

## 調査・研究報告書の要約

書名	平成22年度リスクアセスメント実証調査報告書				
発行機関名	社団法人 日本機械工業連合会・社団法人 日本電気制御機器工業会				
発行年月	平成23年3月	頁数	83頁	判型	A4

## [目次]

序（会長 伊藤 源嗣）

はしがき（会長 船木 俊之）

委員会名簿

目次

はじめに

第1章 調査の概要

1.1 背景と目的

1.2 調査体制

1.3 調査項目・スケジュール

1.4 活動結果

1.5 用語と解説

1.6 関連規格

第2章 調査成果の概要

2.1 支援的保護装置

2.2 実証調査結果

2.3 国際標準化検討結果

第3章 支援的保護装置の要件

3.1 支援的保護装置の基本的な考え方・位置付け

3.2 ヒューマンエラーと支援的保護装置の適用範囲

3.3 支援的保護装置に関する国際標準化への展開

第4章 実証実験の詳細結果と考察・課題

4.1 プレスラインでの実証システム

4.2 実証システムに使用したIT機器の仕様

#### 4.3 実証結果

#### 4.4 実証結果における課題と対策

#### 4.5 支援的保護装置の適応可能性についての考察

### 第5章 国際標準化への考察

### 第6章 調査成果の総括

#### 6.1 研究目的と実証実験結果の総括

#### 6.2 今後の課題と国際規格化への展望

添付資料1：本調査中に調査したIT機器の概要と活用案

添付資料2：生産者（製造現場）との交流会結果

添付資料3：A社現場作業員への実験に関するアンケート集計

添付資料4：国際規格ISO11161の検討資料

添付資料5：本委員会議事録

#### [要 約]

本調査は、リスクアセスメント（RA）実証に関する調査、更なる安全化への技術の活用を考察するものである。

リスクアセスメント(RA)は危険源を同定して、その危険の程度を査定し、査定の度合いに応じて安全方策を実施することで安全性を確保することである。

複数の機械設備を複合したシステム(IMS:統合生産システム)や、複数の作業員が広大な領域内で行う作業のように、本質的安全設計方策や設備安全方策だけでは適切にリスク低減が達成できないものがある。設計・製造者から与えられた残留リスク（本質的安全設計方策や安全防護及び追加保護方策によりリスクを低減した残りのリスク）情報については、使用者が適切な管理のもと、教育・訓練を行い注意しながら、作業を行うことにより低減されたレベルを維持することになる。しかし、残留リスク管理を不確定性の高い人の注意力などにかかり依存することになり、その事が原因となる労働災害も数多く発生している。

そこで、本調査では、設計・製造者から与えられる残留リスク情報に対して人の注意力に依存するリスク低減方策について、支援的保護装置（IT技術等を用いて、人の誤りに起因する災害発生確率を低減させる装置）を用いて不確定性を低減させたリスク低減方策を提案し、当該IT技術として、我が国が先行するRFタグ(RFID)による個体識別・位置確認技術とカメラによる画像識別技術を適切に組み合わせることによる支援的保護装置の可能性を現場で実証試験を行った。

現場（A社製造ライン）で実証試験の結果、IT機器自体の性能だけでなく、作業員の

実際の動きや周辺機械や設備、環境の影響などを含めた検討を行った。概ね良好な結果が得られたが、未検知や誤検知も見られた。しかし、これらの結果から、IT 機器を組み合わせ(ビジョンセンサと RFID 機器を組み合わせ)使用する必要性とその効果や各機器を安全化支援のために使う際の設計上の要求事項を明らかにすることができ、実用化に向けての不可欠な知見が得られた。

更に『支援的保護装置』の概念の構築を試み、この考察の中で、機械類の安全性の基本規格である ISO12100 の中での位置づけを明確にすることができた。また、統合生産システムの国際規格 ISO11161 においても、危険なエリア内に作業者が存在するときは設備を停止する、あるいは起動できないようにするという点では ISO12100 と同一の考えであるが、複数の設備がある中で、それをどのように実現するかは規定されていない。

したがって、リスクアセスメントによる危険源と危険エリアの特定、それに対応した各機械での安全確保と支援的保護装置の設置の一連のプロセスを規格化することが、安全確保を確実に行うために必要であると確認した。今回の実証試験で得られた結果は、我が国からこの方法論と手順を ISO へ規格化提案する際の基礎知見となるものである。

