

# これからの機械安全が持つシーズ

長岡技術科学大学 機械系  
機械安全工学 助手 染谷美枝

# 目次

- 機械安全工学コース
- 国際的な機械安全の考え方
- 日本の対応
- 機械安全の技術
- 研究テーマ
- まとめ

# 機械安全工学コース

## 日本初の機械安全工学コース

- 平成14年度よりスタート
- 社会人対象
- 大学院修士課程
- 集中講義とE-Learningの併用
- 自社製品、自社工場を使った研究・論文



国際的に通用する安全技術者の育成を目指して

# 世界と日本の安全の考え方

## ■ 安全の責任

### 国際規格

製造者 >> ユーザ  
技術 >> 訓練

### 日本

ユーザ >> 製造者  
教育 >> 技術

これからは安全の責任は技術で果たしていく

# 技術が優先される安全の手順

優先順位

大

小

大

設計者

使用者

本質安全設計によるリスク低減  
(ISO12100 2, 3項)

安全防護対策によるリスク低減  
(ISO12100 2, 4項)

使用上の情報によるリスク低減  
(ISO12100 2, 5項)

機械の取扱説明書上における  
警告  
ラベル  
シンボル

設計者は使用者に対して  
リスクに関する情報を提示する

追加の安全方策

(例) 保護具、訓練、安全作業手順  
作業監督、作業システムの認証

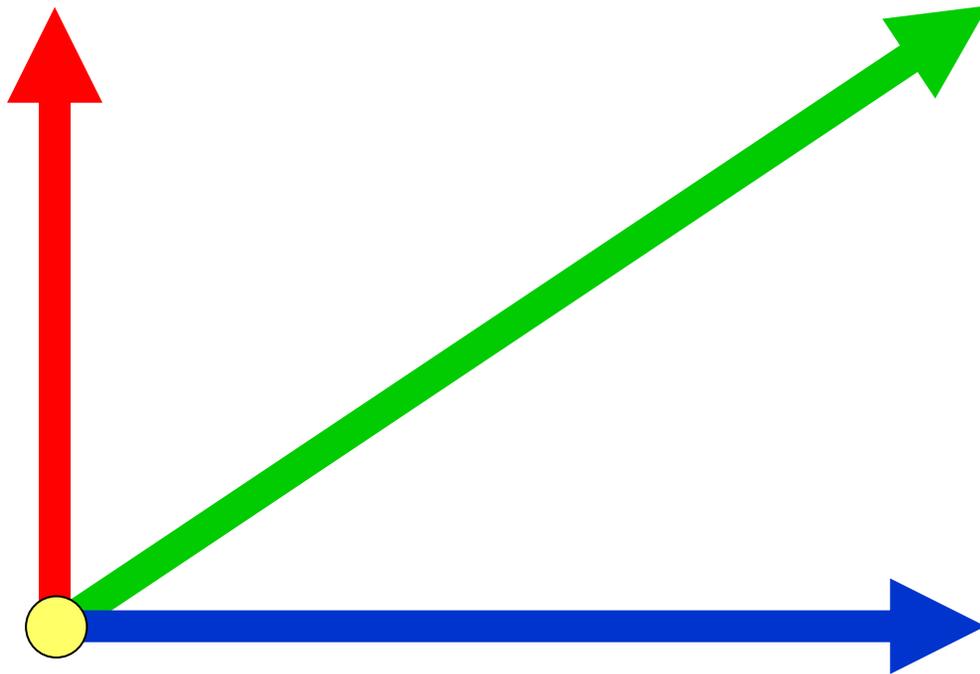
優先順位

小

# 安全・環境は流通のための条件

安全・環境

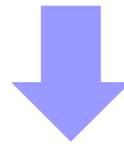
流通



機能

# 事後の責任から事前の責任へ

事前に安全の責任を果たす。



~~PL (製造物責任)~~



PLP (製造物責任予防)

PLP : 国際的なルール (設計原則) に基づいて安全を確保することでPLのリスクを低減する。

# 国際的な機械安全の取り組み



CEマーク

**SEMI**

(S2, S8, S10)



ULマーク



CCCマーク

**CBレポート**



GOST - R



GSマーク



CSAマーク



NFマーク

# 機械安全認証機関(一例)



BUREAU  
VERITAS

■ ビューローベリタス



■ TÜV ラインランド



■ TÜV プロダクトサービス



■ UL A - PEX



■ JQA

# 国際的な安全の考え方

- 技術による安全確保が第一
- 安全確保が流通の条件
- 安全確保には国際的ルール(国際規格など)
- PLからPLPへ

**安全技術者の育成が必要**

# ISO / IECガイド51

ISO:機械系

IEC:電気系

## A 基本安全規格:

全ての規格類で共通に利用できる基本概念,設計原則を扱う規格

基本概念-一般設計原則規格 (ISO 12100)  
リスクアセスメント規格 (ISO 14121)

