

# 1 緒 論

保 田 秀 則\*  
糸 川 壯 一\*

## Introduction

Hidenori BODA\*  
Soichi KUMEKAWA\*

A lot of industrial accidents have occurred in working of machinery in Japan. Recently, the industrial accidents that have caused by machinery become about 30 percents of all industrial accidents in Japan.

Then, the special research for hazard control technique and the application to man-machine systems, in order to prevent those industrial accidents that are caused by machinery.

This special research includes two theses. One of them is the development and improvement of measuring system for prevention of hazards in man-machine systems. And, another is the practical application of hazard control technique to man-machine systems.

The followings are studied according to the above two theses ;

- (1) on the detection of a man coming close with an infrared-ray-sensor
- (2) on the prevention of squeezing injuries with a touch-sensor
- (3) on the prevention of hazards in man-machine systems with an electro-sensitivity device
- (4) on the interlock mechanism between sensing systems of guard and machinery
- (5) on the warning devices applied the alarm-sound in a factory
- (6) on hazard assesment of man-machine systems using system safety technique

Results of the special research are given as following three sections in this report.

- (I) Fail-Safe Mechanism and Application for Man-Machine Systems
- (II) Acoustic Countermeasures for Safety
- (III) On Hazard Assessment of Innovative Systems

The results of the special research would be very useful to prevent for hazards in man-machine systems.

---

\* 機械研究部 Mechanical Safety Research Division

## 1.1 機械による労働災害の実態と研究の必要性

わが国の機械による労働災害は、昭和59年度において死亡者1,142人、死傷者（休業4日以上）80,648人の多きに上っている。これらの全労働災害に対する割合は、死亡者では43%，死傷者では31%となり全労働災害の大部を占めている。

このように機械による労働災害は、全労働災害に対しての発生率の値より死亡者率の値の方が大きい現状であり、機械による災害は、機械と作業者の接点において起るもので死亡や永久障害を伴う悲惨な災害となる場合が多い。これら機械による労働災害は、機械が動力化された歴史と共に発生してきた非常に古くからの問題であり、機械の大型化・高速度の進展と共に災害の重篤化もいなめない。しかも、発生件数は、やや減少の傾向を示しているとはいえ、上記のようにまだまだ数多く発生しており、その上、この数年においては、Fig. 1-1 に示すように死亡災害では増加の傾向が見られる。

これらの災害は、金属工作機械・鍛圧機械・木工機械など危険作業点を持つ機械で多く発生しており、これらの事故の型は、「はさまれ・巻き込まれ」、「切れ・こすれ・すりむき」等が主なるものである（Table 1-1 参照）。しかもこれらの災害について作業の種類別を見ると、多くが製造作業中の運転操作作業、材料加工物の供給または取り出し作業、加工・組立・分解の作業

Table 1-1 Casualties by various machines  
起因別、事故の型別労働災害者数  
(昭和58年、製造業、休業4日以上)

起 因 別 \ 事故の型	は 巻 さ き ま れ	切 れ こ す れ	計
動力伝導機構	963	46	1,009
金属工作機械	2,525	1,638	4,163
鍛圧機械（金属加工用）	3,918	136	4,054
金属シャ-	302	83	385
鑄造機械	250	17	267
その他の金属加工機械	788	45	833
窯業・土石、化学用機械	1,095	179	1,274
木工機械	1,243	3,685	4,928
ベニヤ製造機械	177	53	230
パルプ、紙製造機械	150	20	170
紙加工機械	698	65	763
印刷製本機械	1,158	116	1,274
紡績機械、植物粗繊維加工機械	964	239	1,203
食品機械	1,801	789	2,590
物揚げ機械	1,052	40	1,092
コンベア	1,572	114	1,686
運搬機	1,390	28	1,418
動力工具	189	820	1,009
金属材料、木材等	2,246	843	3,089
荷	641	142	783
そ の 他	4,727	2,526	7,253
合 計	27,849	11,624	39,473

(産業安全年鑑より)

