

エレクトロニクス利用による建設技術 高度化システムの開発

DEVELOPMENT OF ADVANCED SYSTEM FOR CONSTRUCTION
TECHNOLOGIES WITH PROPER USE OF ELECTRONICS

森 安 研*
By Ken MORIYASU

はじめに

建設業における死亡労働災害の発生は他産業に比べて高く、技能労働者の高齢化に伴う建設作業効率の低下と過酷な場所での作業従事者の減少が予想される。また、建設業の労働生産性は低く、その改善向上が望まれる。さらに、社会資本ストックの増大に伴いその維持・保全の効率化も渴望されている。

一方、最近のエレクトロニクス関連の技術は、コンピュータ、センサ、ロボットなど著しい進歩を遂げており、種々の作業を自動化し、高速かつ正確に行うことが可能となってきた。産業用ロボットの普及はその代表的な例である。

このため、これらの技術を利用することにより、建設事業の安全性向上、効率化、省力化、品質・精度の向上を図る建設技術を開発すべきとの要請が高まってきた。

建設省総合技術開発プロジェクト「エレクトロニクス利用による建設技術高度化システムの開発」は、建設技術におけるエレクトロニクス関連技術利用の現況と適用条件を調査研究し、必要なシステムとエレクトロニクス関連技術の開発を行うことにより、建設事業における調査、計画、設計、施工、維持・保全に関する建設技術の高度化を図ることを目的としている。

ここでは、本総プロの研究開発のフレームワークと自動化・ロボット化の課題について紹介する。

1. 建設事業の特殊性と建設技術の高度化の方向

(1) 建設業の現況と将来動向

a) 公共投資

わが国の公共投資は昭和30~40年代の高度成長期に大きな伸びをみせ、GNPに占める建設業の割合は昭和20年の約4%から昭和50年の約9%へと増加した。公共投資を事業別にみると道路を中心とした交通関連投資が大きなシェアを占めているが、昭和40年代中頃より公園、下水道等の生活環境関連の投資シェアが漸増してきている。社会の成熟化、経済成長の安定化に伴って今後もこの傾向は続くと考えられる。

一方、生活関連投資の増加や都市化の進展等により都市部における公共事業の割合が増加することが予想され、今後は狭所、深所における作業が増加するとともに環境対策がより重要となる。

さらに、社会資本ストックの増加や老朽化に伴い、維持管理費や更新投資額の公共投資全体に占める割合が急増することが予想され、メンテナンスの効率化が強く望まれる。

b) 労働需要

建設業従事者に占める日雇い労働者の割合は約2割で他産業に比べて高く、不安定な雇用形態が多くみられる。また、建設業においては技能的な手作業に頼る部分が多く残されており、技能工の不足、高齢化などが深刻化しつつある。これは主に若年労働者が不安定な雇用形態や危険・苦渋作業等を回避する結果、技能工の養成が困難になっているためと考えられる。こうした傾向は社

* 建設省大臣官房技術調査室技術調査官

(〒100 千代田区霞ヶ関 2-1-3)

Keywords : advanced system for construction technologies,
proper use of electronics, robots in construction

会の高学齢化が進むにつれてますます顕著になると考えられ、作業の安全化・快適化などは今後の労働者確保にとって重要な課題となろう。

c) 生産性

建設業就業者1人当たりの生産額（労働生産性）は、昭和48年以降、製造業の水準を下回り続けており、55年には製造業の54.8%となっている。また、昭和45年から55年までの10年間の生産性の伸びは、製造業が約2倍になっているのに対し、建設業はほぼ横ばいとなっている。こうした状況を考えると、社会資本の整備を進めていくためには、その主体となる建設事業の効率化、省力化による生産性の向上が従前にも増して強く望まれる。

d) 作業環境

建設工事は、現場作業であり、高所作業やトンネル、地下作業、あるいは重量物の取り扱いなど危険を伴う作業が多い。死傷災害の推移をみると、建設業の全産業に対する死亡率は4割強となっており、就業者数（全産業の約1割）に対し、かなり高い比率となっている。このため、就労者の危険作業からの解放による安全性の向上が強く望まれる。

また、今後、都市内で行われる建設工事のウェイトが高まっていくことが予想されるが、その作業環境は、高深度の地中作業、狭空間での作業、高温下での作業など、従来より悪化すると考えられる。これらの分野が、ロボット化のニーズの最も高いところと考えられる。

e) 技術環境

今後、センサ技術等の進歩により、現場における施工作業の一部が工場製品に取り替えられ、建設事業は現場作業と工場作業に分離し、現場作業の施工精度が一段と上昇していくと考えられる。

また、将来動向として、材料技術、センサ技術、エレクトロニクス技術など、多様な技術の進歩が見込まれ、かつそれらが互いに関連を持ちながら応用されるようになり、複数の技術を組み合わせて、複数の作業工程を自動化、ロボット化するという方向が考えられる。

