

### 1. はじめに

従来の労働安全は「人」への教育に頼ってきて、それを改善する意味から、危害（事故）につながる危険状態のもう一つの構成要素である「危険源」を処理する事により、機械安全の概念と方法論が生まれた。

機械安全の基本は、複数の危険源を含み、人への危害を与える要因となる機械を「隔離の原則」及び動力を遮断する「停止の原則」による安全方策により、事故を減少させる事にある。

ところが、事故がおきるのは機械の自動運転中ではなく、大部分がその調整・試運転・清掃・保守作業等の非正常作業中である。同時に、これら作業の多くは電源が遮断された状態では達成困難という事になる。

又一方で機械の本来の目的は世の中で求められる製品を生産する事で、生産性及び稼働率が問われてくる。

現在、ドイツの Industry 4.0 をはじめとする今後のスマート・ファクトリーの実現が議論並びに部分的に実践され始めているが、この動向は機械の制御方法に多くの影響を与えてくる。

これらの観点から、機械安全をとりまく環境を俯瞰し、その中で安全な速度制限の役割を明確にする事が本稿の目的である。

### 2. 機械安全の第1段階

前述の「隔離の原則」及び「停止の原則」の主要点はISO 12100に述べられている。非正常作業で人が危険な機械と共存する場合は、自動・手動のモード切替やイネーブルスイッチを使用するホールド・ツウ・ラン等が定められている。

### 3. 機械安全の第2段階,ISO 14119 等

ドイツの職業保険組合(BG)が実施した安全装置の無効化に関する 2006 年の調査報告書によると、3 割以上の製造業者が生産目的を達成するため、定常的に安全装置を無効化しているという事が判明し、その改善方策が検討された。その中で、例えば「停止の原則」を実施する役割をになう安全インターロック装置に対し、新たな ISO 14119 で無効化対策が求められている。

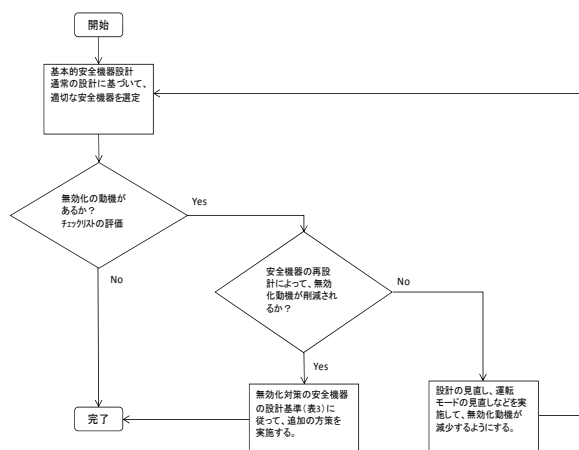


図1. 安全装置の無効化対策

タスク	運転モード1*	運転モード2*	運転モード3*	運転モード4*	無効化対策モードに際して、影響を受けるタスクはありますか？	設置・保守*	調整・修理・清掃*	迅速な修理*	大きいサイズの加工対象品などのフレキシビリティ*	高稼働*	設置し易さ*	調整し易さ*	少ない体の負担*	狭い作業空間*	動作の自由の大きさ*	動作の自動化の良さ*	...	
保全																		
プログラムテスト/テスト走行																		
据付/設定/改造/整備																		
加工																		
削りくず除去のための手動介入																		
加工対象物の手動交換																		
故障除去時の手動介入																		
テスト/ランダムなサンプルテスト																		
測定/精密設定時の手動介入																		
手動工具交換																		
保全																		
故障除去機械																		
削りくず除去などの洗浄																		

図2. 安全装置の無効化への同期分析



図3. インターロック装置の種類

単体の機械の場合は、個々に対応すれば良とされるが、複合機械・統合生産システム (ISO 16111:2007) の場合には、作業領域の区分けや運転モードの明確化といった追加的な方策が求められている。

ここでは、とりわけ複合生産システムのどの領域の電源遮断を行い、そこへの人の出入りの管理をロックアウトシステムにより如何に確実に実現できるかが問われてくる。そして、あくまでも全員退出の安全確認が行われた後で始めて機械を再起動する事とする。

