

US-OSHA（アメリカ合衆国労働省職業安全衛生局）のRobotics（ロボット工学）に関する資料について

2025 年 10 月作成

（タイトルページ）

本稿は、アメリカ合衆国労働省職業安全衛生局（Occupational Safety and Health Administration, Ministry of Labor, USA）が、その関連するウェブサイトで公開している Robotics（ロボット工学）に関する記事・論文の原則として全文（ただし、原典中の詳細な図や一部の表示が不鮮明な記述を除く。）について、「英語原文—日本語仮訳」の形式で紹介するものです。その内容は、別記した目次にあるとおり、産業用ロボットに関する包括的な記述を含んでおり、我が国にとって参考になるものであると判断して、この資料を作成しました。

○本稿の作成年月：2025 年 10 月

○本稿の作成者：中央労働災害防止協会技術支援部国際課

事項	英語原文	左欄の日本語仮訳
原典の名称	OSHA Technical Manual (OTM) Section IV: Chapter 4 Industrial Robot Systems and Industrial Robot System Safety	OSHA 技術マニュアル (OTM) セクション IV：第 4 章 産業用ロボットシステム及び産業用ロボットシステムの安全性
原典の所在	https://www.osha.gov/otm/section-4-safety-hazards/chapter-4	—

発行者	US-OSHA	アメリカ合衆国労働省職業安全衛生局
著作権について	Freedom of Information Act（情報の自由法）によって、自由に利用できます	—

OSHA Technical Manual (OTM) Section IV: Chapter 4	OSHA 技術マニュアル (OTM) セクション IV：第 4 章
Table of Contents: I. Introduction II. Basic Components of Industrial Robot Systems A. Manipulator B. Control System	目次： I. はじめに II. 産業用ロボットシステムの基本構成要素 A. マニピュレータ B. 制御システム

C. Teach Pendant	C. ティーチペンダント
D. End-Effector	D. エンドエフェクタ
III. Structure of Industrial Robots	III. 産業用ロボットの構造
A. Articulated Robots	A. 多関節ロボット
B. Selective Compliance Articulated Robot Arms	B. 選択的コンプライアンス多関節ロボットアーム
C. Cartesian Robots	C. 直交ロボット
D. Parallel Robots	D. パラレルロボット
IV. Collaborative, Non-Collaborative, and Mobile Industrial Robot Applications	IV. 協働型、非協働型、および移動型産業用ロボットの用途
A. Collaborative Industrial Robot Applications	A. 協働型産業用ロボットの用途
B. Non-Collaborative Industrial Robot Applications	B. 非協働型産業用ロボットの用途
C. Industrial Mobile Robots	C. 産業用移動ロボット
V. Hazards Associated with Industrial Robot Applications	V. 産業用ロボットの用途に関連する危険
A. Robot Application Hazards	A. ロボット用途の危険
B. Robot Application Hazards by Process	B. プロセス別のロボット用途の危険
C. Sources of Robot Application Hazards	C. ロボット用途の危険源
D. Accidents: Past Studies	D. 事故：過去の研究

VI. Safety Considerations for Employers and Workers A. Safety Considerations for Robot Manufacturers B. Safety Considerations for Robot System Integrators C. Safety Considerations for Robot System Operators and Maintenance Workers D. Safety Considerations during Planning of the Robot Application E. General Safety Requirements F. Additional Safety Requirements for Collaborative Robot Systems VII. Risk Assessments (RAs) 1. Robot Application RA General Process 2. Robot Application RA Additional Requirements 3. RA Implementation, Validation, and Review 4. VIII. Risk Reduction Measures A. Non-Collaborative Robot Application Risk Reduction B. Collaborative Robot Application Risk Reduction	VI. 雇用者と労働者の安全に関する考慮事項 A. ロボット製造業者の安全に関する考慮事項 B. ロボットシステムインテグレーターの安全に関する考慮事項 C. ロボットシステムのオペレーターとメンテナンス作業員の安全に関する考慮事項 D. ロボット用途の計画における安全に関する考慮事項 E. 一般的な安全要件 F. 協働型ロボットシステムの追加的な安全要件 VII. リスクアセスメント (RA) 1. ロボットアプリケーション RA の一般的なプロセス 2. ロボットアプリケーション RA の追加要件 3. RA の実施、検証、およびレビュー VIII. リスク軽減策 A. 非協働型ロボットアプリケーションのリスク軽減 B. 協働型ロボットアプリケーションのリスク軽減
--	--

IX. Applicable OSHA and Industry Standards Regarding Industrial Robot System Safety A. OSHA Standards B. ANSI, ANSI/RIA and RIA Standards C. ISO Standards D. AWS Standards X. Considerations for Evaluating Robotic Safety Systems XI. References List of Appendices Appendix 1 Glossary for Industrial Robot Systems and Applications Appendix 2 Example RA	IX. 産業用ロボットシステムの安全性に関する適用可能な OSHA および業界規格 A. OSHA 基準 B. ANSI、ANSI/RIA 及び RIA 基準 C. ISO 規格 D. AWS 規格 X. ロボット安全システムの評価に関する考慮事項 XI. 参考文献 付録一覧 付録 1 産業用ロボットシステムおよびアプリケーション用語集 付録 2 RA の例
---	---

I. Introduction This OSHA Technical Manual chapter is written to provide technical information to help to prepare OSHA compliance officers and others, who may be performing inspections and investigations at facilities with robot systems. This chapter is	I. はじめに OSHA 技術マニュアルの本章は、ロボットシステムを備えた施設で検査や調査を実施する OSHA コンプライアンス担当者やその他の関係者の準備に役立つ技術情報を提供するために書かれています。本章は、産業用途におけるロボットシステムのガイドとして作成されています。
---	--

intended as a guide to robot systems found in industrial applications. Industrial robots are used in place of a worker to perform dangerous or repetitive tasks with a high degree of accuracy.¹ An industrial robot system includes not only the industrial robot but also the end-effector attached to the robot manipulator; computers, processors, and programs (i.e., the control system); power sources; sensors; and, sequencing or monitoring communication interfaces (i.e., input/output devices). See the Basic Components of Industrial Robot Systems section of this chapter for more information about these parts. See Appendix 1 Glossary for Robots and Industrial Robot Systems for common acronyms and definitions used in the robotics industry. Industrial robot systems have many different uses such as for materials handling, assembly operations, arc and resistance welding, machine-tool loading and unloading functions, painting, spraying, inspecting, testing, packaging, labeling. The development and use of robot systems in industry continues to advance with more and more companies finding more and more uses. Advances in artificial intelligence² have also boosted the abilities and uses of robot systems, especially in industrial applications. The International Federation of Robotics (IFR) estimates that as of the end of 2018, there were more than 2 million robots in workplaces worldwide (more than 40,000 installed in 2018 in the United States alone), and the numbers continue to increase yearly (with an anticipated growth of 12 percent per year through 2022).³ As robot systems appear in more workplaces, more workers are exposed to them,	産業用ロボットは、作業員に代わって、危険な作業や反復作業を高い精度で実行するために使用されます。1 産業用ロボットシステムには、産業用ロボットだけでなく、ロボットマニピュレータに取り付けられたエンドエフェクタ、コンピュータ、プロセッサ、プログラム（制御システム）、電源、センサー、そしてシーケンス制御又はまた監視用の通信インターフェース（入出力デバイス）が含まれます。 これらの部品の詳細については、本章の「産業用ロボットシステムの基本コンポーネント」セクションを参照してください。ロボット業界でよく使用される頭字語と定義については、付録 1「ロボット及び産業用ロボットシステムの用語集」を参照してください。 産業用ロボットシステムは、材料搬送、組立作業、アーク溶接及び抵抗溶接、工作機械のローディング・アンローディング機能、塗装、スプレー塗装、検査、試験、梱包、ラベル貼付等、多岐にわたる用途に使用されています。産業界におけるロボットシステムの開発と利用は、ますます多くの企業が新たな用途を見出す中で、進歩を続けています。 人工知能（AI）の進歩も、特に産業用途において、ロボットシステムの能力と利用を拡大させています。 国際ロボット連盟（IFR）は、2018 年末の時点で、世界中の職場に 200 万台以上のロボットが存在し（米国だけで 2018 年に 4 万台以上が設置された）、その数は毎年増加し続けている（2022 年まで毎年 12% の成長が見込まれている）と推定しています。3
--	---

including in industries that historically have not used robot systems, but where technological advancements have introduced such systems (e.g. restaurants/food services, agriculture, and delivery services). This chapter is not an all-inclusive document. Robot systems other than those discussed in this chapter may be found during inspections. In those cases, and when questions arise, consult with the area office, regional office, or national office for assistance. The OSHA Health Response Team (HRT) at Directorate of Technical Support and Emergency Management's Salt Lake Technical Center is also available as needed.	ロボット システムがより多くの職場で見られるようになると、従来はロボット システムを使用していなかったが、技術の進歩によりそのようなシステムが導入された業界（レストラン/食品サービス、農業、配送サービスなど）を含め、より多くの労働者がロボット システムにさらされることになります。 この章は、すべてを網羅した文書ではありません。この章で説明されている以外のロボット システムが、検査中に発見される場合があります。その場合や疑問が生じた場合は、エリア オフィス、地域オフィス、または全国オフィスにご相談ください。 必要に応じて、技術サポート及び緊急管理局のソルトレイク テクニカル センターにある OSHA 健康対応チーム (HRT) も利用できます。
II. Basic Components of Industrial Robot Systems Industrial robot systems have four major components: A. Manipulator B. Control system, or robot controller (includes interfaces for communication and input/output (I/O); power is supplied to the controller) C. Teach pendant D. When an end-effector (such as a gripper, etc.) is added to the industrial robot, the result is an industrial robot system (Figure IV-1).	II. 産業用ロボットシステムの基本コンポーネント 産業用ロボットシステムは、4つの主要コンポーネントで構成されています。 A. マニピュレータ B. 制御システム又はロボットコントローラ（通信及び入出力（I/O）インターフェースを含む。電源はコントローラに供給される。） C. ティーチペンダント D. 産業用ロボットにエンドエフェクタ（グリッパ等）を追加すると、産業用ロボットシステムとなります（図 IV-1）。

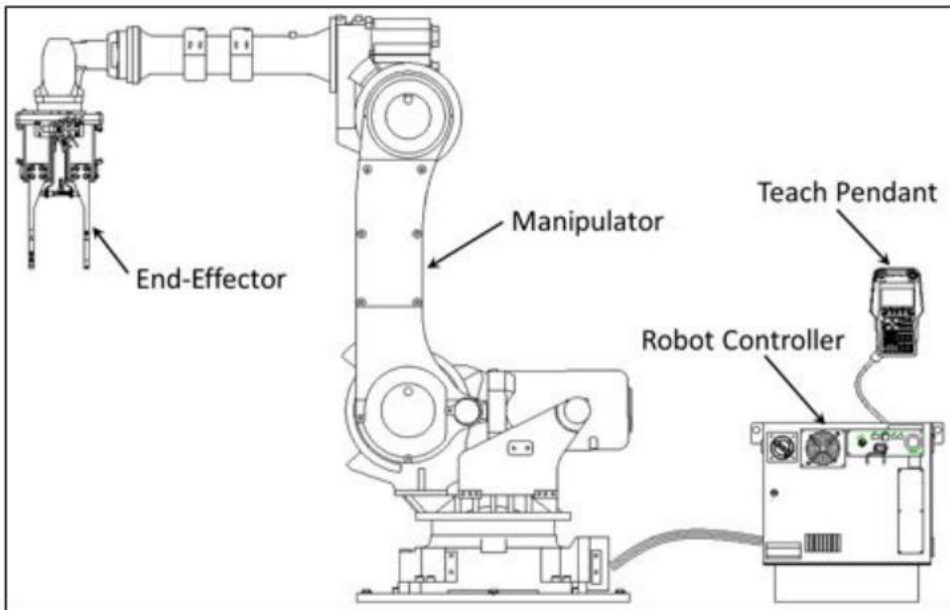


Figure IV-1. Industrial Robot System: Major Components (Source: OSHA/ NIOSH/ RIA Alliance)

The industrial robot system is then typically integrated with additional equipment, such as conveyors, elevators, worktables (with clamps – manual or automated), process equipment (e.g., welding, cutting, assembly, inspection) and

(資料作成者注：左欄の図中にある「英語－日本語仮訳」は、次のとおりです)。

End-Effector	末端操作機能装置
Manipulator	マニピュレータ
Robot Controller	ロボット制御装置
Teach Pendant	操作指示ペンダント

Figure IV-1. Industrial Robot System: Major Components (Source: OSHA/ NIOSH/ RIA Alliance)	図 IV-1. 産業用ロボットシステム：主要コンポーネント（出典：OSHA/NIOSH/RIA 同盟（アライアンス））
---	---

産業用ロボットシステムは通常、コンベア、エレベーター、作業台（クランプ付き - 手動又は自動）、プロセス機器（溶接、切断、組み立て、検査等）、その他の機械等の追加機器と統合され、産業用ロボット アプリケーションを構成しま

other machines to comprise an industrial robot application. A. Manipulator The robot's physical structure is essentially the manipulator. This manipulator is comprised of a structural frame with provisions for supporting mechanical linkage and joints, guides, actuators (linear or rotary), control valves, sensors, and communications within the manipulator. The physical dimensions, reach, and payload (weight carrying ability) depend on robot model and application. The application requirements determine the needed specifications. These specifications can introduce hazards to workers who may be integrating, operating, and/or maintaining the robot application. See the <i>Hazards Associated with Industrial Robot Applications</i> section of this chapter for more about these hazards. B. Control System Industrial robot control systems, or robot controllers, consist of several parts, including a power source, sensors, input signals from the sensors to a computer or microprocessor (wired or wireless), programming functions, and output command signals back from the computer or microprocessor to the manipulator and/or end-effectors (wired or wireless). 1. Power Sources Energy is provided to various robot sensors, actuators, and their controllers as electrical, pneumatic, or hydraulic power. These power sources can be hazardous	す。 A. マニピュレータ ロボットの物理的構造は、本質的にマニピュレータです。このマニピュレータは、機械的なリンク機構とジョイント、ガイド、アクチュエータ（直線又は回転）、制御バルブ、センサー、そしてマニピュレータ内部の通信機構を支えるための構造フレームで構成されています。物理的寸法、リーチ、ペイロード（可搬重量）は、ロボットのモデルと用途によって異なります。用途要件によって必要な仕様が決まります。これらの仕様は、ロボットアプリケーションの統合、操作、及び／又は保守を行う作業者に危険をもたらす可能性があります。これらの危険の詳細については、本章の「産業用ロボットアプリケーションに関連する危険」セクションを参照してください。 B. 制御システム 産業用ロボット制御システム（ロボットコントローラ）は、電源、センサー、センサーからコンピュータまたはマイクロプロセッサ（有線または無線）への入力信号、プログラミング機能、コンピュータまたはマイクロプロセッサからマニピュレータおよび／またはエンドエフェクタ（有線または無線）への出力コマンド信号など、複数の部品で構成されています。 1. 動力源 様々なロボットセンサー、アクチュエータ及びそれらのコントローラには、電気、空気圧又は油圧の形でエネルギーが供給されます。これらの動力源は、供
---	---

to workers depending on the energy infeed(s) and/or the resulting energy produced (e.g. motion, stored energy). Hazardous energy can exist in internal components such as capacitors, springs, pressurized cylinders, and other energy sources. See the <i>Hazards Associated with Industrial Robot Applications</i> section of this chapter for more about these hazards. The robot's drives are usually electrically powered. Selection of the robot system is usually based upon application requirements. For example, pneumatic power (typically 80-90 psi air) is often used for end-effectors, and hydraulic power can be used for associated processes. Consideration should be given to potential hazards of fires from leaks if flammable materials are used as the hydraulic fluid. Electrically-powered robots are by far the most prevalent in industry. Either AC or DC electrical power can be used to supply energy to electromechanical drives, sensors, and the robot's respective control systems. Electrical motion control is superior compared to pneumatic and hydraulic. In an emergency, an electrically-powered robot can be stopped or powered down more safely and faster than those powered pneumatically or hydraulically. 2. Sensors Sensors are used in robot systems to sense the location of mechanical portions of the manipulator and/or the end-effector, as well as to sense the location of objects exterior to the robot. Advancements in robot systems and in artificial intelligence would not be possible without advancements in sensor technology. Types of	給されるエネルギーや生成されるエネルギー（例：動作、蓄積エネルギー）によっては、作業員にとって危険な場合があります。危険なエネルギーは、コンデンサ、バネ、加圧シリンダー、その他のエネルギー源等の内部部品に存在する可能性があります。これらの危険性の詳細については、本章の「産業用ロボットの用途に伴う危険性」セクションを参照してください。 ロボットの駆動装置は通常、電気で駆動されます。ロボットシステムの選択は、通常、用途要件に基づいて行われます。例えば、エンドエフェクタには空気圧（通常 80～90psi の空気圧）がよく使用され、関連プロセスには油圧が使用される場合があります。作動油として可燃性物質を使用する場合は、漏れによる火災の潜在的な危険性を考慮する必要があります。 現在、産業界では電気駆動ロボットが最も普及しています。電気機械駆動装置、センサー、そしてロボットの各制御システムへの電力供給には、交流又は直流の電力を使用できます。電気による動作制御は、空気圧や油圧による制御よりも優れています。緊急時には、電気駆動のロボットは、空気圧や油圧駆動のロボットよりも安全かつ迅速に停止または電源を切ることができます。 2. センサー ロボットシステムでは、センサーはマニピュレータやエンドエフェクタの機械部分の位置を検知するだけでなく、ロボット外部の物体の位置を検知するために使用されます。ロボットシステム及び人工知能の進歩は、センサー技術の進歩なしには実現できません。利用可能なセンサーの種類には、以下のものがあります（ただし、これらに限定されません）。
---	---

sensors available include (but are not limited to): ▪ <i>Contact sensors</i>, which require physical contact against an object. These include limit switches, button switches, bumper switches, touch sensors, etc. These sensors are easily implemented but require physical contact to actuate. ▪ <i>Light sensors</i>, which detect changes in light. These sensors include photovoltaic sensors and photoresistor sensors. ▪ <i>Optical sensors</i>, which are camera-based. ▪ <i>Ultrasonic sensors</i>, which emit ultrasonic pulses, that when contacting an object, bounce the signal back to the sensor. ▪ <i>Proximity sensors</i>, which can detect an object within a given distance. This functionality can be provided by light sensors, ultrasonic sensors, capacitive sensors, inductive (magnetic) sensors, etc. These sensors will only actuate when an object is sensed within a predetermined distance. ▪ <i>Distance sensors</i>, which can measure the distance the sensor is away from an object. This technology is similar to proximity sensors, but rather than actuating only when an object is within a certain distance, these provide an output of the distance an object is from the sensor. These include	● 接触センサー：物体との物理的な接触が必要です。これには、リミットスイッチ、ボタンスイッチ、バンパースイッチ、タッチセンサーなどがあります。これらのセンサーは簡単に実装できますが、作動させるには物理的な接触が必要です。 ● 光センサー：光の変化を検出します。これらのセンサーには、光起電力センサーやフォトレジスタセンサーなどがあります。 ● 光学センサー：カメラベースです。 ● 超音波センサー：物体に接触すると超音波パルスを送り、その信号をセンサーに反射させます。 ● 近接センサー：一定距離内の物体を検出できます。この機能は、光センサー、超音波センサー、静電容量センサー、誘導（磁気）センサーなどによって提供できます。これらのセンサーは、物体が所定の距離以内にあると検知された場合にのみ作動します。 ● 距離センサー：センサーと物体の距離を測定できます。この技術は近接センサーに似ていますが、物体が一定の距離以内にある場合にのみ作動するのではなく、物体とセンサーの距離を出力します。これには、レーザー距離センサー、光センサー、超音波センサーなどがあります。
---	--

laser range sensors, light sensors, ultrasonic sensors. ▪ <i>Tilt sensors</i>, which measure the tilt of the robot, end-effector, or object. ▪ <i>Navigation sensors</i>, which can detect the location of the robot, end-effector, or object by use of a GPS or other localization technology. ▪ <i>Motion sensors (encoders, resolvers)</i>, which detect the motion of the robot or object. ▪ <i>Other sensors</i>. Sensors to detect pressure, temperature, acceleration, gyro, inertial measurement, humidity, or gas. Sensors or sensor circuits that malfunction can create additional hazards to workers during interventions to correct or replace parts. Therefore, sensors need to be properly selected for the environment (long, reliable life) and be properly and routinely maintained. See the <i>Hazards Associated with Industrial Robot Applications</i> section of this chapter for more about these hazards. 3. Computers and Microprocessors Either computers or embedded microprocessors are used for control of industrial robot systems. These perform the required computational functions as well as interface with and control associated sensors, end-effectors, and other associated peripheral equipment (robot, system, and application). The control system performs the necessary sequencing and memory functions for on-line sensing and	● 傾斜センサー：ロボット、エンドエフェクタ又は物体の傾きを測定します。 ● ナビゲーションセンサー：GPS 等の位置特定技術を使用して、ロボット、エンドエフェクタ又は物体の位置を検出できます。 ● モーションセンサー（エンコーダ、レゾルバ）：ロボット又は物体の動きを検出します。 ● その他のセンサー：圧力、温度、加速度、ジャイロ、慣性測定、湿度、またはガスを検出するセンサー。 センサーやセンサー回路の故障は、部品の修理や交換等の作業中に作業員にさらなる危険をもたらす可能性があります。そのため、センサーは環境に適した適切な製品（長く信頼性の高い寿命）を選択し、適切かつ定期的にメンテナンスを行う必要があります。これらの危険の詳細については、本章の「産業用ロボットの用途に関連する危険」セクションを参照してください。 3. コンピュータ及びマイクロプロセッサ 産業用ロボットシステムの制御には、コンピュータ又は組み込みマイクロプロセッサが使用されます。これらは、必要な計算機能を実行するだけでなく、関連するセンサー、エンドエフェクタ、その他の周辺機器（ロボット、システム、アプリケーション）とのインターフェース及び制御も行います。制御システムは、オンラインセンシングや他の機器との統合に必要なシーケンス制御及びメモリ機能を実行します。コントローラのプログラミングは、オンラインで
--	---

integration of other equipment. Programming of the controllers can be done on-line or optionally at remote off-line control stations. Self-diagnostic capability for troubleshooting and maintenance greatly reduces robot system downtime. Some robot controllers have sufficient capacity, in terms of computational ability, memory capacity, and input-output capability to serve also as application controllers and may handle other machines and processes. Programming of robot controllers and systems has not been standardized by the robotics industry, and manufacturers often use their own proprietary programming languages or techniques, which can require special training of the workers. Advancements in artificial intelligence also make it possible for robot systems to adjust or change programming functions based on sensory input changes. These advancements are helping workers and industries in many ways, but can also introduce additional hazards that need to be recognized and addressed. See the <i>Hazards Associated with Industrial Robot Applications</i> section of the chapter for more about these hazards. C. Teach Pendant Most robot systems are set up for application by programming using a teach pendant (a portable control device) while in manual mode. In manual mode, a trained worker (programmer) typically uses a teach pendant to teach a robot its task(s) manually. During the manual mode of operation, the programmer	行うことも、オプションでリモートのオフライン制御ステーションで行うこともできます。 トラブルシューティング及びメンテナンスのための自己診断機能により、ロボットシステムのダウンタイムが大幅に短縮されます。一部のロボットコントローラは、計算能力、メモリ容量、入出力能力の点で十分な能力を備えており、アプリケーションコントローラとしても機能し、他の機械やプロセスを処理できます。ロボットコントローラとシステムのプログラミングは、ロボット業界によって標準化されておらず、メーカーは独自のプログラミング言語や手法を使用することが多く、作業員に特別なトレーニングが必要になる場合があります。 人工知能の進歩により、ロボットシステムは感覚入力の変化に基づいてプログラミング機能を調整又は変更することが可能になりました。 これらの進歩は、労働者や産業に様々な形で貢献していますが、同時に認識し対処する必要がある新たな危険も生み出す可能性があります。これらの危険性の詳細については、この章の「産業用ロボットのアプリケーションに関連する危険性」セクションを参照してください。 C. ティーチペンダント(操作指示ツール) ほとんどのロボットシステムは、手動モードでティーチペンダント（携帯型制御装置）を用いてプログラミングを行うことで、アプリケーションへの適用が開始されます。手動モードでは、通常、訓練を受けた作業者（プログラマー）がティーチペンダントを用いてロボットに手動でタスクをティーチングします。 手動モードでの動作中、ティーチングを行うプログラマーは、ロボットと関連
--	---

performing the teaching must have control of the robot and associated equipment and should be familiar with the operations to be programmed, system interfacing, and control functions of the robot system, application, and other equipment. When systems and/or applications are large and complex, it could be possible to improperly activate functions. Since the programmer doing the teaching can be within the restricted space, such mistakes can result in injuries. See the <i>Hazards Associated with Industrial Robot Applications</i> section of the chapter for more about the hazards. D. End-effectors End-effectors are sometimes referred to as End-of-Arm Tooling (EOAT). Many industrial robot systems use robots that can be equipped with different end-effectors as required for the application. Common end-effectors include grippers, pickers, welding torches, cutting and trimming tools, material removal tools, drilling tools, collision sensors, force-torque sensors, inspection equipment, cameras, and adhesive dispensers. Hundreds of end-effectors are available on the market. As with other components of the robot system, end-effectors can introduce hazards to workers. See the <i>Hazards Associated with Industrial Robot Applications</i> section of the chapter for more about these hazards.	機器を制御し、プログラムする操作、システムインターフェース、ロボットシステム、アプリケーション、その他の機器の制御機能に精通している必要があります。システムやアプリケーションが大規模で複雑な場合、機能を誤って起動してしまう可能性があります。ティーチングを行うプログラマーは限られたスペース内にいる可能性があるため、このようなミスは怪我につながる可能性があります。 危険性の詳細については、本章の「産業用ロボットアプリケーションに関連する危険性」セクションを参照してください。 D. エンドエフェクタ エンドエフェクタは、エンドオブアームツール（EOAT）と呼ばれることもあります。多くの産業用ロボットシステムでは、用途に応じて様々なエンドエフェクタを装備できるロボットが使用されています。一般的なエンドエフェクタには、グリッパ、ピッカー、溶接トーチ、切断・トリミングツール、材料除去ツール、掘削ツール、衝突センサー、力・トルクセンサー、検査装置、カメラ、接着剤ディスペンサー等があります。 市場には数百種類のエンドエフェクタが販売されています。ロボットシステムの他のコンポーネントと同様に、エンドエフェクタは作業者に危険をもたらす可能性があります。これらの危険の詳細については、本章の「産業用ロボットアプリケーションに関連する危険」セクションを参照してください。
---	---

