

1. 序 論

梅崎重夫*

1.1 はじめに

近年の技術革新に伴って、コンピュータ制御された自動生産システムや大型建造物等の施工システムが我が国の産業現場にも広く導入されるようになってきた。しかし、コンピュータを使用した大規模な生産・施工システムは、生産に従事する作業者の問題も含めて、システム全体の危険性が十分解明されていないために、これまでに経験しなかった未知の災害が発生し、一度に多数の作業者が被災するケースも想定される。

また、我が国の産業構造は多くの産業が相互に依存しているために、一旦災害が発生すると社会的な波及効果及び経済的損失も甚大となり、大きな社会問題と

なりかねない。

このような背景から、大規模な生産・施工システムに対する総合的な安全対策を早急に確立しなければならず、このためには材料や制御装置の高信頼化に代表される個別的安全対策（要素技術）も重要であるが、生産・施工システム全体にわたって危険性を系統的に評価し、この結果に基づいて適切な安全制御システムの構築を行い、最後に安全制御システムの妥当性を論理的に検証する総合的安全対策（システム安全技術）の確立も急務になっている（図1参照）。

そこで、本研究では、産業界等の協力の下に、大規模な生産・施工システムを対象としたシステム安全技術の検討を行うことにした。

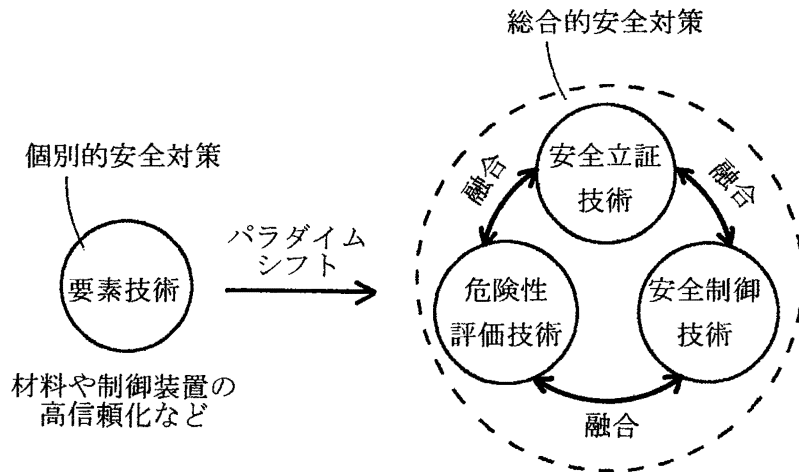


図1 本研究で提案するシステム安全技術の概念図

*機械システム安全研究部 Mechanical and System Safety
Research Division

1.2 研究概要

本研究で予定しているテーマは以下の通りである。

1.2.1 大規模生産・施工システムの実態調査及び安全制御技術等の仕様調査

種々の産業分野を対象に大規模な生産・施工システムの現状、安全上の問題点等を調査する。また、当該システムにおける安全制御技術の仕様等を調査する。

1.2.2 ヒューマン・エラーの予測評価手法に関する研究

大規模な生産・施工システムを対象に、発生するヒューマン・エラーの態様、レイアウトの欠陥、保全作業の容易性、安全装置の効果等に関する事前評価が可能なシミュレータを開発する。

また、この装置を利用して、大規模な生産・施工システムを対象としたヒューマンエラーの予測評価手法について検討する。

1.2.3 コンピュータを利用した安全制御システムに関する研究

コンピュータを利用した安全制御システムの潜在危険性評価手法について研究する。ここでは、コンピュータ制御システムの自己診断機能に故障や異常が発生したときに、これを自動的に抽出・分析できる評価装置の開発に重点をおく。

