

3.2 タイプ2

本章では、加工済み食材を容器（出荷用の容器を含む）に並べる工程における協働ロボットの導入時のリスクアセスメント事例について紹介する。なお、この工程では、人と同じ作業ラインにおいて加工済み食材を出荷用容器に盛付ける作業であり、常に人との共同作業が発生することを想定している。このようなユースケースに使用される協働ロボットをタイプ2と呼ぶ。

3.2.1 定義

加工済み食材を出荷用容器（弁当容器等）へ並べる工程において、現場作業者と同一作業工程に導入し、人と隣接して作業する協働ロボットを「タイプ2」と定義し、以下の条件を満たすものとする。

協働ロボット本体：

本質的安全設計を主とした協働ロボットであり、国際規格「EN ISO 10218-1:2011」、「ISO/TS 15066：2016」、「EN ISO 13849-1：2015」等に準拠しているものとする。

安全関連機能：

人との接触時においても ISO/TS 15066 で規定された人との接触時における衝撃が最大許容量以下であり、作業工程内の人の動作を妨げない機能を有する。また、協働ロボットの動作停止時においても、現場作業者がロボットを別の場所に移動することができる機能を有する。

また、本タイプの協働ロボットは、設置後にラインの変更にあわせて移動して使用するものとする。

3.2.2 本リスクアセスメントの実施例で利用したロボットシステム

本実施例で用いた協働ロボットは、7軸のマニピュレータと食材を把持するための脱着式トングを備えたエンドエフェクタで構成される腕部2本と、加工済み食材（以下、ワーク1）を認識するための3Dカメラを搭載しパン・チルト方向に可動する頭部、鉛直下方向を撮影し出荷用容器（以下、ワーク2）を認識するための3Dカメラを搭載した胴体部、操作パネル、可動式のキャスター、ストッパー、ACアダプタを備えた台車部分と電源供給用の電池を備えている。通常、頭部のカメラでワーク1を、胴体部のカメラでワーク2を認識する。協働ロボットの電源は、ACアダプタ又は充電電池から給電されることを想定している。

協働ロボットのソフトウェアは、画像認識の機能、ロボットの動作制御及び機能安全に関

する機能も含めて協働ロボット本体に内蔵するプログラム内蔵型である。協働ロボットは、所定のワークエリアにおいたワーク 1 を画像認識処理により位置を検出してピックアップし、所定のベルトコンベアで運ばれてくるワーク 2 を画像認識処理により検出し、ワーク 2 内のあらかじめ決められた場所にワーク 1 を置くという動作を繰り返し実行する。