III. Structure of Industrial Robots Industrial robots are available in a wide range of sizes, shapes, and structures for use in different systems and applications. They can also have different numbers of axes or degrees of freedom. These factors influence their working space (i.e., the volume of working or reaching space). Four typical robot structures are shown in Figure IV-2 and discussed below. A. Articulating Robots Articulated robots are robots with at least three rotary joints. The number of joints on the robot determines its range of motion, which in most cases is relatively free motion. These robots can reach any point in their working space, very similar to the motion of a worker's arm. These can be designed to handle light to heavy loads in industrial applications. B. SCARA Robots Selective Compliance Assembly, or Articulated, Robot Arm (SCARA) robots include two parallel rotary joints to provide compliance in a plane. That is, the arms are flexible in the XY axis, but are rigid in the Z-axis. These robots are typically used in assembly operations. C. Cartesian Robots	III . 産業用ロボットの構造 産業用ロボットは、様々なシステムや用途に対応するため、幅広いサイズ、形状及び構造のものが提供されています。また、軸数や自由度も異なります。これらの要因は、ロボットの作業空間（すなわち、作業空間または到達空間の容積）に影響を与えます。図 IV-2 に 4 つの典型的なロボット構造を示し、以下でそれらについて説明します。 A. 多関節ロボット 多関節ロボットは、少なくとも 3 つの回転関節を持つロボットです。ロボットの関節の数によって可動範囲が決まりますが、ほとんどの場合、比較的自由的な動きが可能です。これらのロボットは、作業者の腕の動きと非常によく似ており、作業空間内のあらゆる場所に到達できます。産業用途において、軽荷重から重荷重まで対応できるように設計できます。 B. スカラロボット 選択的コンプライアンス組立ロボット（SCARA）又は多関節ロボットアーム（SCARA）は、平面内でのコンプライアンスを確保するために 2 つの平行回転関節を備えています。つまり、アームは XY 軸方向には柔軟ですが、Z 軸方向は固定されています。これらのロボットは、主に組立作業に使用されます。 C. 直交ロボット
---	--

Cartesian robots are designed with joints and axes that allow the robot to operate in a Cartesian coordinate system (i.e., either two or three dimensional movement). These are also known as linear robots, XYZ robots, or gantry-style robots. They have a rigid structure that can carry heavy loads and include pick and place, loading and unloading, material handling, plotting, molding, and 3D printing. D. Parallel Robots Parallel robots are designed with chains, cables, rods, or other strands that connect to a single point or tool. Each chain, cable, rod, or strand is controlled separately. These robots can be used in a variety of applications including very high-speed pick and place, assembly, platform movements, etc.	直交ロボットは、直交座標系（2次元又は3次元）で動作できる関節と軸を備えています。リニアロボット、XYZ ロボット、ガントリー型ロボットとも呼ばれます。重い荷物を運ぶことができる堅牢な構造を備えており、ピックアンドプレース、ローディング・アンローディング、マテリアルハンドリング、プロットティング、成形、3D プリンティング等の用途に使用できます。 D. パラレルロボット パラレルロボットは、チェーン、ケーブル、ロッド、その他のストランドが単一のポイント又はツールに接続されるように設計されています。各チェーン、ケーブル、ロッド、ストランドは個別に制御されます。これらのロボットは、超高速ピックアンドプレース、組み立て、プラットフォーム移動等、さまざまな用途に使用できます。
--	--

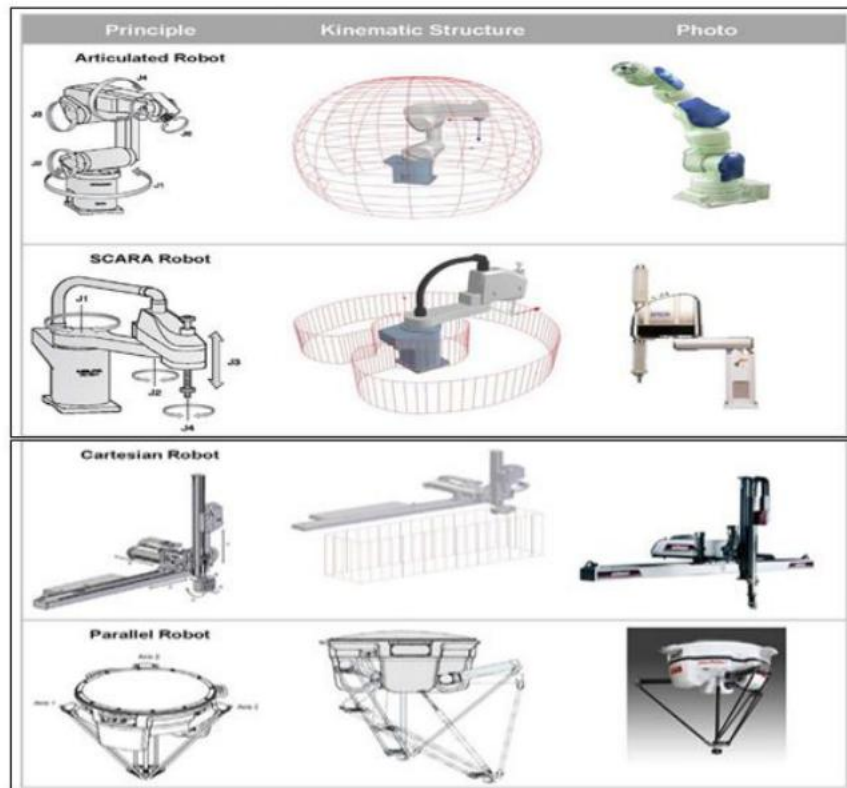


Figure IV-2. Robot Structures (Source: OSHA)

(図IV-2 ロボットの構造、OSHA)

IV. Collaborative, Non-Collaborative, and Mobile Industrial Robot Applications

Industrial robot systems and applications are further divided into collaborative and

IV. 協働型、非協働型及び移動型産業用ロボットアプリケーション

産業用ロボットシステムとアプリケーションは、作業者とのインターフェース

non-collaborative, based on the degree of interfacing capability with workers. A relatively new type of industrial robot is the mobile robot, which can navigate throughout the workplace. A. Collaborative Industrial Robot Applications Collaborative industrial robot applications,⁴ are those that are designed for direct interaction with workers.⁵ Although other definitions are found, which define robot applications that interact with other robots as collaborative, this chapter uses the definition that requires direct interaction with workers. Applications where robots interact with other robots are included in the non-collaborative group of industrial robot applications. B. Non-Collaborative Industrial Robot Application Non-collaborative industrial robot applications include all other types and structures of robots used in industry. They are designed without the need for direct interaction with workers and are typically separated from workers by means of traditional machine safeguarding. C. Industrial Mobile Robots Industrial Mobile Robots (IMRs) are introduced here because they can be either collaborative or non-collaborative. IMRs can navigate autonomously within their	能力の程度に基づいて、協働型と非協働型の 2 つに分類されます。比較的新しいタイプの産業用ロボットとして、作業場内を移動できる移動ロボットがあります。 A. 協働型産業用ロボットアプリケーション 協働型産業用ロボットアプリケーション 4 は、作業者と直接やりとりするために設計されたものです 5。他のロボットとやりとりするロボットアプリケーションを協働型と定義する他の定義もありますが、本章では、作業者との直接的なやりとりを必要とする定義を使用します。ロボットが他のロボットとやりとりするアプリケーションは、産業用ロボットアプリケーションの非協働型グループに含まれます。 B. 非協働型産業用ロボットアプリケーション 非協働型産業用ロボットアプリケーションには、産業界で使用されているその他のすべての種類および構造のロボットが含まれます。これらは作業者との直接的なインタラクションを必要としない設計になっており、通常は従来の機械安全装置によって作業者から隔離されています。 C. 産業用移動ロボット 産業用移動ロボット（IMR）は、協調型と非協調型の 2 種類があるため、ここで紹介します。産業用移動ロボットは動作環境内を自律的に移動して指定された場所に到達し、輸送作業を自動化するように設計されています。産業用移動
---	--

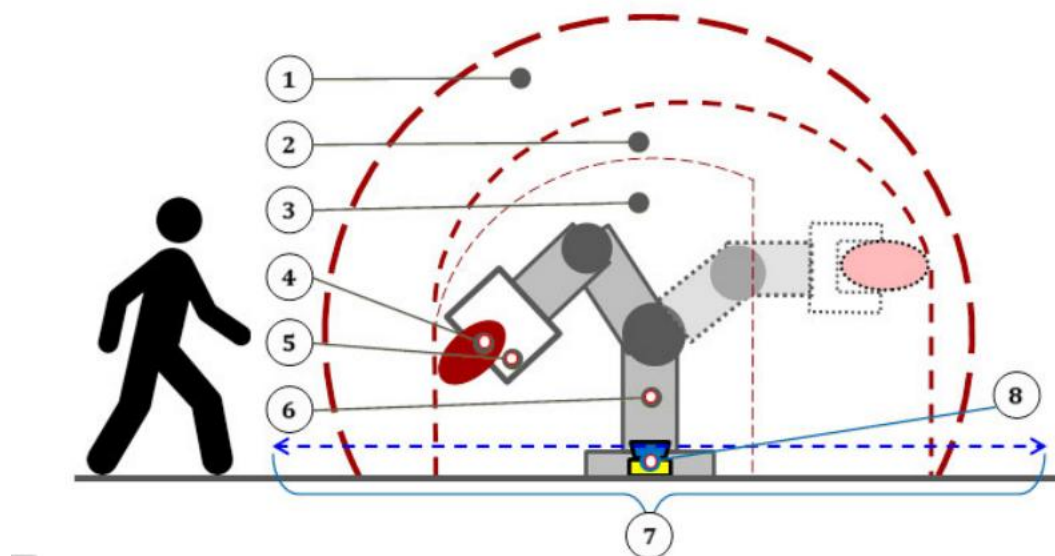
operating environment to reach specified locations, and are designed to automate transport tasks. They are integrated with other technologies that identify obstacles that can hinder their trajectory, and can use obstacle avoidance and/or collision avoidance to prevent possible impacts. In contrast with an industrial truck, an IMR is not intended for a seated or standing driver and does not transport drivers or passengers. Industrial robot systems can be mounted to an IMR, enabling a manipulator-based robot system that is mobile and capable of moving from one application (or use) to another. IMRs can be used as single units or in IMR fleets.	ロボットは、移動を妨げる可能性のある障害物を識別し、障害物回避や衝突回避を用いて衝突の可能性を回避する他の技術と統合されています。 産業用トラックとは異なり、産業用移動ロボットは運転者が着席又は立位で移動することを想定しておらず、運転者や乗客を輸送することはありません。 産業用ロボットシステムを産業用移動ロボットに搭載することで、マニピュレータベースのロボットシステムを移動可能にし、ある用途（又は使用方法）から別の用途（または使用方法）へと移動させることができます。 産業用移動ロボットは、単体ユニットとして、または産業用移動ロボット群として使用できます。
V. Hazards Associated with Industrial Robot Applications The hazards associated with industrial robot systems are best categorized based on the industrial robot system's application, or the application for which it was designed, as well with the stage of the robot application. A. Robot Application Hazards Hazards can be grouped into the following major types: ▪ Impact, Collision, or other "Struck-by/Caught-between" Hazards Unpredicted or unexpected movements, component malfunctions, or unexpected program changes related to the robot manipulator, end-effector, or peripheral	V. 産業用ロボットの用途に関連する危険性 産業用ロボットシステムに関連する危険性は、産業用ロボットシステムの用途又はそれが設計された用途、そしてロボットの用途の段階に基づいて分類するのが最適です。 A. ロボット適用時の危険性 危険性は、主に以下の種類に分類できます。 ● 衝撃、衝突、その他の「挟まれ・打撲」による危険性 ロボットマニピュレータ、エンドエフェクタ又は周辺機器に関連する予期せぬ動き、部品の故障若しくは予期せぬプログラム変更は、接触傷害を引き起こす

equipment can result in contact injuries. An IMR could also drive into a worker, similar to struck-by/caught-between hazards posed by vehicles. ▪ Crushing and Trapping Hazards Similar to above, a worker's limb or other body part can be trapped within or between a robot, end-effector, or workpiece and another robot, or other peripheral equipment, resulting in potential crushing injuries. ▪ Struck-by Projectiles Hazards Similar to above, the breakdown of the end-effector, workpiece, peripheral equipment, or its power source is a mechanical failure. Parts release, gripper mechanism failure, or end-effector power tool failure (e.g., grinding wheels, buffing wheels, deburring tools, power screwdrivers, and nut runners) are also sources for mechanical failure hazards and injuries. Breakdown or fatigue failure of the robot manipulator is unlikely when the robot is maintained and used within its specifications. ▪ Electrical Hazards A robot system's power supply and cords can present arc flash, shock, fire, and/or other electrical hazards and injuries. ▪ Hydraulic Hazards Ruptured hydraulic lines can create dangerous high-pressure cutting streams and injury hazards from whipping hoses. Ruptures or leaks can also result in fires or	可能性があります。車両による挟まれ・打撲の危険性と同様に、IMR（衝突・打撲・打撲）が作業員に衝突する可能性もあります。 ● 挟まれ・打撲の危険性 上記と同様に、作業員の手足やその他の身体の一部が、ロボット、エンドエフェクタ又はワークピースと他のロボット若しくはその他の周辺機器との間に挟まれ、挟まれて圧挫傷害を引き起こす可能性があります。 ● 飛来物による危険性 上記と同様に、エンドエフェクタ、ワークピース、周辺機器又はその電源の故障は、機械的な故障です。部品の外れ、グripper機構の故障又はエンドエフェクタ電動工具（例：研削ホイール、パフホイール、バリ取り工具、電動ドライバー、ナットランナー）の故障も、機械故障による危険や怪我の原因となります。 ロボットが仕様範囲内で保守・使用されている場合、ロボットマニピュレータの故障や疲労破損は起こりにくいと考えられます。 ● 電氣的危険 ロボットシステムの電源とコードは、アークフラッシュ、感電、火災、その他の電氣的危険や怪我を引き起こす可能性があります。 ● 油圧危険 油圧ラインが破裂すると、危険な高圧切断水流が発生し、ホースが激しく揺れて怪我をする危険性があります。また、流体が可燃性、毒性、その他の危険な物質である場合、破裂や漏れは火災や作業員の被ばくにつながる可能性があります。
---	--

worker exposures if the fluids are flammable, toxic, or otherwise hazardous. Ruptured or leaking hydraulic lines can also result in pressure losses that could result in struck-by or crushing hazards if, for example, an arm drops on a worker. ▪ Pneumatic Hazards Ruptured pneumatic lines can create injury hazards from whipping hoses. ▪ Slipping, Tripping, and Falling Hazards Slipping, tripping and falling hazards and injuries are common in almost any workplace. Spills or leaks can result in slipping hazards. Equipment, power cables, and hoses can present tripping and falling hazards. General housekeeping is an element that should be maintained in all workplaces. ▪ Environmental Hazards Hazards of the environment in which the robot application is operating such as, but not limited to: exposure to chemicals (including fumes, such as from welding), heat, hot surfaces, dust, overhead hazards, equipment orientation hazards, radiation or other potentially hazardous light, sparks, and noise. B. Robot Application Hazards by Process The hazards of industrial robot applications can occur during any of the stages or processes associated with the typical lifecycle. 0. Manufacturing the Robot Systems and Applications	油圧ラインの破裂又は漏れは圧力損失を引き起こし、例えば作業員の腕が落ちた場合などに、衝突や押しつぶしの危険につながる可能性があります。 ● 空気圧危険 空気圧ラインが破裂すると、ホースが激しく揺れて怪我をする危険性があります。 ● 滑り、つまずき及び転倒の危険 滑り、つまずき及び転倒の危険や怪我は、ほとんどすべての職場でよく見られます。こぼれや漏れは滑りの危険につながる可能性があります。機器、電源ケーブル、ホース等は、つまずきや転倒の危険をもたらす可能性があります。あらゆる職場において、日常的な清掃は維持すべき要素です。 ● 環境危険性 ロボットアプリケーションが動作する環境の危険性には、化学物質へのばく露（溶接等の煙を含む。）、熱、高温の表面、ほこり、頭上の危険、機器の向きの危険、放射線又はその他の潜在的に危険な光、火花、騒音等（ただしこれらに限定されない。）が含まれます。 B. プロセス別のロボットアプリケーションの危険性 産業用ロボットアプリケーションの危険性は、典型的なライフサイクルに関連するどの段階又はプロセスでも発生する可能性があります。 0. ロボットシステム及びアプリケーションの製造 ロボットシステムに使用される個々の部品の製造に伴う危険性は、それぞれの
--	---

The hazards associated with the manufacturing of individual parts for use in robot systems are specific to those industries. It is typically during the assembly, installation, and testing of the robot applications where many of the above listed hazards are introduced. The following hazards must be considered: ▪ <i>Impact, struck-by and caught between hazards, or struck-by projectiles hazards.</i> Assembly, installation, and testing are where workers are first exposed to the robot application. These stages are when errors in design, assembly, and installation will present themselves. ▪ <i>Electrical, hydraulic, or pneumatic hazards.</i> Assembly and installation can also result in termination or connection errors that may not be discovered until the initial testing. ▪ Other listed hazards are also possible depending on where and how the assembly, installation, and testing are being performed. 1. Integrating Robot Applications The total functionality of the robot application often cannot be fully completed until the robot system is integrated for use in company facilities. The completed robot application should include any end-effectors, sensors, safeguarding, control equipment, or other fixtures needed for the robot application to perform its intended task(s). Some robot manufacturers and some users (employers) also act	業界に特有のものです。通常、上記の危険性の多くは、ロボットアプリケーションの組み立て、設置、およびテストの段階で発生します。以下の危険性を考慮する必要があります。 ● 衝撃、挟まれ、衝突又は飛来物の衝突による危険性。組み立て、設置及びテストは、作業員がロボットアプリケーションに初めて触れる段階です。これらの段階で、設計、組み立て及び設置におけるエラーが顕在化します。 ● 電気、油圧又は空気圧の危険性。組み立てと設置は、初期テストまで発見されない可能性のある終端または接続エラーにつながることもあります。 ● 組み立て、設置及びテストの実施場所と方法によっては、上記のその他の危険性も発生する可能性があります。 1. ロボットアプリケーションの統合 ロボットアプリケーション全体の機能は、ロボットシステムが企業施設での使用に向けて統合されるまで、完全には完成しないことがよくあります。完成したロボットアプリケーションには、ロボットアプリケーションが意図されたタスクを実行するために必要なエンドエフェクタ、センサー、安全装置、制御装置、その他の固定具が含まれている必要があります。一部のロボットメーカーやユーザー（使用者）は、特定のアプリケーション向けにロボット統合を提供
---	---

as the integrator of their robots by providing robot integration for specific applications. This is often the first place where human interaction occurs in accordance with the robot's application. As a result, any of the hazards listed above are possible during the final assembly and integration process, and all must be considered. 2. Operating and Maintaining Robot Applications The operational characteristics of robot applications can be significantly different from other machines and equipment. Robots are capable of high-energy (fast and/or powerful) movements through a large volume of space beyond the base dimensions of the robot (see Figure IV-3). However, even low-energy robots that look harmless (i.e., robots with payloads as low as 6-1/2 pounds or 3 kilograms) can be used in very dangerous applications. The pattern and initiation of movement of the robot application is predictable if the item(s) being worked and the environment are held constant. However, it is typical for application programs to be complex with some movements or actions happening infrequently, such that they might be unexpected. Also, any change to the object being worked (i.e., a physical model change) or the environment can affect the movements and activities.	することで、自社のロボットインテグレーターとしての役割を果たしています。 これは、ロボットのアプリケーションに応じて、人間とのやり取りが最初に発生する場所となることがよくあります。そのため、最終的な組み立て及び統合プロセスでは、上記に挙げた危険のいずれかが発生する可能性があります、すべてを考慮する必要があります。 2. ロボットアプリケーションの操作と保守 ロボットアプリケーションの動作特性は、他の機械や装置とは大きく異なる場合があります。ロボットは、ロボットの基本寸法を超える広い空間を、高エネルギー（高速及び／又は強力）で移動することができます（図 IV-3 参照）。しかし、一見無害に見える低エネルギーロボット（例えば、積載量が 3 キログラム程度のロボット）であっても、非常に危険な用途で使われる可能性があります。 作業対象物及び環境が一定であれば、ロボットアプリケーションの動作パターンと開始タイミングは予測可能です。しかし、アプリケーションプログラムは複雑で、動作や動作がまれにしか発生しないため、予期せぬ動作が発生することがよくあります。また、作業対象物（例えば、物理モデルの変更）や環境の変化も、動作や動作に影響を与える可能性があります。
---	--



Key:

- | | |
|--------------------|--------------------------------|
| 1 maximum space | 5 end-effector |
| 2 restricted space | 6 manipulator |
| 3 operating space | 7 safeguarded space |
| 4 <u>workpiece</u> | 8 protective device or barrier |

Figure IV-3. Robot Application Spaces (Source: Robotics Industries Association, RIA)

図 IV-3. ロボット応用分野（出典：ロボット産業協会、RIA）

(上記図中にある 1 ～ 8 までの対訳)

1	maximum space	1 最大空間
2	restricted space	2 制限空間
3	operating space	3 動作空間
4	workpiece	4 ワークピース
5	end-effector	5 エンドエフェクタ
6	manipulator	6 マニピュレータ
7	safeguarded space	7 安全保護空間
8	protective device or barrier	8 保護装置又はバリア

As discussed above, collaborative robot applications are specifically designed for direct interaction with workers, which can increase the hazards and risks to workers involved with the specific application task(s). Some workers (i.e., programmers, operators, maintenance) can be required to be within the restricted space while power is available to actuators, valves, sensors, end-effectors, or other energy sources. The restricted space of one robot	前述のように、協働ロボットアプリケーションは作業員との直接的なインタラクションを目的として特別に設計されているため、特定のアプリケーションタスクに従事する作業員への危険やリスクが増大する可能性があります。 一部の作業員（プログラマー、オペレーター、メンテナンス担当者等）は、アクチュエーター、バルブ、センサー、エンドエフェクター、その他のエネルギー源に電力が供給されている間、制限空間内に留まらなければならない場合が
--	--

application can also overlap a portion of the restricted space of other robot applications, or work zones of other industrial machines and related equipment. Thus, a worker can be hit by one robot system or workpiece while working on another, trapped between them or peripheral equipment, or hit by flying objects (projectiles) released by an end-effector or other materials. A robot application of two or more programs can have the current operating program calling another existing program with different operating parameters such as velocity, acceleration, deceleration, or position within the robot's restricted space. This occurrence might not be expected by workers performing other functions within the robot's restricted space. Although robot applications are equipped with safety functions that monitor and/or limit robot capabilities such as speed, position, acceleration, etc., a component malfunction could cause an unexpected movement and/or robot velocity change. Additional hazards can also result from the malfunction of, or errors in, interfacing or programming of other process or peripheral equipment. The operating changes with the process being performed or the breakdown of conveyors, clamping mechanisms, or process sensors could cause reactions that are unexpected, even if everything is working as designed and validated. A. Sources of Robot Application Hazards The list below describes some common source(s) of hazards, of which some or all	あります。また、あるロボットアプリケーションの制限空間が、他のロボットアプリケーションの制限空間の一部又は他の産業機械や関連機器の作業領域と重なる場合もあります。そのため、作業員は、あるロボットシステムやワークピースで作業中に別のロボットシステムやワークピースにぶつかったり、それらや周辺機器の間に挟まれたり、エンドエフェクターやその他の物体から放出された飛翔体（発射物）にぶつかったりする可能性があります。 2 つ以上のプログラムで構成されるロボットアプリケーションでは、現在動作中のプログラムが、速度、加速度、減速度、ロボットの制限空間内の位置等、異なる動作パラメータを持つ別の既存プログラムを呼び出す場合があります。このような状況は、ロボットの制限空間内で他の機能を実行している作業員には予期されない可能性があります。 ロボットアプリケーションには、速度、位置、加速度等のロボットの機能を監視又は制限する安全機能が装備されていますが、コンポーネントの故障により、予期せぬ動作やロボットの速度変化が発生する可能性があります。 他のプロセス機器や周辺機器のインターフェースやプログラミングの故障又はエラーによっても、さらなる危険が生じる可能性があります。実行中のプロセスの動作変化又はコンベア、クランプ機構、プロセスセンサーの故障は、すべてが設計通りに動作し検証済みであっても、予期せぬ反応を引き起こす可能性があります。 A. ロボットアプリケーションにおける危険性 以下に挙げるリストは、一般的な危険性の一部またはすべてについて説明しています。これらの危険性の一部又はすべては、ロボット及びロボットアプリケ
---	--

can be addressed by the proper design, testing, integration, operation, and maintenance of the robot and the robot application. 0. Human Errors of Integration and/or Programming A common misunderstanding with the robot is "direction of movement". The worker could be looking at the robot and tell it to move left but it moves right from the perspective of the worker. This situation is because the robot pose could be different from the worker's perspective of the pose, e.g. robot mounted overhead. Existing programming, interfacing peripheral equipment, or processing of live inputs-outputs by the robot controller or a peripheral controller can cause dangerous, unpredicted movement or action. The incorrect activation of the teach pendant or control panel is a frequent worker error. The most common problem, however, is over familiarity with the application so that a worker places themselves in a hazardous position while programming, integrating, troubleshooting, or performing maintenance. 1. Control Errors Faults within the control system of the robot application, errors in software, electromagnetic interference, and/or radio frequency interference are control errors or faults. In addition, these can occur due to faults in the hydraulic, pneumatic, or electrical sub-controls associated with the robot, robot system, or application. While current robot systems are designed to minimize faults and to tolerate	ーションの適切な設計、テスト、統合、運用及び保守によって対処できます。 0. 統合及び／又はプログラミングにおけるヒューマンエラー ロボットに関するよくある誤解は、「移動方向」に関するものです。作業者はロボットを見て左に移動するように指示しても、作業者から見るとロボットは右に移動することがあります。これは、ロボットの姿勢が作業者から見た姿勢と異なる場合（例えば、ロボットが頭上に設置されている場合）に発生します。 既存のプログラミング、周辺機器とのインターフェース、あるいはロボットコントローラや周辺機器コントローラによるリアルタイムの入出力処理は、予期せぬ危険な動作や動作を引き起こす可能性があります。ティーチペンダントやコントロールパネルの誤操作は、作業者にとってよくあるミスです。 しかし、最も一般的な問題は、アプリケーションに慣れすぎて、プログラミング、統合、トラブルシューティング又はメンテナンス中に作業者が危険な状況に陥ってしまうことです。 1. 制御エラー ロボットアプリケーションの制御システム内の障害、ソフトウェアのエラー、電磁干渉及び／又は無線周波数干渉は、制御エラー又は障害です。さらに、ロボット、ロボットシステム又はアプリケーションに関連する油圧、空気圧若しくは電気サブコントロールの障害によっても発生する可能性があります。 現在のロボットシステムは、障害を最小限に抑え、干渉を許容するように設計
---	---

interference, it can happen. For safety-related parts of the control system, which include all safety functions, there are more stringent requirements for design, implementation, and testing such that these attributes are assured to the extent of the functional safety performance. 2. Unauthorized Access Entry into the restricted space is hazardous because the worker involved may not be familiar with the hazards, the safeguards in place, or their activation status. 3. Mechanical Failures Operating programs do not account for cumulative mechanical part failure, resulting in potentially faulty or unexpected operation occurring. Inspection and maintenance activities should be performed in accordance with the manufacturer's requirements and in accordance with industrial standards. 4. Time Pressure Often employers and sometimes the workers themselves can impose pressure to resume operations as soon as possible. When workers feel rushed to resume operations as quickly as possible, critical safety functions can be overlooked, maintenance steps can be missed, shutdown and/or startup steps can be neglected, the position of other workers can be unnoticed, and other critical steps could be overlooked resulting in hazards and injuries. 5. Environmental Sources	されていますが、干渉が発生する可能性はあります。すべての安全機能を含む制御システムの安全関連部分については、これらの属性が機能安全性能の範囲内で保証されるように、設計、実装及びテストに関してより厳格な要件が課せられています。 2. 不正アクセス 立ち入り禁止区域への立ち入りは危険です。なぜなら、作業員が危険、設置されている安全対策又はそれらの作動状態を熟知していない可能性があるからです。 3. 機械の故障 運用プログラムは機械部品の累積的な故障を想定しておらず、その結果、不具合や予期せぬ動作が発生する可能性があります。検査及び保守作業は、製造元の要件及び業界規格に従って実施する必要があります。 4. 時間的重圧 使用者、そして時には労働者自身も、できるだけ早く業務を再開するよう重圧をかけることがあります。労働者ができるだけ早く業務を再開させなければならないと焦ると、重要な安全機能の見落とし、保守手順の省略、シャットダウン及び／又は起動手順の無視、他の労働者の位置の把握不足、その他の重要な手順の見落としなどが発生し、結果として危険や怪我につながる可能性があります。 5. 環境要因
---	--