建設事業は、調査から計画、設計、施工、維持管理へと連なる一連の流れを持っている。そこで最も重要なものは、情報の適切な管理とその受け渡しである。今後、建設事業をとりまく社会経済情勢の変化、センサ技術等の技術進歩などにより、建設事業に入力される情報量は莫大なものとなり、その情報を適切に管理し、建設事業の流れの中で有機的に活用することが重要なこととなってくると考えられる。

(2) 建設事業の特殊性

建設事業は、その生産形態が他産業と異なっているが、主な点を以下に列挙する。

- ① 一部の建設会社を除いて、経営基盤の弱い企業が圧倒的に多い。
- ② 調査、計画、設計、施工、運用管理といった作業が一般に分断されて行われている。
- ③ 経験工学的な要素がきわめて強い。
- ④ 自然との対応の中で作られていくものがきわめて多い。
- ⑤ 作業手順の繰り返し性があまり望めない。他産業に比べて現場での作業の機械化、自動化、省力化が大幅に遅れている。
- ⑥ 作業手順の中には、手作業を前提とした工法が多く採用されている。また、それぞれの工法に数多くの種類があって、手作業の標準化が難しい。
- ⑦ 工事が発生するたびに、作業現場が移動するとともに、それぞれの現場がすべて仮設の中で工事が行われる。しかも、工事の対象とするものの規模が一般に大きい。
- ⑧ 高所作業、圧気作業、水中作業、夜間作業、屋外作業等人間が作業するという前提にした場合には作業環境の条件が劣悪な場合が多い。
- ⑨ 重量物を取り扱う場合が多い。しかも、それらを運搬する範囲が広い。
- ⑩ 他の多くの産業に比べて労働災害率が圧倒的に高い。
- ⑪ 他の産業に比べて技能労働者（鉄筋工、配管工、型枠工）の不足が慢性化している。その原因は、若年労働者の確保の困難さ、職業への定着率の悪さ、職場内の訓練体系の不十分さなどが考えられる。

(3) 建設技術の高度化の方向

建設事業の現状と将来動向から建設技術の高度化の方向を探ると、以下のようにまとめられる。

a) 生産性の向上——建設事業は、事業形態上の種々の特殊事情により、機械化、自動化が大幅に遅れしており、労働生産性は製造業の水準の約半分となっている。今後も維持・管理を中心に事業量の増加が予想され、建設事業の効率化、作業時間の短縮による生産性の向上のニーズはかなり高いと思われる。

b) 作業の安全化、快適化——建設事業における死亡災害の発生件数は、全産業合計の約4割と高く、現在でも作業の安全化、快適化は重要な課題となっている。また、今後は都市部における事業の割合が増え、作業環境が一層劣悪になっていくことや危険作業の多さが若年労働者の吸収を困難にしていくこと等を考えると、作業の安全化・快適化のニーズは非常に高いと考えられる。

c) 省技能工——建設事業では特殊技能を必要とする作業が多いにもかかわらず、技能工の不足や高齢化が深刻な問題となっていることから、省技能工のニーズは高

いといえる。

d) 品質・精度の向上——建設事業では手作業に頼る部分が多いため品質にはばつきが多く、品質管理が難しい。土木構造物・建築物は信頼性が重視されることを考えると、品質・精度の向上は大きな課題と考えられる。

e) 維持管理水準の向上——社会の成熟化に伴い土木構造物・建築物の維持管理水準に対する国民のニーズは一層高くなっていくものと予想されるため、維持管理水準の向上を目的とした技術開発が望まれる。

f) 環境対策の強化——建設作業には、振動、騒音、粉塵発生等を伴う作業が多い。特に今後、都市内の建設事業が増加すると、それらに対する環境対策ニーズも増加すると考えられる。

2. 建設ロボットのニーズと技術開発の動向

(1) 土木分野

建設省の工事事務所やゼネコン等に対するアンケート調査等において土木事業の現状および将来動向から判断して今後、高度化すべき技術的問題点（高度化ニーズ）とされたもののうち、高度化のために必要とされる技術開発項目のうち、主なものを表-1に示す。

また、エレクトロニクスを利用した建設機械に関して

メーカーおよび需要家を対象としてアンケート調査を行った結果、以下のとおりである。

① メーカー回答結果（51票）——エレクトロニクスを利用した建設機械を作る場合の目的としては操作の容易性（72.5%）、安全性の向上（60.8%）、省力化（52.9%）、リモートコントロール（51.0%）を挙げた回答者がおのおの過半数を占めた。また、自動化・ロボット化するとメリットの多い工種としては、土工、コンクリート工、トンネル・シールド工が多かった。

② 需要家回答結果（124票）——エレクトロニクスを利用した建設機械に期待することとしては、安全性の向上、および省力化を7割強の回答者が挙げている。また、自動化・ロボット化することによってメリットの多い工種としては、土工、トンネル・シールド工、舗装工を挙げた回答者が多かった。

