

建設の施工企画 1

2005 JANUARY No.659 JCOMA

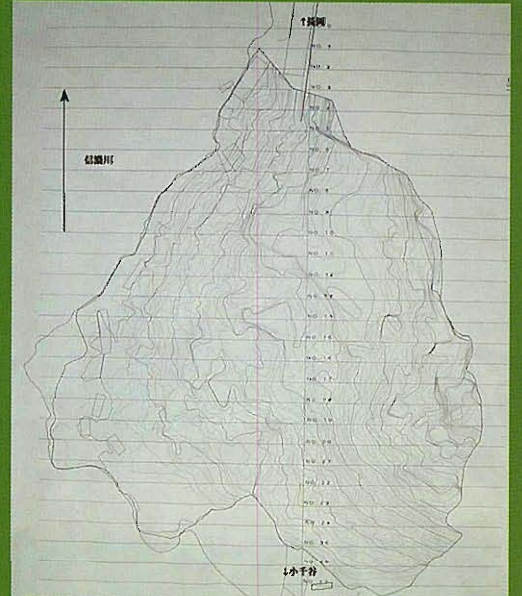


新潟県中越地震における無人化施工

速報 国土交通省平成17年度予算

建設未来特集

- 逆都市化時代の都市のすがた
- 建設施工におけるロボット技術の活用
- 建設工事におけるバーチャルリアリティ技術への期待
- 建築物の構造性能向上技術の将来
- 4足歩行型法面作業ロボットTITAN XIの開発
- 災害調査の先兵「無人移動体」



新潟県長岡市妙見の土砂崩落現場空中写真及び崩落土砂図面 (平成16年10月26日撮影)

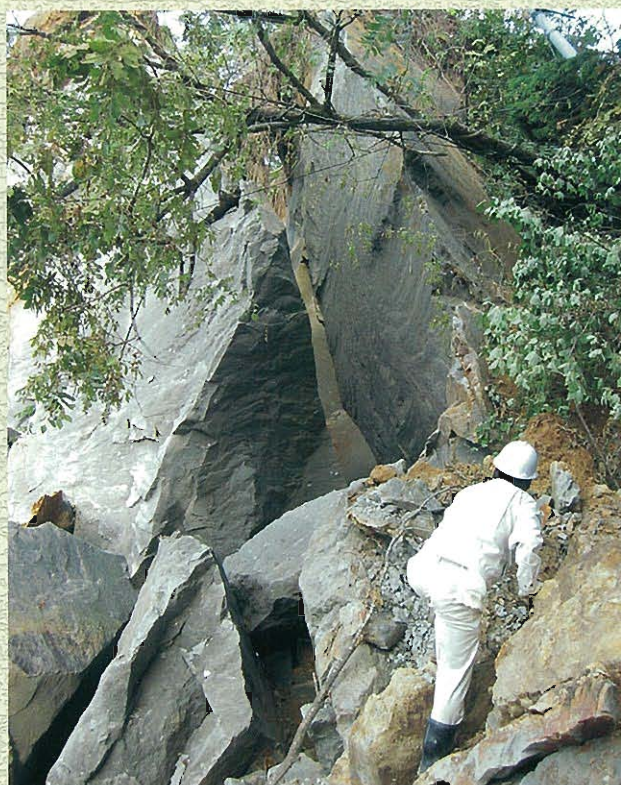
新潟県中越地震 における 無人化施工



⇄屋内からの遠隔操作



(写真3点及び図面:国土交通省北陸技術事務所提供)



新潟県中越地震 における 無人化施工

専門家による現地調査状況。崩落した岩石の大きさなど、被災状況がわかる。(写真:独立行政法人土木研究所、建設無人化施工協会提供)



年頭挨拶

新年のご挨拶

小野 和日児



2005年（平成16年）の年頭にあたり、謹んで新年のご祝辞を申し上げます。

昨年は自然災害の多い年でした。7月には梅雨前線による福井豪雨で足羽川が氾濫し、梅雨明け後は、東京では真夏日が1923年以来最大の70日、最高気温が39.5度と記録的な猛暑でした。また、発生した25の台風のうち4号から23号にかけて10の台風が上陸し、23号台風による円山川水害をはじめ多くの川で洪水氾濫が生じ、土砂災害が多発するなど、異常気象とも言える一年でした。10月には新潟中越地震が発生し、兵庫県南部地震と同じ震度7の激しい揺れにより大きな被害をもたらしました。地震の空白域での発生で、他の空白域における大地震発生の可能性を示唆したもので、地震の活動期に入ったとも言われています。このような気候の変動に起因する災害あるいは地震災害等に対応するため、防災施設の強化、緊急時の工事実施体制の整備、点検・復旧技術の強化等が従来にもまして必要となっています。

また、異常気象は地球温暖化が原因のひとつとされていますが、昨年11月初めに、ロシア連邦大統領が京都議定書批准法案に署名したことにより、今年2月16日には京都議定書が発効することとなりました。今後、地球規模で省エネルギー、リサイクルエネルギーの活用等を強力に推進していくこととなりますが、先進国の二酸化炭素発生量は米国を除いた世界全体の発生量の半分程度であることから、先進国の努力と合わせて発展途上国の発生量を押さえることが主要課題のひとつとなり、京都メカニズムの活用やアジア諸国等における日本の優れた省エネルギー技術等の普及が求められています。

建設投資額が50兆円台前半となり最大時の84兆円の6割まで減少していますが、より安全で快適な国民生活の基盤であるとともに、効率的な産業経済活動の基盤でもある社会資本の整備・改良・維持管理のあり

方について、国土の安全と環境の保全を第一とする長期的視点にたって、じゅうぶん吟味することが必要であります。こうした点に対して、建設機械メーカー、ゼネコンを主力メンバーとする当協会は、部会および研究所活動において蓄積した経験とノウハウを、新技術の開発はもちろんのこと、たとえば複数のマシンによる迅速かつ効率的な稼働システムの設計等に役割を果たすことは十分可能でありますし、国際的な技術協力について重要な役割を果たすことは容易であります。

また、温暖化や災害にくわえて、社会のトレンドを踏まえ新たな分野への既存技術の応用と合わせて、先端技術とのドッキングによる新しい動作、移動操作を可能とするマシンの開発に窓口を広げることも重要であります。例えば、ユビキタス社会では位置情報に代わり場所情報が提供されるようになると言われていますが、工事現場や構造物内において場所情報が提供されれば、工事の安全確保や自動化等々に繋がり、建設機械に新たな進展がもたらされる可能性があります。

このように協会を取り巻く自然的、社会的環境は大きく変化していますが、建設産業に関係する多種多様な業種の会員が参加している本協会の特性を生かし、国民が期待する活動をより効率的に、より機動的にかつより迅速に進めることを目標に、業種横断的な連携を図った活動を強化する技術会議を設置しました。本年は、技術会議とあわせて、すべての部会・委員会等の活動を着実に進めていく年にしたいと考えています。

最後になりましたが、1月に「建設施工と建設機械シンポジウム」を、2月に「除雪展示会」を旭川市で開催いたしますが、会員の皆様のご協力をお願いいたしますとともに、併せて会員各位のご健康とご活躍を祈念申し上げます、新年の挨拶といたします。

巻頭言

社会へのメッセージ

大石久和



最近知ったある数字に驚いている。それは内閣府の「国民生活に関する世論調査」において今後の生活に不安感を持つ者が、急増していることである。内閣府は毎年のように、この世論調査を実施しているが、今後の生活の見通しについて「良くなっていく」と考える人を「悪くなっていく」と考える人が、大幅に上まわり始めたのである。

わが国の生産年齢人口は、1995年に8,700万人という最大人口を記録した。つまり、話題にもなり問題にもなっている総人口の減少に先立って、すでに相当のペースで社会を支える中心層の人口は減り始めていたのである。ちょうどこの年に、将来の暮らしの見通しの良くなる/悪くなるの比率が1:1となり、それ以降、1999年には、1:2.69、2003年には、1:4.17というように、今後の暮らしに明るい展望をもてない人が急増しているのである。生産年齢人口の推移と将来生活への見通しが、奇妙にも連動している。高齢者も子供たちも社会の重要な一員であるが、御輿を担いでいる側は誰かといえば、やはり生産年齢層（この年代区切りもいまの時代に合っているのか疑問だが）であって、この生産年齢人口層の消長が国民の意識に影響を与えているのではないかと推察される。

この数字にもっとも戦慄すべきは政治であるが、加えて行政や企業にも大きな課題というか命題というか、なすべき使命を示唆していると考えられる。それはこの国やわれわれの暮らしの行く末について、明るいメッセージがいまほど必要なときはないということである。

どうせ落ち込んでいく暮らししか将来にはないとすれば、誰が厳しい克己の時を過ごしてまで才能を伸ばそうとするだろうか。暗い将来しかないのに、なんで子供や若者に刹那に走るなど言い聞かせることが出来るであろうか。

その意味で最近の問題の建て方はおよそ間違っている。「改革が必要だ」との国民へのメッセージは、京

大の佐伯教授が言うように、「既存のものの破壊の必要」であり「あなたの現状は間違っている」ということであるから、いまの「あなたの生き方」を肯定できないものとなっている。そうではなくて発すべきメッセージは、進むべき方向性を明示し、それが生き生きとした明るい未来の到来をもたらすものだ、との確信を国民と共有出来る環境を創ることなのではないか。

これは政治のことを言っているのではない。政治がこれを基本として組み立てられるべきは当然であるが、行政も企業も、およそ実社会を構成するすべての人が、行政行為の中で、企業活動の中で、夫婦間や家族団欒の中で、明るい未来志向の対話をし、それぞれの組織体がそれを具体化して志向しなければならない。

建設の施工企画についても、当然、例外ではない。安全で効率的な施工環境の実現は、いつの時代でもわれわれの目標であるが、そのことがもたらすものについて語らなければなるまい。より安全でより効率的な施工技術の獲得は、われわれにどのような条件下での施工を可能とし、それはどのような社会資本として、つまりどこにどのようなものが建設できて、いままで不可能とあきらめていたインフラストラクチャが用意できて、われわれの生活を豊かにし、安全にし、効率的にし、美しくし、快適にするものなのか、ということ語れというのである。

われわれは、過去に非効率で安全ではない工法を持っていたから、それを改善しようとするのではない。過去が怠慢であったわけではないのであって、過去からも努力してきたのだが、さらなる工夫が新たな挑戦を可能とするということなのである。新たなフロンティアが開けるといふことなのである。

過去の否定思考から、未来獲得思考へ、考え方の「改革」の年にしたいものである。

■ 行政情報 ■



国土交通省平成 17 年度予算（速報）

国土交通省総合政策局建設施工企画課

平成 17 年度予算政府案が、平成 16 年 12 月 24 日に閣議決定された。公共投資関係費は、国全体で 8 兆 2,720 億円と対前年比 4% 減、そのうち国土交通省関係分は 5 兆 9,464 億円と対前年比 4% 減となっている。公共事業関係費については、国全体で 7 兆 5,310 億円と対前年比 4% 減、そのうち各省連携交付金を含んだ国土交通省関係分は 5 兆 9,449 億円と対前年比 3% 減となっている。

以下に平成 17 年度公共投資関係予算の概要、建設施工行政に係る予算及び今後の建設施工行政の施策について紹介する。

1. 公共事業関係費の縮減と配分の重点化

政府全体の公共事業関係費については、前年度当初予算から 3% 以上削減しつつ、「経済財政運営と構造改革に関する基本方針 2004」（以下「基本方針 2004」という）を踏まえ、雇用・民間需要の拡大に資する分野への重点配分を行う。また、整備水準、整備の緊急性、経済構造改革の進展、官と民、国と地方の役割分担等の観点から、各事業の目的、成果に踏みこんできめ細かく重点化を図る。

国土交通省においては「基本方針 2004」に従い、重点 4 分野に予算配分を重点化する。

重点 4 分野：

- ① 人間力の向上・発揮
- ② 個性と工夫に満ちた魅力ある都市と地方
- ③ 公平で安全な高齢化社会・少子化対策
- ④ 循環型社会の構築・地球環境問題への対応

国土交通省の重点 4 分野への投入

| | |
|---------|-----------------------|
| 公共投資関係費 | 4 兆 5,622 億円（伸率 0.98） |
| 行政経費 | 1,605 億円（伸率 1.07） |
| 合計 | 4 兆 7,227 億円（伸率 0.98） |

2. 国庫補助負担金改革の推進

国庫補助負担金改革については、政府全体として以下の 4 点について実施する。

① 地方の自主性・裁量性を尊重した補助金の交付金化市町村の自主性・裁量性を格段に高めるための補助金改革と地域再生の観点から、市町村が実施する污水处理施設等の整備に対する交付金制度を創設する。

② 補助金のスリム化

国と地方の関係の見直し等の観点から、国庫補助負担金の見直しを行い、国として実施する必要性の低い補助金は

廃止する。

③ 公営住宅家賃収入補助の税源移譲

国と地方との役割を見直すいわゆる三位一体の改革の中で、公共事業関係の補助負担金については、建設国債発行対象経費であること等に鑑み、主としてスリム化と交付金化による改革を実施することとした。ただし、公営住宅家賃収入補助については、経費の性格や建設国債発行対象経費でないことに鑑み、財源移譲の対象とすることとした。

④ 補助金の採択基準の引上げ

「水流域広域保全事業の採択基準の引下げ」や「交通安全施設等整備事業の補助採択基準の引上げ」等の補助金採択基準の引上げ及び「総合流域防災事業（仮称）」や「津波危機管理対策緊急事業」等の補助金の統合化を実施する。

国土交通省としては、以下の国庫補助負担金改革を実施。

- ・財源移譲 約 320 億円（公営住宅家賃収入補助）
- ・スリム化 約 1,440 億円（小規模事業の廃止等）
- ・交付金化 約 1,605 億円

| | |
|--------------------------------|----------|
| まちづくり交付金の拡充 | 約 600 億円 |
| 地域住宅政策交付金の創設 | 約 580 億円 |
| 各省連携交付金の創設 | 約 425 億円 |
| （污水处理施設整備交付金（仮称）、道整備交付金（仮称）、等） | |

合計 約 3,365 億円

3. 重点課題への対応

地域再生・都市再生、観光立国の実現、豪雨災害等大規模災害対策の充実・強化など当面する課題に重点を置き、限られた予算で最大限の効果を発現する。

① 活力と魅力にあふれる経済社会の形成

各種支援措置をパッケージ化した「まち再生まると支援プラン」創設等の地域再生・都市再生の推進や地方道、

農道、林道を連携して整備する「道整備交付金（仮称）」等の各省連携交付金の創設等を行う。

② 国土と暮らしの安全確保

災害発生地域において機動的に対応を可能とする「災害対策緊急事業推進費（仮称）の創設」や東南海・南海地震等に伴う津波被害に対処するため各省連携し総合的に事業を推進する「津波危機管理対策緊急事業の創設」等を行う。

③ 快適で豊かな国民生活の実現

交通ボランティアの組織化、活性化を促進する「バリアフリーボランティアモデル事業等の推進」や人の流れと地域社会を分断する「開かずの踏切」の解消等を推進する「開かずの踏切解消等に向けた踏切対策の拡充」等を行う。

④ 地球環境から身近な生活環境までの向上

夏場の歩行空間の快適性を向上させるための「路面温度を低下させる舗装の普及促進」や大気環境汚染及び地球温暖化防止のための「CNG車普及促進モデル事業等の創設」等を行う。

4. コスト縮減の取組み

「公共事業コスト構造改革」により平成15年度から5年間で15%の総合コスト縮減を推進する。また、平成16年度に引き続き、民間企業と特に取扱いが異なると指摘される積算と発注方式に関する新たな取組みを拡大する。

(1) 積算について

工事実績に基づき工種別に単価設定を行う方式（ユニットプライス型積算方式）の導入対象を道路改良工、築堤護岸工等へ拡大する。また、インターネット等を活用して大口取引価格を適切に把握、より安い資材価格を積算に反映する。

(2) 発注方式について

民間の技術提案を活用する総合評価落札方式やVE方式等を積極的に拡大する。競争入札後にコスト縮減提案を受け入れ、交渉過程を経て契約を行う入札後契約前VE方式（価格交渉方式）を大規模工事について導入拡大し、独立行政法人等においても活用促進する。また、電子入札の地方への普及を促進するなど電子入札を徹底する。

5. 建設施工行政の関係予算

特別会計においては道路整備特別会計及び治水特別会計の中で建設機械整備事業を実施し、一般会計においては建設施工行政に係る調査等を実施する。

(1) 建設機械整備事業

道路整備事業及び治水事業を適切に実施するために必要な維持管理用機械及び災害対策用機械の全国的な整備を推進する。また、これらの機械の機能向上及び機械施工改善のための技術開発を重点的に実施する。特に、近年の豪雨及び地震等の災害発生状況を鑑み、災害対策を支援する排水ポンプ車、照明車及びヘリコプター等の災害対策用機械の整備を重点的に実施する。建設機械整備事業に係る技術開発については、維持管理用機械の効率的な利用に関する開発や雪寒機械の効率化等の必要性及び効果の高いテーマについてめりはりをつけて実施する。

| | | | |
|--------|-----|---------------|-----------|
| 道路整備事業 | 事業費 | 4,654,025 百万円 | (伸率 0.91) |
| | 国費 | 2,182,580 百万円 | (伸率 0.94) |

うち、

| | | | |
|--------|-----|-------------|-----------|
| 維持修繕事業 | 事業費 | 238,224 百万円 | (伸率 0.91) |
| | 国費 | 142,251 百万円 | (伸率 0.91) |

建設機械整備事業

| | | |
|-----|------------|-----------|
| 事業費 | 17,608 百万円 | (伸率 0.92) |
| 国費 | 11,939 百万円 | (伸率 0.92) |

治水事業

| | | |
|-----|---------------|-----------|
| 事業費 | 1,325,646 百万円 | (伸率 0.95) |
| 国費 | 850,247 百万円 | (伸率 0.96) |

うち、

建設機械整備事業

| | | |
|-----|-----------|-----------|
| 事業費 | 1,762 百万円 | (伸率 0.96) |
| 国費 | 1,033 百万円 | (伸率 0.95) |

(2) 建設施工行政部費

建設施工に関する「地球温暖化対策」や「大気環境保全に係る取組み」として、CO₂排出低減に資する低燃費型建設機械の更なる普及並びに建設機械の排出ガス抑制施策の更なる促進を図るための基礎的調査を実施する。

建設事業の施工合理化促進経費(69,468千円(伸率9.49))
うち、

① CO₂排出低減に資する省エネルギー型、低燃費型建設機械の指定制度の構築に係る調査・検討経費(10,549千円)

CO₂排出量の少ない建設機械の普及促進を目的に、低燃費型建設機械に係る基準の策定と当該建設機械の指定制度の創設に係る調査・検討を行う。

② 建設機械の排出ガス規制に伴う技術基準策定等に関する基礎調査検討(58,919千円)

建設機械の排出ガス抑制に係る取組みとして、建設機械のメンテナンス実施等に係る技術指針の策定に向けた基礎的調査を行う。

表一 平成17年度国土交通省関係予算内示額表(国費)

(単位:百万円)

| 事 項 | 前 予 算 (A) | 年 度 額 (B) | 内 示 額 (B) | 対 前 年 度 率 (B/A) | 備 考 |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------------|---|
| 治 山 治 水 | 1,004,524 | 954,810 | 954,810 | 0.95 | 1. 本表は、沖繩振興開発事業費の国土交通省関係分を含む。 |
| 治 海 | 948,117 | 901,815 | 901,815 | 0.95 | |
| 道 路 整 備 | 1,774,825 | 1,671,858 | 1,671,858 | 0.94 | 2. 内示額の治水には、道路関係社会資本として 26,600百万円を含む。 |
| 港 湾 空 港 鉄 道 等 | 564,412 | 545,610 | 545,610 | 0.97 | 3. 一般公共事業計欄下段〔 〕書き及び公共事業関係計欄下段〔 〕書きは、国土交通省が補助金改革により交付金化した425億円を含んだものであり、これは、各省連携交付金として内閣府に一括計上されるものである。 |
| 港 湾 | 277,087 | 258,128 | 258,128 | 0.93 | |
| 空 港 | 164,380 | 155,669 | 155,669 | 1.01 | |
| 鉄 道 | 48,760 | 45,896 | 45,896 | 0.94 | |
| 等 | 68,600 | 70,600 | 70,600 | 1.03 | |
| 湾 空 港 鉄 道 等 | 5,585 | 5,317 | 5,317 | 0.95 | |
| 住 宅 都 市 環 境 整 備 | 1,726,925 | 1,726,026 | 1,726,026 | 1.00 | 4. 本表のほかに、内示額には、NTT-A型 54,032百万円及び改革推進公共投資事業償還金 115,349百万円がある。 |
| 住 宅 | 874,637 | 818,210 | 818,210 | 0.94 | |
| 都 市 | 852,288 | 907,816 | 907,816 | 1.07 | |
| 環 境 | 212,389 | 276,872 | 276,872 | 1.30 | |
| 整 備 | 556,825 | 546,825 | 546,825 | 0.98 | |
| 策 備 | 83,074 | 84,119 | 84,119 | 1.01 | 5. 前年度予算額は、内示額との比較対照のため組替えて掲記してある。 |
| 策 備 | | | | | |
| 下 水 道 水 道 廃 棄 物 処 理 等 | 960,017 | 875,793 | 875,793 | 0.91 | 6. 計数は、整理の結果異動することがある。 |
| 下 水 道 | 829,093 | 752,332 | 752,332 | 0.91 | |
| 水 道 | 130,924 | 123,461 | 123,461 | 0.94 | |
| 道 園 | | | | | |
| 小 計 | 6,030,703 | 5,774,097 | 5,774,097 | 0.96 | |
| 調 整 費 等 | 54,850 | 74,850 | 74,850 | 1.36 | |
| 社 会 資 本 整 備 事 業 調 整 費 等 | 54,850 | 54,850 | 54,850 | 1.00 | |
| 災 害 対 策 緊 急 事 業 推 進 費 (仮 称) | - | 20,000 | 20,000 | - | |
| 一 般 公 共 事 業 計 | 6,085,553 | 5,848,947 | 5,848,947 | 0.96 | 〔 (参考) 各省連携交付金を含んだ場合の再計 |
| (参考) 各省連携交付金を含んだ場合の再計 | 6,085,553 | 5,891,447 | 5,891,447 | 0.97 | |
| 災 害 復 旧 等 | 53,449 | 53,449 | 53,449 | 1.00 | |
| 公 共 事 業 関 係 計 | 6,139,002 | 5,902,396 | 5,902,396 | 0.96 | 〔 (参考) 各省連携交付金を含んだ場合の再計 |
| (参考) 各省連携交付金を含んだ場合の再計 | 6,139,002 | 5,944,896 | 5,944,896 | 0.97 | |
| 官 庁 営 繕 | 24,194 | 23,833 | 23,833 | 0.99 | |
| 船 舶 建 造 (海 上 保 安 庁) | 9,940 | 10,346 | 10,346 | 1.04 | |
| そ の 他 施 設 | 10,406 | 9,832 | 9,832 | 0.94 | |
| 公 共 投 資 関 係 計 | 6,183,542 | 5,946,407 | 5,946,407 | 0.96 | |
| 行 政 経 費 | 614,903 | 619,193 | 619,193 | 1.01 | |
| 合 計 | 6,798,445 | 6,565,600 | 6,565,600 | 0.97 | |

表二 平成17年度国土交通省関係財政投融资内示額表

(単位:百万円)

| 区 分 | 前 年 度 (A) | 内 示 額 (B) | 対 前 年 度 率 (B/A) | 備 考 |
|---|-----------|-----------|-----------------|--|
| 住 宅 金 融 公 庫 | 145,600 | 75,000 | 0.52 | 1. 独立行政法人都市再生機構の前年度は、都市基盤整備公団及び地域振興整備公団の地方都市開発整備等業務分を含む。 |
| 独 立 行 政 法 人 都 市 再 生 機 構 | 1,114,700 | 1,030,000 | 0.92 | |
| 日 本 道 路 公 団 | 2,213,000 | 2,142,000 | 0.97 | 2. 日本道路公団、首都高速道路公団、阪神高速道路公団及び本州四国連絡橋公団(以下「道路関係四公団」という。)の平成17年度事業は、道路関係四公団を廃止し、新たに設立される独立行政法人日本高速道路保有・債務返済機構及び高速道路株式会社に承継される。 |
| 首 都 高 速 道 路 公 団 | 447,800 | 297,700 | 0.66 | |
| 阪 神 高 速 道 路 公 団 | 262,500 | 254,900 | 0.97 | 3. 独立行政法人奄美群島振興開発基金の前年度は、奄美群島振興開発基金分を含む。 |
| 本 州 四 国 連 絡 橋 公 団 | 87,600 | 105,200 | 1.20 | |
| 独 立 行 政 法 人 鉄 道 建 設 ・ 運 輸 施 設 整 備 支 援 機 構 | 107,200 | 88,200 | 0.82 | 4. 本表のほかに、以下の財投債関債がある。 |
| 成 田 国 際 空 港 株 式 会 社 | 25,800 | 18,700 | 0.72 | |
| 関 西 国 際 空 港 株 式 会 社 | 25,800 | 24,400 | 0.95 | ・住宅金融公庫 27,600億円 (15,000億円) |
| 空 港 整 備 特 別 会 計 | 47,000 | 50,900 | 1.08 | ・独立行政法人都市再生機構 2,400億円 (1,340億円) |
| 独 立 行 政 法 人 水 資 源 機 構 | 33,000 | 25,000 | 0.76 | ・日本道路公団 4,800億円 (5,300億円) |
| 都 市 開 発 資 金 融 通 特 別 会 計 | 5,000 | 4,800 | 0.96 | ・首都高速道路公団 500億円 (700億円) |
| 民 間 都 市 開 発 推 進 機 構 | 800 | 0 | - | ・阪神高速道路公団 500億円 (450億円) |
| 独 立 行 政 法 人 奄 美 群 島 振 興 開 発 基 金 | 300 | 300 | 1.00 | ・本州四国連絡橋公団 400億円 (100億円) |
| 合 計 | 4,516,100 | 4,117,100 | 0.91 | ・独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 860億円 (650億円) |
| | | | | ・成田国際空港株式会社 563億円 (797億円) |
| | | | | ・関西国際空港株式会社 13億円 (-) |
| | | | | ・独立行政法人水資源機構 150億円 (150億円) |
| | | | | 計 37,786億円 (24,487億円) |
| | | | | ※ () 内は、前年度 |
| | | | | 5. 計数は、整理の結果異動することがある。 |

6. 今後の建設施工行政の取組みについて

(1) 新技術の活用促進

建設施工行政に係る重要な施策としては、上記の他に「公共工事における新技術の活用促進」が挙げられる。国土交通省では、これまで「技術活用システム」、「新技術情報提供システム（NETIS）」等に代表される新技術活用の取組みが進められてきている。平成15年3月には「公共事業コスト構造改革プログラム」が策定されているが、ここでもコスト縮減と品質の保持もしくは向上を目的として新技術の積極的な活用が求められている。

建設施工行政においては、「公共工事における新技術の活用促進」は重要な位置づけにあり、これまで各地方整備局等の機械課においてはパイロット歩掛の策定や新技術関係の機械損料の算定などにおいて新技術の活用を支援してきた。

本年4月の組織改正では新技術の活用促進に係わる施策を積極的に推進する観点から、各地方整備局等の機械課が企画部に移行し、施工企画課に組織改正されることが盛込まれた。

この改正により、「直轄事業における施工方法に関する企画・立案等」と関連性の深い「新技術の活用促進」が一体的に取組まれることとなり、良質な社会資本整備と技術

活用のさらなる促進が期待されている。

(2) 建設機械関連の融資制度

建設施工における環境対策を推進するため、国土交通省では、排出ガス、騒音及び振動に関して、それぞれの基準値を満たした建設機械を排出ガス対策型建設機械、超低騒音型建設機械及び低振動型建設機械（以下、総称して「環境対策型建設機械」という）として指定を行うとともに、環境対策型建設機械の設備投資に対して、その資金を中小企業金融公庫、国民生活金融公庫の特別貸付制度により低利融資する制度を平成11年度から運用しており、建設機械のユーザーに対する支援措置を併せて実施している。

現行の本貸付制度に基づく資金融資においては、連帯保証人ならびに融資額に相応した担保が必要となるが、平成17年度は、従来の制度に加え、担保が不足する場合であっても、ある一定の条件下では資金融資を受けることができる特例制度等を新たに創設し、環境対策型建設機械のより一層の普及促進を図ることとしている。なお、担保に関する特例制度の詳細については、今後確定していく予定である。

文責：増 竜郎（ます たつろう）
国土交通省総合政策局
建設施工企画課
計画係長

逆都市化時代の都市のすがた

大西 隆

国連の予測では、世界の人口は次第に伸びが鈍化する傾向にあり、その中で日本は最も平均年齢の高い長寿国になる。国内では大都市や沖縄県で人口増加が持続する都市がある一方で、今後30年間に3割以上の人口減少に見舞われる都市も70近くあり、都市が二極化する。しかし、大都市では社会増で人口が維持されるものの、出生率はきわめて低い。こうした全般的な人口減少によって日本の都市は逆都市化過程に入る。

大都市でゆとりのある都市構造を実現するという意味では、逆都市化には積極的な意味がある。働く場所の自由度を高めるテレワークの推進や、自然的環境を生かすことで、逆都市化時代ならではの都市の再生を図るべきである。

キーワード：人口減少、逆都市化時代、テレワーク、出生率、還流する田園、拡散都市

1. 人口爆発から人口安定の21世紀へ

20世紀後半には「人口爆発」という表現がよく用いられた。

世界の人口はこの50年間に25億人から60億人へと増加したのである。2.4倍というこの爆発的増加を説明する要因としては、第2次大戦後、局地紛争はあったものの世界を巻き込む大戦はなく比較的安定した時代が続いたこと、医療、科学技術、工業などの発達で、地球上に人類が住みうるキャパシティが増加したことなどが挙げられよう。平和な時代に、安心して子作り、子育てに勤しむ人々が世界に多かったということであろうか。

もちろん、この間に起こった局地戦争、拡大した貧富の差、甚大な被害を与えた自然災害などを思い起こせば、平穏な50年だったとは言えない気もするが、2.4倍ということ以上に、35億人ものが増えたという事実はやはり、20世紀文明社会の功績だったというべきなのであろう。人類はまずまず幸せな半世紀を過ごしてきたのである。そして、この間に最も人口が増えたのはアジアであり23億人増加した。伸び率ではアフリカの3.5倍が群を抜く。

21世紀に入っても人口増加要因に大きな変化は起こっていない。

したがって、これからも世界の人口は爆発し続けるのかというと、そうではなさそうである。平和であれば人口が増え続けるというものではないようだ。所得

上昇とともに、女性の社会参加要求が強まり、子作り、子育てに割当てる時間は減少する。つまり先進国化に伴う少子化現象が起こるのである。20世紀後半では、ヨーロッパで少子化現象が顕著だった。そして21世紀にはアジアを含めて世界で出生率が低下する。1970年から1975年の5年間には人口1,000人当たり出生者が、全世界平均で30.9人であったものが、60年後の2030年から2035年の5年間には15.5人と半減する。アジアでは14.1人となり世界の平均を下回る。これを受けて、世界の人口も次第に伸びが鈍化していくと予測されている。

国連の最新の予測では2050年の世界人口は89億人で、2000年からの50年間の伸びは1.48倍に止まる。2000年に行われた前回の国連による人口予測では、2050年の人口は93億人であったから、2年間で4億人分下方修正されたことになる。人口増加が鈍化局面に入り、予測の都度将来人口予測が控えめになっている。とくに2002年の最新予測で、2000年には26.3歳であった世界の平均年齢が2050年には10歳以上高くなるという少子・高齢化が示されていることは注目される。

2050年でも、まだアフリカ諸国を中心にして大きな増加が予測されているから世界が人口安定段階に入るとはいえないが、やがて、これらの国々も人口のピークを迎え、21世紀の後半は文字通り世界人口が安定する時代に入ると予測されている。

日本はこうした世界的な少子・高齢社会のいわば先導役を果たすことになる。

国連による予測でも日本人の平均年齢は2050年で53歳を超え文字通り世界一の高齢社会になる。ちょっと先の話だが、2150年に生まれる日本人の余命は100歳を超え、人生100年の時代が日本から始まる。また心配されている合計特殊出生率は、21世紀の後半には人口維持の水準に近い2.0程度に回復し、総人口も一旦9千万人を割った後、1億人程度で安定的に推移する。そんな先のことは誰も分からないし、すべての国が安定状態に入るというのも算定式の性質によるのであって、何か根拠があって予測されているわけではないだろうが、少なくとも現状を踏まえていけば、世界が次第に成熟し、少子・高齢社会に入っていく先導役を日本が果たすと見るのは検討はずれではなさそうである。

2. 世界の都市、日本の都市

都市においても変化が訪れる。世界の人の動きで依然として都市化が想定されている。

2000年から2030年までに世界の人口はおおよそ20

億人増加すると予測されるが、都市人口の増加も同じく20億人である。増加する人口がそっくり都市に住

表-1 世界の都市人口

| | 1950年 | 1970年 | 2000年 | 2030年 |
|-------------|-------|-------|-------|-------|
| 世界人口(億人) | 25.1 | 36.9 | 60.7 | 81.3 |
| 都市人口(億人) | 7.3 | 13.2 | 28.5 | 49.4 |
| 都市人口割合(%) | 29.1 | 36.0 | 47.1 | 60.8 |
| 地域別都市人口(億人) | | | | |
| アフリカ | 0.3 | 0.8 | 2.9 | 7.4 |
| アジア | 2.3 | 4.8 | 13.6 | 26.6 |
| ヨーロッパ | 2.8 | 4.1 | 5.2 | 5.4 |
| 北米 | 1.0 | 1.7 | 2.4 | 3.5 |
| 中南米 | 0.6 | 1.6 | 3.9 | 6.0 |
| オセアニア | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 |
| 都市人口割合(%) | | | | |
| アフリカ | 14.9 | 23.2 | 37.1 | 53.5 |
| アジア | 16.6 | 22.7 | 37.1 | 54.5 |
| ヨーロッパ | 51.2 | 62.9 | 72.7 | 79.6 |
| 北米 | 63.9 | 73.8 | 79.1 | 86.9 |
| 中南米 | 41.9 | 57.4 | 75.5 | 84.6 |
| オセアニア | 60.6 | 70.6 | 72.7 | 74.9 |

国連統計より大西作成

表-2 世界の都市圏人口トップ20(単位百万人)

| 1950年 | | 2000年 | | 2015年 | |
|-------------------|------|----------|------|----------|------|
| ニューヨーク | 12.3 | 東京 | 34.4 | 東京 | 36.2 |
| 東京 | 11.2 | メキシコシティ | 18.0 | ムンバイ | 22.6 |
| ロンドン | 8.3 | ニューヨーク | 17.8 | デリー | 20.9 |
| パリ | 5.4 | サンパウロ | 17.0 | メキシコシティ | 20.6 |
| モスクワ | 5.3 | ムンバイ | 16.0 | サンパウロ | 19.9 |
| 上海 | 5.3 | カルカッタ | 13.0 | ニューヨーク | 19.7 |
| ラインルール都市群 | 5.2 | 上海 | 12.8 | ダッカ | 17.9 |
| ブエノスアイレス | 5.0 | ブエノスアイレス | 12.5 | ジャカルタ | 17.4 |
| シカゴ | 4.9 | デリー | 12.4 | ラゴス | 17.0 |
| カルカッタ | 4.4 | ロサンゼルス | 11.8 | カルカッタ | 16.7 |
| 大阪 | 4.1 | 大阪 | 11.1 | カラチ | 16.1 |
| ロサンゼルス | 4.0 | ジャカルタ | 11.0 | ブエノスアイレス | 14.5 |
| 北京 | 3.9 | 北京 | 10.8 | カイロ | 13.1 |
| ミラノ | 3.6 | リオデジャネイロ | 10.8 | ロサンゼルス | 12.9 |
| ベルリン | 3.3 | カイロ | 10.3 | 上海 | 12.6 |
| フィラデルフィア | 3.1 | ダッカ | 10.1 | マニラ | 12.6 |
| ムンバイ(ボンベイ) | 2.9 | モスクワ | 10.1 | リオデジャネイロ | 12.3 |
| リオデジャネイロ | 2.9 | カラチ | 10.0 | 大阪 | 11.3 |
| サンクトペテルスブルグ | 2.9 | マニラ | 9.9 | イスタンブール | 11.3 |
| メキシコシティ | 2.8 | ソウル | 9.9 | 北京 | 11.0 |
| 地域別トップ20位以内の大都市圏数 | | | | | |
| アフリカ | 0 | 1 | | 1 | |
| アジア | 6 | 12 | | 12 | |
| ヨーロッパ | 7 | 1 | | 1 | |
| 北米 | 4 | 2 | | 2 | |
| 中南米 | 3 | 4 | | 4 | |
| オセアニア | 0 | 0 | | 0 | |

国連統計より大西作成

むことになる。2030年における都市人口49億人のうち、アジアの都市には53.8%の26億人が暮らす。アジア、そしてアフリカでは都市化が人の動きの主流となる。このため、この両地域で新たに都市に住む17億人以上の人々に、いかにして快適な生活を提供するのは都市の大きな課題である(表—1)。

しかし、一方で、ヨーロッパや北米ではまったく様相が異なる。ヨーロッパでは、2000年から2030年までに都市人口は1,600万人増えるにすぎない。既存の都市に収容しうる量である。したがって、とくにヨーロッパでは新たな都市化というよりも、都市の成熟や縮小に関連した問題に直面することになる。

こうしたコントラストは具体的な都市の動向にも現れる。

表—2は国連による世界の都市圏人口上位20位を1950年、2000年、2015年の3時点で比較したものである。アジアの大都市圏が、2000年以降では20のうちに12含まれるのに対して、ヨーロッパの都市圏は、2015年にはわずかにアジアとの境界に位置するイスタンブールが含まれるだけである。北米もニューヨークとロサンゼルスのみ都市圏が含まれるに止まる。まさに都市の勢いがなお著しいアジアの動きを象徴するようなランキングの変動である。しかし、そのアジアの中でも変化が現れている。都市圏人口上位にムンバイ、デリー、カルカッタなどのインドの都市圏が含まれる一方で、上海、北京などの中国の都市は順位を下げ、インドの人口急増と中国の鈍化傾向を反映する。

都市圏のランキングで、2015年でもなお他を引離して最大規模を誇るのが東京都市圏である。

それは成長するアジアの都市圏群を象徴するかのようであるが、果たして日本の都市はアジアの諸都市圏と同様に、これから30年間に都市人口が倍増するというような勢いで成長するのであろうか？