本実施例の弁当容器に加工済み食材を並べる協働ロボットの構成を図 3.6 に示す。

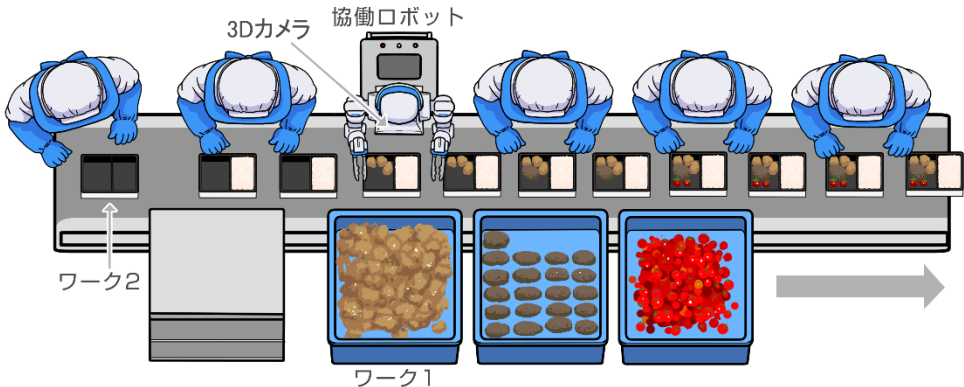


図 3.6：弁当容器に食材を並べる協働ロボットの構成

3.2.3 作業工程

本実施例における作業工程は、設置、運転、片付け、保守の 4 つの工程区分に分類され、それぞれ複数の作業工程を含んでいる。具体的な作業工程を図 3.7 に示す。

区分	No.	作業工程	作業内容	備考
設置	1	番重の設置	食材の入った番重を設置する	
	2	協働ロボットの移動	協働ロボット本体を盛付ラインへ移動する	
	3	トングの取り付け	協働ロボット本体にトングを取り付ける	
	4	電源ON	協働ロボット本体及びバッテリーの電源をON	
	5	ロボットの位置決め	協働ロボットの位置を決める	
運転	1	開始操作	タッチパネルを操作し、作業を開始する	
	2	番重交換・補充	番重を交換・補充する	
	3	終了操作	タッチパネルを操作し、作業を終了する	
片付け	1	電源OFF	協働ロボット本体及びバッテリーの電源をOFF	
	2	トングの取り外し	協働ロボット本体からトングを取り外す	
保守	1	清掃	協働ロボットをふき取り清掃	清掃要領により運用ルールを制定する
	2	点検（通常）	機器設置前に破損や汚れを確認	
	3	点検（異常）	異常発生箇所を目視確認	
	4	非常停止	非常停止操作後、安全を確認して再開	

図 3.7：作業工程

3.2.4 機械の制限の決定

3.1.4 と同様に、機械の制限を ISO12100 に従って図 3.8 に示す。また、本実施例における協働ロボットの作業空間は、「ドライエリア」を想定している。

制限項目 (ISO 12100:2010 5.3)	確認事項
使用上の制限(意図する使用および合理的に予見可能な誤使用を含む)	
a) 機械を使用している間におこる機能不良によって必要とされる介入を含めた使用者のための様々な機械の運転モード及び介入手順	意図する使用：からあげの弁当盛付 ・生産開始、終了時の機器の設置、片付け ・からあげの弁当容器への盛付作業 ・機器の清掃 ・機器の点検 ・異常発生時の危機の停止、再開
b) 性別、年齢、利き手の使用方法、または身体能力の限界 (例えば視覚もしくは聴覚の減退、体型、体力など)によって特定される人の機械類(例えば産業用、非産業用および家庭用)の使用 具体的な情報がない場合は、製造業者又は意図する使用者集団に関する一般的な情報(例えば、適切な人体計測データ)を考慮すると良い	性別：不問 年齢：18歳以上
