

2. スポット溶接用ロボットでのリスクアセスメント <設計製造時>

(機械器具製造業)

【事例の位置づけ】

この事例は、産業用ロボットメーカーの事例です。

一般にリスクアセスメントは危険源の同定から始まり、各危険源のリスク規模を判定し、一定レベル以上の規模のリスクに対しては安全対策を講じます。

この事例はC規格と言われる個別機械用の安全規則に従った事例です。従い、他の事例の様なリスクアセスメントの手順は踏んでいません。

(編者注)1. 国際規格ではA,B 規格に C 規格は優先する。

2. ユーザーからみると、産業用ロボットはシステムのコンポーネントとして扱われているようである。

1 事業場の概要

1.1 業種：

機械製造業

マシニング事業：切削工具、塑性加工工具、切断工具、精密金型、

工作機械、超精密加工機械、機械加工システム

ロボット事業：ロボットシステム、電子機器

機能部品事業：ベアリング、油圧機器、自動車部品、免震システム、

マテリアル事業：特殊鋼、工業炉、コーティング

*ロボット事業の売上げは全社売上げの10%程度

1.2 労働者数：

5400人（グループ全体）

社員は工場全体で約3000人、そのうちロボット製造部門250人～300人

2 設計製造時のリスクアセスメント取り組み状況（全体概要）

2.1 企業のリスクアセスメントへの取り組み方針、状況、背景等：

全社的な労働安全衛生への取組みは全社組織である「安全衛生環境室」が行うが、リスクアセスメントは全社的な取組みとしては行われていなく、「安全衛生環境室」でも扱っていない。

産業用ロボット設計製造時のリスクアセスメントはロボット部門が独自に行っている。ただし、リスクアセスメントを行う組織を有しているわけではなく、開発者自身が行っている。

2.2 リスクアセスメント手法の概要：

(1) リスクアセスメント手法の概要

産業用ロボットの設計段階ではリスクアセスメントを危険源の同定から始まるいわゆるリスクアセスメントの手順で実施するのではなく、産業用マニピュレーティングロボットの安全性（(JIS-B-8433-1993：ISO10218:1992)に基づき作成された、チェックリスト形式の設計検討書を用いて行われている。

チェック項目は多様な項目で構成されているが、安全に関する項目は「安全確認リスト及び表示ラベル一覧」としてまとめられている。

「安全確認リスト」には規格に従い、フェールセーフ、動力遮断装置、非常停止、入出力端子等のチェック項目が作られ、可・不可の判定が行われる。

一項目でも不可があれば設計は次工程に進まない。

表示ラベル一覧は機械の各方面から見た図面が示され、警告表示の添付位置が示されている。

したがって、以下の手順は行われていない、またはユーザー側で責任をもつ。

- ・機械の各種制限および“意図する使用”の明確化
- ・危険源および危険状態の特定
- ・特定した危険源および危険状態に対するリスクの見積り
- ・リスクの評価、リスク低減の必要性に関する検討

(2) リスクアセスメント結果の審査（審査責任者、承認者）

チェック結果履歴はデザインレビューのデータパッケージを構成し、設計部門の審査・承認の後デザインレビューの移行決裁の形で最終的には事業部長が決裁する。

(3) 記録及び保存

デザインレビューの記録は品質記録として管理される。

(4) リスク低減の妥当性確認

規格上の要求事項に対する妥当性確認は行っていない。

安全対策が適切に実施されているかどうかの適合性確認は「産業用ロボットの安全通則への適用確認」チェックリストで可と判定されればその対策は妥当であったと考えている。

* 資料 1 参照

(5) 残留リスクに関する通知と警告

残留リスクに対しては、産業用ロボットの安全通則（JIS-B-8433）に従い、警告マークや取扱説明書を通じてリスク情報を提供する。

(6) リスクアセスメント手法（手順書）を作る際に参考にした基準・規格類

自社独自のリスクアセスメント手法（手順）は定めておらず、産業用マニピュレーティングロボットの安全性（JIS-B-8433-1993：ISO10218:1992）及び以下を参考としている。

- ・ANSI/RIA R15.06-1999
- ・EN775-1992
- ・EN60204-1-1998

(7) このリスクアセスメント手法の範囲には、制御系のリスクアセスメント（JIS B 9705-制御システムの安全関連部）を含んでいるか？ また、安全性能カテゴリー選択をしているか？