表-2 メカトロ化すべき機種比較一覧表

	需 要 家	メ カ イ
1位	ブルドーザ	51.6%
2位	フィニッシャ	49.2%
3位	シールド掘進機	40.3%
4位	グレーダ	37.9%
5位	ショベル	33.9%
6位	アスファルトプラント	32.3%
		23.5%
		21.6%
		21.6%
		19.6%
		17.6%
		17.6%

表-1 望まれる技術開発項目

区 分	技 術 開 発 項 目	適 用
センサおよびデータの解読・解析システム	地表から地下構造（空洞、埋設物、地質等）を探知するセンサ 測深機の精度向上、または面的測深機の開発 自動水中測量機器（超音波送受信器） 高精度三次元計測センサ 締固め度、含水比測定装置 コンクリート等の吹付厚測定装置 短距離用高精度測距センサ 流速計測センサ 降雪量・分布の計測センサ（衛星画像等の利用） 接近感知センサ（重機接触防止システム） 機械本体の位置、姿勢の検出センサ	・調査（地質等）、施工（土工、トンネル） ・調査（深浅測量） ・施工（水中施工） ・施工（土工量測定） ・施工（土工、ダムーコア材） ・施工（土工のり面、トンネル-NATM） ・施工（トンネル断面測定等） ・維持管理（河川一流量観測） ・維持管理（積雪量、融雪量の把握） ・施工（土工） ・施工、維持管理全般
調査ロボット等	海底土質調査ロボット 遠隔操作できるテレビカメラ付小型ロボット トンネル内空面の撮影、解析システム	・調査（海底土質調査） ・維持管理（橋梁、共同溝） ・維持管理（トンネル覆工点検）
作業ロボット等	コンクリート等の吹付作業制御装置 掘削および土砂・岩類の運搬のロボット化 急斜面での作業ロボット 移動足場 セグメント自動組立機 自昇式型枠移動装置 塗装ロボット 水中作業ロボット	・施工（土工のり面吹付） ・施工（土工、基礎工、トンネル、ダム） ・維持管理（高所のり面作業） ・維持管理（橋梁塗装） ・施工（トンネルシールド） ・施工（ダム） ・施工（橋梁塗装） ・施工（水中施工）
データベース化等	データベースシステム（検索・収集システム） 図形入力、画像処理技術 地形図、写真等からの地形読み取り装置	・調査全般 ・計画・設計・施工計画—過去の設計・工事事例 ・維持管理—道路・河川等の管理データ、地下埋設物 ・調査全般 ・維持管理—図面データのDB化
データ処理の自動化	自動数量計算、工費算出のソフト 自動図化装置	・計画、設計、施工計画—全般 ・調査、水理、水質等 ・計画、設計—全般

表一3 これまでに発表された土木工事用ロボット一覧

工 事	ロボット名称	開発のねらい				技術レベル
		品質	省力化	工期短縮	安全	
トンネル・下水道・地下鉄	・NATM 吹付ロボット	○	○		○	自動制御 テーチングブレイバッカ マニピュレータ
	・NATM 記憶再生型吹付ロボット		○		○	
	・コンクリート吹付ロボット		○		○	
	・高濃度泥水加圧式シールド 自動掘進システム		○		○	
	・全自動泥水推進工法	○	○	○	○	自動制御・リモートコントロール
	・トンネル工事用ロボット(概念図)	○	○	○	○	
	・トンネル側壁自動組立機	○	○	○	○	シーケンス 自動制御 テーチングブレイバッカ
	・シールド掘削機の自動制御 ・削孔ロボット	○	○	○	○	
掘 削	・大深度地下連壁工法	○	○			自動制御
そ の 他	・捨石ならしロボット ・無人コンクリート運搬車		○		○	リモートコントロール