## B グループ安全規格:

広範囲の機械類で利用できるような安全,又は安全装置を扱う規格

インタロック規格 (ISO 14119)  
非常停止規格 (IEC 13850)  
ガードシステム規格 (ISO 14120)  
システム安全規格 (ISO 13849-1)  
安全関連部品規格 (ISO 13849-2)  
安全距離規格 (ISO 13852)  
突然の起動防止規格 (ISO 14118)  
両手操作制御装置規格 (ISO 13851)  
マットセンサ規格 (ISO 13856)  
階段類の規格 (ISO 14122)

電気設備安全規格 (IEC 60204)  
センサ一般安全規格 (IEC 61496)  
センサ応用規格 (IEC 62046)  
電気的安全機能規格 (IEC 61508)  
スイッチ類規格 (IEC 60947)  
EMC規格 (IEC 61000-4)  
トランス規格 (IEC 60076)  
防爆安全規格 (IEC 60079)

## C 個別機械安全規格:

特定の機械に対する詳細な安全要件を規定する規格

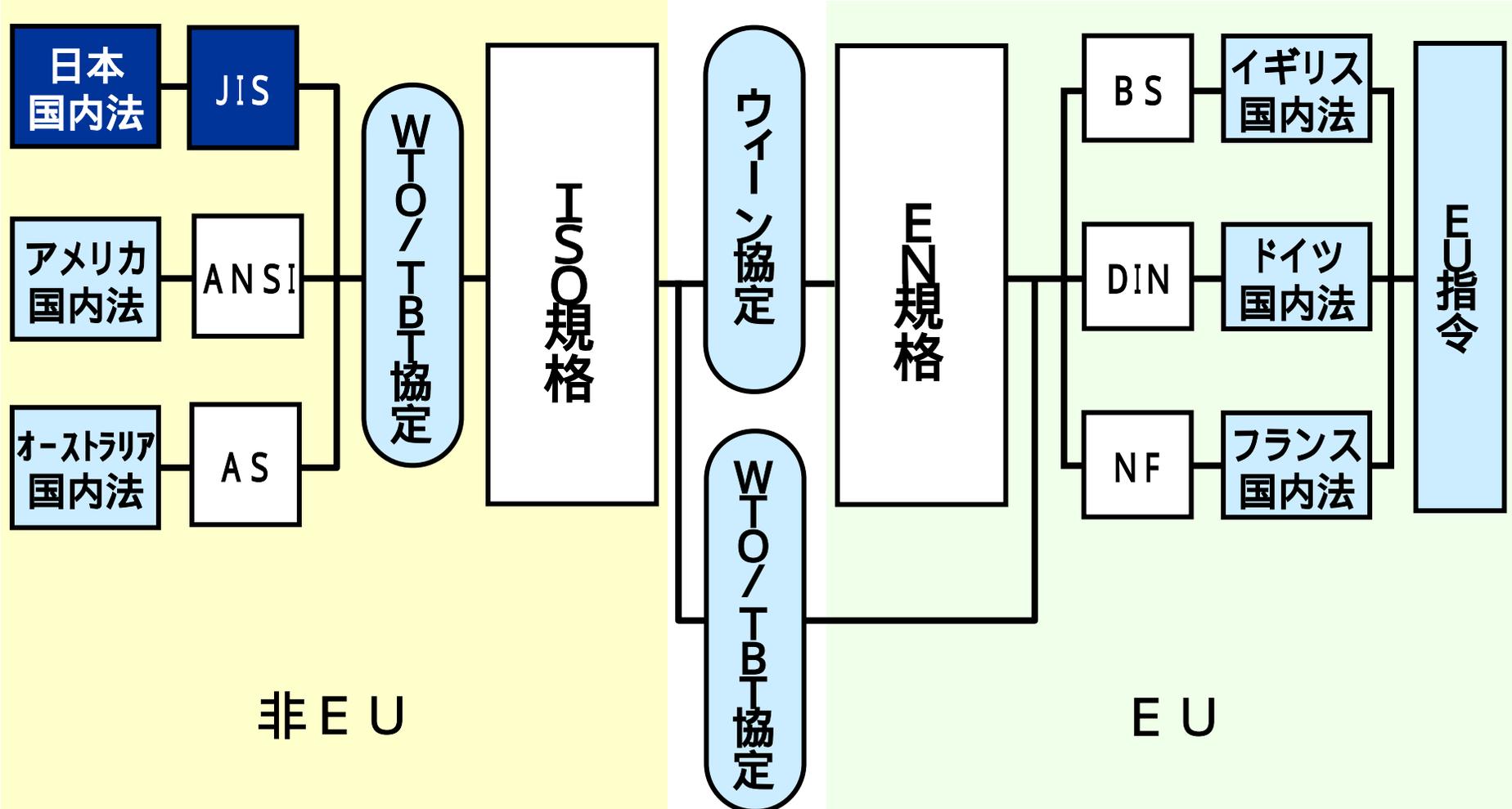
製品例: 工作機械, 産業用ロボット, 鍛圧機械, 無人搬送車, 化学プラント, 輸送機械など