## 第 1 章 調査の概要

### 1.1 背景と目的

機械設備は、危険源を同定して、その危険の程度を査定し、査定の度合に応じて安全方策を実施して安全を確保する。従来の安全方策では、危険の見積もりにより危険エリアを設定し、そのエリアを遮蔽して立ち入らないように保護ガードを設けて安全を確保していたが、実際の現場では、危険エリア内でメンテナンスやティ - チングなどの作業を実施しており、そこに人が立ち上がった場合、安全機能を働かせていた。人と機械とが接近した作業は、日常的に必須なケースが多く、その作業を実施する上で、安全機能を働かせるために複雑な手順・操作・管理を実施しているのが実情である。そのため、作業性・効率性が悪いなどから、往々にして安全機能の無効化を行っているケースが散見されるという大きな課題がある。また、危険エリア内での作業に関して設備を扱う人への教育に重点を置く傾向もあるが、人は間違えるとの視点に立てば危険エリア内への侵入および作業においては傷害が発生する可能性が大きい。

本事業では、危険エリア内での人の存在検出に関する上記課題解決のために、個人の特定(スキル、作業区分等)をも含んだ人の存在検知を可能にする新規性のある RFID と共に、カメラなどの手段を併用したシステムを採用する。また、安全確保のためのフェンスやガードを設けずに、前記併用手段を用いて人の存在を安全エリア内か危険エリア内かを判別して安全機能を起動させる。モデルシステムとしては、有効性の検証を平成 21 年度に実

施してきたが、本事業では、実現場にての実証を実施して、実現場で採用するための課題の明確化とその対策を検討することが重要である。また、結果として人と機械とが接近した作業における標準化に有効な安全要件事項を抽出することも目的とする。

一方で、「機械類の安全性」に関する国際規格である統合生産システムにおける基本要件事項を定義した ISO11161 があるが、ISO11161 は危険エリアを設けてそこに立ち入ったら安全停止するという概念であり、人と機械とが接近した作業における有効な安全確保手段を提供し得ていない。そこで、ISO11161 への支援的安全保護方策の提案を検討する。

## 1.2 調査体制

(社)日本電気制御機器工業会(NECA)では、有識者を中心に構成した「調査本委員会」及び実務者で構成した「調査ワーキンググループ(以下、「RAWG」という。)」を設ける。

本委員会の役割は、調査の方針を決定し事業を統括すると共に、ワーキンググループの作業内容について審議、承認する。ワーキンググループは、本委員会で承認された実行計画を調査し、その成果を報告書としてまとめる。

## 1.3 調査項目

リスクアセスメント実証調査に関し、以下の項目の調査活動を行う。

### (1) 事業の内容

生産現場における検証では、実際に生産を行っている現場で、RFID やカメラ等を併用したシステムを構築し、平成 21 年度に判明した課題解決することに注力し、最適なシステムを構築する(現場としては、異なる製造分野を 2 箇所以上検討)。

そのシステムを実生産現場において、存在検知の精度を左右する要素の抽出とその要素に対する打ち手、検出できない、あるいは検出困難な死角に対する打ち手などが考えられるので、実証検証を行なう。なお、実証検証については、実現場において、当調査 RAWG メンバーの意見を聴取しながら専門機関に委託して実施する。

標準化における検討では、人の特定をも含んだ人の存在検知を可能にする RFID の特徴をメインに、カメラなどの追加手段を併用した前記構築したシステムの標準化を検討する(支援的保護装置の検討)。

ISO11161 における調査では、ISO11161 の最新 2007 年版の内容に対し、本プロジェクトの成果を反映すべき、調査を実施する。

1.4 活動結果では、平成 22 年 8 月から開始し、3 回の本委員会と 10 回の RAWG を開催した。

1.5 用語と解説では、本報告書で使用する用語と解説を記載している。

1.6 関連規格では、本報告書で使用する関連規格を紹介している。

## 第 2 章 調査成果の概要

本年度実施したリスクアセスメント実証調査は、昨年度に行ったリスクアセスメント実施に関する実態調査の結果に基づいて抽出された運用上の各課題について、さらに検討を行った。また、昨年度は現場モデルでの調査であったが、今年度は実現場（A 社生産ライン）での実証実験結果や、安全に関する国際規格への提案を含めて、その成果の概要を報告する。

## 2.1 支援的保護装置の要件

使用者が作業現場で講じるリスク低減方策は、教育、管理、訓練、保護具等、人の注意力に依存する対策が多く見受けられる。しかし、これらの対策の多くはヒューマンエラーや意図的不安全行動を引き起こす人間特性を必ずしも考慮しておらず、作業者が意図しないエラーによって引き起こされる労働災害が多く発生している。そこで、本研究では、ヒューマンエラーと意図的不安全行動の発生パターンを人間特性の観点から分類し、意図しないエラーに対して、支援を行う装置(支援的保護装置)の定義を行い提案した。