また、コンピュータを利用した安全制御システムを大規模システムへ応用するために、非対称誤り特性を持つプログラマブルな電子制御装置を開発する。

1.2.4 大規模生産システムを対象とした安全制御技術の開発

大規模生産システムの代表例として、FMS (Flexible Manufacturing System, 図2参照) を対象に次のような研究を行う。

(1) 安全制御理論の検討

大規模生産システムを対象とした安全制御理論と安全制御手法について検討する。

ここでは、人間機械システムの基本構造の解明と新しい情報・制御理論の確立、安全制御システムにおける非対称誤り率の計算方法の解明、大規模生産システムを対象とした安全対策手順の検討、生産性に配慮した安全制御システムの検討等に重点を置く。

(2) 各種安全手段の開発

大規模生産システムに共通の安全手段として、広大領域を対象とした安全確認装置、人体と物体を識別できる汎用的装置、自律分散形の安全確認システム等を開発する。

また、安全分野における制御部品、安全装置、制御システム等の標準化について検討する。

(3) 生産性に配慮した安全制御システムの構築

大規模生産システムでは、安全確保のために機械を自動停止させると、システム全体の稼働率が著しく低下する場合も多い。

このため、実際の現場では、生産性に配慮した安全制御システムの構築が強く要望されているが、この問題に関する研究は、現場では要望が強いにも係わらず、研究ベースで行われたものはない。そこで、本研究では、自律分散形(補足1参照)の安全確認システムと早期異常検出システムの構築、及び状態遷移図を利用した稼働率の定量的評価手法の開発によって、生産性に配慮した安全制御システムの構築を試みる。

(4) 安全立証のための支援ツールの整備

最新のコンピュータ技術を利用して、大規模生産システムの安全立証を行う支援システムを整備する。ここでは、安全制御システムを対象とした故障解析シミュレータの開発と、VF (バーチャル・ファクトリー) 技術を用いた安全性の事前評価システムの開発に重点を置く。

1.2.5 建設用ロボットを対象とした安全制御技術の開発

建設現場において屋内配管作業や内装作業の自動化に利用される建設用ロボットを対象に次のような研究を行う。

(1) 作業者と協調作業を行うロボット機構の開発

作業者と建設用ロボットが近接しながら安全な協調作業を行なうために、過大な力出力を制限できるモニタリング機構や不整地を安定して走行できる移動機構を開発する。

(2) 画像情報を用いた作業環境の監視手法の開発

作業者と建設用ロボットが混在する作業環境をカメラによって三次元的に監視し、その場から得られる画像情報を分析して作業環境の安全性を判定する方法を提案する。

(3) 電磁ノイズ環境に対するロボット制御システムの耐性評価

遠隔的に操作信号を伝送する建設用ロボットの制御システムが電磁ノイズの影響を受ける場合に、制御システムで発生する異常や故障の影響を調べ、その耐性を評価するとともに技術的対策を検討する。

(4) 建設用ロボットの安全制御システムの開発

建設用ロボットに近接する作業者の安全を確保するために、上記(2)、(3)の成果を基にして、各種安全機能を組み込んだ安全制御システムを開発する。

1.2.6 大規模施工システムを対象とした危険性評価技術の開発

大規模施工システムの代表例として、ビル自動施工

システム（図3及び参考資料5参照）を対象に次のような研究を行う。

(1) 施工環境シミュレータの製作

ビル自動施工システム等の大規模建築物では、中小建築物と異なり降雨、降雪、風等の施工環境が安全上問題となる場合も多い。特に、超高層建築物では風に関する観測データの蓄積が不十分であることに加えて、市街地、崖地等ではいわゆるビル風の影響によって風の強さや風の方向の予測が困難である。