国連統計では2000年における日本の都市人口は8,280万人であり、2030年までに570万人都市人口が増加するにすぎず、アジアの都市化とは異なる動きをとる。因みに、2000年からの30年間に増加する都市人口13億人のうち、中国(4.2億人)、インド(3.0億人)、インドネシア(1億人)、パキスタン(8,800万人)、バングラデシュ(5,400万人)で3/4を占めているから、アジアの都市化とはこれら人口大国で都市化が本格化することによってもたらされることが分かる。

さて、日本の都市である。人口予測によれば日本の都市は二極分化しそうである。

東京都市圏が世界の都市圏のトップであり続けるよ

うに、東京圏は当分の間は緩やかではあるが成長を続ける。国連から離れて、国内の人口予測を手がける国立社会保障・人口問題研究所の人口予測を見ると、2030年まで人口増加を持続させる都市は全国で52、うち東京圏で19を数える。このほか、仙台都市圏、名古屋都市圏、京阪神都市圏、福岡都市圏と沖縄に成長持続都市がある。これらに都市圏の中心都市で52に含まれるのは東京の千代田区だけで、他は周辺部や郊外部に位置する。いわば大都市圏の成長力が将来においても郊外部市の人口増加を継続させると予測しているのである。これに対して、2030年の人口が2000年に比べて7割を切るような大きな減少に見舞われると予測される都市は、歌志内の40.3%(2030年には、2000年の40.3%になる)を筆頭に全国で69都市あり、多くは炭鉱都市、半島や離島、山間の都市である。

3. 人口増加都市、減少都市

人口の増加都市と減少都市を区分する指標は人口の年齢構成である。

もちろん、わが国は2005年には老年人口割合が国全体として19.9%に達するのであるから、すでに高齢化社会(通常老年人口割合が7%を超える社会を指す)や高齢社会(同14%)といった用語の範疇を超えて、超高齢社会というべき状態にある。

老年人口割合はさらに増加して2030年には29.6%に達すると予測される。したがって、この段階では、65歳以上を押しなべて高齢者と呼ぶのではなく、前期高齢者(65歳~74歳)、後期高齢者(75歳~)などの区分も必要になるし、前期高齢者が実質的に生産活動を継続することも必要になってこよう(その場合にはこの年代を高齢者とは呼ばなくなるかもしれない)。

そして、国連の種々の予測で、世界の各国も長寿化、高齢化社会に向かって進んでいるのであるから、このような議論は日本に固有のものではなく、むしろ世界の共通課題を日本で先駆的に検討するという性格のものである。ともあれ、2030年には国全体が超高齢社会にあるという前提で、その中における地域的差異を見ると以下の点が指摘できる。

表—3によって、前述した52の人口増加都市と、69の人口減少都市について、年少人口(15歳未満)、生産年齢人口(15歳以上65歳未満)、老年人口(65歳以上)の3区分の構成比の平均値(単純平均)を比較すると、増加都市と減少都市の間立った違いは、増加都市では老年人口割合は23.8%にとどまるのに対して、減少都市では40.6%に達していることである。

減少都市では、自然増を反映した年少人口割合は低く、また人口流入による社会増を反映した生産年齢人口割合も低く、高齢社会がさらに進行する危機におかれている。一方、増加都市は、大都市圏に立地する都市と沖縄県など地方にある都市とで成長の理由が異なると考えられる。大都市圏に立地する都市では（仙台、東京、名古屋、京阪神、福岡の各都市圏）、生産年齢人口割合が高いのが特徴である。

社会移動しやすいこの年齢層の流入によって人口増加が維持され、それが自然増すなわち年少人口の維持にもつながっている。表—3にあるように、生産年齢人口の全国値は59.6%であるのに対して、大都市圏内の人口増加都市では63.6%と高率である。

表—3 2030年の年齢3区分人口割合(%)

| | 年少人口割合 | 生産年齢人口割合 | 老年人口割合 |
|-----------|--------|----------|--------|
| 人口増加都市の平均 | 13.2 | 63.0 | 23.8 |
| うち大都市圏内 | 12.6 | 63.6 | 23.8 |
| うち沖縄県内 | 16.8 | 60.7 | 22.5 |
| 人口減少都市の平均 | 9.6 | 49.8 | 40.6 |
| 全国値 | 11.3 | 59.1 | 29.6 |

注1) 国立社会保障・人口問題研究所資料から大西作成

注2) 人口増加都市：2030年まで人口増加を継続

注3) 人口減少都市：2000年から2030年の間に30%以上減少

一方で、沖縄県内の増加都市では、年少人口割合の高さが特徴的である。

沖縄県は県としても年少人口割合が15.8%（2030年）と予測され、第2位の佐賀県の12.9%を大きく引離して全国トップなのであるが、増加都市では平均16.8%とさらに高くなる。これを支えるのは、合計特殊出生率である。こちらは現在値（1998年から2002年の実績値）であるが、石垣市では2.12と再生産ラインを維持しており、全国値の1.36（厚生労働省）を大きく上回っている。沖縄県の諸都市でも合計特殊出生率の遞減傾向は否めないと想定されているが、それでも現状の高水準のお陰で2030年においても高い年少人口割合が維持される。国連による各国の合計特殊出生率の予測では、21世紀前半を底として日本の値も上昇すると楽観的見通しが示されているから、それが正しければ、沖縄県の諸都市は、いち早く再生産可能な状態に回復する可能性が高い。

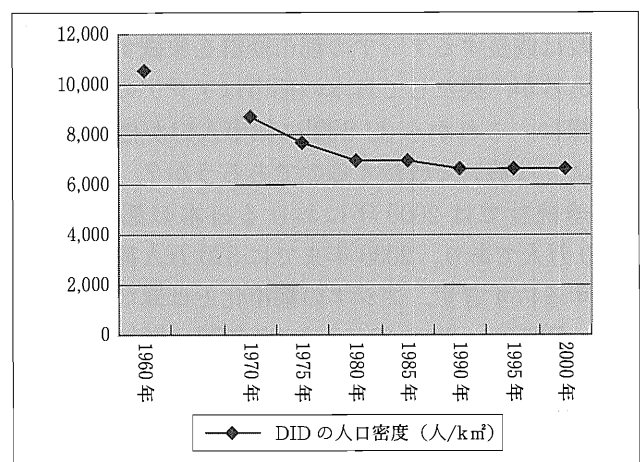
因みに、人口の自然増減を左右する合計特殊出生率は、将来人口予測とは単純に相関関係を持たない。ここで取上げている120余りの都市（52増加都市と69減少都市）の中で出生率が高いのは、沖縄県の都市をはじめとする南方の都市と離島や半島部に位置する人口減少都市である。逆に、出生率が低いのが千代田区

の0.89をはじめとした東京圏の市区や、炭鉱など構造不況産業の影響を受ける都市である。気候が温暖で、自然が身近な地方で出生率が高く、大都市やモノカルチャー都市で出生率が低いというのは将来の国土構造を展望するうえでもヒントを与えるようだ。一見人々が生き生きと暮らしているように映る大都市も、基幹産業が破綻したモノカルチャー都市も、実は、日常生活を快適に送りつつ、次世代を育てていくという人間の自然な営みの場としては欠陥があるというのである。自然が豊かで、自然に順応した生活を送っているような地域で、辛うじて日本人が維持されていくと予測されているのは示唆的である。

4. 逆都市化時代

筆者は昨年「逆都市化時代」（学芸出版社）という本を書いた。

人口安定化の世界的傾向を先取りするような人口減少社会が到来する過程で、日本の人口は減少しつつさらに拡散する、つまり都心部でも密度が低下して、郊外部へと拡散した状態が続くのではないかという展望を述べたのである。これを端的に表すのが人口集中地区（4,000人/km²以上の人口密度の地域が人口5,000人以上集積している地区、Densely Inhabited Districts）の人口密度の動向である。図—1のように1960年には1万人を超えていた人口密度は、減少傾向をたどり、1990年ごろからは6,600人程度で安定している。



図—1 DIDの人口密度

この間にDID人口は2.0倍になったのに対して、DID面積は3.2倍になり、都市への人口集中以上のスピードで、都市は空間的に拡大してきた。最近時点では（2000年）、DIDの人口密度はやや上昇し、都市の外延化が鈍った感じであるが、DID地区外にも全

人口の1/3を超える4,400万人がなお住んでいる。こうした状況を反映して、国連の都市人口予測でも日本の都市人口（日本についてはDID人口を採用）は2030年では73.1%と推計している。これは、アメリカ（2030年に都市人口は86.8%）イギリス（同92.0%）、フランス（同83.0%）、ドイツ（同91.9%）、韓国（同86.2%）など先進工業国はもちろん、アジアのマレーシア（同77.6%）やフィリピン（同76.1%）に比べて低い数値であり、日本では引続き都市型ではない居住空間が重要な生活の場として利用されていくことになる。

少なくとも21世紀の前半期は続くと見られる人口減少社会には、人口密度の低下傾向による都市的活動の拡散状況がさらに加速化される可能性がある。

つまり、総人口の減少は、社会移動を考慮すれば、非DID地区でより大きな人口減少を招き、反対に大都市圏では社会増によって人口減少が始まる時期が遅れる可能性がある。しかし、それでも国立社会保障・人口問題研究所の推計では、2015年以降は滋賀県と沖縄県を除くすべて都道府県で人口減少となるから、大都市圏内におけるばらつきはあっても、ほとんどの都市圏においても、中心部でも人口が減少し、低密度の居住地域が拡散的に続いていくことになるのは避けられない。このような大都市圏にまで及ぶ人口減少を捉えて筆者は「逆都市化時代」と呼んでいる。

都市の活力＝人口増加という従来の固定観念に囚われれば、逆都市時代は、都市の活力が低下し、沈滞ムードが漂うさびしい時代である。しかし、一人ひとりの活動が質的に高まりうる時代と捉えれば、自分の希望する人生を送る機会の開かれた時代の到来を意味する。考えてみれば、人口減少社会へと導く出生率の低下は、子育て世代が自由な時間を持ちたいと結婚を遅らせたり、子供の数を減らしたりする結果ともいえる（子育てや子供の将来にお金がかかることが出産をためらわせる最大の理由であるが、自由時間の確保もそれに次ぐ重要な理由である）。そうであれば、子育て支援を様々に充実させることによって、個人の自己実現と子育てを両立させることを目指す地域が出てきてもよい。逆に言えば、こうした努力が行われな限り、各自の満足を高めるような自己実現のための活動が、結果として子育て時間の節約＝少子化という社会問題を拡大する恐れがある。このように逆都市化は先進工業国の宿命ともいべき少子化を背景に進む。

もし少子化が止まらなければ、人口が極端に減少する社会となり、大きな問題をかかえることになりかねないが、少子化に対応しては、やがて社会的対処がな

されることを前提にして、逆都市化の時代に、人口減少の積極的な面を活用するという発想があってもいいのではないだろうか。ことに日本においては、都市における積年の課題であった混雑、高地価など高密度社会に固有の現象に伴う非効率さや不合理さを改善する格好の時代が来るともいえよう。

5. テレワーク型社会

逆都市化時代にまず提案したいのは、情報通信手段を活用したテレワークを普及させて、就労の合理性や快適性を高めることである。今年を始めから総務省で国家公務員による在宅勤務が本格的に始まった。すでに政府が定めた「e-Japan 戦略II」で、2010年までにテレワーク就業者（週に1日以上）の割合を労働力の20%以上にすることが示されているが、政策を立案した国家公務員をはじめとする公務ではテレワークの導入が遅れてきた。総務省の試みは、公務へのテレワーク導入促進の先導的役割を果たそうとするものである。

民間でも、インターネットを通じて企業内ネットワークへアクセスしてテレワークを行うシステムを持つ企業が増え始めた。仕事はオフィスに集まって顔を見合わせながらやるものでは必ずしもなくなってきた。書類や情報はサーバーにファイルされ、仕事に関係のある社員がそれらのファイルへのアクセス権を与えられて、ファイルを共有しながら仕事を進めるという方式が定着すれば、オフィスにみなが集まる必要はなくなる。たとえ、オフィスに集まっても、サーバーを介してファイルをやり取りしながら仕事をしなければならないから、無理に一堂に会して仕事をやる必然性は薄くなる。もちろん、会議や、種々の打合わせを対面で行う重要性は変わらないから、オフィスが不要になるわけではないが、そうした会議や打合わせを適切に割振れば、週に何日かを在宅でのテレワークに当てることは十分に可能である。

国土交通省が2002年に行った調査では既に全国で408万人が在宅勤務を中心とするテレワークを週に8時間以上行っており、わずかでも行っている人を含めれば1,000万人を超えると推計されている。わずかでもテレワークを行っている人は労働力人口の15.6%にあたるから、彼らを本格的（週8時間以上というまとまった形の）テレワーカーの予備軍と考えれば、就業人口の2割がテレワーカーという目標は実現不可能なものではない。

テレワークの普及につれ、ネットワーク型の業務形

態が定着し、通勤回数が減り、通勤の時間帯にも自由度が与えられるようになるから、オフィスの立地場所が多様化し、さらに住宅の選定基準にも幅ができる。つまり、従来のように、業務機能の大集積を求めて立地場所を決める必要性は低下する。

住宅についても、通勤条件だけではなく、自然環境や地域社会への親しみやすさなどを加味して選定するようになる。つまり、逆都市化とテレワークは、都市の拡散とそれを支える社会システムという意味で表裏の関係にあり、逆都市化の進行につれて、是非ともテレワークが普及していく必要があるといえよう。

テレワークの形態は在宅勤務だけではない。既にテレワークセンターのようなセキュリティ管理や種々のオフィス機器を提供するテレワークセンターを住宅地付近に立地させることにより、より良好なテレワーク環境を整えることができることは各地の試行で証明されてきた。在宅勤務に加えてテレワークセンターを舞台にした施設型のテレワークが行われれば、テレワークはさらに普及するだろう。テレワークセンターは新規に用地や建物を取得して立地させる必要はない。小中学校の空き教室や、図書館の一角などを活用して設置することも可能であるから、ニーズに対応しつつ廉価に供給できる方法を開拓することが望ましい。

6. 都市によみがえる自然や歴史

逆都市化の直接的な効果は、都市の土地利用にゆとりが生まれることである。

都市化とともに大都市が膨張していった時代には再開発による都市の高層化が進んだ。東京圏においても、まだこの流れが完全に止まったわけではないが、転換は既に始まっている。ここ数年、東京では高層オフィスの建設ラッシュが起り、汐留、品川、六本木などに大型のオフィスビルが登場した。しかし、東京都区部で働く従業者はこの5年間（1995年から2000年）で726万人から699万人に減少し、都心3区でも224万人から209万人に減った。

オフィスビルが供給されているものの、既にオフィス床の利用者は減少し始めているのである。もちろん、新オフィスの供給はストックの更新、機能向上という積極的な意味を持っているのはいうまでもないが、古いビルをどのように再利用していくのかという、ストックからの脱落組の再利用という問題を同時に考えていかなければならない。

一方、東京・千代田区で2030年まで将来人口が増加し続けると予測されるなど、マンション建設を通じ

た都心の人口回復も近年の特徴である。

都心区からの人口流出に歯止めをかけることは長年の課題であったのだから、実際に人口が回復しつつあることは歓迎するべきである。しかし、すでに、例えば千代田区では公共施設の適正配置の名の下に人口減少に対応した小中学校の整理統合を終えているのであるから、公的サービスの適切な供給という点でも収容できる人口には限度がある。実際、江東区などではマンションラッシュに歯止めをかける成長管理政策（大型マンションへの負担金課金）がとられている。こうした事例を観察すれば、大都市で、オフィスビルやマンション建設がストレートに都市の再生を意味するものではないことは明らかである。

東京圏の都心部でも、あるいはその周辺でも、都市を再生させる鍵を握るのは、オフィスビルやマンションの供給それ自体ではなく、次第に鈍化する開発要請や建物需要に対応して、緑地を設けたり、水辺を生かしたり、景観を整えたり、江戸の歴史遺産を復活させたりすることによって、都市のアメニティを向上させていくことである。

筆者はこれを都市に田園的な自然環境を復活させるという意味で「還流する田園」と呼んでいるが、字句どおり田園を設けることを意味しているわけではなく、上記のような多様な形態で人々が快適に居住し、働ける空間として都心部を再生させようという点に狙いがある。

東京都心を例にとれば、都心を流れる隅田川は、上流に工場がなくなったことで水質は改善されたが、「カミソリ護岸」のために、親水性の乏しい川になっている。周囲からアクセスしやすい川に戻し、水と街の一体的な関係を取戻すことも重要な都市再生のテーマである。都内の小河川を街並と一体となったアメニティの要素として再評価し、護岸を自然な佇まいに直したり、周囲に緑地空間を設けるのも都市再生につながる。商店街の景観を整え、町の歴史を宿しつつ利便性を高めるように工夫していくことなども都市再生のテーマである。

このように、逆都市の時代には、空間にゆとりが生まれることを活用して、都市に潤いや安らぎを与えてくれる空間を増やしていく機会が訪れそうである。

JCMA

【筆者紹介】

大西 隆（おにし たかし）
 東京大学先端科学技術研究センター（都市環境システム分野）
 教授
<http://www.planning.rcast.u-tokyo.ac.jp/>
 fax：先端研 03(5452)5170；本郷 03(5841)8525

special issue future prospects of construction industries

建設未来 特集

建設施工におけるロボット技術の活用

—油圧ショベルの自動化を例とした一考察—

吉田 正

油圧ショベルによる施工の自動化には、施工段階の情報化が大きな影響を持って考えられる。現在、CALS/ECや情報化施工が推進され、レーザーレンジスキャナなど新たなセンサー技術が実用化されてきており、施工の自動化にとって新たな段階を迎えつつあるといえる。このような施工の自動化・ロボット化技術の開発では機械、土質、施工、電気・電子工学等の幅広い分野にわたる研究の連携が必要であり、段階を追った継続的な研究開発と成果の蓄積を図っていくことが重要である。

キーワード：建設機械、施工、自動化、情報化、油圧ショベル、センサー、技術開発

はじめに

従来、「機械の自動化」として議論されることが多いが、ここでは油圧ショベルを例に建設機械の主目的である「施工」の自動化に着目し将来の技術の方向を考えたい。施工に着目するということは、単純に機械の動作のみを見るのではなく、現場で目的物を作っていく作業の実施の視点から自動化を考えるものである。

油圧ショベルは、現在、日本国内で最も利用されている建設機械である。我が国の建設工事において実施される工種、実施体制に最も適しており、利便性が高いと評価されていることの現れであろう。バケットによる土工作业だけを考えても、単純な地山の掘削・積込み作業、現場内の土砂の小移動、床堀、敷均し、法切り、法面仕上げ、材料（岩と土砂）の仕分け作業など、作業の目的に応じてオペレータが上手く使用することで数多くの作業に活用される。自動化という点ではそれぞれの作業毎に異なる技術、工夫が必要となる。

本報文では、建設施工の近未来の方向を想像しつつ、油圧ショベルによる施工を例に建設施工の自動化を考察してみたい。

1. 建設施工の自動化をめぐる環境、関連動向

建設施工の自動化を考える動機として、現在の建設施工の現場が抱える課題の面と自動化を実現するための関連技術動向の面から考えてみる必要がある。

(1) 建設施工の現場の課題

建設施工では依然として危険・苦渋作業が多い。災害発生時の緊急対応や復旧工事、急傾斜地や地中・水中、汚染箇所等での厳しい環境下での工事など、人の立ち入りが困難な箇所での作業がある。この点は従前から指摘されてきた課題であるが他産業に比べ依然厳しい環境である。例えば、土砂災害だけでも平均年間1,000件も発生している¹⁾。現在、このような人が立ち入ることができない箇所の施工では、遠隔操作による建設機械を用いた施工が行われているが、通常、施工効率が低く運転操作に特殊技能が必要である。遠隔地から容易に運転操作可能な技術あるいは人に代わって効率的に施工可能な（自動化施工）技術が必要とされている。

また、長期的には、日本の少子・高齢化の進展により就労人口が減少し²⁾、建設産業においても高齢化や若年労働者不足、熟練者不足の問題が懸念される。将来、高齢者にも、熟練技能を持たないオペレータでも効率的に現場の施工を行うことが出来るような技術が必要になると考えられる。

(2) 自動化のための関連技術の動向

自動化のための基盤技術として情報技術（IT）の高度化、進展が意味するものは大きい。その影響としては、ITの進展が建設事業全体の情報化を促すことによるものとセンサー等の関連技術を含むロボット技術として自動化実現の基盤を与えるものの二つが考えられる。

前者は、建設事業の調査・設計から施工、維持管理

まで一連のプロセスにおける情報化を推し進めている CALS/EC³⁾ や施工段階における情報化施工の進展として具体化してきている。後者のロボット技術については関連技術の高度化が進んでおり、レーザースキャナや GPS、トータルステーション、3次元 CAD など建設機械の作業の自動化を図るための基盤技術が整いつつある。

これまで、仮に施工の自動化を図ろうとしても技術的な困難あるいは高コストで現実的ではなかった面が多々存在したが、IT 等の技術の進展によりそのハードルが相当に低くなり自動化技術の開発、利用も現実味を帯びてきたと思われる。

これらの意義については、第3章で考察することとする。

2. 油圧ショベルによる施工の自動化技術

ここでは、現在、実用レベルで提供されている既開発技術やこれまでの研究に触れるとともに、最近の自動化の研究開発動向として、米国の自動掘削・積込み技術の研究と国土交通省の総合技術開発プロジェクトにおける研究動向を紹介する。

(1) 現在までの油圧ショベルの自動化技術の研究開発

機械の自動制御という点では、省エネルギーに向けて、エンジン-油圧ポンプの高効率運転の制御や無操作時にエンジンを自動的にダウンさせるオートアイドルシステム等の電子制御などが実用化されているが⁴⁾、ショベルの作業そのものを自動化する技術はまだ例が少ない。

作業の自動化としては、かつてティーチングによる

自動掘削機能等が開発されたが、実用には至っていない。最近では、特に水平掘削作業の効率化をねらいとした領域制限掘削機能が商品化されている⁵⁾ (図-1)。これは油圧ショベルが自身の姿勢計測等によりバケットの位置を検出する事を可能としたもので、バケットの位置をモニタ画面に表示したり、レーザー灯台など外部基準を活用して掘削深さを検出したりする事で制御を行う技術である。

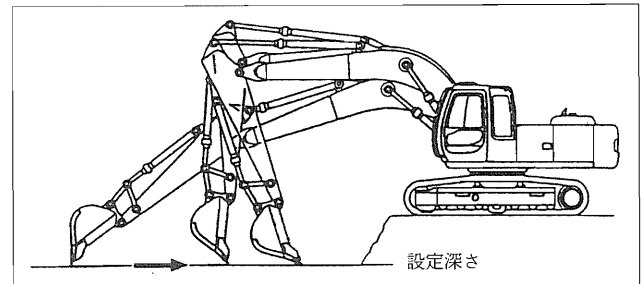


図-1 領域制限掘削機能のフロント動作例 (アーム引き+ブーム下げ)

また、イージーオペレーション化を目的として新しい操作方式の開発成果が発表されている^{6),7),8)} (図-2)。これは従来、熟練者でなければ難しい2本のジョイスティックによる円滑・微妙な操作を、より直感的で容易な操作で可能とする技術である。1本のレバーを用いたマスタースレーブ方式で構成され、作業状態をオペレータにフィードバックするためにバイラテラル制御が導入されている。この技術もロボットの電子制御技術の応用である。

(2) カーネギーメロン大学における自動掘削積込み技術の研究

米国のカーネギーメロン大学の Field Robotics Center および National Robotics Engineering Con-

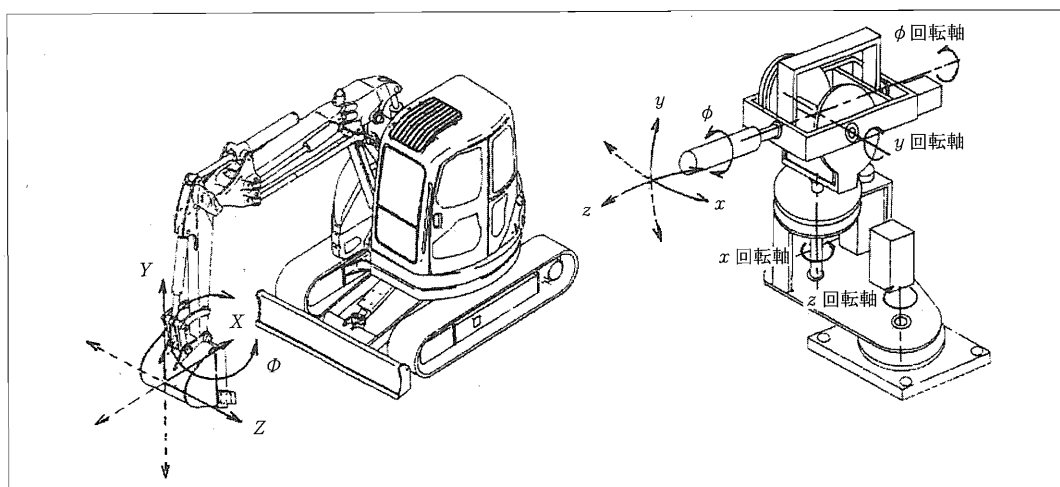


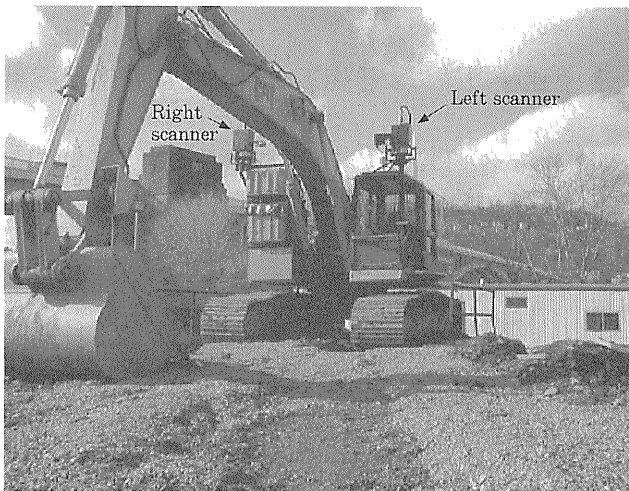
図-2 油圧ショベルと1本レバーの動きの関係

sortium においては、屋外作業ロボットの研究開発が継続して行われている。同大では1990年代後半に、油圧ショベルによるトラックへの土砂の自動掘削積込み技術の開発が行われ成果が報告されている^{9),10)}。

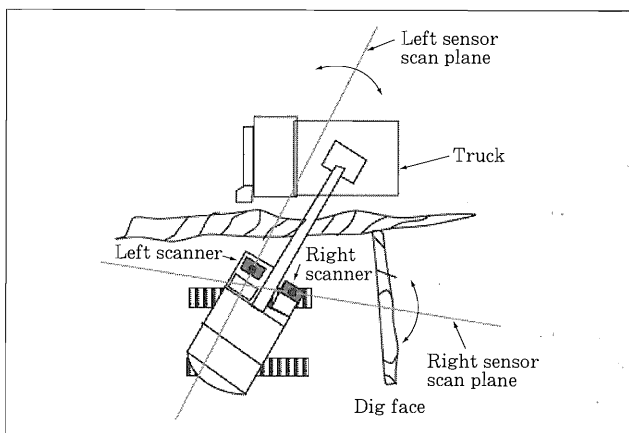
大規模土工や鉱山における大量の土砂の移動を行うためのシステムで、掘削対象土の上部に位置したショベルが土砂を自動で掘削し、側方に回送、駐車しているダンプトラックの荷台に自動で積込むものである



写真一 大規模土工における土砂の掘削・積込み



写真二 油圧ショベルに搭載したレーザーレンジスキャナ



図三 2台のレーザーレンジスキャナによる検知方法

(写真一)。掘削のための地山の形状や側方のトラックのベッセル位置、積載土砂の表面形状、障害物を検知するために2台のレーザーレンジスキャナをショベルに備えている(写真二、図三)。また、ショベルに搭載したソフトウェアが、掘削の都度変化する地山やベッセル内の土砂の形状に対応して掘削位置やベッセル内の積込み位置を決めるとともに、その間をいかに素早く移動するかを決定する。

この研究成果は25tの油圧ショベルに搭載することが可能で、数時間にわたる長期的な作業においては人間のオペレータによる作業と同等の作業能力を発揮したと報告されている。

(3) 国土交通省総合技術開発プロジェクトにおける研究動向

国土交通省では、土木施工における危険・苦渋作業の解消とIT、ロボット技術の活用による建設生産の合理化、効率化を目指して、平成15年度より総合技術開発プロジェクト「ロボット等によるIT施工システムの開発」に着手し、人に代わって土木作業を行う遠隔操作ロボット等による施工技術や3次元空間データを利用した施工技術の開発を進めている¹¹⁾。技術開発内容としては次の二つの目標が掲げられている(図四)。

(a) 遠隔操作ロボット等による施工技術の開発

本開発は、災害復旧現場で行う作業として必要となる頻度が高く、一般の工事においてもほとんどの現場で実施される土工作业(油圧ショベル、ダンプトラックによる土砂の掘削、積込み、運搬を行う施工工程)を主な対象とする。

この工程で、ロボット化された油圧ショベル等が、現場の施工状況を計測しつつある程度自律的に判断して作業を進めていくために必要な技術の開発を行う。

本技術は、従来、人間がリアルタイムの映像をとおして判断しリモコンで遠方より操作を行ってきた「これまでの遠隔操作」とは異なり、施工対象の完成形状を示す3次元空間データと施工対象の現況を計測した3次元空間データを施工システムに把握させ、丁張りなどを用いずに施工を行うことを目指している。完成形状と現況の二つの3次元空間データや建設機械の位置や姿勢などのデータを基に、建設機械(施工ロボット)がある程度自律的に作業を行い、遠隔操作するオペレータは作業内容や作業位置及び作業範囲などの簡単な作業指示と自律作業が困難な時に作業指示の変更やリモコン操作による作業支援を行う「マンマシン協調型の遠隔操作」を目指している(図五)。

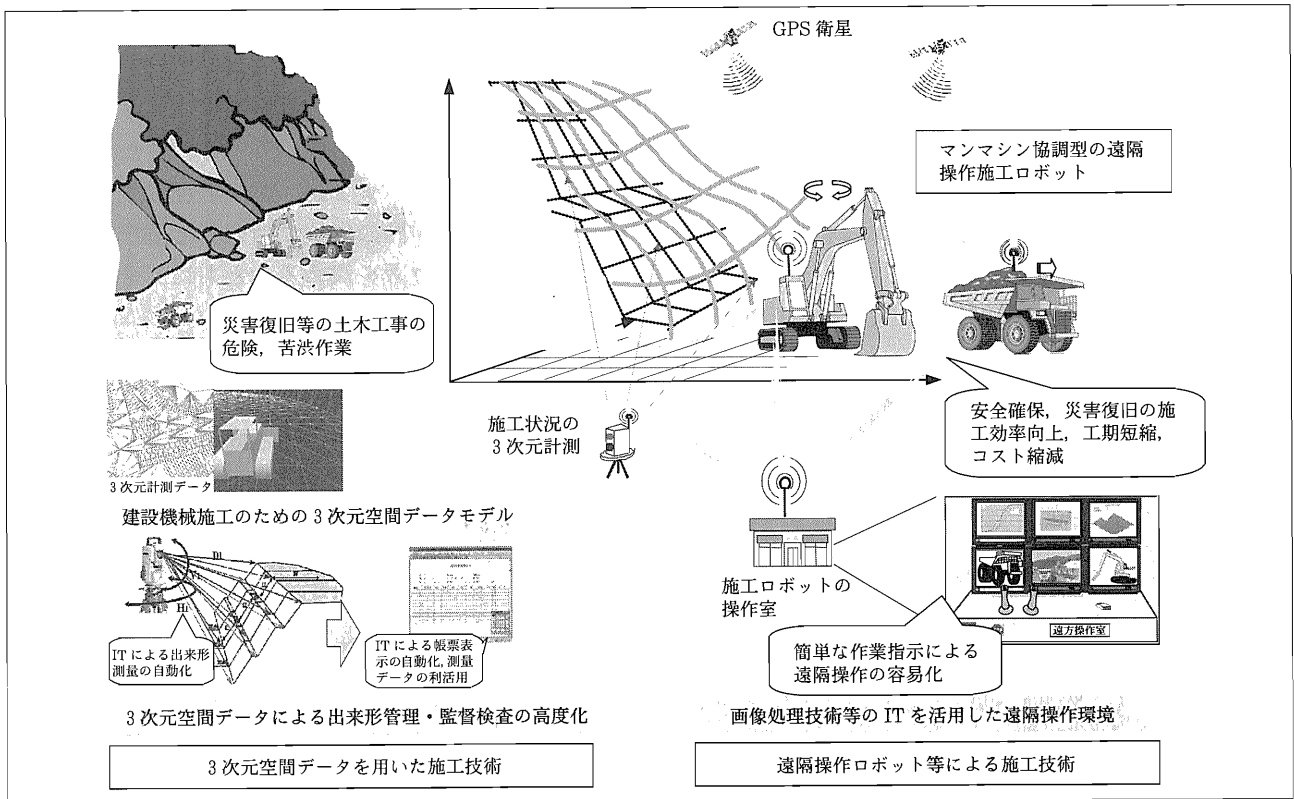


図-4 ロボット等によるIT施工システムの開発（イメージ）

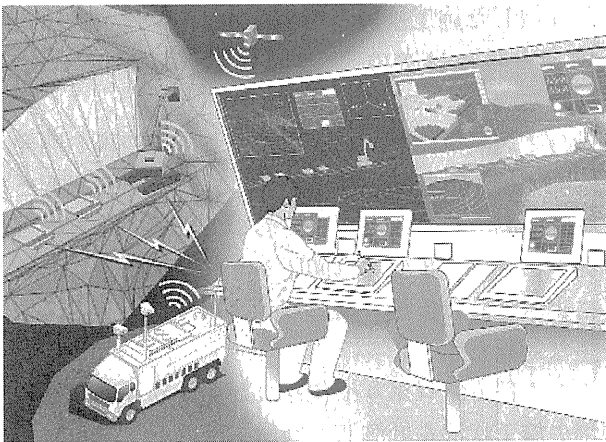


図-5 3次元空間データを用いた遠隔操作（イメージ）

平成19年度には、プロトタイプによる構内実験、現場試験においてロボット油圧ショベル及びロボットダンプトラックの組み合わせ施工を実現する計画としている。

(b) 3次元空間データを用いた施工技術の確立

本研究では、建設機械による土木施工において、作業対象物の形状、位置など3次元空間データを電子情報でとらえて、的確に伝達し、管理するための技術開発を行うものである。また、これらの技術は、一般施工現場での測量、設計、工程管理等業務に導入・活用され、土木施工業務全体の効率化、コスト縮減、品質向上を図るものである。

3. 建設機械による施工の自動化に関する考察

油圧ショベルによる施工自動化の技術開発を念頭に、今後の技術開発について考えたい。

(1) 情報の進展とセンサー等関連技術の実用化の影響

情報化の進展は、建設事業の今後のあり方に重大な影響を与える。

施工の段階においても、施工の目的物の設計情報が電子データとして提供されるようになり、施工指示も電子データで受け渡すことが可能となる。これは、従来、人間でなければ理解できなかった紙ベースの作業指示内容を、コンピュータで処理解釈することが可能になることを意味する。さらにこの状況は、機械施工の施工形態に関してこれまでの技術発展の中では見られなかった新たな段階に入ること示唆しており、施工の場面での機械と人間（オペレータ）の役割分担まで変化させる可能性がある。電子データによる作業指示内容の受け渡しが行われることで、施工機械がそれに応じた作業を自動で行うことが可能となり、その作業結果を計測して電子データで報告することが考えられる。

また、最近開発、実用化の進展が著しい各種センサー

技術が機械施工に活用可能となってきており、施工機械が施工状況や周りの環境を把握しながら同時に現場で作業を行うことが可能となりつつある。レーザーを利用して対象物までの距離や対象物の表面形状を計測するレーザーレンジスキャナの技術や建設機械の位置や姿勢を高精度で検知するGPSやトータルステーション、デッドレコニング技術などが実用可能となってきている。

前述の施工の情報化をベースとし、センサー技術を利用して施工状況や機械の位置等を把握して機械の動作を的確に制御することができれば、これまで考えられなかった施工の自動化が実現可能となってくる。このように、必要となる要素技術の点からは、現在は施工の自動化の新たな段階を迎えつつあるところということができる。

したがって、現時点で施工の自動化についての研究を進めていくのは、将来の施工合理化を図るうえからも大きな意味があると考えられる。

(2) 自動化・ロボット化技術の進展, 利用の方向

油圧ショベルの施工の自動化はどのように進むのだろうか。前述の動向を踏まえ自動化・ロボット化として技術面での段階的な進展を考えると、例えば次のような段階が考えられる。

- ① 施工状況の計測技術の開発・利用
(例) 施工の出来形計測・記録など。
- ② オペレータの運転操作支援
(例) 施工の出来形, 施工目標など施工状況のオペレータへの表示, 電子制御技術を応用した操作のイージーオペレーション化など。
- ③ 油圧ショベル作業時の部分自動制御
(例) 掘削深さをコントロールする領域制限掘削, 法面仕上げ時のバケット作業の自動制御など。
- ④ 油圧ショベル施工の一部作業の自律施工
(例) 掘削位置指定による自動掘削, 掘削範囲指定による自動掘削・積込み, 目標形状(範囲, 深さ)指示による自動掘削など。

しかし、実際の利用の進展プロセスは、自動化技術を活用するのが有利な場面、効果が上がる場面から進み、そのメリットや技術の評価が明らかになるに従って利用の場面が広がっていく形となるものと思われる。具体的には、無人化施工における掘削・積込み作業への活用や大規模土取り場等での繰返し継続作業(オペレータの単純繰返し苦渋作業の解消または施工能率の安定確保)のようなところから利用が始まることが考えられる。また、前述のように自動化技術の活用は施

工の場面における情報化の進展が大前提となることから、施工プロセスの情報化の動向に大きく影響されると考えられる。

一方、研究開発においては、研究成果が実用化に至るまでには、通常「死の谷」と呼ばれる苦しい期間を経過するといわれている。技術シーズが生まれてから実用レベルに成長するまでに経験する試練の時期である。研究においては忍耐強い継続的な研究が必要である。

したがって、調査研究では、将来の目標は長期的な視点から設定しつつも、マイルストーンとなる目標を上手く設定しながら研究を進め、中間段階でも利用可能な成果を出していくような取組みを進めていくべきであると思われる。