## 2.2 実証調査結果

従来、作業者の注意力に依存した危険領域 X への入退出管理に対して、RFID とステレオカメラを組み合わせた入退出監視システム（危険領域 X を対象とした入退出時のリスク低減を行う際の支援的保護装置）導入による、支援的保護装置の実作業での有効性について実証実験を行った。第 4 章で報告するが、RFID とステレオカメラを組み合わせた装置の実証試験において、運用や設置に関する条件は必要であるが、支援的保護装置として適用可能性が確認できた。

## 2.3 国際標準化検討結果

本調査は、労働者保護の観点から「使用者側で講じられるリスク低減方策のあり方」について検討を行い人の注意力のみに依存するにはリスクが高い危険源・危険状態に対しての設計・製造者へのリスク再評価の提案と支援的保護装置という新しい概念を使った安全管理体制を提案した。この考え方は、新しい分野であり、リスクアセスメントに基づいた保護方策を実施した設備に対して使用者側で行うべき追加の保護方策、あるいは、付加保護方策の一つとして適用できる。

複数の機械類を組み合わせた統合生産システム(IMS)の安全性要求事項に関する規格として ISO11161 がある。この規格は、複数の機械類と作業者が関わる一連の作業(非常作業を含む)に対するタスクゾーン(作業区域)のリスク低減方策を機械の配置と一連の作業における作業者の行動パターンとの関係を規定している。設備が複雑になれば、複数の機械を取り扱う中で特に非常作業時の作業者の安全確保を行うために適切なシステムインテグレーションが必要となる。

本調査の支援的保護装置は、人間特性を考慮したヒューマンエラーと不安全行動を前提とした使用者側からのリスク低減方策であり、従来のように「人の注意力のみに依存する」管理手法に比べて、危険側移行率を大幅に減少させることができる手法である。

また、本調査では、併せてヒューマンエラーに対するリスク評価法も提案しており、このリスク評価手法もあわせてIMSを対象とした国際安全規格 ISO11161 に対して労働者保護の観点からの追加提案が可能と考える。