安全性能カテゴリー選択を行っている。規定で定めているのではなく、社内設計標準に制御システムはカテゴリーⅢを使って設計するよう示されている。

3 具体的な機械設備のリスクアセスメント実施状況と実施内容

3.1 リスクアセスメント実施対象設備：

- (1) 対象機械設備の名称
スポット溶接用ロボット
- (2) 設備の機能概要と主な仕様
160kg 可搬可能な垂直多関節構造
- (3) 形態（単体機、複合設備、ライン設備等）
単体機



3.2 リスクアセスメントの実施時期

試作設計、試作評価段階

3.3 対象設備のリスクアセスメント

- (1) 具体的なリスクアセスメント実施手順

試作設計、試作評価段階及び開発完了の確認段階で同じ「産業用ロボットの安全通則への適用確認」チェックリストに基づく確認を行い、不可の項目があれば当該項目について再度社内設計標準に戻り、設計見直しを行う。

開発完了の確認段階では、上記に加え、安全に関する表示ラベルの貼付位置の確認を行う。

- (2) リスクの再評価の内容

対象機械に関しては、再設計や実施上問題になったことはなかったが、最終試作品では、挟まれ危険部分や熱を持つ部分の再確認と表示ラベルの添付実態を確認した。

3.4 リスクアセスメントに基づいた安全方策

- (1) 安全方策の具体的実施内容（技術的対策について）

制御不能や暴走時に可動部分の移動量が 250mm/sec を超えた場合、そのスピードを検知してロボットが停止する。

停止の方法はサーボロックで、モーターは待機状態になる。

(編者注) ロボットのユーザー側でも、人の接近時の可動部停止はサーボ停止である場合が圧倒的に多い。

- (2) 安全方策として実施されている制御システムが要求される安全性能カテゴリとなっているか、その検証の方法

全ての制御システムはカテゴリⅢのコンポーネントを使って設計するように社内設計準に示されているので、安全性能カテゴリとなっているかの検証は行っていない。

- (3) その実施に当たっての技術的及びコスト的な問題点と解決策

ユーザーから予算上などでカテゴリⅢを減じる要請が出ることがある。対応はしない。

3.5 使用上の情報の作成（残留リスクの処置）

（１）残留リスク情報の記録

全ての項目が「可」と評価された安全確認チェックリスト及び表示ラベル一覧がデザインレビューのデータパッケージの一部として保存される。

（２）使用上の情報の提供方法等

- ・ 機械自体に添付の表示ラベル
- ・ 取扱説明書の冒頭に安全を記載。別途、保守説明書も作成している。
- ・ ロボット操作教育で取扱者に安全上必要な事項を教育する。労働安全衛生法で必要とされる特別使用上の情報教育もここで行う。
- ・ 付加保護方策として、囲いの設置指示やロボットの動作領域内への立ち入りに対する安全方策の検討を教育や取扱説明書で指示する。

（３）その他、使用上の情報に関する問題点等

指示通りの囲いを設けていた設備で、作業員が囲い内部に落とした物を拾うため、脚立で囲い内部に侵入して、けがをした例があり、メーカーサイドからの使用上の情報や物理的対応指示だけでは災害を完全には防げない。

（編者注）通常、ロボットの使用方法（例えば、ガードの設計、教示方法）はユーザー側責任が多い。

4 リスクアセスメントの取り組みで顕在化した問題点とその解決策及び課題等 特にない。

5 これまでにユーザーから受けたフィードバック事項：

納入ロボットでの死亡災害事例は国内外ともに皆無である。

不具合があればユーザーと共同で調査し対応を検討する体制であるが、安全上の問題点の指摘は受けていない。

他の機種で回転幅の制御リミッターやストッパーを付けてほしいとの依頼のあった例があった。

（編者注）ただし、欧州向け製品の対象ユーザーは、日本進出企業である。

6 リスクアセスメントへの取り組みによって得られた効果

（１）有形効果：

特にない。

（２）無形効果：

特にない。

（３）その他、問題点など

安全方策が国際規格などで定められ、各社が同じような対策を講じているので特にない。

今後の課題として制御ソフトの安全化や制御システムの無線LAN化への対応がある。

現在ロボット手首関節運動にはソフトウェアリミットしかない等ソフトウェアの信頼性を課題としている。将来的には無線「非常停止」等の採用も考えられるだろう。

添付資料：資料1 産業用ロボットの安全通則への適用確認

産業用ロボットの安全通則への適用確認

JIS-B-8433 (1993年)

A: [基本事項]