(3) 研究開発の実施

日本における屋外作業を前提としたロボット技術の研究開発は、世界をリードする2足歩行ロボットや産業用ロボット等の分野での取組みに比べるとその規模はきわめて小さいように思われる。建設用ロボットとしては、建設機械メーカーや建設会社において一時期数多くの実用研究が行われたが、現在その数はかなり減少している。また、大学等の研究機関では屋外の移動ロボットの研究がいくつか進められているものの、建設作業の自動化を前提としたものはまだ少ない。

土工作業の自動化を目指したものは、20年程度前に土木研究所において油圧ショベル掘削作業の操作制御を自動化しようとする研究が報告されており¹²⁾、最近では、産業技術総合研究所や大学におけるホイールローダによる自動積込み技術の研究が注目される^{13), 14)}外はあまり見あたらない。メーカーや建設会社において、最近、情報化のための研究事例は多いが、自動化を念頭においた研究は前述の領域制限掘削機能の例などの外は最近ほとんど見られない。

前述のカーネギーメロン大学の油圧ショベルの自動掘削・積込み技術の研究が1990年代に実施され、実機による施工が可能な成果を得ているのは注目される。特にレーザーレンジスキャナの実用化と並行してショベル作業の自動化への応用が実現されている。本研究は企業からのスポンサーシップにより実施され、成果は企業に報告され現在商業ベースの検討段階といわれている。また、その背景として、DARPAやNASAなど国の機関がスポンサーとなり研究開発を継続することで、屋外作業ロボットの研究体制や技術の蓄積がなされている点も参考となる重要な点であると思われる。

建設機械による施工の自動化のための技術を考える
と、単に機械の自動化技術だけでなく、機械と地盤の
相互作用や地盤や地形の計測技術など多くの研究分野
にわたる成果の総合化が必要であり、実用となる成果
が得られるまでに長期間を要し技術的ハードルも高
い¹⁵⁾。そのため取組み例が少ないのは自然なことかも
しれないが、日本における研究開発では、研究成果の
積上げ、継続性の点で課題を抱えているように思われ
る。海外の例も参考にしつつ、日本においても大学、
企業、国および関係研究機関が上手く連携して研究の
継続、研究成果の蓄積が進められるような取組みが望
まれる。

おわりに

建設機械による施工の自動化は、現場の実作業を考
えたと現在のロボット技術をもってしても容易には実
現できない高度な作業といえる。しかし、中長期的な
将来を考えると、情報技術の高度化、低廉化の進展に
より施工の情報化が進み、現場の施工プロセスの合理
化のために機械による施工の自動化も当然進められ
るものと考えられる。

国内においては災害等の危険な現場や汚染環境にお
ける作業現場など、さらに国外では、極寒地や砂漠等
の過酷な現場での施工においても活躍の場は広がるも
のと考えられる。また、将来は、人間が機械に搭乗し
ない特質を生かして、人間の居住性や運転能力に縛ら
れない建設機械の運転（高速動作や休憩時間を含まな
い連続作業など）を前提とした施工形態も考えられる。

施工の自動化を実現するには、系統的で継続的な取
組みが不可欠である。目先の成果のみの追求ではなく、

将来の技術の展開を意識した取組みが進められること
を期待する。

J C M A

《参考文献》

- 1) http://www.mlit.go.jp/river/sabo/kondankai_0103.htm
- 2) 総務省「国勢調査」、国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口」、平成14年1月
- 3) <http://www.mlit.go.jp/tec/it/cals/>
- 4) 宮木克己ら：建設機械の技術動向と開発課題，建設機械，Vol. 37，No. 1，pp. 41-46，2001. 1
- 5) 羽賀正和ら：油圧ショベル作業を支援する掘削機能，建設機械，Vol. 39，No. 10，pp. 19-22，2003. 10
- 6) 酒井 浩ら：バイラテラル操作系を用いた水中バックホウの遠隔操作技術の研究開発，建設の機械化，No. 643，2003. 9
- 7) 伊藤直幸ら：油圧ショベルのイーゾオペレーション化のための操作装置と支援システム，第10回建設ロボットシンポジウム講演論文集，pp. 353-362，2004. 9
- 8) 江川栄治ら：油圧ショベルのワンレバー式操縦システムの開発，第9回建設ロボットシンポジウム講演論文集，pp. 241-248，2002. 7
- 9) S. Singh: State of Art in Automation of Earthmoving, 2002, ジオメカトロニクスの高度展開と社会基盤整備に関するワークショップ講演論文集，pp. 51-69，2002. 10
- 10) A. Stentz, J. Bares, S. Singh and P. Rowe: A Robotic Excavator for Autonomous Truck Loading, in Proc. International Conf. on Intelligent Robots and Systems, 1998.10
- 11) 森下博之ら：ロボット等によるIT施工技術の開発，土木技術，Vol. 59，No. 6，pp. 50-55，2004. 6
- 12) 樋下敏雄ら：油圧ショベルの制御システム，土木技術資料，Vol. 27，No. 11，pp. 15-20，1985. 11
- 13) 大隅 久ら：土砂の掬い取り動作におけるバケット反力解析，第10回建設ロボットシンポジウム講演論文集，pp. 201-208，2004. 9
- 14) 高橋 弘：資源工学とジオメカトロニクス，ジオメカトロニクスの高度展開と社会基盤整備に関するワークショップ講演論文集，pp. 25-50，2002. 10
- 15) 深川良一ら：ジオメカトロニクスの提案と展望，ジオメカトロニクスの高度展開と社会基盤整備に関するワークショップ講演論文集，pp. 5-12，2002. 10

【筆者紹介】

吉田 正（よしだ ただし）
財団法人先端建設技術センター
普及振興部長

建設工事におけるバーチャルリアリティ技術への期待

嘉納 成男

建設における3次元CADの導入は、製造業の積極的な導入状況を見ても、将来の大きな課題となっている。一方、建設の計画や管理において、3次元CAD情報を有効に使い、管理業務の質を向上するとともに、効率を高めようとする多くの試みがなされ始めている。本報文においては、建設分野における3次元CAD情報を工事段階において有効に活用するバーチャルリアリティ技術についての試行事例を紹介して、その考え方と将来の展望を述べる。

キーワード：バーチャルリアリティ、3次元CAD、工事計画、工事管理

1. はじめに

最近、製造業における3次元CADの導入が積極的に進められている。3次元CADソフトの充実とともに、コンピュータの演算や表示能力の向上によって、実務面での展開が可能になって来たためである。また、製造業における製品サイクルの短縮によって、設計期間の圧縮や製造における問題点の早期発見などのために、各種のCAEによるシミュレーションが重要になってきた現状も、その導入の必要性を高めている。建設分野においては、以前から3次元CADへの興味が深く、各種の試みがなされているものの、現時点においても、全面的な3次元CADの導入は進んでいない。

今後、製造業における3次元CAD導入の状況や、3次元CADソフトやコンピュータ機器の発展を考慮すると、建設業においても、3次元CAD導入への道を進まざるを得ない状況にあることは明らかである。

本報文においては、建設分野における3次元CAD情報を工事段階において有効に活用するバーチャルリアリティ技術についての筆者の試行事例を紹介して、その考え方と将来の展望を述べる。

2. 建設工事における計画・管理技術の改革

(1) 情報の過多と処理能力の不足

建設におけるコンピュータの利用は、長年にわたって着実に現場に定着していったものの、そこで行われているコンピュータの活用は、ワードプロセッサ、作

表、図面作成、データベースなどの情報の作成、保管、参照が主要な活用範囲となっている。また、インターネットを介した情報の配信、閲覧など、工事計画や管理者が得られる情報量は増大の一途にある。

しかし、これらのコンピュータ技術は、管理者の情報収集能力を増大させたものの、管理業務そのものはほとんど変化していない。コンピュータはいまだに従来の業務体系の中で使用されている状況にあり、新しい管理方式や管理手法を生み出すまでには至っていない。データベースやメールなどは、管理業務に大きな変革を与えたが、鉛筆がキーボードになり、ファクシミリがE-mailになり、業務マニュアルがWEB Siteになったのみで、業務の本質には大きな変化を与えていないと言える。戦後、建設における施工技術は大きな進歩を果たし、機械化や工業化工法など、革新的な技術発展がなされた。一方、建設作業は労働集約的であるとよく言われるが、現場管理においても労働集約的な管理が行われ続けている現状にある。

コンピュータを活用した情報提供や情報検索など、エンジニアに豊かな情報を与えれば、よい管理が出来るという考え方は大きな誤解である。管理者が情報過多になり、情報のハンドリングに明け暮れ、有用な情報に基づいた思考を妨げることになる。膨大な情報を蓄積しているデータベースの参照、関連する部門や外部業者から発信される大量のメールなど、情報の洪水のなかに管理者は置かれている。各種業務の確認事項や、指示、協議など、情報のハンドリングで膨大な時間を消費している現状にある。

(2) 知的支援の必要性

コンピュータの導入によって、さも当然のごとく、管理者の数が減員されている状況は、管理体制に大きな歪を生じさせている。コンピュータの導入で管理者の情報ハンドリングの能力は確かに向上したが、従来、管理者の片腕として簡単な判断や計画案のたたき台を作成していた部下は少なくなり、またいなくなってしまった。部下は単なる資料の整理や清書などを行っていたのではなく、上司の指導の下で出来る範囲での思考プロセスの補助を行っていた。生産の現場におけるコンピュータ化は、従来まで配員されていた知的支援を行い得る部下を排除し、資料の整理や清書さらには送付などの、非知的作業のみを行う部下（コンピュータ）が配属された状況を造り出している。

このため、管理者は以前よりも増して、多くの思考プロセスを行わなければならない状況に置かれている。さらに、満ち溢れる情報の過多は、思考プロセスにおいて考慮すべき情報量を倍増し、思考プロセスをより難しいものへと変えている。このような状況において、管理者の「ちょっとした」思考ミスや欠落が、組織的なプルーフや再確認もされないまま現実に移され、「とんでもない」事態を引起すことは明らかである。その確率が100万分の1であったとしても、建設プロジェクトの大きさを考えれば、このような事態が各箇所頻発することになる。

情報提供の技術とともに、提供された情報に基づいて、管理者の思考プロセスを助ける仕組みが必要である。この仕組みは、提供される情報の多さや密度の濃さに従ってより高度な技術が要求される。

(3) 時空の掌握

工事計画者や工事管理者に対して知的支援を行うには、それ相応の手法が必要になる。

これまでに開発された手法に目を向けると、まず、統計分析手法がある。過去の工事实績の分析や各種の要因間の関係を把握出来るため、品質管理や工程管理に大きな役割をなしている。

さらに、数理計画法の出現は最適化問題としての解法を可能にし、CPM手法などにおける工期とコストの関係を求める原理となっている。

建設において大きな出来事は、PERT/CPM手法である工程ネットワーク手法が開発されたことである。それまでバーチャートとして感覚的な時間管理から数量的な時間管理を行うことが出来るようになった。この手法によって、建設にとっての時間軸を正確に捉えることが出来るようになったと言える。

さらに、その後、コンピュータの発展と普及によって、大量のデータを取扱えるようになるとともに、データベースの仕組みが編み出され、大量のデータを保管、検索、参照することが可能になった。

さらに、思考ロジックをコンピュータで解析、運用するAIやExpertシステムの各種の手法が開発され、経験的判断ロジックをコンピュータで再現することの試行が行われており、If-Thenルールやニューラルネットなど実用に供している手法も出現している。

これと並行して、1980年ごろから芽生えてきた3次元CADやVRの技術は、その後コンピュータの能力の飛躍的な発展によって、実務において活用出来る状況に到達しつつある。3次元CADやバーチャルリアリティの技術、建設における3次元空間を正確に把握することを可能にしたと言える。

空間は、建設にとって非常に重要な要素であるにもかかわらず、最近まで、それを正確に把握する術を持たなかった。図面と言う2次元で構築物を表す方法論には成功したものの、正確に「もの」の形や配置を表現するものではなく、見る人の判断能力に大きく依存する道具であった。3次元CADの出現によって、「もの」を3次元空間の座標軸によって把握することが出来るようになった。これによって、建設における「もの」を時間と空間の4次元の世界で完全に把握し得たと言える。

3. バーチャルリアリティ技術を活用した計画管理

バーチャルリアリティ技術は、工事計画者や工事管理者に対して、「空」を情報として取扱うことを可能にする。これまでに工程ネットワーク手法によって、「時」を情報として取扱うことに加えて、「空」を取扱えることは、これまで以上に工事計画者や工事管理者が、知的支援をコンピュータから得られることを意味する。

工事現場を表現するためには、部品、部材、さらには仮設資材や工事用機械、作業員などの目に見えるもの（実体があるもの）の空間的な形状、位置や方位が重要な要素となる。また、工事の進捗を表現するためには、これらの実体の時系列的な動きの把握が不可欠である。さらに、工事現場における状況を示す「場」の情報化が必要となる。¹⁾

建設現場の状況を示すこれらの要素を纏めると、以下に示す5つの要素として捉えることが出来る。

① 時間

取付け時刻、開始時刻、経過時間など、時間・時系

に関する要素

② 空間

取付け位置，作業域など空間領域に関する要素

③ 実体

取付け部材，作業者など視覚的に確認でき実在する要素

④ 行為

取付け作業，作業者の動きなど，物の動きに関連する要素

⑤ 場

粉塵の場など，個々の実体としてよりも状況として把握される要素やまた，騒音など目に見えないが状況として把握される要素

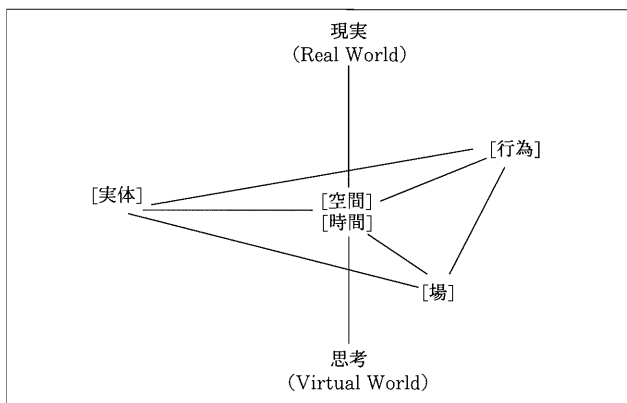


図-1 工事を表現する要素

図-1 は、5つの要素について関係を模式的に示した図である。バーチャル建設現場では、空間軸，時間軸をその座標系として、実体，行為，場が相互に関係し合いながら、工事が進む状況を作り出す。そして、バーチャル建設現場に対応して、リアル建設現場（実在する現場の状況）が存在する。バーチャル現場とリアル現場は、「思考」と「現実」とを表しており、それぞれの情報はバーチャルがリアルになった時点で同等になる。バーチャル建設現場では、我々が思考によって建設現場の内容を想像し、考え、計画し、記憶していることが、実際に工事がなされた時点でリアル現場と相互に一致する。バーチャル建設現場とは思考上の将来を示し、リアル建設現場は過去、現在の姿を示している。

4. 建築におけるバーチャルリアリティ技術の試行事例*

(1) 3次元CAD情報に基づく仮想現場見学

建築工事の円滑な運営においては、近隣の住民，関係者の工事に対する理解が不可欠である。敷地で始ま

る将来の建設の内容やその近隣への影響などを、近隣の住民，関係者に正確に説明することは非常に難しい。完成時の透視図や，立面図，平面図，総合仮設計画図などを提示しても，将来の工事による近隣への影響を正確に把握し得る一般人は少ない。近隣住民・関係者の理解の不足や誤解は，工事の着工後色々な形でクレームとして現れて来る。説明時には良く判らず納得していたが，工事着工後に建物や仮設の姿が現れてくるとそれが誤解であることが判り，不満を訴える近隣住民，関係者は多い。着工前に将来の工事現場の状況を精密なCG画像やReal Time Walk-Thruで見ることによって，近隣の理解を深める手段となる。

図-2 は，建築工事現場の近隣から見た状況を示したCG図である。また，図-3 は，工事現場の中での掘削工事において，どのようなことが行われているかを，近隣の住民に説明する資料である。工事の専門家



図-2 工事現場の近隣風景



図-3 工事現場の掘削工事の状況

* 本システムは，Virtual Construction Site Systemsとして開発したものであり，3次元CADシステムとして，MicroStation（日本ベントレー社），Real Time Walk-Thruシステムとして，WorldUp（旭エレクトロニクス社）を使用している。

でない近隣住民にとっては、どのような説明や2次元図面よりも、視覚的に見える形で示すことによって、複雑な内容であっても、その将来の姿を十分に理解できる。

このCG画像に加えて、Real Time Walk-Thru技術を用いて、近隣住民が現場内や現場周辺を移動しながら将来の姿を視覚的に判断、確認する効果は大きい。

(2) 作業安全の視覚的検討

建築作業における作業要領やマニュアルを3次元表示にし、かつアニメーションを含めることによって、従来判り難かった、作業の要点やノウハウを容易に理解、習得させる効果が期待できる。また、現場での安全性の検討など、アニメーションを活用することによ

る効果は大きい。

建設工事における技能の低下や経験年数の不足を補うには、作業者が理解しやすいように、作業手順や方法についての作業マニュアルによる教育が不可欠である。CG画像やアニメーションによるマニュアル化は、今後の建設作業において重要な位置付けとなる(図-4)。

また、複雑な構造形式を持つスペースフレームなどの建設では、今後の工事進捗によってどのような構築物が出来上がっていくのかについて、作業者や関係者に視覚的に説明し、作業の安全に対する理解や作業の手順、方法を感覚的に理解してもらおう効果は大きい。

(3) バーチャル建設シミュレーション

工程進捗の状況について、シミュレーションを行い

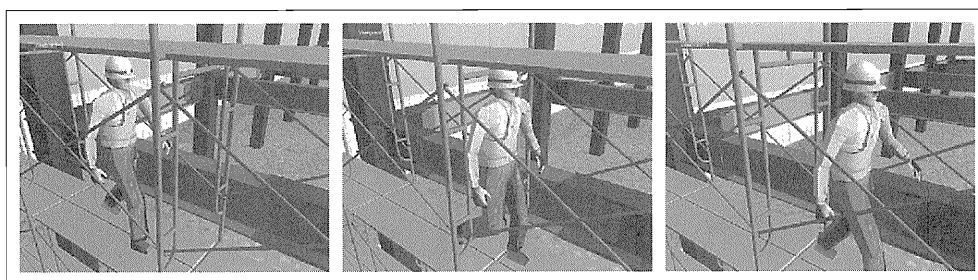


図-4 枠組み足場における安全性の検討

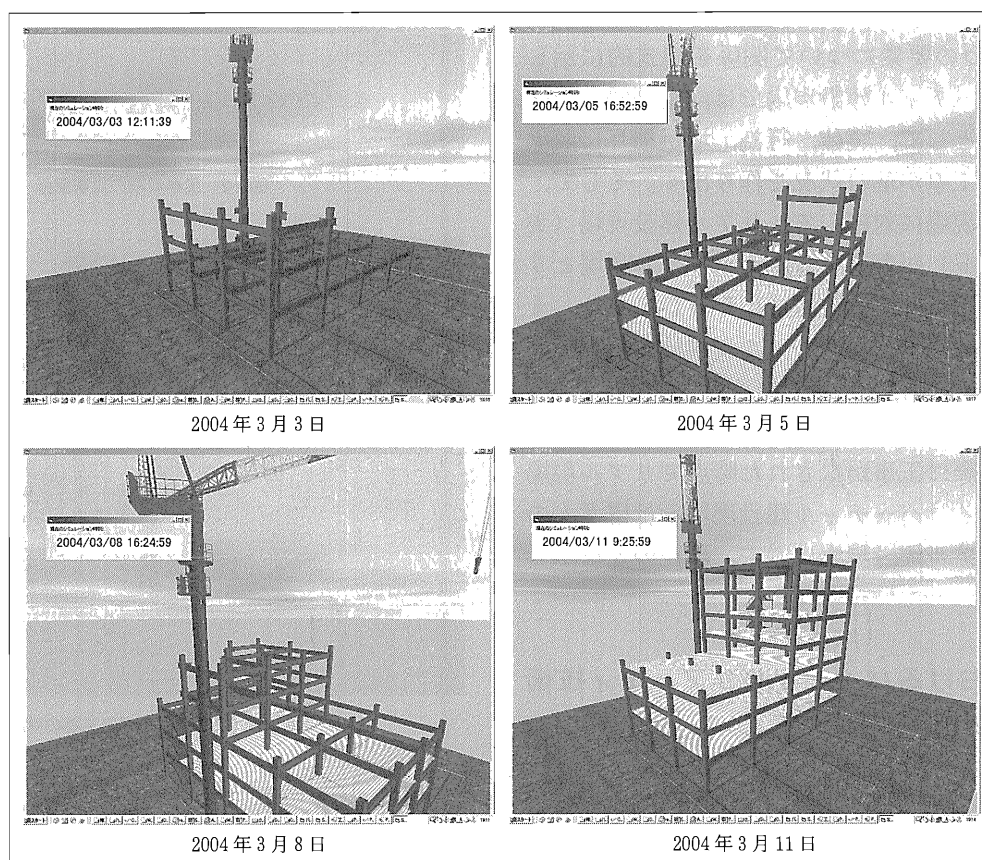


図-5 建設シミュレーション結果

その過程を視覚的に表示することによって、将来の工事の進捗状況を容易に理解できる。²⁾

工事計画にバーチャル建設現場のシステムを使用することによって、現場の状況を時系列的にかつ3次元空間として、視覚的に確認しながら工事計画を検討することができる。これは、机上において現場主義に一步近づくことが出来ることを意味し、各時点における現場の状況を視覚的に確認しながら合理的にまた感性的に工事計画を進めることが可能になる。また、3次元CAD情報を用いて、各種のCAEシステムを動かすことによって、より高度な工事計画を達成し得る。

バーチャルリアリティを用いた建設シミュレーションは、従来から第3者には説明が難しかった工程の進捗に関する理解を深める手段となる。また、図-5に示すごとく、立案した工事計画に基づいて模擬的に工事を進捗させてみることによって、安全性、生産性など工事の問題点や改善点を工事管理者が見出す手段ともなる。

(4) 工事計画と現場写真との照合

建設工事においては、多くの写真を撮影する。これは、工事の各時点での記録として、また証拠写真とし

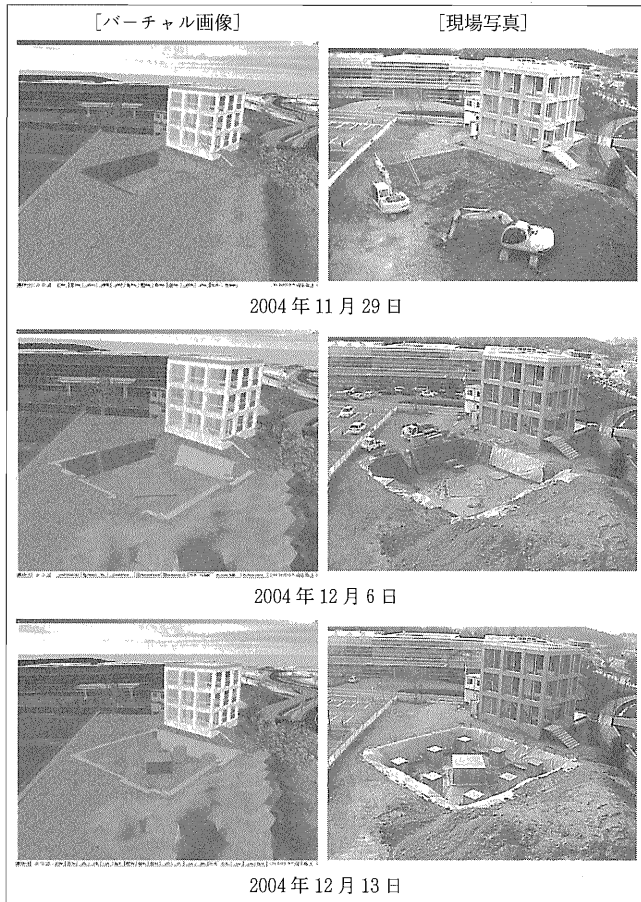


図-6 バーチャル画像と現場写真との比較

て、大きな役割がある。工事写真は、現時点の現状を表すとともに、過去の時点における工事の進捗の状況を記録している。

すなわち、バーチャルリアリティは、思考の上での工事の状況を示したり将来の状況を現しているため、工事写真と重ね合わせることによって、計画と現実との相違を調べたり、確認することが出来る。³⁾

図-6は、計画時点での工事現場の状況を示したバーチャル画像と、モニタリングカメラから撮影した各時点の工事現場の写真である。

このバーチャル画像は、前述した建設シミュレーションの実施過程で得られるものであり、計画に基づく進捗を示している。このため、2枚の画像を重ね合わせることによって、そのときまでに完成していなければならない部材の有無を画像の比較によって明らかにすることが出来る。この手法を用いることによって、管理者は進捗管理をより直感的にまた正確に行うことが出来るようになることが期待される。

(5) 工事写真データベース

工事現場では、膨大な記録写真を品質確認データとして撮影する。これらのデータを、3次元CAD情報と融合して蓄積しデータベースとすることによって、検討対象の部位に関連する写真データを容易に抽出することが出来る。これによって、竣工後の維持保全データとして、工事記録写真は竣工図とともに役立つことが可能になる。⁴⁾

図-7は、建築物の特定の柱を指定し、それに関する工事写真を検索対象としていることを示している。この結果、図-8に示す4つの写真を検索することが出来る。検索には、VR画面上でマークした位置、視点、視線方向など、3次元座標データに基づいて、検索対象に近い写真画像を検索するようにしている。

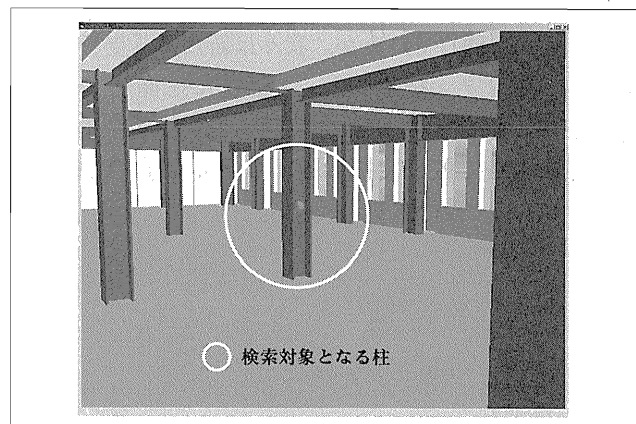


図-7 管理対象となる柱のVR画像

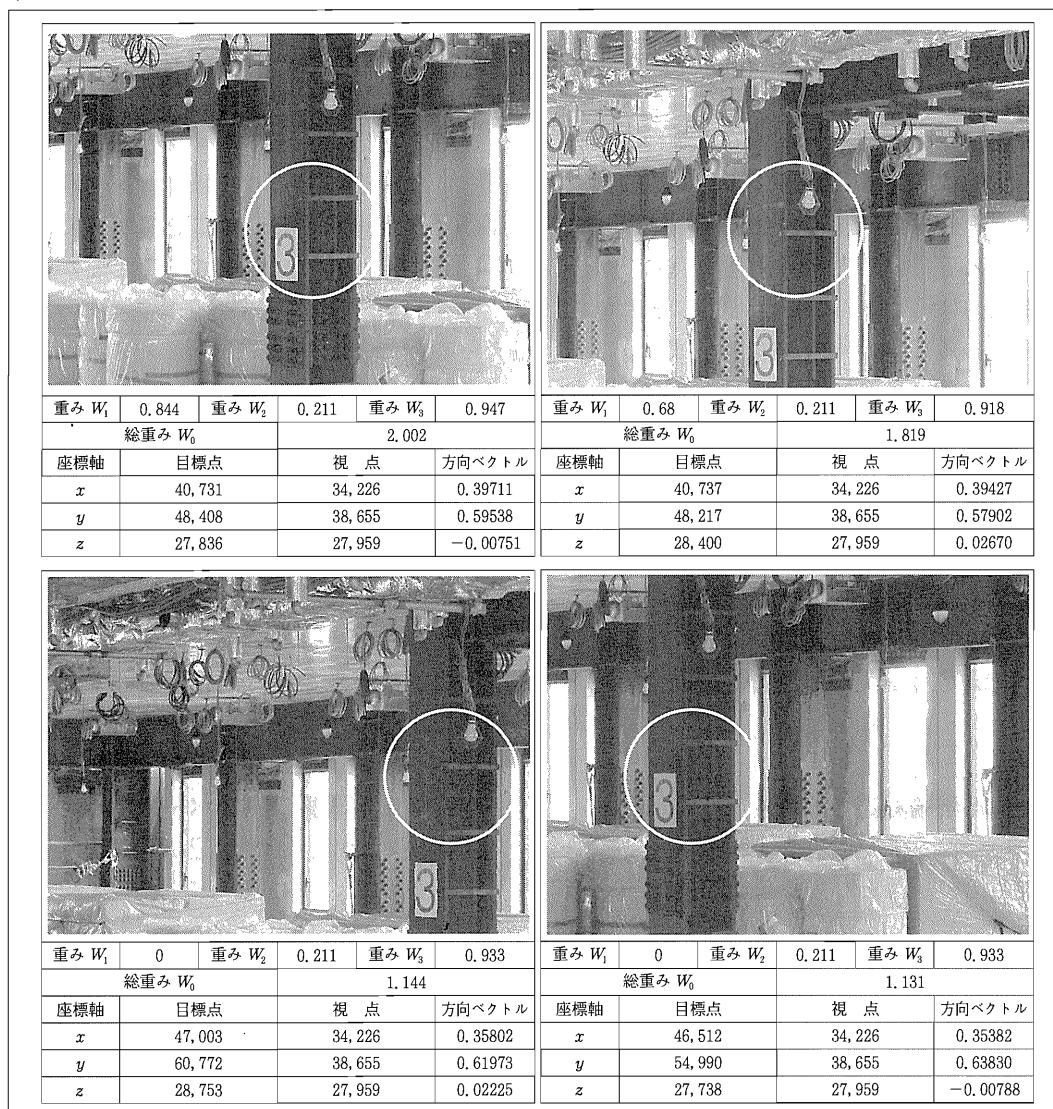


図-8 検索結果

6. おわりに

バーチャルリアリティ技術は、建設工事における計画や管理の新たな手法を生み出す技術となる。工程ネットワーク手法が開発されて以来、「時」のみを情報として計画、管理していたが、我々は新たに「空」をバーチャルリアリティ技術によって正確に把握が出来る。時空を制することによって、管理技術者の各種の計画や管理業務を知的に支援するより高度な手法を提供することになると期待される。

JCMIA

《参考文献》

- 1) 嘉納成男, 他: バーチャル建設現場システムの開発, プロトタイプシステムの開発とその開発課題, 建築生産シンポジウム, 2002.07, 日本建築学会
- 2) 嘉納成男, 他: バーチャル建設現場システムの開発, 3次元CAD情報に基づく部材取り付け順序の推定, 建設ロボットシンポジウム, 2004.09, 建設ロボット研究連絡協議会
- 3) 金, 嘉納: VR技術を用いた現場写真の活用化, 情報システム利用技術シンポジウム論文集, 2004.11, 日本建築学会
- 4) 金, 嘉納: 建築生産における現場写真とVR画像との比較, 建築生産シンポジウム, 2004.07, 日本建築学会

【筆者紹介】

嘉納 成男 (かのう なるお)
早稲田大学理工学部建築学科
教授
工博



建築物の構造性能向上技術の将来

—スマート建築構造—

緑川 光正

性能に基づく構造設計という世界的な流れの中で、これからの建築物では、要求される性能を確実にかつ容易に実現する技術、さらにその性能が確実に発揮されるように性能を監視する技術が重要になる。

スマート建築構造システムは、材料や構造形式などの新しい技術を積極的に応用し、建築構造体自身が外部から受ける荷重・外乱などに適応して安全性や使用性などの構造性能を効果的に発揮できるように計画されたものである。これを実現するためには、構造劣化・損傷を検知する技術、それに基づき構造性能を診断する技術、外乱などの影響を制御する技術など、各種の要素技術を総合した建築構造システムを開発する必要がある。

キーワード：建築、構造システム、外乱、検知、診断、制御、センサ、エフェクタ

1. はじめに

将来起こると予想される地震動をはじめとする各種の外乱に対して建築物がどの程度安全なのか、どの程度使用目的を満足しているかという安全性、使用性の

構造性能に加えて、地震動に対する性能として損傷に対してどれくらいの修復を必要とするのか、という修復性が建築物の構造性能として注目されつつある。

今後の建築物においては、要求される性能を確実にかつ容易に実現することが重要になる。さらに、その性能が確実に発揮されるように性能を監視することも必

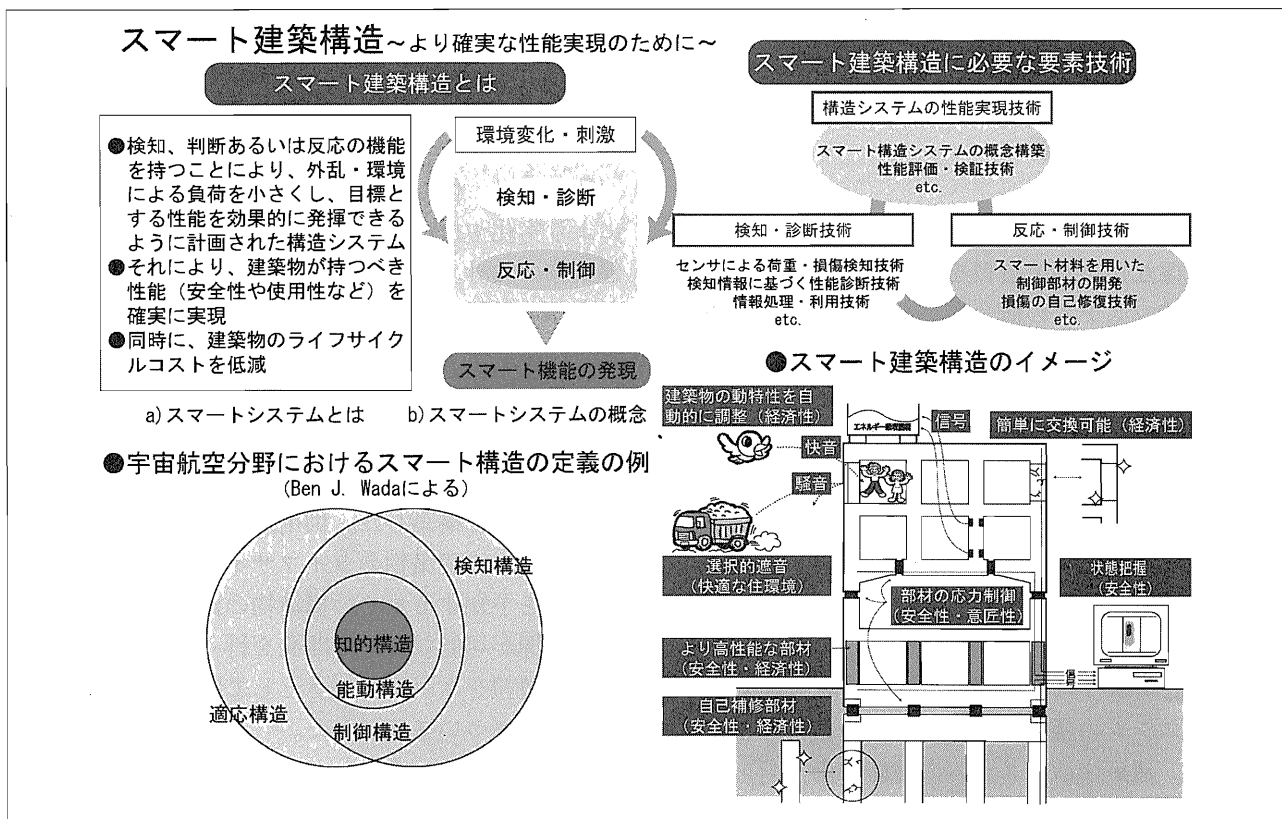


図-1 スマート建築構造の概念、要素技術とイメージ

表—1 研究の全体概要

| 年 度 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 |
|------------------|---|------|------|------|------|
| 高知能建築構造システムの概念構築 | 構造システムの概念の構築 ・構造システムの提案/性能評価 | | | | |
| 構造特性検知・診断技術の開発 | センサの特性把握 ・部材レベル実験/性能評価 ・検知・診断ガイドライン作成 | | | | |
| 高知能材料を用いた構造部材の開発 | 高知能材料の特性把握 ・部材レベル実験/性能評価 ・高知能材料利用ガイドライン作成 | | | | |
| 高知能建築構造システムの性能評価 | 性能評価ガイドライン作成 ・架構レベル実験/性能評価 | | | | |

要となる。

スマート建築構造システムは、新素材や新構造形式などの新しい技術を積極的に応用し、建築の構造体それ自身が外部から受ける影響（荷重、外乱など）に適応して安全性や使用性などの構造性能を効果的に確保しようとするものである。スマート建築構造の概念、要素技術とイメージを図—1に示す。

これにより、建築構造物をより合理的に設計し、建設・維持管理に関わる費用の低廉化を進め、将来にわたる持続可能性を確保することが期待される。その実現のためには、構造損傷を検知するセンサ技術、それに基づき構造性能を判断する診断技術、外乱などの影響を抑える制御技術など、各種の要素技術を総合した建築構造システムを開発する必要がある。

本報文では、1998年度から5年間かけて実施された日米共同構造実験研究「高知能建築構造システムの開発」^{1)~3)}の研究成果の概要^{4)~6)}を紹介する。

2. 研究の全体概要

研究期間の前半では、既往の研究の整理や材料、部材の特性把握などの基礎資料を蓄積するとともに、高知能建築構造システムの概念構築を行った。研究期間の後半では、具体的な構造システムの開発と大型実験による性能検証を行うとともに、性能評価ガイドラインや技術、材料・部材の利用ガイドラインを作成した。研究の全体概要を表—1に示す。

3. 構造システムに関する研究

検知・判断技術や反応・制御技術などの要素技術を応用して、どのような建築構造システムを実現するかというシステムの基本的な概念の構築を行うとともに、スマート建築構造システムの性能評価技術を開発した。

図—1中に示すスマート構造の概念の一例⁷⁾による

と、検知、判断、反応の機能を全て備えたものがスマート構造とされる。しかし、この概念を建築分野にそのまま適用すると範囲が限定されてしまうため、ここではスマート構造をもっと広く捉えて研究を進めた。

すなわち、スマート建築構造システムを、「検知・判断あるいは反応の機能を持つことにより、外乱・環境による負荷を小さくし、目標とする性能を効果的に発揮できるように計画された構造システム」と定義した。また、特別な材料や装置を用いずに従来とは異なる発想により高い性能を実現するように計画された構造システムも開発対象に含めた。