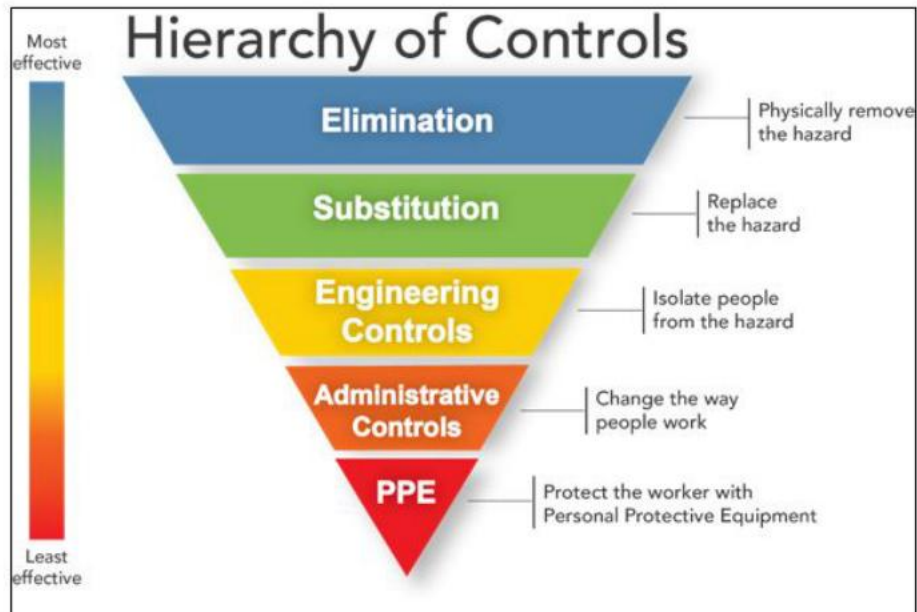
Exposure to water, heat, dust, combustible or flammable atmospheres, and/or other environmental sources in the area can adversely affect robot operation or result in failure of the robot application. If not designed for the environment, a robot's exposure to these sources can result in electrical shock, fire, or explosion, and can increase the potential for injury to workers in the area. Electromagnetic or radio-frequency interference (transient signals) should be considered to exert an undesirable influence on robot operation and increase the potential for injury to any workers in the area. Solutions to environmental hazards should be documented prior to equipment start-up. Current designs should also be sufficiently robust, and consider that the environment can introduce unique and/or extreme conditions on occasion. 6. Power System Failures or Malfunctions Pneumatic, hydraulic, or electrical power sources that have malfunctioning control or transmission elements in the robot power system can disrupt electrical signals to the control and/or power source lines. Fire risks are increased by electrical overloads or by use of flammable hydraulic oil. Electric shock and release of stored energy from accumulating devices can also be hazardous to workers. 7. Improper Assembly and Installation The design requirements, and layout of equipment, utilities, and facilities of a robot application, if inadequately done per applicable safety codes and standards, can lead to hazards and injuries.	水、熱、粉じん、可燃性又は引火性雰囲気及び／又は作業区域内のその他の環境要因へのばく露は、ロボットの動作に悪影響を与えたり、ロボットアプリケーションの故障につながる可能性があります。ロボットがこれらの環境向けに設計されていない場合、これらの要因にばく露されると、感電、火災又は爆発が発生し、作業区域内の作業員が負傷する可能性が高まります。 電磁干渉又は無線周波数干渉（過渡信号）は、ロボットの動作に望ましくない影響を与え、作業区域内の作業員が負傷する可能性を高める可能性があることを考慮する必要があります。機器の起動前に、環境要因への対策を文書化する必要があります。 また、現在の設計は十分に堅牢であり、環境が時折、特異な条件や極端な条件をもたらす可能性があることを考慮する必要があります。 6. 電力システムの故障又は不具合 ロボット電源システム内の制御要素又は伝送要素に不具合のある空気圧、油圧又は電力源は、制御線及び／又は電源線への電気信号を妨害する可能性があります。過負荷又は可燃性作動油の使用は、火災の危険性を高めます。感電や蓄電装置からの蓄積エネルギーの放出も、作業員にとって危険となる可能性があります。 7. 不適切な組立及び設置 ロボットアプリケーションの設計要件、機器、ユーティリティ及び施設の配置が、適用される安全規格および基準に適切に従わなかった場合、危険や怪我につながる可能性があります。
--	---

B. Accidents: Past Studies Studies in Sweden and Japan indicated that many robot accidents do not occur under normal operating conditions, but instead during assembly, installation, and testing where workers are first exposed to the robot application. These stages are when errors in design, assembly, and installation will present themselves – during initial programming (and program touch-up or refinement) and maintenance (repair, testing, setup, or adjustment).⁶ During many of these activities, the workers can be within the robot application's reach, as well as within hazard zones of other machines and/or components. Examples of accidents have included the following: 0. A robot application functioned as integrated, but the motion was unexpected during a programming sequence and struck a worker. Possible causes: ▪ The worker did not know the program or expected motions of the program. ▪ The application did not have pre-determined task locations for programming such that the worker was positioned with poor visibility. ▪ The worker did not have a teach pendant with an enabling device while programming.	B. 事故：過去の研究 スウェーデンと日本での研究では、多くのロボット事故は通常の動作条件下では発生せず、作業者がロボットアプリケーションに初めて触れる組立、設置及び試験段階で発生することが示されています。 これらの段階では、設計、組立及び設置におけるエラーが顕在化します。初期プログラミング（及びプログラムの修正や改良）とメンテナンス（修理、試験、セットアップ又は調整）の段階です。⁶ これらの作業の多くにおいて、作業者はロボットアプリケーションの手の届く範囲だけでなく、他の機械や部品の危険区域内にいる可能性があります。 事故の例としては、以下のものがあります。 0. ロボットアプリケーションは統合された状態で機能していましたが、プログラミングシーケンス中に予期しない動きが起こり、作業者に衝突しました。 考えられる原因： ● 作業者がプログラム又はプログラムの想定される動作を把握していなかった。 ● アプリケーションにプログラミングのための作業場所が事前に設定されていなかったため、作業者の視界が悪い場所にいた。 ● 作業者がプログラミング中に、有効化デバイス付きのティーチペンダントを持っていなかった。
---	---

1 A worker entered a restricted space during automatic operation of a material handling and robot application. The worker was pinned between the back end of the manipulator and a post (called a "safety pole" in the report). Possible causes: ▪ Inadequate perimeter guarding such that a worker could enter the safeguarded space and not cause a protective stop. ▪ The "safety pole" was not well positioned and introduced a crushing hazard. 1. A fellow worker accidentally tripped the power switch while another maintenance worker was servicing an assembly robot. The manipulator struck the maintenance worker's hand. Possible causes: ▪ Lockout/tagout was not applied or was not properly applied, which would have prevented repowering the assembly robot. ▪ The application did not meet applicable electrical safety standards because turning on power is not to cause operation or movement of the robot application. ▪ The power switch accessibility (location and ease of	1. 作業員がマテリアルハンドリング及びロボットアプリケーションの自動運転中に、制限区域に進入した。作業員はマニピュレータの後端と支柱（報告書では「安全ポール」と呼称）の間に挟まれた。 考えられる原因： ● 周囲の防護が不十分で、作業員が安全保護区域に進入しても保護停止が作動しなかった。 ● 「安全ポール」の設置が適切でなく、挟まれる危険があった。 1. 保守作業員が組立ロボットのメンテナンス作業中に、同僚が誤って電源スイッチをトリップさせた。マニピュレータが保守作業員の手に当たった。 考えられる原因： ● 電源遮断/警告表示が適用されていなかった、または適切に適用されていなかったため、組立ロボットへの再電源投入が不可能でした。 ● 電源投入によってロボットアプリケーションが動作または移動することはないため、アプリケーションは適用される電気安全基準を満たしていませんでした。 ● 電源スイッチへのアクセス性（位置と電源状態の変更の容易さ）が不適切でした。
---	---

changing power state) was inappropriate. 2. A service company worker cleaned the optical surface of a photobeam reflector (sensor) while in automatic mode. Once cleaned, the sensor provided a signal for the robot system to resume the programmed path in auto mode, and the worker was struck. Possible causes: ▪ There is no servicing allowed during automatic operation unless there is safeguarding that will prevent operation or cause a stop (and not allow restart). ▪ Insufficient safeguarding was provided. ▪ Lockout/tagout was not considered for the operation.	2 サービス会社の作業員が、自動モード中にフォトビームリフレクタ（センサー）の光学面を清掃しました。清掃後、センサーはロボットシステムに自動モードでプログラムされた経路を再開するように信号を送り、作業員が衝突しました。 考えられる原因： ● 自動運転中は、運転を阻止または停止させる（再起動は許可しない）安全装置が設置されていない限り、保守作業は許可されません。 ● 安全装置が不十分でした。 ● 操作において電源遮断/警告表示が考慮されていませんでした。
---	---

VI. Safety Considerations for Employers and Workers In order to protect workers involved in robotic industries, employers should implement a safeguarding strategy as follows, using a hierarchy of controls (Figure IV-4).	VI. 使用者と労働者との安全に関する考慮事項 ロボット産業に従事する労働者を保護するために、使用者は、管理の階層を用いて、以下の安全保護戦略を実施する必要があります（図 IV-4）
--	--



効果大



効果小

Hierarchy of Controls		制御の階層
		除去—有害要因を物理的に除去する。
		置換—有害要因を置換する。

		工学的管理—有害要因から人々を隔離する。
		管理的制御—作業者の作業方法を変更する。
		個人用保護具で、人々を守る。
Figure IV-4: Hierarchy of Controls (Source: NIOSH)		図 IV-4: 制御の階層（出典：NIOSH）

It should be noted that the term, "hierarchy of controls" is not used in current robot system/application industry standards. Instead of the hierarchy above, a "3-step approach" is used as outlined in Figure IV-5. With this 3-Step process, the safeguarding requirements are placed primarily on the machine manufacturer and the robot application integrator (see Designer Impact and Integrator Impact in the figure), and finally on the employer (see User, i.e. employer, Impact in the figure).	「管理の階層」という用語は、現在のロボットシステム／アプリケーションの業界標準では使用されていないことに注意が必要です。上記の階層の代わりに、図 IV-5 に示す「3 段階アプローチ」が使用されています。 この 3 段階プロセスでは、安全保護要件は主に機械メーカーとロボットアプリケーションのインテグレーター（図中の「設計者への影響」と「インテグレーターへの影響」を参照）に課され、最後に使用者（図中の「ユーザー、すなわち使用者への影響」を参照）に課されます。
---	--



Figure IV-5: Hierarchy of Controls 3-Step Method (Source: RIA)

図 IV-5: 制御の階層 3 ステップ法 (出典 : RIA)

図 IV-5 の日本語仮訳

(左欄)

Designer Impact	設計者の影響
-----------------	--------

Integrator Impact	組み合わせの影響
User Impact	ユーザーの影響

1	Inherently Safe Design Measures	Elimination Substitution Limit interaction	設計による本質安全	除去 置換 相互作用の削減
2	Safeguarding and Complementary Protective Measures	Safeguards & if applicable, Safety-Related Parts of the Control System (SRP/CS) e.g. safety functions Complementary Protective Measures • Emergency stop devices and functions • Platforms and guard railing (fall prevention) & safe access – building codes & standards can apply • Measures for escape & rescue of people, isolation & energy dissipation, handling heavy parts	セーフガード及び補足的防護対策	セーフガード及び適用された場合における制御システムの安全性関連部品 補足的防護手段 ● 緊急停止装置及び機能 ● プラットフォーム及び防護手すり（墜落防止）並びに安全通路—建築規制及び基準が適用可能 ● 人々の避難及び救急、隔離等（左欄の英語原文の一部は翻訳不能）
3	Information for Use	Warnings & Awareness Means Administrative Controls Personal Protective Equipment	使用上の情報	警戒表示及び認識手段 管理的対策 個人用保護具

While administrative controls and PPE are listed as least effective in the two hierarchy of controls figures above (Figures IV-4 and IV-5), there can be situations where they are effective and best to use (e.g., for thermal hazards and protective gear). The above User (employer) requirements include the typical requirements for all machinery in workplaces, including: 1. Organizational measures (e.g. administrative controls) ▪ Safe working procedures ▪ Supervision ▪ Permit-to-work systems 2. Provision and use of additional administrative safeguards 3. Use of PPE 4. Training A. Safety Considerations for Robot Manufacturers Employers and the workers involved in developing robots should understand, design, and implement robot applications that comply with applicable safety regulations and standards. The safety standard for robots is Part-1 and Part-2 of American National Standards Institute (ANSI)/Robotic Industries Association (RIA) R15.06-2012, <i>Industrial Robots and Robot Systems – Safety Consideration</i>. Among other things, ANSI/RIA R15.06-2012 requires that relevant, safe operating and maintenance information be provided with the robot (Part 1) and	上記の2つの管理階層図（図 IV-4 および IV-5）では、管理的管理と PPE は最も効果が低いとされていますが、状況によっては効果的で、最適な使用方法となる場合もあります（例：熱による危険や保護具など）。上記のユーザー（雇用主）要件には、職場におけるすべての機械に対する一般的な要件が含まれており、以下が含まれます。 1. 組織的措置（例：管理的制御） ● 安全作業手順 ● 監督 ● 作業許可システム 2. 追加の管理的安全対策の提供と使用 3. PPE の使用 4. トレーニング A. ロボット製造業者のための安全上の考慮事項 ロボット開発に関わる使用者及び労働者は、適用される安全規制及び規格に準拠したロボットアプリケーションを理解、設計及び実施する必要があります。ロボットの安全規格は、米国規格協会（ANSI）/ロボット工業会（RIA）R15.06-2012「産業用ロボット及びロボットシステム – 安全上の考慮事項」のパート1及びパート2です。ANSI/RIA R15.06-2012では、特に、ロボット（パート1）及びロボットシステム/アプリケーション（パート2）に、関連する安全な操作および保守に関する情報を提供することが求められています。
---	---

the robot system/application (Part 2). B. Safety Considerations for Robot System Integrators Integrators and other workers involved in integrating robotic systems (to meet customer needs) should comply with relevant regulations and standards. The safety standard for integrating robot systems into robot applications is Part-2 of ANSI/RIA R15.06-2012. Other standards can also apply depending on the specific application or task of the robot. For compliance with ANSI/RIA R15.06-2012, and for collaborative application also, RIA Technical Report (TR) R15.606-2016, <i>Robots and Robotic Devices – Safety Requirements for Collaborative Robots</i>, requires that integrators must conduct comprehensive hazard analyses and risk assessments for each application, ideally with participation from the employer and workers. For example, a company under contract to integrate systems for an employer should explain the risk assessment process to the employer’s management and any workers who will work with or near the robot applications. In addition, RIA TR R15.306-2016, <i>Task-Based RA Methodology</i>, offers a risk assessment methodology that complies with the requirements of ANSI/RIA R15.06-2012. See Appendix 2 Example RA. Employers should ensure that the integrator has designed and implemented a safe robot application. This requirement is typically accomplished by including the ANSI/RIA R15.06-2012 and RIA TR R15.606-2016, <i>Collaborative Robot Safety</i>, compliance requirements in the Statement of Work (SOW) for a robotic integration contract. It must then be verified that compliance has been achieved	B. ロボットシステムインテグレーター（組合せ）の安全に関する考慮事項 顧客のニーズを満たすためにロボットシステムを統合するインテグレーター（組み合わせ機能）及びその他の作業者は、関連する規制及び基準を遵守する必要があります。 ロボットシステムをロボットアプリケーションに統合するための安全規格は、ANSI/RIA R15.06-2012 のパート 2 です。ロボットの特定のアプリケーション又はタスクに応じて、他の規格も適用できます。 ANSI/RIA R15.06-2012 への準拠及び協働アプリケーションについても、RIA 技術レポート (TR) R15.606-2016 「ロボット及びロボットデバイス – 協働ロボットの安全要件」では、インテグレーターは各アプリケーションについて、理想的には使用者及び作業者の参加を得て、包括的な危険性分析及びリスクアセスメントを実施することが求められています。 例えば、使用者のシステム統合契約を締結している企業は、使用者の経営陣と、ロボットアプリケーションを扱う、又はその付近で作業するすべての労働者に対し、リスクアセスメントのプロセスを説明すべきです。 さらに、RIA TR R15.306-2016 「タスクベース（仕事のニーズに基づく）のリスクアセスメント方法論」は、ANSI/RIA R15.06-2012 の要件に準拠したリスクアセスメント方法論を提供しています。付録 2 「リスクアセスメントの例」を参照してください。 使用者は、インテグレーター（統合する操作をする者）が安全なロボットアプリケーションが設計され、かつ、実装していることを確認すべきです。この要件は通常、ロボット統合契約の作業明細書（SOW）に ANSI/RIA R15.06-2012 及び RIA TR R15.606-2016 「協働ロボットの安全性」のコンプライアンス（遵守）要件を含めることで達成されます。その後、コンプライアンス（遵守）が達成されていることを検証しなければなりません（通常は現場での検収時
--	--

(usually during site acceptance). C. Safety Considerations for Robot System Operators and Maintenance Workers Employers and workers involved in operating and maintaining systems should understand and have general working knowledge of robot system and application safety standards, as well as specific understanding and knowledge of regulations and standards that apply to their specific robotic application(s). The safety standard for robot systems and applications is Part-2 of ANSI/RIA R15.06-2012. Other standards can also apply depending on the robot application or task. Some employers integrate robot systems themselves. When this situation is the case, employers are acting as integrators and should meet the integration requirements, as discussed above. Site acceptance testing (SAT) confirms that the equipment performs as expected with the sites utilities, services, machine interfaces and environmental characteristics. These tests should be performed by the integrator and verified by the user. Employers should ensure that site acceptance is performed before initial startup of a robot application. Then, even after the application has undergone site acceptance, employers have a responsibility to maintain the application in a compliant state. This can be done through periodic robot system performance testing to verify that conditions of use are unchanged from the original installation. Stopping-ability performance, and the appropriateness of the application's safety distances, should also be checked as well as safety function settings to ensure that	に)。 C. ロボットシステムのオペレーター及び保守作業員の安全に関する考慮事項 システムの運用及び保守に携わる使用者及び作業員は、ロボットシステム及びアプリケーションの安全基準に関する一般的な実務知識を理解し、有するとともに、それぞれのロボットアプリケーションに適用される規制及び規格に関する具体的な理解と知識を有するべきです。 ロボットシステム及びアプリケーションの安全規格は、ANSI/RIA R15.06-2012 のパート 2 です。 ロボットのアプリケーションや作業内容によっては、他の規格も適用される場合があります。ロボットシステムを自ら統合する使用者もいます。このような場合、使用者はインテグレーター（統合者）として行動し、前述の統合要件を満たすべきです。 現場受入試験（SAT）は、機器が現場のユーティリティ、サービス、機械インターフェース及び環境特性において期待どおりに動作することを確認します。 これらの試験は、システムインテグレーターが実施し、ユーザーが検証すべきです。使用者は、ロボットアプリケーションを初めて起動する前に、現場受入試験が実施されていることを確認すべきです。 そして、アプリケーションの現場受入試験後も、使用者はアプリケーションを適合状態に維持する責任があります。 これは、定期的なロボットシステム性能試験を実施することで実現できます。これにより、使用条件が最初の設置時から変更されていないことが確認できます。 停止性能、アプリケーションの安全距離の適切性そして安全機能の設定が適切
---	---

they are properly set. The employer, or often companies, can be used to check and monitor the checksums⁷ of safety parameters, as this is a quick way to see if the safety settings have changed since the last inspection. Testing and verification services are often provided by third-party companies who must also comply with the applicable requirements. ANSI/RIA R15.06-2012, lists requirements for performance testing, how often to do them, and how to interpret the results of the tests. RIA TR R15.706, <i>User Responsibilities</i>, provides user responsibilities guidance for robot applications. Maintaining records of the testing performed and the results is an effective way to track robotic system safety. Users may also consult these records during safety and/or other checks and inspections. D. Safety Considerations during Planning of the Robot Application For the planning stage, prior to the beginning of assembly, installation, integration, and subsequent operation of a robot or robot application, the following should be considered: 1. Risk Assessment(s) At each stage of development of the robot application (design, manufacturing, integrating, operating, and maintaining), a risk assessment should be performed.	に設定されていることを確認する必要があります。 使用者又は多くの場合は企業が、安全パラメータのチェックサム ⁷を確認及び監視することができます。これは、前回の検査以降に安全設定が変更されたかどうかを迅速に確認する方法です。 試験及び検証サービスは、多くの場合、適用される要件を遵守する必要がある第三者企業によって提供されます。ANSI/RIA R15.06-2012 には、性能試験の要件、実施頻度及び試験結果の解釈方法が列挙されています。 RIA TR R15.706「ユーザーの責任」は、ロボットアプリケーションにおけるユーザーの責任に関するガイダンスを提供しています。 実施された試験及びその結果の記録を保持することは、ロボットシステムの安全性を追跡する効果的な方法です。ユーザーは、安全性やその他の点検・検査の際にこれらの記録を参照することもできます。 D. ロボットアプリケーションの計画における安全上の考慮事項 ロボット又はロボットアプリケーションの組み立て、設置、統合及びその後の運用開始前の計画段階では、以下の点を考慮されるべきです。 1. リスクアセスメント ロボットアプリケーションの開発段階（設計、製造、統合、運用及び保守）ごとに、リスクアセスメントを実施すべきです。各段階で考慮すべきシステム及び作業者の安全要件は異なります。リスクアセスメントによって決定された適
--	---