c) 次を含む使用者の訓練、経験または能力の想定レベル 1) オペレータ 2) 保全要員または技術者 3) 見習い及び初心者 4) 一般大衆	1) オペレータ：安全講習を受講しロボットを安全に使用可能 2) 管理者：安全講習を受講し、オペレータへ安全教育が可能 3,4) 使用しない
d) 合理的に予見可能な場合、機械類に関連する危険源への第三者の暴露 1) たとえば 隣接する機械類のオペレータのような、具体的な危険源をよく知っていると思われる人 2) 管理スタッフのような具体的な危険源はよく知らないが、現場の安全手順、決められた経路についてよく知っていると思われる人 3) 訪問者又は子供を含む一般大衆のような、機械の危険源、又は現場の安全手順について殆ど知らないと思われる人	1) ・設置、片付け時に機器へ触れる ・清掃時に機器へ触れる ・点検(定常点検、故障時点検)時に機器に触れる ・ハンドの取付、取り外し 2,3) ・不注意による危険エリアへの立ち入り ・危険度の理解不足により、危険箇所へ触れる ・保護具を着用せず、機器へ近づく ※合理的予見可能な誤使用 ・保護具を着用せず使用する
空間上の制限	
a) 可動範囲	弁当盛付作業 ・番重から弁当容器へからあげを盛り付けるために必要となるエリア 最大稼働範囲(ロボット原点からの距離) ・前後：+50 ~ +650 mm ・左右：-250 ~ +250 mm ・上下：-100 ~ +300 mm
b) 運転及び保全のように機械に係る人に対する空間要求事項	・タッチパネル周辺 ・盛付作業エリア ・設置、片付け、保守点検時における機器の稼働範囲内
c) "オペレータ-機械"間のインタフェースのような機械類と人との関わり方	・本体のタッチパネル ・本体のボタン(開始、停止、一時停止)
d) "機械-動力源"間のインタフェース	・本体の電源ボタン ・バッテリーの電源ボタン
時間的な制限	
a) 意図する使用および合理的に予見可能な誤使用を考慮した機械類および/又はそのコンポーネント(例えば、工具、消耗部品、電気コンポーネント)の寿命上の制限	・サーボモータの寿命 ・樹脂筐体の寿命 ・バッテリーの寿命 ・基板の寿命 ・ACアダプタの寿命
b) 推奨点検修理間隔	・基本的に、始業前点検以外は故障後に点検 ・毎月の定期点検
その他の制限	
a) 加工材料の特性	からあげ ・油で表面が滑りやすい ・からあげ自体の危険は少ない
b) 維持-要求される清掃レベル	・毎日の拭き掃除
c) 環境面-推奨最低及び最高温度、室内または室外、乾燥又は多湿での運転可能性、直射日光下、ほこり及び湿気への耐性など	・室内(ドライエリア)での使用 ・食品工場の一般的な環境