そこで、以上のような風環境の影響を解明するために、ビル自動施工システムを対象とした施工環境シミュレータを開発する。

(2) 施工環境シミュレータを使用した危険性評価実験

(1)で開発した装置を利用して風環境に対する危険性評価手法を確立するとともに、市街地等に建設された超高層のビル自動施工システムを対象に実験的評価を行う。

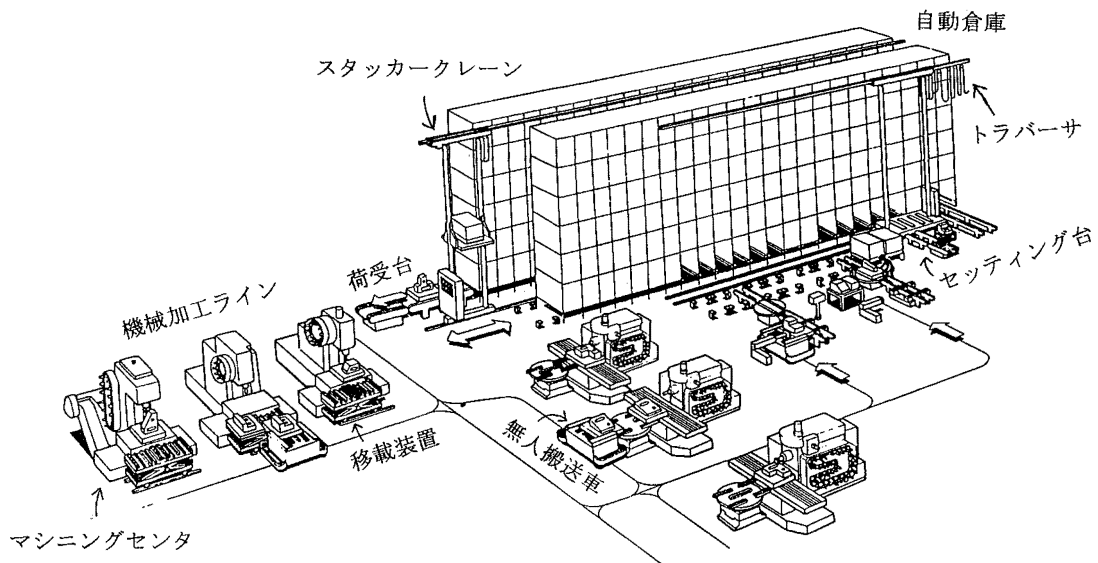
(3) ビル自動施工システムを対象とした安全制御技術の検討

ビル自動施工システムで使用される移動ロボットを対象に、作業者と建設用ロボットの接触、コントローラの故障によるロボットの暴走、無線操縦方式の異常による建設用ロボットの不停止等の問題について検討する。

1.3 本報告書の構成

以上が本研究の概要であるが、このうち本報告書では1.2.1節で述べた実態調査に該当するものとして「コンピュータを利用した安全制御技術の実態調査（第2章）」、「EMC関連技術の実態調査（第3章）」を記載した。

また、1.2.1節で述べた仕様調査に該当するものとして「生産システムで使用される安全手段の仕様調査（参考資料1）」、「安全対策に利用できる視覚センサーの仕様調査（参考資料2）」、「安全対策に利用できるソフト技術の仕様調査（参考資料3）」、「シミュレーション技術の仕様調査（参考資料4）」、「ビル自動施工システムの仕様調査（参考資料5）」を記載した。



- ① 自動倉庫に格納されている加工素材（ワーク）、治具、工具等をトラバーサを使用してセッティングエリアに搬送する。
- ② 加工に必要なワーク、治具、工具等を、産業用ロボットを使用してセッティング台に配置する。
- ③ トラバーサを使用してセッティング台を自動倉庫に格納する。
- ④ スタッカークレーンを使用して、自動倉庫に格納されているセッティング台をローラコンベア付の荷受台に出庫する。
- ⑤ 無人搬送車を使用して、セッティング台をマシニングセンタの横まで搬送する。
- ⑥ 移載装置を使用して、ワーク、治具、工具等をマシニングセンタにセットする。
- ⑦ マシニングセンタを使用して、ワークの加工を行う。
- ⑧ 移載装置を使用して、ワーク、治具、工具等をマシニングセンタから取り外す。
- ⑨ 無人搬送車を使用して、完成品を次工程へ搬送する。
- ⑩ 以上と逆の順序で、治具や工具を自動倉庫へ戻す。

