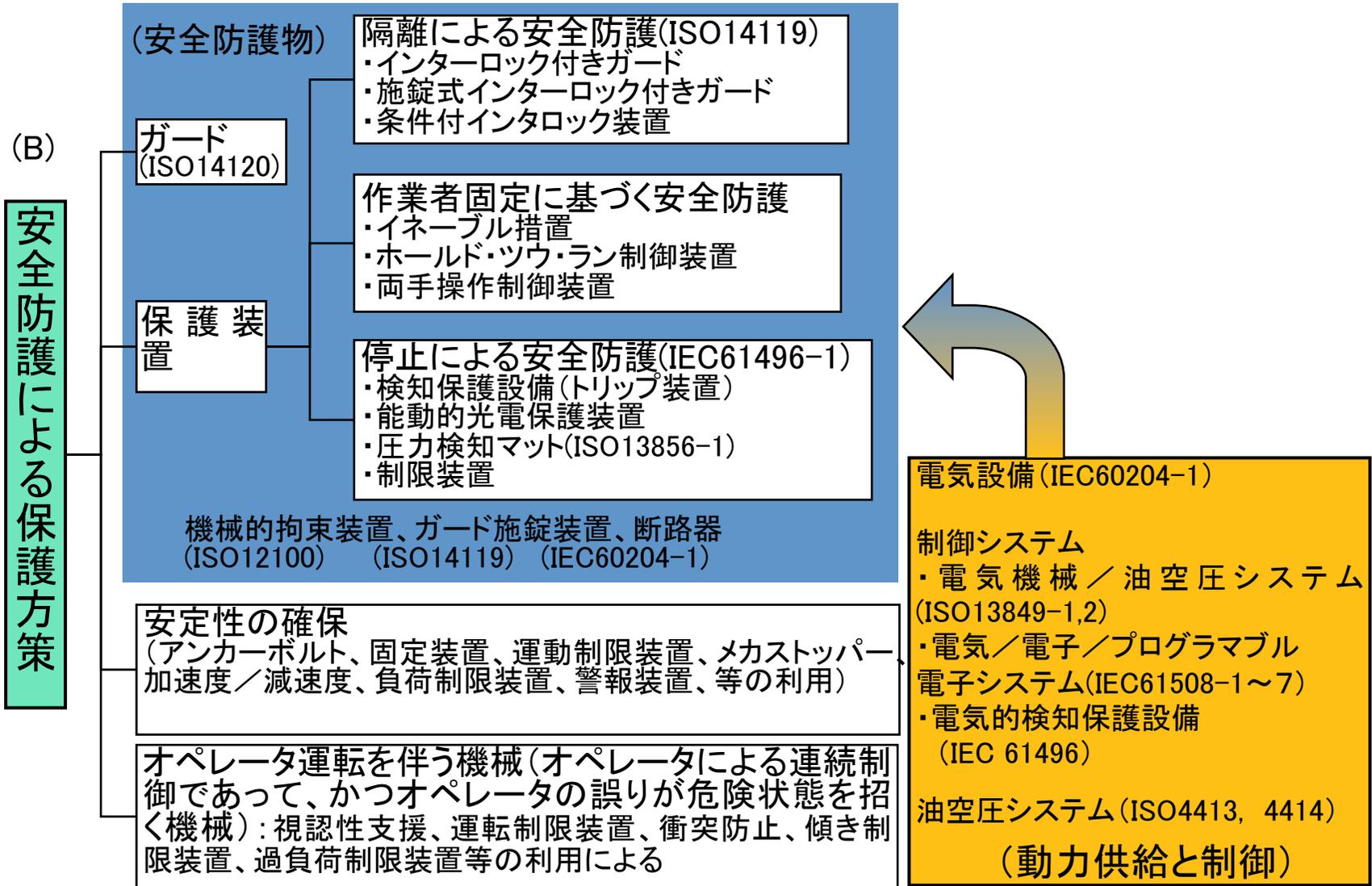
本質安全設計の内容例(1)

留意事項	具体的方策例
機械自体の設計	鋭利な角、突出部の回避、形状、位置の工夫 エネルギー制限、防爆構造 規格、材料データの遵守 機械的結合の安全原則の採用
人間工学原則の遵守	ストレス発生の回避 適切な照明 適切な表示器、スイッチ類の配置

本質安全設計の内容例(2)

留意事項	具体的方策例
制御システムの安全原則の適用	再起動防止 非対称故障特性、高信頼技術 冗長（二重）化、多様化 自動監視技術 手動制御モードの留意事項
油空圧設備の危険源防止	
電氣的危険源の防止	
自動化による危険源への暴露機会の制限	
保全性、安定性に関する規定	