# 階層的な技術規格

- A規格 …… 機械は非常停止を持つこと
- B規格 …… 非常停止はハードワイヤで作ること
- C規格 …… XX秒以内にロボットは停止すること

**適用できるC規格がない場合は、  
関連するA, B規格を使用して機械を安全に**

# WTO/TBT協定



国内規格は国際規格に整合されなくてはならない

# JIS規格 JISハンドブック

## ■ 整合JIS規格(一例)

JIS TR B 0008, 0009 (ISO 12100 1,2)	設計原則
JIS B 9702 (ISO 14121)	リスクアセスメント
JIS B 9705-1:2000 (ISO13849 1)	システム安全
JIS B C 0508 (IEC 61508)	機能安全

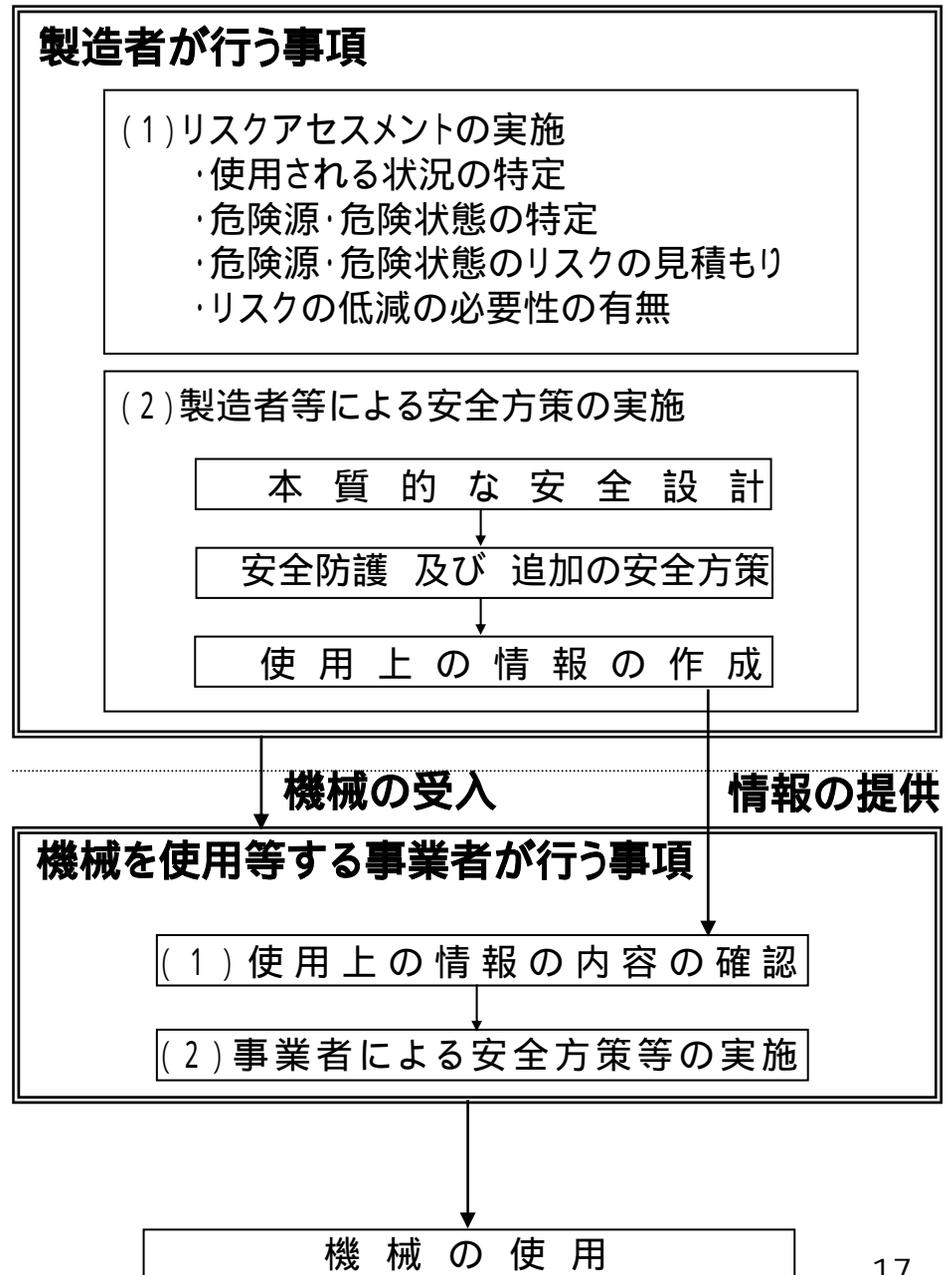
## ■ JISハンドブック

- JIS HB 電磁両立性(EMC) 2003
- JIS HB 電気安全 2003
- JIS HB 機械安全 2003

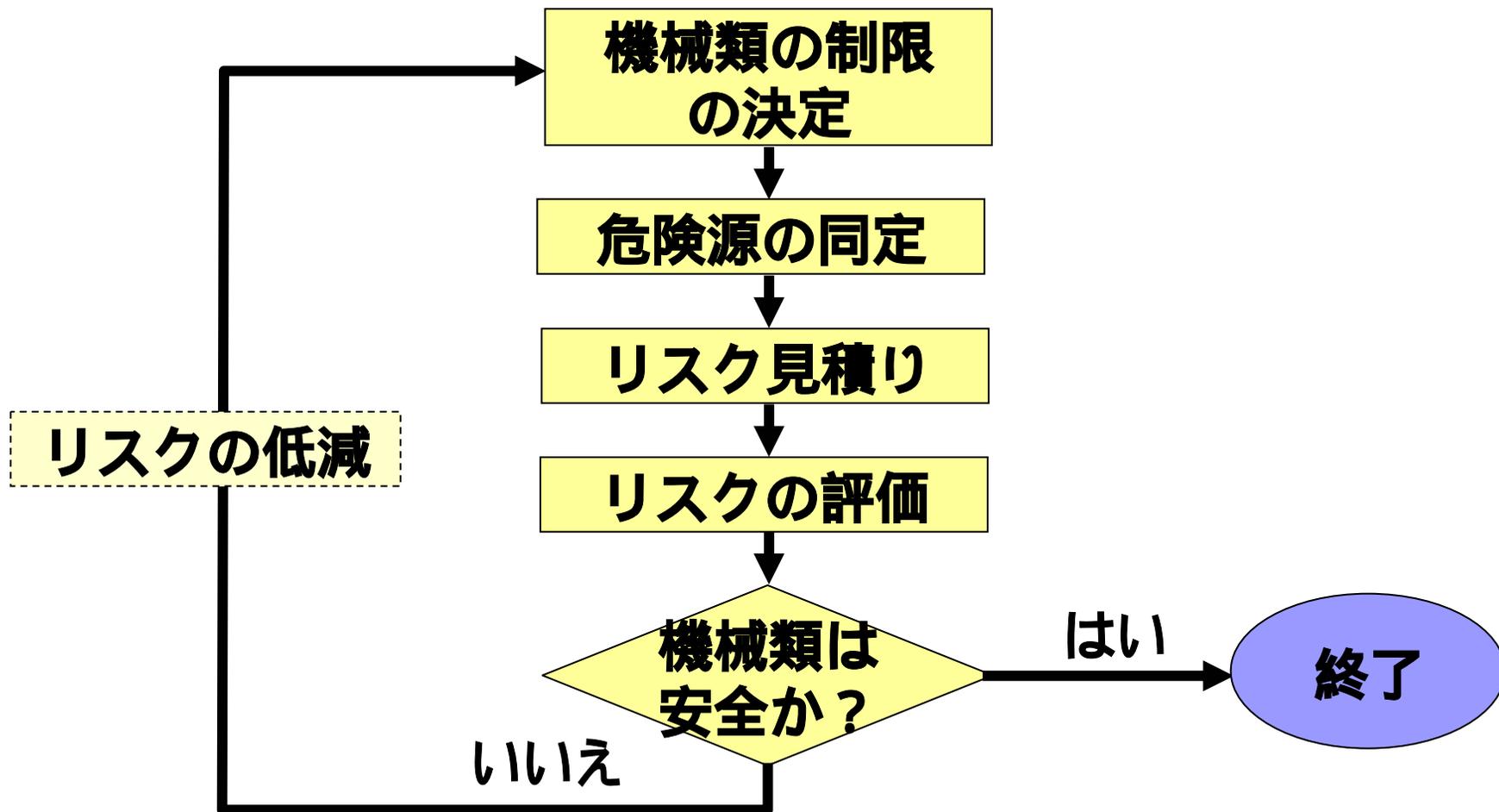
# 日本の対応

## 機械の包括的な安全基準 に関する指針 (基発第501号)

## A規格 ISO12100 (一般設計原則) と共通の考え方

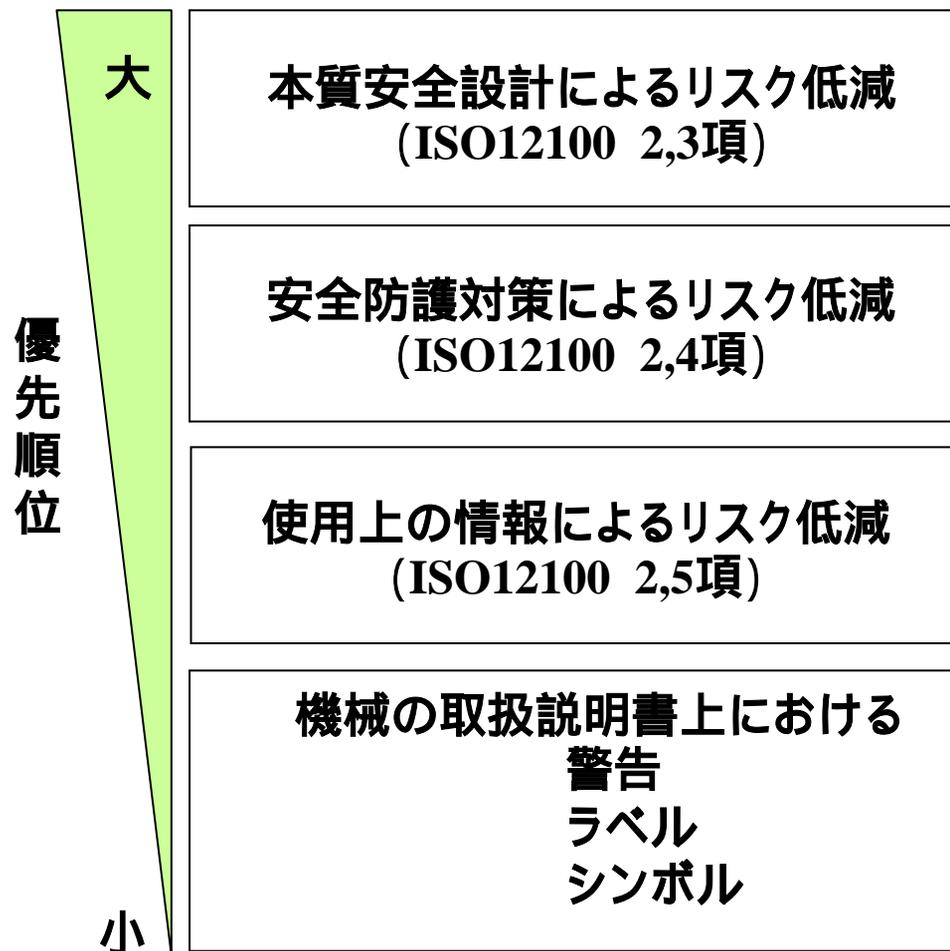


# リスクアセスメント



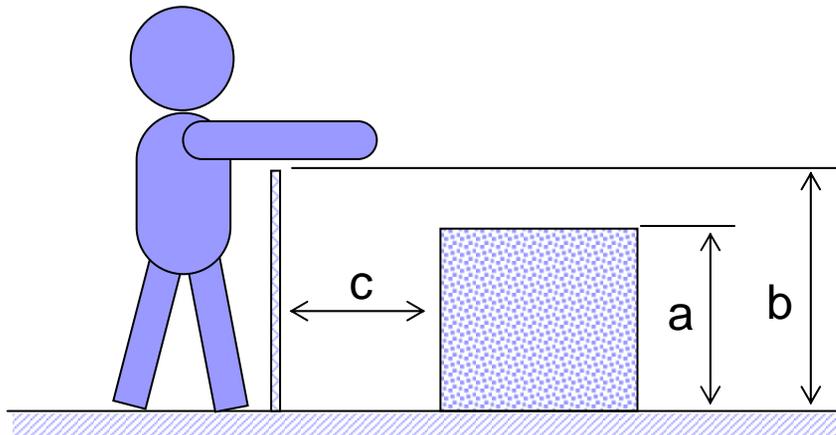
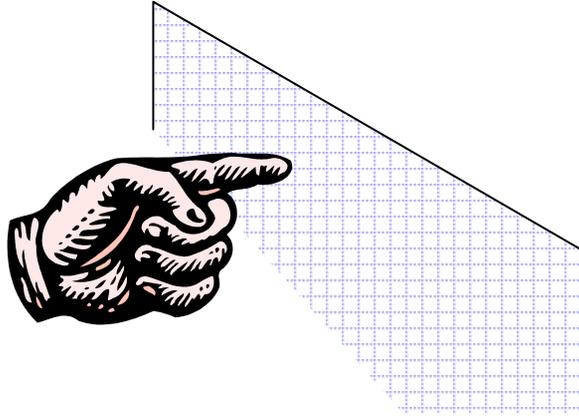
(ISO14121 より)

# 安全方策の優先順位



設計者は使用者に対してリスクに関する情報を提示する

# 上肢の到達



## ガードから可動部までの距離

	開口部	スリット	四角
指	$e \leq 4$	2	2
	$4 < e \leq 6$	10	5
手	$6 < e \leq 8$	20	15
	$8 < e \leq 10$	80	25
腕	$30 < e \leq 40$	850*	200
	$40 < e \leq 120$	850*	850

危険域 の高さ (a)	ガードの高さ(b)		
	1400	1600	1800
危険域への水平距離(c)			
1400	1100	900	800
1200	1100	900	700
1000	1000	800	

(ISO13852 より)

