

# 工作機械の為にフェールセーフ化と制御設計

片山安心コンサルティング株式会社  
代表社員 片山 昌作

労働安全衛生コンサルタントは、企業、小企業、教育施設や機関団体、給付施設、特養老人ホーム、その他の「安全衛生問題」を行なっています



片山安心コンサルティング 敬啓所  
電話 0763-58-5258 富山県南砺市八坂四番路A106-1  
ホームページ <http://amsins39.com/>

## 目次

1. 機械の安全志向と安全設計
  - (1) 本質安全化のために
  - (2) 機械設備の安全化
  - (3) 故障・修理
  - (4) 緊急停止の見える化
  - (5) カバー内の可視化
- 2.(1)制御設計
  - (1) 警報
  3. 電気部品・材料
  - (1) 電線
  - (2) 接地アース線
  - (3) 電圧降下抑制点
  - (4) ミニチュアアース接点
  - (5) 押しボタン（非緊急停止用）
  - (6) イネーブル機構
  - (7) フォースイッチ
  4. フェールセーフと国際規格、国内法
  5. 工作機械の構造の安全基準に関する技術上の指針から
  - (1) 工作機械等の制御機構のフェールセーフ化に関するガイドライン
4. フェールセーフと国際規格、国内法
  - (1) 工作機械 規格の運用
  - (4) 接地の電気設備 フロツク型
  - (5) 接地符号
  - (6) 接地接地
  - (7) 緊急回路
- 5.(1) IEC60204の産業機械用電気設備と米国規格
  - (1) フェールセーフ
  - 6.(1) シーケンシー及びV/Vコイル
  - (2) 動作アース
  - (3) 押しボタン表示灯の識別
  - 7.(1) 電線の方丈温度測定
  - (2) クラウドボルト過電流不具合
  - (3) フェールセーフの配線切れ
  - 8.(1) 接地安全化のために
  - (2) 設計の流れ
  - (3) 取扱説明書・技術文書
  - (4) 取扱説明書の位置づけ
  - (5) 危険源除去の原則

## 機械化の流れ

省力・手間の削減を省く  
無人・人手を省く



## 1.(1) 本質安全化のために

### ① 危険源の除去(エネルギーを小さく)

- ・駆動トルクを人を傷付けない小さな値に制限する
- ・電動機：使用するモータ容量を小さくすることがエネルギー量を小さくすることになる。

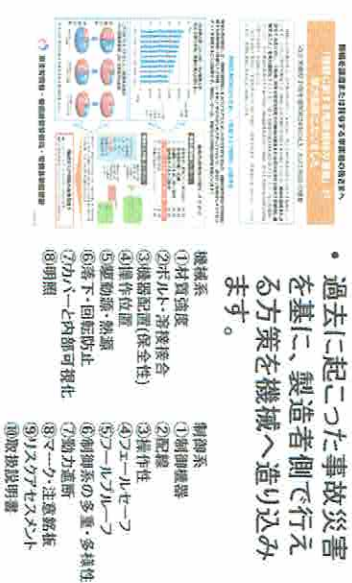
参考：電動機内のコイル温度上昇保護の必要性  
200W以下(電気設備技術基準第133年版 第55条、内線規程(IEC60301:2000 3705-5) 500W以下(IEC60204-1:2008 Ed.5 7.3.11)

- ・動くスピードを危険から逃げられる遅い速さ、ロボット：動作を遅くし、その動きを見て人が危険を感じて回避できる安全速度は250mm/s=15m/min未満(ISO10218)である
- ・個人の経験から、慣れていない人はまだ早く感じるので5m/minutesスピードで有るべき



## 安全を考慮した工作機械・産業機械

- ・過去に起こった事故災害を基に、製造者側で行える方策を機械へ造り込みます。



## 1.(1) 本質安全化のために

### ① 危険源の除去(エネルギーを小さく)

- ・物の置く高さを低くし、1つの体積・重量を軽くする
- 注意：非常停止時にエネルギーの蓄積を放出させるのは「危険な行為」になる。ここでは元々のエネルギーを小さくすることの本質安全を求めている。

・電圧を低くする Ac100V→Ac200V→Ac100V→10kV

保護特別定電圧 (PELV) 水中・湿潤地以外の乾燥地で  
AC25V/DC60V)：定常状態及び単一故障状態(他の回路の故障事故を除く)に於いて、特別定電圧(ELV AC50V未満、DC120V未満)を超えない電圧を言う。  
PELVは接地されている。