There are different system and worker safety requirements to be considered at each stage. The appropriate level of safety and safeguarding determined by the risk assessment(s) should also be applied. In addition, the risk assessment for each stage of development should be documented for future reference. See the Risk Assessments (RAs) and Risk Reduction Measures sections, as well as Appendix 2 Example RA. 2. Safeguarding Devices Workers should be safeguarded from hazards associated with the restricted space through the use of one or more safeguarding devices such as: ▪ Presence-sensing safeguarding devices ▪ Fixed barrier/perimeter guards (which prevent access and contact with moving parts) ▪ Interlocked barrier guards Limiting the space requirements of a robot application can also be accomplished with: ▪ Mechanical limiting devices ▪ Non-mechanical limiting devices, which can include soft-axis and space-limiting safety function(s). 3. Awareness Devices	切なレベルの安全対策及び安全保護策も適用すべきです。 さらに、開発の各段階におけるリスクアセスメントは、将来の参照のために文書化すべきです。 「リスクアセスメント (RA)」及び「リスク軽減策」のセクションさらに付録2「リスクアセスメントの例」を参照してください。 2. 安全保護装置 作業員は、以下のような 1 つ以上の安全保護装置を用いて、制限空間に関連する危険から保護されるべきです。 ● 存在検知安全保護装置 ● 固定式バリア／境界ガード（可動部への立入と接触を防止する。） ● インターロック式バリアガード ロボットアプリケーションの空間要件を制限するには、以下の方法もあります。 ● 機械式制限装置 ● 非機械式制限装置（ソフトアクシスや空間制限安全機能等） 3. 警報装置 一般的な警報装置には、支柱付きのチェーン又はロープ製のバリア、点滅灯、
---	--

Typical awareness devices include chain or rope barriers with supporting stanchions or flashing lights, signs, whistles, and horns. They are used in conjunction with other safeguarding devices. The effectiveness of these devices must be evaluated with the level of risk for each hazard. 4. Safeguarding the Teacher (Programmer) Special consideration must be given to the teacher or worker who is programming the robot. In manual mode, a trained programmer programs the robot, typically using a portable control station (a teach pendant). Robot speeds during these programming sessions are at a reduced speed, less than 10 inches (250 mm) per second. While in manual mode, the teacher must have control of the robot and associated equipment. The teacher should be familiar with what needs to be programmed, system interfacing, and control functions of the robot and other equipment in the application. When systems are large and complex, it could be possible to improperly activate functions. Since the teacher can be within the restricted space, mistakes can result in injuries. Mistakes in programming can result in unintended movement or actions with similar results. For this reason, robot speeds should be placed at a reduced speed of 10 inches per second (250 mm/second) or less on any part of the application during teaching to decrease the likelihood of contact and minimize the potential of injuries. 5. Operator Safeguards	標識、ホイッスル、ホーン等があります。これらは他の安全保護装置と組み合わせて使用されます。これらの装置の有効性は、それぞれの危険に対するリスクレベルに応じて評価されなければなりません。 4. 指導者（プログラマー）の安全確保 ロボットをプログラミングする指導者又は作業員には特別な配慮がなければなりません。手動モードでは、訓練を受けたプログラマーが、通常はポータブルコントロールステーション（ティーチペンダント）を使用してロボットをプログラミングします。このプログラミングセッション中のロボットの速度は、毎秒 10 インチ（250 mm）未満に減速されます。 手動モード中は、指導者がロボット及び関連機器を制御しなければなりません。指導者は、プログラミング内容、システムインターフェース、そしてアプリケーションにおけるロボットやその他の機器の制御機能に精通しているべきです。システムが大規模で複雑な場合、機能を誤って起動してしまう可能性があります。指導者は限られたスペースにいる可能性があるため、ミスは怪我につながる可能性があります。プログラミングミスは、意図しない動きや、同様の結果をもたらす動作につながる可能性があります。 そのため、ティーチング中は、アプリケーションのどの部分でもロボットの速度を毎秒 10 インチ（250 mm）以下に減速し、接触の可能性を減らし、怪我の可能性を最小限に抑えるべきです。 5. オペレータの安全対策
--	---

The operator should be protected from all hazards during automatic operation. When in automatic mode, all safeguarding devices should be activated, and at no time should the operator have access to or be exposed to hazards. For additional operator safeguarding information, see the ANSI/RIA R15.06-2012 Part 2 standard, Section 5.10. 6. Safeguarding Maintenance, Repair, and Troubleshooting Workers Safeguarding maintenance, repair, and troubleshooting workers can be difficult to detail because their job tasks are so varied. Troubleshooting faults or problems with the robot, controller, tooling, or other associated equipment is part of these workers' job. Program touchup is another task as are scheduled maintenance, adjustments of tooling, gauges, recalibration, and much more. Power and other hazardous energy sources should be controlled in accordance with 29 CFR 1910.147, <i>The Control of Hazardous Energy (Lockout/Tagout)</i>, or 29 CFR 1910.333, <i>Selection and Use of Work Practices</i>. When maintenance, repairs, and/or troubleshooting must be performed with power on and with maintenance workers performing their work within the safeguarded space, the robot should be in manual mode. Additional hazards can be present during this manual mode because some of the robot application safeguards may not be active and functioning as during automatic mode. To protect maintenance and repair workers, safeguarding techniques and procedures as stated in the ANSI/RIA R15.06-2012 Part 2, Sections 5.9.7, 5.10.2, 5.12.1, 7.2.7	自動運転中は、オペレータをあらゆる危険から保護すべきです。自動運転中は、すべての安全対策装置を作動させ、オペレータが危険に近づいたり、危険にさらされたりすることがないようにしてください。オペレータの安全対策に関する詳細は、ANSI/RIA R15.06-2012 パート 2 規格のセクション 5.10 を参照してください。 6. 保守、修理及びトラブルシューティング作業員の安全確保 保守、修理及びトラブルシューティング作業員の安全確保は、その業務内容が非常に多岐にわたるため、詳細に規定することが困難です。ロボット、コントローラ、ツール、その他の関連機器の故障や問題のトラブルシューティングは、これらの作業員の業務の一部です。プログラムの修正、定期メンテナンス、ツールやゲージの調整、再校正等、様々な作業もこれらの作業員の業務です。 電力及びその他の危険なエネルギー源は、29 CFR 1910.147 「危険なエネルギーの管理（電源遮断/警告表示）」又は 29 CFR 1910.333 「作業方法の選択及び使用」に従って管理されるべきです。 保守、修理及び/又はトラブルシューティングを、電源を入れた状態で、保守作業員が安全保護区域内で作業を行う必要がある場合は、ロボットを手動モードにすべきです。この手動モード中は、ロボットアプリケーションの安全対策の一部が自動モード時のように作動せず機能しない可能性があるため、追加の危険が存在する可能性があります。 保守及び修理作業員を保護するために、ANSI/RIA R15.06-2012 パート 2、セクション 5.9.7、5.10.2、5.12.1、7.2.7 に記載されている安全保護技術と手順が推奨されます。
---	--

are recommended. 7. Maintenance Activities Power and other hazardous energy sources should be controlled in accordance with 29 CFR 1910.147, <i>The Control of Hazardous Energy (Lockout/Tagout)</i>, or 29 CFR 1910.333, <i>Selection and Use of Work Practices</i>. Maintenance can occur during the regular and periodic inspection program for a robot or robot system. An inspection program should include, but not be limited to, the recommendations of the robot manufacturer and manufacturer of other associated robot system equipment such as conveyor mechanisms, parts feeders, end-effectors, fixtures, gauges, sensors, and the like. These inspection and maintenance programs are essential for minimizing the hazards from component malfunction, wear, breakage, changes (documented and undocumented), and unexpected movements or actions by the robot or other system equipment. To ensure proper maintenance, periodic maintenance and inspections should be documented along with the identity and/or skill profile of workers performing these tasks. Many computerized maintenance management systems (CMMSs) are available that can perform these documentation functions. 8. Procedures Specific procedures should be considered during the risk assessment(s). At a minimum, procedures should be written for: Activities that must be done in specific sequences or order.	7. 保守活動 電力及びその他の危険なエネルギー源は、29 CFR 1910.147「危険なエネルギーの管理（電源遮断/警告表示）」又は29 CFR 1910.333「作業方法の選択及び使用」に従って管理すべきです。 保守は、ロボット又はロボットシステムの定期検査プログラム中に実施できます。検査プログラムには、ロボットメーカー及び関連するロボットシステム機器（コンベア機構、パーツフィーダー、エンドエフェクター、固定具、ゲージ、センサー等）のメーカーの推奨事項を含めるべきですが、これらに限定されません。 これらの検査及び保守プログラムは、コンポーネントの故障、摩耗、破損、変更（文書化されているものも文書化されていないものも含む。）及びロボット又はその他のシステム機器による予期しない動作や動作による危険を最小限に抑えるために不可欠です。適切な保守を確実に行うために、定期的な保守及び検査は、これらの作業を行う作業員の身元及び／又はスキルプロファイルとともに文書化すべきです。 これらのドキュメント作成機能を実行できるコンピュータ化された保守管理システム（CMMS）は数多くあります。 8. 手順 リスクアセスメントにおいては、具体的な手順を検討すべきです。少なくとも、以下の手順について手順を策定すべきです。 ● 特定の順序で実施する必要がある活動 ● 共同作業、起動、停止、緊急事態等、通常の範囲を超える特異な、異常な
--	---

▪ Activities that create unique, unusual, or significant hazards (beyond the ordinary) such as for collaborative tasks, startups, shutdowns, and emergency events. ▪ Complex jobs, tasks, or activities such as equipment replacements or overhauls. Procedures also should be considered for integrating, operating, and maintaining activities and should be written. See the Risk Assessments (RAs) and Risk Reduction Measures sections, as well as Appendix 2 Example RA. In addition, workers should be trained to the procedures prior to job assignment(s), as follows. 9. Procedure and Safety Training Workers who assemble, install, program, integrate, operate, maintain, or repair robots, robot systems, or robot applications should receive adequate safety training, and they should be able to demonstrate their competency to perform their jobs safely. A safety training program should be developed and provided to the workers prior to their assignment(s) on robot applications. Employers can refer to OSHA's homepage under "Help and Resources", "Training", "OSHA Training Requirements and Resources". E. General Safety Requirements The proper selection of an effective robot safety system should be based upon risk assessments of the robot application(s) considering its design, use, programming,	又は重大な危険をもたらす活動 ● 機器の交換やオーバーホール等、複雑な作業、タスク又は活動 また、統合、運用、保守活動についても手順を検討し、文書化すべきです。「リスクアセスメント (RA)」及び「リスク軽減策」のセクション並びに付録2「リスク軽減策の例」を参照してください。 さらに、作業員は、作業割り当て前に、以下の手順について訓練を受けるべきです。 9. 手順及び安全に関する研修 ロボット、ロボットシステム又はロボットアプリケーションの組み立て、設置、プログラミング、統合、操作、保守又は修理を行う労働者は、適切な安全研修を受け、安全に業務を遂行できる能力を実証できるべきです。 ロボットアプリケーションへの配属前に、安全研修プログラムを作成し、労働者に提供すべきです。使用者は、OSHA のホームページの「ヘルプとリソース」、「トレーニング」、「OSHA トレーニング要件及びリソース (資料)」を参照できます。 E. 一般的な安全要件 効果的なロボット安全システムを適切に選定するには、ロボットの設計、使用、プログラミング、操作及び保守を考慮したリスク評価に基づくべきです。
---	--

operation, and maintenance. See the Risk Assessments (RAs) and Risk Reduction Measures sections, as well as Appendix 2 Example RA. Among the factors to be considered are: ▪ Tasks that will be programmed ▪ Start-up and command or programming procedures ▪ Environmental conditions ▪ Location and installation requirements ▪ Possible worker errors ▪ Scheduled and unscheduled maintenance ▪ Possible robot and system malfunctions ▪ Normal mode of operation and procedures ▪ Emergency conditions and procedures ▪ All worker functions and duties ▪ Hazards typical of the specific robot application Integrators, robot application operators, maintenance workers, and others working near robot applications need to have an understanding not only of the nature and severity of the hazard, but also of how these hazards are addressed and	リスク評価 (RA) 及びリスク低減策のセクション並びに付録 2 の RA 例を参照してください。考慮すべき要素には、以下のものがあります。 ● プログラムされるタスク ● 起動及びコマンド又はプログラミング手順 ● 環境条件 ● 設置場所及び設置要件 ● 作業員によるミスの可能性 ● 定期メンテナンス及び臨時メンテナンス ● ロボット及びシステムの故障の可能性 ● 通常の動作モード及び手順 ● 緊急時の状況及び手順 ● 作業員のすべての機能及び職務 ● 特定のロボットアプリケーションに特有の危険 インテグレーター（統合者）、ロボットアプリケーションのオペレーター、メンテナンス作業員及びロボットアプリケーションの周辺で作業するその他の作業員は、危険の性質及び重大性だけでなく、これらの危険への対処方法及び安全対策についても理解する必要があります。この理解があれば、インテグレーター及び作業員は、それぞれのアプリケーションやプロセスに適した管理策及
--	---

safeguarded. With this understanding, integrators and workers are likely to choose controls and safeguards, and implement systems that work well with their specific applications and processes. Controls and safeguards selected during the risk assessment(s), including alternative risk reduction methods selected (e.g., procedures, training, daily toolbox talks) for each stage or process (e.g., assembling, integrating, operating, and maintaining), should be reviewed and approved by employers, and should be fully implemented to protect workers. To ensure safe operating controls and safeguards are adequately evaluated and selected for industrial robots and robot applications, refer to <i>ANSI, ANSI/RIA, and RIA Standards</i>, which contain specific information about robot system safety. Robot applications shall also comply with the applicable OSHA regulations, including those listed in Section IX <i>Applicable OSHA and Industry Standards Regarding Industrial Robot System Safety</i>. A combination of controls and safeguarding should be used. Reliable systems and timely maintenance, performed to industry standards and manufacturer recommendations, are especially important, particularly if a robot application is operating in hazardous conditions or handling hazardous materials/chemicals. The safeguarding devices should not themselves constitute or act as a hazard or curtail necessary vision or viewing by workers. However, sometimes a view can be obstructed by equipment and objects. If viewing is important, there is an increased	び安全対策を選択し、システムを導入できる可能性が高くなります。 リスクアセスメント中に選択された管理策及び安全対策（各段階又はプロセス（例：組み立て、統合、運用、保守）で選択された代替リスク低減方法（例：手順、トレーニング、日常のツールボックストーク）を含む。）は、使用者によってレビュー（評価）及び承認され、労働者を保護するために完全に実施されるべきです。 産業用ロボット及びロボットアプリケーションにおける安全な操作制御及び安全対策が適切に評価され、及び選定されていることを確認するには、ロボットシステムの安全性に関する具体的な情報が記載されている ANSI、ANSI/RIA、及び RIA 規格を参照してください。 ロボットアプリケーションは、セクション IX「産業用ロボットシステムの安全性に関する適用可能な OSHA 及び業界規格」に記載されているものを含む、該当する OSHA 規則にも準拠する必要があります。 制御及び安全対策を組み合わせるべきです。特にロボットアプリケーションが危険な状況で動作する場合又は危険な材料/化学物質を扱う場合は、業界規格及びメーカーの推奨事項に従って実施される信頼性の高いシステムとタイムリーなメンテナンスが非常に重要です。安全対策装置自体が危険を構成又は作用したり、作業者の必要な視力や視界を制限したりすべきではありません。 ただし、機器や物体によって視界が遮られる場合があります。 視界が重要な場合は、距離を保ちながら視界を確保するためにカメラシステムの使用が増えています。
---	--

use of camera systems to enable a view yet keep a distance. An effective control and safeguarding strategy protects not only operators and maintenance workers, but also engineers, programmers, and any others who work on or with robot system applications and/or could be exposed to hazards associated with an application. F. Additional Safety Requirements for Collaborative Robot Applications A collaborative robot application uses one or more of the following technologies while operating in automatic mode:⁸ ▪ Speed and Separation Monitoring (SSM) A protective device (i.e., presence-sensing safeguarding device) is integrated with the robot application such that intrusion of workers is detected. At a minimum, the robot application stops during the intrusion and then operation can resume after all workers have left the area and no further intrusion is detected. Even now, there are integrations that cause the robot application to slow down upon initial intrusion detection, but if the worker(s) get closer to another detection zone, the robot stops before contact by the robot application can happen. For example, a robot may change to a lower speed based on how close it is to a worker, or change direction to move away from workers. Using the same example as above, the robot application's motion of the nozzles would slow if the worker's hand approached within a certain distance and then stop completely before the hand can access the	効果的な制御及び安全保護戦略は、オペレーターやメンテナンス作業員だけでなく、エンジニア、プログラマー及びロボット システムアプリケーションで作業する人やアプリケーションに関連する危険にさらされる可能性のある人等、あらゆる人々を保護します。 F. 協働ロボットアプリケーションの追加安全要件 協働ロボットアプリケーションは、自動モードで動作中に、以下の技術を 1 つ以上使用します。⁸ ● 速度及び距離監視 (SSM) 作業員の侵入を検知するための保護装置（存在検知安全装置等）がロボットアプリケーションに統合されています。少なくとも、ロボットアプリケーションは侵入中に停止し、すべての作業員がそのエリアを離れ、さらなる侵入が検出されなくなった後に動作を再開できます。 現在でも、最初の侵入検知時にロボットアプリケーションの速度を低下させる統合が存在します。ただし、作業員が別の検知ゾーンに近づくと、ロボットアプリケーションが接触する前にロボットは停止します。 例えば、ロボットは作業員との距離に応じて速度を低下させたり、作業員から離れるために方向転換したりすることがあります。上記と同じ例を用いると、作業員の手が一定距離以内に近づくとロボットアプリケーションのノズルの動きが減速し、手が危険物に触れる前に完全に停止します。
---	---

hazard. It is important to note that when speed is being used for safety purposes, the speed should have an associated safety function that monitors that the needed speed will not be exceeded. ▪ Hand-Guided Controls (HGC) The robot system moves under a worker's direct control while in automatic mode and executing its program. The worker controls the motion for the collaborative portion of the task (similar to powered-assist tools/machinery). With HGC, a worker can guide a robot system to grasp a heavy box. The worker may then guide the robot system to place the box onto a truck. The robot application in this case is doing all the heavy lifting, but will not move without the worker physically directing it while the worker presses (or actuates) a hold-to-run control device. ▪ Power and Force Limited (PFL) Physical contact between a robot application (i.e., robot, end-effector, and workpiece) and a worker is expected and permitted in this mode. It is permitted when the forces and pressures of contact are limited such that there will be no injury to the worker(s). PFL robots limit the incurred forces and pressures when such contact is made from the robot application to the worker. There are two ways that PFL capability can be provided. One is by inherently safe design of the robot (e.g., low energy potential due to very low payload and/or speed capability). Another is by control means, which is described as by safety functions using sensors and safety-related parts of the control system (SRP/CS)	速度を安全目的で使用する場合、必要な速度を超えないことを監視する関連する安全機能を備えている必要があることに注意することが重要です。 ● ハンドガイド制御 (HGC) ロボットシステムは、自動モードでプログラムを実行している間、作業者の直接的な制御下で移動します。作業者は、タスクの協働部分の動作を制御します（電動アシストツール／機械と同様）。HGCを使用すると、作業者はロボットシステムを誘導して重い箱を掴ませることができます。その後、作業者はロボットシステムを誘導して箱をトラックに積み込むことができます。 この場合、ロボットアプリケーションは重い荷物の持ち上げ作業全般を担当しますが、作業者が「Hold-to-Run」制御装置を押す（又は作動させる）間、作業者が物理的に指示を出さなければロボットは動きません。 ● 力及び圧力の制限 (PFL) このモードでは、ロボットアプリケーション（ロボット、エンドエフェクタ及びワークピース）と作業者との物理的な接触が想定され、許容されます。接触時の力及び圧力が制限され、作業者に傷害が発生しない場合、接触は許容されます。PFL ロボットは、ロボットアプリケーションから作業者への接触時に発生する力及び圧力を制限します。 PFL 機能を実現するには 2 つの方法があります。1 つは、ロボットの本質的に安全な設計（例えば、非常に低いペイロードや速度能力による低いエネルギーポテンシャル）です。 もう 1 つは制御手段によるもので、これはセンサーや制御システムの安全関連部品 (SRP/CS) を使用した安全機能（例: すべての関節にトルクセンサーを配置
--	---

(e.g., torque sensors on all joints to safety logic that will slow or stop the robot). PFL robots that have the capability to limit energy transfer have safety functions that are configured, so contact pressures and forces do not exceed acceptable limits. The typical safety functions are speed limiting, force limiting, and power limiting. Collaborative applications using PFL robots usually operate at much lower speeds and payloads than they are physically capable. This is so that when the robot contacts a worker, not only does the robot stop quickly, but also the robot is not moving with enough energy to cause injury. [Note: robot contact with sensitive body regions (e.g., the face, temples, and throat) is to be prevented or avoided per RIA TR R15.606-2016.] ISO 10218-2:2011, and RIA 15.06 Clause 5.11.5.5, requires that parameters of power, force, and ergonomics pertaining to power and force limited robot systems are to be determined by a risk assessment. Limits for quasi-static and transient contact must be evaluated as part of the risk assessment, and by determining pressure and force threshold limit values on the collaborative robot system utilizing Tables A.1 and A.2 in Annex A of RIA TR15.606. ▪ SSM/PFL It is common to see SSM combined with PFL for collaborative applications so that the application can run at high speed when no workers are nearby, but then slow such that contacts would be permissible according to PFL above. ▪ Safety-rated Monitored Stop	し、ロボットを減速又は停止させる安全ロジックを使用) によるものと説明されます。エネルギー伝達を制限する機能を持つ PFL ロボットには、接触圧力及び接触力が許容限度を超えないように設定された安全機能があります。一般的な安全機能は、速度制限、力制限及び電力制限です。PFL ロボットを使用する協働アプリケーションは、通常、物理的に可能な速度とペイロードよりもはるかに低い速度及びペイロードで動作します。これは、ロボットが作業者に接触したときに、ロボットがすぐに停止するだけでなく、怪我を引き起こすほどのエネルギーで動作しないようにするためです。 [注: RIA TR R15.606-2016 に従い、敏感な身体領域 (例: 顔、こめかみ、喉) へのロボットの接触は防止又は回避する必要があります。] ISO 10218-2:2011 及び RIA 15.06 5.11.5.5 項では、出力及び力に制限のあるロボットシステムに関する出力、力及び人間工学のパラメータは、リスクアセスメントによって決定する必要があると規定されています。 準静的及び過渡的接触の限界値は、リスクアセスメントの一環として評価されなければならない、RIA TR15.606 の附属書 A の表 A.1 及び A.2 を用いて、協働ロボットシステムの圧力及び力の閾値限界値を決定されなければなりません。 ● SSM/PFL コラボレーションアプリケーションでは、SSM と PFL とを組み合わせるのが一般的です。これにより、近くに作業者がいないときはアプリケーションを高速に実行し、作業者がいないときは上記の PFL に従って接触が許容される程度に低速に実行することができます。 ● 安全定格監視停止
---	---

The concept of Safety-rated Monitored Stop (SMS) is included in ANSI/RIA R15.06-2012, where it is referred to as a fourth type of collaborative technology. However, this mode is not used alone but must be used in conjunction with SSM, HGC and/or PFL. This type of stop is also called a monitored standstill and is a stop which is activated when the system detects an intrusion. This type of stop is also called a "Category 2 Stop" according to National Fire Protection Association (NFPA) 79-2017, <i>Electrical Standard for Industrial Machinery</i>. With SMS, power to the actuators is retained, which enables a quicker resumption of operation and less wear on contactors and other hardware. For SMS to work, continued detection of the worker(s) is required in the safeguarded space (e.g., usually by motion sensors). The robot application is permitted to automatically resume operation if assured that no workers are within the space without the need for the worker(s) to press a restart button. When an SMS is activated, the power to the robot system remains on, but the stop is automatically held in a monitored standstill state. While in the standstill state, any movement from within the safeguarded space will result in an immediate stop (similar to an emergency stop).	安全定格監視停止（SMS）の概念は、ANSI/RIA R15.06-2012 に含まれており、そこでは 4 番目の協調技術として言及されています。ただし、このモードは単独で使用することはできず、SSM、HGC 及び/又は PFL と組み合わせて使用されなければなりません。このタイプの停止は監視停止とも呼ばれ、システムが侵入を検知したときに起動される停止です。 このタイプの停止は、全米防火協会（NFPA）79-2017「産業機械向け電気規格」によれば、「カテゴリー2 停止」とも呼ばれます。 SMS を使用すると、アクチュエータへの電力供給が維持されるため、動作の再開が迅速化され、コンタクタ等のハードウェアの摩耗が軽減されます。SMS が機能するには、安全保護空間内で作業者を継続的に検出する必要があります（通常はモーションセンサー等）。作業者が再起動ボタンを押すことなく、空間内に作業者がいないことが確認された場合、ロボットアプリケーションは自動的に動作を再開できます。 SMS が作動すると、ロボットシステムへの電源はオンのままですが、停止状態は自動的に監視された停止状態に保持されます。 停止状態の間、安全保護空間内から何らかの動きがあると、ロボットは即座に停止します（緊急停止と同様）。
---	--

VII. Risk Assessments (RAs)	VII. リスク評価 (RA)
Preparation and implementation of thorough risk assessments (RAs) with workers are critical for worker safety. RAs identify the hazards, potential exposures,	労働者との徹底的なリスクアセスメント（RA）の準備及び実施は、労働者の安全にとって不可欠です。RA では、ロボットアプリケーションを安全に制御及び／又は保護するために必要な、危険性、潜在的なばく露、潜在的なリスク、リ

potential risks, likelihood of risks, risk avoidance, and the risk-reduction protective measures needed to safely control and/or safeguard a robot application. A provision of ANSI/RIA R15.06-2012 is that each robot application should have an RA performed and documented prior to commissioning. However, the presence of an RA is not by itself sufficient to ensure that the application meets the intended purpose of ANSI/RIA R15.06-2012, which is to protect workers from injury. Refer to ANSI/RIA R15.06-2012 and to RIA TR R15.306-2016 for guidance on the RA process. It is the responsibility of integrator to ensure that an RA is completed and documented prior to commissioning. It is also their responsibility to provide the results of the RA to the employer (user). Further, it is recommended that the integrator and user include the affected workers in the RA process. It is also recommended that RAs be completed for hazardous tasks within each stage of the robot application process (i.e., assembly, integration, operation, and maintenance). Further, since it is the employer's responsibility under OSHA to maintain a safe work place for their employees, the employer should require the integrator to provide and train the integrator's RA to the employees prior to commissioning. If not provided by the integrator, the employer should provide these functions. A. Robot Application RA General Process	スクの発生可能性、リスク回避及びリスク低減のための保護対策を特定します。 ANSI/RIA R15.06-2012 の規定では、各ロボットアプリケーションについて、試運転前に RA を実施し、文書化することが求められています。しかし、RA を実施するだけでは、アプリケーションが ANSI/RIA R15.06-2012 の本来の目的、つまり労働者の傷害からの保護を満たしていることを保証するのに十分ではありません。RA プロセスのガイダンスについては、ANSI/RIA R15.06-2012 及び RIA TR R15.306-2016 を参照してください。 インテグレーターは、試運転前に RA が完了し、文書化されていることを確認する責任があります。また、RA の結果を使用者（ユーザー）に提供することもインテグレーターの責任です。 さらに、インテグレーターとユーザーとは、影響を受ける労働者を RA プロセスに含めることが推奨されます。また、ロボット適用プロセスの各段階（組み立て、統合、操作及び保守）における危険な作業についても RA を完了することが推奨されます。 さらに、OSHA（職業安全衛生局）の下では、被雇用者の安全な職場環境を維持することは使用者の責任であるため、使用者はインテグレーターに対し、試運転前に被雇用者にインテグレーターの RA を提供し、トレーニングを行うことを義務付けるべきです。インテグレーターが RA を提供しない場合は、使用者がこれらの機能を提供すべきです。 A. ロボットアプリケーション RA の一般的なプロセス
---	--