- ・自己適応構造システム
- ・損傷制御構造システム
- ・スマート簡易耐震補強システム

を研究対象とし、性能評価ガイドライン⁸⁾としてまとめた。

4. センサに関する研究

建築物は、供用期間中に経年、様々な外力、外乱等により劣化や損傷を受け、構造性能が低下していく。建築物の設計、施工から維持管理、補修などを含むライフサイクルコストを低減させる場合、建築物の構造健全性を監視（モニタリング）することが有効であり、構造物中の損傷の有無、位置、程度といったことを同定する必要がある。

ここでは、センサとプロセッサとを融合させたセンシング機構を構築した。供用期間中にその構造性能が低下していく建築物のライフサイクルコストの低減、危険性を予知するための構造物の健全性監視、構造性能の把握が可能な技術の開発を行った。また、多くのセンサ情報をネットワークとして融合し活用する技術のあり方について検討した。

- ・性能モニタリング
- ・スマートセンシング
- ・センサネットワーク

を研究対象とし、ヘルスマonitoring技術利用ガイドライン⁹⁾としてまとめた。

5. エフェクタに関する研究

エフェクタとは、外的な状況変化または外部信号により、その特性が変化し、構造体の変形に対応した作用を構造体に及ぼす材料・装置をいう。

スマート建築構造システムに用いられる構造要素には、想定される荷重・外乱に対して自律的に対応することが求められる。しかも、その機構は極力単純な形で実現されることが望ましい。そこで、以下のような構造要素の開発を目指した。

- ① 検知、判断、作用といった各種のスマート性が一体化された部材
 - ② より一層改良された特性（強度、靱性、使用性、耐久性など）を持つ部材
- ・形状記憶合金、
 - ・電気・磁気粘性流体、
 - ・圧電・磁歪素子、
 - ・セメント系複合材料
- を研究対象とし、利用ガイドライン¹⁰⁾としてまとめた。

6. スマート建築構造に関する技術の例

スマート建築構造に関して検討したシステム、要素技術の幾つかを以下に紹介する。

(1) 制振構造としてのロッキング構造システム

(a) ロッキング構造システムの特徴

強震時に、建築物に意図的にロッキング振動を誘発して浮上りを生じさせる構造システムを構築するこ

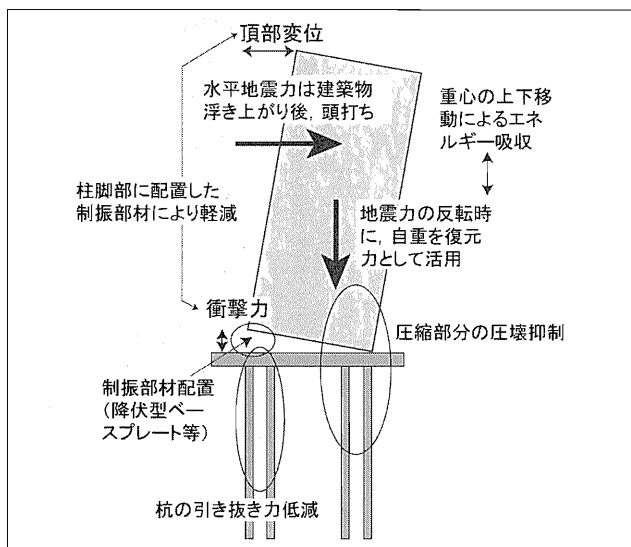


図-2 ロッキング構造システムの概念

とにより、その地震応答低減を図ることができる。

このシステムの特徴は、図-2に示すように、上部構造が塑性化する前に浮上りを生じさせて地震動入力を頭打ちとし、地震動入力の反転時には、建築物自体の自重を復元力として活用することにある。

(b) ロッキング構造システムの使い方

建築構造物は、特別な材料や装置を導入することで性能向上を図れるが、一方で、建設費の増大や、維持管理の煩雑さをもたらしがちである。地震動を考えた場合には、その比較的低い発生頻度と、起きた時の重大性を考えて、費用が極力安く、維持管理が容易で、かつロバスト性の高い単純なシステムにより、高い構造性能を実現することが望ましい。

ロッキング構造システムは、このような観点から、特別な材料や装置を用いることなく、従来とは異なる発想に基づいて構造システムの計画自体を工夫することにより、高い性能を実現することを目標として開発された。

これまで、ロッキング構造システムの地震時性能について、解析及び振動台実験¹¹⁾により検討した。その結果、基礎固定の構造物と比較して、建築物の各層せん断力を低減できること、さらに、ベースプレート降伏型の場合には、基礎固定の場合と比較しても、頂部の変形や着地時の1階柱の圧縮力が著しく増大することがないことなどが明らかになった。ベースプレート降伏型ロッキング構造システムの振動台実験結果を図-3に示す。

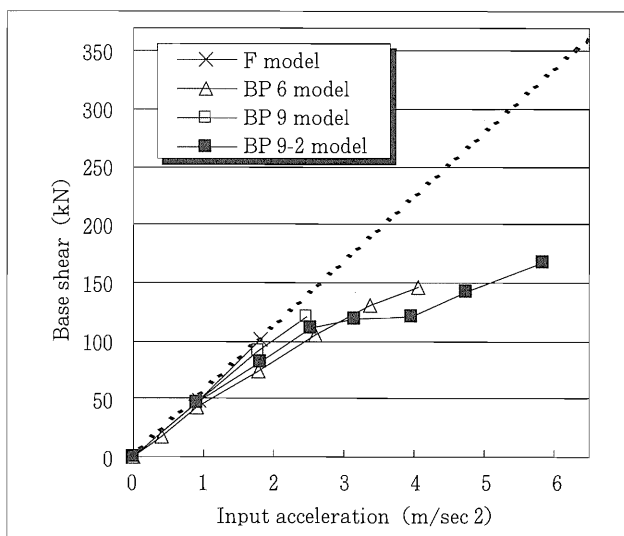


図-3 ベースプレート降伏型ロッキングシステム（縮尺 1/2、鉄骨造 3 層試験体）の大型振動台実験結果—ベースシア（base shear）と最大入力加速度の関係

(c) ロッキング構造システムの利点

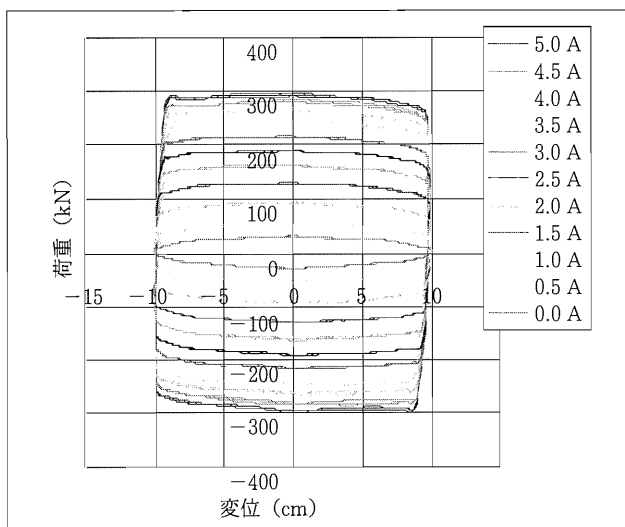
通常、建築物では、柱脚部を基礎に緊結することに

よって、過大な応力を生じる部位がある。例えば、塔状比が大きい建築物では、地震時に基礎杭の引抜き力が大きくなり、設計、施工上、特別な配慮が必要な場合がある。このような場合、このシステムを導入して柱脚部の浮上りを許容することで、ある部位の応力が過大になる前に、建築物への地震動入力を頭打ちとすることができ、構造設計の合理化が図れる。

(2) 磁気粘性流体を用いた特性可変ダンパ

(a) 磁気粘性流体の特徴

磁気粘性 (MR) 流体は、図—4 に示すように、磁界の作用によって、通常の粘性流体から粘性が大きく変化する。これを用いた可変 MR ダンパでは、電磁石によってその発生力を変化させることができる。



図—4 MR ダンパの特性

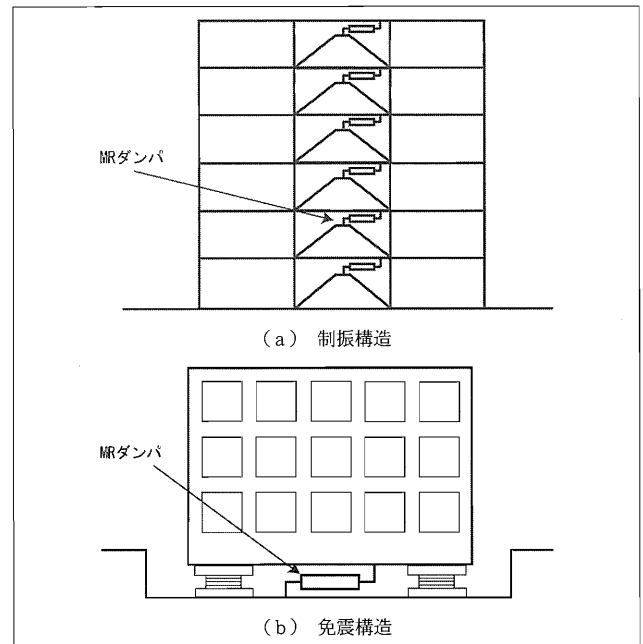
(b) 磁気粘性流体の使い方

可変 MR ダンパによって、建築構造物を高性能化するための検討^{12),13)}を行い、地震、風等の外乱に対して、また常時の使用性能について、構造物を効率的に制御できる可能性を示した。また、図—5 に示すような制振構造や免震構造への応用を検討した。

(c) 磁気粘性流体を用いた制振技術

近年、免震構造やパッシブ制振構造が普及しつつあるが、これらの構造において、減衰効果高めると、応答変位は低減されるが、応答加速度が増幅される場合があり、最適な制御効果が得られる範囲が限定される。

これに対して、MR ダンパによるセミアクティブ制振構造では、その減衰特性を可変とすることで、様々な周波数特性と大きさを持つ外乱に対して減衰効果を発揮できる。



図—5 MR ダンパの建築物への応用

また、MR ダンパは、電磁石の電流値によって荷重が支配され、速度依存性が小さいので、構造物の応答速度の変化にあまり影響されず、電磁弁等によって減衰特性を可変としたオイルダンパよりも、意図通りの減衰特性を与えることができる。

(d) MR ダンパの適用例

2001年に完成した日本科学未来館においては、居住性向上のために2基のMR ダンパ(写真—1、写真—2 a、2 b)が使われている。また、免震構造の鉄筋コンクリート (RC) 造4階建て集合住宅に使われた例を写真—2 に示す。



写真—1 制振用 MR ダンパ (東京・日本科学未来館, 神戸大・藤谷秀雄氏提供)



(a) RC造4階建て免震構造

(b) 免震用MRダンパ

写真-2 免震構造のMRダンパ実施例 (神戸大・藤谷秀雄氏提供)

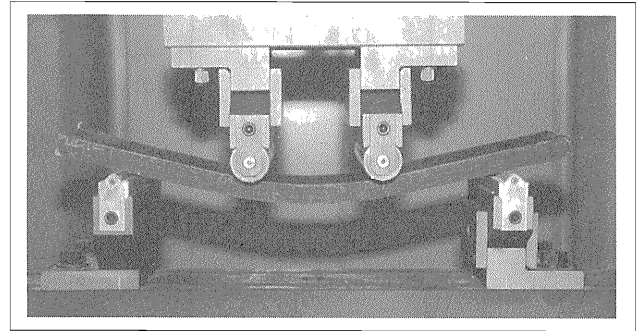


写真-3 高靱性繊維補強セメント複合材料 (DFRCC)

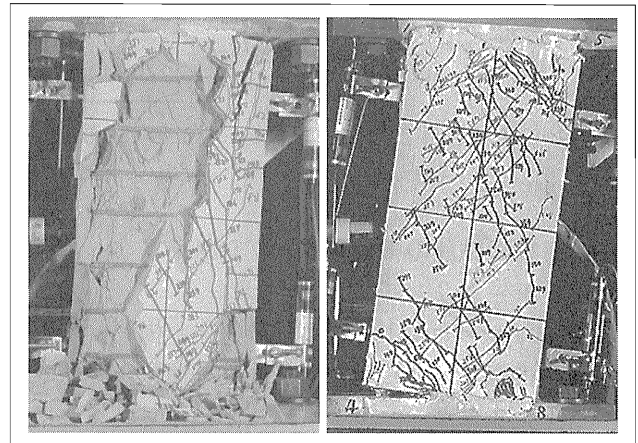


写真-4 DFRCC制振部材の静的加力実験結果

(3) 損傷制御のためのセメント系制振部材

(a) セメント系制振部材の特徴

高い剛性、強度、靱性、自由な成形性、形状・配筋・材料による特性の選択性、安価といった特徴を有するセメント系制振部材により、構造物の応答を低減し、構造要素や非構造部材の損傷を低減する。この制振部材は、例えば図-6のような壁部材で、鉄筋と高靱性繊維補強セメント複合材料 (DFRCC、写真-3) より構成される部材 (写真-4) である。

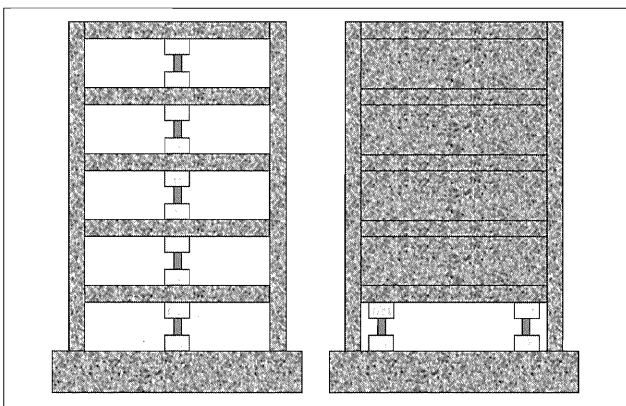


図-6 セメント系制振部材

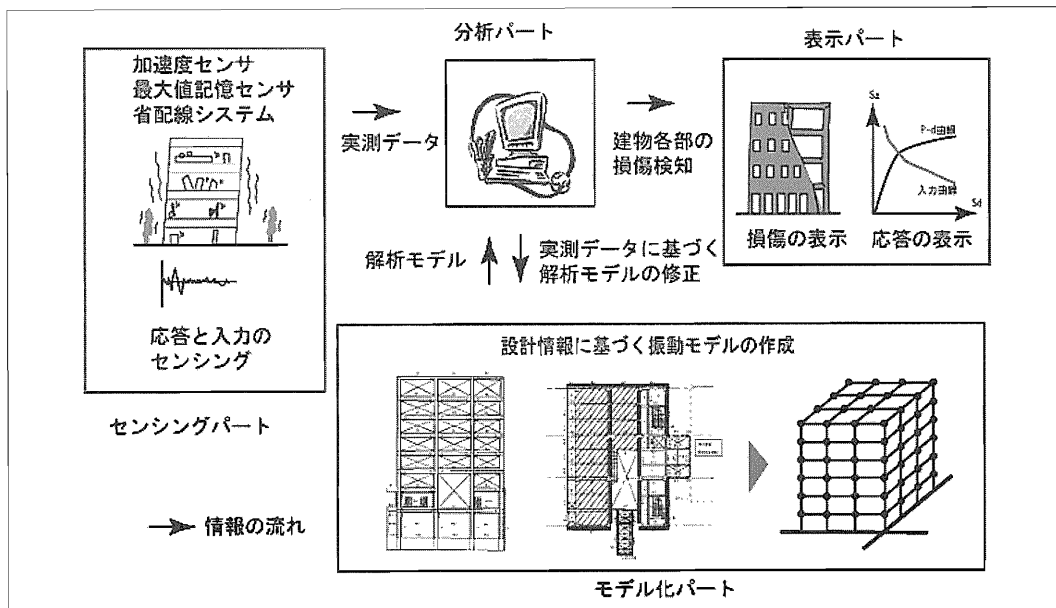
(b) セメント系制振部材の使い方

建築物の長寿命化は、省エネルギーや廃棄物の削減といった地球環境問題の観点から緊急に解決すべき課題であり、それを実現するためには、構造物としての耐久性の根本的な改善が不可欠となる。さらに、耐用年限中に遭遇する大地震などの外乱に対しても、損傷・劣化を適切に制御・防止し、地震後も容易な補修で建築物の長年にわたる継続使用を保証するような技術開発も求められる。

一方、損傷制御に有効な制振部材は、従来の適用建築物ではある程度十分なエネルギー吸収効果が得られているが、この特性は剛性が大きく限界変形が比較的小さなRC造建築物には必ずしも適していない。

(c) セメント系制振部材を使用する利点

セメント系制振部材は、高い剛性、強度と靱性を兼ね備えた部材で、小さな変形から効率的にエネルギー吸収を行うため、剛性の大きなRC造建築物の応答制御^{14),15)}に適している。しかも、制振部材の剛性や耐力は、その形状や配筋およびセメント複合材料の材料設計により容易に変えられ、自由な成形性を有するので、特性や形状が個々の構造物に適した制振部材を得られる。



図一 実建物に設置したモニタリングシステム

(4) 構造性能のモニタリングシステム

(a) モニタリングシステムとは

設置したセンサによる建築物の劣化、損傷検知と損傷程度の推定¹⁶⁾はもとより、構造設計情報から作成した解析モデルとセンサによる情報を融合し、建築物の局所的な損傷とその程度を効率的に推定する技術を組んだシステムである。

(b) モニタリングシステムの使い方

建築物の局所的な損傷まで把握するためには、センサを建築物の随所に設置する必要がある。この技術では、少ないセンサによって、建築物の劣化、損傷の有無を判断する第1段階の損傷検知システム、必要により、劣化、損傷の種類に応じたセンサによって局所的な損傷を詳細に検知する第2段階の損傷検知システムを考える。

第2段階の損傷検知システムでは、安価で高性能なセンサと計測技術を用いる。さらに、設計情報により作成した解析モデルとセンサから得られる建築物の入出力情報をもとに、解析モデルをより正確なものに修正し、センサが設置されていない部位についても損傷を追跡可能な、検知と解析の並列システムを採用する。

(c) モニタリングシステムを使用する利点

この技術は、日常的に建築物の健全性を監視する。例えば、経年による構造性能の劣化や、地震時の損傷、そして地震後の余震に対する安全性を即座に把握して危険であれば居住者に警告を発するなど、居住者の安全な生活、活動を確保する。また、この技術により、性能に基づいた効率的な維持管理が可能となり、ライフサイクルコストの低減を期待できる。

(d) モニタリングシステムの適用例

実在する鉄骨鉄筋コンクリート造8階建物を用いて上記システムを試行している。全体のシステム概要を図一7に示す。システムは

- ・検知部
- ・解析部
- ・分析部
- ・表示部

よりなる。

検知部は各所に配置された加速度センサ、最大値記憶型センサなどで構成され、地震時には入力と応答の情報を出力する。解析部では振動解析モデルを作成して分析部へ情報を提供する。分析部では実測情報を解析モデルに入力し、得られた応答と実際の応答を比較することにより、モデルの修正を行う。修正されたモデルと実測データを用いて各部の損傷を推定し、表示部で結果を表示する。

7. ま と め

建築物の構造性能向上技術の将来として、1998年度から5年間行われた日米共同構造実験研究「高知能建築構造システムの開発」で得られた研究の概要を紹介した。

これまでの建築構造設計は、主に想定される設計荷重、外力に対して所定の仕様を満足するというものだったが、今後は、性能を基本とする設計概念の普及に伴い、単に設計の仕様を満足するだけでなく、目標とする性能に対して如何に確実に性能を実現するかとい

う観点が重要になる。

スマート建築構造システムは、その要求に高い水準で応えることを可能とする新しい技術であると期待される。

今後、実用化に向けた研究と、より一層の合理化を目指す必要がある。

J C M A

《参考文献》

- 1) 小谷俊介, 他: 高知能建築構造システムに関する日米共同構造実験研究 (その1~その7), 日本建築学会大会学術講演梗概集, B-2 構造 II, pp. 519-532, 1999年9月
- 2) Otani, S., Hiraishi, H., Midorikawa, M. and Teshigawara, M.: Research and Development of Smart Structural Systems, Proc. of the 12th World Conference on Earthquake Engineering, New Zealand, Paper ID 2307, Jan., 2000
- 3) 緑川光正: 日米共同研究「高知能建築構造システムの開発」, 第49回理論応用力学講演会講演論文集, pp. 167-172, 2000年1月
- 4) Otani, S., et al.: Research and Development in the U.S.-Japan Cooperative Structural Testing Research Program on Smart Structural Systems, Proc. of the 35th Joint Meeting of U.S.-Japan Panel on Wind and Seismic Effects UJNR, Tsukuba, Japan, pp. 155-184, May, 2003
- 5) 建築研究所, (財) 日本建築センター: 日米共同構造実験研究「高知能建築構造システムの開発」平成10~14年度報告集概要集, 1999年3月~2003年3月
- 6) 建築研究所 HP の研究トピックス, <http://www.kenken.go.jp/english/contents/topics/structural/intelligence/main.htm>
- 7) Wada, B. K., Fanson, J. L. and Crawly, E. F.: Adaptive Structures, *J. Intelligent Material Systems & Structures*, 1-1, pp. 157-174, 1990
- 8) 日米共同構造実験研究「高知能建築構造システムの開発」技術調整委員会・システム部会・(独) 建築研究所・国土交通省国土技術政策総合研究所・(財) 日本建築センター: スマート建築構造システムの性能評価ガイドライン, 2003年3月
- 9) 日米共同構造実験研究「高知能建築構造システムの開発」技術調整委員会・センサー部会・(独) 建築研究所・国土交通省国土技術政策総合研究所・(財) 日本建築センター: ヘルスマonitoring技術利用ガイドライン, 2003年3月
- 10) 日米共同構造実験研究「高知能建築構造システムの開発」技術調整委員会・エフェクター部会・(独) 建築研究所・国土交通省国土技術政策総合研究所・(財) 日本建築センター: エフェクターに関する利用ガイドライン, 2003年3月
- 11) 緑川光正・小豆畑達哉・石原直・和田章: 地震応答低減のためベースプレートを浮き上がり降伏させた鉄骨架構の動的挙動, 日本建築学会構造系論文集, 第572号, pp. 97-104, 2003年10月
- 12) 樋渡健・塩崎洋一・藤谷秀雄・曾田五月也: 最適レギュレータ理論を用いたMRダンパーによるセミアクティブ免震, 日本建築学会構造系論文集, 第567号, pp. 47-54, 2003年5月
- 13) 塩崎洋一・樋渡健・藤谷秀雄・曾田五月也: MRダンパーを用いた免震構造物の簡易なセミアクティブ制御に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, 第570号, pp. 37-43, 2003年8月
- 14) 福山洋・倉本洋: スマートコンクリート—高じん性コンクリート—, *コンクリート工学*, Vol. 39, No. 1, pp. 104-109, 2001年1月
- 15) 藤原徳郎・松崎育弘・磯雅人・福山洋: 高靱性型セメント系複合材料を用いたデバイスの構造性能に関する実験的研究, *コンクリート工学年次論文集*, Vol. 23, No. 3, pp. 145-150, 2001年
- 16) 濱本卓司・森田高市・勅使川原正臣: 複数モードの固有振動数変化を用いた多層建築物の層損傷検出, 日本建築学会構造系論文集, 第560号, pp. 93-100, 2002年10月

【筆者紹介】

緑川 光正 (みどりかわ みつまさ)
独立行政法人建築研究所
研究専門役



大深度地下空間を拓く 建設機械と施工技術

最近の大深度空間施工技術について取りまとめました。

主な内容は鉛直掘削工, 単円水平掘削工, 複心円水平掘削工, 曲線掘削工等の実施例を解説, 分類, 整理したものです。

工事の調査, 計画, 施工管理にご利用ください。

定価 2,310円 (本体2,200円) 送料500円

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 (機械振興会館) Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289

4 足歩行型法面作業ロボット TITAN XI の開発

福田 靖・広瀬 茂男・岡本 俊仁

山間地の多い日本では、線路や道路を通すため、山の側面を削ってコンクリートフレーム、ロックボルトなどで法面（斜面）を形成する工事が多く行われている。しかし、このような工事はほとんど人手で行われ、作業効率が悪いうえ、多大なコストと時間を要し、しかも、人が滑落する危険があるため、従来から法面形成工事の自動化が強く望まれていた。

そこで、筆者らは、法面形成工事の自動化を目指して、コンクリートフレームがある法面上を歩行し、ロックボルト用の削孔作業を行う4足歩行型法面作業ロボット TITAN XI を開発している。このロボットは、脚を含めた全長が最大約 10 m、重量が約 6,000 kg という巨大なロボットで、歩行のための油圧式の4つの脚、本体をワイヤで牽引するためのウインチ、ロックボルト削孔のための削孔装置を搭載している。法面の地図を参照しながら、コンクリートフレームのエッジ近傍を避けた場所に脚の着地点を選択し、「間歇クローラ歩容」と呼ぶ安定性の高い歩容（歩き方）で歩行する。そして、コンクリートフレームの格子点に4脚を用いて削孔装置の先端の位置を合わせて削孔作業を行う。

現在、試作モデルがほぼ完成し、地上での基礎的な歩行実験により、全体システム、脚機構、制御システムなどの基本性能を検証している。

キーワード：法面、コンクリートフレーム、4足歩行ロボット、削孔、ワイヤ、油圧、無足場ロックボルト工法

1. はじめに

山間地の多い日本では、線路や道路を通すため、山の側面を削って法面を形成する工事が頻繁に行われている。一般に、これらの法面では、崖崩れを防止するため、鉄筋コンクリートフレームを設置し、さらに、ロックボルト、永久アンカーボルトを用いてフレームを岩盤に固定する工事が行われる。従来、これらの工事は写真—1（上）に示すように大規模な工事であるにも関わらず、ほとんど人手で行われていた。極めて作業効率が悪く、多大なコストと時間を要し、しかも、人やクレーンや削孔装置などの機器の滑落などの危険性があるため、従来から法面形成工事の自動化が強く望まれていた。

そこで、東京工業大学では、法面作業の自動化を実現するにはワイヤで支持された4足歩行ロボット形態が最適であることを指摘し、TITAN VII¹⁾ と呼ぶ歩行ロボットに関する研究を行ってきた。ワイヤ牽引式4足歩行ロボットは以下の特徴を持つ。

- ① 脚を用いることにより離散的な接地点で自重支持できるため、コンクリートフレームを破壊する

こと無く全方向移動ができる。

- ② 静歩行を行う多脚式ロボットの中でも4脚構成は最も簡潔な機構構成であり、ロボット本体を軽量化しやすい。
- ③ ワイヤにより支持することで自重補償し、滑落などの危険を防止できる。
- ④ 静止して作業する時に脚を制御することにより、安定した多自由度プラットフォームになり高度の作業性を得られる。

また、大昌建設株式会社では、写真—1（下）に示す削孔専用の無足場削孔機を開発、実用化し、クローラや車輪によって法面上を移動し、削孔機によってロックボルト用の深い穴を掘るという作業の自動化を行ってきた。この建設機械を用いた工法は「無足場ロックボルト工法」²⁾ と呼ばれ、削孔専用の無足場削孔機と斜面上部の推定崩落線上より奥に設置されたアンカーをワイヤで確実に固定し、無足場並びにラジコンによる遠隔操作で作業を行う工法である。

この工法により、高所法面、急斜面、ダム工事現場などで足場を組立てなくてもロックボルト施工を迅速かつ安全に行うことが可能である。仮設足場の組立て、解体の作業が全くなくなるので、大幅な工期短縮、省

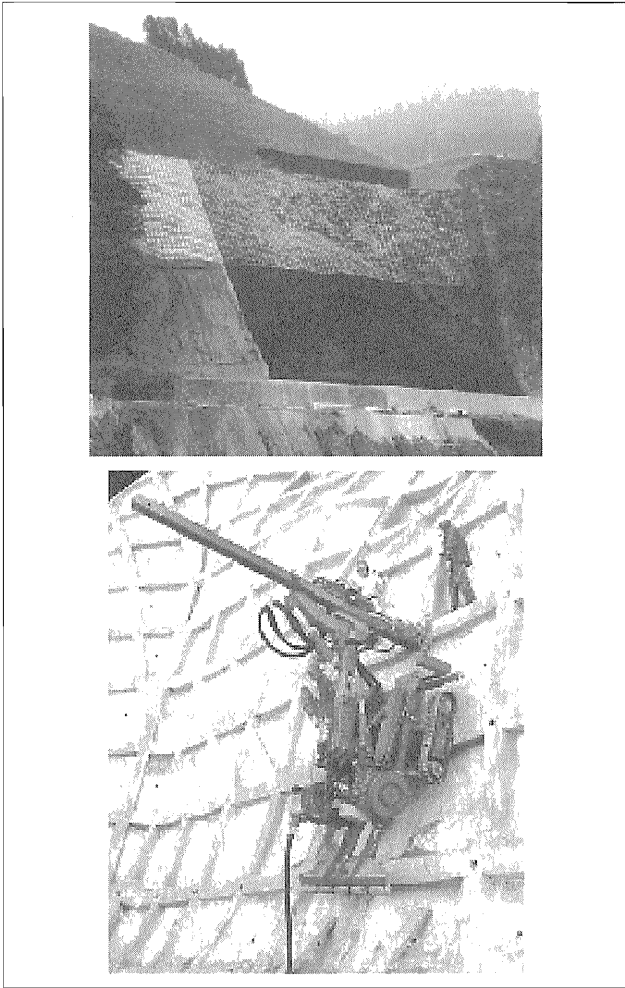


写真-1 従来の法面工事

力化が可能で、しかも、高所の垂直斜面はもちろん、オーバーハングの斜面でも、登降坂でき、任意の場所に削孔出来るという長所を持つ。

一方、無足場ロックボルト工法は、法面が比較的水平な場合には適用しやすいが、凹凸のある斜面、段差のある斜面、コンクリートフレームが複雑な形状をしている斜面等では適用難しいという問題があった。このような法面では、クローラや車輪型車両では、自在に動き回ることができず、コンクリートフレームを破損させやすい。

さらに、屋外で作業を行う脚式歩行ロボットとしては、米国オハイオ州立大学の6足油圧式歩行ロボットASV³⁾、Plustech社の林業用6足油圧式歩行ロボットThe Walking Forest Machine⁴⁾、米国カーネギーメロン大学の惑星探査ローバー用6足歩行ロボットAmbler⁵⁾などが研究開発されている。

しかし、脚式歩行ロボットが産業界で実用的に活用されている例はほとんど無く、多くのロボットが研究段階に留まっている。

そこで、4足歩行型法面作業用ロボットTITAN XI

の開発においては、これまで研究開発してきたワイヤ牽引式4足歩行ロボットTITAN VIIの移動技術、及び「無足場ロックボルト工法」による削孔専用無足場削孔機の油圧制御、ワイヤ牽引、削孔などの技術をベースとして、複雑な形状をした法面の歩行及び削孔作業を行う実用的な歩行ロボットの実現を目標としている。

2. 4足歩行型法面作業ロボットTITAN XIの設計

(1) システム・コンセプト

TITAN XIが行う作業は、下記の通りである。

- ① コンクリートフレーム構造の法面上で自動的に環境を認識し、4本の脚で移動し、削孔装置を所定の位置まで安全に運搬する。
- ② 脚を使用して削孔装置の姿勢を制御し、ロックボルトを設置するため削孔作業を行う。
- ③ 地上から法面、法面から地面へ、歩行動作にて自動的に乗り移る。

TITAN XIは1日に約20個の穴を開けることを目標としており、そのためには、設置されているコンクリートフレームの規格から50m前後歩行することが必要とされる。

このような要求に応えるため検討したTITAN XIのシステム・コンセプトを図-1に示す。

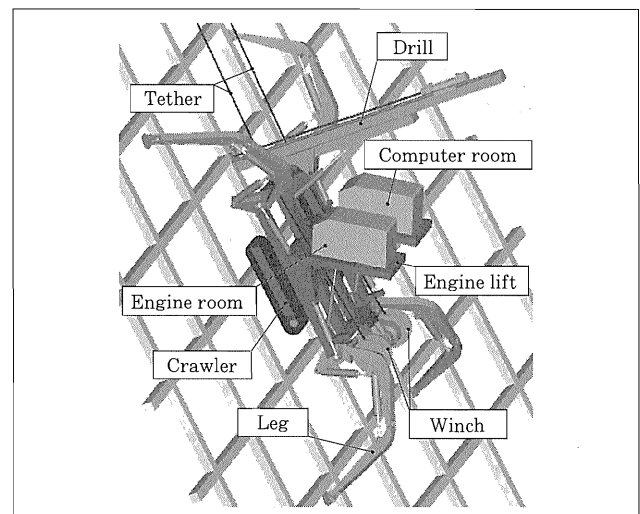


図-1 TITAN XIの概念図

TITAN XIには移動のための4脚機構とクローラを装備し、クローラで地面上の移動と運搬車からの乗降を行い、脚機構で法面上を移動する。脚機構は油圧式で、各脚3自由度、合計12自由度を持つ。

本体の自重を支持するため、斜面の上方でワイヤにて支持し、本体搭載のウインチを回転させて、ワイヤの長さを変える。本体にはエンジンを搭載し、焼付け

を防止するためエンジンリフト機構で、エンジンを水平に維持する。また、ロックボルト削孔作業のための削孔装置を搭載する。

また、TITAN XI による法面工事は図-2 に示すように以下の手順で行う。

- ① 工事現場近くまで、搬送トラックにより輸送される。

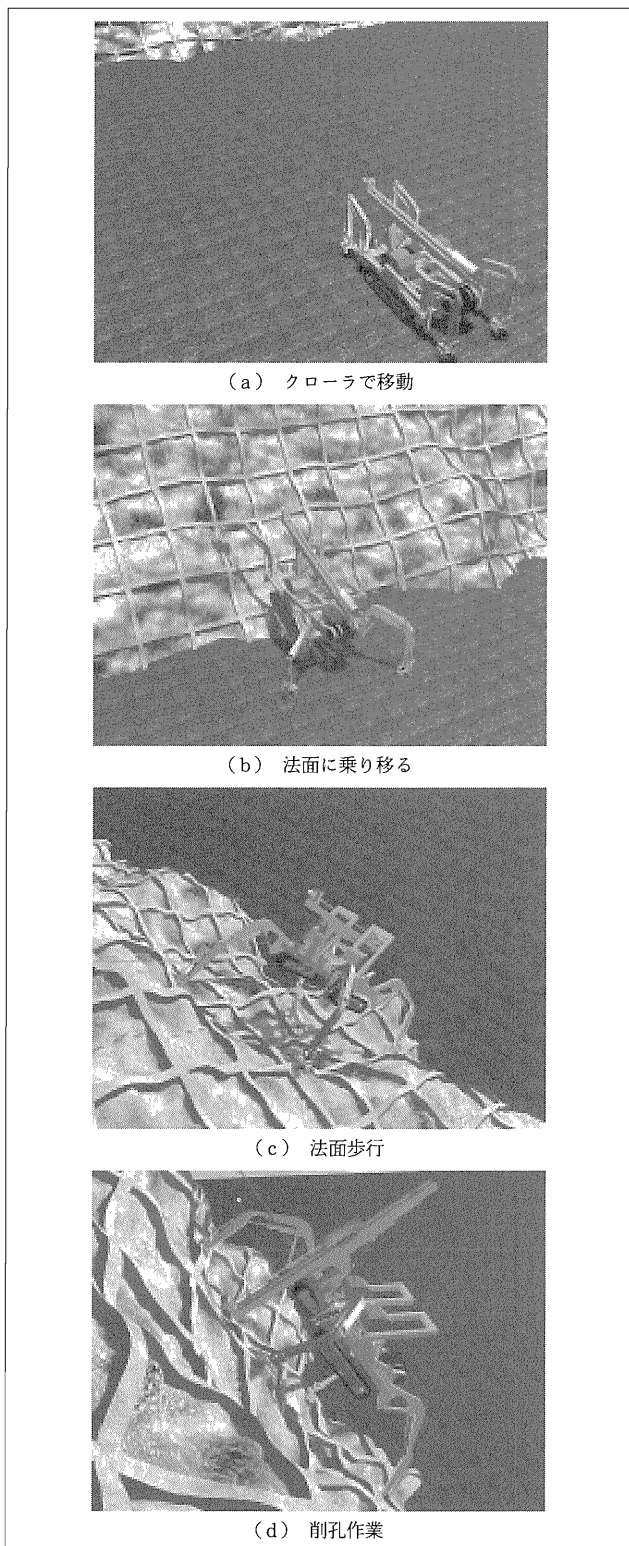


図-2 TITAN XI による法面工事

- ② 補助クローラにより搬送トラックから降車し、工事現場である法面の近くまで整地をクローラで移動する。
- ③ 法面に近づいたら、法面上方で吊った2本のワイヤで本体を支持する。
- ④ ワイヤで本体を支持しながら、平地から法面に乗り移る。
- ⑤ 法面を歩行し、削孔装置を工事地点（主にコンクリートフレームの交差点）まで運ぶ。
- ⑥ 削孔機の姿勢を脚で調整し、削孔する。
- ⑦ ⑤、⑥を繰り返す。

(2) システム構成

TITAN XI システムは以下に示す各要素により構成される。

- ・油圧系、電気系（コントローラ）、動力系（エンジン）などを搭載した本体
- ・法面での歩行のための4つの脚
- ・地上での走行及び搬送用トラックからの昇降のための補助移動クローラ
- ・牽引補助ワイヤを巻取るためのウインチ
- ・ロックボルト用の削孔のための削孔装置
- ・エンジンを水平に保つエンジンリフト

TITAN XI は急な法面を登坂するため、牽引補助用ワイヤで本体を支持し、ロボット本体の落下を防止するとともに、斜面における脚出力を低減することとした。ワイヤで牽引することにより、ロボット本体にかかる見掛けの重力は実際のものより小さくなり、ロボットの本体の見掛けの質量は軽くなる。

基本的に、現場作業者がラジオコントローラ（送信機）を操作してロボットを運転できるように構成した。すなわち、操作者がラジオコントローラ（送信機）のジョイスティック、スイッチなどによって、歩行や削孔作業、緊急時の直接制御などの命令を送る。TITAN XI はロボット本体搭載のボード・コンピュータでその命令信号を受信、処理し、ロボットの各部を協調的に制御する。