1) フェールセーフの機能

項 目	関 連 項 目	確認
ロボットの誤動作	異常偏差ビット検出	OK
	異常偏差電圧検出	OK
	エンコーダのデータ変化量検出	OK
	端LS・アーム干渉LS	※1
電圧の変動または、停電したとき	電圧低下検出	OK
	停電検出	OK
人が危険域に侵入し、侵入を検知したとき	セーフティプラグ	OK
	外部低速再生機能	OK
	外部非常停止機能	OK
関連機器の異常を検知したとき	外部非常停止	OK
制御装置に異常が発生したとき	ウォッチドッグ回路(CPU異常監視)	OK
	アンプ系異常検出 過電流・過回転・過負荷・電 圧低下・ヒューズ切れ	OK
	サーマルトリップ	OK
	エンコーダ断線検出 その他	OK

注記) ※1: 走行軸のみ適用。ロボット本体は他メーカーも同様。

2) その他

項 目	関 連 項 目	確認
ロボット及び関連機器の異常によってロボットが停止した場合、それを外部に知らせる機能を備える	総合異常出力	OK
	非常停止出力	OK
	T/P表示	OK
動力遮断装置及び非常停止機能を備える	非常停止機能(動力遮断も含む)	OK
保全、点検、調整、清掃などの機能を確保できるか	セーフティプラグ	OK
危険領域で行われる教示作業などでは安全確保のため、ロボットを安全な動作速度に設定できる機能をもたせる。また、運転状態を教示の状態に切り替えた場合に、ロボットの動作速度が自動的に安全な速度に設定されること	低速モード	OK
	柵内作業モード	OK
ロボットの出力を調整できるものについては、運転状態を教示の状態に切り替えた場合に、当該出力が自動的に低下すること	低速モード	OK

産業用ロボットの安全通則への適用確認

項 目	関 連 項 目	確認
使用上必要な部分をのぞき、挟撃、せん断、巻き込み、引っかき、切れなどの危険部分が無いこと	カバー	OK
特殊環境下で使用するロボットはその環境に適応する材料、構造、機能をもたせる	防水、防滴構造	OK

B：[動力遮断装置]

項 目	関 連 項 目	確認
他の機器とは独立していること	運転準備入切シーケンス	OK
	非常停止機能	OK
	サーキットブレーカ	OK
接触、振動などのため不意に作動または復帰しないこと	運転準備入切シーケンス	OK
	非常停止機能	OK
作動した後、自動的に復帰せず、また、人が不用意に復帰させることができないこと。人が再起動操作をしなければ運転を開始しないこと	運転準備入切シーケンス	OK
	非常停止機能	OK
	サーキットブレーカ・サーマル	OK

C：[非常停止機能]

項 目	関 連 項 目	確認
人が非常停止押しボタンスイッチを操作したとき、ロボットを速やかに、かつ、確実に停止させる機能を持つこと。動力遮断装置を非常停止機能として用いる場合は、速やかに停止させるための措置（例えば、機械式ブレーキを併用する）を施すこと	モータ直結メカブレーキ	OK
非常停止押しボタンスイッチは赤色とすること。また作業者が容易に確認操作ができること。	キノコ型赤色非常停止押しボタンスイッチ	OK
作業者が作業位置を離れること無く、容易に操作できる位置に、押す、引っ張る、触れる、光線を遮るなどの動作によって非常停止させる装置をもうけること	外部非常停止機能	OK
作動した後、自動的に復帰せず、また、人が不用意に復帰させることができないこと。人が再起動操作をしなければ運転を開始しない	ロック式非常停止押しボタン	OK
	運転準備入切シーケンス	OK

産業用ロボットの安全通則への適用確認

D：[操作盤]