An effective RA process starts with including knowledgeable employees in the process. 1. A leader with expertise in process operations, the specific robotic application, and with knowledge of the RA process should be selected. 2. Employees with specific or specialized expertise should also be invited to participate on the team. Meetings of the RA team should be arranged so that all of the team members can attend. 3. The team should identify all of the tasks to be performed as part of the job, including any tasks that may be particularly hazardous or complicated. In order to keep RAs from becoming overly long and/or burdensome to the team, splitting some jobs into separate RAs may be advisable. 4. The specific tasks that are important to safely complete the job or that present hazards to the workers should be listed on the RA. For example, "collecting tools" may not need to be listed as a task on the RA. 5. Once the tasks have been listed, the RA team should identify the hazards of each task and list each identified hazard next to the task(s) to which the hazard(s) apply. 6. Once the hazards have been identified, the team should consider	効果的な RA プロセスは、知識豊富な被雇用者をプロセスに含めることから始まります。 1. プロセス運用、特定のロボットアプリケーション、そして RA プロセスに関する知識を持つリーダーを選任すべきです。 2. 特定の専門知識を持つ被雇用者もチームに参加してもらうべきです。RA チームの会議は、チームメンバー全員が出席できるように設定すべきです。 3. チームは、特に危険又は複雑な可能性のあるタスクも含め、ジョブの一部として実行するすべてのタスクを特定すべきです。RA が過度に長引いたり、チームの負担になったりしないようにするために、一部のジョブを別々の RA に分割することをお勧めします。 4. 作業を安全に完了するために重要な、又は作業員に危険をもたらす特定のタスクは、RA に記載する必要があります。例えば、「工具の収集」は RA のタスクとして記載する必要がない場合があります。 5. タスクがリストアップされたら、RA チームは各タスクの危険を特定し、特定された危険を、その危険が適用されるタスクの横にリストアップすべきです。 6. 危険が特定されたら、チームは各タスク及び危険に関連するリスクを検討す
--	--

the risks associated with each task and hazard. - For each task/hazard, the most appropriate risk reduction techniques (controls and/or safeguards) should be identified for implementation. - The team should welcome open discussion during preparation of the RA, and the final RA should be documented in writing. - Each team member and the team leader should sign the RA as acceptable to them. If signing presents a challenge, then the risk assessment document should include the statement that agreement was reached. See Appendix 2 Example RA. See also OSHA's Job Hazard Analysis Guide. After the RA is completed and accepted by the team, it should be distributed and made available to all affected employees, and to other affected employers. The documentation should also be retained for future reference and reviewed if any changes are made to the robot application. B. Robot Application RA Additional Requirements Similar applications in the same plant should each have their own individual RAs. Though the equipment may be identical, the robot applications may be working on different parts or processes, so the robot's path, pose, and possibly end-effector(s) may be different from another one that appears otherwise identical. Additionally, their physical placement in the facility may introduce unique hazards	べきです。 - 各タスク/危険について、最も適切なリスク低減手法（管理策及び/又は安全対策）を特定し、実施すべきです。 - チームは RA の作成過程において率直な議論を歓迎し、最終的な RA は文書化されるべきです。 - 各チームメンバー及びチームリーダーは、RA に合意した旨を署名する。署名に困難がある場合は、リスクアセスメント文書に合意に達した旨の記載を含める。 付録 2「RA の例」を参照。また、OSHA の「作業危険源分析ガイド」も参照。 RA が完成し、チームに承認された後、影響を受けるすべての従業員と、影響を受ける他の雇用主に配布し、閲覧可能にする。また、この文書は将来の参照のために保管し、ロボットアプリケーションに変更があった場合に見直すべきです。 B. ロボットアプリケーション RA の追加要件 同一工場内の類似アプリケーションには、それぞれ独自の RA があるべきです。機器は同一であっても、ロボットアプリケーションは異なる部品やプロセスで動作している場合があり、ロボットの経路、姿勢そして場合によってはエンドエフェクタが、他のアプリケーションと異なる可能性があります。 さらに、施設内の物理的な配置によって、固有の危険が生じる可能性があります（例えば、あるアプリケーションは壁のすぐそばにあるのに対し、他のアプ
---	--

(e.g., a particular application may be next to a wall, while another otherwise-identical application is next to a walkway). RIA TR R15.306-2016 provides detailed steps for conducting a task-based RA for each robot application. See Appendix 2 Example RA. The Annexes of ANSI/RIA R15.06-2012 also include examples of hazards, risks, controls, and safeguards that could apply to many common robot applications. C. RA Implementation, Validation, and Review As discussed above, RAs should periodically be reviewed and validated per ANSI/RIA R15.06-2012 once the required risk-reduction measures (e.g., controls, guards, protective devices, safety procedures, training, signs, PPE) identified in the RA have been implemented. This will ensure the measures are effective and the robot application safety functions are correct for the application. It is not enough to simply trust the integrator or to perform a simple visual inspection alone. A formal and thorough verification and validation is crucial to ensure all requirements of the RA have been implemented and function as intended. Effective periodic validations should include review of: ▪ The documented RA(s) ▪ Electrical and mechanical drawings ▪ Manuals and training documentation	リケーションは通路のすぐそばにある等)。 RIA TR R15.306-2016 は、各ロボットアプリケーションに対してタスクベースの RA を実施するための詳細な手順を示しています。 付録 2「RA の例」を参照してください。 ANSI/RIA R15.06-2012 の付録には、多くの一般的なロボットアプリケーションに適用できる危険、リスク、管理策及び安全対策の例も含まれています。 C. RA の実装、検証、およびレビュー 前述のとおり、RA で特定された必要なリスク低減対策（例：制御、ガード、保護装置、安全手順、トレーニング、標識、PPE）が実施された後、RA は ANSI/RIA R15.06-2012 に従って定期的にレビュー及び検証されるべきです。これにより、対策が有効であること及びロボットアプリケーションの安全機能がアプリケーションに対して適切であることが保証されます。単にインテグレーターを信頼したり、単純な目視検査のみを実施したり するだけでは不十分です。RA のすべての要件が実装され、意図したとおりに機能していることを確認するには、正式かつ徹底的な検証及び正当化が不可欠です。効果的な定期的な検証には、以下の項目のレビューを含めるべきです。 ● 文書化された RA（複数） ● 電気図面及び機械面 ● マニュアル及び研修資料
---	--

▪ Safety-related parts of control system (SRP/CS) reviews, which include checking safety function settings as well as other safeguards and their integration ▪ In the case of PFL, contact event testing results (e.g., pressures and other forces) ▪ Sensor operation testing Keeping validation assessments and reviewing documentation provides several benefits, including: ▪ Allowing more efficient internal and external checks and inspections ▪ Ensuring that workers stay current on technical information by involving them in the process ▪ Driving continuous improvement for both safety and performance	● 制御システムの安全関連部分（SRP/CS）のレビュー（安全機能の設定、その他の安全対策及びそれらの統合の確認を含む。） ● PFL の場合、接触イベントテストの結果（例：圧力及びその他の力） ● センサー動作テスト 検証評価を継続し、文書をレビューすることで、次のようなメリットが得られます。 ● 社内及び社外のチェックと検査の効率化 ● 作業員をプロセスに巻き込むことで、最新の技術情報を常に把握できる。 ● 安全性及びパフォーマンスの継続的な改善を推進
---	---

VIII. Risk Reduction Measures	VIII. リスク軽減措置
As discussed above, comprehensive, task-based RAs will identify potential hazards	前述のように、包括的なタスクベースのリスクアセスメント（RA）は、潜在的な危険源及びリスクを特定し、職場における各ロボットアプリケーションにおけ

and risks, and will then prioritize risk reduction measures for each robot application in a workplace. A critical part of the process is then to implement the risk reduction measures selected. The risk reduction measures will vary based on industry, robot application type, process, and work practices. Each risk reduction measure has its own strengths and limitations. Users (employers) must be able to demonstrate that they understand the implemented measure(s). This demonstration should extend to understanding what hazard is mitigated by which risk reduction measure. Effective risk reduction, based on task-based RAs, will align with the standard hierarchy of controls. In general, elimination, substitution, and engineering controls are preferred over administrative controls and PPE. Risk reduction measures can vary between collaborative and non-collaborative robot applications, and between the different processes each robot application is performing. Some risk reduction measures can be external to the robot application and will need to be verified visually, validated, and documented that they are present and functioning correctly (e.g., interlocked guards, light curtains, and laser scanners). Some risk reduction measures can be internal to the robot itself and not readily apparent, requiring a view of the safety configuration on the display. For example, some robots have built-in safety functions providing capabilities or software that are not visible (e.g., safety functions for PFL). The configuration and settings of safety functions should be verified by trained professionals. A. Non-Collaborative Robot Application Risk Reduction	るリスク低減策の優先順位を決定します。このプロセスの重要な部分は、選択されたリスク低減策を実施することです。 リスク低減策は、業界、ロボットアプリケーションの種類、プロセス及び作業慣行によって異なります。各リスク低減策には、それぞれ長所及び限界があります。ユーザー（使用者）は、実施された対策を理解していることを示さなければなりません。 この証明は、どのリスク低減策によってどのような危険が軽減されるかを理解することまで含めるべきです。タスクベースの RA に基づく効果的なリスク低減は、標準的な管理策の階層と一致します。 一般的に、管理的管理策や PPE よりも、排除、代替及び工学的管理策が優先されます。 リスク低減策は、協働型ロボットアプリケーション及び非協働型ロボットアプリケーション、そして各ロボットアプリケーションが実行する様々なプロセスによって異なります。一部のリスク低減策はロボットアプリケーションの外部に設置される場合があります、その存在及び動作を目視で確認し、検証し、文書化する必要があります（例：インターロック式ガード、ライトカーテン及びレーザースキャナー）。一部のリスク低減策はロボット自体の内部に設置される場合があります、容易には確認できないため、ディスプレイ上で安全設定を確認する必要があります。 例えば、一部のロボットには、目に見えない機能やソフトウェアを提供する安全機能が組み込まれています（例：PFL の安全機能）。安全機能の設定及び構成は、訓練を受けた専門家によって検証されるべきです。 A. 非協働型ロボットアプリケーションにおけるリスク低減 自動運転中（自動モード）に作業員とロボットアプリケーションとを物理的に
--	---

Risks are reduced by physically separating workers from robot applications during automatic operation (in automatic mode). This risk reduction is achieved through safeguards such as guards (fences, barriers), interlocked guards, and presence-sensing devices (e.g., light curtains, safety mats, safety scanners, and safety vision systems) (Figure IV-6).	分離することでリスクを低減します。このリスク低減は、ガード（フェンス、バリア）、インターロック式ガード、存在検知装置（ライトカーテン、安全マット、安全スキャナ、安全ビジョンシステム等）等の安全対策によって実現されます（図 IV-6）。
--	---

画像略
Figure IV-6: Enclosed Robot Application with an Overhead Observation Station (Source: iStock)
図 IV-6: 頭上観測ステーションを備えた密閉型ロボットアプリケーション（出典：iStock）

In most circumstances, the robot application automatically achieves a safe state when a worker enters the safeguarded space (Figure IV-7). However, there are some circumstances in which a worker needs to perform a task that will require them to interact with a robot application that is still active (e.g., programming or teaching the system). In an industrial robot application, worker safety while within the safeguarded space is based on the application being in manual mode while using an enabling device (often integrated into the teach pendant) with the robot operating at a reduced speed. The application layout design needs to provide	ほとんどの場合、ロボットアプリケーションは、作業者が保護空間に入ると自動的に安全状態になります（図 IV-7）。ただし、作業者が未だアクティブなロボットアプリケーション（プログラミングやシステムのティーチング等）と対話するタスクを実行しなければならない場合があります。産業用ロボットアプリケーションでは、保護空間内での作業者の安全は、アプリケーションが手動モードであり、ロボットが低速で動作している状態でイネーブルデバイス（多くの場合、ティーチペンダントに統合されています。）を使用していることに基いています。アプリケーションのレイアウト設計では、十分な間隔を確保する必要があります。 イネーブル（スイッチを入れる必要がある）デバイスは通常 3 ポジションデバ
--	---

adequate clearance. Because the enabling device is typically a 3-position device, the worker must hold it in the center-ON position, otherwise the robot system's motion will be inhibited. If the enabling device is interconnected with other equipment in the application, then the other equipment will be similarly inhibited from operation.	イスであるため、作業者はそれを中央のオンの位置に保持しなければなりません。そうしないと、ロボットシステムの動作が抑制されます。 イネーブルデバイスがアプリケーション内の他の機器と相互接続されている場合、他の機器も同様に動作が抑制されます。
---	---

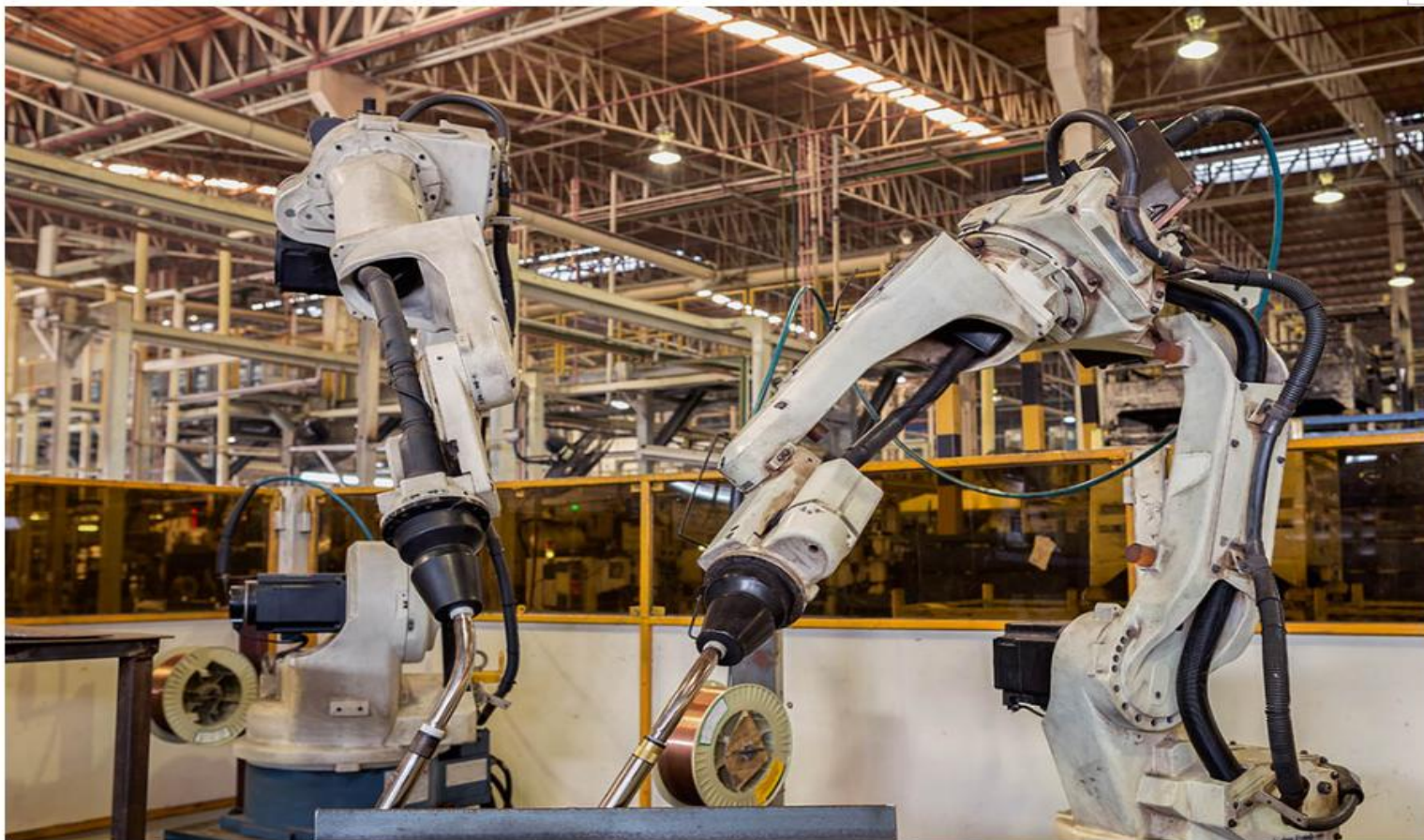


Figure IV-7: Inside a Robot Application Safeguarded Space (Source: iStock)

図 IV-7: ロボットアプリケーション内部の保護空間 (出典 : iStock)

As already explained, enabling devices are used during manual mode, sometimes also known as teach or T1 mode. In this mode, the robot system operates at a reduced speed, slow enough for a person to avoid hazardous contact, but not greater than 10 inches/second (250mm/second). In addition to physical safeguards, protective devices, and other engineering controls, risk can be further reduced through administrative controls such as: 1. Written robot application entry and exit procedures and training 2. Lockout/tagout standard operating procedures (SOPs) and training 3. Signs PPE may include: ▪ Hardhats ▪ Hand protection for the intended use (sharp edges, heat, cold) ▪ Safety glasses ▪ Protective footwear ▪ Hearing protection	既に説明したように、イネーブルデバイスは手動モード（ティーチモード又は T1 モードとも呼ばれる。）で使用されます。このモードでは、ロボットシステムは減速して動作します。これは、人が危険な接触を回避できる速度ですが、速度が 10 インチ/秒（250mm/秒）を超えることはありません。 物理的な安全対策、保護装置、その他の工学的制御に加えて、次のような管理的制御によってリスクをさらに低減できます。 1. ロボットアプリケーションの入退出手順とトレーニングを文書化 2. 電源遮断/警告表示の標準操作手順（SOP）とトレーニング 3. 標識 PPE には以下が含まれます。 ● ヘルメット ● 用途に応じた手の保護具（鋭利な刃物、熱、寒さから） ● 安全メガネ ● 保護靴 ● 聴覚保護具
--	---

▪ Arc-flash protection ▪ Respirators OSHA's PPE standards (29 CFR 1910 Subpart I) require employers to provide workers with appropriate PPE, and train them on how to properly don, use, doff, clean, maintain, and dispose of such equipment. Administrative controls and PPE should be implemented after attempts to design out (i.e., eliminate) the hazard and safeguards have been exhausted as required by the RA process. Once all of the above risk reduction measures have been implemented, the question should be asked, "Does this robot application have sufficient measures in place to adequately protect workers?" B. Collaborative Robot Application Risk Reduction Collaborative robot applications operate with workers in shared, safeguarded spaces. The following questions should be answered to determine if collaborative operation is necessary, and to what extent: ▪ Is the presence of a person integral to the application? ▪ Do the robot and person have to share a workstation? ▪ Do the robot system and person have to work on the same workpiece simultaneously?	● アーク閃光保護具 ● 呼吸用保護具 OSHA の PPE 基準 (29 CFR 1910 Subpart I) では、使用者は労働者に適切な PPE を提供し、適切な着用、使用、脱着、清掃、保守及び廃棄方法について訓練を行うことが義務付けられています。 管理的管理及び PPE は、RA プロセスで要求されているように、危険及び安全対策を設計から排除（つまり、排除）するための試みが尽くされた後に実施すべきです。 上記のリスク低減対策をすべて実施した後、「このロボットアプリケーションには、労働者を適切に保護するための十分な対策が講じられているか？」という質問をする必要があります。 B. 協働ロボットアプリケーションのリスク低減 協働ロボットアプリケーションは、作業員が共有の安全保護された空間で作業を行うものです。協働作業が必要かどうか、またどの程度必要かを判断するために、以下の質問に答えるべきです。 ● アプリケーションにおいて人の存在は不可欠ですか？ ● ロボットと作業員とはワークステーションを共有する必要がありますか？ ● ロボットシステムと作業員は同時に同じワークピースで作業する必要がありますか？
---	--

▪ Have task locations been identified and made known? ▪ Is there safe access to the task location(s)? ▪ Does the person need to be in physical contact with the robot, end-effector, or workpiece while the robot system is in motion? Due to the expectation of possible worker interaction, collaborative applications can require specific risk reduction measures. Some key questions to ask before using a robot in a collaborative application include: 1. Is the robot system and end-effector designed for use in a collaborative application? 2. Does the robot application have the needed safety functions? 3. Does this robot application have adequate risk reduction measures in place? 4. Has this collaborative robot application considered contact events? These questions are expanded with further discussion, below. 5. Is this robot application designed for use as a collaborative application? Typically, the manufacturer's manual will list the safety functions provided that can be used to enable the implementation of collaborative application (e.g. safety	● 作業場所が特定され、周知されていますか？ ● 作業場所への安全なアクセスは確保されていますか？ ● ロボットシステムが動作している間、作業員はロボット、エンドエフェクタ又はワークピースに物理的に接触する必要がありますか？ 協働アプリケーションでは、作業員との接触が想定されるため、特定のリスク低減対策が必要となる場合があります。協働アプリケーションでロボットを使用する前に確認すべき重要な質問には、以下のものがあります。 1. ロボットシステムとエンドエフェクタとは、協働アプリケーションでの使用を想定して設計されていますか？ 2. ロボットアプリケーションには必要な安全機能が備わっていますか？ 3. このロボットアプリケーションには、適切なリスク低減対策が講じられていますか？ 4. この協働ロボットアプリケーションは、接触事象を考慮していますか？ これらの質問については、以下でさらに詳しく説明します。 5 このロボットアプリケーションは、協働アプリケーションとして使用するために設計されていますか？ 通常、メーカーのマニュアルには、協働アプリケーションの実装に使用できる安全機能（例えば、PFL に必要な速度、力、位置、運動量を制限する安全機能等）が記載されています。さらに、ロボット及びロボットアプリケーションに
--	---

functions that limit speed, force, positions, and momentum which would be needed for PFL). Additionally, a third-party can certify the safety functions that are provided with a robot and robot application. A robot application can use one or more safety functions to achieve a SSM, HGC, PFL or SSM/PFL application, or a combination of these. 6. Does this robot application have the needed safety functions? When a robot and end-effector are confirmed to be designed for collaborative use, the next step in safe operation is confirming and using its safety functions. Additional safety functions can also be provided in the overall robot control system. The appropriate safety functions required for a given collaborative robot application depend on the potential contact situations. For example, if the collaboration expects contact to occur with the robot moving then the robot selected for use in this application should have PFL capabilities. On the other hand, if the type of collaboration is intended to have no contact while the robot is moving, then SSM or SSM/PFL capabilities can be used. Other safety functions could also be required, including: ▪ Protective stop ▪ Force limiting ▪ Speed limiting	提供される安全機能は、第三者機関によって認証を受けることができます。 ロボットアプリケーションは、SSM、HGC、PFL、SSM/PFL アプリケーション又はこれらの組み合わせを実現するために、1 つ以上の安全機能を使用できます。 6. このロボットアプリケーションには必要な安全機能が備わっていますか？ ロボットとエンドエフェクタとが協働用途向けに設計されていることが確認されたら、安全な運用に向けた次のステップは、その安全機能を確認し、使用することです。ロボット制御システム全体に追加の安全機能を提供することもできます。協働ロボットアプリケーションに必要な適切な安全機能は、潜在的な接触状況によって異なります。 例えば、ロボットの移動中に接触が発生することが想定される場合、このアプリケーションで使用するロボットは PFL 機能を備えているべきです。一方、ロボットの移動中に接触が発生しないことが想定される協働の場合は、SSM 又は SSM/PFL 機能を使用できます。 その他、以下のような安全機能も必要となる場合があります。 ● 保護停止 ● 力制限 ● 速度制限
---	---

▪ Soft axis-limiting ▪ Space limiting ▪ Position limiting These safety functions can have safety inputs and/or safety outputs. The specific safety functions selected for a given collaborative application can differ according to the collaborative technique(s) used in the application. That is, most of the safety functions required for SSM are different than those for PFL. If a given application utilizes both collaborative SSM and PFL techniques, then all of the safety functions above would be required. The required safety functions should be determined during the RA. Then, for each safety function, the RA establishes the functional risk reduction measures for each function. See Appendix 2 Example RA for more details about this process. 7. Does this robot application need additional risk reduction measures? Beyond the active safety functions listed above, a collaborative robot application typically requires both active and passive protective measures to provide added protection. These may include: Passive:	● ソフト軸制限 ● 空間制限 ● 位置制限 これらの安全機能には、安全入力と安全出力又はその両方が含まれます。特定の協働アプリケーションに選択される特定の安全機能は、そのアプリケーションで使用される協働技術によって異なります。つまり、SSM に必要な安全機能のほとんどは、PFL に必要な安全機能とは異なります。特定のアプリケーションで協働 SSM 及び PFL の両方の技術が使用される場合は、上記のすべての安全機能が必要になります。 必要な安全機能は RA 中に決定すべきです。次に、RA は各安全機能について、機能的リスク低減策を確立します。このプロセスの詳細については、付録 2「RA の例」を参照してください。 7. このロボットアプリケーションには、追加のリスク低減対策が必要ですか？ 協働ロボットアプリケーションでは、上記のアクティブセーフティ機能に加えて、通常、追加の保護対策として積極的な保護対策と受動的な保護対策の両方が必要です。具体的には、以下の対策が含まれます。 受動的な保護対策： ● エンドエフェクタ及び固定具の角とエッジを丸くする。
---	---