保護方策の種類と関連規格1 (JIS B 9700)



電気設備 (IEC60204-1)

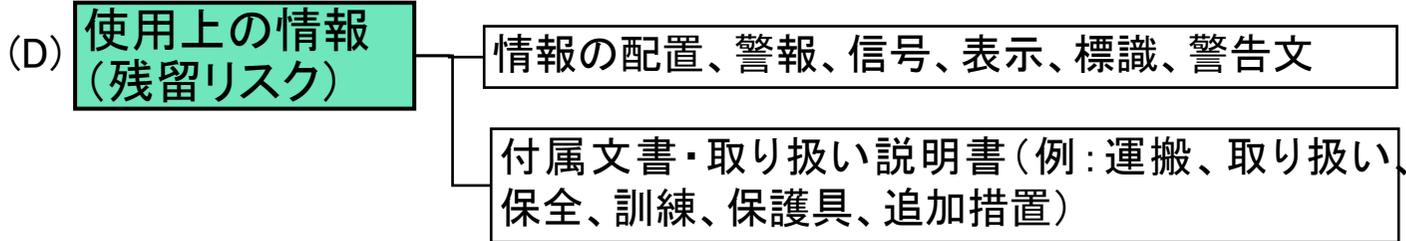
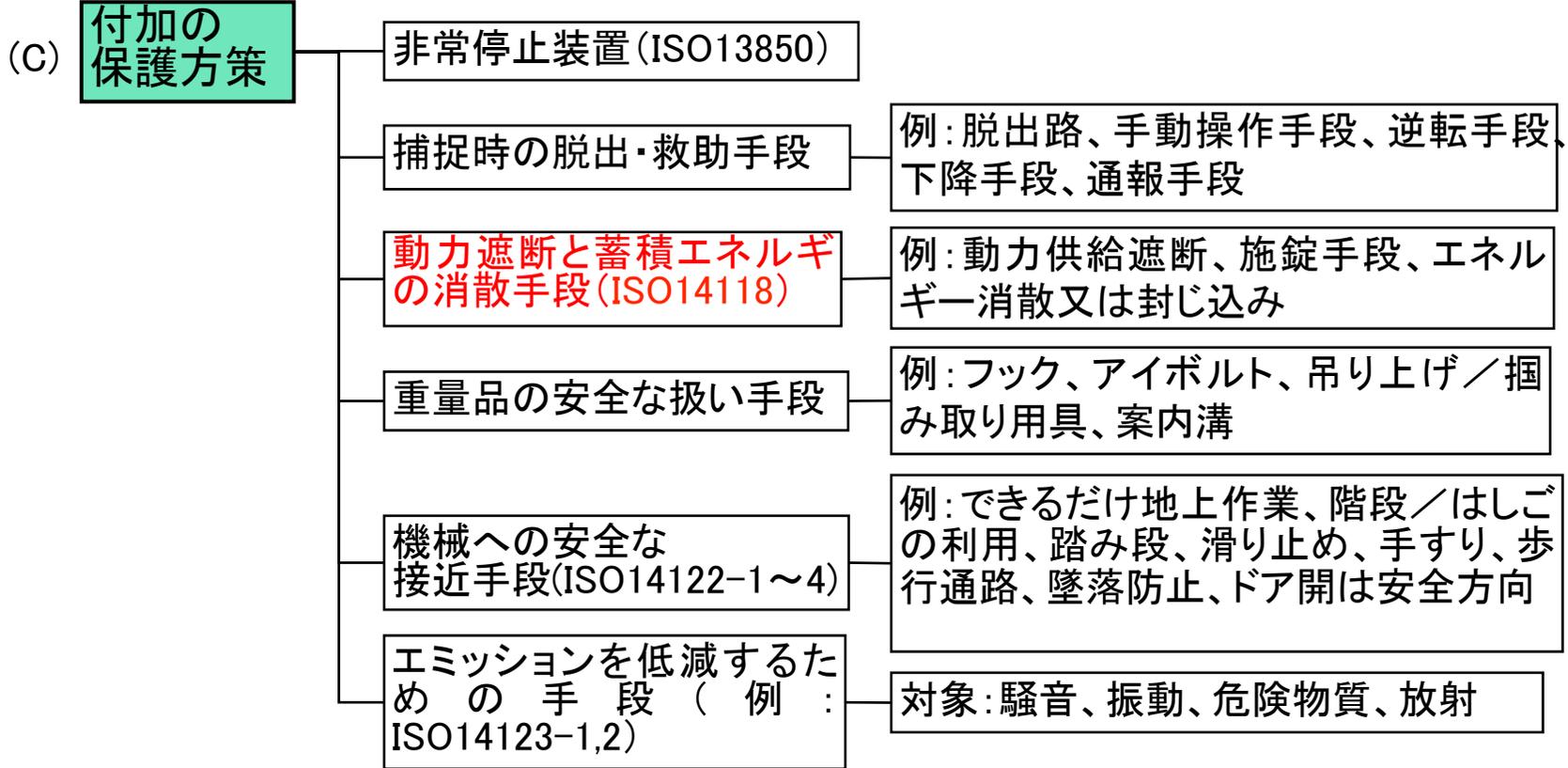
制御システム