## 参考 機械の包括的な安全基準に関する指針

### <機械設計・製造時のリスクマネジメント>

平成18年3月30日公示

【機械の包括的な安全基準に関する指針】が改正されたことにより、リスクマネジメントが重要視されています。



片山 昌作 代表社員  
片山 昌作 代表社員

## 1.(1) 本質安全化の為に

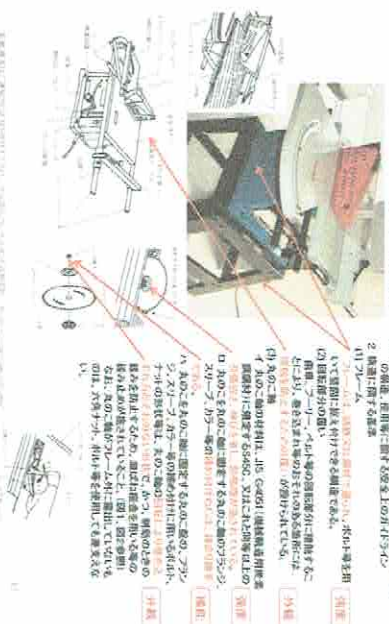
- ② フールプルーフ (Fool-proof 愚か者証明) :  
正しい手順でなければ動かない、



例: 押しボタンを操作順に並べ、順序を守れた時に動く  
・扉が開いていると動かない  
・閉めて起動すれば動く



「丸の二重の構造、使用等に関する安全上のガイドライン」を例にする



## 1.(1) 本質安全化の為に

- ③ フェールセーフ (Fail safe 失敗する心配のない) :  
危険性がある時に機械が停止する (安全間故障)



- 安全確認型: 安全信号が切れて、停止する (正常信号がONからOFFに変化したら、断絶しているとは判断できる)
- 危険検出型: 異常を検知ONして、停止する (異常信号がLOW→HIに変化しても信号が断絶しているとはわからない)

## 1.(3) 破壊・破断



- ① 締りかたにA点までボルトを締めると荷重を掛けるとボルトは変形し伸びますが、緩めると元の長さに戻ります。
- ② しかし、A点を(弾性限界)を超えた場合はボルトが伸びたままに成ります。
- ③ 更にボルトを締めると伸びと伸び変形も更に大きくなりB点に達します。
- ④ それ以後ボルトを締めなくても伸びは増大しC点に達して切断します。

## 2.(2) 警報

リズム(イタリヤ語はテンポ)

連続音

- 危険(サバル) 危険(コリカ)  
1秒間隔以下(ピッチは50) 注意(アラーム)  
3秒間隔以上(ピッチは75/25)

音色 人の音感 20Hz~20kHz

高音(1オクターブ880Hz以上)  
中音(440Hz)

音量

100dB以上(電車が通る時のガード下)



## 1.(2) 機械設備の安全化

- ア. 囲い、覆いを設け、小突起はヤスリで削る(面取り)  
イ. 動力ごとに遮断装置を設ける(モータブレーカ)  
ウ. 動力遮断装置に保守時は施錠し鍵を自分か持つ  
エ. 検定に合格した機械・安全装置、保護具を使用する  
オ. 素材供給や加工品の取出し(作業)箇所には、囲い、覆い、安全柵、安全装置、自動供給装置を設置  
カ. 稼働する機械のモーダストローク端で人に当たるのを防止する柵やカバー(近づけなくする)

## 2.(1) 制御設計

どの様な機械も、操作性・保守性・信頼性が必要です。機械に使う電子機器は高度化しラックボックス(BB)化して、知識をもった者でさえも思いがけない事態を引き起こします。知識を生かした経験によって危険を想像できる能力が備わります。

- その為に過去に起きた事例及び機器の特性によるこれらから起きる事象について対策を設計に盛り込み、
- a. N/C数値制御装置と自動プログラミン
  - b. PLCプログラマコントローラ及びネットワーク
  - c. サーボドライバ力及び開閉器
  - d. 制御盤(機器配置)と配線の取り回し

## 3.(1) a. 電線の絶縁被覆

品名	定格電圧	素材構成、色	外径	
PVC	300V	0.5φ	20/0.18 外径2.2	
VSP	300V	1.25φ	50/0.18 外径3.1	
KV	60°C	600V	1.25φ	50/0.18 外径3.4
(HKW)	80°C	2φ	37/0.26 外径1.8	
UL1007	80°C	300V	AWG20 21/0.18 外径1.8	
UL1015	105°C	600V	AWG14 41/0.26 外径3.8	
IV (HVN)	60°C(75°C)	600V	2φ 7/0.45	

