

立命館大学理工学部 正 員 春名 攻
㈱奥村組電算センター 正 員 北角 哲
㈱奥村組電算センター 正 員 五十嵐善一
立命館大学大学院 学生員 滑川 達
立命館大学大学院 学生員 ○櫻井義夫

1. はじめに

我が国の製造業は、生産技術の発展に伴い、生産性の向上や製品の品質の高度化の面で、現在まで著しい成長を遂げてきている。建設業でも、建設工事における大型施工機械の自動化やロボット化、O A化への多大な努力により、施工技術面での技術開発の成果が認められるようになってきている。一方、最近の建設業界では、工事の複雑化・大規模化、熟練労働者を中心とする人材不足、人件費の高騰、等々の数多くの問題が表面化している。そして、このような問題解決の一方策として、建設工事への自動化システム導入の傾向は今後とも増加するものと考えられる。

建設工事は、一般的に、注文生産・属地生産・一品生産というように他産業とは異なる特殊性を有しているため、製造業と同様の方法論で自動化システム技術開発を検討することは困難である場合が多い。実際の開発事例を見ても、建設業独自のさまざまな工夫が図られているが、このような開発プロセスを一般的な方法論として整理するような検討は未だ十分になされていないと考えた。

そこで本研究では、自動化システムを具体的に開発する前段階として、まず、建設業における自動化システム導入の考え方について考察し、整理しておくこととした。

2. 製造業における自動化の現状について

ここでは、まず、一般製造業を対象として、自動化導入が進められてきた生産工程の内容整理を中

心に、自動化システム開発に関するこれまでの経緯を概観していくこととする。

表－1 は、製造業における自動化が進んだ産業と生産工程を表したものである。すなわち、

①素材産業では、プロセス及び搬送工程はほぼ自動化されているが、検査、監視、保全作業などは人手に頼っている。

②製品産業（加工組立型産業）では、加工プロセスはほぼ自動化され、搬送や組立ラインも部分的に自動化されている。しかし、一般機械や造船重機等、大型機械になるほど自動化率は低下している。また、検査、監視、保全作業などは多くを人手に頼っている。

また、自動化が進んだ作業・工程とその理由について一般に言われている内容を整理すると以下のようである。

①人ではできないプロセス：化学反応プロセス、製鉄及び製鋼プロセスなど、素材産業での加工プロセスはほとんど人ではできないものであり、早くから機械化され、運転操作も含め自動化率は高かった。

②大きな力を要する作業：機械加工、塑性加工

表－1 産業別工程別自動化の状況

分 類		主 な 製 品	加工 プロセス	搬送	組立	その他 〔監視、検査〕 出荷、保全
素材	金属	鉄、アルミ	◎	○	—	△
	石油	ガソリン、重油	◎	◎	—	△
	化学	合成樹脂、肥料	◎	◎	—	△
	繊維	紡績、織物	◎	○	—	△
	紙	パルプ、製紙	◎	○	—	△
	半導体	ウエハー、I C	◎	△	◎	△
製品	食品薬品	ビール、薬	◎	○	○	△
	家庭電気	テレビ、ビデオ	◎	○	△	△
	精密機械	カメラ、時計	◎	○	○	△
	自動車	乗用車、トラック	◎	○	△	×
	一般機械	建設機械、工作機械	○	△	×	×
	造船重機	船、橋梁、鉄骨	○	×	×	×

◎：ほぼ自動化 ○：半分程度自動化 △：一部自動化
×：人手 —：工程そのものがない （参考文献1）より

(圧延加工、押し出し加工、プレス加工) など大きな力を要する工程は、人手では著しく能率が劣るため機械化が進み、その延長として、操作の自動化も進んだ。

- ③単調な作業で、人よりも機械の方がスピードが速く、自動化投資が経済的に有利な作業：紡績、織物等の素材産業及び食品加工産業における種々の加工工程、及び時計など極大量生産の小型機械の組立工程などは、その有利な経済性から早期に自動化が行われた。