3. 4足歩行ロボットの基準歩容

歩行ロボットの歩容（歩き方）には、下記の2つがある⁹⁾。

① 基準歩容

平坦地において歩行する場合に取るべき、移動効率と安定性の良いリズムカルな歩行。

② 適応歩容

荒地において、安定性を保ちながら、安全な足場を見つけ障害物を回避するなどのようにして選択される、荒地に適応した歩行。

自然環境での移動を前提とする場合、基準歩容のみしかとれないのでは、安定な歩行を持続できない。そこで、TITAN XIでは、常時地図を参照しながら対地適応的な適応歩行を行い、地形が許す限りの範囲で基準歩容への収束を図る「基準収束型適応歩容」を用いることとする。

(1) 間歇クロール歩容を基にした基準歩容

TITAN XIは本体重量が大きく、斜面での安定性を確保する必要があるため、基準歩容としては、本体推進時には必ず4脚支持状態にて行う「間歇クロール歩容」⁷⁾を用いることとした。

図-3(b)に示すように、間歇クロール歩容の動作シーケンスは、「左後脚→左前脚→胴体推進→右後脚→右前脚→胴体推進」の順であり、以下の特徴を持つ。

- ① 4脚支持状態で本体推進を行う。
- ② 脚は、復帰動作→本体推進動作→本体推進動作というサイクルを繰り返す。
- ③ 1サイクルの脚軌跡を上方より見ると、三角形

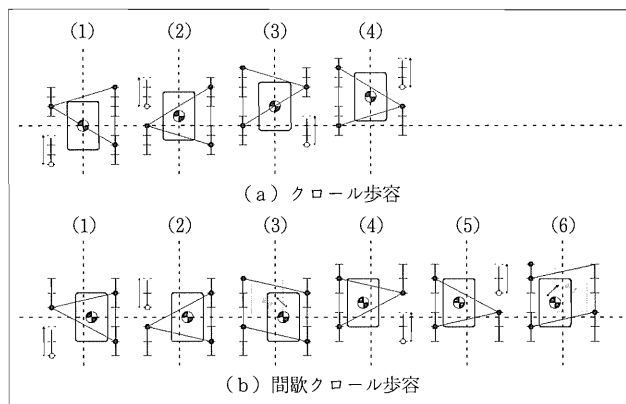


図-3 間歇クロール歩容

を形成する。

図-3(a)に示すクロール歩容と比較すると、間歇クロール歩容では左右への本体揺動により、特に後脚の復帰時の安定性が増している。

図-4に、間歇クロール歩容のタイム・チャートを示す。通常は、揺動無しの間歇クロール歩容にて歩行し、安定性を向上する場合、揺動有りの間歇クロール歩容に切替える。

(2) 基準歩容による脚の仕様検討

(a) 脚の可動範囲

TITAN XIが歩行の対象とする法面には、主として、格子状フレームの格子間隔が2m、幅、高さが共に0.3mの規格のコンクリートフレームが設置されている。したがって、TITAN XIはこのようなコンクリートフレームを跨ぎながら歩行する必要がある。また、山の斜面が凹凸や段差等で複雑な部分ではこの規格外の部分があり、このようなコンクリートフレームにも対応する必要がある。

これらの基準歩容時の条件と適応歩容を行うことを想定し、TITAN XIの脚の最低の可動範囲は、ストロークは水平方向に2m程度、高さ方向に1m程度、旋回角度90deg程度を設計の目標に設定した。

(b) 脚の出力

4足歩行ロボットが平地を歩行する際、支持脚対角線上を本体が横切る状態があり、自重の半分以上を支持する必要がある。今回想定しているTITAN XIの質量は6,000~7,000kg程度を目標としているので、一脚で出力30kN以上発生できることが必要である。

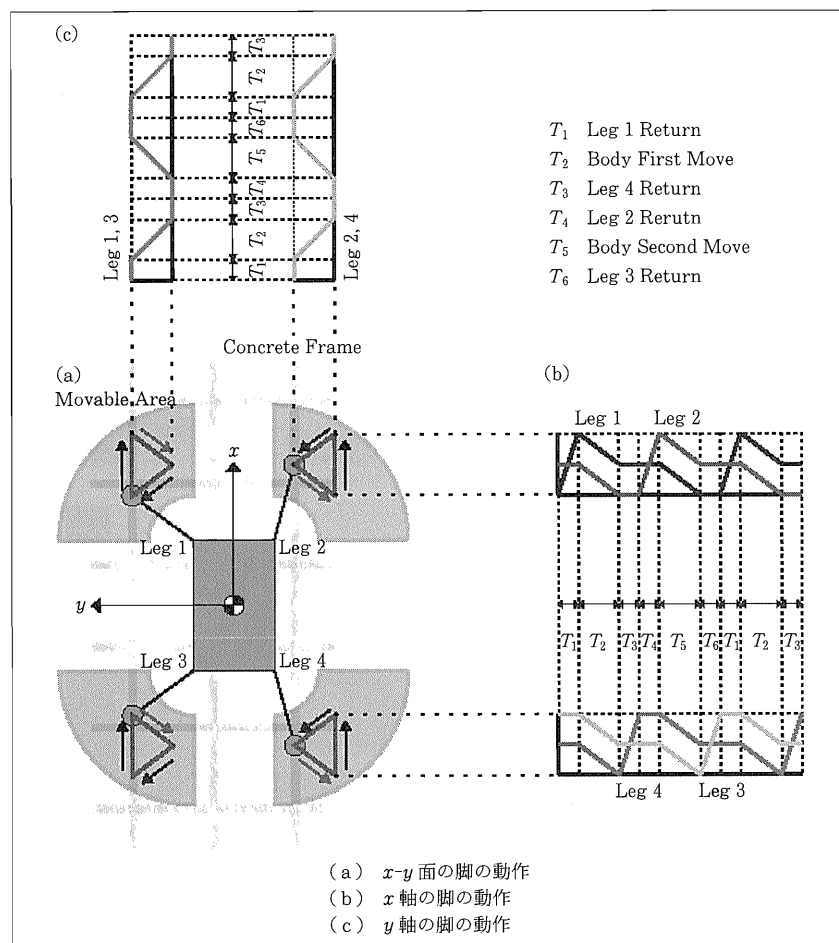
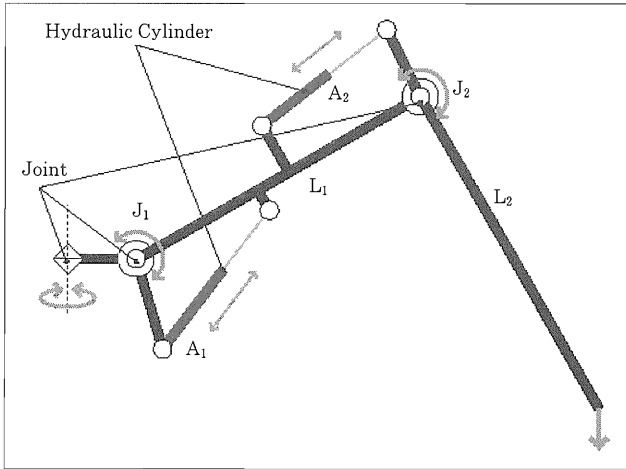


図-4 間歇クロール歩容のタイム・チャート

4. 脚機構の設計

TITAN XI の脚機構として、初期にはコスト削減や開発期間の短縮、信頼性を考慮し、図一5 に示す市販のバックホウを使用することを計画した。



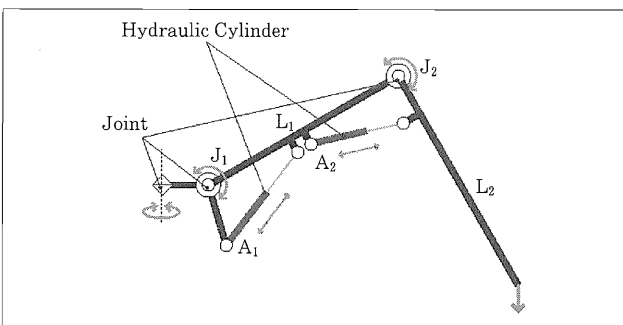
図一5 バックホウによる脚機構

しかし、バックホウでは想定している歩行に対して可動範囲と先端での出力が不足しており、新たに脚機構を設計することとした。

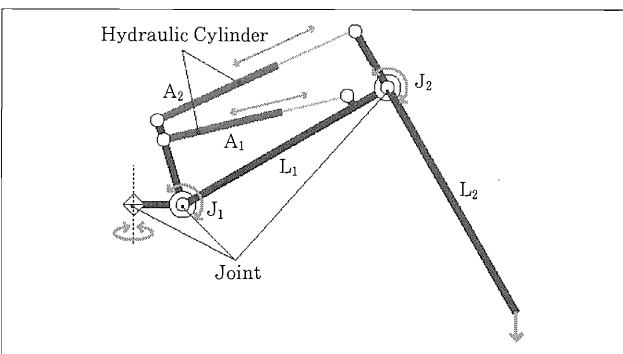
新たな脚機構として、次の二つの方式の脚機構を検討する。

① 第1の脚機構

バックホウを改造した脚機構(図一6, 写真一2(a))。



図一6 バックホウを改造した脚機構



図一7 干渉駆動を用いた脚機構

② 第2の脚機構

干渉駆動を用いた脚機構(図一7, 写真一2(b))。

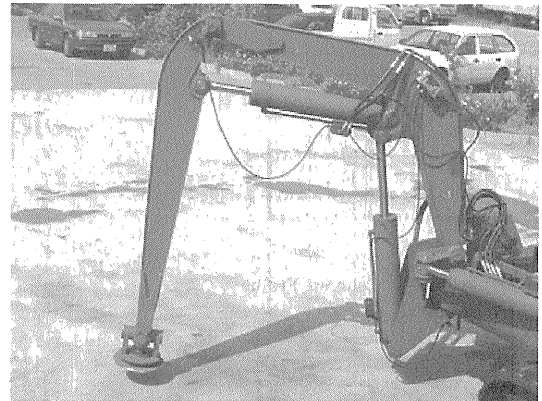
(1) 第1の脚機構

第1の脚機構は、必要な支持力と可動範囲を実現可能なように、バックホウの寸法とアクチュエータの特性を最適化した脚機構である。通常バックホウとは異なりリンクの同じ側に油圧シリンダを配置することにより、胴体の近傍に脚を着地した時(脚を折畳んだ時)ほど大きな力を発生させる設計とした。

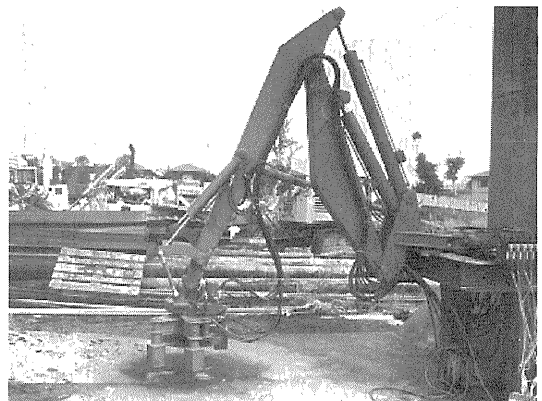
表一に示すように、第1の脚機構では、歩行に必要と想定される可動範囲内で自重の半分程度を支持可能で、脚のストロークも水平方向に約2.0m、垂直方向に約1.0mあり、想定している脚への最低限の性能を満たせることが確認できた。また、軽量に設計できたため遊脚時の重心変動も少なく、歩容を計画しやすい。

表一 脚機構の仕様比較

| 仕 様 | バックホウを改造した脚機構 | 干渉駆動を用いた脚機構 |
|----------------|---------------|---------------|
| 質 量 (kg) | 480.0 | 970.0 |
| 長 さ (m) | 3.7 | 3.8 |
| ストローク (水平) (m) | 2.0 (1.0~3.0) | 3.0 (0.5~3.5) |
| ストローク (垂直) (m) | 1.0 (1.0~2.0) | 1.5 (0.5~2.0) |
| 出 力 (kN) | 30.0 | 40.0 |



(a) バックホウを改造した脚機構



(b) 干渉駆動を用いた脚機構

写真一2 開発した脚機構

(2) 第2の脚機構

第2の脚機構は、干渉駆動⁸⁾を導入した機構である。干渉駆動とは、複数のアクチュエータを相互に積極的に干渉させ、機構を構成するアクチュエータ群全体から必要とする出力を可能な限り分散して生成するように機構を設計し、全体として効率化、軽量化を図ろうとする駆動方式である。市販のバックホウでは、関節 J_1 と関節 J_2 に独立の直動駆動系 A_1 、 A_2 が備えられ、各々が各関節を独立に駆動する (図-5)。

これに対し、干渉駆動型脚機構は、関節 J_1 はバックホウと同様に A_1 のみで駆動するが、関節 J_2 に関しては A_1 、 A_2 により駆動する構造となっている (図-7)。一つの直動駆動系 A_2 が両関節にトルクを生成できることになり、直動駆動系の力が干渉され、脚先で大きな支持力を生成可能である。

表-1 に示すように、主に歩行で用いる胴体よりも低い可動範囲の大部分で出力が約 40 kN、脚のストロークが水平方向に約 3.0 m、垂直方向に約 1.5 m となるなどバックホウよりも可動範囲、出力共に大きくできる。

しかし、干渉駆動を可能にするためアクチュエータに長い動作ストロークと大出力に耐える脚機構が必要となり、重量が増大した。

(3) 脚機構の選定

二つの脚機構を比較検討した結果、以下に示す理由により第1のバックホウを改造した脚機構を採用することとした。

- ① 作業環境が法面という高所であるため、ロボットは可能な限り軽量なことが望ましい。
- ② 地面から法面へと滑らかに乗り移る動作があり、上方の可動範囲が広い方が望ましい。
- ③ 万が一システムが故障した時、脚を人間が自ら操縦することが望ましいため、手動制御が簡単な方が良い。
- ④ 法面上でワイヤにより牽引されるので見かけ上の重量が減少するため、法面での歩行では脚の支持力が多少低くても問題とはならない。
- ⑤ 実用化には、製作が容易で価格が安いことが求められる。

5. TITAN XI 試作モデル

(1) TITAN XI の仕様

以上の検討の結果を踏まえて、写真-3 に示す TITAN XI の試験モデルを製作した。TITAN XI の

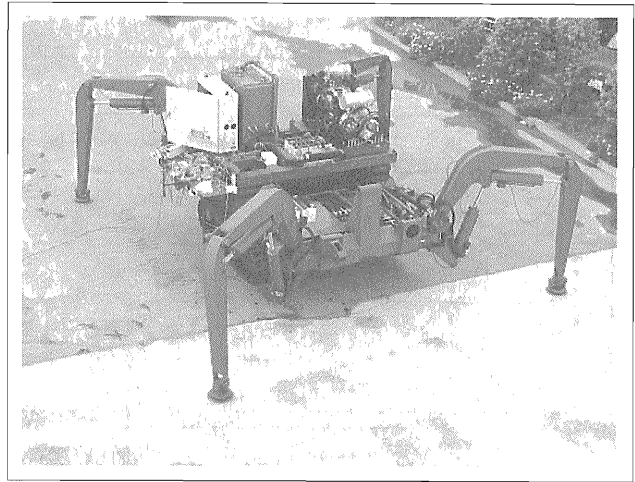


写真-3 TITAN XI 試作機

表-2 TITAN XI の仕様

| | |
|---------|------------------|
| 寸法 (m) | 4.8×5.0×2.0 |
| 質量 (kg) | 5,500 (ドリルを含まない) |
| 出力 (PS) | 54 |

仕様を表-2 に示す。

TITAN XI は主に厚さ 12 mm の一般構造用の圧延鋼材である SS 400 で製作した。脚は本体の四隅に設置し、脚の旋回軸については、平地や法面において過大な荷重は加わらないので、可動範囲が大きくなるようにした。

本体の中央は削孔機、後部にワイヤを巻取るためのウインチを設け、胴体左部にはエンジン、胴体右部には計算機等の電装系を設置した。

また、環境を認識するための自己位置、姿勢測位システムと姿勢を計測するための傾斜計を備え付けて、本体の位置、姿勢を計測する。

(2) 油圧駆動システム

バックホウの油圧シリンダに使われている比例制御弁はゼロ点付近に不感帯があり、また、制御応答が遅く、サーボ制御が困難である。したがって、通常高精度なサーボ制御が必要とされる産業用ロボットではサーボ弁が使用される。しかし、サーボ弁は高価であり作動油の汚れに弱い。

TITAN XI は屋外で移動し、しかも削孔作業の際、粉塵が飛散する。また、脚機構には多くの油圧シリンダを用いる。さらに、脚を望みの場所に着地するためには、ある程度の制御精度が必要である。

そこで、TITAN XI では比例制御弁を採用し、比例制御弁の不感帯を市販されている弁コントローラ (ゲイン調整、出力オフセット、ディザ周波数調整) を改善する油圧制御システムを構成した (図-8)。

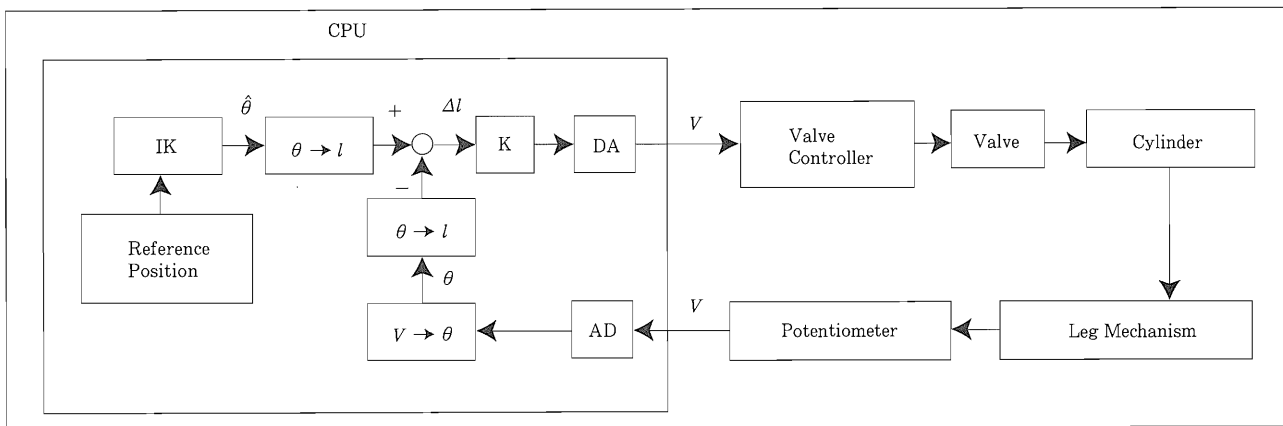


図-8 TITAN XI の油圧制御システム

そして、脚の制御においては、まず、関節に取付けた回転型ポテンショメータで関節角度を測定し、逆運動学により関節角度とシリンダ長を求め、計測（計算）値と命令値のシリンダ長の差に比例ゲインを乗じたものを出力値とする。そして、出力値を電圧値に変換し弁コントローラの補正を与え、最終的に電流値に変換しシリンダの速度命令として弁に出力する。

(3) 足首機構とウィンチ機構

TITAN XI の足首機構は、写真-4 に示すように、3 自由度の受動関節で構成した。2 自由度をユニバー

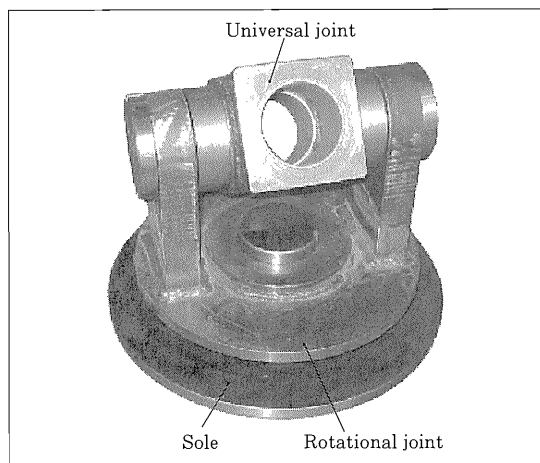


写真-4 TITAN XI 足先機構

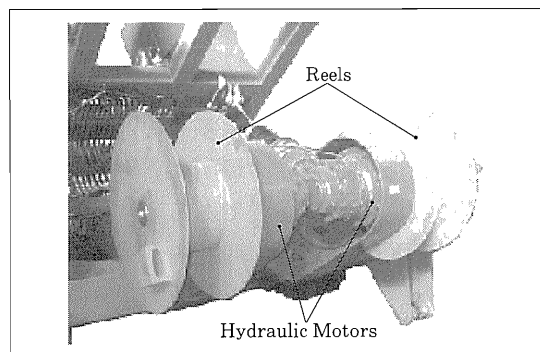


写真-5 TITAN XI ウィンチ機構

サルジョイントで、残り 1 自由度をそのユニバーサルジョイントに垂直な回転自由度で構成している。

TITAN XI のウィンチ機構は写真-5 に示すものであり、このウィンチの支持構造体にロードセルを取付け、張力計測を可能としている。

(4) 制御システム

TITAN XI の制御システム構成を図-9 に示す。これは、本体に搭載された 3 つの PC 104 plus 準拠のオンボード・コンピュータで構成したものである。各々のコンピュータの制御の役割は次の通りである。

A：本体の左半身と削孔機及びエンジンリフトの制御

B：本体の右半身と 2 つのウィンチの制御

C：全体統括制御及び命令受信

A と B は油圧シリンダ等のアクチュエータのローカル・フィードバック制御を担うローカル・コンピュータであり、C は歩容生成や脚の運動学計算等、上位の制御を担うホスト・コンピュータである。そして、A

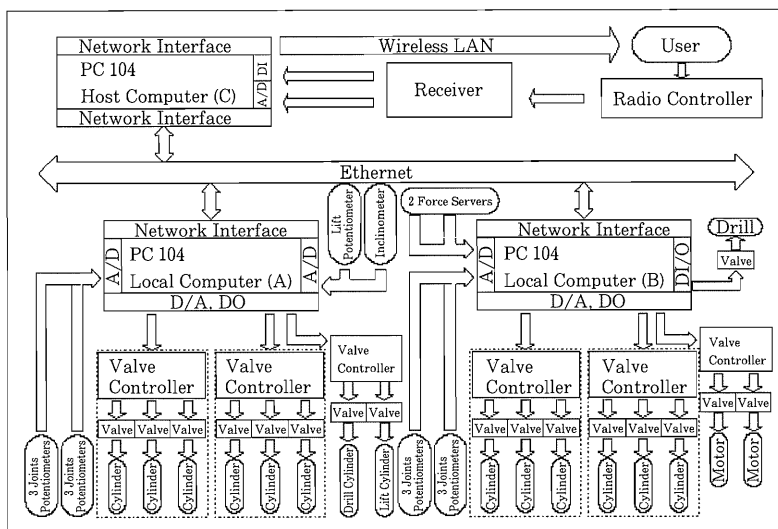


図-9 TITAN XI の制御システム

とBのコンピュータはEthernetでCと接続している。

操作者がラジオコントローラ（送信機）のジョイスティック、スイッチなどを使って、歩行時の進行方向、速度、本体高さ指令、削孔作業時の削孔装置の角度、削孔動作指令、さらに緊急時の停止指令などを送り、Cのホスト・コンピュータはそれらの命令や各種センサからの信号を受取り、処理し、各々の動作指令をA、Bのローカル・コンピュータに送信し、ロボットは各部を協調的に制御する。

今回開発した制御ソフトは、地図情報処理、歩容生成、脚の運動学演算、アクチュエータ制御、データ通信などのタスクに分解し、階層化された構成とした。これらの制御ソフトはLinuxやWindowsでコンパイル可能なC++言語でインプリメントした。さらに、GUI（Graphical User Interface）を製作し、歩容生成アルゴリズムの確認やロボットからの受信データのモニタリングを可能とした。

現在、試作モデルがほぼ完成し、地上での基礎的な歩行実験により、全体システム、脚機構、制御システムなどの基本性能を検証している。今後、法面の地図を参照しながら、コンクリートフレームのエッジ近傍を避けた場所に脚の着地点を選択するための歩容決定、アルゴリズムの作成、シミュレーションによる検証を実施し、模擬法面上のコンクリートフレームの歩行及び削孔試験を行う予定である。

6. おわりに

法面形成工事の自動化を目指して、コンクリートフレームがある法面上を歩行し、ロックボルト用の削孔作業を行う4足歩行型法面作業ロボットTITAN XIの全体機構システムの構成、脚駆動系の設計、間歇クロール歩容を基本とする歩容生成システム、制御システムの構成などを述べた。このロボットは、脚を含めた全長が最大約10m、重量が約6,000kgという巨大なロボットである。

現在、試作モデルがほぼ完成し、地上での歩行実験

により基本性能を検証している。なお、本研究は、平成14～16年度の経済産業省の大学発事業創出実用化研究開発事業費を用いて行われたものである。

最後に、共同で研究開発を行っている財団法人理工学振興会・土居隆宏氏、東京工業大学大学院機械宇宙システム専攻博士課程・程島竜一氏、大昌建設株式会社・森純一氏に感謝の意を示す。

J C M A

《参考文献》

- 1) S. Hirose, K. Yoneda and H. Tsukagoshi: "TITAN VII: Quadruped walking and manipulating robot on a steep slope," In Proc. Int. Conf. on Robotics and Automation, pp.494-500, 1997.
- 2) <http://www.taisho-kk.com/index.htm>
- 3) Waldron, K.J., and McGhee, R.B., "The Adaptive Suspension Vehicle," IEEE Control Systems Magazine, 6 (6), pp.7-12, 1986.
- 4) <http://www.plustech.fi/>
- 5) E. Krotov, R. Simmons, "Perception, Planning, and Control for Autonomous Walking With the Ambler Planetary Rover," The Int. J. of Robotic Research, Vol.15, No.2, pp.155-180, 1996.
- 6) 広瀬茂男, 福田 靖, 菊池秀和, "4足歩行機械の制御システム," 日本ロボット学会誌, Vol.3, No.4, pp.46-66, 1985.
- 7) 塚越秀行, 広瀬茂男, "間歇クロール歩容の提案とその生成原理," 日本ロボット学会誌, Vol. 17, No. 2, pp.301-309, 1999.
- 8) 広瀬茂男, 佐藤幹夫, "多自由度ロボットの干渉駆動," 日本ロボット学会誌, Vol. 7, No. 2, pp.20-27, 1989.

[筆者紹介]



福田 靖（ふくだ やすし）
財団法人理工学振興会（東京工業大学 TLO）
プロジェクト研究員



広瀬 茂男（ひろせ しげお）
東京工業大学大学院理工学研究科
機械宇宙システム専攻
教授



岡本 俊仁（おかもと としひと）
大昌建設株式会社
代表取締役社長

災害調査の先兵「無人移動体」

—危険・汚染区域調査のためのプラットフォーム—

久 武 経 夫

地震や津波、火山の噴火、水害、原子力施設の事故などの大規模・重大災害発生時に的確な応急措置を講じるために、迅速で正確な被災状況の把握が必要である。しかしながら災害発生時には、交通や通信手段が途絶する、2次被災の懸念等により立入りが規制されるなど、被災状況の把握が困難となる場合が多い。被災状況把握の遅延などが原因し、組織的な救援活動の開始に1週間～数十日要した事例がある。

救援や復旧の人員や機材の投入の時期や規模の判断に必要な情報として、被災の規模と状況、道路やトンネルが安全に走行できるか、堤防や崖部に決壊や崩壊の危険が無いか、火山活動が沈静化しているか、などがある。これら被災の情報をいち早く掌握するために、調査・監視機器を搭載した各種の「小型無人移動体」の研究が進められ、一部実用に供せられている。

本報文では、危険・汚染区域の調査に活用可能な、地上、空中、海洋分野における小型無人移動体開発の現状と近未来の展望について述べる。

キーワード：災害調査、無人移動体、自律航行、自律走行、無人ヘリコプター、無人船舶、無人飛行船

1. はじめに

災害時の被災地調査には、有人飛行のヘリコプターの使用が一般的である。長崎県普賢岳、北海道有珠山、東京都三宅島などの火山災害においては、火砕流、土石流、有毒ガスの危険性からヘリコプターによる被災地調査が重要な役割を演じた。

一方、火口の直上や有毒ガスの存在など、有人での調査が難しい場所の調査に遠隔操縦型の移動機械（建設機械をベースとした災害調査車両）や自律移動型のヘリコプターなどの導入が始まっている。自律移動型飛行船（バルーン）による災害救援用の研究も進められている。これら無人災害調査機械導入の目的として下記の事項がある。

- ① 火口直上や有毒ガスなどが排出されている領域の調査
 - ② 建造物や高圧線などが存在する地表近傍の情報収集
 - ③ 監視や中継など滞在型業務への対応
 - ④ 災害時に迅速な現況把握を行うために廉価なシステムを広域配備する
- ①～④の目的を持った無人災害調査機械のベースマシンとして、様々な種類の無人小型移動体の研究が行

われている。これらの移動体の機能や研究動向を精査することによって、近未来の面的な災害調査体制のあり方が明らかとなる。

2. 災害調査用無人小型移動体

空・陸・海を移動可能な小型無人移動体の例として表—1に示した導入例がある。いずれも、カメラ（ビデオカメラによる動画撮像、デジタルスチルカメラ、暗視・熱画像カメラ）、計測器（測量機、その他）を搭載し、災害地などの調査を行なうために開発されたものである。

多くは研究途上であるが、一部実用機として配備されている。潜水艇はダムゲートのケーソン、港湾施設などの水中構造物の観察、無人双胴船は水面下の3次元地形図の作成を目的に研究されたものであるが、災害時の水中の被災調査にも活用可能なプラットフォームとして表に加えた。次章以降に表—1中の機械の一部を詳述する。

3. 各種の小型無人移動体

- (1) 飛行体による空中からの調査
 - (a) 各種の飛行体と特徴

表一 陸空海の災害調査用プラットフォーム導入研究例

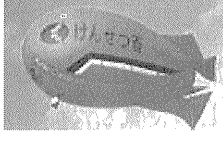




| | ベースマシン | 移動制御 | システム名称 | 調査機能 | 研究・開発・保有 | 現 状 | |
|--------|-------------------------|-----------------|------------------------|----------------------------|------------------------------|-----------|-----|
| 空 中 | ヘリコプター | 自律航行 | 無人調査機械 | ビデオ/スチール/赤外カメラ | 北海道開発局 | 実運用 | |
| | | 自律航行 | 監視・測量調査用無人ビークル | カメラ、カメラと連動のレーザー距離計、他 | ヤマハ発動機、カーネギーメロン大学、他 | 高機能化開発中 | |
| | | 自律航行 | 被災地支援システム（ホビー用ヘリの高機能化） | ビデオ/赤外線/魚眼カメラ搭載を想定 | 千葉大学 | 自律航行研究中 | |
| | | 遠隔操縦 | 自律型空間情報取得システム | デジタル撮像 | 北海道東海大学、東亜建設工業 | 研究中 | |
| | | 遠隔操縦 自動帰還 | 災害現場・危険地帯での観測や資機材運搬 | カメラ 飛行状況のPC表示 | グランテクニカ、富士重工業 | 開発中 | |
| | バルーン | 係留型 | 手動移動 | 気球空撮装置 | CCDカメラ | 北海道開発局他 | 実運用 |
| | 自律航行型 | 自律航行 | 被災者探索用飛行船 | 地上の音声受信機（注2）の信号受信 | 東京大学理化学研究所 | 研究中 | |
| | 無人飛行機 | 経路教示 | | | | 実運用 | |
| 陸 上 | 油圧シヨベル | CAT 4t級 非搭乗型 | 遠隔操縦 | 無人調査機械 | 映像（含赤外）、地盤硬度・サンプル採取 | 北海道開発局 | 実運用 |
| | | 日立 4t級 非搭乗型 | 遠隔操縦 | 火山探査移動 観測ステーション | 映像（含赤外）、風圧・温度、噴石サンプル採取、地震計設置 | 東北大学、日立建機 | 研究中 |
| | | 20t級揺動油圧シヨベル | 遠隔操縦 | 超遠隔型ラジコン油圧シヨベル | 映像、他 原子力施設用 | 防衛庁 | 実運用 |
| | 4WD ATV | 自律走行 | 災害調査車両 | 測量・気象調査・監視 警備 | カーネギーメロン大学、ヤマハ発動機 | 開発中 | |
| 水 上 | ジェットボート/14 feet （注3） | 自律航行 | 港湾監視・海底測量 | 高感度カメラ、水中カメラ サイドスキャンソナー | ヤマハ発動機 | 開発中 | |
| | 外洋用モーターボート/ 排水量型船型 | 自律航行 | 環境（大気・水質・他）観測 | 水質観測機器他/700 hr 連続 航行可 | 東海大学、ヤマハ発動機 | 実運用 | |
| | 双胴船 | 自動航行 | 無人双胴船（自動ベルーガ） | マルチブーム音響測深機 | 北海道東海大学、東亜建設工業 | 研究中 | |
| 水中 | 潜水艇 | 自律航行 | 自律型 海中ロボット | レーザーポインタ、CCDカメラ | 東京大学 | 研究中 | |

注1：自律航行の他、遠隔操縦、教示などによる自動走行などの機能も有している。

注2：音声受信機：被災地の音声情報を受信しバルーンに向けて送信する IDC（知的データキャリア）

注3：搭乗（2人）も可能。

表二 無人飛行機と特徴

| 項 目 | 飛行船型バルーン （繫留型・非繫留型） | ラジコンヘリコプター | パラプレーン （パラシュートプレーン） | カイトプレーン | 無人航空機 |
|---------------------|---|---|---|--|---|
| 外 観 |  |  |  |  |  |
| 飛行制御方法 | 繫留型は、支持ロープ2本で位置決めと繫留、非繫留型は遠隔または自律操縦 | 遠隔・自動・自律操縦 | パラシュートにプロペラで送風し浮力と推力を得る | 帆の原理を利用した小型簡易飛行機 | 詳細不詳 |
| プラットフォームの操作特性および安定性 | 支持ロープで制御するため、専門のオペレータが不要。ロープを操作する地上作業員の移動スペースが必要 | 遠隔操縦は高度な技術が必要で、操縦に全神経の集中が必要なため連続10分以上の機体安定化・撮影が困難。自動・自律システム開発済み | エンジンと左右旋回制御のみで操作が簡単。失速が少なく飛行安定性が良い | 操作技術の習得が容易。飛行安定性に優れている。あらかじめ設定したルートを自動飛行する。ナビゲーション情報は基地局へ伝送される | 詳細不詳 |
| 風の影響 | 飛行船型のため、風速8~15m/s程度で安定した位置を確保できる。火災時の乱気流が問題 | 機体が軽いため、風速10m/s強風時には、希望調査位置への誘導と静止が難しい | 風の影響を受けやすい | 風の影響を受けやすい | ある程度の強風でも可能 |
| 低速航行 | 可 | 超低空飛行 | 飛行速度は遅い | 飛行速度は遅い | 不可 |
| 空中での静止 | 長時間のホバリングが可能 | ホバリング可能 | 逆風速と合致した場合可能 | 逆風速と合致した場合可能 | 不可 |
| 超低高度航行 | 可能 | 可/着地し土石等サンプル採取が可能 | 障害物回避要 | 障害物回避要 | 障害物回避要 |
| 安 全 性 | ヘリウムガス充填のため爆発の危険はない。係留型は、支持ロープを操作する地上作業員が近付けない危険地域では採用不可 | 安全な場所から遠隔操作できる | 同左 パラシュート翼と柔軟性パイプの組み合わせ機体により、万一の墜落でも壊れにくい | 安全な場所から遠隔操作できる。低速航行のため、墜落時の損傷が少ない | 安全な場所から遠隔操作できる。高速航行のため低高度航行時の障害物回避が困難 |
| 調査機器搭載例 | 遠隔操作型デジタルスチールカメラを搭載し撮影する | 遠隔操作型デジタルスチールカメラを搭載し撮影する | カメラを搭載して撮影 | TVカメラ・スチールカメラを搭載して撮影 | 赤外線センサ、光センサ、レーザー目標照射器 |
| そ の 他 | 分解・組立てが容易 商用車で運搬可能 | | | | 200 km 3~4 時間航行 |

災害時の空中からの被災地調査には、

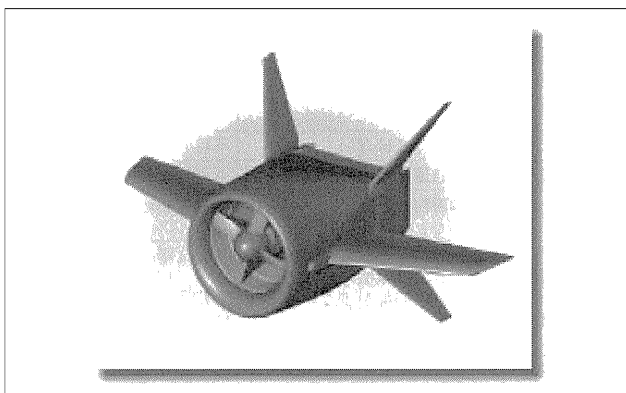
- ① 人口衛星 (地上 700~900 km)
- ② スペースシャトル (195~575 km)
- ③ 航空機 (SAR/10~12 km)
- ④ 航空機 (LIDAR/1.2~3.5 km)
- ⑤ 有人飛行のヘリコプター (0.3 km)
- ⑥ 非搭乗の小型無人飛翔体 (0.15 km 以下/航空法の規制)

などの手段が想定される。

被災規模や状況の概要掌握には超高度からの情報で判断可能であるが、道路やトンネルの安全走行の可否判断、堤防や崖部の孕みの状況など詳細で正確な情報の取得には、調査対象にでき得る限り接近する必要がある。災害直後に現地の状況が不詳な状況で、即応的で木目の細かな調査を実施するためには、上述の諸調査手段のうち、⑥項の非搭乗の小型無人飛翔体をプラットフォームとした調査体制の確立が有効である。非搭乗の小型無人飛翔体として、ラジコンヘリコプター、飛行船(飛行船型バルーン)、パラシュート飛行機(パラプレーン)、カイトプレーン、無人飛行機などがある。表一2にこれら無人飛翔体の特徴を示した。

表一2以外の飛翔体として、飛行機とヘリコプターを組み合わせ垂直離着陸とホバリングを可能とした「Bell Eagle Eye」、飛行船とヘリコプターを組合わせた「ヘルスタット飛行船」、ドラム缶型の「ゴールデンアイ」も存在するが、比較情報が僅少であるため表には掲載していない。

図一1の「ゴールデンアイ」は、垂直離着陸や空中静止が可能な無人偵察機である。人間が到達困難な地域の調査を目的に開発された。4基の翼が装備され、内部にダクトファン方式のプロペラエンジンを搭載している。エンジンを始動すると、4本足に支えられた本体が浮上し、垂直離着陸を実現する。離陸後に、翼を開き高速飛行できる。機体質量約 68 kg、可載質量



図一1 ゴールデンアイ (米 Aurora Flight Sciences 社が開発中、<http://www.aurora.aero/>)