③ 自動化・ロボット化すべき
具体的な機種についての比較を表
-2 に示す。

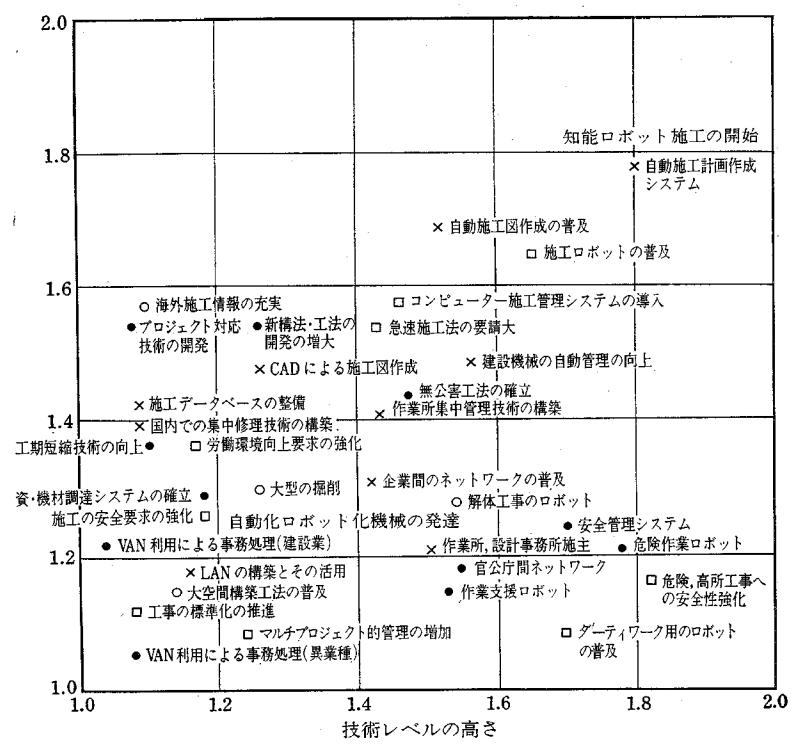
最後に、これまでに発表された
土木工事用ロボットの主なものを
表-3 に示す。

(2) 建築分野

環境変化事象の技術的難易および
建築生産システムへの影響の度
合いという観点からポートフォリ
オ分析を行い、各環境変化項目の
生産システムに対する重要度を評
価した。建設施工の部分に関する
環境変化について、建築生産シス
テムへのインパクトの大きさと技
術レベルの高さが、いずれも平均
以上の値となった事象をプロット
したものと図-1 に示す。全般的に、
人工知能や自動ロボット等の
高度な技術の実現は、そのインパ
クトも高く評価されている。

また、今までに開発されてい
る建築現場施工ロボットの事例
を、業界関連各紙を対象に(昭和
57~59年)に抽出した事例を 表
-4 に示す。

この事例を工事別に分類したの
が表-5 である。鉄筋コンクリート工事の事例が約半数
を占め、鉄骨の事例 25% を含めると、躯体工事の事例
が 71% となる。開発企業別に分類すると、ほぼ全体に
わたってゼネコンが関与している。適用工種別に分類し
たのが表-6 である。鳶がらみの職種が全体の 42% を
占めており、熟練労働者の高齢化対策や、高所作業等労



インパクト	技術レベル	説明	件数
平均値	1.27	○印: 市場より抽出されたインパクト事象	4個/10個
	1.25	●印: 経営より抽出されたインパクト事象	9個/24個
	1.20	□印: 労働より抽出されたインパクト事象	9個/18個
	1.33	×印: 情報より抽出されたインパクト事象	11個/18個

図-1 施工へのインパクト事象のポートフォリオ分析

働災害の減少に対する建設業の姿勢がうかがわれる。また、土工も 25% を占め、省人化・省力化の必要性を示唆している。開発のねらいを汲み取り、分類したのが表-7 である。能力向上が 100% を占め、ロボット化の必須条件であることがわかる。次いで安全性が 54% を占めているが、品質保証は約 20% に過ぎない。品質保証

表-4 建築現場施工用自動機械・ロボットの事例

分類	No.	名称	開発企業	資料	
				年月日	新聞名
鉄骨工事	1	自動玉掛けロボット (オートクランプ)	大林組	59. 5. 21	日刊工業新聞
	2	鉄骨ばり自動取付け装置 (鉄骨ばりオートセッター)	大成建設	59. 6. 29	日経産業新聞
鉄筋工事	3	鉄筋自動加工システムプラント (I.B.F. システム)	鹿島建設 三井造船	56. 5. 12	建設工業新聞
	4	鉄筋加工システム (移動型・全自動)	青木建設 小松製作所	60. 2. 5	建設工業新聞
コンクリート工事	5	原発用自動配筋ロボット	東京電力 鹿島建設	59. 6. 27	日経産業新聞
	6	コンクリート水平ディストリビュータ	竹中工務店 極東開発工業	57. 11. 9	日刊工業新聞
耐火被覆工事	7	コンクリート打設機能付複合クレーン (コンディスクレーン 2020)	竹中工務店 コシハラ総業	58. 4. 5	日本工業新聞
	8	自動制御のディストリビュータブーム (タワークレーンタイプ)	大林組 三菱重工	59. 4. 3	建設工業新聞
クレーン衝突防止装置	9	スリップフォーム工法自動調整装置	清水建設	60. 1. 28	日経産業新聞
	10	戸田式コンクリート自動締め工法 (型枠に加振機装着)	戸田建設	58. 10. 21	日本工業新聞
外壁診断	11	コンクリート床直仕上げロボット (自走式知能ロボット)	鹿島建設	59. 11. 27	建設産業新聞
	12	自走式吹付けロボット (SSR-2) (自走式知能ロボット)	清水建設 神戸製作所	58. 6. 10	建設通信
解体工事	13	クレーン衝突防止装置 (九州電力・川内原発)	大成建設	57. 7. 27	日本工業新聞
	14	クレーン衝突防止装置 (マイコン制御) (中部電力・浜岡原発3号機)	竹中工務店 清水建設	58. 7. 28	日本工業新聞
外壁診断	15	タワークレーン総合監視システム (三次元制御・中部電力・浜岡原発)	鹿島建設	59. 3. 30	建設通信
	16	外壁自動調査機 (探査ロボット) (真空吸着方式による密着型)	竹中工務店 三和テック	59. 8. 3	建設通信
解体工事	17	外壁タイル仕上げ等のはく離検知器 (屋上からの吊り下げ型)	鹿島建設	59. 8. 11	建設産業新聞
	18	外壁の自動健康診断ロボット (赤外線センサ)	リコー	59. 8. 27	日経産業新聞
	19	屋内用コンクリート解体ロボット	竹中工務店	57. 9. 6	日本工業新聞