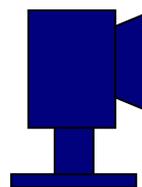
# 安全確認型と危険検出型

安全状態 ; ON  
危険状態 ; OFF

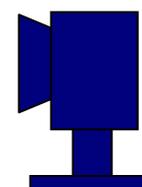
センサ故障時 ; OFF

## 透過型センサ

投光器



受光器

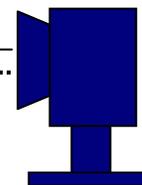


安全状態 ; OFF  
危険状態 ; ON

センサ故障時 ; OFF

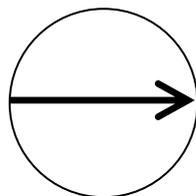
## 反射型センサ

投光器・受光器

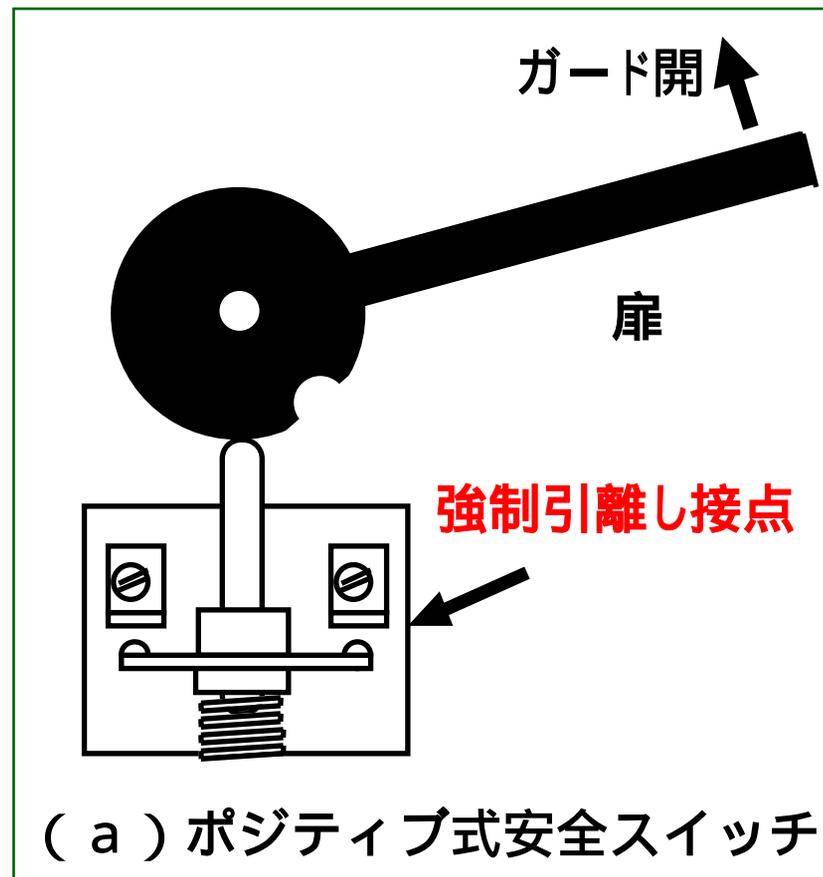
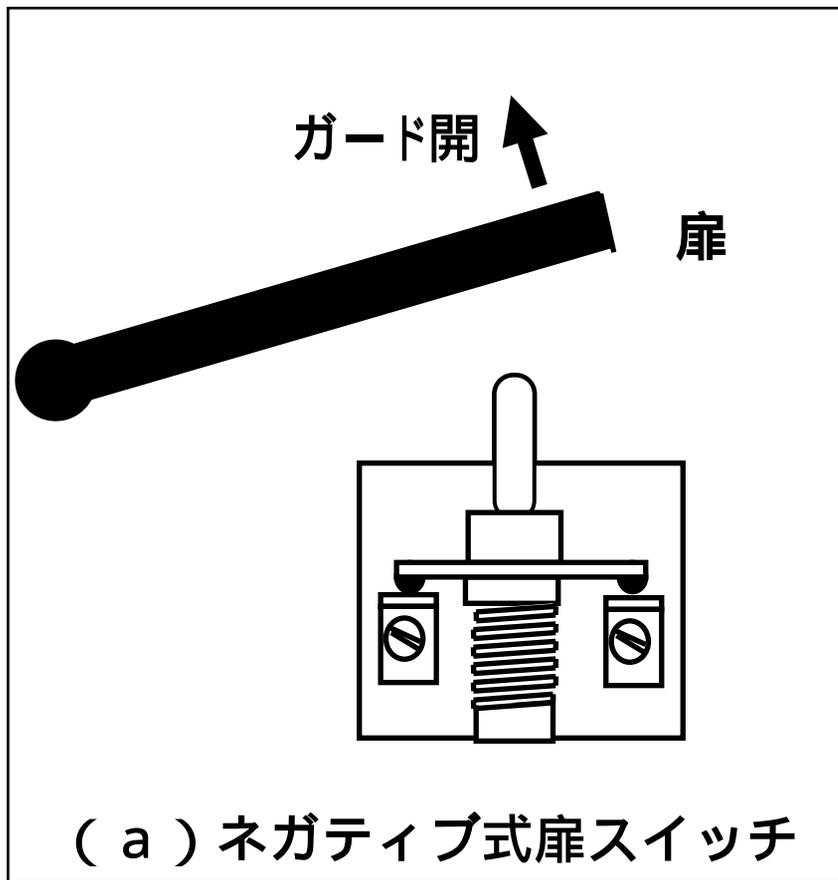