- ・電気機械 / 油空圧システム (ISO13849-1,2)
- ・電気 / 電子 / プログラマブル電子システム (IEC61508-1~7)
- ・電氣的検知保護設備 (IEC 61496)

油空圧システム (ISO4413, 4414)

(動力供給と制御)

保護方策の種類と関連規格2 (JIS B 9700)



リスクアセスメントシートの紹介

ロボット介護機器の安全設計の支援のため

設計者のため

→ 安全仕様(安全方策の選定、安全性能の決定)

シート構成: 表紙、初期分析・評価シート、方策後再分析シート、基本仕様

サービロボットの(車いす型ロボット)のリスクアセスメントシート表紙(案)

対象ロボット名称		実施者	実施日
車いす型ロボット		(担当者の所属) 立案者、チーム参加者、リーダー、承認者等	初版: 第1版改訂:
ライフサイクル該当段階	設定、運転、保守	分析方法(ツール)	積算法(一部加算法を採用)
意図した使用	①ロボットは搭載した特定操作者の片手操作により動作する(少なくとも片腕と視力の機能は正常の人が対象)。 ②施設内特定通路内のみ、ロボットは自動的に自律走行に切り替わる(保護は安全装置で実施)。 ③ロボットのワイヤリカ電/交換・保守等は、訓練された成人(介護者/ケア職員)のみ行う。 ④ロボット搭載者は、ベンチやトイレ等への移乗を自力又は補助により行う。 ⑤ロボット搭載者は運転中身体を拘束されない。	リスクの算種/評価基準 算出式: リスク点数(R) = 危害の酷さ(S) × 危害の発生確率(P) 判定基準: 3 ≤ R ≤ 6 十分低い/無害である(リスク低減は不要) 7 ≤ R ≤ 14 低い/中程度の安全付き装置/補正を要する(リスク低減を推奨) 15 ≤ R ≤ 44 高い/受容できない(リスク低減が必要)	
合理的に予想できる誤使用	①ロボット走行中に、第三者(介護者)がジョイスティックに触れる。 ②ロボット周辺の第三者に走行が予測される。 ③第三者が特定搭載者に近づき、ロボット操作を行う。 ④ロボットを走行経路外へ移動させる。 ⑤自律走行時に物を落とす/他の障害物が存在している。 ⑥ケーブルが作業に邪魔がかり、ドアに接触する。 ⑦ロボットへ移乗時の着座位置不完全のまま乗降/自律移動する。 ⑧移乗時に身体の一部がジョイスティックに触れる。	危害の酷さ(S) 4 重大障害(長期回復) 3 医療措置(短期回復) 2 応急手当て回復 1 無害/一時的な痛み	注: 与えられる程度とは、一般的にロボットと人の接触する度合いとなる。 与えられる時間は、ロボットのアクティブ状態(送電時)に対して見積もる。
結果報告された段階	①ロボットは病室内及び特定通路の屋内で稼働のみ移動する(トイレ/浴室/白/白/白/白)が、エレベーターにも/日稼働する(特定通路以外には稼働しない)。 ②病室や通路には介護者、見守り(第三者)が存在する可能性がある。 ③ロボットはトイレや浴室等にも移動するが、直接に水がかかることはない。 ④バッテリー充電は特定場所で行うが、バッテリー交換は任意の場所で停止時に実行可能。 ⑤ロボットの運転寿命は2000時間とし、ブレーキは1週間毎に点検する。	危害の発生確率(P) = F × P × A 与えられる頻度/時間(F) 危険事象の発生確率(P) 回避可能性(A) 4 連続的/常時 4 高い(起こりやすい) 3 本可能 3 動作中頻発/長時間 3 ありえる 2 動作中頻発/短時間 2 可能性あり 1 まれ/瞬間的 1 低い(まれ) 1 条件付きで可能性あり	
		危害の発生確率(P)のマトリックス 1 3 4 5 6 7 8 9 10 11 1 3 4 5 6 7 8 9 10 11 ← リスク低減推奨 2 6 8 10 12 14 16 18 20 22 3 9 12 15 18 21 24 27 30 33 4 12 16 20 24 28 32 36 40 44 ← リスク低減必要	