Active: ▪ Rounded corners and edges on the end-effector and fixture ▪ Padding on sharp corners and edges ▪ Eliminating projections on surfaces ▪ Compliant elements such as springs that limit force ▪ Smooth protective covers Presence-sensing interlocked coverings around the robot manipulator and/or end-effector that initiate a protective stop Similarly, as with non-collaborative robot applications, administrative controls and PPE can add protection to further reduce risk to workers. Appropriate administrative controls may include: ▪ Written application entry and exit procedures and training ▪ Lockout/tagout SOPs and training ▪ Collaborative space delineation (i.e., where can the robot system and application move?) [Delineation may be a diagram on the wall, painted lines on the floor, or	● 鋭角な角とエッジとにパッドを入れる。 ● 表面の突起物をなくす。 ● 力を制限するバネ等の柔軟な部品 ● 滑らかな保護カバー 積極的な保護対策： ● ロボットマニピュレータ及び／又はエンドエフェクタの周囲に、保護停止を作動させる存在検知インターロックカバーを設置する。 非協働型ロボットアプリケーションと同様に、管理上の管理策及び PPE（個人用保護具）によって保護を強化し、作業員のリスクをさらに低減できます。適切な管理上の管理策には、以下が含まれます。 ● アプリケーションの入退出手順とトレーニングの文書化 ● 電源遮断/警告表示の SOP（標準操作手順）とトレーニング ● 協働空間の境界設定（ロボットシステムとアプリケーションが移動できる
---	---

something else that conveys the information] ▪ Safety signs that warn workers that this is a collaborative robot application [Signs should be designed and mounted per OSHA 29 CFR 1910.145] ▪ Post signs stating mandatory PPE [The RA should identify required PPE] 8. Have contact events been considered in collaborative robot applications? Contact events can be either transient or quasi-static. Transient contact occurs when the worker's movement is not restricted at the time of contact (e.g., the worker's body part can move in free-space at the time of contact). Quasi-static contact occurs when a worker's body part is unable to move at the time of contact due to being restricted by a fixed object (e.g., trapped or pinched between the robot and a fixture). Contact events are usually expected in collaborative operations utilizing PFL safety functions, but can occur during other collaborative operation types, especially during non-routine tasks. During the RA, determine the expected contact areas on the worker body, possible contact types (i.e., transient or quasi-static), and the allowable force (see RIA TR R15.606-2016) for that body part and type of contact. Measure the pressure and/or other forces for each contact event prior to factory acceptance testing. Compare the measured pressure/force with the	場所) [境界設定は、壁の図、床のペイント線又は情報を伝えるその他の手段で行うことができます。] ● 協働型ロボットアプリケーションであることを作業員に警告する安全標識 [標識は、OSHA 29 CFR 1910.145 に従って設計及び設置する必要があります] ● 必須の PPE を示す標識の掲示 [RA は必要な PPE を特定すべきです。] 8. 協働ロボットアプリケーションにおいて、接触事象は考慮されていますか？ 接触事象は、過渡的接触又は準静的接触のいずれかです。過渡的接触は、接触時に作業者の動きが制限されていない場合（例：接触時に作業者の身体の一部が自由空間で動くことができる場合）に発生します。準静的接触は、作業者の身体の一部が固定物体によって制限されているため（例：ロボットと固定具との間に挟まれたりする。）、接触時に動くことができない場合に発生します。 接触事象は通常、PFL 安全機能を利用した協働作業で想定されますが、他の種類の協働作業、特に非定常作業中に発生する可能性があります。 RA（適応評価）では、作業者の身体の予想される接触領域、考えられる接触の種類（過渡的又は準静的）及び当該身体部位と接触の種類に許容される力（RIA TR R15.606-2016 を参照）を特定します。 工場受入試験の前に、各接触事象における圧力やその他の力を測定してください。測定された圧力／力を許容圧力／力と比較してください。 例えば、作業者がマニピュレーターに寄りかかった場合、接触するでしょう
---	--

allowable pressure/force. For example, if the worker leans into the manipulator, would they be struck? If yes, then where on the body would the worker be contacted (e.g., hand, shoulder, or thigh)? For each of these combinations (type of contact event and body region contacted), RIA TR R15.606-2016 provides the permissible biomechanical limits for force and contact pressure based on the location of the body being contacted. These limits are intended to avoid pain during contact events. [Note: robot contact with sensitive body regions (e.g., the face, temples, and throat) is to be prevented or avoided per RIA TR R15.606-2016.] RIA TR R15.606-2016 also provides guidance on the allowable speed to stay within the biomechanical limits during a transient contact event. See also RIA TR R15.806-2018, <i>Testing Methods for Power & Force Limited Collaborative Applications</i>, for specific guidance on how to measure pressure and forces. Then use this guidance to compare the pressures and other forces to the permissible biomechanical limits. The integrator should use the robot manufacturer's information (i.e., moving mass of the manipulator, speed capabilities) combined with the payload mass of the end-effector and/or workpiece to determine the maximum allowable speed for contact events. For PFL applications, the integrator should confirm that contact events do not exceed the force and pressure biomechanical limits. The user should periodically verify that the safety-function settings are still valid (e.g., speed limit has not increased or workpiece attributes changed). These measurements are performed	か？もしそうなら、作業者の体のどの部分に接触するでしょうか（例：手、肩又は太もも）。 これらの組み合わせ（接触イベントの種類と接触する身体部位）ごとに、RIA TR R15.606-2016 は、接触する身体的位置に基づいて、力と接触圧力との許容生体力学的限界を定めています。 これらの限界は、接触イベント中の痛みを回避することを目的としています。 [注：RIA TR R15.606-2016 に従い、ロボットが敏感な身体部位（例：顔、こめかみ、喉）に接触することは防止又は回避する必要があります。] RIA TR R15.606-2016 は、過渡的な接触イベント中に生体力学的限界内にとどまるための許容速度に関するガイダンスも提供しています。圧力及び力の測定方法に関する具体的なガイダンスについては、RIA TR R15.806-2018「力と力が制限される協調アプリケーションの試験方法」も参照してください。 その後、このガイダンスを使用して、圧力やその他の力を許容生体力学的限界と比較してください。インテグレーターは、ロボット製造元の情報（マニピュレーターの移動質量、速度能力等）とエンドエフェクタ及び/又はワークピースのペイロード質量とを組み合わせ、接触イベントの最大許容速度を決定する必要があります。 PFL アプリケーションの場合、インテグレーターは接触イベントが力と圧力の生体力学的限界を超えていないことを確認すべきです。 ユーザーは、安全機能の設定が有効であることを定期的に確認すべきです（例：速度制限が増加していないこと、ワークピースの特性が変化していないこと）。これらの測定は有資格の作業者によって実施され、結果は文書化されます。生体力学的限界を超えた場合は、リスク低減対策の追加、アプリケー
---	--

by a competent worker and the results documented. If a biomechanical limit is exceeded, safety function settings should be adjusted by adding risk reduction measures and/or by modifying or replacing the application.	シヨンの変更又は交換等により、安全機能の設定を調整すべきです。
---	---------------------------------

IX. Applicable OSHA and Industry Standards Regarding Industrial Robot System Safety	IX. 産業用ロボットシステムの安全性に関する OSHA 及び業界標準
The following OSHA and industry standards are identified as most likely to be relevant to current industrial robot applications. However, industrial robot applications continue to grow and, as a result, other standards may apply. A. OSHA Standards 1. 29 CFR 1910 Subpart D – Walking Working Surfaces ▪ 29 CFR 1910.22, General Requirements. Requires employers to adequately protect walking and working surfaces from hazards such as slips, trips, falls, and other hazards. Related Information 2. 29 CFR 1910 Subpart G – Occupational Health and Environmental Control ▪ 29 CFR 1910.95, Occupational Noise Exposure. Requires that employers evaluate and protect against the effects of	以下の OSHA 基準及び業界規格は、現在の産業用ロボットの用途に最も関連があると考えられます。ただし、産業用ロボットの用途は拡大し続けており、その結果、他の規格が適用される場合があります。 A. OSHA 基準 1. 29 CFR 1910 サブパート D – 歩行・作業面 ● 29 CFR 1910.22 一般要件。使用者は、歩行面及び作業面を滑り、つまずき、転倒及びその他の危険から適切に保護する必要があります。関連情報 2. 29 CFR 1910 サブパート G - 労働衛生及び環境管理 ● 29 CFR 1910.95 職業性騒音ばく露。使用者は、職場における騒音ばく露の影響を評価し、その影響から保護する必要があります。関連情報

noise exposure in the workplace. [Related Information](#)

3. [29 CFR 1910 Subpart I](#) – Personal Protective Equipment. Requires that employers perform a PPE hazard assessment, establish PPE requirements as a result of the hazard assessment, and use PPE as required.
4. [29 CFR 1910 Subpart J](#) - General Environmental Controls
 - [29 CFR 1910.147](#), The Control of Hazardous Energy (Lockout/Tagout). Requires the use of lockout/tagout when performing maintenance or servicing activities on equipment with hazardous energy sources, or during limited operating activities as outlined in 1910.147(a)(2)(ii)(A) & (B). [Related Information](#)
5. [29 CFR 1910 Subpart O](#) - Machinery and Machine Guarding
 - [29 CFR 1910.211](#), Definitions. [Related Information](#)
 - [29 CFR 1910.212](#), General Requirements for all Machines. Requires employers to provide protections such as machine guards to protect workers from the moving parts of operating machines. States that any machines that creates a hazard must be safeguarded in order to protect the operator and other employees. [Related Information](#)
 - [29 CFR 1910.213](#), Woodworking machinery requirements.

3.29 CFR 1910 サブパート I - 個人用保護具。使用者は PPE の危険性評価を実施し、危険性評価の結果として PPE 要件を確立し、必要に応じて PPE を使用することが義務付けられます。

4. 29 CFR 1910 サブパート J - 一般的な環境管理

- 29 CFR 1910.147、危険エネルギーの管理（電源遮断/警告表示）。危険エネルギー源を備えた機器の保守又は整備作業若しくは1910.147(a)(2)(ii)(A)及び(B)に規定される限定的な運転作業を行う際に、電源遮断/警告表示の使用を義務付けています。関連情報。

5. 29 CFR 1910 サブパート O - 機械及び機械保護

- 29 CFR 1910.211 定義。関連情報
- 29 CFR 1910.212 すべての機械に関する一般要求事項。稼働中の機械の可動部から労働者を保護するため、機械保護装置等の保護装置を設置することを使用者に義務付けています。危険を生じる機械は、オペレーター及びその他の被雇用者を保護するために保護装置を備えなければならないと規定しています。関連情報。
- 29 CFR 1910.213 木工機械に関する要件。関連情報

Related Information ▪ 29 CFR 1910.215, Abrasive wheel machinery. Related Information ▪ 29 CFR 1910.216, Mills and calendars in the rubber and plastics industries. Related Information ▪ 29 CFR 1910.217, Mechanical power presses. Related Information 6. 29 CFR 1910 Subpart S - Electrical. Requires employers to provide and install electrical equipment such as wiring, conduit, boxes, breakers, motors, etc., to safe standards. Also establishes marking, labelling, safe distances, and working requirements based on voltages and other hazards. B. ANSI, ANSI/RIA, ANDI/ISO, RIA and ISO Standards ANSI requires that standards be reaffirmed or revised on roughly a 5-year schedule. RIA policy is to develop and revise ISO standards and then nationally adopt the revised ISO standards as an ANSI/RIA or RIA standard. As a result, ANSI/RIA R15.06-2012 will be updated following the revision of ISO 10218-1 and ISO 10218-2, which is in progress. Use of current standards and their accompanying technical reports is a best practice since both robot system and application technology and safety functions	● 29 CFR 1910.215 研磨ホイール機械。関連情報 ● 29 CFR 1910.216 ゴム及びプラスチック産業における圧延機及びカレンダー（光沢機）。関連情報 ● 29 CFR 1910.217 機械式動力プレス。関連情報 6.29 CFR 1910 サブパート S - 電気。雇用主は、配線、コンジット、ボックス、ブレーカー、モーター等の電気機器を安全基準に従って設置・提供する必要があります。 また、電圧やその他の危険に基づいて、マーキング、ラベル、安全距離及び作業要件を定めています。 B.ANSI（アメリカ規格協会）、ANSI/RIA、ANDI/ISO、RIA 及び ISO 規格 ANSI は、規格を約 5 年ごとに再確認又は改訂することを義務付けています。RIA の方針は、ISO 規格を策定し、及び改訂し、改訂された ISO 規格を ANSI/RIA 又は RIA 規格として国内で採用することです。その結果、ANSI/RIA R15.06-2012 は、現在進行中の ISO 10218-1 および ISO 10218-2 の改訂に続いて更新されることになります。 ロボットシステムとアプリケーション技術、そして安全機能はどちらも進歩し続けているため、最新の規格及びそれに付随する技術報告書を使用することが好事例です。
--	--

continue to make advancements. ▪ ANSI/RIA R15.06-2012, <i>Industrial Robots and Robot Systems - Safety Requirements</i>. Provides safety requirements for industrial robot manufacture, remanufacture, and rebuild (Part 1); and robot system integration/installation (Part 2). This standard is the U.S. National Adoption of ISO 10218-1:2011 and ISO 10218-2:2011. ▪ ANSI B11.0, <i>Safety of Machinery – General Requirements and Risk Assessment</i>. Applies to new, existing, modified, or rebuilt power-driven machines, not portable by hand while working, used to shape and/or form metal or other materials by cutting, impact, pressure, electrical, or other processing techniques, or a combination of these processes. This can be a single machine, a machine tool, or a machine tool system(s), and may include industrial robot(s) and robot system(s). Also contains guidance on performing risk assessments. ▪ ANSI B11.20, <i>Safety Requirements for Integrated Manufacturing Systems</i>. Specifies the safety requirements for the design, construction, set-up, operation, and maintenance (including installation, dismantling and transport) of integrated manufacturing systems, which may include industrial robot(s) and robot system(s). ▪ RIA TR R15.306-2016, <i>Task-Based RA Methodology</i>. Describes	● ANSI/RIA R15.06-2012、産業用ロボット及びロボットシステム - 安全要件。産業用ロボットの製造、再製造及び再構築（パート 1）並びにロボットシステムの統合／設置（パート 2）に関する安全要件を規定しています。この規格は、ISO 10218-1:2011 及び ISO 10218-2:2011 の米国における国家規格です。 ● ANSI B11.0、機械の安全性 - 一般要件及びリスクアセスメント。切削、衝撃、圧力、電気、その他の加工技術又はこれらのプロセスの組み合わせによって金属若しくはその他の材料を成形及び／又は加工するために使用される、作業中に手で持ち運ぶことができない新規、既存、改造又は再構築された動力駆動機械に適用されます。これは、単一の機械、工作機械又は工作機械システムであり、産業用ロボット及びロボットシステムを含む場合があります。リスクアセスメントの実施に関するガイダンスも含まれています。 ● ANSI B11.20、統合製造システムの安全要件。産業用ロボット及びロボットシステムを含む統合製造システムの設計、構築、セットアップ、運用、保守（設置、解体及び輸送を含む。）に関する安全要件を規定しています。 ● RIA TR R15.306-2016、タスクベース RA 方法論。R15.06-2012 の要件に準
--	--

one method of performing an RA that would comply with the R15.06-2012 requirements. ▪ RIA TR R15.506-2014, <i>Applicability of R15.06-2012 for Existing Industrial Robot Applications</i>. The R15.06-2012 standard is forward-looking; that is, its primary topic is the installation of an all-new robot systems and applications. Explains how to take the R15.06-2012 standard into account for existing robot systems and applications. ▪ RIA TR R15.606-2016, <i>Collaborative Robot Safety</i>. Explains safety requirements specific to collaborative robot systems and applications, and is supplemental to the guidance in ANSI/RIA R15.06-2012. This standard is the U.S. National Adoption of ISO/TS 15066:2016. ▪ RIA TR R15.706-2019, <i>User Responsibilities</i>. Describes the responsibilities of the user (employer) that are in the other standards. Describes requirements for RA and training of workers. Offers suggestions for interaction with integrators and the supply chain. ▪ RIA TR R15.806-2018, <i>Testing Methods for Power & Force Limited Collaborative Applications</i>. Describes methods to test and verify that the pressure and other forces exerted by a collaborative robot application remain within the allowable limits described in	拠する RA 実施方法の一つを説明しています。 ● RIA TR R15.506-2014 : 既存の産業用ロボットアプリケーションへの R15.06-2012 の適用性。R15.06-2012 規格は将来を見据えたものであり、主なトピックは全く新しいロボットシステム及びアプリケーションの導入です。既存のロボットシステム及びアプリケーションに R15.06-2012 規格をどのように適用するかについて説明しています。 ● RIA TR R15.606-2016 : 協働ロボットの安全性。協働ロボットシステム及びアプリケーションに固有の安全要件について説明し、ANSI/RIA R15.06-2012 のガイダンスを補足するものです。この規格は、ISO/TS 15066:2016 の米国国家規格です。 ● RIA TR R15.706-2019、ユーザーの責任。他の規格に記載されているユーザー（使用者）の責任について説明しています。RA（Responsibilities : 責任の所在確認）及び被雇用者のトレーニングに関する要件を説明しています。インテグレーターやサプライチェーンとの連携に関する提案も提供しています。 ● RIA TR R15.806-2018、力と力の制限がある協働アプリケーションの試験方法。協働ロボットアプリケーションによって加えられる圧力やその他の力が、TR R15.606-2016 に記載されている許容限度内に収まっているかどうかを試験及び検証する方法について説明しています。
--	--

C. International Organization for Standardization (ISO) Standards

- ISO TC 299, *Robotics*. Develops high quality standards for the safety of industrial robots and service robots to enable innovative robotic products to be brought onto the market. In addition, ISO TC 299 develops non-safety standards in fields like terminology, performance measurement, and modularity.
- ISO 10218-1:2011, *Robots for industrial environments - Safety requirements - Part 1: Robots*. Specifies requirements and guidelines for inherently safe design, safeguards and other protective measures, and information for use of industrial robots. It describes basic hazards associated with robots, and provides requirements to eliminate or adequately reduce the risks associated with these hazards.
- ISO 10218-2:2011, *Robots for industrial environments - Safety requirements - Part 2: Robot systems and integration*. Specifies requirements and guidelines for the safe integration of an industrial robot system into a complete robot application, which includes end-effectors and other related equipment. This document describes basic hazards associated with robot systems, and provides requirements to eliminate or adequately reduce the

C. 国際標準化機構（ISO）規格

- ISO TC 299 ロボティクス。革新的なロボット製品の市場投入を可能にするため、産業用ロボット及びサービスロボットの安全性に関する高品質な規格を策定しています。さらに、ISO TC 299 は、用語、性能測定及びモジュール性といった分野における非安全規格も策定しています。
- ISO 10218-1:2011 産業環境向けロボット - 安全要求事項 - パート 1：ロボット。本質的に安全な設計、安全装置及びその他の保護手段並びに産業用ロボットの使用に関する情報に関する要件及びガイドラインを規定しています。ロボットに関連する基本的な危険について説明し、これらの危険に関連するリスクを排除または適切に低減するための要件を示しています
- ISO 10218-2:2011 産業環境向けロボット - 安全要求事項 - パート 2：ロボットシステム及び統合。産業用ロボットシステムを、エンドエフェクタやその他の関連機器を含む完全なロボットアプリケーションに安全に統合するための要件及びガイドラインを規定します。この文書では、ロボットシステムに関連する基本的な危険性について説明し、これらの危険性に関連するリスクを排除又は適切に低減するための要件を示します。

risks associated with these hazards. - ISO/TS 15066:2016, <i>Collaborative Robot Safety</i>. Gives information about how to implement a collaborative robot application so that safety for the worker is provided. - ISO/TR 20218-1:2018, <i>Safety Design for End-effectors</i>. Provides guidance on the design and implementation of end-effectors (EOATs) and end-effector exchange systems for safety of workers, in both collaborative and non-collaborative applications. - ISO/TR 20218-2:2017, <i>Safety Design for Manual Load/ Unload Stations</i>. Provides guidance on the design of manual load/unload stations that will be safe for workers. D. American Welding Society (AWS) - AWS D16.1M/D16.1, <i>Specification for Robotic Arc Welding Safety</i>. Identifies hazards involved in maintaining, operating, integrating, and setting up arc welding robot applications.	- ISO/TS 15066:2016、協働ロボットの安全性及び作業者の安全を確保するための協働ロボットアプリケーションの実装方法に関する情報を提供します。 - ISO/TR 20218-1:2018、エンドエフェクタの安全設計。協働アプリケーションと非協働アプリケーションとの両方において、作業者の安全を確保するためのエンドエフェクタ（EOAT）及びエンドエフェクタ交換システムの設計と実装に関するガイダンスを提供します。 - ISO/TR 20218-2:2017、手動ロード/アンロードステーションの安全設計。作業者にとって安全な手動ロード/アンロードステーションの設計に関するガイダンスを提供します。 D. アメリカ溶接協会（AWS） AWS D16.1M/D16.1、ロボットアーク溶接の安全性に関する仕様。アーク溶接ロボットアプリケーションの保守、操作、統合及び設定に伴う危険性を特定します。
---	---

X. Considerations for Evaluating Robotic Safety Systems	X. ロボット安全システムの評価に関する考慮事項
---	--------------------------

The following is a summary of the content found in this chapter that may be useful when evaluating robotic safety systems and associated safety and health programs elements. A. Review the <i>Robot Application Hazards by Process</i> section of this chapter for lists of the common hazards found in each process. B. Obtain and review the applicable robot system risk assessment(s) prior to robot system evaluation(s). C. Review and evaluate relevant OSHA standards as listed in <i>Section IX Applicable OSHA and Industry Standards Regarding Industrial Robot System Safety</i>. D. Evaluate that all robots, end-effectors, and the completed robot applications meet the requirements necessary to ensure safe operation by operators and workers. Refer to ANSI/RIA R15.06-2012. E. Evaluate if older or obsolete robots, robot systems, and/or applications are rebuilt or remanufactured to determine if they should be upgraded to conform to current industry standards. Refer to RIA TR R15.506-2014. F. Review and evaluate assembly, installation, and testing procedures. G. Review work areas to assure that assembly, installation, and testing are, or have been performed safely and per established procedures.	以下は、ロボット安全システム及び関連する安全衛生プログラムの要素を評価する際に役立つ可能性のある、本章の内容の要約です。 A. 各プロセスで共通する危険のリストについては、本章の「プロセス別ロボット適用の危険」セクションを参照してください。 B. ロボットシステムの評価に先立ち、該当するロボットシステムのリスクアセスメントを入手し、見直して（レビューして）ください。 C. セクション IX「産業用ロボットシステムの安全性に関する適用可能な OSHA 及び業界規格」に記載されている関連する OSHA 規格をレビューし、評価してください。 D. すべてのロボット、エンドエフェクタ及び完成したロボットアプリケーションが、操作者及び作業員の安全な操作を確保するために必要な要件を満たしていることを評価する。ANSI/RIA R15.06-2012 を参照のこと。 E. 旧式又は廃止されたロボット、ロボットシステム、及び／又はアプリケーションが改造又は再製造される場合、現行の業界基準に適合させるためのアップグレードが必要かどうかを判断する。RIA TR R15.506-2014 を参照のこと。 F. 組立、設置及び試験手順をレビューし評価する。 G. 作業エリアを点検し、組立、設置及び試験が安全かつ確立された手順に従って実施されている（又は実施された）ことを確認する。
--	--