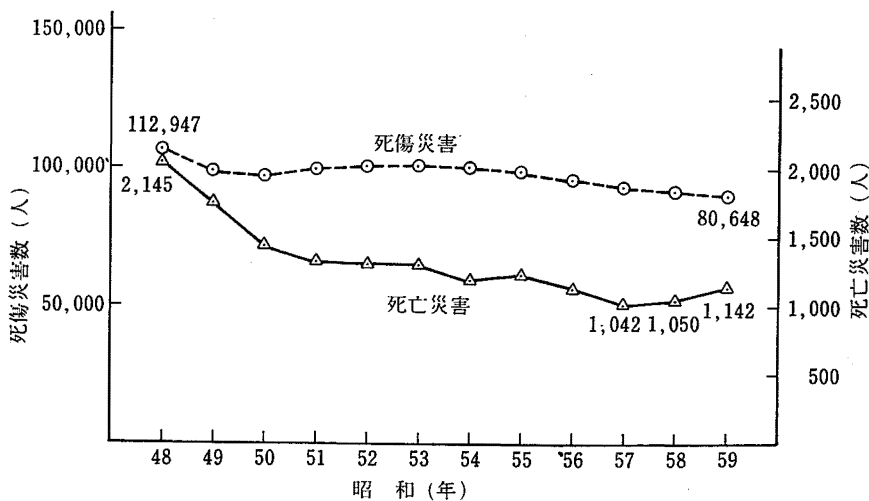


Fig. 1-1 Casualties by machinery during 1973 and 1984  
年次別機械災害の発生状況（産業安全年鑑より）

などで発生していることが分る (Table 1-2 参照)。

Table 1-2 Casualties by various works  
作業の種類別、事故の型別死傷者数  
(昭和58年、製造業、休業4日以上)

作業の種類	事故の型		計
	は巻き き込ま まれ	切す れ、 こす れ	
製造作業	(18,321)	(9,396)	(27,690)
運 転 ・ 操 作 作 業	5,865	2,547	8,412
材料・加工物の供給作業	4,419	1,866	6,285
治工具等の取付け作業	635	133	768
材料・加工物の取出し作業	1,480	358	1,838
治工具等の取外し作業	164	49	213
切削屑等の除去作業	1,506	729	2,235
加工・組立・分解作業	3,635	3,432	7,067
製品・材料検査作業	152	50	202
そ の 他	465	232	697
保全作業	(3,671)	(813)	(4,484)
修 理 作 業	1,431	345	1,776
点 検 作 業	1,127	249	1,376
注 油 作 業	172	21	193
試 運 転 作 業	545	87	632
そ の 他	396	111	507
運搬・取扱い作業	(4,365)	(782)	(5,147)
運 搬 作 業	2,603	304	2,907
荷造・包装作業	168	88	256
荷 役 作 業	709	73	782
その他の取扱い作業	885	317	1,202
そ の 他	1,492	633	2,125
合 計	27,849	11,624	39,473

(産業安全年鑑より)

このように機械災害を分析してみると「はさまれ・巻き込まれ」「切れ・こすれ」等の危険作業点における災害の割合が極めて高いので、これらの対策を進めることが極めて重要である (Fig. 1-2 参照)。

これらの在来型と考えられている災害に対する主要な安全対策は、元来、“機械の動作時には人間は危険作業点に入らない”，“入る必要がある場合は機械を停止させる”という2つの条件を確実に満足させることであると考えられてきた。この場合、実際の作業現場では危険作業点に人間を入れないための柵やカバーによる対策には限界がある。

そこで、機械側にも人間を検知して自動停止するなどの適切な機能を持たせることが、この問題を解決する決め手になると考えられる。従来、この考えに基づ

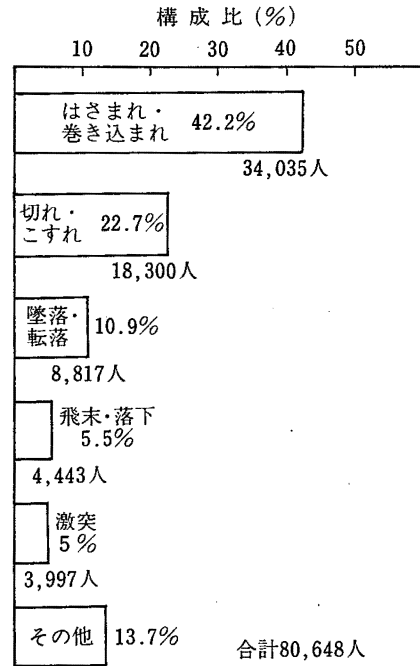


Fig. 1 - 2 Breakdown of casualty rate by accidents  
機械災害における事故の型別死傷者数 (昭和59年)