2011.2.9 コンセプト検証WG

初期リスクアセスメントシート(案)

減	対象者	リスク算種				備考		
		危害の酷さ(S)	危害の発生確率(P) 頻度/発生率(P) 回避率(A)	リスク点数(R)	備考			
1部	搭乗者	4	6	1	2	3	24	
1部	搭乗者							
	第三者	2	5	2	2	1	10	
	第三者							
	搭乗者							
	第三者							
1上	第三者	2	6	1	2	3	12	
1上	第三者							
1部	搭乗者							
	第三者							

2011.2.9 コンセプト検証WG

リスクアセスメントシート(案)

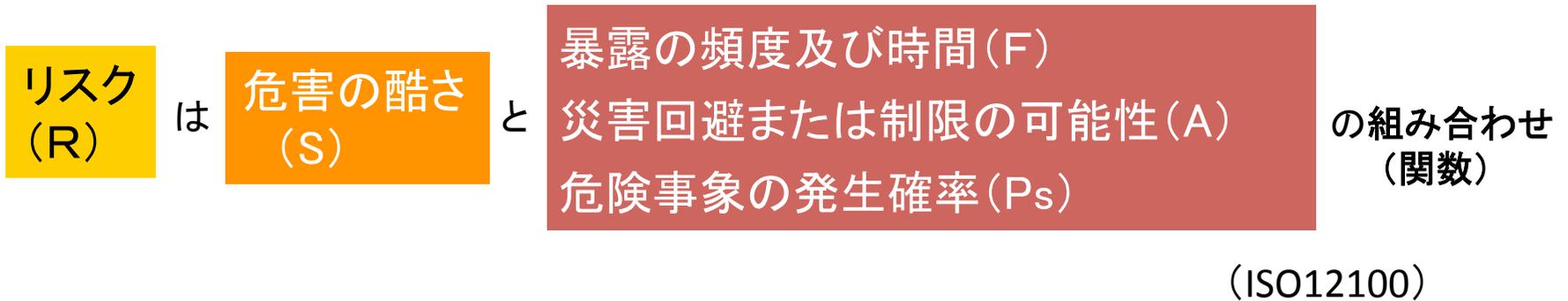
減	対象者	リスク算種				備考		
		危害の酷さ(S)	危害の発生確率(P) 頻度/発生率(P) 回避率(A)	リスク点数(R)	備考			
	搭乗者	4	7	2	2	3	28	
	第三者							
	搭乗者							
	第三者							
1上	第三者	4	6	1	2	3	24	
1上	第三者							
1部	搭乗者							
	第三者							

2011.2.9 コンセプト検証WG

仕様
者向け搭乗型移動ロボット(自律移動機)
②(バッテリー含む)
③電又は充電済みバッテリーと交換)
④(モーター)+2輪自由輪、保持用メカブ
⑤
度、段差乗り越え最大20mm、旋回半径
⑥
行の自動切り替え、ブレーキ解除
⑦走行+超音波ビーコンによる位置補正
⑧操舵と速度調整(ホールドトゥラン操
⑨
後)で障害物検出後減速、全周囲バンパ
⑩(前後)で走行路差検出後停止
⑪残量、緊急停止、異常、後退時警報
⑫
⑬
⑭
⑮
⑯
⑰
⑱
⑲
⑳
㉑
㉒
㉓
㉔
㉕
㉖
㉗
㉘
㉙
㉚
㉛
㉜
㉝
㉞
㉟
㊱
㊲
㊳
㊴
㊵
㊶
㊷
㊸
㊹
㊺
㊻
㊼
㊽
㊾
㊿

ロボット介護機器別シートひな形 : 移乗介助(装着型、非装着型)、移動支援型、排泄支援型、見守り型

RAひな形シートで採用したリスク見積もり方法



ひな形シートの算出式: ハイブリッド法

$$R = S \times (F + A + Ps)$$

設計者が負う
責任の重さ

Ph (危害の発生確率)