表-5

仮設工事	1件	4%	RC工事	11件	46%
杭工事	1	4	鉄骨工事	6	25
山留工事	1	4	仕上工事	4	17

表-6

土工	6件	25%	タイル工	3件	13%
築	6	25	左官	1	4
墨出し工	1	4	鉄筋工	1	4
吹き付け工	1	4	塗装工	1	4

表-7

能率向上	24件	品質向上	5件
安全性向上	13	低公害	5

は今のところ二次的なねらいとしてしか捉えられていない。

3. 総プロ「エレクトロニクス利用による建設技術高度化システムの開発」のフレームワーク

(1) 目的と方法

本研究の目的は、エレクトロニクス関連技術の導入に伴う建設生産活動の変化の方向性を見出し、その将来像を描くこと(「高度化システムの開発」)によって、建設生産の諸段階に利用される技術の位置づけと評価の規準を設定し、今後の建設技術開発に指針を与え、エレクトロニクスの利用によって建設生産活動を高度化する方途を見出そうとするものである。いわば、西暦2000年に必要となる、あるいは導入すべきシステム(高度化システム)の青写真を示すものである。また、高度化システムを構成する「要素技術の開発」は、今後建設事業全体が取り組んでいく技術開発の先導的な役割を果たすもの

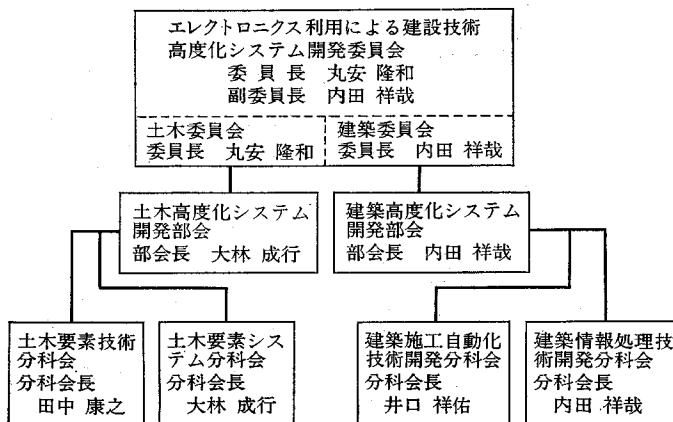


図-2 研究開発体制

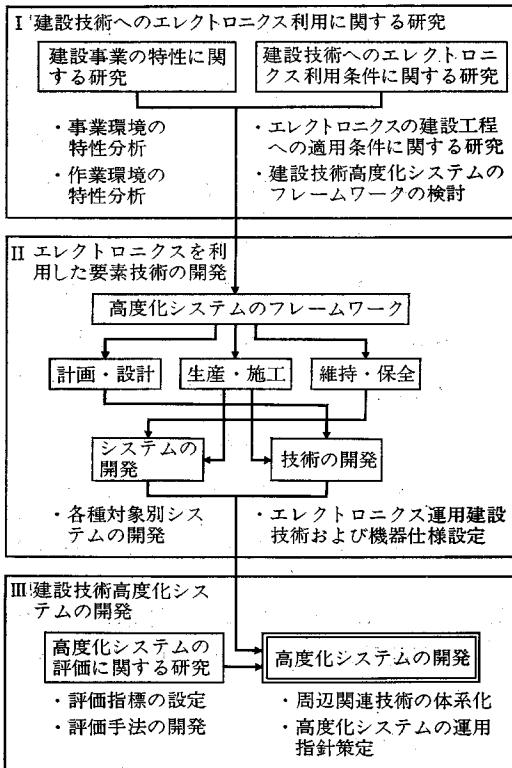


図-3 研究開発計画フロー

であり、本総プロの成果を具体的な形で示すものであり、高いプライオリティーを持ついくつかの開発対象について具体的に研究開発を行うものである。

本総プロは昭和58年～62年度の5か年にわたって土木研究所、建築研究所が研究主体となって実施しており、(財)国土開発技術研究センター、(財)日本建築センターにも一部、研究委託がなされている。ここでは、建設技術を土木技術と建築技術とに分け、それぞれ(財)国土開発技術研究センターに設けた、土木委員会、建築