図 3.8：機械の制限

3.2.5 危険源及び危険状態の同定

現場作業者に隣接し、加工済み食材を容器へ並べる作業であり、協働ロボット導入により新たに発生する危険源を次のように同定した。

- ・ 協働ロボット本体（エンドエフェクタ、トング、台車を含む）

3.2.6 リスクアセスメントの実施

リスクアセスメントの実施結果を図 3.9 に示す。3.1.6 と同様に実施し、結果は以下の通り。図 3.9 の詳細は付属書「図 3.9：リスクアセスメント実施結果の拡大図」を参照いただきたい。

作業工程			リスク分析			リスク評価結果				
区分	No.	作業工程	作業内容	対象部	危険源	危害の内容	重大度	発生頻度	等級	評価の判断理由
設置	1	番重の設置	食材の入った番重を設置する	床	機械が使用される環境に関連する危険源 滑り、墮落	設置時に滑って転倒する	D	3	D3	
	2	協働ロボットの移動	協働ロボット本体を盛付ラインへ移動する	協働ロボット	機械的危険源 衝撃	トルクのかかっていない協働ロボットが回転し、現場作業者と接触する	E	3	E3	
				協働ロボット 台車	機械的危険源 衝撃	段差等により協働ロボットが転倒し、現場作業者と接触する	C	3	C3	
	3	トングの取り付け	協働ロボット本体にトングを取り付ける	協働ロボット トング	機械的危険源 切傷又は切断	取り付ける際に、協働ロボット本体のエッジ等で手を切傷する	D	3	D3	
	4	電源ON	協働ロボット本体及びバッテリーの電源をON	電源	電氣的危険源 感電	濡れた手で操作し、感電する	B	2	B2	
運転	1	開始操作	タッチパネルを操作し、作業を開始する	協働ロボット トング	機械的危険源 衝撃	作業中の協働ロボットの腕やトングが現場作業者と接触する	E	5	E5	ISO/TS 15066に規定されている限界トルク値以下であり、使用したトングが純利でないため
				協働ロボット トング	機械的危険源 突き刺し又は突き通し	作業中の協働ロボットの腕やトングが現場作業者と接触する	E	5	E5	ISO/TS 15066に規定されている限界トルク値以下であり、使用したトングが純利でないため
				協働ロボット 台車	機械が使用される環境に関連する危険源 滑り、墮落	現場作業者が転倒し、協働ロボットと接触する	C	3	C3	
	2	番重交換・補充	番重を交換・補充する	協働ロボット トング	機械的危険源 衝撃	作業中の協働ロボットの腕やトングが現場作業者と接触する	E	5	E5	ISO/TS 15066に規定されている限界トルク値以下であり、使用したトングが純利でないため
				協働ロボット トング	機械的危険源 突き刺し又は突き通し	作業中の協働ロボットの腕やトングが現場作業者と接触する	E	4	E4	ISO/TS 15066に規定されている限界トルク値以下であり、使用したトングが純利でないため
3	終了操作	タッチパネルを操作し、作業を終了する	協働ロボット トング	機械的危険源 衝撃	作業中の協働ロボットの腕やトングが現場作業者と接触する	E	4	E4	ISO/TS 15066に規定されている限界トルク値以下であり、使用したトングが純利でないため	
			協働ロボット トング	機械的危険源 突き刺し又は突き通し	作業中の協働ロボットの腕やトングが現場作業者と接触する	E	4	E4	ISO/TS 15066に規定されている限界トルク値以下であり、使用したトングが純利でないため	
片付け	1	電源OFF	協働ロボット本体及びバッテリーの電源をOFF	電源	電氣的危険源 感電	濡れた手で操作し、感電する	B	2	B2	
	2	トングの取り外し	協働ロボット本体からトングを取り外す	協働ロボット トング	機械的危険源 切傷又は切断	取り外す際に、協働ロボット本体のエッジ等で手を切傷する	D	3	D3	
保守	1	清掃	協働ロボットをふき取り清掃	協働ロボット トング	人間工学原則の無視による危険源 ヒューマンエラー	協働ロボットが通電中に作業し、現場作業者と接触等する	C	2	C2	
	2	点検（通常）	機器設置前に破壊や汚れを確認	協働ロボット トング	人間工学原則の無視による危険源 ヒューマンエラー	協働ロボットが通電中に作業し、現場作業者と接触等する	C	2	C2	
	3	点検（異常）	異常発生箇所を目視確認	協働ロボット トング	人間工学原則の無視による危険源 ヒューマンエラー	協働ロボットが通電中に作業し、現場作業者と接触等する	C	2	C2	
	4	非常停止	非常停止操作後、安全を確認して再開	協働ロボット トング	人間工学原則の無視による危険源 ヒューマンエラー	協働ロボットが通電中に作業し、現場作業者と接触等する	C	2	C2	
				協働ロボット	機械的危険源 衝撃	協働ロボットの腕等が故障・破壊により落下し現場作業者と接触する	E	3	E3	ISO/TS 15066に規定されている限界トルク値以下であり、使用したトングが純利でないため
				基板 配線	電氣的危険源 感電	協働ロボットの腕等が破壊し、配線や基板に現場作業者が触れて感電する	B	2	B2	
				基板 配線	電氣的危険源 火災	協働ロボットの腕等が破壊し、配線の断線等を原因とした火災が発生する	B	2	B2	