20 kg と軽量で、60 分間空中静止が可能、離陸後は最高時速 300 km/h で飛行、連続 4 時間の航行性能を備えている。*

(b) 飛行船とヘリコプター

① 飛行船 (バルーン)

火山など余震の恐れや、崩壊や決壊の予兆があり、有毒ガスの噴出など、被災地調査に際して定位置から長時間連続して情報収集を行う必要が生じる。この目的には、浮上のためのエネルギーを消費せずに空中に滞留可能な気球が最適なプラットフォームである。

エンジン音などを発生しない静粛な移動体で、地震などに際し瓦礫に埋もれたり、建造物などに閉込められた被災者の音声を通じた探索が可能である。

この飛行船は、ヘリウムの温度変化によって二重構造の内側の袋が膨張・収縮し、ブローアが外袋の空気を出し入れして圧力と外形を一定に保つ構造となっている。飛行船搭載の加速度計とジャイロの情報を基準に、搭載 CPU ボードが 4 つのロータ (ファン) で構成する駆動装置、後部のテールロータを制御し、ヨー (飛行姿勢) と速度を制御している。

制御システム及び駆動装置は、外部からのプロポーショナル指令による駆動モードおよびゴンドラに搭載するノート PC からの自律駆動モードの 2 つの制御モードを備えている。制御モードは、無線で切替えをしている。地上のデータキャリアとの通信用に、リーダ/ライタとノート型 PC とを搭載している。地上の基地では、小型のラップトップ PC が無線 LAN に接続され、センサ等から検出された情報収集を行っている。

飛行船の位置は、地上に設置した測量用のトータルステーションのレーザー光が飛行船に貼付した反射シート (ミラー) を追尾して反射してくる方向と時間により測定する仕組みである。トータルステーションの主な仕様は、最高回転速度 50°、追尾角速度 10°/s、追尾距離長 700 m、測距精度 ±2 mm である。

位置認識に GPS の利用も想定しているが、狭い調査エリアで搭載機器の質量が 1~2 kg 程度であれば、大型化をして搭載重量を増やすより、反射系を使ったトータルステーションの採用でペイロードを下げるなど、全体システム構成としての最適化を図る必要がある。

飛行船による諸計測時の機体の安定化機能に関しては、飛行船の大きさと風などによる揺動など設計的な要因、計測時等の大気の実験的安定性、搭載する位置認識システムと機体の位置制御機構、搭載測量機器とデータ

* 機体質量 7 kg の小型機も開発され、危険・汚染地域の調整用プラットフォームとしての活用も期待される。

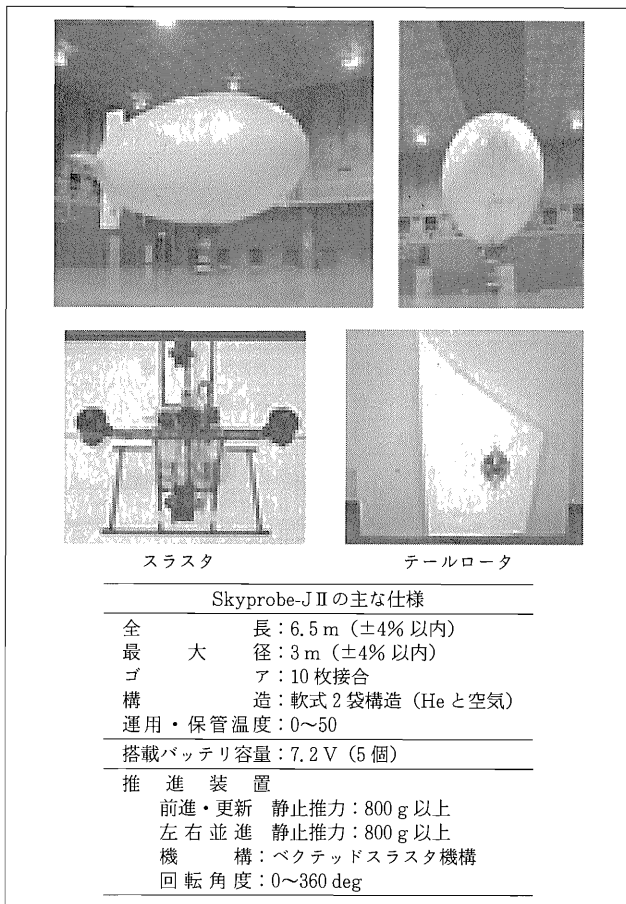


図-2 飛行船とその仕様 (東京大学浅間研究室)

処理機構に依存する。細部の検討は未了であるが、高度 100 m で数 cm 程度の精度での計測に対応が可能と想定される。

強風、突風、地震で誘発する火災に伴う乱気流対応には、安定性を増すためにある程度の大型化、位置や姿勢制御の高速化なども必要である。図-2 に東京大学・浅間研究室等が開発中の飛行船 Skyprobe-J II と主な仕様、図-3 に同飛行船の制御システム構成を示した。

② 無人ヘリコプターによる被災地調査

遠隔操縦型 (ラジコン) ヘリコプターの用途は、農業散布が主であるが、空撮、測量、送電線・道路・ダ

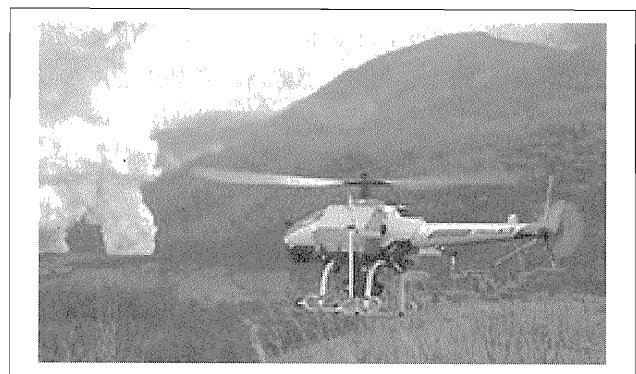


写真-1 有珠山における火口監視 (Yamaha 製 RMAX)

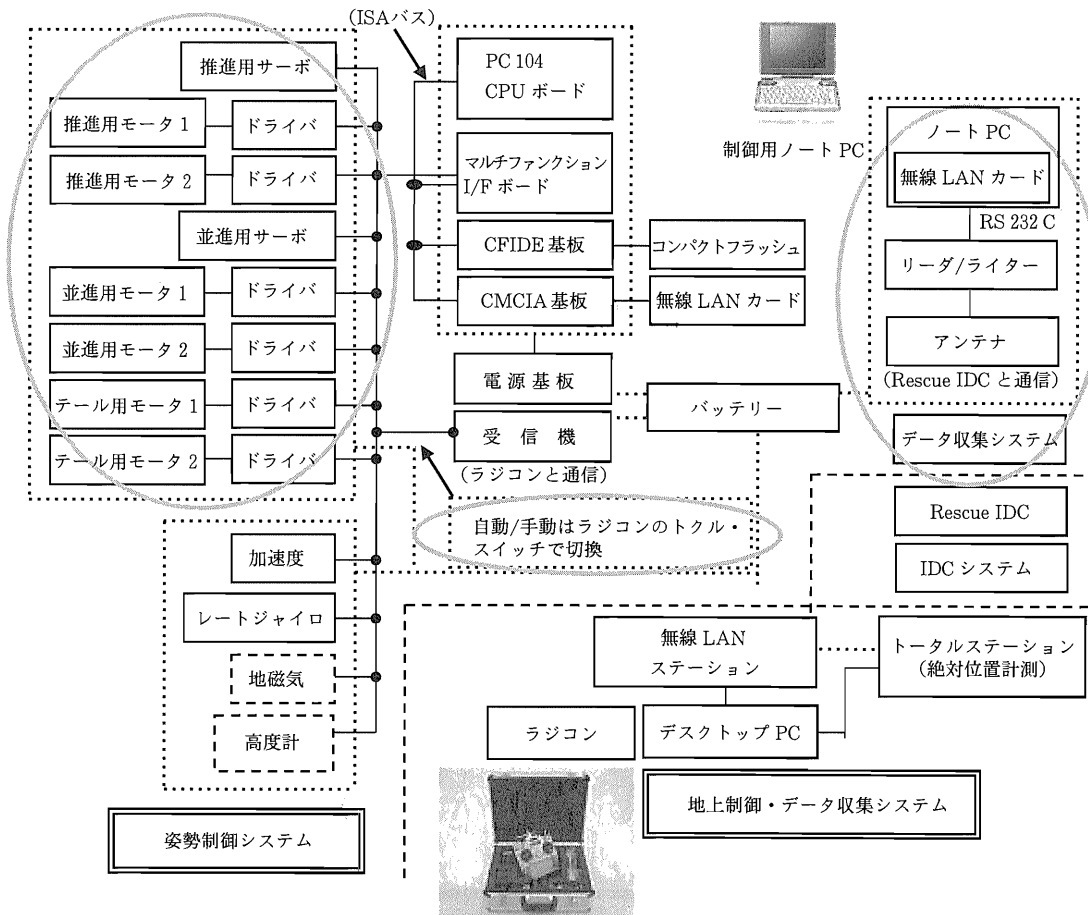


図-3 飛行船の制御システム構成 (東京大学浅間研究室)

ム・河川・森林の監視や保守，水稻リモートセンシングなど植物生育調査，火山など災害地調査など多くの分野で活用されている。日本全国で2,000台を超えるラジコンヘリコプターが稼働しており，0.2%程度が自律型の無人機である。写真-1に北海道開発局が災害調査機械として導入した自律型ヘリコプターを示す。

自律型ヘリコプターは，慣性航法センサ，GPSセンサ，データ用通信モデムと画像用通信モデムおよびカメラ装置を搭載している。慣性航法センサは，3軸加速度計，3軸光ファイバージャイロ，地磁気方位センサで構成され，機体の姿勢角と加速度を算出する。3軸の位置と速度は，RTK（リアルタイムキネマティック）方式のディファレンシャルGPSで算出する。これらのセンサフュージョンを通じて，高精度で安定した，位置，速度，加速度，姿勢角，姿勢角速度の状態量を算出している。

データ用通信モデムは地上側から機体側へGPSの補正データや操縦指令およびカメラ装置への指令を送信している。また，機体側から地上側へは，ヘリコプターの位置や速度，姿勢などの情報を送信している。機体前方にはカメラが搭載されていて，これらの画像は画像用通信モデムにより，地上側へ送られる。このカメラには，機体の振れを低減するための安定装置がつけられている。また，カメラと連動したレーザ距離計により，映像までの距離を測定することができる。

地上側には，補正用のGPS地上局，通信用モデム，モニタ（操縦用と画像），機体操縦用のコントローラ，

表-3 小型無人ヘリコプターの仕様例

| 機能項目 | | 仕様値 | 備考 | |
|--------|-----------|-------------|--------------------------|---------|
| 機体基本機能 | 機体重量 | 69 kg | | |
| | 実用载荷重量 | 25 kg | 燃料満タン時 | |
| | 滞空時間 | 60分 | | |
| | 運行距離 | 1,000 m | | |
| | 対地高度限界 | 150 m | 航空法の規制値 | |
| 飛行 | 操縦支援 | 遠隔操縦 | 離着陸時姿勢制御モード付き | |
| | | PC支援遠隔操縦 | 操縦アイコン又はジョイスティック操縦/恒速航行等 | |
| | | 自律帰還制御 | 電波断時自動帰還 | |
| | | 自律航行制御 | 工程を事前に入力 | |
| 機体性能 | 航法センサ | 加速度センサ分解能 | 0.01 G | |
| | | 3軸ジャイロ | 0.002度/s | |
| | | 磁気方位センサ | 分解能 | 0.1度 |
| | | | 応答時間 | 0.1~24秒 |
| | | RTK-GPS分解能 | 水平 | 20 cm |
| 垂直 | 30 cm | | 機体停止状態 | |
| 計測機能 | カメラ類有効画素数 | 操縦用 CCD カメラ | >25万画素 | |
| | | 調査用 CCD カメラ | >34万画素 | |
| | | 調査用赤外カメラ | >6万画素 | |

カメラ操作のジョイスティックが設置されている。操縦用モニタには，機体からの位置，速度，姿勢などの情報が表示される。プログラム飛行経路や速度操縦コマンドなどによっても，機体へ操縦指令を与えることができる。映像モニタでは，目標物の画像と位置の座標が表示される。図-4に自律システム構成例，表-3に小型無人ヘリコプターの代表的な仕様例を示す。

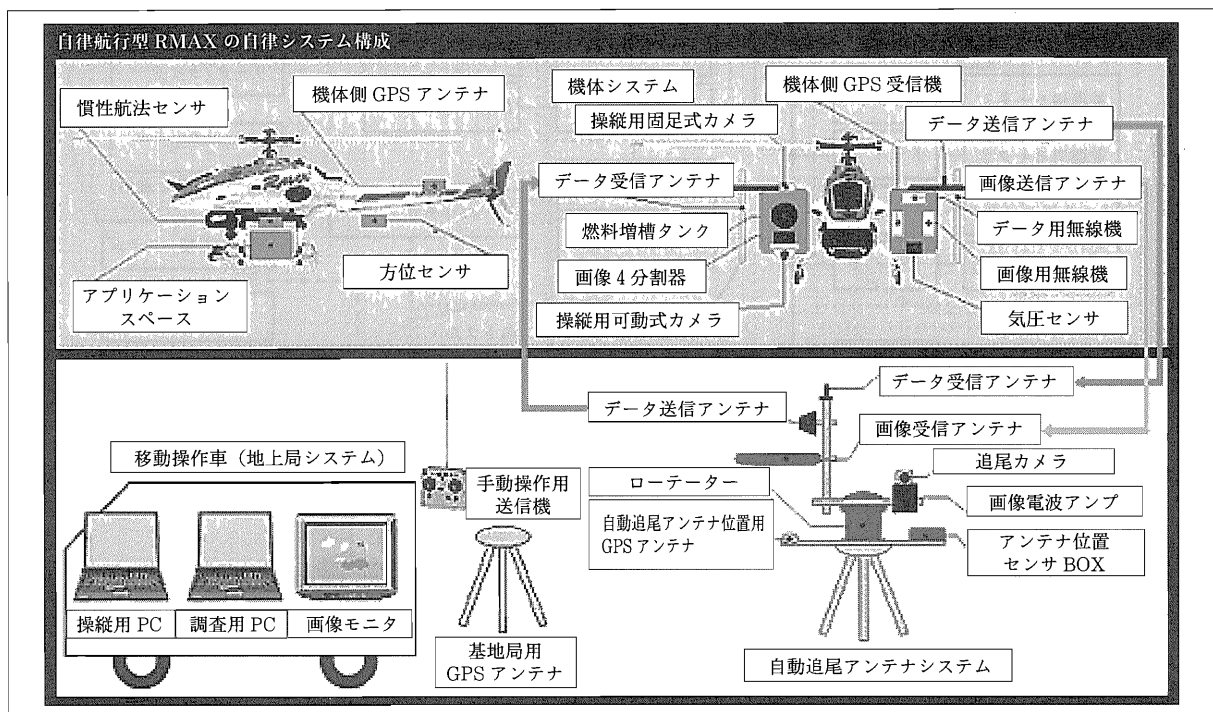
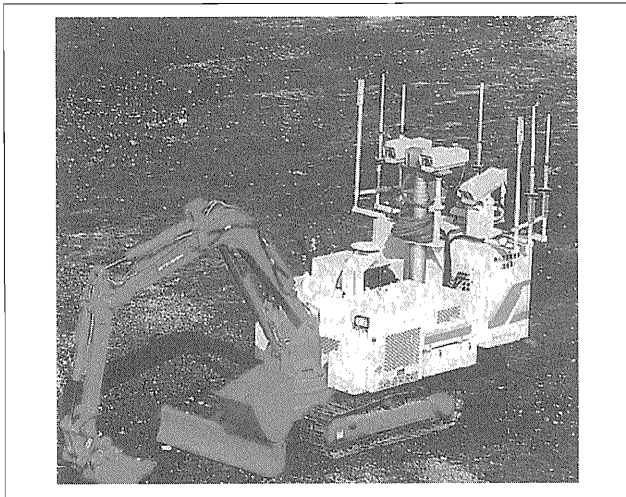


図-4 自律システム構成例（ヤマハ発動機株式会社）

(2) 陸上走行型災害調査機械

(a) 建設機械系災害調査機械

火山噴火や地震災害の場合、被災細部の状況把握、継続的な監視と計測、救援や復旧活動のために導入する建設機械類の誘導などの機能発揮は空中からの被災調査のみでは達成できない。北海道の有珠山の火山災害直後に北海道開発局が導入した「災害調査機械」は、写真—1の自律航行型のヘリコプターと写真—2の災害調査車両で構成されている。



写真—2 災害調査車両 (国土交通省北海道開発局)

建設機械をプラットフォームとした災害調査機械は、人間が近づけない火口近傍、火砕流の危険のある場所まで遠隔操縦で移動し、動画・静止画の撮像、地表の温度分布計測、噴石の採取、爆風の風圧計測、地震計の設置などを行う。災害復旧や火砕流・土石流の誘導路の構築を行うための機械の投入を前提として、噴石などの堆積厚さ、地盤の硬度などの計測も実施する。

機械やカメラ類や計測器の設定と操作は無線遠隔制御で行う。離れた基地から機械や計測機器を操縦するオペレータには、映像情報の他、機械に搭載したGPSシステム、3軸の加速度センサ、3軸の傾斜センサなどの出力信号など操縦や調査に必要な機械の位置と姿勢情報が、無線を介して逐次提供される。機械の遠隔操縦と映像やデータの伝送には、双方向の2.4GHz帯のSS無線LAN等が用いられる。2.4GHz帯は指向性が存在するため、見通しが無い場合の電波断を避けるために、北海道開発局保有の災害調査機械は、基地と複数台の移動体が組んで無線中継を行う仕組みとなっている。

(b) 小型無人車両系災害調査車両 (UGV: Unmanned Ground Vehicle)

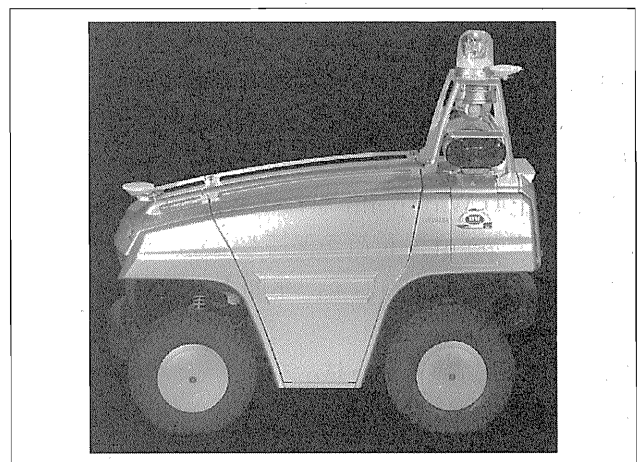
監視、警備、測量、気象調査等の業務を想定して、

ヤマハ発動機株式会社がカーネギーメロン大学と開発中の車両である。機動性、制御性、出動路面の多様性に対応可能な4輪駆動のAT車がベース車両として採用された。制御機器やセンサ類の搭載と調査範囲等を考慮し、車両の可載重量150kg、連続走行距離150kmとした。車両上部のルーフレールに様々な装置の搭載が可能である。

自律走行(パストラッキング走行)、遠隔操作、有人操作の機能を有している。自律走行制御は、GPSと慣性航法の組合せによる測位システムを用い、約50cmの位置精度で行われる。走行ルートは、有人運転によるティーチングまたは、机上で地図上にウェイポイントを選択することで作製する。車載カメラ装置や散光警告灯のオンオフ、警告メッセージの発声と作動地点などのタスクは、あらかじめ設定し無人で行う。ティーチングモード時に走行ルートのみならず、有人操縦時の車載装置の動作や車速を記憶し、自律運転時にそのままに再現することも可能である。障害物を自動的に回避可能な自律走行の最高速度は、20km/hで、平坦であれば $R=4\text{m}$ のコーナも10km/h程度で旋回できる。

障害物認識には2基のレーザスキャナを用い、上記最大車速時においても、走破可能な約15cmの物体まで検知、回避する機能を有している。

遠隔操縦は、車両前後に搭載した2台の固定CCDカメラと、360度パンチルトカメラからの画像を見ながらジョイスティックあるいはPDAで行うことができる。これら画像、基地局からの指令、および車両からの各種情報はすべて無線LANを経由して授受される。車両の運動制御は専用の車両コントローラが、上位からの舵角指令値、車速指令値などにに基づき行う。これらの指令値は、自律運転及び遠隔運転時はすべて上位に設けた自律コントローラからEthernet及び



写真—3 小型無人災害調査車両のベースマシン

CAN を介して送られる。また、有人運転時は、ステアリングバー、アクセルレバー等の操作量に応じて車両コントローラが直接各アクチュエータを駆動するドライブ・バイ・ワイヤ方式となっている。写真—3 が小型無人災害調査車両のベースマシン、表—4 がその仕様である。

表—4 UGV の仕様

| 項目 | 仕様 | 備考 |
|----------|----------------------|-----------------|
| 車両型式 | Yamaha・YFM 660 グリズリー | 小型の4輪駆動車 |
| 乾燥質量 | 450 kg | |
| 最大積載質量 | 149 kg | |
| 最高走行速度 | 20 km/h | |
| コーナ旋回時速度 | 10 km/h | |
| 連続走行距離 | 150 km | 自律走行時 R=4m 時 |
| エンジン | 水冷4サイクル660 cc | |
| 動力伝達装置 | AT車 | |
| 発電機容量 | 1 kW | |
| 電力供給 | DC 12 V, AC 120 V | |
| 燃料タンク容量 | 20 L | |
| 連続走行距離 | 100 km | |

(3) 水上航行型災害調査機械 (UMV: Unmanned Marine Vehicle)

高速型 (UMV-H: high speed type) と外洋型 (UMV-O (Ocean Type)) の2つのタイプの水上航行型災害調査機械がヤマハ発動機株式会社等により開発されている。前者は高速性と機動性が特徴で、後者は排水量型船型で外洋での環境観測のように長時間の任務に適している。

(a) 高速型無人小型船 (UMV-H)

高速型自律無人小型船は、長さ 4.44 m、最大速力は 40 ノットである。エンジンは出力 89.7 kW のウォータージェットを1台搭載、燃料タンク容量は 80 L である。船型はディープ V である。船体のモールドは量産ボート用を用い、デッキのモールドは UMV 専用に製作した。デッキの後部の水密ハッチ下の運転席に2人が乗船、有人操縦も可能としている。

デッキにはリモート操作でフックが外れるスリング金具が付いている。小型のカッタに載せられ、水中カメラ (ROV) やソナーなど任務に必要な機器の搭載も可能な大きさである。あらかじめプログラムされた 100 点以上の Way point をたどるように巡航したり、決められた point で位置を保持したり、また、そこで ROV やソナーを下ろして、水面下の監視、調査などができる。

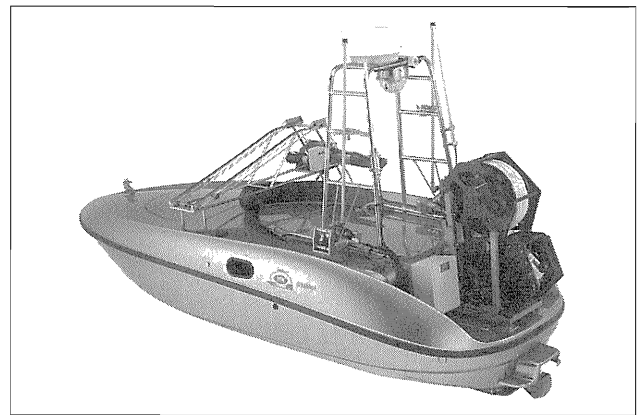
図—5 の制御システムは、ボートの操縦系と機器の制御系および地上の基地局とで構成されている。計測部には光ファイバージャイロスコープ、磁気方位センサ、3軸の角加速度計、RTK-GPS が用いられている。

これらのセンサは無人ヘリコプター用にヤマハ発動機が開発したものである。操舵、スロットル、前後進切換えアクチュエータとそのモータドライブも産業用ロボットに使用しているハードウェアとソフトを採用している。

操縦のアルゴリズムは、基本的には PID (Proportional Integral Derivative) 制御である。制御量を計算するために必要なボートの姿勢データは、無人ヘリコプターで確立したセンサのハイブリッドフィルタ技術や、通信の信頼性を判定する処理など高度なアルゴリズムを組込んでいる。また、ボートはブレーキがないからスロットルをオフにしても直ちには止まらない。またジェットボートはスロットルをオフにすると舵の効きが悪くなるという特性がある。そのため、スロットルを減速するタイミングやエンジン回転数を下げ過ぎないように制御アルゴリズムを工夫している。通信システムは、統合システムを構築しやすいように無線 LAN を使っている。

計測装置として、水中カメラ、IR テレビカメラ、レーダ、サイドスキャンソナーを装備した。水中カメラは、無線による遠隔操縦で海面に下ろしたり上げたりすることができる。位置検出用のトランスポンダが付いているため、その位置もモニタできる。ROV やソナーの揚降装置は、小型、軽量である必要から、この UMV のために特別に設計した。

写真—4 が、高速小型船自律無人船、表—5 が同自律無人船の仕様、図—5 が高速小型船自律無人船の制御システム構成図である。



写真—4 高速小型船自律無人船 UMV-H (ヤマハ発動機株式会社)

表—5 高速小型船自律無人船 UMV-H の仕様

| 項目 | 仕様 | 備考 |
|---------|---------|--------------|
| 型式 | YAMAHA | 小型高速船 |
| 全長 | 4.4 m | |
| 最大速力 | 40 knot | |
| エンジン出力 | 89.7 kW | ウォータージェット×1台 |
| 燃料タンク容量 | 80 L | |

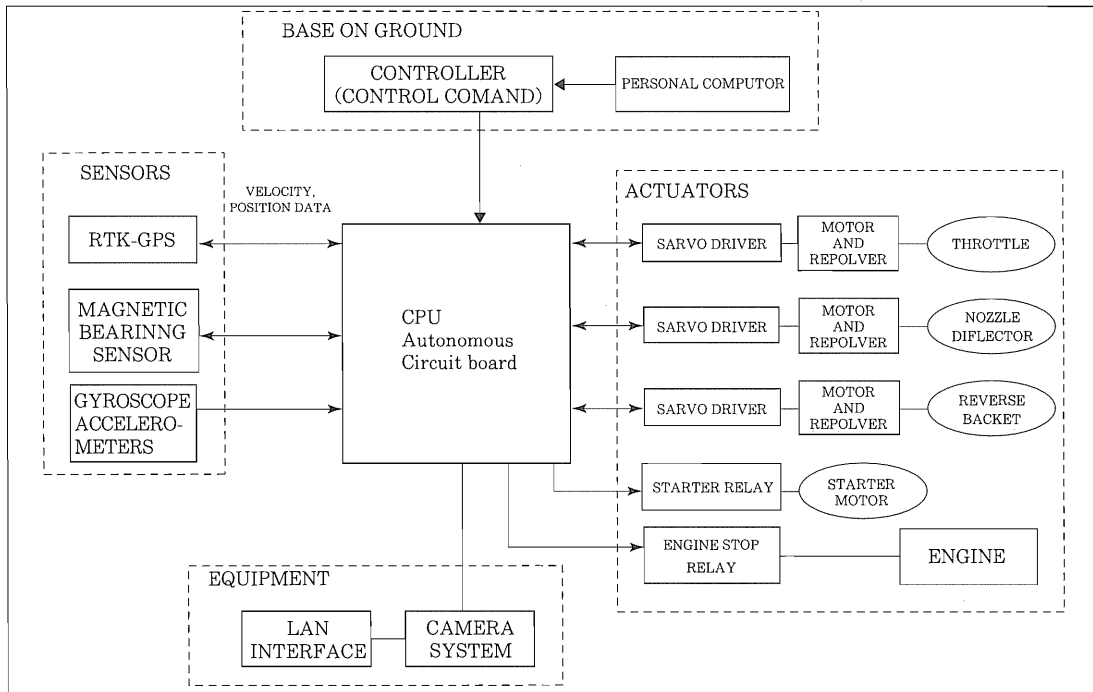


図-5 高速小型船自律無人船の制御システム構成図 (ヤマハ発動機株式会社)

(b) 外洋型小型無人船 (UMV-OUMV-O (Ocean Type))

外洋型小型無人船は、排水量型の船型を持った外洋クルージング型の自律船舶である。長時間、長距離クルージングの能力を生かした海洋の大気や水質等の環境観測が主な用途である。

1号機は、大気と水質観測機器を搭載し、日本の科学技術振興事業団に納入した。「かんちゃん」と命名され、2001年3月～2003年10月までに15回以上の観測を実施し、合計移動距離4,723 kmを達成した。

表-6 に仕様、図-6 にシステムを示す。

トラックの運送や揚げ降ろしなど陸上運送を考慮し

表-6 外洋型小型無線船仕様例

| | | |
|----------------|----------------------|---|
| Dimension | Size | 7.99 m (L) × 2.80 m (B) |
| | Displacement | 3.5 tons |
| Specifications | Construction | FRP |
| | Propulsive power | DC motor & Screw |
| | Electric Power | Diesel engine DC dynamo (24 V, 1.2 kW) AC dynamo (100 V, 1.2 kW) |
| | Fuel | Light oil (700 L × 2) |
| Performance | Speed | 4 knot (all karm) |
| | Cruising time | 700 hours (without maintenance) |
| Sensors | Surface water & YOYO | Conductivity (Salinity), Temperature Turbidity, Chlorophyll fluorescence |
| | Atmosphere | NO _x , SO ₂ , O ₃ , Aerosol |

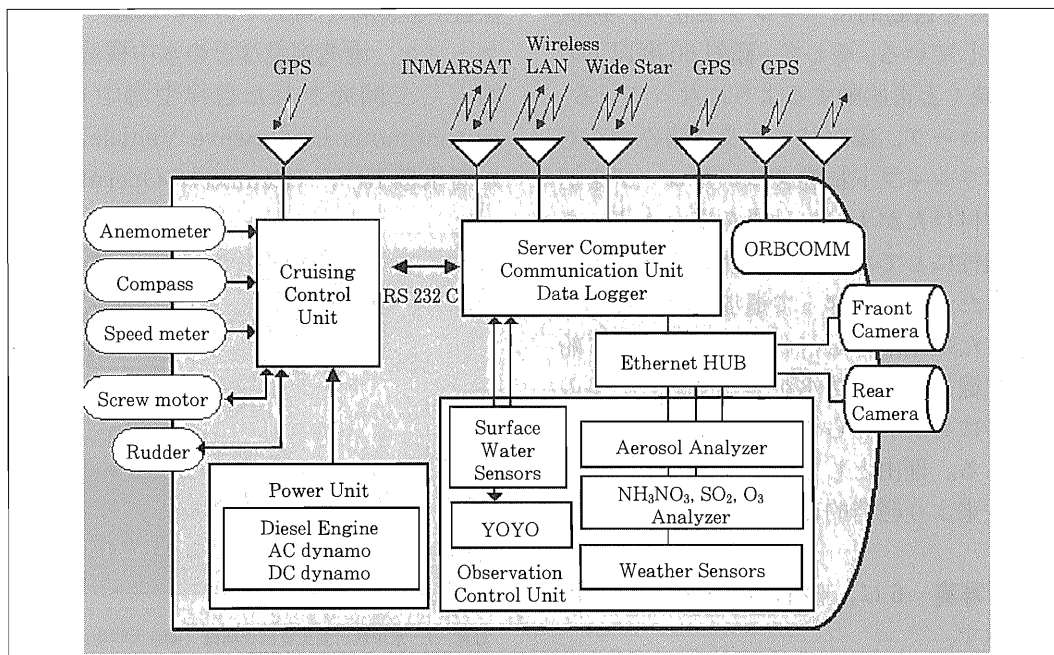


図-6 外洋型小型無人船のシステム構成 (ヤマハ発動機株式会社)

決定された全長 7.99 m の船体は、セールボートの型を使っている。推進システムはシリーズハイブリッドであり、推進モータは DC マグネットモータである。推進用と観測機器用の電力を確保するためディーゼルエンジンを搭載して DC 24 V 及び AC 100 V の発電機を駆動している。燃料は 1,400 L で 700 時間の連続運転が可能である。船内は Bulkhead で 3 区画に仕切られ、船首部は大気分析機器とコンピュータ、中央には海水分析機器、船尾区画には発電機とバッテリー等の動力関係が設置されている。

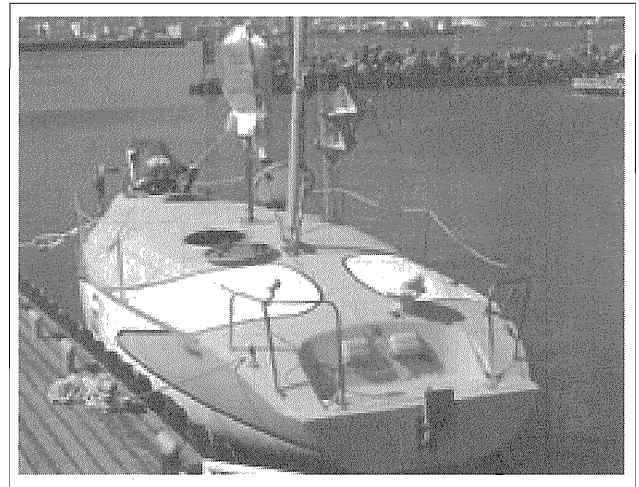
位置の通信機能が途絶えると撤収が不可能になるため、通常は日本海沿岸 200 マイル以内で利用可能な Wide-Star (4,800 bps)、非常用として INMARSAT (2,400 bps)、すべての機能が停止して漂流状態となっても位置だけは監視できるように独立したバッテリーを電源とする GPS 装置付きの ORBCOMM 通信システムの 3 種類の衛星通信システムを搭載している。その他、港への出港や入港時など伴走艇から手動操縦できるように無線 LAN を搭載している。

マストには前方と後方を監視するため Web カメラを備え、この画像を通信システムを通してリアルタイムに地上でモニタできる。

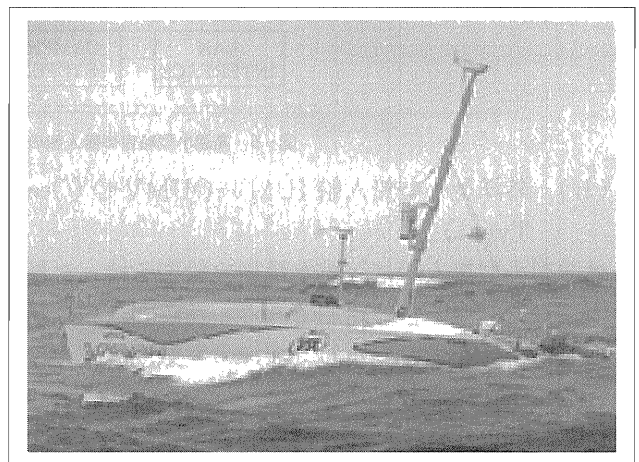
ステアリングシステムは、通信制御部から Way Point の指示を受取り、GPS による現在の位置と比較し舵を制御する。Way Point に到達すると (Way Point は、通常半径 50 m の円に設定している) モータの回転を停止して漂流状態に入る。そして、この円を外れると自動的にモータを回転させ再度舵を制御する。荒れた海で船のローリングが大きい状態でエンジンを運転するとダメージの可能性があるので、傾斜角度が 60 度を超えると自動的にエンジンを止め、漂流状態になるようにしている。そして、傾斜 60 度以下の状態が 10 分以上続くと再始動するようになっている。

漂流中の魚網やロープ、藻がプロペラに絡みつく対策として、プロペラシャフトに巻きついたロープを切断するカッタを取付けたが十分な効果を果たさず、多少の速度性能を犠牲にしてプロペラ全体を取囲むケージをつけて対処した。運用に伴って追加される計測機器や艙装を想定した電気配線も行われている。特に船内から船外への配線は完全な防水が必要である。その他細かなトラブルにもかかわらず、この船のユーザの評判は好意的である。理由として台風や荒天の中を生還した実績や、従来より経済的に観測ができた、等が挙げられる。

写真—5 および写真—6 に、停泊中と航行中の外洋型小型無人船を示す。



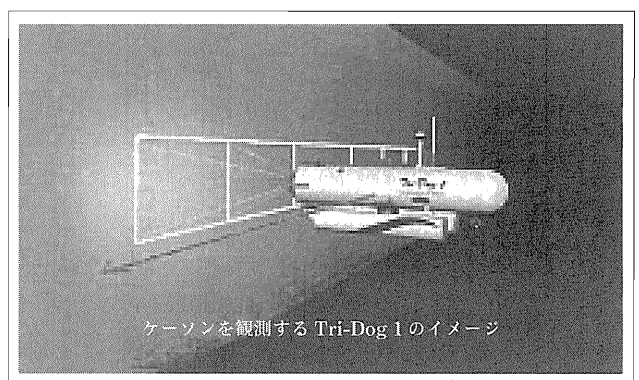
写真—5 外洋型小型無人船 (停泊中/ヤマハ発動機株式会社)



写真—6 外洋型小型無人船 (航行中/ヤマハ発動機株式会社)

(4) 水中航行型災害調査機械

地震などによる地殻変動、火山活動、気候変動などの調査に、地表面積 70% を覆っている水中や水底の探査や観測は不可欠である。写真—7 は、ダムの水門、ケーソン、港湾施設などの水中構造物の監視などを目的として開発された自律型海中ロボット (AUV: Autonomous Underwater Vehicle) である。有索無人潜水機 ROV (Remotely Operated Vehicle) とは



写真—7 水中航行型災害調査機械 (東京大学生産技術研究所・浦研究室)

異なり、動力供給や情報授受用のケーブルを持たないため、障害物に絡むことなく、水中を自由に動き回り、対象物に近づいて海底や水中構造物の観測を行う。観測対象物までの距離と角度値は、搭載したレーザポイントの反射点を CCD カメラで確認し、反射点と対象物間の距離を計測するアクティブセンシングに拠っている。表一7 に、水中航行型災害調査機械の仕様例を示す。

表一7 水中航行型災害調査機械の仕様例 (Tri-Dog/東京大学生産技術研究所・浦研究室)

| | |
|------------------|--|
| Length over all | 1.85 m |
| Breadth over all | 0.58 m |
| Depth | 0.53 m (0.90 m including antennas) |
| Dry weight | 170 kg |
| Operating depth | max 100 m |
| Maximum speed | 2 knots |
| Duration | 2 h |
| Structures | Aluminum Pressure Hulls (Main cylinder×1, Battery cylinder×2) |
| Actuators | 100 W Thrusters×6 (Rotation, Amp. feed back) |
| Processors | Intel Pentium MMX 233 MHz×3 (High level, Low level, Vision) |
| Sensors | Attitude and Heading Reference System Doppler velocity log Electromagnetic flow meter Pressure sensor (Depth sensor) Real-time kinematics GPS Acoustic ranging sensor×8 CCD Camera with pan & tilt mechanism |
| Communications | Transponder wireless LAN 430 MHz wireless modem for RTK-GPS |
| Lights | 24 W Arc lamp×2 |
| Batteries | 25.2 V Ni-Cd battery 20 Ah×4 |