### 第3章 支援的保護装置の要件

本報告書で支援的保護装置の3項目の要件について、更に詳しく解説を記載している。

#### 3.1 支援的保護装置の基本的な考え方・位置づけ

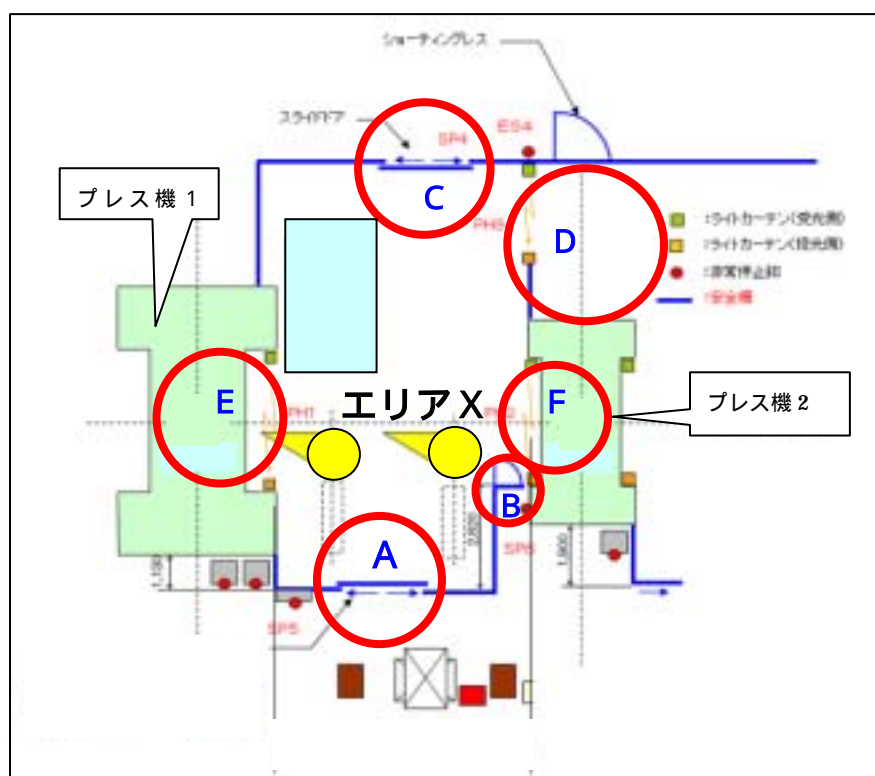
#### 3.2 ヒューマンエラーと支援的保護装置の適用範囲

#### 3.3 支援的保護装置に関する国際標準化への展開

### 第4章 実証実験の詳細結果と考察・課題

昨年度は支援的保護装置としての装置の特性や可能性の検証をモデルシステムで実施したが、今年度は実現場で課題を抽出するために、A社生産ラインで実証実験を行った。本現場（図4.1.1）は大型プレス機が数台並んだ箇所で、今回の実証実験はプレス機1とプレス機2間のエリアXにて行なった。なお、プレスされる板金は一般的な大型プレス機を使った生産ラインと同様にプレス機1からプレス機2へロボットにて搬送され、さらに後方のプレス機へと進む。

図4.1.1 プレスラインのレイアウト



実証実験での支援的保護装置の要件（表 4.1）を検証するために、下記の項目を設定した。

- (1) RFID、およびステレオカメラによる危険エリアへの入退出検知及び人の特定
- (2) (1)を検証するための RAWG メンバーによる常時観察記録
- (3) (2)を補助するためのネットワークカメラ

表 4.1 実証実験での検証要件

支援的保護装置の要件の検証			
検証すべき要件項目	確認事項	検出手段	検出手段 2
入場検知	危険エリアへの入場	RFID (LF)、カメラ	
退場検知	危険エリアからの退場	RFID (LF)、カメラ	
人(資格)の特定	資格データ登録、情報量	RFID、超音波	
場所(地点)の特定	存在箇所の検知 1、精度	RFID (アクティブ)、超音波	
エリアの特定	エリアの設定、精度	RFID (LF、アクティブ)、超音波	
高さの特定	立つ、座る、寝る	超音波	
死角内での特定	死角エリアでの検知	RFID (アクティブ)	
動作状態の判定	動いている、止まっている	RFID (振動・加速度センサ付)	
時間の特定	変化点、継続	RFID (LF, アクティブ)、超音波	
機械の状態検知	動作、停止、スタンバイ他	センサ	コントローラ
危険度の判定	危険源との距離特定	RFID (アクティブ)、超音波	コントローラ
警告出力(表示・音声他)	装置出力	ソフト (RFID、超音波)、カメラ	コントローラ
機械の緊急停止出力	装置出力のフィードバック	セーフコントローラ	コントローラ
機械の復帰条件	安全確認後	RFID (存在検知結果)	コントローラ
機械の復帰指示出力	安全確認結果	セーフコントローラ	コントローラ
異常時の処理	故障、エラー、意図的行動		コントローラ
現場環境での耐性	EMC、雰囲気、放射の影響耐性	RFID (LF, アクティブ)、カメラ	コントローラ
行動ログ	装置の出力履歴	RFID (LF, アクティブ)、超音波、カメラ	コントローラ

更に、実証実験の検証項目、確認事項、方法などを明確化した（表 4.1.1）。

表 4.1.1 支援的保護装置としての要件検証項目

No	検証すべき要件項目	確認事項	検証方法
1	入場検知	危険エリアへの入場	RFタグ所持者がゲートを通過する。その際のRFIDのデータとカメラの画像データを照合して入退場をしたことを検証
2	退場検知	危険エリアからの退場	
3	人（資格、能力、権限）の特定	登録資格と実作業内容	RFタグ内の登録資格データと実際の現場での作業（行動）と機械の動きをVTRにより検証
4	エリアの特定	設定エリアでの存在検知	RFタグ所持者がゲート内外いずれに存在しているかを検証
5	死角内での特定	死角エリアでの存在検知	目視による存在確認不可箇所でのRFタグ所持者の存在検知
6	動作状態の判定	人の動作、静止状態の検知	RFタグ（振動・加速度センサ付）からの受信データによる検証
7	時間の特定	変化点、継続	RFタグからの受信データ、ステレオカメラデータによる検証
8	現場設備の状態検知	動作、停止、スタンバイ他	表示機器の状態とRFタグからの受信データとの照合による検証。表示機器がなければ目視確認で代用。
9	現場環境での耐性	実験機器のEMC、雰囲気、放射の影響耐性（測定はしない）	実実験現場における設備の各状態（動作、停止）での実験機器の動作状態の検証