図 3.9： リスクアセスメント実施結果

3.2.7 保護方策によるリスクの低減の実施

3.1.7 と同様に決定した保護方策を図 3.10 に示す。図 3.10 の詳細は付属書「図 3.10：保護方策の決定の拡大図」を参照いただきたい。

作業工程				リスク分析			残留リスク	
区分	No.	作業工程	作業内容	対象部	危険源	危害の内容	リスクの内容	保護方策
設置	1	番重の設置	食材の入った番重を設置する	床	機械が使用される環境に関連する危険源 滑り、墮落	設置時に滑って転倒する	転倒	危険源の周知徹底、保護具（保護メガネ等）の着用、 適用マニュアルによる警告
	2	協働ロボットの移動	協働ロボット本体を盛付ラインへ移動する	協働ロボット	機械的危険源 衝突	トルクのかかっていない協働ロボットが回転し、現場作業者と接触する	衝撃	危険源の周知徹底、保護具（保護メガネ等）の着用、 適用マニュアルによる警告
				協働ロボット 台車	機械的危険源 衝突	段差等により協働ロボットが転倒し、現場作業者と接触する	衝撃	危険源の周知徹底、保護具（保護メガネ等）の着用、 適用マニュアルによる警告
	3	トンクの取り付け	協働ロボット本体にトンクを取り付ける	協働ロボット トンク	機械的危険源 切傷又は切断	取り付ける際に、協働ロボット本体のエッジ等で手指を切傷する	切傷	危険源の周知徹底、保護具（保護手袋等）の着用、 適用マニュアルによる警告
	4	電源ON	協働ロボット本体及びバッテリーの電源をON	電源	電氣的危険源 感電	濡れた手で操作し、感電する	感電	危険源の周知徹底、適用マニュアルによる警告
運転	5	ロボットの位置決め	協働ロボットの位置を決める	台車の扉	機械的危険源 切傷又は切断	電源操作時、台車の扉に手指を挟まれる	挟み込み	危険源の周知徹底、適用マニュアルによる警告
	1	開始操作	タッチパネルを操作し、作業を開始する	協働ロボット トンク	機械的危険源 衝突	作業中の協働ロボットの腕やトンクが現場作業者と接触する	衝撃	危険源の周知徹底、保護具（保護メガネ等）の着用、 適用マニュアルによる警告
				協働ロボット トンク	機械的危険源 突き刺し又は突き通し	作業中の協働ロボットの腕やトンクが現場作業者と接触する	突き刺し	危険源の周知徹底、保護具（保護メガネ等）の着用、 適用マニュアルによる警告
				協働ロボット 台車	機械が使用される環境に関連する危険源 滑り、墮落	現場作業者が転倒し、協働ロボットと接触する	転倒	危険源の周知徹底、保護具（保護メガネ等）の着用、 適用マニュアルによる警告
	2	番重交換・補充	番重を交換・補充する	協働ロボット トンク	機械的危険源 衝突	作業中の協働ロボットの腕やトンクが現場作業者と接触する	衝撃	危険源の周知徹底、保護具（保護メガネ等）の着用、 適用マニュアルによる警告
片付け				協働ロボット トンク	機械的危険源 突き刺し又は突き通し	作業中の協働ロボットの腕やトンクが現場作業者と接触する	突き刺し	危険源の周知徹底、保護具（保護メガネ等）の着用、 適用マニュアルによる警告
	3	終了操作	タッチパネルを操作し、作業を終了する	協働ロボット トンク	機械的危険源 衝突	作業中の協働ロボットの腕やトンクが現場作業者と接触する	衝撃	危険源の周知徹底、保護具（保護メガネ等）の着用、 適用マニュアルによる警告
				協働ロボット トンク	機械的危険源 突き刺し又は突き通し	作業中の協働ロボットの腕やトンクが現場作業者と接触する	突き刺し	危険源の周知徹底、保護具（保護メガネ等）の着用、 適用マニュアルによる警告
	1	電源OFF	協働ロボット本体及びバッテリーの電源をOFF	電源	電氣的危険源 感電	濡れた手で操作し、感電する	感電	危険源の周知徹底、適用マニュアルによる警告
	2	トンクの取り外し	協働ロボット本体からトンクを取り外す	協働ロボット トンク	機械的危険源 切傷又は切断	取り外す際に、協働ロボット本体のエッジ等で手指を切傷する	切傷	危険源の周知徹底、保護具（保護手袋等）の着用、 適用マニュアルによる警告
保守	1	清掃	協働ロボットをふき取り清掃	協働ロボット トンク	人間工学原則の無視による危険源 ヒューマンエラー	協働ロボットが通電中に作業し、現場作業者と接触等する	衝撃、突き刺し	危険源の周知徹底、保護具（保護メガネ等）の着用、 適用マニュアルによる警告
	2	点検（通常）	機器設置前に破損や汚れを確認	協働ロボット トンク	人間工学原則の無視による危険源 ヒューマンエラー	協働ロボットが通電中に作業し、現場作業者と接触等する	衝撃、突き刺し	危険源の周知徹底、保護具（保護メガネ等）の着用、 適用マニュアルによる警告
	3	点検（異常）	異常発生箇所を目標確認	協働ロボット トンク	人間工学原則の無視による危険源 ヒューマンエラー	協働ロボットが通電中に作業し、現場作業者と接触等する	衝撃、突き刺し	危険源の周知徹底、保護具（保護メガネ等）の着用、 適用マニュアルによる警告
	4	非常停止	非常停止操作後、安全を確認して再開	協働ロボット トンク	人間工学原則の無視による危険源 ヒューマンエラー	協働ロボットが通電中に作業し、現場作業者と接触等する	衝撃、突き刺し	危険源の周知徹底、保護具（保護メガネ等）の着用、 適用マニュアルによる警告
				協働ロボット	機械的危険源 衝突	協働ロボットの腕等が設備・破損により落下し現場作業者と接触する	衝撃	危険源の周知徹底、保護具（保護メガネ等）の着用、 適用マニュアルによる警告
				基板 配線	電氣的危険源 感電	協働ロボットの腕等が破損し、配線や基板に現場作業者が触れて感電する	感電	危険源の周知徹底、適用マニュアルによる警告
				基板 配線	電氣的危険源 火災	協働ロボットの腕等が破損し、配線の断線等を原因とした火災が発生する	火災	危険源の周知徹底、適用マニュアルによる警告

図 3.10： 保護方策の決定