その反対に、自動化が遅れた作業は上記とは対照的な以下の3つの性質を持つ作業と考えられる。すなわち、

- ①人の力に合った（大きすぎなく小さすぎない、重すぎない）作業
- ②単調でない（量の少ない、種類の多い、複雑な）作業
- ③人の五感や判断力が役に立っている作業

これらの作業としては、溶接、組立、ハンドリング、塗装、検査、監視、保全作業などがその代表例としてあげられよう。

しかし、最近では、制御技術等の進歩により、上記のような作業にも自動化の導入が進められている。また、情報化技術の急速な発展に伴い、作業と作業の間を情報でつなぎ、一連の生産プロセスの自動化を実現した自動化システムの開発も同様に進展してきているものと考えられる。

なお、表－2には最近における生産工程自動化の傾向とその理由を整理したものを示しておく。この表からも、最近では複雑な作業が存在する工程への自動化が進み、作業の効率化や苦渋環境対策が図られていることがわかる。

3. 建設業における自動化の現状について

これまで述べてきた一般製造業に対して、建設業では、以下のような特殊性が存在するため、自動化システム導入という方法によって、他の製造業にみられるような生産システムの飛躍的

な発展をめざすことは困難と考えられる。

- ①建設工事はそのすべてが屋外で営まれるとともに、ほとんどが一品受注生産である。

→他の製造業同様の大量生産を前提とすることが難しい

- ②契約のほとんどが標準施工・標準積算を前提としているとともに、他の製造業に比べ、業界全体の企業数が多いことから、開発後のシェア獲得が難しい。

→開発コスト面での制約が大きいととも、それに対する開発効果が期待しづらい

- ③建設工事現場は、発注者、元請、下請、2次下請、等々といった複雑な重層構造による管理体制をとっている。

→自動化システム導入に対する合意形成が図りにくい

しかしながら、最近の建設業界では、①安全対策、②難工事対応、③熟練労働者・熟練技能者等の人材不足問題への対応、等々のニーズが急速に拡大したため、このような問題解決の1つの方向として、建設工事を対象とした自動化システムの開発も盛んに試みられるようになってきている。

このような建設業における自動化システム導入の特徴としては、前述した一般製造業のケースと比較しても、安全性の向上を主要目標の一つとしてとりあげている場合が多く存在していることがあげられる。例えば、