H. Review that robot systems and robot applications are installed in accordance with the manufacturer's requirements, industry standards, and applicable OSHA general industry and/or construction standards. I. Review that temporary risk reduction measures should be used to minimize the hazards associated with the installation of new equipment. The facilities, peripheral equipment, and operating conditions which should be considered are: ▪ Installation specifications ▪ Physical facilities ▪ Electrical facilities ▪ Action of peripheral equipment integrated with the robot ▪ Identification requirements ▪ Collaborative or non-collaborative robot application ▪ Mobile robot applications ▪ Control and emergency stop requirements ▪ Special operating procedures or conditions J. Review that the recommended minimum requirements of Part 2, Clause 5 of ANSI/RIA R15.06-2012 are followed to ensure safe operating practices	H ロボットシステム及びロボットアプリケーションが、製造元の要求事項、業界標準並びに適用される OSHA 一般産業及び／又は建設基準に従って設置されていることを確認すること。 I. 新規設備の設置に伴う危険を最小限に抑えるため、一時的なリスク低減措置を講じるべきであることを確認すること。考慮すべき施設、周辺機器、及び運転条件は以下のとおりである： ● 設置仕様 ● 物理的設備 ● 電気設備 ● ロボットと統合された周辺機器の動作 ● 識別要件 ● 協働ロボット又は協働ロボットの適用 ● 移動ロボットの応用 ● 制御及び緊急停止の要件 ● 特別な操作手順又は条件 J. ロボット及びロボットシステムの安全な運用慣行と安全な設置を確保するため、ANSI/RIA R15.06-2012 第 2 部第 5 条の推奨される最低要件が遵守されていることを確認すること。
---	---

and safe installation of robots and robot systems. K. Review the task-based risk assessment (RA) that should have been completed by integrator and with the involvement of the users and workers prior to commissioning. See <i>Section VI Safety Considerations for Employers and Workers</i>, and <i>Section VII Risk Assessments (RAs)</i>. L. Review that the integrator utilized the RA(s) developed during the integration process to ensure that safeguards and other risk reduction measures have been adequately selected and put into place. See <i>Section VIII Risk Reduction Measures</i>. M. Review that during initial commissioning of robot systems, as well as after remanufacture, rebuild, maintenance, and/or servicing, that adequate safeguards and other risk reduction measures are in place and functioning as designed. See <i>Section VI Safety Considerations for Employers and Workers</i>, and <i>Section VII Risk Assessments (RAs)</i>. N. Review that all hazards have been properly identified. See <i>Section V Hazards Associated with Industrial Robot Applications</i>. O. Review that the RA(s) received from the integrator have been reviewed, modified as necessary, and followed by the users. Review that additional task-based risk assessments have been prepared for any new or modified operating or maintenance tasks before they are performed. See <i>Section VII Risk Assessments (RAs)</i>.	K. 試運転前にインテグレーターが完了すべきであり、ユーザー及び作業員の関与のもとで行われるべきタスクベースのリスクアセスメント（RA）を確認すること。 第 VI 章「使用者及び作業員のための安全上の考慮事項」及び第 VII 章「リスクアセスメント（RA）」を参照のこと。 L. 統合プロセス中に開発されたリスク評価（RA）を統合業者が活用し、安全対策及びその他のリスク低減措置が適切に選定され、及び実施されていることを確認すること。第 VIII 章「リスク低減措置」を参照。 M. ロボットシステムの初期試運転時並びに再製造、改造、保守及び／又は点検後の段階で、適切な安全装置及びその他のリスク低減措置が設置され、設計どおりに機能していることを確認すること。第 VI 章「使用者及び作業員に対する安全上の考慮事項」及び第 VII 章「リスク評価（RA）」を参照。 N. すべての危険因子が適切に特定されていることを確認する。セクション V「産業用ロボット応用に関連する危険因子」を参照のこと。 O. システムインテグレーターから提供されたリスクアセスメント（RA）がユーザーによって確認され、必要に応じて修正され、遵守されていることを確認する。新規又は変更された操作若しくは保守作業を実施する前に、作業ベースの追加リスクアセスメントが作成されていることを確認する。セクション VII「リスクアセスメント（RA）」を参照のこと。
---	--

P. Based on the results of the RA and manufacturer's information, review that maintenance plans which include identifying critical components and the frequency of inspections and testing have been developed. Q. Review that safeguards and other controls are not disabled or removed and that they are functioning properly before any worker exposure to the robot application is permitted. R. Review that employees are adequately trained to understand the hazards, risks, and risk reduction measures that are in place and that they are followed before working on or with industrial robot systems. S. Review that employees are adequately trained to understand the procedures to follow for safe operation and maintenance, including means for reducing risks, before working on or with industrial robot applications. T. Review that the training includes awareness training for those employees who are not affiliated with the operation of the robot system but who may pass the perimeter guarding as part of their job duties (e.g. housekeeping or warehousing employees). U. Review that the software was designed, written, and tested in accordance with ISO 13849-2 and ISO 10218-2 2011 Section 7.2.1. V. Review the ANSI, ANSI/RIA, and RIA Standards section above for the applicable standards and technical reports associated with operations and maintenance activities.	P. RA の結果及び製造元の情報に基づき、重要部品の特定並びに点検及び試験の頻度を含む保守計画が策定されていることを確認すること。 Q. 作業員がロボットアプリケーションに接触する前に、安全装置その他の制御装置が無効化又は除去されておらず、適切に機能していることを確認すること。 R. 作業員が、産業用ロボットシステムでの作業又は操作前に、存在する危険性、リスク及びリスク低減措置を理解し、それらに従うよう十分に訓練されていることを確認すること。 S. 作業員が産業用ロボットアプリケーションの作業又は操作を行う前に、安全な操作及び保守手順（リスク低減手段を含む。）を理解するための十分な訓練を受けていることを確認すること。 T. ロボットシステムの運用に関与していないが、業務の一環として周辺警備区域を通過する可能性のある作業員（例：清掃作業員や倉庫作業員）に対する認識向上トレーニングが訓練に含まれていることを確認すること。 U. ソフトウェアが ISO 13849-2 及び ISO 10218-2 2011 第 7.2.1 項に準拠して設計、記述及びテストされたことを確認すること。 V 運用及び保守活動に関連する適用規格及び技術報告書については、上記の ANSI、ANSI/RIA 及び RIA 規格のセクションを参照してください。
--	---

XI. References	XI. 参考文献
OSHA ▪ <i>OSHA Robotics Safety and Health Topics Page</i> ▪ <i>OSHA Control of Hazardous Energy (Lockout/Tagout) Safety and Health Topics Page</i> ▪ OSHA Publication No. 3170. <i>Amputations: Safeguarding Equipment and Protecting Employees from Amputations</i> ▪ OSHA Publication No. 3071. <i>Job Hazard Analysis</i> ▪ <i>OSHA Machine Guarding Safety and Health Topic Page</i> ▪ <i>OSHA Training Requirements and Resources</i> ▪ <i>OSHA Working Safely with Electricity Fact Sheet</i> It is recommended to use the most current edition of ANSI, RIA and ISO documents as they are revised periodically to reflect changing technology, safety capabilities, and safety requirements. ANSI ▪ ANSI/ISO 12100-2012, <i>Safety of Machinery – General Principles for</i>	OSHA ● OSHA ロボット工学の安全衛生トピックページ ● OSHA 危険エネルギー管理（電源遮断/警告表示）安全衛生トピックページ ● OSHA 刊行物 No. 3170. 切断事故：設備の安全対策と従業員の切断事故防止 ● OSHA 刊行物 No. 3071. 作業危険分析 ● OSHA 機械防護の安全衛生トピックページ ● OSHA 研修要件とリソース ● OSHA 電気作業の安全に関するファクトシート] ANSI、RIA 及び ISO の文書は、技術の変化、安全性能及び安全要件を反映するために定期的に改訂されるため、最新版の使用が推奨されます。 ANSI ● ANSI/ISO 12100-2012, 機械の安全 – 設計、リスク評価及びリスク低減に

<i>Design, RA and Risk Reduction</i> ▪ ANSI/RIA R15.06-2012, <i>Industrial Robots and Robot Systems - Safety Requirements</i> ▪ ANSI/UL1740-2019, <i>Standard for Safety: Robots and Robotic Equipment</i> RIA ▪ RIA TR R15.306-2016, <i>Technical Report for Industrial Robots and Robot Systems — Safety Requirements — Task-Based RA Methodology</i> ▪ RIA TR R15.406-2012, <i>Technical Report for Industrial Robots and Robot Systems — Safety Requirements — Safeguarding</i> ▪ RIA TR R15.506-2014, <i>Technical Report for Industrial Robots and Robot Systems — Safety Requirements — Applicability of R15.06-2012 for Existing Industrial Robot Applications</i> ▪ RIA TR R15.606-2016, <i>Technical Report for Industrial Robots and Robot Systems — Safety Requirements — Collaborative Robots</i> ▪ RIA TR R15.706-2019, <i>Technical Report for Industrial Robots and Robot Systems — Safety Requirements — User Responsibilities</i> ▪ RIA TR R15.806-2018, <i>Technical Report for Industrial Robots and Robot Systems — Safety Requirements — Testing Methods for Power & Force Limited Collaborative Applications</i>	関する一般原則 ● ANSI/RIA R15.06-2012, 産業用ロボット及びロボットシステム – 安全要件 ● ANSI/UL1740-2019, 安全規格：ロボット及びロボット機器 RIA ● RIA TR R15.306-2016, 産業用ロボット及びロボットシステムに関する技術報告書 – 安全要件 – タスクベースのリスク評価手法 ● RIA TR R15.406-2012, 産業用ロボット及びロボットシステムに関する技術報告書 – 安全要件 – 安全装置 ● RIA TR R15.506-2014, 産業用ロボット及びロボットシステムに関する技術報告書 – 安全要件 – 既存産業用ロボットアプリケーションにおける R15.06-2012 の適用性 ● RIA TR R15.606-2016, 産業用ロボット及びロボットシステムに関する技術報告書 – 安全要件 – 協働ロボット ● RIA TR R15.706-2019, 産業用ロボット及びロボットシステムに関する技術報告書 – 安全要件 – ユーザーの責任 ● RIA TR R15.806-2018, 産業用ロボット及びロボットシステムに関する技術報告書 – 安全要件 – 動力・力制限型協働アプリケーションの試験方法
---	---

▪ <u>Robotics Industries Association Resource Page</u> ISO ▪ ISO TC 299, <i>Robotics</i> ▪ ISO 10218-1:2011, <i>Robots and robotic devices — Safety requirements for industrial robots — Part 1: Robots</i> ▪ ISO 10218-2:2011, <i>Robots and robotic devices — Safety requirements for industrial robots — Part 2: Robot systems and integration</i> ▪ ISO 13849-1:2015, <i>Safety of Machinery, Safety-related parts of control systems, Part 1: General Principles of Design</i> ▪ ISO 13849-2:2015, <i>Safety of Machinery, Safety-related parts of control systems, Part 2: Validation</i> ▪ ISO/TS 15066:2016, <i>Robots and robotic devices — Collaborative robots</i> ▪ ISO/TR 20218-1:2018, <i>Robotics — Safety design for industrial robot systems — Part 1: End-effectors</i> ▪ ISO/TR 20218-2:2017, <i>Robotics — Safety design for industrial robot systems — Part 2: Manual load/unload stations</i> Other	● ロボティクス産業協会リソースページ ISO ● ISO TC 299, ロボティクス ● ISO 10218-1:2011, ロボット及びロボット装置 – 産業用ロボットの安全要求事項 – 第 1 部: ロボット ● ISO 10218-2:2011, ロボット及びロボット装置 – 産業用ロボットの安全要求事項 – 第 2 部: ロボットシステム及び統合 ● ISO 13849-1:2015, 機械の安全、安全関連制御システムの構成要素、第 1 部：設計の基本原則 ● ISO 13849-2:2015, 機械の安全、安全関連制御システムの構成要素、第 2 部：検証 ● ISO/TS 15066:2016, ロボット及びロボット装置 – 協働ロボット ● ISO/TR 20218-1:2018, ロボティクス – 産業用ロボットシステムの安全設計 – 第 1 部: エンドエフェクタ ● ISO/TR 20218-2:2017, ロボティクス – 産業用ロボットシステムの安全設計 – 第 2 部: 手動積載/荷卸しステーション その他
---	---

▪ AWS D16.1M/D16.1, <i>Specification for Robotic Arc Welding Safety</i>. ▪ CSA Z434-14, <i>Industrial Robots and Robot Systems</i>. ▪ NFPA 79, <i>Electrical Standard for Industrial Machinery</i> ▪ <i>National Institute of Standards and Technology Robotics in Manufacturing Page</i> ▪ <i>National Institute of Standards and Technology Robotics Test Facility</i> ▪ <i>National Science Foundation – Robotics</i> ▪ <i>NIOSH Robotics Workplace Safety and Health Topics Page</i>	● AWS D16.1M/D16.1, ロボットアーク溶接安全仕様書 ● CSA Z434-14, 産業用ロボット及びロボットシステム ● NFPA 79, 産業機械用電気規格 ● 米国国立標準技術研究所 製造におけるロボット技術ページ ● 国立標準技術研究所 ロボティクス試験施設 ● 国立科学財団 - ロボティクス ● NIOSH ロボティクス 職場安全衛生トピックスページ
--	---

Appendix 1. Glossary for Industrial Robot Systems and Applications	付録 1. 産業用ロボットシステム及び応用に関する用語集
Application Program – The set of instructions that defines the specific intended tasks of robots and robot systems. This program may be originated and modified by the robot user. Attended Program Verification – The time when a person within the restricted envelope (space) verifies the robot's programmed tasks at programmed speed. Automatic Guided Vehicle (AGV) systems – Advanced material-handling or conveying systems that involve a driverless vehicle which follows a guide-path.	アプリケーションプログラム - ロボット及びロボットシステムの特定の意図されたタスクを定義する一連の指示。このプログラムはロボットユーザーによって作成及び変更される場合がある。 有人プログラム検証 - 制限されたエンベロープ（空間）内の人が、プログラムされた速度でロボットのプログラムされたタスクを検証する時間。 自動搬送車（AGV）システム - ガイドパスに沿って走行する無人車両を用いた先進的な資材運搬または搬送システム。

Axis – A direction that is used to state the motion of a robot in a linear or rotary mode; the line about which a rotating body (such as a tool) turns. Coordinated Straight Line Motion – Control wherein the axes of the robot arrive at their respective end points simultaneously, giving a smooth appearance to the motion wherein the motions of the tool center point moves along a pre-specified linear path. Enabling Device – A manually operated device that permits motion when continuously activated. ANSI/RIA R15.06-2012 requires a 3-position enabling device where release of, or compression of, the device stops robot system motion and motion of associated equipment that may present a hazard. End-effector – An accessory device or tool specifically designed for attachment to the robot wrist or tool mounting plate to enable the robot to perform its intended task. Examples may include gripper, spot-weld gun, arc-weld gun, spray-paint gun, inspection camera, adhesive dispenser, or any other application tools. End-effector Manufacturer – A company or business involved in the design, fabrication and assembly of end-effectors (EOAT) and/or end-effector exchange systems. Industrial Robot – A reprogrammable, multifunctional manipulator designed to move material, parts, tools, or specialized devices through variable programmed motions for the performance of a variety of tasks. Industrial Robot Application – An application that includes industrial robot	軸 - ロボットの直線運動又は回転運動を記述するために用いられる方向。回転体（工具等）が回転する中心線 協調直線運動 - ロボットの各軸がそれぞれの終点に同時に到達する制御方式。工具中心点が予め指定された直線経路に沿って移動する滑らかな動作を実現する。 有効化装置 – 継続的に作動させることで動作を許可する手動操作装置。ANSI/RIA R15.06-2012 では、装置の解放又は押圧によりロボットシステム動作及び危険を及ぼす可能性のある関連機器の動作を停止させる 3 ポジション式有効化装置が要求される。 エンドエフェクタ – ロボットのリスト部又は工具取付プレートに取り付けるために特別に設計された付属装置又は工具で、ロボットが意図された作業を実行できるようにする。例としては、グripper、スポット溶接ガン、アーク溶接ガン、スプレー塗装ガン、検査カメラ、接着剤ディスペンサー、その他の応用工具等が挙げられる。 エンドエフェクタ製造業者 – エンドエフェクタ（EOAT）及び／又はエンドエフェクタ交換システムの設計、製造、組立に携わる企業又は事業体 産業用ロボット – 様々なタスクを遂行するため、材料、部品、工具又は特殊装置を可変的なプログラム動作で移動させるよう設計された、再プログラム可能な多機能マニピュレータ 産業用ロボットアプリケーション – 産業用ロボットシステム、エンドエフェク
---	---

systems, the end-effector, the workpiece, and safeguards. Industrial Robot System – A system that includes industrial robots, the end-effectors, and the devices and sensors required for the robots to be taught or programmed, or for the robots to perform the intended automatic operations, as well as the communication interfaces required for interlocking, sequencing, or monitoring the robots. Joint Motion – A method for coordinating the movement of the joints such that all joints arrive at the desired location simultaneously wherein the motion of the tool center point travels along a curved path. Kinematics – The actual arrangement of rigid members and joints in the robot, which determines the robot's possible motions. Classes of robot kinematics include articulated, Cartesian, parallel, and SCARA. Limiting Device – A device that restricts the maximum envelope (space) by stopping or causing to stop all robot motion and is independent of the control program and the application programs. Manual Mode – A mode of operating the robot in which a trained operator (programmer; teacher) typically uses a portable control device (a teach pendant) to teach a robot its task(s) manually. Robot speeds during manual mode are limited to less than 10 inches (250 mm) per second, to reduce hazards to the teacher. Maximum Space – The volume of space encompassing the maximum designed movements of all robot parts including the end-effector, workpiece, and	タ、ワークピース及び安全装置を含むアプリケーション。 産業用ロボットシステム – 産業用ロボット、エンドエフェクタ、ロボットのティーチングやプログラミング又は意図された自動操作の実行に必要な装置やセンサー並びにロボットの連動及びシーケンス制御、監視に必要な通信インターフェースを含むシステム 関節運動 – 工具中心点が曲線経路に沿って移動する際に、全ての関節が同時に所定位置に到達するよう関節の動きを調整する方法 運動学 – ロボットの剛体部材と関節の実際の配置であり、ロボットの可能な動作を決定する。ロボット運動学の分類には、関節式、直交式、並列式、スカラ式がある。 制限装置 – 制御プログラムやアプリケーションプログラムとは独立して、ロボットの全動作を停止又は停止させることで最大動作範囲（空間）を制限する装置。 手動モード – 訓練を受けた操作者（プログラマー／ティーチャー）が通常、携帯型制御装置（ティーチペンダント）を用いてロボットに作業を直接教える操作モード。手動モード時のロボット速度は、ティーチャーへの危険を低減するため、毎秒 10 インチ（250mm）未満に制限される。 最大動作空間 – エンドエフェクタ、ワークピース、アタッチメントを含む全てのロボット部品の設計最大動作範囲を包含する空間の体積。
---	---

attachments. Mobile Robot – A self-propelled and self-contained robot that navigates autonomously within its operating environment to reach specified locations; designed to automate transport tasks. Muting – The deactivation of a presence-sensing safeguarding device during a portion of the robot cycle. Numerically Controlled Machine Tools – Operated by a series of coded instructions comprised of numbers, letters of the alphabet, and other symbols. These are translated into pulses of electrical current or other output signals that activate motors and other devices to run the machine. Operating Space – That portion of the restricted envelope (space) that is actually used by the robot while performing its programmed motions. Presence-Sensing Safeguarding Device – A device designed, constructed, and installed to create a sensing field or area to detect an intrusion into the field or area by workers, robots, or other objects. Repeatability – How well the robot will return to a programmed position. Restricted Space – That portion of the maximum envelope (space) to which a robot is restricted by limiting devices. The maximum distance that the robot can travel after the limiting device is actuated defines the boundaries of the restricted envelope of the robot. (Note: the safeguarding interlocking logic and robot program may redefine the restricted envelope as the robot performs its application	移動ロボット – 動作環境内で自律的に移動し指定位置に到達する、自走式かつ独立動作型のロボット。輸送作業の自動化を目的として設計される。 ミュート – ロボットサイクルの一部において、存在検知安全装置を無効化すること。 数値制御工作機械 – 数字、アルファベット、その他の記号で構成される一連のコード化された指令によって操作される。これらは電気パルスやその他の出力信号に変換され、モーターやその他の装置を駆動して機械を動作させる。 動作空間 – ロボットがプログラムされた動作を実行する際に実際に使用する制限エンベロープ（空間）。 存在検知安全装置 – 作業者、ロボット、その他の物体による検知領域への侵入を検出するための検知フィールドまたは領域を形成するよう設計、構築、設置された装置 再現性 – ロボットがプログラムされた位置にどれだけ正確に戻るか。 制限空間 – 制限装置によってロボットが制約される最大動作範囲（空間）の一部。制限装置作動後にロボットが移動できる最大距離が、ロボットの制限動作範囲の境界を定義する。（注：安全装置の連動ロジックとロボットプログラムは、ロボットがアプリケーションプログラムを実行する際に制限動作範囲を再定義する場合がある。ANSI/RIA R15.06-2012 規格第 2 部 5.4.4 項参照）。
---	--

program. See Part 2, Clause 5.4.4 of the ANSI/RIA R15.06-2012 standard). Robot Manufacturer – A company or business involved in the design, fabrication, and/or assembly of robot systems. Robot Integrator – A company or business who either directly or through a subcontractor will assume responsibility for the design, fabrication, and integration of the required robot, robotic peripheral equipment, and other required ancillary equipment for a particular robot application. Single Point of Control – The ability to operate the robot such that initiation or robot motion from one source of control is possible only from that source and cannot be overridden from another source. Tele-operators – Robotic devices comprised of sensors and actuators for mobility and/or manipulation and are controlled remotely by a worker operator. Teach – The generation and storage of a series of positional data points effected by moving the robot arm through a path of intended motions. Tool Center Point (TCP) – The origin of the tool coordinate system.	ロボットメーカー - ロボットシステムの設計、製造及び／又は組立に携わる企業又は事業体 ロボットインテグレーター（統合業者） - 特定のロボットアプリケーション向けに、必要なロボット、ロボット周辺機器、その他の必要な付属機器の設計、製造、統合を、直接又は下請け業者を通じて責任を負う企業又は事業者 単一制御点 - ロボットを操作する際に、ある制御源からの起動又はロボット動作が、その制御源からのみ可能であり、他の制御源から上書きできないようにする機能 遠隔操作装置 - 移動及び／又は操作のためのセンサーとアクチュエータで構成されるロボット装置であり、作業員オペレーターによって遠隔操作される。 ティーチング - ロボットアームを意図した動作経路に沿って移動させることで生成し、及び保存される一連の位置データポイント 工具中心点（TCP） - 工具座標系の原点。
---	---

Appendix 2. Example Risk Assessment (RA)	付録 2. リスク評価（RA）の例
Purpose This appendix outlines key steps to perform during a RA with examples of how to	目的 本付録は、リスク評価（RA）実施時に必要な主要な手順を概説し、リスクを適

determine the necessary risk reduction measures needed to adequately reduce risk. This appendix is based on RIA TR R15.306-2016 and does not necessarily cover all RA aspects that may be needed for a robot system and/or application. See the Risk Assessments (RAs) and Risk Reduction Measures sections. RA A. Analyzes the tasks, usage, and hazards associated with a robot application and the area in which it is installed and used (or to be installed and used). For example, the robot application can be installed under overhead lighting that requires periodic lamp replacement. This task would also be included. B. Provides a method to understand, rate (estimate the risk), and eliminate or reduce risk(s) associated with the hazards. C. Identifies all activities of workers exposed to, operating, or maintaining the robotic application. It should include expected activities within the application workspace, even if the activities are not associated with the robot application, e.g. changing the overhead light. D. Results in risk reduction measures that need to be implemented to comply with applicable standards and regulations.	切に低減するために必要なリスク低減措置を決定する方法の例を示す。本付録は RIA TR R15.306-2016 に基づき作成されており、ロボットシステム及び／又はアプリケーションに必要な RA の全側面を必ずしも網羅するものではない。詳細は「リスク評価 (RA) 」および「リスク低減措置」のセクションを参照のこと。 RA (リスク評価) A. ロボットアプリケーション並びにその設置及び使用（又は設置若しくは使用予定）区域に関連する作業内容、使用状況及び危険要因を分析する。例えば、ロボットアプリケーションが定期的なランプ交換を必要とする天井照明の下に設置される場合、この作業も対象に含まれる。 B. 危険性に関連するリスクを理解し、評価（リスク推定）し、除去又は低減する方法を提示する。 C. ロボットアプリケーションにばく露される、操作する、又は保守する作業員の全活動を特定する。アプリケーション作業空間内で予想される活動は、たとえロボットアプリケーションに関連しない活動であっても含めるべきである。 例：天井照明の交換 - D 適用される規格や規制に準拠するために実施する必要があるリスク軽減対策をもたらします。
---	---

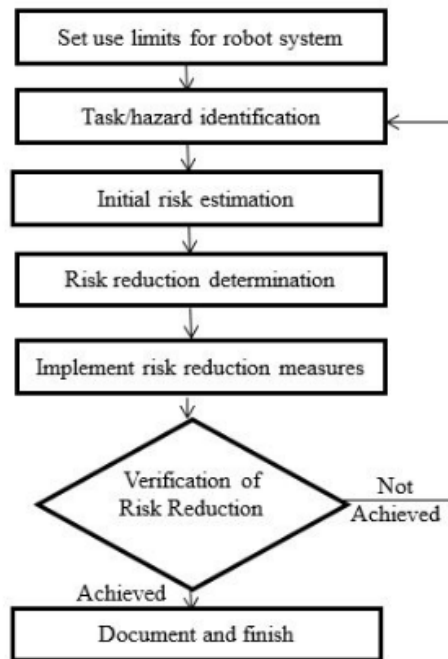


Figure IV-A2.1: RA Key Steps (Source: RIA)

（資料作成者注：左欄のブロックフローシート中にある「英語原文—日本語仮訳」た、次のとおりです。

Set use limits for robot system	ロボットシステムの使用限界を設ける。
Task/hazard identification	動作/危害の同定
Initial risk estimation	最初のリスク見積
Risk reduction determination	リスク低減の選定
Implement risk reduction measures	リスク低減方法の実施
Verification of Risk Reduction	リスク低減の妥当化
Not Achieved	達成されず。
Achieved	達成された。
Document and finish	文書化及び終了

Figure IV-A2.1: RA Key Steps (Source: RIA)