委員会を柱とする図-2のような研究開発体制のもとに、産・学・官の連携により、図-3のような研究開発計画フローに従い調査研究を行っている。

(2) 土木技術高度化システムの研究

土木技術に関する研究開発フローを表-8に示す。「土木技術高度化システム」は、事業全体を統合化したときの高度化の姿(概念設計事例)と、そのために必要な情報管理、技術管理について検討し、そこに至るために必要な技術開発項目のうち汎用性や技術的波及効果等の大きさからみて重要なものをエレクトロニクス関連および土木技術(工法)の別に示すものである。

高度化システムの概念設計事例の検討は、調査から維持管理までの一連の流れを対象とし、西暦2000年時点を想定している。概念設計事例としては、ダム、トンネル、土留掘削、海洋構造物、橋梁、道路などの工種別に高度化システムの検討を行っている。

また、具体的な要素技術の開発例として、以下のものについて研究開発を行っている。

① 自動土工機械の開発Ⅰ(ブルドーザの位置決めと制御)——機械の位置、姿勢および地形の凹凸などの情報を検知・表示して、運転員の作業手順決定の支援を行う。また、ブレードの制御を自動化し、ブルドーザ運転操作の容易化を図る。

② 自動土工機械の開発Ⅱ(ローラの位置決めと締固め度の非破壊試験法)——ローラに位置検出の機能を持たせ、これを表示することにより、締固め作業における転圧回数や締固め状態を判定する装置を開発し、オペレータの作業の支援を行う。

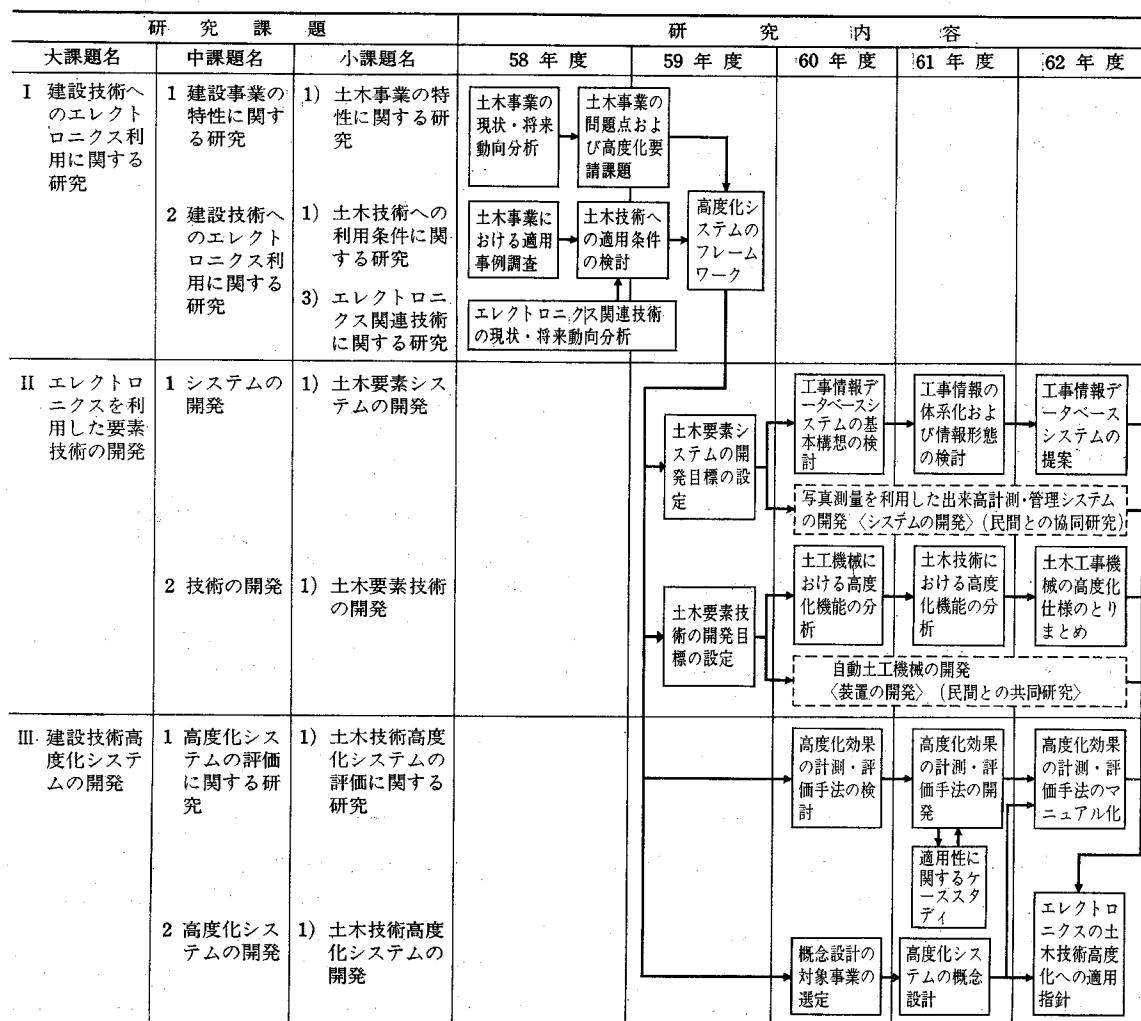
③ 工事情報データベースシステム——設計・施工に際して参考とされる類似条件下での工事情報等の収集には多大な労力を要するため、これを一元的に収集・管理するとともに、必要な情報を速やかに提供するシステムの開発を行う。