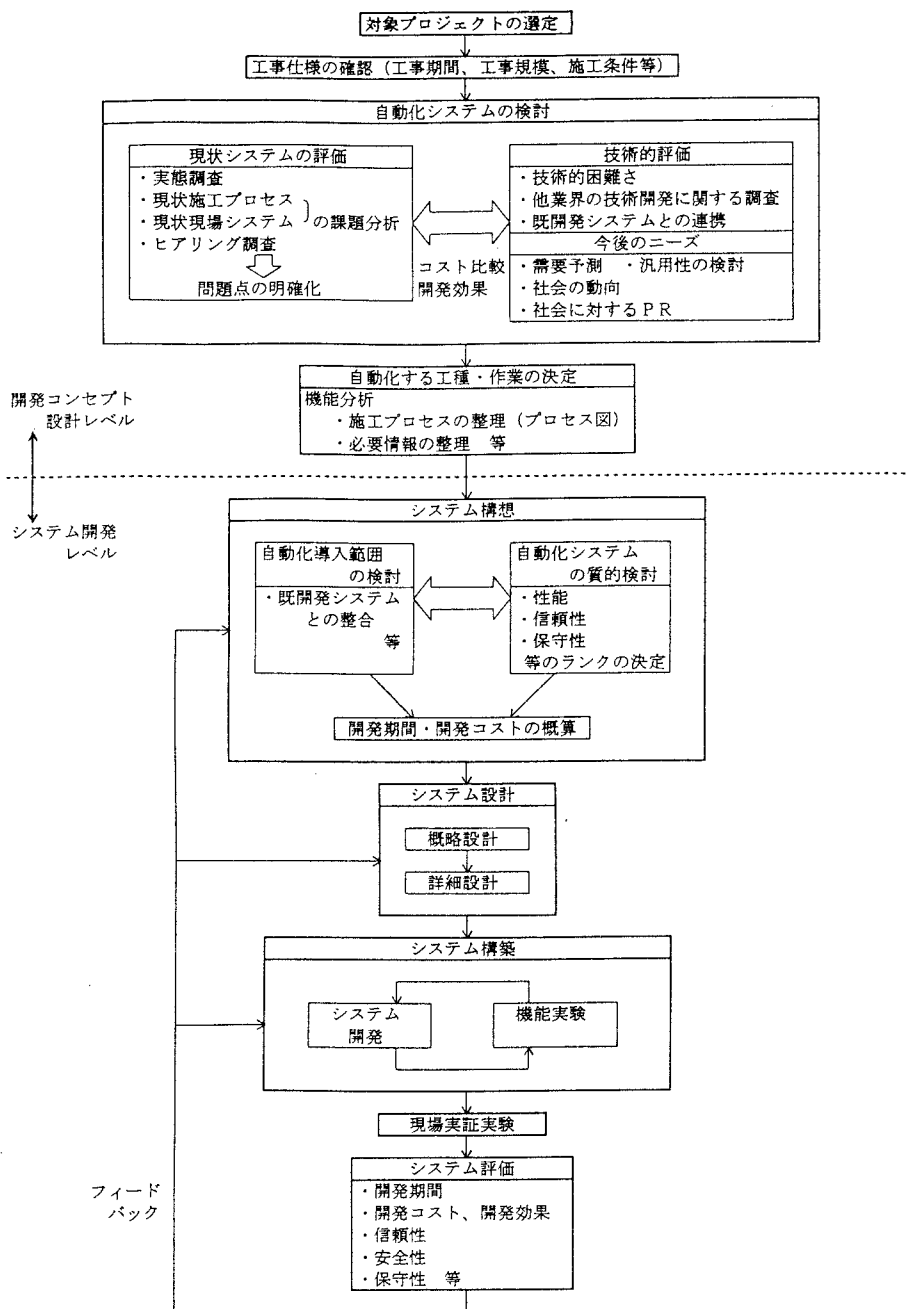
- ①ダムコンクリート打設自動化システム
- ②立坑内作業自動化システム
- ③ダイナマイト装填用無人削孔ロボット

等々がその典型的な事例といえる。(参考文献2)より

表－2 最近の自動化導入の傾向

工 程	主な産業	ロボットが普及した理由(メリット)
アーク溶接	自動車、建設機械	複雑な動き、悪環境(苦渋作業)
スポット溶接	自動車	複雑な動き、重作業(苦渋作業)
塗 装	自動車	複雑な動き、品質(一定の仕上がり) 悪環境(苦渋作業)
実 装(*1)	電気電子	生産スピード(人よりも速い) 品質(ミスなし)
組 立	電気電子 精密機械	生産スピード(ロボットのスピード とラインピッチがほぼ一致)
ハンドリング	射出成形、プレス加工 機械加工	コスト(安価な簡易ロボット) 単調作業

*1：実装とは電子基板へ抵抗、コンデンサなど電子部品を挿入する作業のこと
(参考文献 1)より



図－１ 建設工事における自動化システム開発フロー

４．建設業における自動化システムの開発の手順

以下にこの自動化システム開発フローの内容について説明を加えておくこととする。

(１)開発コンセプト設計レベル

①対象プロジェクトの選定

建設工事では、先述したように、生産方法の特殊性からプロジェクト（または現場）単位で自動化システム導入を検討する方法が比較的容易であ

本研究では、以上のような自動化に関する現状認識のもとで、これまでの自動化システム技術開発事例に関する考察を行い、この分析を通して建設業における自動化システム開発フローを、図－１のような形で整理した。