#### 4.2 実証システムに使用したIT機器の仕様

実証実験に使用したRFタグ、LFアンテナとLF発信機、アクティブリーダ、ステレオカメラユニット、コントローラ、ネットワークカメラの各々の仕様について記載している。

#### 4.3 実証結果

設備の稼働日4日間の現場から収集した有効データを基に、課題と対策案をまとめる。

#### 4.5 支援的保護装置の適応可能性についての考察

実証実験ではカメラ、RFIDが同時に危険側誤動作に至った件数は0件であった。この結果から実証実験システムが支援的保護装置として適応できることについて、必要な要求レベルを達成できる可能性がある。また、実証実験は危険側誤動作にフォーカスしているが、実際に支援的保護装置を導入した場合に、安全側誤動作の発生確立についても検証が必要である。

今後は、支援的保護装置が現場導入できるレベルとしての安全側の誤動作回数についても仮説設定と検証が必要である。支援的保護装置はあくまで保護装置とは一線を画するものであり、その位置付けにある支援的保護装置として誤動作に対する信頼性及び構成システムの要求事項の定義について、今後検証と議論されることが望まれる。

### 第5章 国際標準化への考察

本調査は、労働者保護の観点から「使用者側で講じられるリスク低減方策のあり方」について検討を行い人の注意力のみに依存するにはリスクが高い危険源・危険状態に対しての設計・製造者へのリスク再評価の提案と支援的保護装置という新しい概念を使った安全管理体制を提案する。ここで支援的保護装置とは、「設計・製造者による使用上の情報(残存リスク情報)に対して、使用者が使用時に行う保護方策である教育・訓練、管理とともに



使用されるヒューマンエラー等を考慮した不確定性の高いリスク低減方策を支援するための保護装置」と定義した。

## 第6章 調査成果の総括

### 6.1 研究目的と実証実験結果の総括

リスクアセスメントに基づく安全対策が十分に行われたとしても、危険エリア内でメンテナンスやティ - チングなどの危険源近接作業は必ず存在する。そのような場合には、安全機能を働かせるために複雑な手順・操作・管理を実施している。しかし、作業性・効率性が悪いなどから、安全機能の無効化を行っているケースが散見されるという大きな課題がある。また、そもそも安全機能を切らなくては行うことが出来ない、試運転や調整などの作業も皆無ではない。そこで、個人の注意力などによる安全確保に、RFID 機器、ステレオカメラ等を用いた支援的保護装置を使うことを考えた。以上の議論の中で、支援的保護装置を「設計・製造者による使用上の情報(残存リスク情報)に対して、使用者が使用時に行う保護方策である教育・訓練、管理とともに使用されるヒューマンエラー等を考慮した不確定性の高いリスク低減方策を支援するための保護装置」と定義し、いわゆるスリーステップメソッドの「安全防護及び継続保護方策」との違いを明らかにした。

規格の検討課題として、昨年度・本年度の調査から支援的保護装置の有効性と RFID 機器及びステレオカメラ等により実現することの可能性が見いだせたが、これを規格として定着させ、広く利用される確立した技術にすることを考えなければならない。第5章では、技術的側面から考察したが、今後は、規格化提案までの各ステップと解決すべき技術課題、規格の構成等の検討に入る段階である。

技術基準の検討課題として、規格の策定を通じて、技術的要求事項を明確化させることは、設計事項を明確化させることであり、今回の実験で汎用的な機器を用いたために生じた誤検知、検知漏れを防止する基本となる。また、検知漏れをどのレベルまで許容するのか、それをリスクアセスメントとどう関連づけるのか明確にすることが必要である。また、ISO11161 では、タスクゾーンに適切な要因がいること、そこまでの到達についても予め定められた経路によることが前提となっているが、これらの条件からの無意識な逸脱に対する保護は、本システムの有効な領域を考えられる。

今後の展望として、2年間の調査を通じて、人に頼る安全、つまり管理による安全が確保されている作業を技術的に支援し、災害を減らすことを考えてきた。最初の段階では、個人識別、入退出管理等を個別に考え、利用できる技術と製品でシステムを構築した。次いで、これら技術方策を、「支援的保護装置」という形でまとめてみた。今後は、支援的保護装置としての設計指針、規格化に向けて概念を規定に落とし込む作業を進めることが今

後の課題となる。規格化の審議は ISO/TC199 機械安全で行われることになる。

今回に調査で明確にした支援的保護装置の定義、明らかになった技術的課題を、ISO/TC199 の国内審議団体に報告し、具体化に向けた審議ワーキングを発足するように働きかけることとする。



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

<http://ringring-keirin.jp>