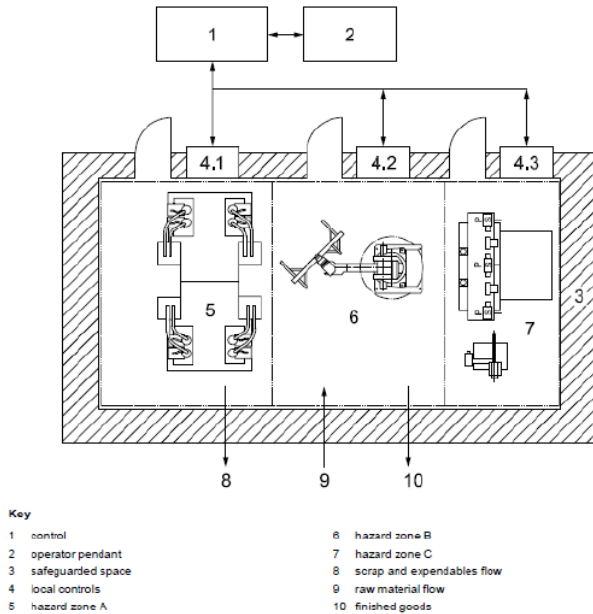


Figure 1 — Configuration of an IMS

図4. 典型的な複合生産システム

#### 4. 機械安全の第3段階,安全な速度監視等

非正常作業の実現は、従来通りの手動モードへの切替か、安全な速度監視により実現される。安全な速度監視の方法は、ソフトウェアの安全性に関する機能安全規格 IEC 61508 シリーズの一環として可変速駆動システムの安全要求事項 IEC 61800-5-2:2007 により規定されている。

従来のデジタル I/O 信号の処理による「停止の原則」とは異なり、速度のアナログ信号を扱い、安全な原則・安全な静止(IEC 60204-1 のストップ・カテゴリ 2),安全な停止,不意な起動の防止等の機能を備え、評価の結果は安全度水準(SIL: Safety Integrity Level) 1-2-3-(4)に分類される。

すなわち本規格は、従来危険源と人が同居する危険状態がベン図上安全へと反転するもので、従来の危険な作業が安全な作業へ転換されるという意味をもつ。

従来は、速度や位置情報を外付けセンサにて検知してきたが、安全な速度監視機能を有したサーボドライバを使用することにより、事前に AC サーボモータの基本機能である位置・速度情報を設定値と実際値の誤差により安全に制御する手法がとられる。その結果、外付けセンサは不要となる。又、これにより従来のハードワ

イヤリングによりコンタクタを切断する機能を、IGBT のパルスブロックにより実施或いは置換するため、停止並びに復帰時間が短縮され、生産性や稼働率の向上につながる可能性を含んでいる。

実際の適用例として、ISO 10218:2011 によるロボットのティーチング作業で定められた 250mm/s の安全な速度監視、バーチャルフェンスの設定によるロボットの暴走検知と安全制御、ISO 23125:2010 で定める主軸、50rpm 及びサーボ軸 200mm/min の移動の監視等が挙げられる。回転しながら出ないと達成できないロール機の清掃作業等が挙げられる。

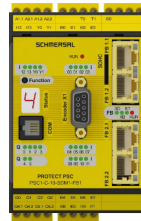


図5. 速度監視機能付き安全 PLC

SCHMERALSAL  
Safe solutions for your industry

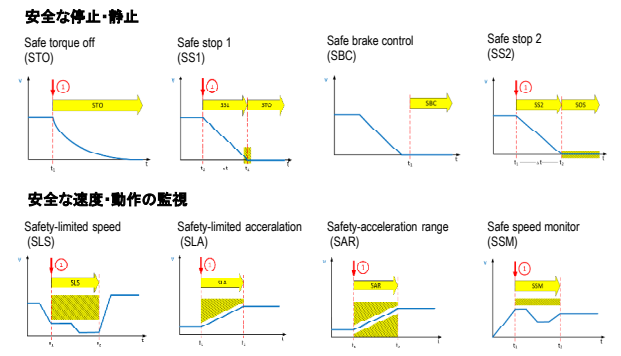


図6. IEC 61800-5-2 の安全な速度監視機能の一例

#### 5. おわりに

機能安全規格は、近年制御にコンピューターが多用される様になり、そこに安全性を盛り込んだものである。一つの基盤でも数年間の開発・認証期間と認証費用が発生する為、ハードルは高いが、量産を見込める制御製品では採算が合う場合も出てきている。

安全な速度監視機能により、従来であれば機械を停止してからしか許容されない機械と人の協同作業が、機械のエネルギーを抑えた本質安全設計と共に技術的に許容され、これにより生産性及び稼働率に好影響を与える要素がでて来ている。

今後ビッグデータを処理する、モノのインターネット (IoT: Internet of Things) が普及しスマート・ファクトリーと連動し実現化の方向へ向かうと、安全性並びにセキュリティは制御関連部の中に最初から組み込まれリアルタイムの通信により機械システムが稼働するという方向が打ち出されている。中長期的に、これらの課題をどう克服するかが問われてきている。