④ 写真測量自動化技術の開発と土工管理への利用——写真測量を自動化し出来形の遠隔自動測定手法を開発すると同時に、出来形の自動測定を前提とした施工管理システムを提案することによって土工事における計測から管理までの一貫した施工管理システムの開発を行う。

(3) 建築技術高度化システムの研究

建築技術に関する研究開発フローを表-9に示す。「建築技術高度化システム」は、建築生産システムを「企画、設計、施工(加工を含む)、維持・保全に関する行為(機能によって定義される)の体系」としてとらえ、建築生産システムの高度化を目的とし、技術開発、

表-8 エレクトロニクス利用による建設技術高度化システムの研究開発フロー（土木）



システム開発のためのガイドとなるものである。この作成するガイドには、開発方法、評価方法・基準、高度化システムの事例（建築生産全体システムおよび建築生産部分システムの具体例の提示）、などが含まれる。

また、具体的な要素技術の開発例として、以下のものについて研究開発を行っている。

① 建築生産情報統合化システム——電算処理技術を中心とした先端的ソフト関連技術の建築生産技術への適用として、建築産業全体としての情報処理の高度化の観点から、ムリ、ムラ、ムダが最小限にとどめられた統合化システムとして体積づけ、西暦2000年時点の社会技術環境を想定し、情報統合化のためのシステム仕様の開発を目的としている。

② ソリッド部品組立構法（仮称）——エレクトロニクスのハード面の建築生産への適用として、「建築施工技術の自動化および自動化適合構法に関する研究」を行

っている。ここでは、ロボットを用いて小型部材（ソリッド部品）を組み立てていく構法を対象として研究開発を行っている。

4. 建設工事のロボット化における問題点と展望

（1）ロボット化における問題点

建設業は、その生産形態の特殊性のため、他産業に比べて自動化・ロボット化の普及が遅れているが、現在、建設生産のあらゆる段階での自動化・ロボット化の動きがみられる。しかし、土木および建築関係の自動化・ロボット化の実施例は、単一の作業工程を自動化したものが多く、総合作業工程を自動化・ロボット化しているものは比較的少ない。土木および建築の施工分野へのロボット化の問題点を整理すると、次のとおりである。

① 開発費用が高い。——一般に、建設用ロボットの

表-8 エレクトロニクス利用による建設技術高度化システムの研究開発フロー（建築）

研究課題			研究内容				
大課題名	中課題名	小課題名	58年度	59年度	60年度	61年度	62年度
I 建設技術へのエレクトロニクス利用に関する研究	1. 建設事業の特性に関する研究	2) 建設事業の特性に関する研究	調査分析				
	2. 建設技術へのエレクトロニクス利用条件に関する研究	2) 建設技術への利用条件に関する研究	調査分析 個別開発項目の検討	調査分析 フレームワークの設定			
		3) エレクトロニクス関連技術に関する研究	現状・動向分析 (土木担当)				
II エレクトロニクスを利用した要素技術の開発	1. システムの開発	2) 建築生産情報の総合化に関する研究		基礎的分析および関連要因分析	システム化手法の体系化およびシステム開発の概念設計	所要要素技術の開発 システムモデルの構築	同左継続 適用性等評価尺度の設定
	2. 技術の開発	2) 建築施工技術の自動化および自動化適合構法に関する研究		自動化技術の開発目標 自動化適合構法の開発目標	自動化技術特性分析 構法システム仕様分析	自動化技術概念設計 構法システムの設定	開発技術体系確立
III 建設技術高度化システムの開発	1. 高度化システムの評価に関する研究	2) 建築技術高度化システムの評価に関する研究			開発目標設定	評価基準検討 評価手法検討	個別技術評価手法開発
	2. 高度化システムの開発	2) 建築技術高度化システムの開発			高度化システムの開発	高度化システムの開発	高度化システムの確立

開発は、開発費用が高く、工事量等から考えて十分に回収しきれないことが少なくない。

② 移動が広範囲であるうえに、複雑である。——工場生産に比べ平面的に広範囲な移動を要求されること、また、高さ方向に施工基盤が変化するため機械の移動に際し機械の位置出しと基準線の設定の精度出しが難しい。

③ ハンドリング重量の大きさ——建設工事におけるマテリアル・ハンドリングおよびツールは、現状の産業用ロボットにみられる溶接用あるいは塗装用ツールに比べて重量が非常に大きくなる。そのためロボット自体の重量も大きくなり、移動性および経済性に問題を生ずる。