故障時と危険時を同じ信号に

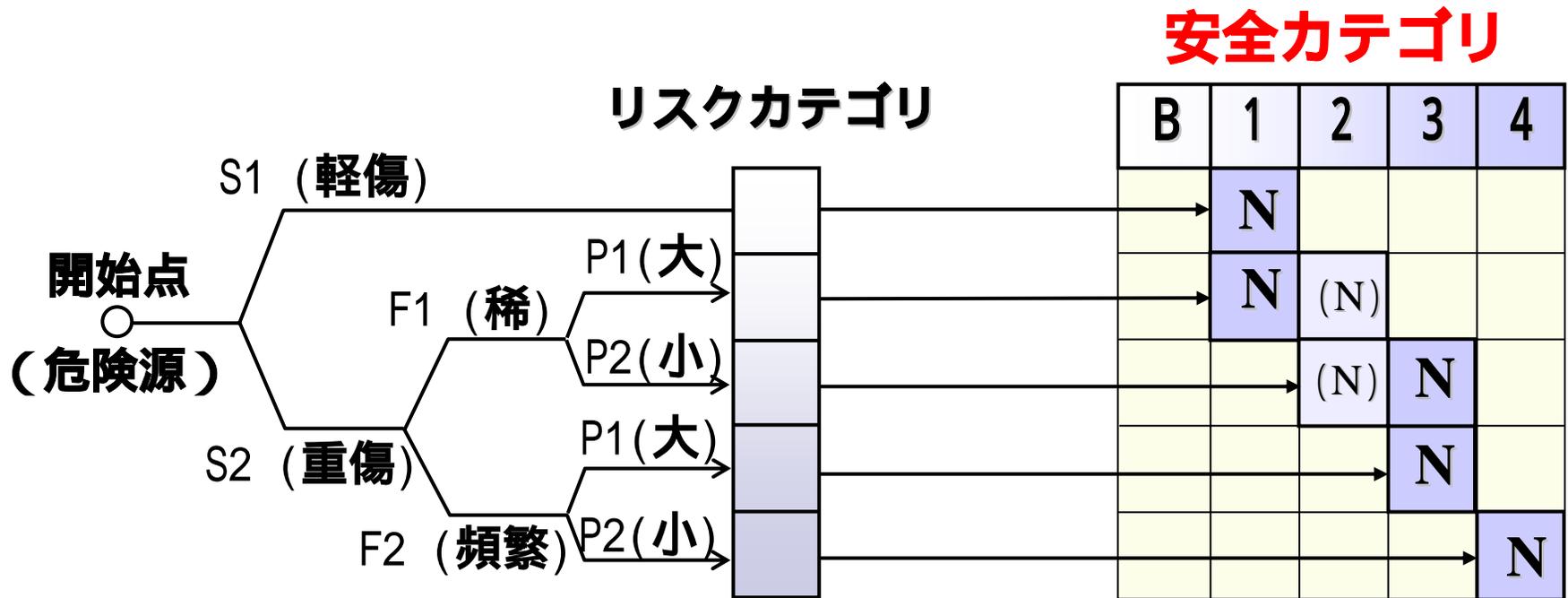
# 強制開離機構



( IEC60947-5-1 )



# 安全関連の制御の安全カテゴリ



- S … 傷害の大きさ
- F … 暴露の頻度および時間
- P … 災害回避の可能性

# 安全カテゴリー別の要求事項

カテゴリ	必要条件の要約
B	使用条件や予測される作用に耐える設計。
1	カテゴリBを満たす。 従来から多く使用されてきたか、十分吟味された安全原則を使用する。
2	カテゴリ1を満たす。 適切な間隔で安全機能が検査される。
3	カテゴリ1を満たす。 単一故障で安全機能を失わない。 単一故障は出来るだけ検出される。
4	カテゴリ1を満たす。 単一故障で安全機能を失わない。 単一故障は安全機能実行時あるいはその前に検出される、 検出できない場合は故障の蓄積で安全機能を失わないこと。

(ISO13849 より)

# 安全リレー



・両機種とも、安全対策カテゴリ「4」  
において使用することができます。

オムロン株式会社



・対応可能なカテゴリ： カテゴリ-4

和泉電気株式会社



・安全カテゴリ4までの環境に適用可能  
(接続するリレーユニットによる)

ライン精機株式会社



カテゴリ-4



カテゴリ-3



カテゴリ-2  
(光センサ用コントローラ)



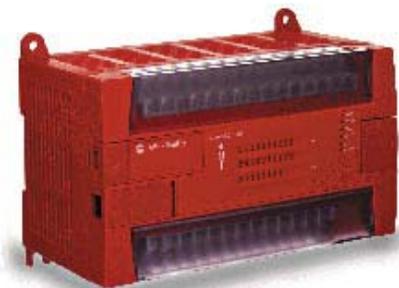
カテゴリ-1  
(磁気スイッチ用コントローラ)

シュメザール/エラン社

# Safety PLC



シュメザール



ロックウェル



シーメンス



ピルツ社



# Safety Bus

# 表示灯の色と意味



色	意味	説明	オペレーターの行動
赤	非常	危険な状態	危険な状態への即時対応
黄	異常	異常状態 危険が差し迫った状態	監視、介入
緑	正常	正常状態	任意
青	強制	オペレーターの行動を必要とする状態	必要な行動
白	中立	その他の状態; 赤、黄、緑、青の使用に疑問がある場合	監視