1) 共通事項

項 目	関 連 項 目	確認
押しボタンスイッチ、つまみなどの機能または用途は、作業者が明確に、また即座に識別できること (1) 電源の入・切 (2) 起動・停止 (3) 運転状態（自動、手動、教示、確認等）切替 (4) ロボットの動作速度の設定 (5) ロボットの作動 (6) 非常停止装置の作動	(1) サーキットブレーカ	OK
	(2) 起動・停止押しボタンスイッチ	OK
	(3) モード選択キースイッチ	OK
	(4) ティーチペンダントキー	OK
	(5) 起動中ランプ	OK
	(6) 非常停止ボタンのイメージ	OK
押し易い位置に非常停止押しボタンスイッチをもうけること	操作パネル ティーチペンダント	OK OK
二つ以上の操作盤を備えている場合は、それぞれの操作盤に非常停止押しボタンスイッチをもうけること	操作パネル ティーチペンダント	OK OK
非常停止押しボタンスイッチの周囲には、誤操作による危険が生じる恐れのある他のスイッチが備えられていないこと	操作パネル ティーチペンダント	OK OK
モード選択スイッチの操作によって、ロボットを教示モードに設定した場合、ロボットは自動的に安全な自動速度に設定されること	低速モード	OK
運転始動スイッチは、無意識始動の危険を最小にする構造とすること	ガイド付きボタンスイッチ	OK
手動操作により各関節を独立に動作させる機能をもうけること	手動動作キー（補間切り）	OK
安全停止回路が用意されているときには、安全防護装置及びインタロックをこの回路に接続できること	セーフティプラグ	OK
正しく結合しないと危険な動作を引き起こす可能性がある電気コネクタには、キー溝を設けるか又はラベルをはること	キー溝	OK
	ラベル貼付け	OK
外れたり壊れたりすると危険な動作を引き起こす可能性のあるコネクタは外れないこと	インシュロックによる固定	OK
	ロック機構付きコネクタ	OK
ペンダントで始動するロボットの動作は安全速度以内であること（安全速度250mm/s以内）	手動最高速度250mm/s	OK
運転モードの選択で安全防護装置を解除しているときは、自動運転（通常運転）ができないようにすること	自動・柵内切り換えキースイッチ	OK
	セーフティプラグ	OK

産業用ロボットの安全通則への適用確認

2) 固定型操作盤

項 目	関 連 項 目	確認
押しボタンスイッチ（非常停止押しボタンスイッチは除く）、つまみなどは、他者が不用意に動かすことができないように覆い等を備え、または埋頭型であること	運転準備入押しボタンスイッチ ----- 起動押しボタンスイッチ	OK OK
モード選択スイッチをもうけること。また手動で操作するモード選択スイッチの操作以外の方法でモードの選択、変更ができないこと。当該運転状態であることを示すことができるランプが備えられていること	モード選択キースイッチ ----- モード表示ランプ	OK OK
自動運転状態であることを示すことができるランプ等が備えられていること	起動中ランプ	OK
始動スイッチをもうけること。また始動スイッチの操作以外の方法でロボットの始動ができないこと	起動押しボタンスイッチ	OK
接地用端子がもうけられていること	アース端子	OK

3) 可搬型操作盤

項 目	関 連 項 目	確認
可搬型操作盤よりロボットを操作している間は、当該操作盤以外の機器よりロボットの操作ができないこと	教示モード ----- ティーチペンダント ----- 教示モードロック	OK OK OK
教示のための動作を行わせる押しボタンスイッチは、デッドマン機能を持つこと	デッドマンスイッチ	OK
可搬型操作盤に接続する移動電線は、その損傷による危険を防止するため必要な強度、対摩耗性を有すること	ティーチペンダントケーブル	OK

E : [入出力端子]

項 目	関 連 項 目	確認
何らかの異常による停止、非常停止機能による停止等、停止状態であることを表示させるための信号及び関連機器の運転を停止させるための信号を出力することができる端子を有すること	非常停止出力 ----- 総合異常出力 ----- 起動中出力	OK OK OK
関連機器異常時にロボットを停止させる信号入力端子	外部非常停止入力 ----- 外部停止入力	OK OK
非常停止機能を実現させるための信号入力端子	外部非常停止入力	OK

産業用ロボットの安全通則への適用確認

F : [機械的側面]

項 目	関 連 項 目	確認
ロボットには機械的ストッパを設けるなど、運動部分のオーバーランを防止する機能をもたせなければならない	メカストッパ	OK
機械的ストッパは十分な強度を有すること	メカストッパ	OK
危険を引き起こす電気機器、油圧機器などへの固定式カバー及びエンクロージャの使用	固定式カバー	OK
ロボットを安全に運搬することができるように、吊りボルト、フックなどを取付けれる構造であること	運搬治具付属（フォークリフト・フック対応）	OK
ロボットを確実に固定する方法を講じること	据え付けボルトによる固定	OK
蓄積エネルギー源には適切なラベルを付けること	バランス	OK
電氣的ストッパの作動回路は、ロボットのプログラムによる制御回路とは独立したものであること	端LSシーケンス	*2
ストッパ機能については作動により異常がないことを確認のこと	メカストッパ確認 (端LS動作)	OK

注記) *2: 走行軸のみ適用

項 目	関 連 項 目	確認
ロボットの取扱説明書には、少なくとも次の事項を含むこと (a) ロボットの型式 (b) ロボットの特長 (c) 物理的環境への要求 (d) 据付けの説明 (e) 以下の使用方法の説明 (1) 立上げ (2) プログラミング (3) 運転 (4) 再始動の手順 (5) 保守	操作・保守マニュアル記載	OK