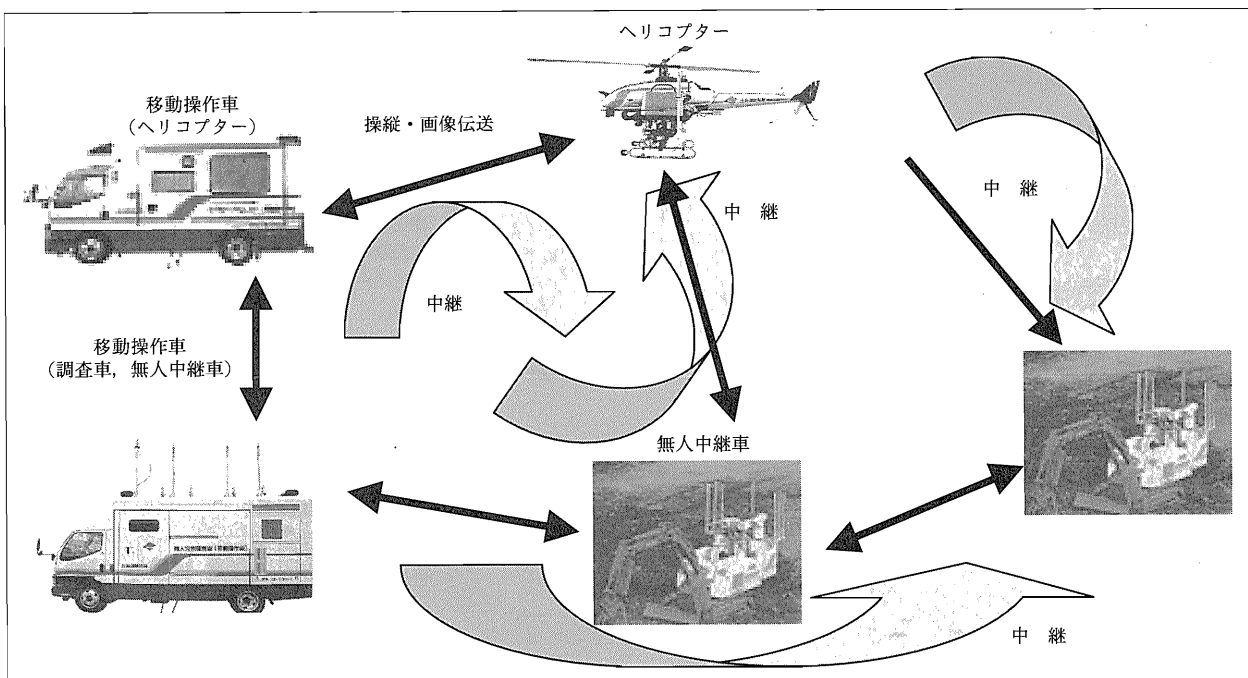
水中バックホウの研究では、水中超音波トモグラフィーによる対象物の立体視などの情報を基にロボットの運動を制御する研究も行われている。

4. 空・陸・海の連携に向けた展望

2000年3月の有珠山噴火災害に際し、広域・長期間の立入り規制により災害対策に必要な調査に支障を来たした。この経験を基に、国土交通省北海道開発局は、無人調査車両2台と無人ヘリコプタ2機で構成される「災害調査機械」を2001年3月に導入した。災害発生時に速やかに、陸・空両面から被災地調査を行い遅滞のない対策行動を行うためである。

現状では、陸・空の調査システムは独立しており、調査行動中の情報交流は無い。図一7のシステムは、両調査システムを無線 LAN で接続したものである。基地（移動操作車）2台を含めた6台の移動体が全て中継機能を持ち、相互に連絡し中継しあえば、電波断の懸念なしに広域な調査を実施できる。調査過程での情報の共有によって相互補完しつつ、無駄のない高度な情報収集も可能である。

無線 LAN の使用例として、国土交通省関東地方整備局利根川水系砂防工事事務所が2003年度に施工した、谷沢川水系での無人化施工がある。現場全体に有線と無線を組合わせた LAN を敷設して、8台の建設機械の統合管理を行った。従来、建設機械毎に割り当てていた電波の共有によって、中継や無線エリアの切替えを含め、3波の電波で全機械の制御信号の双方向



図一7 無線 LAN による陸・空の連携システムへの展開例

伝送を行った。当初は、機械搭載カメラや現場に敷設したカメラの映像も同一電波での伝送を想定して予備実験も行ったが、8カ月の工期の間でそこまでの展開は試みられていない。LANシステムの更なる展開として、防災等用に敷設した既設の監視用映像、センサ、通報システムなどと連係した広域の情報共有も想定したが、十分な未来展望の検討を行うに至らずに無人化施工は完了した。無線LANは、新潟中越地震の救援活動時に問題となった混信などによる通信障害を回避する手段、限られた電波資源を有効に利用する手段でもあり、利用システムの研究継続を期待したい。図一7に、北海道開発局保有の無人調査機械を例とした無線LANによる陸・空の連係システム例を示す。

5. おわりに

建設機械ロボット化に向けた組織的な研究が始まっているが、空陸海の小型移動体の分野では、自律移動と調査・監視作業の自動化研究が先行している。これら小型移動体の無人化技術には、建設機械の無人化に



写真—8 無人ダンプトラック研究用スケールモデル
(新キャタピラー三菱株式会社)

供せられる共通的なセンシングや制御技術が多く含まれている。これら新技術の転用によって、建設ロボット化の実現を早めることができる。

写真—8は、新キャタピラー三菱株式会社が、1982～1989年に実施した、オフロード型大型ダンプトラックの無人走行開発の過程で使用した基礎研究用のスケールモデルである。超小型のシミュレーションモデルを用いて最適走行制御や障害物回避の手法研究を行う、低コストで効率的な実験環境を創出した。

JCMA


《参考資料》

- 1) 増田裕・柳原序・今井浩久・佐藤彰(ヤマハ発動機(株))：「無人システム最近の開発状況」, ヤマハ発動機(株)技術資料, 2004
- 2) M.W. McKee: 「VTOL UAVs Come of Age: US Navy Begins Development of VTUAV」, The American Helicopter Society (AHS) International
- 3) 野波健蔵(千葉大学)：「3.3.3. 自律型クローラ・レグロボットと自律型ラジコンヘリコプタによる被災地支援システムの開発」 pp. 244-271
- 4) 千葉誠・熊井敬明・吉住年行・鈴木昭彦：「ITを活用した無人調査機械の開発」, 建設の機械化, pp. 49-54, 2002.3
- 5) 久武経夫：「ロボット技術特集—CONET 2003 アカデミーロボットの開発状況—大学など公的機関における建設ロボット研究—」, 建設の機械化, pp. 44-51, 2004.1
- 6) 上瀧實・増田稔, 他：「ムバコンによる自律型空間情報の試み」, 電気学会(函館)発表予稿集, 2003年5月
- 7) 増田稔：「自律型測深システム「自動バルーガ」の開発」マリンボイス, 21巻, No. 225, pp. 11-13, 2002
- 8) 高田知典・掛橋孝夫：「飛行船型バルーンとデジタルステルカメラを用いた空中写真測量システムの開発」, 建設の機械化, pp. 17-22, 1995.8
- 9) 永田隆・志村靖彦・宮里剛・秋田徹：「ラジコンパラシュート飛行機によるリモートセンシング」, 骨材資源学会誌, 1989年, pp. 20-22
- 10) 山崎文雄：「自然科学研究科都市環境システム専攻博士前期過程 都市システム構造解析特論, 第5回リモートセンシングによる災害把握講義資料」2004.5.18
- 11) 近藤逸人・浦環・能勢義昭：「自律型海中ロボット“Tri-Dog 1”の設計とミッション」, 生産研究, Vol. 52, No. 5, pp. 243-246, 2000.5

【筆者紹介】

久武 経夫(ひさたけ つねお)
株式会社インロード・ネット
代表取締役
システムテクニカル株式会社
社長
(<http://www.systemtec.co.jp/>)




 ずいそう

Bauma China 2004 視察記

佐藤 由之



とにかく人、人、人である。どこを向いても人だらけである。Bauma China 2004 は機械も数多く展示されていたが、人間はもっと多かった。

世界的規模の建設機械展示会である Bauma は、2002 年に中国上海をその開催地として選んだ。初回に続いて今年開催された Bauma China 2004 を視察するチャンスを幸運にも頂いて、11 月 15 日から 4 日間、上海を訪れてきた。

今回の Bauma China 2004 は、最近完成した郊外の上海新国際博覧中心（日本流に言えば上海新国際展示場）での開催となったが、2002 年の前回と比較すると展示面積で 2 倍以上の広さとのこと。因みに出展社数は 27 ヶ国から約 700 社（殆どが中国のメーカー）で 1.6 倍増、来場者は 100 ヶ国から約 5 万人が訪れてこれは 1.5 倍増だそうだ。この数字だけでも大盛況だったことがお分かりかと思う。いずれにしても、これから国土の大開発が更に進むことが明白である中国の地で建設機械の展示会を開催したことは大成功だったであろう。

さて、Bauma China 2004 であるが、先ずは会場入り口から圧倒された。繰り返すが、とにかく人、人、人…。団体で訪れた我々は入場パスを事前申し込み済みだったが、それでも入場までに 30 分以上を費やしてしまった。中へ入ると、当然ではあるが先ずはキャタピラー社ブースへ一直線。見覚えのあるロゴマークを目指して人ごみを掻き分けて進んだ。見慣れたキャタピラーイエローの油圧ショベル、ホイールローダ、ブルドーザ達ではあるが、異国の地で見るとまた違う味わいがある。展示は油圧ショベルが中心だったが、ローラー等道路工事用機械も展示されていたのは道路建設が急ピッチで行われている中国ならではのであろう。同業他社のブースもしっかりチェックしたが、やはり油圧ショベルを重点的にアピールしているようだ。

キャタピラーブースでは、他社ブースでも同様だが、大勢の人がロゴマーク入りのバッグやカタログをもらう為に長蛇の列を作っていた。現地ガイドや現地法人の方にこっそり聞くと、実は建設機械に係わらない中国人も多数来場していたそうだ。彼らは最近多く開催されるこのような展示会に来ては、カタログやノベル

ティグッズを集めるのが好きらしい。

展示会では大型機械は屋外で展示されており、小型機械や油圧機器等は屋内展示だった。屋内展示場には、その他にも操作レバー、コネクタ、IC 部品、電気コードが並び、さながら秋葉原の裏通りのようだった。また場内は、日・米・欧の大手メーカーを除くとほとんどが中国のメーカーなのだが、アレっと思う機械も見つかった。その訳は…、似ているのである。形が、デザインが、とても似ているのである。勿論、性能は大きく違うはずだが、キャタピラーを含めた大手メーカーの機械に似ているそっくりな製品が堂々と並んでいた。さすが中国というか、いろいろな意味でスケールの大きい国なのだろう。

ここで Bauma China 2004 以外の上海についても少し記したい。4 日間滞在してみて驚いたのは、お金は何処でも、何を買うのでも日本円が通用したことだ。更に言えば、ものを買ったり、飲んだり、食べたり、いわゆる観光的スポットでは日本語が大体通じるのである。彼らは、英語は話せないようだが日本語は結構話せる。考えてみれば、これも日本人が数多く中国を訪問していることの表れか。交通事情に関しては、経済発展に伴い急増する乗用車に対して道路施設が追いつかない為、激しい渋滞が多かった。最も混んでいる時の東京の首都高速と同じかそれ以上の渋滞であり、市内では朝夕の移動は時間が読めない状況だ。もっとも信号が少ないのと、車も人も自転車も信号や交通ルールをあまり守らないことも渋滞の大きな要因だった。高速道路も拡張中で、上下 4 車線のある路線は 8 車線へと広げる工事を行っていた。いきなり倍増させるのも、これまた中国らしい。

僅か 4 日間の滞在だったけれど、このスペースでは表現しきれないほどたくさんの要素を持った街だと感じた。近代的な超高層ビルが立ち並ぶそのすぐ横の路地では、まだ昔と変わらぬお店があったりする。その中でこれから発展していく街のエネルギーだけは確かなものであった。短期間で大きく変わるであろうこの街は、近いうちに再び訪れたいと思わせる場所だった。

—さとう よしゆき 新キャタピラー三菱株式会社直販部—

ずいそう

私とゴルフ

沖口明香



夏が終わり、気候がなんだか秋めいて来ると、ここ数年の私のイベント事は、ゴルフと温泉です。

といっても、年に1回だけ、とあるゴルフコンペ（その後に温泉…）に参加することなんです。縁あって4年間続いています。

今年も、つい先日の平成16年11月19日～20日にかけて佐賀県多久市の「天山CC」で開催されましたこのゴルフコンペに参加してきました。

この日は天候にも恵まれて、晴天の秋空の下、楽しくグリーンをまわってきました。

写真でもわかりますが、メンバーは、男性の方ばかりで、私の卒業しました佐賀大学理工学部建設工学科・土木工学科（現在は、都市工学科）の大先輩方です。

このコンペは、上記学科の同窓会「楠志会」が年に1回開催している「楠志会ゴルフコンペ」で、コンペとしては、昭和63年から始まって今年で第17回目になるとのことです。大学の先生が提案されて当初始まったこのコンペは、参加メンバーも、第1回生（昭和49年卒業）の先輩から、第16回生（昭和64年卒業）の先輩まで、幅広い年齢層の方が集まっています。顔ぶれは過去の参加者が中心となっていて定着化しているようですが、そんな大先輩方の中、私も4年前から、その中に参加させて頂いています。ただ、ゴルフ

で参加したのは、今年で2回目で、その前までは、ゴルフの後に行われる懇親会にだけ顔を出させて頂きました。

私と大学の先輩方との縁は、仕事での繋がりが当初のきっかけですが、その後、先生との同窓会に何度となく声をかけて頂いて、現在に至っています。

その先輩方に声をかけていただいて、去年からほんの軽い気持ちでゴルフを始めましたが、コースをまわるのはまだまだ無謀と言われながら、先輩方の好意で出させてもらっています。ゴルフは、これからまだまだ上達させて、是非先輩方と対等にプレーするようになるのが目標ですが、このコンペでは、それ以外で、大学の先輩方と交流できるのを楽しみとしています。

ゴルフを始めて、そういった先輩方との出会いが増え、それ以外での出会いも増えたことは本当に良かったと思っています。

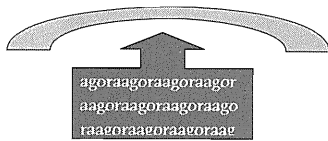
また、自然の中で、日常を離れた空間でスポーツできるので違った楽しさがあります。

いろんな方との出会いを大切に、これからもゴルフを続けていきたいと思っています。

—おきぐち さやか 株式会社東亜コンサルタント技術部主任—



写真 「楠志会」メンバーの方々と一緒に



レスキューロボット「援竜」

高本陽一

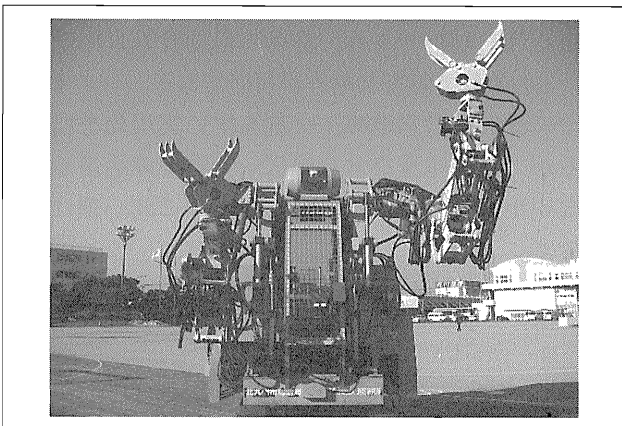
地震や台風等の災害が多発する昨今、様々なレスキューロボットの必要性が高まっている。そのような背景から株式会社テムザックが北九州市消防局、独立行政法人消防研究所等と協力して開発したのがレスキューロボットのプロトタイプ「援竜」である。ここでは援竜の性能と機能、さらに国際消防救助隊と共同で行った訓練についても説明する。
キーワード：レスキューロボット、地震、二次災害、双腕、国際消防救助隊

1. レスキューロボットの現状

レスキューロボットとは、地震等の天災、火事、事故等の人災等、多くの災害の場においてなんらかの形で活躍することのできるロボットである。レスキューロボットはロボットという特性からレスキュー活動において二次災害の可能性を減少させる。危険な場所への無線を用いた遠隔操作による救助、探索活動は災害現場での要救助者探索が容易になり、瓦礫等の撤去により要救助者までの道を作ることも可能である。

2. テムザックの取組み

株式会社テムザックは「防災ロボット開発会議」のメンバーの北九州市消防局、独立行政法人消防研究所、京都大学などと協力して災害現場での救急救助活動を



写真—1 力強いレスキューロボット「援竜」の勇姿

行う大型レスキューロボット「T-52 援竜」(写真—1)を開発し、2004年3月25日東京都三鷹市の独立行政法人消防研究所にて公開した。

援竜は2000年に発表した水圧駆動方式の大型遠隔操作ロボット「T-5」の後継機にあたる。地震などによって建物が倒壊した現場には、鉄骨や木片、コンクリート塊など、さまざまな瓦礫が積重なる。その下に挟まれたり、閉じ込められたりした人(要救助者)を救出するためには、迅速かつ的確に瓦礫を撤去しなければならない。T-52 援竜はこういった災害現場での力仕事を目的として開発された。

3. 援竜の特徴

T-52 援竜の大きさは、高さは3.45m、全幅約2.4m、重さ5tと世界最大級のレスキューロボットである。援竜の最大の特徴は、長さ6mの2本腕である。これにより人間と同程度の作業を行うことが出来る。

腕部の関節は左右に8箇所ずつあり、片腕で500kg、両腕で1tのものを持つことができる。

動力源としてはディーゼルエンジンを搭載しており、各稼働部で必要とする電力もディーゼルエンジンの発電で供給される。移動はキャタピラで行い、最高時速約3kmでの走行が可能である。

援竜の操作方式は2種類である。第1は、操縦者が援竜に搭乗して運転する方法で、第2は、2次災害の恐れがあり人が近づくことができない危険な状況でも対応できるようにした、マスタースレーブ方式での遠隔操縦である。マスタースレーブ方式の採用により操

表一 T-52 援竜スペック

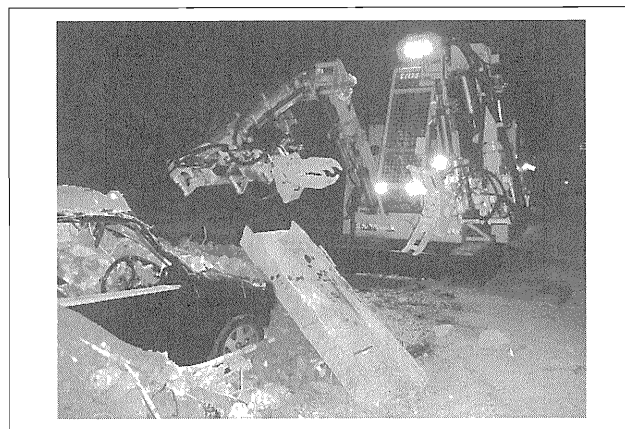
| | |
|---|--|
| ■援竜本体 <input type="checkbox"/> 寸法・重量 全高約 3.45 m 全幅約 2.4 m (左右腕部全開長約 10 m) 全長約 3.5 m 総重量約 5 t <input type="checkbox"/> 動作自由度 頭部 1 頭部カメラ 1 腕部 14 (7×2 腕) 手部 2 (1×2 腕, 把持力 5 t) 胴部 1 排土板部 1 走行部 2 (1×2 部) 計 22 自由度 <input type="checkbox"/> 駆動方式 油圧駆動方式 <input type="checkbox"/> 油圧接地圧力 250 kg/cm ² 210 kg/cm ² 140 kg/cm ² 100 kg/cm ² <input type="checkbox"/> 動力源 水冷 3 気筒直噴式エンジン (上半身の制御, 走行部等, 各稼働部の動力源はディーゼルエンジンを搭載し発電も行うため, 燃料がなくなるまで稼働可能) | <input type="checkbox"/> 走行機能 クローラ (キャタピラ) 仕様 走行速度: 最高約 3 km/h <input type="checkbox"/> 撮影機能 有効 68 万画素 CCD カメラ×9 頭部 1, 胴部 6 (前後各 1・左右各 2), 腕部 2 (左右各 2) 暗視カメラ (ズーム機能付き)×1 <input type="checkbox"/> カメラモニタ 液晶カラーディスプレイ×7 <input type="checkbox"/> 操作方式 乗用操作+遠隔操作両用 ■遠隔操縦装置 <input type="checkbox"/> 寸法・重量 全高約 1 m 全幅約 1.2 m 全長約 1.8 m 総重量約 120 kg <input type="checkbox"/> 操作方式 マスタースレーブ方式 <input type="checkbox"/> カメラモニタ 分割表示式液晶カラーディスプレイ×2 液晶カラーディスプレイ×1 <input type="checkbox"/> 通信 SS 無線方式, 簡易携帯電話 (PHS) |
|---|--|

縦者の腕の動きをそのままロボットに伝えることが可能で, より人間に近い動作ができる。遠隔操作装置は全高約 1 m, 全幅約 1.2 m, 全長約 1.8 m, 総重量約 120 kg で軽トラックの荷台に乗るサイズで移動させることができる。操作装置のアームの重さで操縦者が疲れないうよう, エアシリンダを使ったロック機構も搭載した。動かす必要のない部分を固定することで, 操縦者の負担を軽減している。

遠隔操作の場合は, 現場の状況をリアルタイムに把握する必要があるが, 援竜は頭部, 胴部, 腕部など体の各所に CCD カメラを 9 個搭載しており, 操縦者はモニタに映し出される各部からの画像を見ながら操縦することができる。遠隔操作装置とロボット本体との間の通信は SS 無線と PHS が用意されており, 約 150 m 以内の距離であれば SS 無線, また PHS であれば全国どこにいても操縦が可能である。

4. 消防救助隊との合同訓練

テムザック社は北九州市消防局と連携しながら援竜の改良を進めている。2004 年 12 月 9 日, 10 日, 北九州市消防局主催の国際消防救助隊訓練の現場で, 性能テスト, 救助訓練を実施した (写真一2)。この訓練ではビル解体現場 (北九州市戸畑区) を地震災害現場と想定し, 救助隊員が一昼夜 (24 時間) ローテーション活動により救出活動を行った。



写真一2 援竜は救助隊の現場訓練で実力をフルに発揮した

訓練に向けて, 援竜に 3 点の改良を加えた。

- ① 両手先のアタッチメントをグラップルタイプに変更することで, 瓦礫の除去等を効果的に行うことが可能になった。
- ② 遠隔操作装置にジョイスティックでの操作方式を追加することで, マスタースレーブ方式に比べ, より繊細な操作を行うことが可能になった。
- ③ 頭部にズーム機能付き暗視カメラを搭載することで, 夜間の作業もスムーズに行うことが可能となった。

これらの変更点の動作確認, 及び性能テストを訓練の中で実施し, 更なる改良のための情報を収集することができた。また, 土砂や鉄骨等に埋まった車両からの救助訓練では, 災害救助犬が要救助者を見出し, 鉄骨や瓦礫等の障害物を援竜が除去し, 救助隊員が救助活動を行った。

実際に救助隊員と連携し, 災害現場に近い状況での訓練を行うことで, 各部分に必要な強度や作業に適した大きさ等, 有用なデータを得ることができた。

5. まとめ

レスキューロボット「援竜」は建設機械に近いものではあるが, 双腕であり, 各腕の自由度も大幅に多いため, より柔軟で繊細な動作が可能である。レスキュー活動での改良を鋭意進め, 一刻も早い実用化を目指しているが, 建設産業を含む幅広い分野での活用も可能ではないかと考えている。読者諸賢のご関心頂ければ幸いです。

JICMA

【筆者紹介】

高本 陽一 (たかもと よういち)
 株式会社テムザック代表取締役社長
<http://www.tmsuk.co.jp>

長井ダム見学会報告

建設業部会

1. はじめに

建設業部会主催の見学会として、2004年9月29日(水)、西上部会長以下19名の参加で長井ダム工事現場を見学しましたので以下に報告します。

長井ダムは、朝日山系の平岩山(標高1,609m)を源とする最上川山系左支川置賜野川に建設が進められているもので、洪水調節、河川環境保全等の流量確保、かんがい用水、水道用水の供給、発電を目的としているダム建設工事です。この工事の施工特徴は、RCD工法を採用する事で、工期の短縮と費用省力化が行え、経済的なダムを建設する事が出来ます。

2. 長井ダム工事の概要

長井ダムは、山形県長井市最上川水系置賜野川の平野地区に建設施工中です。

ダムに使用される骨材はダムサイトより1km上流の骨材採取エリアから採取されています。ダム建設地点は急峻な地形のため、コンクリート製造設備をダム天端に設置すると広範囲な掘削と伐採が生じます。

長井ダムでは自然を出来るだけ改変しないよう、ダムサイト直上流の河床に製造設備を設置してあります。

ダム施工は、RCD工法で施工されています。又、国土交通省直轄工事として初めてテルハ型クレーンを開発導入し、コンクリートの運搬はもちろん、大型重機の搬入にも威力を発揮しています。

ダム構造物本体の特徴は、洪水調節を自然調節方式(ゲート無構造)としている点です。人為的なゲート操作の必要が無く、ダムの維持管理面コストの軽減が図れるような構

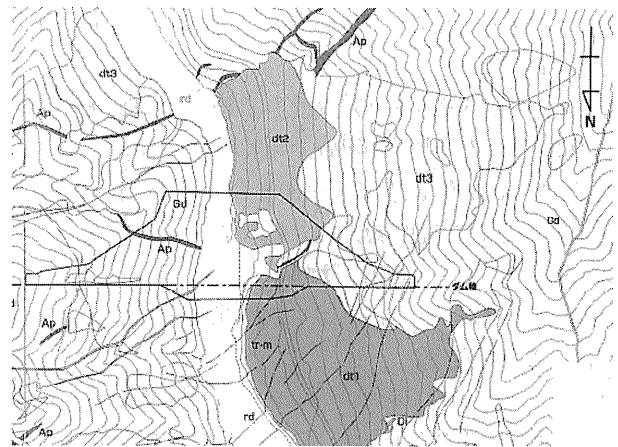


図-1 地質横断面図

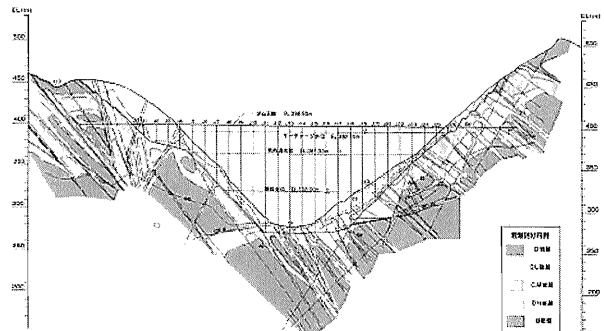


図-2 地質縦断面図

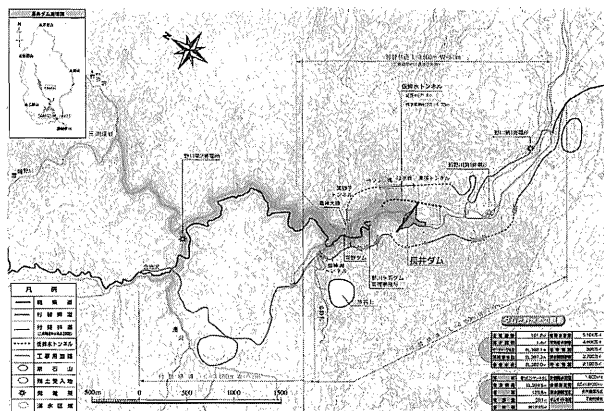


図-3 現場概略図

造を採用しています。

地質概要は、ダムサイトには白亜紀から古第三紀にかけて貫入した新期花崗岩類に属する花崗閃緑岩(Gd:野川型花崗閃緑岩)が広く分布しています。表層部は部分的に崖錐で覆われています。花崗閃緑岩の表層はマサ土化しており、特に左岸側で厚く分布しています(図-1, 図-2, 図-3)。

断層系はE-W系で傾斜約60°Nの高角度のものが卓越しています。断層沿いには部分的に深度部まで岩級の低い部分や高透水部分があります。堅岩部は節理面等の割れ目が発達しているものの、堅硬であり、岩盤として高い強度です。また花崗閃緑岩は、閃緑岩(Di)の捕獲岩を含み、

さらにほぼ同時期とみられるアプライト (Ap) の岩脈が点在しています。

工事名称：長井ダム本体建設第1工事 (第1期, 第2期)

工事場所：山形県長井市平野, 寺泉地内

工 期：2000年3月25日～2008年2月28日

企 業 者：国土交通省東北地方整備局

施工業者：ハザマ・前田・奥村 JV

3. 工事内容

本工事の主要な工事内容は以下の通りです。

型 式：重力式コンクリートダム

堤 頂 標 高：EL. 398.5 m

ダ ム 高：125.5 m

堤 頂 長：381.0 m

堤 頂 幅：11.5 m

堤 体 積：約120万 m³

R C D 工 法：104万 m³ (EL 273.0～EL 379.0)

拡張レーア工法：9万 m³ (EL 379.0～EL 398.5)

長井ダムの堤体打設は、RCD工法を採用しています。コンクリートの発熱を抑制するためセメント量を最小限にした超硬練りコンクリート (スランプ0 cm) をブルドーザで敷均し、振動ローラで転圧して締固めます。ダムは1平面を複数に分割して、1 m ずつ打上げていきます (リフト厚1 m)。又、15 m 毎に設置する横継目には振動目地切り機で亜鉛引き鉄板を挿入します。

4. 機械設備

本工事で使用されている機械設備は、コンクリート製造設備、コンクリート運搬設備、濁水処理設備、RCD工法用機械設備、拡張レーア工法用機械設備などから構成されています。以下、主な設備の概要を列記します。

(1) ハザマクライミングリフト (写真—1, 写真—2)

① 仕様

吊上げ能力：32 t (フック重量 2.5 t)

作業範囲：中心点より左右 15 m

巻上速度：70 m/min

巻下速度：130 m/min

横行速度：100 m/min (往路) 150 m/min (復路)

巻上電動機：450 kW×6 P (インバータ)

横行電動機：22 kW×4 P 2基 (インバータ)

運搬能力：最大時 220 m³/h

② 特徴

大容量の高速運転が可能であり、吊上げ、横行の2次元



写真—1 ハザマクライミングリフトバケット (9 m³) 揚重状況



写真—2 ハザマクライミングリフト (32 t)

動作により自動化が容易です。又、築堤高が高くなるたびに6 mの中間マストを継ぎ足しながら、ダムの築堤高さに追従してクライミングします (リフトアップ)。リフトアップはストロークの長い4本の高性能油圧シリンダを用い、220 tの本体をクライミングさせます。

又、RCD工法用の25 tダンプトラック、振動ローラ、ブルドーザ等の重機を運搬入する際、揚重機として使用されています。

(2) バッチャープラント (写真—3, 写真—4)

① 仕様

製造能力：180 m³/h (×2基)

機 能：二軸強制練り

4.5 m³ (RCD 3 m³)×2型/基

骨材引出し設備：ベルトコンベヤ方式

W=1050 mm, L=345 m

セメント設備：500 t×2基

フライアッシュ設備：300 t×2基

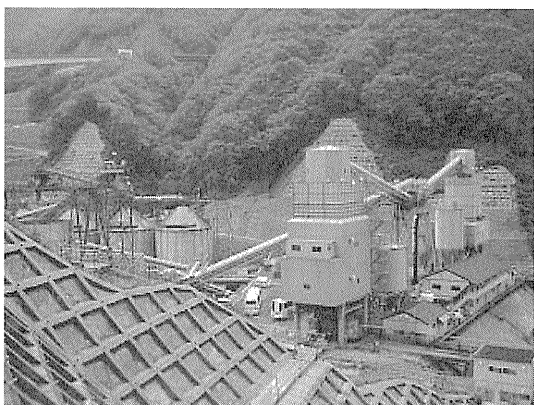
クーリングプラント：80～90 JRT×2基

温 水 設 備：500,000 kcal/h×2基

最盛期時の1回当たりコンクリート打設量は3,000～5,000 m³であり、約15時間～24時間で打設を行っています。練上げられたコンクリートは、バンカ線上の自動化され



写真-3 バッチプラントオペレーションルーム

写真-4 バッチプラント (180 m³/h)×2

たトランスファカーにて運搬され、ハザマ・クライミングリフトにて堤体まで運搬されます。コンクリート製造からトランスファカー運転まで集中操作室で制御しており、作業員が粉塵、騒音から解放されました。又、堤体内の埋設される構造物（通廊やエレベーターシャフト部）を全面プレキャスト化する事で施工の合理化が行われています。

(3) 基礎処理工機機械設備

① キッツキ (写真-5)

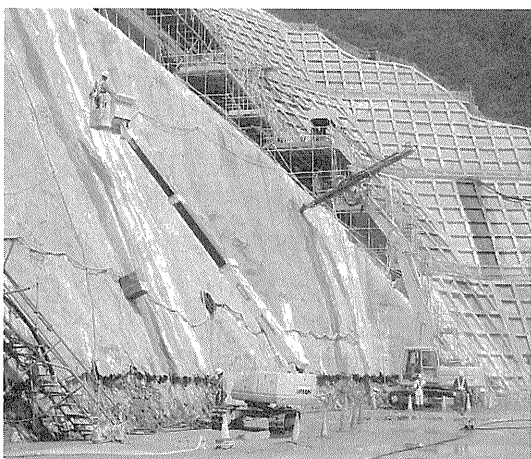


写真-5 高所ボーリングマシン (キッツキ)

急勾配斜面部でのコンソリデーショングラウチングの削孔に高所ボーリングマシンを採用しました。通常コンクリート打設に先行して斜面に足場を組んで施工しますが、この機械の導入によって足場費の削減と削孔者の作業低減が可能になりました。

(4) RCD 工法用機械設備

① 25t ダンプトラック (運搬) (写真-6)

メーカー：コマツ

規格：HD 255-5

最大積載量：25 t

車両重量：22 t

超固練りコンクリートをハザマクライミングリフトから、打設所定場所まで運搬を行います。

運搬量は、9 m³/回です。



写真-6 25t ダンプトラック

② 16t 湿地ブルドーザ (敷均し、転圧) (写真-7)

メーカー：キャタピラー三菱

規格：D6M

運転重量：16 t

運搬された超固練りコンクリートを1層 20 cm から 25 cm として、16 t 湿地ブルドーザで敷均し (転圧) を行いながら、1 m の厚さに整形します。



写真-7 16t 湿地ブルドーザ

③ 振動目地切り機 (写真—8)

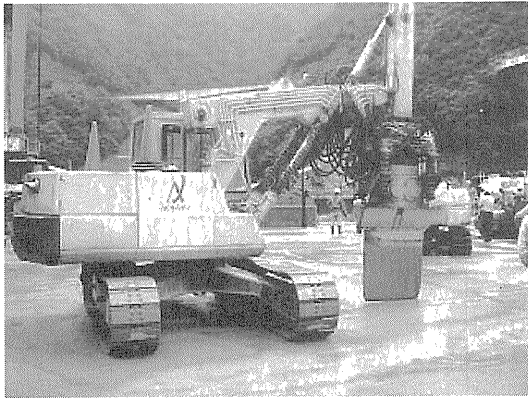
メーカ：コマツ

規格：PC 120-3

起振力：26 t

切込み深さ：1,100 mm

ダムは15 m毎に横継目(ブロックジョイント)を設けますが、RCD工法では複数ブロックをまとめて打設するため、ブルドーザで敷均しを終えた直後に振動目地切り機で15 m間隔で垂鉛引き鉄板を挿入します。



写真—8 目地切り機

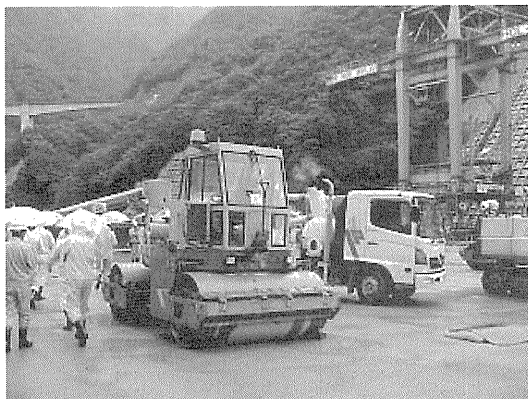
④ 10 t振動ローラ (転圧・締固め) (写真—9)

メーカ：酒井重工業

規格：SD 451

運転重量：10 t

ブルドーザで1 mに敷均した表面から振動転圧を繰り返します。



写真—9 10 t振動ローラ

⑤ 7 t章動ローラ (仕上げ転圧) (写真—10)

メーカ：酒井

規格：N3 RD

運転重量：7.2 t

振動ローラで締固めたコンクリートの表面の仕上げに使用します。



写真—10 7 t章動ローラ

5. 環境関連

ダム工事は人間が自然環境に手を加えて、水資源を効率的に使用することで地域の生活、経済、安全に寄与しています。しかし、環境に手を加える事でさまざまな悪影響を生み出していました。

この長井ダム工事は、施工中の環境への負荷を軽減するためにさまざまな取組みを行っています。

以下に取組み状況を報告致します。

① 濁水処理設備

メーカ：楢崎製作所

規格：300 m³/h

シ ッ ク ナ：φ16 m

中和処理設備：10 t CE

脱水機フィルタプレス式：181 m²

置賜野川水系の原生動物、植物等の生態系に影響を与えないように設備が計画され稼働しています。コンクリート打設、ボーリング、グラウチング工事等から発生している濁水を効率的に処理し河川に最終放流されています。

② 伐採木の再利用

長井地域資源活用推進協議会でダム事務所、行政、農業関係者、学識経験者、地域経済関係者により、堆肥化の検討が進められて、処理工場が造られています。現場で発生した伐採材のうち、根、枝葉等はチップ化したのち堆肥化されて、農作物の堆肥に変わります。