いた各種の安全装置が開発されてきたが、作業性を低下させたり、汎用性に乏しかったり、安全機能が十分でなかったり、高価であるなどの理由から全般的には必ずしも実効があがっているとはいえない。

従って、機械作業に係わる人間の行動を計測によって常に監視して不安全行動を検出する技術を多角的に研究し、更にこれを用いて人間に警報を発したり、機械に緊急停止させる機能をもつ防護装置を開発し、併せて実機への適用について研究することが必要となってきた。

## 1.2 研究の概要

以上述べたような実態を踏まえ、この研究を計画するに当たって当初検討された基本的考え方は、次のとおりである。

防護装置は、人間が機械の危険作業点に過度に意識を集中させる必要をなくし、またその装置を設置することによって作業性を損うことなく、安全を確保できるものでなければならない。そのためには、危険作業点にバリヤを作っておき、機械作動時に人間がバリヤに侵入した場合これを検出して機械を停止させるなど

のいわゆるフルプルーフ化が重要である。また、これらの装置は生産性を目的とする他の装置に比べ、高い信頼性を持ちかつ低コストであることも必要条件となる。

本研究では機械操作時の安全確保のフルプルーフ化を目的とし、

- (1) 人間の有する物理的特性を利用した人間を検出するための計測技術の開発と、それを危険作業点のバリエーションに適用するための研究を行う。この場合、人間から生ずる微弱な赤外線を利用する方法、人間の重力を利用する方法、人間がもつ静電容量を利用する方法などが考えられる。
- (2) これまで、プレス機械用光線式安全装置など特定の機械についての安全装置が開発されているが、他の機械においても、これらの安全装置を改善することによって利用できるものは少なくない。従って、これらの技術の移転に関する研究を行い、他の機械への適用を図る。

また、新しく開発した防護装置及び従来型防護装置の特性を把握して各種の現場条件に最も適合した防護装置の選択、組合せを図ることにより、機械作業の安全化のためのシステム最適化の研究を行う。  
(当初の考え方—危険検出型)

上記の研究を遂行する際の基本的な考え方について研究計画作成の段階及び研究開始当初しばらくの間は、上記文意においても読みとれるように、機械作業の安全化は、人間が危険な領域に入ったことを検出し、その検出信号により機械の運転を停止させたり警告を発したりして人間の危険を回避するための計測技術を確立すればよく、そのためには、検出センサやその信号処理回路の信頼性を高いものとする技術を確認すること、すなわち、危険検出型の危険回避方式が基本的考え方となっていた。

(再考された安全の原理—安全確認型)

しかしながら、本研究を遂行しながら、機械作業の安全化のための技術上必要な原理について、いろいろと検討研究を重ねた結果、上記の危険検出型の考え方

では、不十分であることが判明した。

作業者の安全を確保するための技術としては、単に危険を検出して機械の運転を停止するという方式では、もし、危険を検出できない状態（例えば、検出機構の故障や回路の断線など）が発生した場合には、当然機械運転を停止することなどできないことになる訳である。

従って、機械作業の安全確保のための計測技術の原型的考え方としては、危険を検出して機械の運転を停止させるのではなく、安全な状態が確認できた場合のみ機械の運転を許可するという考え方が重要であるという結論を得るに至った。

この考え方に基づけば、安全確認のための検出センサが正常でなければ、安全確認ができないので当然機械の運転は許可されないことになり、計測系の異常により危険な状態を生ずることはない。

すなわち、安全確認型による危険回避の考え方が、本研究の中心的な安全の原理とされるに至った訳である。

本研究においては、危険作業点を持つ機械において、具備すべき安全機能の要件を達成するための計測技術上の基本的原理の構築と具体的手法についての検討・開発研究、従来型の防護装置等についての特性の把握と問題点の整理を行うとともに、音声式非常停止システムと警告音とについての音響的安全防護の検討・開発、さらには新技術を用いたシステムに生ずる潜在危険の評価法の構築などについて広範囲な検討を行った。

従って、本報告書では、

- I 安全制御における計測技術
- II 音響的安全防護
- III 新技術を用いたシステムに生ずる潜在危険の評価

の三部構成とし、機械作業における安全確保のための原型的考え方と具体例、具体的手法を示したので、広く機械産業の分野で活用していただき、機械作業の安全化が促進されることを期待するところである。