注: あくまでも危害の起こりやすさのランク

あくまでも一例であるが、Sの重み付けを重視した

RAひな形シートのリスク見積り基準一覧

$$\text{リスク見積り値} : R = S \times (F + P_s + A)$$

危害の酷さ: <i>S</i>		危害の発生確率: <i>F + P_s + A</i>								
		3	4	5	6	7	8	9	10	11
重大傷害(長期間治療)	4	12	16	20	24	28	32	36	40	44
医療措置(短期間治療)	3	9	12	15	18	21	24	27	30	33
応急手当で回復	2	6	8	10	12	14	16	18	20	22
無傷/一時的痛み	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11

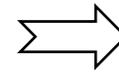
晒される頻度又は時間: <i>F</i>	
連続的/常時	4
頻繁/長時間	3
時々/短時間	2
まれ/瞬間的	1

危険事象の発生確率: <i>P_s</i>	
高い	4
起こり得る	3
起こり難い	2
低い(まれ)	1

危害を回避又は制限できる可能性: <i>A</i>	
困難	3
可能	1

リスク要素の見積もり基準例(1)

危害の酷さ(1名を対象とした場合)

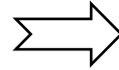


危害の対象者により傷害耐性が異なる

S	酷さ	例
4	重大傷害(長期間治療)	死亡, 手足切断, 骨折, 永久傷害, 入院が必要, 全治1週間以上 など
3	医療措置(短期間治療)	要診察, 縫合伴う切傷, 完治可能, 通院, 全治1週間未満 など
2	応急手当で回復	通院不要, 赤チン(切傷・打撲)など
1	無傷／一時的痛み	痣の残らない圧迫・打撲 など

リスク要素の見積もり基準例(2)

危険源への暴露頻度/時間

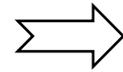


装着型では、装着時間と稼働時間で分ける場合もある

F	頻度／時間	例
4	連続的／常時	1回超/時の頻度で晒される 1回に晒される時間が60分超
3	頻繁／長時間	1回以下/時の頻度で晒される 1回に晒される時間が60分以下
2	時々／短時間	10回以下/日の頻度で晒される 1回に晒される時間が30分以下
1	まれ／瞬時的	1回以下/日の頻度で晒される 1回に晒される時間が10分以下

リスク要素の見積もり基準例(3)

危険事象の発生確率

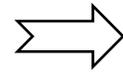


技術的区分は厳しく(設計者として)
人の属性でも区分は変わる

Ps	発生確率	技術的要因の例	人的要因の例
4	高い	安全関連部が非安全関連部から明確に分離していない	類似ロボットや類似機械で事故がある／ヒヤリハットが度々ある
3	有り得る	安全関連部に非安全関連部要素が混じっている	類似ロボットや類似機械でヒヤリハットの報告がある
2	起こりにくい	安全関連部は非安全関連部から分離して, 多くは関連安全規格に準拠している	非定常な作業や複雑な作業において, 注意が行き渡らない／散漫になりやすい
1	低い(まれ)	安全関連部は全て関連安全規格に準拠して構成される	日常ではミスはほとんど起こりにくい

リスク要素の見積もり基準例(4)

危害回避の可能性



回避又は制限の説明ができるか否か

A	回避又は制限 の可能性	例	加味条件
3	困難	動作速度が高速 死角が多い	非常停止装置が設置され ていない又は操作できない 保護具が装備されていない
1	可能	可動部が250 [mm/s] 以 下で動作し、かつ、可動部 を認識でき、回避のため の十分な空間がある	非常停止装置が操作可能 位置に設置されている 指定された保護具の着用 が遵守される

リスク評価基準

		危害の発生確率: $F + P_S + A$								
		3	4	5	6	7	8	9	10	11
危害の酷さ: S	4	12	16	20	24	28	32	36	40	44
	3	9	12	15	18	21	24	27	30	33
	2	6	8	10	12	14	16	18	20	22
	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11

見積値 R	評 価	リスク低減の必要性
15以上	リスクは高く, 受入れられない.	必須, 技術的方策が不可欠
7~14	リスクの低減が必要. ただし, 条件付(他に方策がない, 低減が現実的でない)で許容可能.	必要, 技術的方策が困難な場合は警告表示及び管理的方策を講じる * ALARPとして考慮もありえる
6以下	リスクは十分低い.	不要

ロボット介護機器別RAシートの記入方法

以降、次の順序でひな形シートを説明

1. 移乗介助(装着型)
2. 移乗介助(非装着型)
3. 移動支援(手押し型)
4. 排泄支援(トイレ)
5. 見守り(プラットホーム)