

10. 結論と今後の課題

梅崎重夫*

10. Conclusions and Future Problems

by Shigeo UMEZAKI*

Abstract: This specific research report proposed the new safety control technology using the programmable electronic equipment with triple redundancy, diversity and the self checking mechanism. Systems applied to this technology were also developed and evaluated in this research. Results obtained from this research are summarized as follows:

(1) The examination of safety control theory

It was generally considered that only the hard wired safety equipment could be applied to the high risk machinery till quite recently. However, it was clarified that the programmable electronic equipment is possible to use, if it has triple redundancy, diversity and the self checking mechanism, when the allowable accident occurrence rate was assumed under 10^{-11} /hour.

(2) The development of the safety control system

Various safety systems based on the theory described in chapter 2 were developed. As the result, it was proven that these systems are indispensable for the confirmation of large scale working area, the distinguishing between human bodies and objects, or the operation close by dangerous parts of the machine. Moreover, it was proven that the programmable electronic equipment is effective for not only the improvement of safety but also the cost reduction for design process, manufacturing process, maintenance or remodeling. The new concept of the “distributed and safety bus control” was also proposed.

(3) The total evaluation of the developed system

There was a request on the urgent practical application of the developed systems, especially the blanking system for the power press, the floating system for the rollermill and the safety bus system for the factory automation. There was also the indication that the laser sensor system could be applied to the port cargo or railway system. On the other hand, there were some indications about not only the improvement of safety performance but also the validity as a production system.

(4) The contribution to standards

The draft of the Japanese comprehensive safety standard for machineries was proposed based on the result of this research. The proposals for IEC62046 and other international safety standards were also discussed.

1. 研究成果の要約

本研究では、大規模生産システムで今後のキーテクノロジーとなる安全制御技術として、コンピュータを利用した最新の安全制御技術の提案と、この技術に関連した開発及び評価を行った。この成果は、次のように要約できる。

1.1 安全制御理論の検討

従来、リスクレベルの高い機械設備に対しては、リレー制御を中心とした伝統的な安全制御技術（一般に、ハードワイヤードな安全制御回路と呼ばれている）を適用する以外ないと考えられてきた。

しかし、災害防止に関する目標値を災害発生率で 10^{-11} 回/h以下と設定した場合、プログラマブルな電子制御装置の異種三重系以上の冗長化と、所定のチェック間隔を持つ自動監視機構を採用すれば、ハードワイヤードな安全制御回路と同等以上の安全性の実現が可能であることが理論的に解明できた（第2編参照）。

1.2 安全制御システムの開発

第2章で述べた理論に基づいて、異種冗長化と自動監視機構を備えた汎用安全コントローラを基盤技術として、各種の安全システムを開発した（第3編～9編参照）。

その結果、これらのシステムは、従来適切な安全装置がないために対策が遅れていた、①複数作業員による広大領域内での共同作業（第6編）、②プレス機械による長尺物加工作業（第3編）、③ロール機に近接して行う危険点近接作業（第4編）などの安全化を図るために必須であることが判明した。

また、これらのシステムでは、安全システムの設計、製造、改造等に要する時間とコストの節約だけでなく、電気配線の省線化も図れることから、特に大規模で複雑な生産システムで応用範囲が広いことが判明した。

さらに、これらのシステムの開発過程で、分散形安全バス（distributed safety bus、略してDSB）制御という今後の安全制御システムのあり方を決定づける基本的なコンセプトを提案できた（第9編）。

1.3 開発したシステムの総合評価

現場の安全管理者を始めとする労働安全の関係者からは、開発したシステムの早急な実用化を望む声が強かった。特に、①複数作業員による広大領域内での共同作業（第6編）、②プレス機械による長尺物加工作業（第3編）、③ロール機に近接して行う危険点近接作業（第4編）などは、現状では適切な安全手段がな

いたために、早急な実用化に関する強い要望があった。

また、広大領域内の安全確認を目的としたレーザー式の安全装置は、港湾荷役の現場や鉄道システムへの水平展開を図るべきとの指摘があった（第5編）。

一方で、海外の専門家からは「ブランキングシステムの導入にあたっては、あまりに寸法の大きい加工物は除外すべきである（第3編）」、「ロール機にフロティングシステムを適用する場合、ガードによる安全方策（欧州方式）との使い分けが必要（第4編）」との指摘もあった。

また、開発した物流機械用の模擬安全制御システム（第9編）は安全制御システムの構築に特化し過ぎた結果、生産システムとしての原点を見失っているとの指摘もあった。

さらに、ロボットの暴走検知システム（第7編及び第8編）では、暴走検知用のセンシング手段として磁気スイッチ（パワーリードスイッチ）を使用することの是非も議論された（最終的には、高いフェールセーフ性と耐ノイズ性を考慮して磁気を採用した）。

1.4 基準、規格等への反映

本研究の成果を踏まえた上で、「機械の包括的な安全基準に関する指針」（平成13年6月1日付け、基発第501号）の原案作成に取り組んだ。また、この過程で、製品安全と労働安全を一体化した包括的安全方策の提案が図れた（第2編）。

2. 今後の課題

本研究で開発したシステムは、すべて専門家による総合評価を行っている。このときの指摘事項は、各報告にまとめているので、今後はこの指摘事項に沿ったシステムの改善を継続して行く予定である。

また、本研究を実施していた時期（平成10年度から平成13年度）に急速に安全技術の国際化が進み、今後の研究成果は国際規格への反映が必須とされるようになった。

このため、本研究では、ロボットの暴走検知システム（第7編及び第8編）に使用するパワーリードスイッチの国際規格化を社団法人日本電気制御機器工業会の協力を得て取り組んでいる。また、第2編で実施した理論的検討の成果は、今後IEC61508の見直し時に反映できるよう、準備を進めて行く予定である。さらに、ブランキングシステムやフロティングシステムはIEC62046への反映が可能なものであり、今後は適用範囲の明確化の検討と併せて、上記規格への反映に向けた更なる検討を進めて行く予定である。

3. おわりに

以上、本研究で得た成果と今後の課題について述べた。今後、安全制御の分野では、急速な国際化とコンピュータを利用した新しい安全制御技術へのパラダイムシフトが進んでいくと考えられる。このような動向

を踏まえた上での産業現場における安全制御技術の一層の高度化を図るために、本報告書が活用されることを期待する。

(平成 14 年 1 月 10 日受理)