許容電流の6~7割で常時使用する場合でも、スタート時は放熱が悪く高温になり、絶縁被覆が柔らかくなって芯線の曲りで伸び縮みする為、故障が起きる。例: ボンプ、ファンなどのモーダ動力やヒーターなどの配線

また、配線材で電線を引き結ぶると断線します。

- ① キヤパシタや用コンボはコムの反響によって絞られる。
- ② ダイオード・インシュラ・コンパネックス







## 5.(2)アーケラッシュ災害

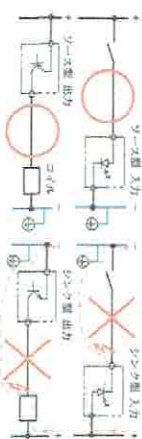


## アーケラッシュ防護服 個人用防護具 personal protective equipment: PPE



## 6.(1) シーケンサー及びパソコン/I/O

### 制御機器のI/Oカードへの接続



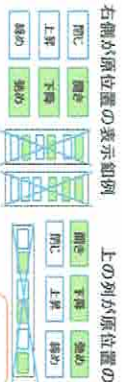
シーケンサなどの入出力について  
 入出力は、配線途中で絶縁不良により地絡しても、誤番号・誤動作しないよう  
 選定する。  
 シンク型は、接点及び出力が動作しなくても地絡により誤入力や誤作動する。

## 6.(2) 操作パネル

### 操作と表示

操作高さ 例: 足元から1.1mを操作部の下面高さにする

配置: 右側が原位置の表示側例



両手起動: 釦の間隔は300mm以上離す

### 操作機器の仕様

消えにくい文字 (ブルミ彫刻銘板、アクリル彫刻銘板、他)

直接開路機構

イーネーブル機器

直接接点を引き離し開路する構造のスイッチ  
3相3線スイッチ



## 6.(3) 押しボタン・表示等の色識別

危険表示(色表示、警報音) トラマーク

赤色 禁止・停止、黄赤色 危険、  
 黄色 警告・注意、  
 緑色 安全・進行  
 青色 指示・誘導、白色 区画



## 7.(3) フォトスイッチの配線切れ

① シヤーの操作を行っているら、二度切断を繰り返した。

原因

フォトスイッチへの配線が切れかかって接触不良を起こして起動信号としてスイッチが入ってしまったのではないか。

・起動ボタンを押し続けている時と加工後にボタンを押し続けている時の両方を監視して起動する必要がある。

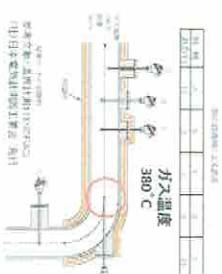


注意: 両手起動の制御は前次の参考になる。 JS B99060-12008 9.2.6.2 両手操作制御

## 7.(1) 温度センサの取付位置と強度

配管内の温度測定は、

- ① 保温材の有無
  - ② センサ取り付け部の大きさ
  - ③ センサ保護管の挿入長さ
- これらによって測定誤差が異なる。最適はDの設置方法です。



A: 挿入長が短く、保温材で保温されていない部分が多い  
 BとCを比較: 保護管の太さによって誤差の違いがある  
 E: 温度センサの取り付け部分が非常に大きく、保温材も無いことから、誤差が大きくなる

## 8.(1) 機械の安全化のために

今ある機械や設備に これから造る機械に

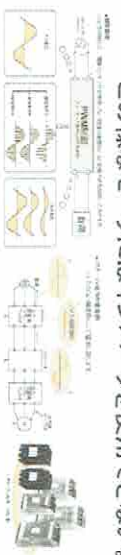
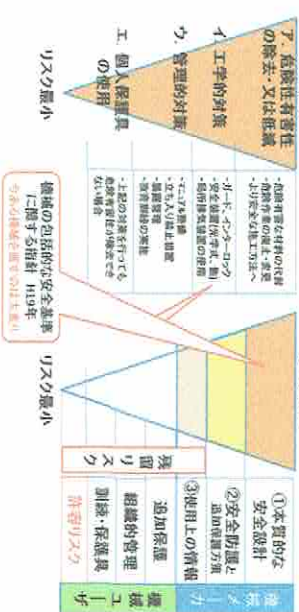