る。したがって、まず自動化システムを導入するプロジェクトをあらかじめ選定しておき、このような実証検討の積み重ねを通して、システムをバージョンアップさせながら標準化を目指すことが効果的と考える。

②工事仕様の確認

①でも述べたように、ここでは自動化システム導入の検討を、ケーススタディ的なアプローチによって実施していくこととしている。このため、工事期間、工事規模、施工条件等、選定したプロジェクトの工事仕様を十分把握しておく必要があると考える。

③自動化システムの検討

まず、現状のシステム（標準施工）の評価を行う。すなわち、ヒアリングなどによる実態調査を行い、現状の施工プロセスや現場システムの課題分析から、現状システムにおける問題点を明らかにする。また、開発コスト面からの分析や他業界における技術開発の現状調査分析、既開発システムとの連携を考慮し、技術開発の難易度を分析する。同時に、今後開発システムの適用が考えられる工事プロジェクトの需要予測や他のプロジェクトへの汎用性を検討し、開発投資効果の分析を行う。さらには、社会動向の把握やPR効果等の分析等を通して、自動化システム開発に伴う間接的な効果についても検討を加える。

④自動化する工種・作業の決定

以上のように現状の問題点やニーズ等が把握できたならば、自動化する工種・作業を決定する。例えば、プロセス図等を作成することにより、施工プロセスや必要情報等を整理し、自動化システムの開発目標を決定する。

(2)システム開発レベル

⑤システム構想

既開発システムとの整合を考慮しながら、自動化する具体的な範囲を検討する。同時にシステムの性能や信頼性、保守性等のランクを設定して、開発期間・開発コストの概算を行う。

⑥システム設計

概略設計では、システム全体における各機能配置を、情報の流れを中心にイメージ図として作成する。詳細設計では、概略設計段階で配置された

各機能を実現するためのより具体的な設計を行う。

⑦システム構築

全体システムに組み込まれる各サブシステムの室内実験、シミュレーション実験、等々を繰り返しながら、⑥で設計されたシステムの開発に着手する。

⑧現場実証実験

⑦で構築されたシステムを対象現場に適用し、その実働状況に対する各種データを収集する。

⑨システム評価

実験によって得られた結果からシステムの信頼性や安全性、保守性等を評価する。開発コストや開発機能、開発期間を考慮しながら、再検討の必要があれば、必要性に応じて各ステップにフィードバックし、システムの修正・調整を実施する。

5. おわりに

以上のように、本研究では、施行プロセスへの自動化技術導入の前段階として、建設業を対象とした自動化システムの開発プロセスを、これまでの導入事例の分析や経験を通して、一般的な方法論として整理した。

今後は、本フローを、実際に自動化システムの導入が検討されようとしている工事現場に適用し、その妥当性や問題点について検証していくこととする。また、このように今後自動化システム導入が予定されている工事プロジェクトへの適用を図ることにより、本フローを総合的かつ実証的な形でブラッシュアップしていきたいと考えている。

【参考文献】

- 1) 淵上正朗; 実際の設計選書 ロボットを導入した生産システム—ハンドリングと組立を中心に—, 日刊工業新聞社, 1994, 4, 25.
- 2) 和田惇編; 写真と図で見る建設ロボットの施工ノウハウ, 近代図書, 1995, 9, 5.
- 3) 春名攻, 北角哲, 五十嵐善一, 滑川達, 吉岡正樹, 櫻井義夫; トンネル工事の安全管理業務のシステム化に関する研究—発注者に対するアンケート調査を考慮した総合的分析—, 建設マネジメント研究・論文集Vol. 4, pp77~90, 土木学会建設マネジメント委員会, 1996, 12.