(IEC 60204 1 より)

# 新しい安全技術(1)

- ガードもライトカーテンもない協調作業



( Fraunhofer IPA )

# 新しい安全技術(2)

- 無線非常停止  
カテゴリ3の認証を取得



( HBC-radiomatic GmbH社 )

# 機械安全 研究テーマ

## ■ 労働現場のリスクアセスメント

既存設備のリスクアセスメント

ビデオによる遠隔リスクアセスメントの評価

安全方策の妥当性確認



# 機械安全 研究テーマ

## ■ ポテンシャル極大による安全確保

安全な状態

エネルギーが高い状態

危険な状態

エネルギーが低い状態

故障時

エネルギーが低い状態



ライトカーテンをポテンシャル極大理論で評価・検証

# 機械安全 研究テーマ

## ■ オブザーバ理論を用いたセンサ系の冗長化



「重要」構成部品(機器)の重複(冗長) : ISO12100-2

構成部品は,一つが故障した際も他の部品でその機能と安全性を保障する限り,安全機能用に使用できる



現在; エンコーダのセルフチェック、 センサー系の多重化



**オブザーバ理論で他の関節の状態を  
推定し仮想多重化を実現**

# 機械安全 研究テーマ



## ■ サービスロボットの安全性

自動車事故： 年間10000人が死亡  
プレス機械の事故： 年間 1500人が死亡



## 新しいロボットの許容リスク

産業用ロボット： 人間に触れないことが安全（停止の安全・隔離の安全）

サービスロボット： 人間に触れることが前提

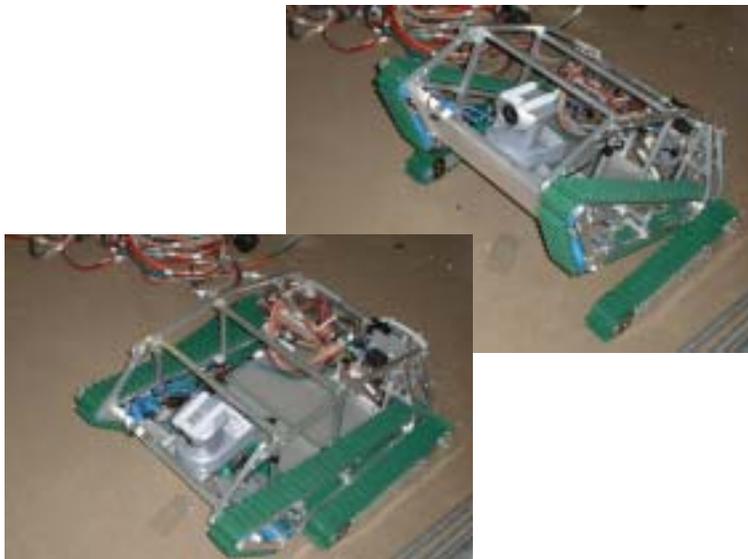
## 共存型ロボットの安全技術

# 機械安全 研究テーマ

## ■ レスキューロボットの操作盤の開発

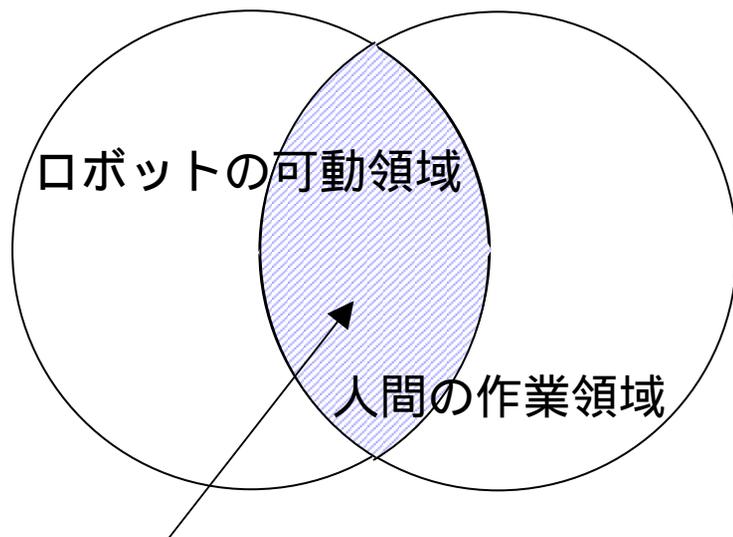
長時間の使用  
多くの機器の使用

人間工学的配慮  
標準化



# 機械安全 研究テーマ

## ■ システム安全の論理構造



ロボットと人間が同時にいる時に事故の可能性がある。

H



に人間がいる時を 0



に人間がいない時を 1

M



にロボットがいる時を 1



にロボットがいない時を 0

**$M \cdot H = 0$  が安全の条件**

機械システムの安全性を論理式で表す安全の記述法の提案

# まとめ

- 教育による安全から技術による安全へ
- 国際的に通用する安全技術を
- PLからPLPへ

長岡技術科学大学 機械系 機械安全工学コース

**安全技術の普及  
安全技術者の養成**