図2 本研究で対象とするFMSの例（文献1から引用）

これらは時間的制約から必ずしも十分なものではないが、大規模な生産・施工システムを対象とした労働災害防止対策に対して重要な情報を提供できると筆者らは考えている。本報が大規模な生産・施工システムを対象とした労働災害防止対策に広く活用されることを期待するものである。

参考文献

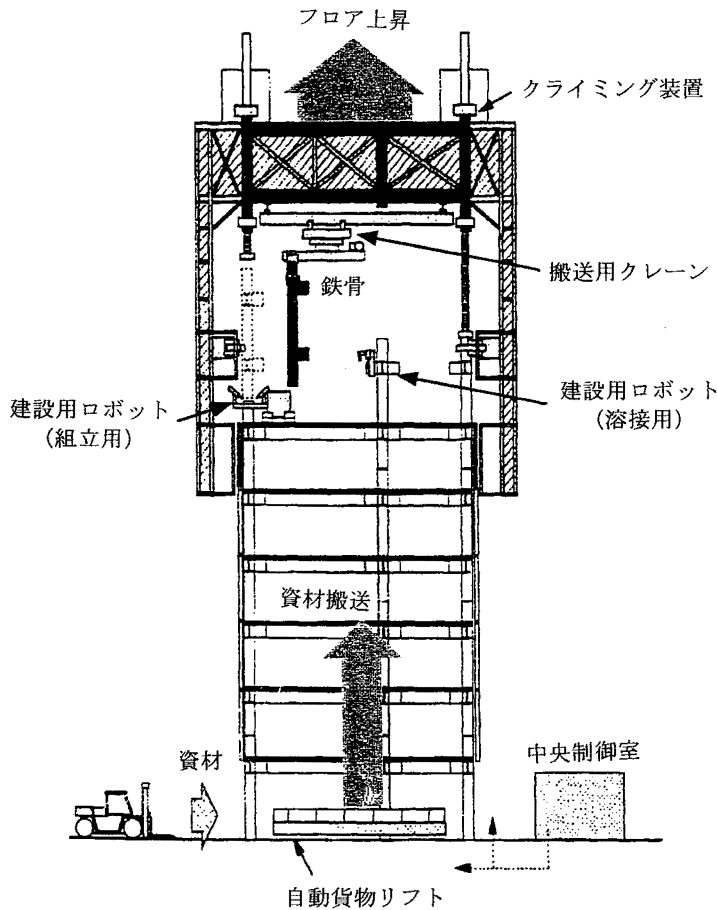
- 1) 吉本, 自動搬送システム, 電気書院 (1991) p.14
- 2) ㈱大林組パンフレット, 全自動ビル建設システム

[補足 1]

単純なシステムの場合, 単一のコントローラによってシステムが必要とするすべての動作を集中的に制御することが可能である。この制御は一般に集中制御と呼ばれる。

これに対し, 大規模生産システムのような複雑なシステムでは, 個々の機械が独立したセンサとコントローラを持ち, このセンサからの情報にしたがって自律的に行動を決定するシステムとした方が都合がよい。この方式は一般に自律分散制御と呼ばれる。

(平成10年8月25日受理)



《システムの概要》

- ① 降雨, 風雪等の天候の影響を受けずに建物を施工するために, 屋根と壁で覆われた自動施工システム。
- ② 柱, 梁, 床板等を貨物リフトを使って施工中の階へ搬送し, これらを搬送用クレーンで所定の位置に運んだ後に, ロボットによって溶接, 組付等を自動的に行う。
- ③ 1フロアの施工が終了する毎に, クライミング装置によって施工の終了した階を順次上昇させていき, 連続的に上部に向かってビルを建設していく。

《構成要素》

- ・クライミング装置
- ・搬送用クレーン
- ・自動貨物リフト
- ・建設用ロボット
- ・管理・制御システム
- ・位置計測システム 等

図3 本研究で対象とするビル自動施工システムの例 (文献2から引用)