図10-10-1 光電スイッチの回路例 (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10) (11) (12) (13) (14) (15) (16) (17) (18) (19) (20) (21) (22) (23) (24) (25) (26) (27) (28) (29) (30) (31) (32) (33) (34) (35) (36) (37) (38) (39) (40) (41) (42) (43) (44) (45) (46) (47) (48) (49) (50) (51) (52) (53) (54) (55) (56) (57) (58) (59) (60) (61) (62) (63) (64) (65) (66) (67) (68) (69) (70) (71) (72) (73) (74) (75) (76) (77) (78) (79) (80) (81) (82) (83) (84) (85) (86) (87) (88) (89) (90) (91) (92) (93) (94) (95) (96) (97) (98) (99) (100)

## 8.(2) 設計の流れ

1. 依頼された、又は売れそうな機械を設計する時に、既存の技術と新工に開発する部分を明確にする。
2. その機械が、人や財産に危険を及ぼす事が無いが、過去の事例や原理から考え、機械製作前の構想及び図面から割程度出来た時点で危険源を見つけ出し対策を立てる。
3. 機械が出来て動作させ、危険を及ぼすところを見つけ出し、それを無くす又は低減できるようにする。
4. 危険が無くせないとこは、危険の表示やハード(機械やカバー等)ソフト(制御)の対策を行う。そのハードウェアや表示について取説へ記載する。
5. 数年後の保守情報としてそれらは非常に重要になる。

## 8.(5) 機械メーカー・ユーザー、危険源除去の役割

手で駆動させるものは除く

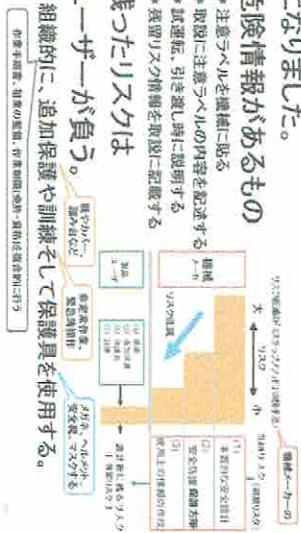
- 「機械に関する危険情報の通知」が努力義務になりました。

### 危険情報があるもの

- 注意ラベルを機械に貼る
- 取説に注意ラベルの内容を記載する
- 試運転、引き渡し時に説明する
- 残置リスク情報を取説に記載する

### 残ったリスクは

- ユーザーが負う。
- 組織的に、追加保護や訓練そして保護具を使用する。



## 8.(3) 取扱説明書 = 技術文書

要件・装置の搬入付け搬入、運転及び保守に必要な情報が使用者と合意した言語で分かること

- 情報提供 … 電源接続、回路図、運転順序、バックアップ、保守時期と手順、残置リスク
- 1. 据付け用文書 … 電源取入口と接続、作業スペース
- 2. 全体図及び機能線図
- 3. 回路図 … 展開接続図
- 4. 運転マニュアル … ボタンの効能、表示の状況
- 5. 保全マニュアル … 調整、検査、修理、安全防護の解除
- 6. 部品表 … 保守用部品が使用地域で購入できる

## 8.(5)b. 製造者の責任、安全な機械を造る

- 手や足が入らない、扱えない機械

- 危ないところには表示がある



設計途中に設計検証を行い、製造工程でも設計通りの性能・機能、安全性の確認をします。

## 8.(4) 取扱説明書の位置づけ

- リスクアセスメントの手法で、発見した危険源をリストにしてリスク評価を行います。高危険度なものから効果的に危険源を無くす、又は低減して行きます。
- 危険源が低減された状態とは、「危険はまだ有るが我慢できる」ことであり、その残った危険源は何かを明確にする手段は取扱説明書です。機械の危険表示について詳細に記載してある事が重要です。
- 制御を担当する私達は、機械を使う人に危険を及ぼさない様に機能を満足する動きを考えた「センサー回路」にしていく、重要な役割をもっています。
- 安全機能が有るから安心して機械を使う事が出来ます。

御清聴ありがとうございました。

質問をどうぞ



## 富山県 南砺市の紹介

<http://fabi-nanto.jp/>



「富山都市 観光」で検索



<http://www.fabih-nanto.jp/event/>

越前越前祭  
開催日  
10月1日 - 3日  
10月5日

井原おひやき  
開催日  
10月1日

越前白山祭  
開催日  
10月1日、2日

越前白山祭  
開催日  
10月1日、2日