④ 他の工種および周辺機器に対するインターロックの複雑さ——異なる工種の作業を同一のエリア内で同時施工する場合の異工種間作業の関連・干渉を考慮すると、動作パターンが複雑になる。

⑤ 温度、塵埃、振動などの環境条件——屋外あるいは海中、圧気等環境条件が劣悪でありロボットの制御機器にはなんらかの対策が必要であり、コンパクト化、経済性に影響を与える。

⑥ 動作の複雑さ——建設工事は、多くの場合単純な

繰り返し作業、標準化された動作パターンをもつ作業が少ないので、したがって、精度がよい堅固な基盤上で基準線を得ている現状の産業用ロボットを、そのまま建設工事に使用して、求める精度を出すことは不可能である。

⑦ 保全の対策が難しい——予備部品と保全の計画をたてて実行するには、技術的バックアップ体制を確立し、専門の技術者が必要となるが、建設現場は未熟である。

⑧ トータルな経済性——完全に自動化するより、人間の介在する部分を残している方が経済的であり、開発方針として現実的な場合もあり、どの部分を自動化し、どの部分を人間が担うかを区分けする必要がある。

(2) ロボット化の展望

建設用ロボット関連技術には多くのものが考えられるが、ここでは、建設技術との関連を考慮し、次の点について検討する。

① 素材技術——建設ロボットの開発において、人間の腕の概形を形成するような新構造材料が、軽量かつ可撓性のある柔軟な腕の開発には不可欠である。このような材料の候補としては、繊維強化複合材料、高結晶性高分子材料などが考えられる。

② センサ技術——現状では、建設用に開発されたセ

ンサは少なく、一般産業用のものでは、過酷な条件下的使用に耐えるものが少ない。また、今後のセンサ技術としては、視覚と触覚が重要となると考えられる。

③ 情報技術——情報処理の分野におけるコンピュータの小型化と高速化の進行により、ロボット本体にコンピュータを組み込むことも容易になり、情報伝送能力、情報記憶能力、情報の出・入力能力の向上が予測される。

④ 動作技術——ロボットの動力機構としてのアクチュエータの小型・軽量化、多自由度化、高トルク化が必要不可欠であり、また、小型・軽量化のためにセンサとの一体化、超音波モータ、形状記憶合金アクチュエータなどの新しいタイプのアクチュエータの開発も必要である。

⑤ ロボット技術——建設用ロボットの機能は、その機能水準をどこに置くかによって大きく異なる。擬人間的なロボット（知能型ロボット）のレベルではなく、施工現場で作業させる自動機械という範囲で考えると、ロボットに要求される機能は、感覚機能、ハンドリング機能、移動機能に大別できる。距離、力、方向といった一次元の物理情報を測定する感覚機能が基本となるが、これに加えて建設用ロボットをより知能化するためのパターン認識機能が今後の大きな課題となる。ハンドリングのおののの使用場所と目的に応じたマニュピュレータを中心にいくつかのセンサを付加することにより多くの工夫が行われている。建設用ロボットが導入される環境は、あらかじめ決められたパターンで表現できない未整備な場所が多く、作業範囲も広く、その内容も多種多様であり、移動機能は不可欠な要素となっている。

おわりに

一般に、土木事業は建築事業に比べて工事規模が大きく、単一の繰り返し現場作業が多く、発注者が公共事業体である等の特徴を持っている。これらの特徴を持つ土木事業は、現場作業にメカトロニクスを導入しやすい環境にある。工事規模が大きいことは、その工事のためのある特定の目的を持ったロボットを開発しても採算が合いやすく、また、繰り返し作業はロボットの本来得意とする分野である。

一方、建築事業の現場施工では、（イ）ロボットが得意とする繰り返し作業が少ないとこと、（ロ）作業工程が多く、また各工程間に連続性が少ないとこと、（ハ）ハンドリング重量が大きいこと、（ニ）建築現場ではロボットが働き回らなければならないこと、（ホ）ほこりや振動が多いことなどロボットの導入を阻害する要因がある。建築現場工場の作業特性はロボットの従来の適性と合致していないため、建築現場作業用ロボットの開発は困難な面が多い。そこで、本総プロでは、ロボットに適合した構法と施工方法としての「ソリッド部品組立構法（仮称）」の開発を行っている。

単なる建設作業の自動化・ロボット化ではなく、一連の工程の中で、どこをどのように自動化・ロボット化すれば効率的であるかの観点から導入することが重要である。また、自動化・ロボット化を普及させるには、機械やロボットを操作し、維持点検するための高度な知識と技術を備えた建設技術者の育成が必要となる。

本総プロは、昭和 62 年度が最終年度で、研究開発はいまだその途上にあり、本稿はその途中経過の報告である。今後引き続き関係諸氏のご協力により、有益な成果が得られることを期待している。