図IV-A2.1 リスク評価の主要な段階（資料出所：RIA）

RA - 7 Key Steps (Figure IV-A2.1)	リスク評価—7 鍵となる段階（図IV-A2. 1）
1. Intended Use ▪ Define the operation, including normal sequence(s) and alternate (non-typical) sequences. ▪ Define the expected worker interaction required for the operation, reasonably expected misuse and maintenance, repair, cleaning, emergency conditions, etc. ▪ Determine and document the operating space and restricted space. ▪ Determine the desired restricted space, considering possible limits such as hard stops, travel limit sensors, safety-rated soft-axis limits, etc. 2. Task Determination Based On Intended Use ▪ Define and document all the tasks that each worker will perform. Workers may perform assembly, testing, integration, material infeed and take-away, quality control, operations, observation,	1. 意図した使用 ● 通常の手順及び代替並びに（非典型的な）手順を含む操作を定義する。 ● 操作に必要な作業員の相互作用、合理的に想定される誤用、保守、修理、清掃、緊急事態等を定義します。 ● 操作空間と制限空間を決定し、文書化します。 ● ハードストップ、移動制限センサー、安全定格のソフト軸制限等、考えられる制限を考慮して、必要な制限空間を決定します。 2. 用途に基づく作業内容の決定 各作業員が遂行する全作業を定義し文書化する。作業員はロボットシステム及びアプリケーションに関連する組立、試験、統合、材料供給及び搬出、品質管理、操作、監視、保守等を担当する可能性がある。また、周辺には傍観者や通行人等の他の作業員が存在する可能性がある。

maintenance, etc. related to the robot system and application. And there can be other nearby workers who are bystanders or passers-by. Example task can include: ○ Path teaching ○ Observing ○ Debugging, troubleshooting, or adjusting ○ Repairing or replacing components 3. Hazard Determination for Each Task ▪ With the tasks identified, define and document the hazards related to each task (Figure IV-A2.2). Examples include: ○ Mechanical: Crushing, caught-between, struck-by, shearing, cutting, projectiles, etc. ○ Electrical: Shock, spark/arc flash, electrostatic, etc. ○ Thermal: Heat, cold, burns, etc. ○ Ergonomic: Reach, weight, posture, motion, etc. ○ Slips, trips, and falls: Objects on floors or in pathways, wet surfaces, etc.	例示タスクには以下が含まれる： ○ 経路の教示 ○ 観察 ○ デバッグ、トラブルシューティング又は調整 ○ 部品の修理又は交換 3. 各作業における危険の特定 作業を特定したら、各作業に関連する危険を定義し文書化する（図 IV-A2.2）。例： ○ 機械的：押しつぶし、挟まれ、衝突、せん断、切断、飛来物等 ○ 電氣的：感電、火花／アークフラッシュ、静電気等 ○ 熱的：高温、低温、火傷等 ○ 人間工学的：手の届きにくさ、重量、姿勢、動作等 ○ 滑り、つまずき、転倒：床や通路上の物体、濡れた表面等
--	---

○ Machinery instability: Falling equipment, tools, etc. ○ Environmental: Chemicals (including as fumes, such as from welding), heat, dust, radiation or other potentially hazardous sources such as light, sparks, noise, etc. ▪ Note: ANSI/RIA R15.06-2012 Part 1, Annex A, Table A.1 — <i>List of significant hazards</i>, provides additional information on hazards typically associated with robots and robot systems.	○ 機械の不安定性：落下する設備、工具等 ○ 環境要因：化学物質（溶接時の煙等）、熱、粉じん、放射線又は光、火花、騒音等のその他の潜在的な危険源 ● 注記：ANSI/RIA R15.06-2012 第 1 部、附属書 A、表 A.1 — 重大な危険のリストは、ロボット及びロボットシステムに通常関連する危険に関する追加情報を提供する。
---	---

RISK ASSESSMENT TASK LIST

	TASKS	HAZARDS	NOTES
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			

RA Task List

RIA TR R15.306-2016

RIA TR RIS 306 2016

RISK ASSESSMENT TASK LIST

リスク評価作業リスト

作業

危険有害要因

注

RISK ASSESSMENT HAZARD LIST

	HAZARD	SEVERITY	EXPOSURE	AVOIDANCE	RISK LEVEL
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					

RA Hazard List

Figure IV-A2.2: Example Task and Associated Hazard Sheets (Source: RIA)

RISK ASSESSMENT HAZARD LIST

リスク評価 危険有害要因 リスト

HAZARD	SEVERITY	AVOIDANCE	RISK LEVEL
危険有害要因	厳しさ	抑制可能性	リスクレベル
(以下余白)			

Figure IV-A2.2: Example Task and Associated Hazard Sheets (Source: RIA)

図IV-A2.2:例。作業及び関連する危険有害要因シート。資料出所：RIA

1. Risk Estimation for Each Task & Hazard ▪ For each task/hazard combination estimate and document the risk factors: ○ Possible injury severity (Figure IV-A2.3) ○ Exposure frequency (Figure IV-A2.4) ○ Possibility for avoidance (Figure IV-A2.5) ▪ These factors determine the risk level for each task/hazard combination: ○ The risk level is used in the risk reduction step and drives what safeguarding measures need to be applied to the system. ○ The risk levels are also used to determine the required performance level (PLr) of each safety function. ▪ RIA TR R15.306-2016 section 6.4.1.1 describes injury severity as the degree of estimated harm due to each hazard while the operator is performing the associated task.	1. 各作業と危険源のリスク推定 ● 各作業と危険源の組み合わせについて、以下のリスク要因を推定し、記録する。 ○ 傷害の重症度（図 IV-A2. 3） ○ ばく露頻度（図 IV-A2. 4） ○ 回避の可能性（図 IV-A2. 5） ● 以下の要因によって、各タスク/危険源の組み合わせにおけるリスクレベルが決定されます。 ○ リスクレベルはリスク低減ステップで使用され、システムに適用する必要がある安全対策を決定します。 ○ リスクレベルは、各安全機能の必要なパフォーマンスレベル（PLr）を決定するためにも使用されます。 ● RIA TR R15.306-2016 セクション 6.4.1.1 では、オペレータが関連するタスクを実行している間に各危険によって発生すると推定される危害の程度として傷害の重症度が説明されています。
--	--

Factor	Rating	Criteria (Examples) – choose most likely <i>Read criteria from the top for each factor</i>
Exposure ¹	Prevented E0	- Exposure to hazard(s) is eliminated/ controlled/ limited by inherently safe design measures. - Use of guards prevents exposure or access to the hazard(s) (see Part 2, 5.10). If an interlocked guard is selected, the following bullet must also be met. - If functional safety is used as a risk reduction measure, the implemented functional safety performance (PL) meets or exceeds the required functional safety performance (PL). See Part 2, 5.2. If any of the above are applicable, the rating is PREVENTED
	High E2	- Typically more than once per day or shift - Frequent or multiple short duration - Situations which could lead to increases in the duration of a task, not to include teaching tasks If any of the above are applicable, the rating is HIGH
	Low E1	- Typically less than or once per day or shift - Occasional short durations If either of the above are applicable, the rating is LOW

Figure IV-A2.4: Exposure Frequency Chart (Source: RIA)

(以下左欄の記述について、上欄に英語原文、下欄にその日本語仮訳を掲げます。)

Factor	Rating	Criteria[Examples]-Choose most likely Read criteria from the top for each factor
因子 1	程度	分類基準[例]-それぞれの因子の最上位からもっとも読み取れる分類を選ぶ。
	Prevented E0	-Exposure to hazard(s)estimated/controled/inacted by inherently safe design measures - Use of gards prevents exposure or access to the hazards(see Partt2 .5.10 If any of the above are appricable, the rating is PREVENTED. -if functional safety is used as a risk reduction measure, the implemented functunal safety performance (PL)meets or exceed the required safety performance (PL). See Part 2.5.2 If any of the above are applicable, the rating is Prevented.

		抑止 E0	危険への曝露は、本質的に安全な設計措置によって推定／制御／防止されます － ガードの使用により、危険への曝露または接近が防止されます（パート 2 5.10 参照）。 上記のいずれかが該当する場合、評価は「防止」となります。 － 機能安全がリスク低減策として用いられる場合、実装された機能安全性能（PL）は、要求される安全性能（PL）を満たすか、それを上回っています。パート 2.5.2 を参照してください。 上記のいずれかに該当する場合、評価は「防止」となります。
		High E2	-Typically more hn once per day or shift/ -Frequent or multipul short duration. -Situations which could lead to increases in the duration of a task not to increase teaching tasks. If any above are applicable, the rating is HIGH.
		高率 E2	－ 通常、1 日又はシフト当たり 1 回以上の HN/ － 短時間の HN が頻繁または複数回発生する。 － 指導業務を増やすのではなく、業務時間の増加につながる可能性のある状況。 上記のいずれかに該当する場合、評価は「高」と

			なります。
	Low		-Typically, less than or once per day or shift.
	E1		-Occasional short duration If either of above are applicable, the rating is LOW.
	低率 E1		- 通常、1 日又はシフト当たり 1 回未満 - 時折、短時間の作業が発生する 上記のいずれかに該当する場合、評価は「低」となります。
Figure IV-A2.4: Exposure Frequency Chart (Source: RIA) 図 IV-A2.4:ばく露頻度図（出典：RIA）			

▪ Use the risk factors (severity, exposure, and avoidance) to derive	● RIA TR R15.306-2016 表 2 (図 IV-A2.6) に基づいてリスク要因（重大度、
--	---

the risk level using RIA TR R15.306-2016 Table 2 (Figure IV-A2.6).

ばく露、回避) からリスク レベルを導き出します。

(資料作成者注：以下の原文については、印字が不明瞭なので、右欄に「英語原文—日本語仮訳」を表記します。)

Severity of Injury	Exposure to the Hazard	Avoidance of the Hazard	Risk Level
S1 - Minor	E0 - Prevented		NEGLIGIBLE
	E1 - Low	A1 - Likely	
	E2 - High	A2/A3 - Not likely/ Not possible	
S2 - Moderate	E0 - Prevented		LOW
	E1 - Low		
	E2 - High	A1 - Likely	
S3 - Serious	E0 - Prevented		MEDIUM
	E1 - Low	A2/A3 - Not likely/ Not possible	
	E2 - High		
S1 - Minor	E0 - Prevented		HIGH
	E1 - Low		
	E2 - High	A1/A2 - Likely/Not likely	
S2 - Moderate	E0 - Prevented		LOW
	E1 - Low		
	E2 - High	A3 - Not possible	
S3 - Serious	E0 - Prevented		VERY HIGH
	E1 - Low		
	E2 - High		

Severity of Injury	Exposure to the Hazard	Avoidance of the Hazard	Risk Level
傷害の重大さ	棄権有害因子へのばく露	危険有害因子の回避可能性	リスクの程度

NEGLIGIBLE	無視できる。
LOW	低い。
MEDIUM	中間程度
HIGH	
LOW	
HIGH	高い。
VERY HIGH	
	低い。
	高い。
	非常に高い。

Figure IV-A2.6: Risk Level Decision Matrix (Source: RIA)

図IV-A2.6: リスクレベル決定マトリックス（出典：RIA）

- Using the determined risk level for each task from Figure IV-A2.6, identify the performance level for each task using RIA TR R15.306-2016 Table 5 (Figure IV-A2.7).

図 IV-A2.6 から決定された各タスクのリスク レベルを使用して、RIA TR R15.306-2016 表 5 (図 IV-A2.7) を使用して各タスクのパフォーマンス レベルを特定します。

Risk Level	PL _r	Structure Category
NEGLIGIBLE (see 6.5.3.1)	b	-
LOW	c	2
MEDIUM	d	2
HIGH	d	3
VERY HIGH (see 6.5.3.2)	e	4

Figure IV-A2.7: Performance Level Chart (Source RIA)

Note: For a detailed explanation of Performance Level and Structure Categories see ISO 13849-1:2015

図 IV-A2.7 : パフォーマンスレベルチャート (出典 : RIA)

注 : パフォーマンスレベルと構造カテゴリの詳細な説明については、ISO 13849-1:2015 を参照

1. Risk Reduction Measure Determination for Each Task

1. 各タスクにおけるリスク低減策の決定

▪ The hierarchy of risk reduction measures should comply with RIA TR R15.306-2016 Table 3 (Figure IV-A2.8).	リスク低減策の階層は、RIA TR R15.306-2016 表 3（図 IV-A2.8）に準拠する必要があります。
---	---

(次の票は、原典の表示が不鮮明なので、日本語仮訳は作成しませんでした。)

More preferred  Less preferred	Inherently Safe Design Measures	Elimination	Process design, redesign or modification including changing layout to eliminate hazards (e.g. falls, hazardous materials, noise, confined spaces, eliminating pinch points, or reduce manual handling)
		Substitution	- Use of less hazardous materials - Intrinsically safe (energy containment) - Reduce energy (e.g. lower speed, force, amperage, pressure, temperature, volume or noise)
		Limit Interaction	- Eliminate or reduce human interaction in the process - Automate tasks, automate material handling (e.g. lift tables, conveyors, balancers)
	Safeguarding and Complementary Protective Measures	Safeguards and Safety-Related Parts of the Control System (SRP/CS)	- Guards - Interlocks or interlocking devices - Sensitive protective equipment - Two-hand control devices - Safety controls and logic - Safety-related functions and safety parameters or configurations, (e.g. safety-rated speed, position, location, axis limits) - Integration of protective devices, possibly including complementary protective measures
		Complementary Protective Measures	- Fall prevention or safe access: platforms or guard railing (building codes or standards can apply) - Measures for escape and rescue of people - Measures for safe access to machinery - Provisions for easy or safe handling of machines and their heavy component parts - Energy isolation or dissipation means - Controlled selection of operating modes - Enabling devices - Emergency stop devices and functions
	Information for Use	Warnings and Awareness Means	- Flashing lights, beacons or strobes - Audible alarms, beepers, horns or sirens - Signs, placards, markings or labels
		Administrative Controls	- Training and safe job procedures - Confined space policy and procedures - Control of hazardous energy procedures (lock-out) used with energy isolation or dissipation means - Rotation of workers, changing work schedule - Equipment safety inspections - Hazard communications
		Personal Protective Equipment (PPE)	- Safety glasses, face shields, respirators, hearing protection - Safety harnesses or lanyards - Gloves, hard hats, clothing or footwear used for specific safety purposes (e.g. Kevlar sleeves, metatarsal protection)

- Select risk reduction measures for each task based on the determined risk level for the task.
 - Risk reduction measures should comply with risk level requirements shown in RIA TR R15.306-2016 Table 4 (Figure IV-A2.9).
- 各タスクについて決定されたリスクレベルに基づいて、各タスクのリスク低減策を選択する。
- リスク低減策は、RIA TR R15.306-2016 表 4（図 IV-A2.9）に示されているリスクレベル要件に準拠する必要がある。

Risk Reduction Measure		Risk Level				
		VERY HIGH	HIGH	MEDIUM	LOW	NEGLIGIBLE
Most Preferred  Least Preferred	Elimination	Use of one or a combination of these risk reduction measures are required as a primary means to reduce risks.			Any of the risk reduction measures that would reduce risks to an acceptable level may be used.	
	Substitution					
	Limit Interaction					
	Safeguarding/ SRP/CS					
	Complementary Protective Measures	Use of one or a combination of these risk reduction measures may be used in conjunction with the above risk reduction measures but shall not be used as the primary risk reduction measure.				
	Warnings and Awareness Means					
	Administrative Controls					
	PPE					

Figure IV-A2.9: Minimum Risk Reduction Measures as a Function of Risk Level (Source: RIA)

図 IV-A2. 9: リスクレベルの関数としての最小リスク削減措置（出典：RIA）

Risk Reduction Measure	リスク減少手段
Elimination	除去
Substitution	代替
<u>Limit Interaction</u>	相互作用の制限
<u>Safeguarding/ SRP/CS</u>	安全防護
<u>Complementary Protective Measures</u>	補足的防護手段
<u>Warnings and Awareness Means</u>	警戒及び認識手段
<u>Administrative Controls</u>	管理的対策
PPE	個人用保護具

(資料作成者注：上図中の「英語原文—日本語仮訳」を次に掲げました。)

Most Preferred  Least Preferred	最も推奨 最小の推奨
--	----------------------------------

▪ For all risks with a very high, high or medium initial risk level, inherently safe design (elimination, substitution, or limiting interaction) or safeguarding should be used as a primary means to reduce risks. Complementary protective measures or information for use should not be used as the primary risk reduction measure for very high, high or medium initial risk levels. ▪ After the risk reduction measures are selected for each of the tasks, determine the performance level that has been achieved as the result of the risk reduction measures selected using RIA TR R15.306-2016 Table 5 (Figure IV-A2.10).	● 初期リスクレベルが非常に高い、高い又は中程度のすべてのリスクについては、本質的に安全な設計（相互作用の排除、代替若しくは制限）又は安全防護策をリスク低減の主な手段として用いるべきである。初期リスクレベルが非常に高い、高い又は中程度の場合、補完的な保護措置又は使用に関する情報を主なリスク低減策として用いるべきではない。 ● 各タスクに対してリスク低減対策が選択された後、RIA TR R15.306-2016 表 5（図 IV-A2.10）を使用して、選択されたリスク低減対策の結果として達成されたパフォーマンスレベルを決定します。
---	---

Risk Level	PL _r	Structure Category
NEGLIGIBLE (see 6.5.3.1)	b	-
LOW	c	2
MEDIUM	d	2
HIGH	d	3
VERY HIGH (see 6.5.3.2)	e	4

Figure IV-A2.10: Minimum Functional Safety Performance Chart (Source RIA)

図 IV-A2.10: 最小機能安全性能チャート（出典 RIA）

- Now compare the task-risk performance level (Step 4) to the reduction-risk performance level (this Step 5).
- Modify risk reduction measures as necessary until the risk-reduction performance levels are at least as high as the task-risk performance levels.
 - This is often an iterative process that must be continued until reduction-risk performance levels are at least as high as the task-risk performance levels.

- 次に、タスクリスクパフォーマンスレベル（ステップ 4）とリスク削減パフォーマンスレベル（ステップ 5）を比較します。
- リスク削減パフォーマンスレベルが少なくともタスクリスクパフォーマンスレベルと同じになるまで、必要に応じてリスク削減対策を修正します。
- ☆ これは多くの場合、リスク削減のパフォーマンスレベルが少なくともタスクリスクのパフォーマンスレベルと同じになるまで継続する必要がある反復プロセスです。

1. Evaluation of Risk Reduction Measures ▪ First, each member who participated in development of the RA should evaluate that the right risk levels and performance levels have been assigned to each task (Step 4). ▪ Second, each member who participated in development of the RA should evaluate that the right risk reduction measures have been selected for each task (Step 5). ○ Members should ensure that the hierarchy of risk reduction measures has been followed (Figure IV-A2.8). For example, if the risk cannot be eliminated by design, then measures to mitigate the risk by less preferred measures should be applied in order of hierarchy. ○ Members should then evaluate each risk reduction measure to ensure that the measure selected in each case is in line with the task risk level (Figure IV-A2.9). ○ Finally, members should ensure that the selected performance levels are in line with the risk reduction measures selected (Figure IV-A2.10). ▪ Once each member has evaluated the RA, the team should meet and discuss each issue found with the RA. ▪ Each issue should be resolved with the team to ensure that residual	1. リスク低減策の評価 ● まず、RAの開発に参加した各メンバーは、各タスクに適切なリスクレベルとパフォーマンスレベルが割り当てられていることを評価する必要があります（ステップ4）。 ● 次に、RAの開発に参加した各メンバーは、各タスクに適切なリスク低減策が選択されていることを評価する必要があります（ステップ5）。 ○ メンバーは、リスク低減策の階層が遵守されていることを確認する必要があります（図 IV-A2.8）。例えば、リスクを設計によって排除できない場合は、優先順位の低い対策によってリスクを軽減する対策を階層順に適用する必要があります。 ○ メンバーは、各リスク低減策を評価し、各ケースで選択された対策がタスクのリスクレベルに適合していることを確認する必要があります（図 IV-A2.9）。 ○ 最後に、メンバーは、選択されたパフォーマンスレベルが、選択されたリスク低減策と一致していることを確認する必要があります（図 IV-A2.10）。 ● 各メンバーが RA を評価したら、チームは会合を開き、発見された各問題について RA と話し合う必要があります。 ● 各問題はチームと共に解決し、残留リスクが許容範囲内であること、そし
---	---

risk is acceptable and that the RA will provide the highest degree of safety and protection for the workers. 2. Validate the RA, Train Workers, Review RA Effectiveness, and Update the RA as Needed. ▪ The completed RA should be documented in writing. See Examples 1 and 2 below of completed RAs (Figures IV-A2.11 and 12). ▪ Once the RA is acceptable to the team, team members should sign the RA as evidence of validation. ▪ Validated RAs should be provided to all affected workers and also made accessible for their future reference. ▪ Employers should train workers on the tasks, the hazards and risks associated with each tasks, and the risk reduction measures that have been put in place and that the workers must follow. ▪ No work should be performed for any hazardous task(s), until an RA has been validated, issued and trained to. ▪ Once work begins, employers should ensure that the risk reduction measures are effective and continually practiced. ▪ Field observations are required while tasks are being performed. ▪ When risk reduction measures are found to be ineffective or not	て RA が労働者に最高レベルの安全と保護を提供できることを確認する必要があります。 2. RA を検証し、作業員をトレーニングし、RA の有効性をレビューし、必要に応じて RA を更新します。 ● 完了した RA は文書化する必要があります。完了した RA の例 1 と例 2（図 IV-A2.11 と図 IV-A2.12）を参照してください。 ● RA がチームに受け入れられたら、チームメンバーは検証の証拠として RA に署名する必要があります。 ● 検証済みの RA は、影響を受けるすべての労働者に提供し、将来の参照のためにアクセスできるようにする必要があります。 ● 使用者は、作業内容、各作業に関連する危険性とリスク、そして実施済みで労働者が遵守しなければならないリスク低減措置について、労働者に教育を行う必要があります。 ● RA が検証され、発行され、訓練を受けるまでは、いかなる危険な作業も行ってはなりません。 ● 作業開始後は、使用者はリスク低減措置が有効であり、継続的に実施されていることを確認する必要があります。 ● 作業中は現場観察が必要です。 ● リスク低減措置が効果的でない、又は継続的に実施されていないことが判
---	---

continually practiced, the work should be immediately stopped. ▪ Any risk reduction measures that are found to be ineffective should be incorporated into the RA. ▪ The modified RA should be revalidated and workers should be retrained before work is allowed to continue.	明した場合は、作業を直ちに中止する必要があります。 ● 効果的でないことが判明したリスク低減措置はすべて、リスク低減計画（RA）に組み込む必要があります。 ● 作業を続行する前に、修正された RA を再検証し、作業員を再訓練する必要があります。
---	--

（資料作成者注：次の図については、日本語仮訳を行いませんでした。）

Ref. Number	Task Description	Hazard	Prior to Safeguard Selection					Solution (Safeguard Selection)	After Safeguard Selection					
			Severity	Exposure	Avoidance	Risk Level	Method of Risk Reduction		Performance Level Req'd	Severity	Exposure	Avoidance	Risk Level	Performance Level
1	Normal Operator Task: Operator Loads Parts to Infeed Fixture for Robot to Pick and Process.	Mechanical Clamping due to Operator Struck by Robot as Robot moves to pick part. Parts are loaded (8) time per day; Robot picks parts twice per minute	S2	E2	A2	HIGH	T	d	Use Safety-Rated Presence Sensing and Safety-Rated Soft-Axis & Space Limiting technology to: - Stop hazardous motion when Operator enters Robot restricted space at Infeed Fixture; - Prevent hazardous motion start when Operator is in robot restricted space at infeed fixture, - Prevent robot from entering infeed fixture area when Operator is in robot restricted space at infeed fixture. Provide Safety-Rated Reduced Speed of 250mm/s and Pendant Enabling Switch during Teach and Debug. Use PPE clothing (gloves, sleeves, shoes, etc) to prevent skin contact with sharp edges.	S2	E0	A1	LOW	d
2	Non-Typical Task / Intentional misuse: Plant personnel walk through robot workcell (restricted space) to get to other locations.	Mechanical due to Operator Struck by Robot as Robot moves parts from infeed fixture to machine. Personnel access area twice per shift. Robot cycles parts twice per minute. Parts have hard, sharp edges.	S2	E1	A2	MEDIUM	T	d	Provide Perimeter Barrier Guarding that encircles the robot restricted space and hazards. Provide safety-rated Interlocked access gate to limit access to specific personnel under specific conditions. Provide Safety-Rated Reduced Speed of 250mm/s and Pendant Enabling Switch during Teach and Debug while access gate is open. Inform personnel of revised walking route within the plant.	S2	E0	A1	LOW	d

Fi

Figure IV-A2.11: RA Example 1 - Safeguarded using Control Means

Figure IV-A2.11 RA の例 1—管理手段を用いる安全防護の例

(資料作成者注：以下の参考資料については、日本語仮訳を行いませんでした。)

¹ See Robotics Industries Association (RIA): <https://www.automate.org/robotics>.

² Artificial intelligence in robotics refers to programming functions that can "learn" and adjust outputs based on inputs received from the robot or from workers.

³ See:
<https://ifr.org/downloads/press2018/Executive%20Summary%20WR%202019%20Industrial%20Robots.pdf>

⁴ Some robots are referred to as "cobots" in an effort to state that the robot is "ready" or "enabled" to be used in a collaborative application.

⁵ See ANSI/RIA TR R15.606-2016, *Robots and Robotic Devices – Safety Requirements for Collaborative Robots*.

⁶ Source: RIA.

⁷ Sums of the correct digits in a piece of stored or transmitted digital data, against which later comparisons can be made to detect errors in the data.

⁸ See ANSI/RIA R15.06-2012 and RIA TR R15.606-2016.

- [OSHA](#)
- [Standards](#)
- [Enforcement](#)
- [Topics](#)

- [Media Center](#)
- [Contact Us](#)

U.S. DEPARTMENT OF LABOR

Occupational Safety and Health

Administration

200 Constitution Ave

NW

Washington, DC 20210

[1-800-321-OSHA](tel:1-800-321-OSHA)

[1-800-321-6742](tel:1-800-321-6742)

www.osha.gov

FEDERAL GOVERNMENT

- [White House](#)
- [Benefits.gov](#)
- [Coronavirus Resources](#)

- [Disaster Recovery Assistance](#)
- [DisasterAssistance.gov](#)
- [USA.gov](#)
- [Notification of EEO Violations](#)
- [No Fear Act Data](#)
- [U.S. Office of Special Counsel](#)

OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH

- [Frequently Asked Questions](#)
- [A - Z Index](#)
- [Freedom of Information Act - OSHA](#)
- [Read The OSHA Newsletter](#)
- [Subscribe to the OSHA Newsletter](#)
- [OSHA Publications](#)
- [Office of Inspector General](#)

ABOUT THE SITE

- [Freedom of Information Act](#)

- [Disclaimers](#)
- [Plug-ins Used on DOL.gov](#)
- [Accessibility Statement](#)

Connect With OSHA

[Site Map](#)[Important Website Notices](#)[Privacy & Security Statement](#)

Connect With OSHA

[Site Map](#)[Important Website Notices](#)[Privacy & Security Statement](#)