③ 環境、生態系の調査 (写真—11)

置賜野川流域一帯での原生林や動植物の生息に関し、昭和63年度～平成元年度に環境調査を行い、平成3年度以降モニタリング調査を実施しています。

④ 野川まなび館の活動

地域住民及び現場見学に来られた人々に、ダム建設の理解と、置賜野川流域の自然と歴史をふれあう広報施設として活動しています。

⑤ その他活動状況



写真-11 置賜川下流状況

- 機械建屋の防音対策
- 塗装色の低明度, 低彩色
- 低騒音, 低振動機械の導入

- 道路のトンネル化, 橋梁化
- 法面緑化
- コンポストによる客土
- 照明は誘虫性の低いナトリウム灯を使用

6. おわりに

今回の見学会は、まさに台風が日本に上陸し山形県を通過する日にあたりました。しかし、現場の職員の皆様（間・前田・奥村 JV, 西松・清水・大豊 JV）の懇切丁寧な案内によって、大変実りの多い見学会でした。

企業体皆様方の益々の御活躍を祈念致しまして報告書の締めとさせていただきます。

（文責：株式会社鴻池組・近藤秀樹）

絵で見る安全マニュアル

〈建築工事編〉

本書は実際に発生した事故例を専門のマンガ家により、わかりやすく表現しています。新入社員の安全教育テキストとしてご活用下さい。

■要因と正しい作業例

- | | | |
|-----------|---------|----------|
| • 物動式クレーン | • 電動工具 | • 油圧ショベル |
| • 基礎工事用機械 | • 高所作業車 | • 貨物自動車 |

A5判 70頁 定価650円（消費税込） 送料270円

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館） Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289

CMI 報告

対面通行トンネルにおける 効率的な換気制御システムの 開発

榎園 正義・佐藤 充弘

1. はじめに

トンネルの換気設備は常用稼働設備であり、トンネルの利用者に対して通行の安全や快適な環境を確保するもので、走行する車両の種類と交通量により連続的または断続的に稼働されるものである。

各トンネルの換気制御方式は、それぞれの諸事情や諸条件により異なるが、国土交通省が管理するトンネルで多く採用されている方式として、フィードバック制御方式と呼ばれるものがある。

このフィードバック制御方式は、トンネル坑内に設置された坑内環境測定装置（煙霧透過率測定装置、一酸化炭素検出装置）による計測値と目標値を比較して、その偏差によって換気機の風量や運転台数を決定するため、リアルタイムな制御ができず換気機の動作遅れが生じて、その結果、効率的な換気制御となっていない。

そこで、このフィードバック制御方式に変わる効率的な換気制御方式（交通予測ファジィ制御方式）を開発したので、実トンネルでの実証実験を中心に報告する。

2. 実験内容

(1) 実験場所

実験場所として、実トンネルで採用事例の多いジェットファン縦流換気方式をフィードバック換気制御方式で運転しているトンネルの中から、トンネル内での作業性やケーブル等の引回しが比較的容易なトンネルとして、兵庫県養父市に位置する一般国道9号の南但馬トンネル（国土交通省近畿地方整備局豊岡河川国道事務所管轄）を選定した。

南但馬トンネルは、吐出口径1,030 mmのジェットファ

ン（通称 JF-1000）が9台設置されている。トンネル延長は、1,224 m でほぼ片勾配（2.3%）である。

ジェットファンの運転台数を決定するための坑内環境測定装置として、煙霧透過率測定装置および一酸化炭素検出装置が両坑口付近に1セットずつ設置されており、また、風向風速測定装置が片側の坑口付近に1セット設置されている。

(2) システム構成

図-1に示すように、既設の換気制御盤と伝送装置の間に実証試験装置を割込むように設置し、その間の通信信号

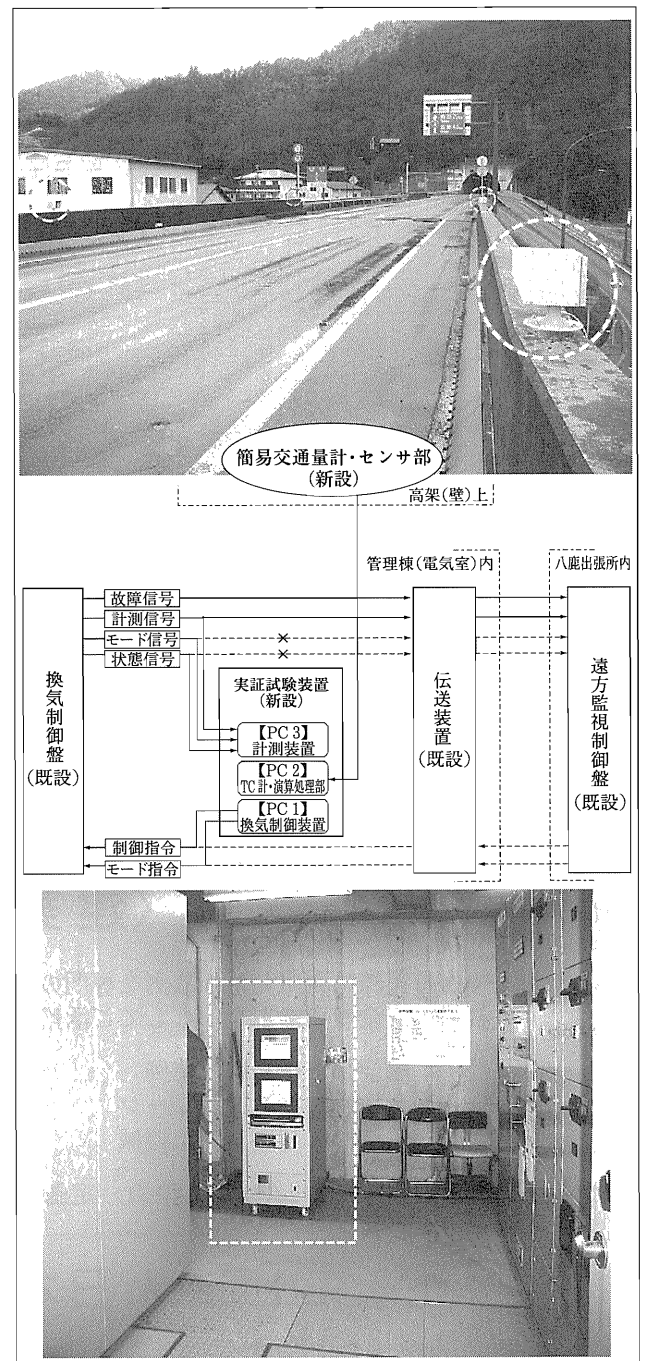


図-1 システム構成

の一部を利用するシステムとした。追加した装置は、管理棟（電気室）内に設置する実証試験装置およびトンネル坑口付近の上下線に1セットずつ、計2セット（センサ4台）設置した簡易交通量計のみである。

簡易交通量計は、側方から超音波パルスを投射して車両を検出（大型・小型、車速）する新たに開発した側方投射タイプである。

この側方投射タイプは、設置工事が路側周辺のみであるため、交通規制を伴うような路面工事が不要で、アーム状構造物の設置工事が必要な上方投射タイプに比べ、センサ部の設置、撤去が容易であり、設置スペースも少なくて済む。

(3) 交通予測ファジィ制御論理

交通予測ファジィ制御とは、汚染（煤煙、一酸化炭素）の発生源である車両の動きに着目し、交通量情報をもとに車速や車両の存在位置を把握し、トンネル内の風向風速、汚染（煤煙、一酸化炭素）濃度分布の現在値と予測値をそれぞれ求め、トンネル内の実態を常時把握して最適な制御出力を行う制御である。交通予測ファジィ制御によるトンネル内の汚染濃度分布イメージ画面を図-2に示す。

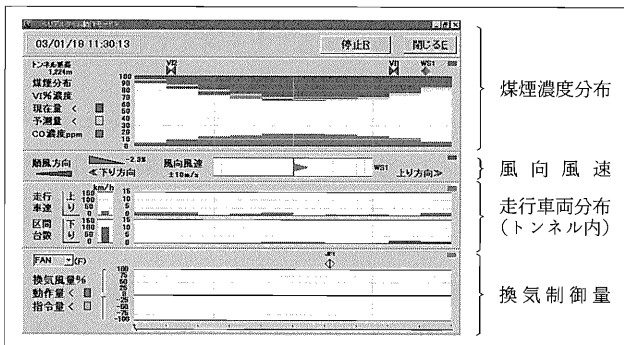


図-2 汚染濃度分布イメージ画面

3. 実験結果

(1) 電力量の削減効果

過去3年間の平均月別電力量に対する実証実験時の電力

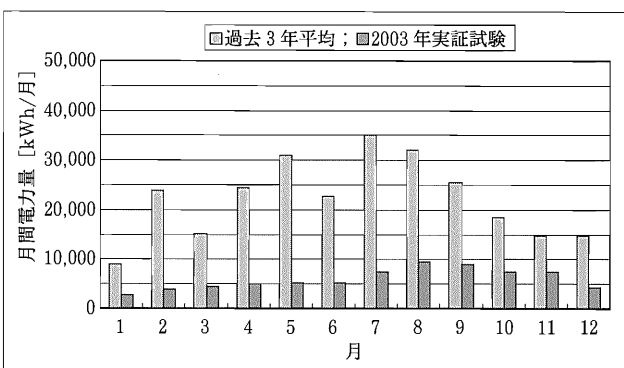


図-3 電力量削減効果

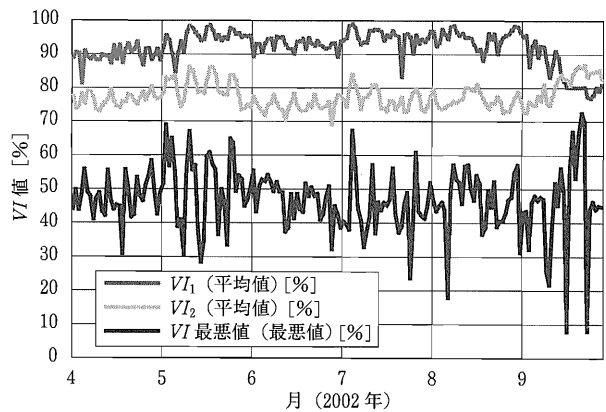
量を図-3に示す。

過去3年平均に比べて実証実験時の電力量は、すべての月で削減しており、従来のフィードバック制御方式に比べて70%程度削減している。

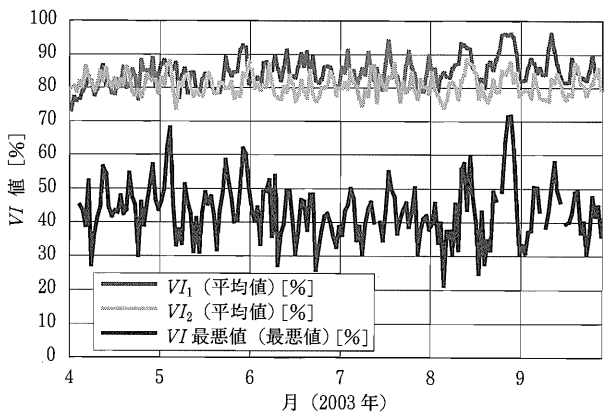
(2) 坑内環境の推移

交通予測ファジィ制御の導入による電力量の削減は確認できたが、坑内環境が悪化しては意味がない。

図-4は、従来からのフィードバック制御と今回の交通予測ファジィ制御におけるVI値の推移を示したものである。



(a) フィードバック制御



(b) 交通予測ファジィ制御

図-4 制御方式の違いによるVI値の推移比較

Visibility Meter（煙霧透過率測定装置）、通称VI計と言う

VI最悪値（日別）を比較すると、坑内環境レベルを落とすことなく電力量を削減できていることがわかる。また、 VI_1 および VI_2 の平均値を見ると、実証実験時の方が両者の差が少ない。これは、トンネル全体を通して坑内環境が同等レベルを維持しているものと考えられる。

(3) コスト削減効果

交通予測ファジィ制御方式を導入することは、ランニングコストの削減のみならず、最大電力の低減による年間の基本料金も削減することができる。

そこで、フィードバック制御時の過去3年間平均使用電力料金と交通予測ファジィ制御時の1年間使用電力料金を比較（換気機のみ）した。その結果、南但馬トンネルでは、1年間に、約425万円（基本料金にかかる削減：約165万円、従量料金にかかる削減：約260万円）のコスト削減になる。

（4）交通予測ファジィ制御の効果理由

交通予測ファジィ制御方式による換気制御状況の結果からみて、換気電力量を従来方式より低減できた理由として、次のようなことが考えられる。

（a）煤煙の挙動

対面通行トンネルでは、上り線および下り線の相反する方向の交通換気風圧や、外気による坑内流動風圧の影響を受けて、坑内風向風速が上り方向となったり下り方向となったりすることにより、煤煙がトンネル中央部付近で、揺れ動きながら堆積してゆく状態となる時間帯が多くなる。

このような状況下で、従来方式のように、トンネルの坑口付近にあるVI計の計測値が低下（悪化）してきてから換気機動作を開始しても、その時点では既に、坑口付近以上にトンネル中央部付近の視環境は悪化しているため、その状態から煤煙を坑外へ排出するためには多大な換気風量が必要となる。

これに対し、今回の交通予測ファジィ制御では、トンネル延長全体を125m毎に分割した全区間の演算VI値で坑内の煤煙濃度分布をリアルタイムに把握しているため、いずれかの区間で演算VI値が低下してきた時点で、早期に換気機動作を開始し、比較的少ない風量で坑外へ煤煙を排出することが可能となる。

（b）換気機動作

前述したように、従来方式では、換気風量負担が大きい状態で換気機動作を開始するので、効果待ち時間の経過毎に、VI値がVI設定値以上に改善されない状態が続き、動作風量（ジェットファン動作台数）を増やして（ノッチを上げて）ゆく。

これに対し、今回の交通予測ファジィ制御では、比較的換気風量負担が軽い状態で換気機動作を開始し、効果待ち時間経過後に、全区間の演算VI値が低下してゆくことができれば、動作風量を増やすことはしない。

このような状況下で交通量が減少すれば、従来方式では、VI値がVI設定値以上に改善した時点以降から段階的に動作風量を減らしてゆくので、VI値の改善（上昇）が先

行して、結果として必要以上の動作風量が出ている時間帯が生じやすくなる。

これに対し、今回の交通予測ファジィ制御では、それほど多くない動作風量から、全区間の演算VI値の改善変化に応じて動作風量を減らしてゆくので、結果として過剰な動作風量となる時間帯は短くて済む（この結果、VI値が目標値以上の高レベルまで上昇する坑内環境とはならなかった）。

（c）交通量と換気風量（電力量）

トンネル坑内煤煙発生量は交通量に左右されるので、換気風量（電力量）も交通量によって増減する方が換気効率の良い制御方式と言える。従来方式ではほとんどその相関性が見られないが、今回の交通予測ファジィ制御では、相関性が認められ、効率的な制御が実行できていると言える。

4. おわりに

今回の実証実験結果では、交通予測ファジィ制御を導入することにより、坑内環境を悪化させることなく電力量を約70%削減することができた。しかし、この効果は、トンネル毎に異なるものであるため、各トンネルの効果としては、次の方法により推定することを考えている。

① 換気シミュレータを用いた推定

実測交通量データとそのときの坑内環境データを用いて換気シミュレーションすることで精度よく効果を推定する。

② 交通量データのみによる簡易の効果判断（現在検討中）

交通量と電力量の関係（相関）から効果を推定する。

今後、上記のような方法により交通予測ファジィ制御の導入をご検討下されれば幸いです。

最後に、交通予測ファジィ制御の効果を実証するために、実トンネルを提供して下さった国土交通省近畿地方整備局豊岡河川国道事務所に感謝申し上げます。 JICMA

【筆者紹介】

榎園 正義（えのきぞの まさよし）
 社団法人日本建設機械化協会
 施工技術総合研究所
 研究第一部
 専門課長

佐藤 充弘（さとう みつひろ）
 社団法人日本建設機械化協会
 施工技術総合研究所
 研究第四部
 研究員

建設機械化技術・建設技術審査証明報告

審査証明依頼者：株式会社松村組 麻生フォームクリート株式会社

技術の名称：拡縮コラム工法（地盤改良工法）

上記の技術について、社団法人日本建設機械化協会建設技術審査証明事業（建設機械化技術）実施要領に基づき審査を行い、建設技術審査証明書を発行した。以下は、同証明書に付属する建設技術審査証明報告書の概要である。

1. 審査証明対象技術

本工法は、軟弱地盤対策を目的に、セメント系改良材をスラリーとして軟弱地盤に注入し、地盤と改良材液を強制的に攪拌混合することによって、拡縮コラム（径の異なるソイルセメントコラム）を築造する深層混合処理工法である。

拡縮機構と正逆同時回転機構を備えた特殊掘削攪拌機を用いることにより、粘着力の大きい粘性土地盤においても土の共回り現象[※]の発生を抑制し、改良材と原地盤を確実に攪拌混合できるとともに、空掘部を縮小径、改良部を拡大径（設計仕様径）で地盤改良できる深層混合処理工法を実現したものである。

（1）本工法の位置付け

本工法の位置付けを図-1に示す。本工法は、深層混合処理工法のうちスラリー系機械攪拌式の深層混合処理工法に属する。

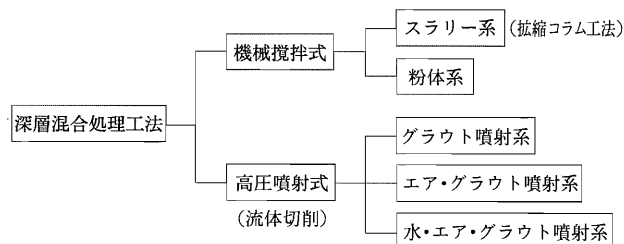


図-1 本工法の位置付け¹⁾

[※] 土の共回り現象とは、粘着力のある地盤を混合攪拌する場合、土が団子状になり攪拌装置と共に回転する現象で、改良体中に土塊のまま残ったり、注入液が均等に混合されず外周部に集まったりする。

（2）施工手順

本工法の施工手順を下記の①～⑥、及び図-2に示す。改良コラムの施工は、先に施工した改良コラムに悪影響を及ぼさないようにすることと、改良コラムの鉛直性を保つために1本おきを原則とする。

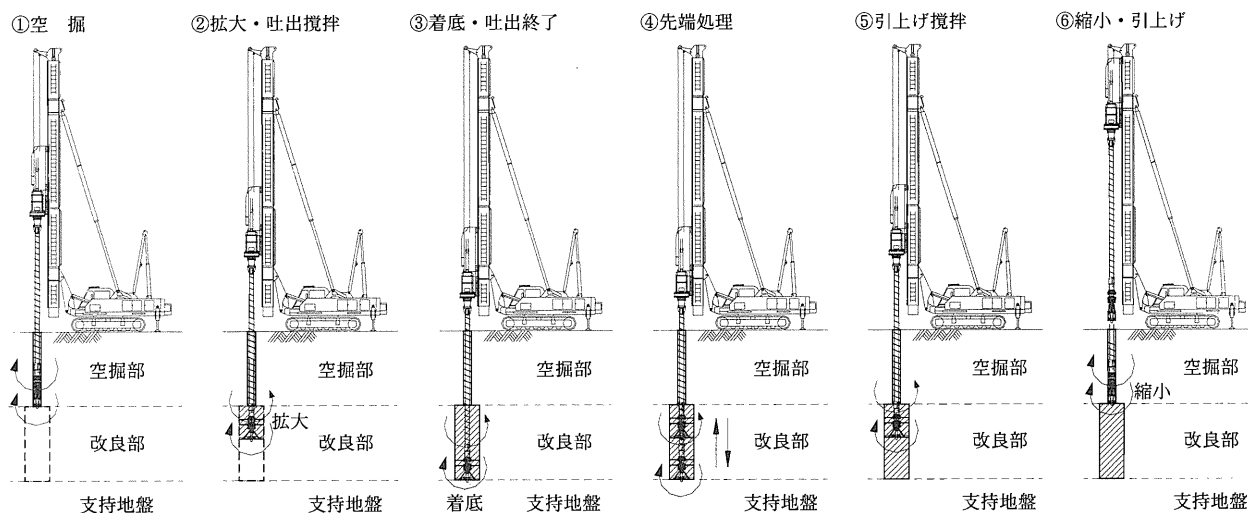
- ① 掘削攪拌機の芯合せを行い、縮小径にて空掘部の掘削を開始する。
- ② 改良部に達したら、掘削攪拌部位を拡大し、セメントスラリーを吐出しながら攪拌混合を行う。この時、掘削攪拌部位の拡大及び掘削速度や注入量を適正に管理する。
- ③ 支持地盤に達したら、セメントスラリーの吐出を終了する。また、支持地盤への定着の場合は電流値または油圧値で定着状況を確認する。
- ④ 先端処理（底部上下攪拌）を行う。
- ⑤ 所定の速度で引上げ攪拌を行う。
- ⑥ 空掘部に達したら、掘削攪拌部位を縮小し、地上まで引上げる。

2. 開発の趣旨

（1）拡縮機構による施工効率の向上

既存の深層混合処理工法では、空掘部も改良部と同径のコラムで掘削攪拌を行っており、貧配合のセメントスラリーを注入している。そのため、空掘部であっても改良材が必要となり、コラム施工後の構造物築造時には、掘削に長時間を要している。さらに、大規模工事の場合は、施工中に発生する排土の処理が問題になることがある。

そこで、本工法は拡縮方式によって、空掘部を縮小径で施工するため、空掘部の掘削攪拌時間が短縮でき、空掘部の改良材と排土量の削減及び構造物築造時には掘削時間の短縮が可能となる。このように、環境負荷の低減、工期短



攪拌翼：正回転(右回り) 攪拌翼：逆回転(左回り) 攪拌翼：逆回転(左回り) 攪拌翼：逆回転(左回り) 攪拌翼：逆回転(左回り) 攪拌翼：正回転(右回り)
 ヘッド：正回転(右回り) ヘッド：正回転(右回り) ヘッド：正回転(右回り) ヘッド：正回転(右回り) ヘッド：正回転(右回り) ヘッド：正回転(右回り)

図-2 拡縮コラム工法の施工手順

縮，工費縮減を図ることを目的とした。

(2) 拡縮機構を用いた正逆同時回転機構による攪拌混合性能の向上

既存の深層混合処理工法では，粘性土の施工において，掘削した土が攪拌翼に付着し，攪拌翼と同時に回転する「共回り現象」が発生し，改良材と原地盤の攪拌混合が十分に行われない場合がある。

そこで，本工法は，二重管構造のロッドを用いた拡縮機構を採用しているので，内管を正回転，外管を逆回転させることにより，確実に地盤をせん断し，「共回り現象」を抑制するとともに，セメントスラリーを効率よく，機械的に攪拌混合し，ばらつきの少ない均質な攪拌混合が可能なることを目的とした。

3. 開発の目標

拡縮コラム工法の開発目標を以下の3点においた。

- ① 掘削ヘッドと攪拌翼を正逆同時回転させることにより，土の共回り現象を抑制し，従来工法に比べ良好な攪拌混合性能を有すること。
- ② 任意の深度にて掘削攪拌径を変えることにより，従来工法に比べ排土量が少なく，かつ掘削攪拌時間の短い施工が可能であること。
- ③ 集中管理システムによる施工管理を実施することにより，拡縮状態を含む適正な施工状況を確実に把握できること。

4. 審査証明の方法

3章で触れた各々の開発目標に対し，施工実績のデータ及び施工装置の諸元により表-1に示すとおり，各審査項目について確認を行うこととした。

表-1 審査項目と確認方法

| 審査項目 | 確認方法 |
|--|--|
| ① 掘削ヘッドと攪拌翼を正逆同時回転させることにより，土の共回り現象を抑制し，従来工法に比べ良好な攪拌混合性能を有すること。 | <ul style="list-style-type: none"> ・基本性能確認実験データ，施工現場データ，立会試験データのうち，コア採取率，一軸圧縮強さ及び変動係数による。 |
| ② 任意の深度にて掘削攪拌径を変えることにより，従来工法に比べ排土量が少なく，かつ掘削攪拌時間の短い施工が可能であること。 | <ul style="list-style-type: none"> ・基本性能確認実験データ，施工現場データ，立会試験データのうち，掘出し調査及び施工立会による。 ・拡縮原理，排土量の比較表及び施工速度の比較表による。 |
| ③ 集中管理システムによる施工管理を実施することにより，拡縮状態を含む適正な施工状況を確実に把握できること。 | <ul style="list-style-type: none"> ・施工現場データ，立会試験データのうち，施工記録出力例と施工立会による。 ・システム概要による。 |

5. 審査証明の前提

拡縮コラム工法を審査するに当たり，以下の3点を前提に各審査項目に対し確認を行うこととした。

- ① 審査の対象とする工法は，所定の適用条件のもとで適正な材料・機械を用いて施工されるものとする。
- ② 審査の対象とする工法に用いる装置は，適正な品質管理のもとに製造され，必要な点検，整備を行い，正常な状態で使用されるものとする。
- ③ 審査の対象とする工法は，「拡縮コラム工法：施工

マニュアル」に基づき、適正な設計、機械操作及び施工管理のもとに実施されるものとする。

6. 審査証明の範囲

審査証明は、依頼者より提出された開発の趣旨、開発の目標に対して設定した確認方法により確認した範囲とする。

7. 審査証明の結果

前記の開発の趣旨、開発の目標に照らして審査した結果は、以下のとおりであった。

- ① 掘削ヘッドと攪拌翼を正逆同時回転させることにより、土の共回り現象を抑制し、従来工法に比べ良好な攪拌混合性能を有することが確認された。

- ② 任意の深度にて掘削攪拌径を変えることにより、従来工法に比べ排土量が少なく、かつ掘削攪拌時間の短い施工が可能であることが確認された。
- ③ 集中管理システムによる施工管理を実施することにより、拡縮状態を含む適正な施工状況を確実に把握できることが確認された。

8. 留意事項及び付言

本証明の範囲を越える施工に関しては、今後、データの蓄積を図り、施工の確実性を増す必要がある。

《参考文献》

- 1) 「陸上工事における深層混合処理工法，設計・施工マニュアル改訂版」，財団法人土木研究センター，2004.3

移動式クレーン Planning 百科

社団法人日本建設機械化協会機械部会建築生産機械技術委員会移動式クレーン分科会（石倉武久分科会長）では、約2年間の編集作業を終え標記の図書を刊行しました。

本書は、

- ・建築工事計画担当者、
- ・工事担当者、
- ・作業実施担当者、

にとって、短期間に移動式クレーン作業の要点を習得するのに最適な書物です。担当する建築工事に適合する移動式クレーンをより迅速に、より効果に選定・運用する際に大いにご活用下さい。

A4判 159頁 定価2,000円（消費税別） 送料400円

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館） Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289

新工法紹介 広報部会

| | | |
|--------|--------------------------------|------|
| 02-122 | 鋼矢板岩盤打込み工法 (特殊ガイド矢板併用打込み工法) | 大成建設 |
|--------|--------------------------------|------|

▶概要

鋼矢板を岩盤や玉石混じりレキ質土に直接打込む工事では、ウォータージェット併用バイプロハンマ工法では打込みが困難な場合、補助工法と組み合わせると施工速度、コスト、特殊基礎機械の使用や施工性が課題であった。

本工法はコスト縮減と工期短縮を目的として、高強度の低合金鋳物を鋼矢板先端に溶接した繰返し使用可能な特殊ガイド矢板を考案し、電動バイプロハンマだけで直接岩盤に打込む工法である(写真-1)。

本工法で開発したガイド矢板は、繰返し岩盤を砕くため耐衝撃性、耐摩耗性に優れた長さ50cmの低合金鋳物(先端補強材)を鋼矢板先端に溶接し、さらにウォータージェット配管を醸装した。鋳物の先端刃口は、貫入抵抗を低減させるため鋭角に傾斜させ、タングステンカーバイドの肉盛り溶接を施し耐久性を高めた(写真-2)。本工法は既に国、公団、地方公共団体の工事に活用され、第6回国土技術開発賞(平成16年度)を受賞した。

▶特長

① 幅広い地盤条件に適用

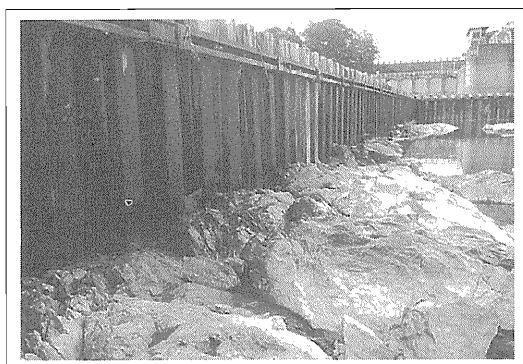


写真-1
鋼矢板岩盤
打込み工法
の成果

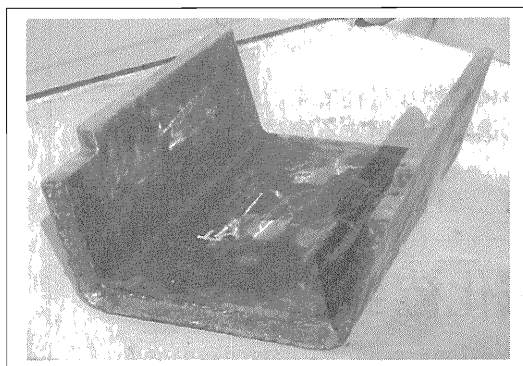


写真-2
先端補強材

- N 値 50 以上の地盤や玉石混じりレキ質土、一軸圧縮強度 40 N/mm^2 の岩盤にも打込み可能。
- ガイド矢板で先に削孔した後に鋼矢板を挿入する「先行掘り工法」や、ガイド矢板と本設矢板を同時にチャッキングして所定の深度まで打込む「抱き合わせ工法」を地盤性状に合わせ選択。

- 玉石や硬質地盤の出現など地盤性状の変化に対しても、柔軟に対応が可能。

② 優れた経済性

- 先端補強材を溶着したガイド矢板は平均 80~100 回程度繰返し打込みが可能で、一軸圧縮強度 40 N/mm^2 の岩盤の場合、打込み速度 4.4 min/m を達成し、通常のバイプロハンマや全回転型削孔機施工に比べ、 $1/3 \sim 1/2$ のコスト縮減を実現。

- 打込み速度の向上から、通常施工法に比べ日施工量の増加が可能で、歩掛り改善、工期短縮と機械共用費の縮減も達成。

③ 汎用機械の組合せで施工性向上

- クローラクレーン、電動式高周波バイプロハンマ、ウォータージェットの組合せで、作業半径を最大限活用でき、故障時の対応も容易。

④ 鋼矢板減失費の大幅低減が可能

- 鋼矢板を直接岩盤や玉石混じりレキ質土層へ打込んだ場合、生じる継ぎ手や先端部の損傷がほとんど起きないため、リース鋼材の減失費の激減が可能。

⑤ 環境規制値をクリア

- 岩盤や地盤を鋼矢板形状に削孔するため、全回転型掘削機使用時と比べ周囲地盤の緩みや排泥処理がなく、騒音振動試験の結果から離隔距離 5 m で振動規制法の規定値 75 dB 以下を確認。

▶用途

- 玉石混じりレキ質土層、土丹層、地盤改良土層や中硬岩以外の岩盤

▶産業財産権

本工法は、大成建設とクリモトメックの共同開発である(特許第 3472561, 3472562 号)。

▶問合せ先

大成建設(株)土木技術部地盤環境技術室
〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1
新宿センタービル

Tel. 03(5381)5285 ; Fax. 03(5381)5295

| | | |
|--------|---------|------|
| 04-271 | スライドゲート | 佐藤工業 |
|--------|---------|------|

▶概要

「スライドゲート」は、地盤改良工を不要としたシールドの発進・到達工法である。この工法は、ケーソン工法（アーバンリング工法等）による立坑において、工場で製作されたスライドゲートをシールド発進・到達の開口位置に設置し所定の位置まで沈設させる。沈設完了後、本ユニットにエントランス部分を取付け、シールド機を所定の位置に設置（発進）またはスライドゲート手前まで掘進（到達）後、エントランス内を立坑外圧と同圧となるよう高濃度泥水を充填し、圧力を保持しながらスライドゲートを引上げて安全確実にシールドの発進・到達を行う工法である。

従来のシールドの発進・到達方法は、鏡切り工により一時的に開口部の地山が開放状態になるため、事前に止水性の確保と地山を自立させるための補助工法として地盤改良工を行うのが一般的である。しかし、近年のシールド工事は、特に都市部において地下埋設物の輻輳化により大深度化の傾向があり、地上から行う地盤改良工が困難になってきている。本工法は地盤改良工など地上での作業を必要としないため、厳しい地上条件に左右されず、また地盤改良工を不要とした有効な工法である。

▶特長

- ① コスト縮減

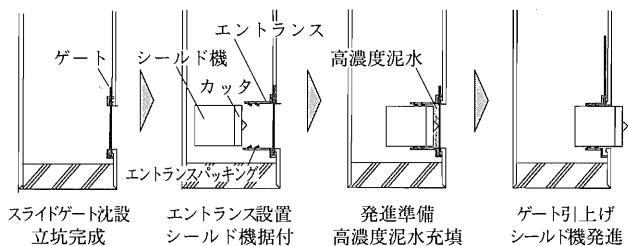


図-1 シールド発進手順

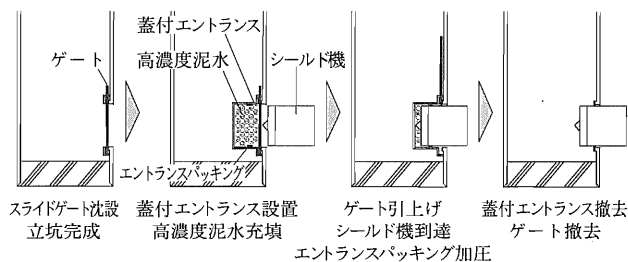


図-2 シールド到達手順

シールド発進・到達防護のための地盤改良を必要としないので、コスト縮減が図れる。

② 工期短縮

従来工法の地盤改良工及び鏡切り工の工程が省けるため工期短縮が図れる。

③ 地盤改良による環境負荷を削減

地盤改良による周辺環境への影響は無く、産業廃棄物が発生しないため環境負荷を削減できる。

④ 鏡切りが不要となるので安全性が向上

特に安全性に注意を払う鏡切り作業が不要となり、安全性の向上が図れる。

⑤ 地山を開放しないので信頼性が向上

開口部が開放状態にならないので地山の安定に極めて高い信頼性を確保できる。

⑥ 現場での作業を簡素化

スライドゲートユニット等を工場で組立て運搬するため、現場での作業を簡素化できる。

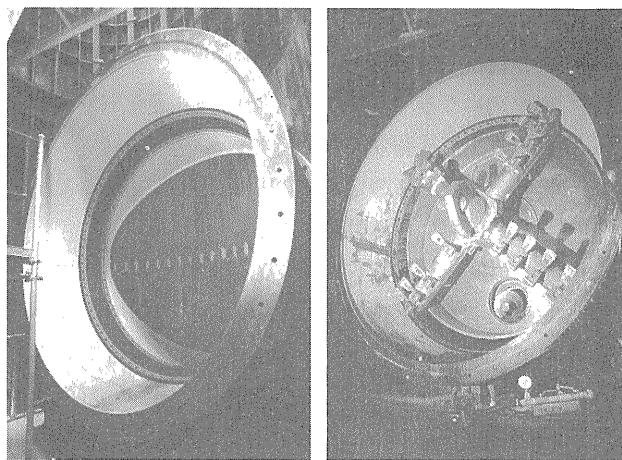


写真-1 エントランス設置

写真-2 シールド機到達

▶用途

- ・シールドおよび推進の発進，到達

▶実績

- ・東京都下水道局（平成16年度施工）
東京都台東区池之端三，四丁目付近再構築工事

▶工業所有権

- ・佐藤工業(株)とJFE建材(株)の共同出願：公開2件

▶問合せ先

佐藤工業(株)土木本部技術部門シールドグループ
〒103-8639 東京都中央区日本橋本町4-12-20

Tel：03(3661)4794, Fax：03(3668)9484

新工法紹介

| | | |
|--------|-----------------------------|------|
| 04-272 | 長尺鋼管膨張型ボルトによる トンネル切羽補強工法 | 大成建設 |
|--------|-----------------------------|------|

概要

山岳工法のトンネルで切羽が自立せず崩落を起こすような地山では、切羽に鏡止めボルトを打設して安定化を図る工法を採用する事が多い。この場合、6 m 位までの短尺ボルトを使用した補強方法と、それ以上の長尺ボルト（30 m 位まで実績有り）を使用する補強方法がある。

短尺ボルトは、切羽近傍の既に変形した部分に打設するため、緩んだ岩塊の崩落防止の効果のみであるのに対し、長尺ボルトは、まだ変形していない切羽前方部分にも打設されるため、前記の効果に加えて切羽の押し変位を抑制する効果も期待され、より効果的に切羽の安定化を図ることが可能である。

従来は補強ボルトを打設した切羽を、掘削機械やビットを傷めず容易に掘削できるように GFRP 製のロックボルトを使用することが多かったが、この場合には、以下の問題点があった。

- ① 定着剤にグラウトを使用した場合、硬化（3～12 時間）するまで補強効果が期待できない。
- ② 岩盤の亀裂からの定着剤のリーク（逸失）により、充填が不確実になる懸念がある。
- ③ 湧水が多いと定着不良になり、補強効果が減少する。
- ④ 定着剤にレジンを使用した場合、粘性増加により充填可能なボルト長に限界があり長尺化が困難である。
- ⑤ 継ぎ手をボルトと同径とした場合、引張耐力がボルト母材と比較してかなり減少してしまう。

以上の問題点を解決するために、4 m の鋼管膨張型ボルトをネジ式で連結した、長尺鋼管膨張型ボルトを使用したトンネル切羽補強工法を開発した（図-1）。

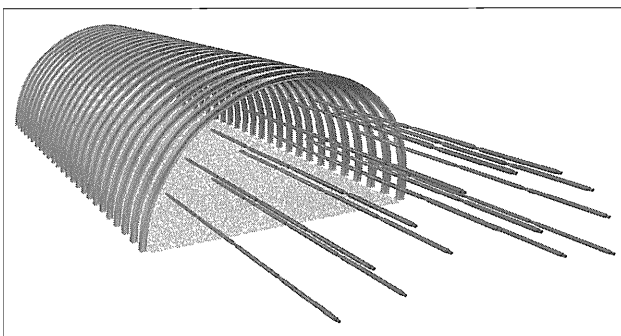


図-1 長尺鋼管膨張型ボルト 3次元パース

特徴

従来工法と比較して、長尺鋼管膨張型ボルト（図-2）を用いたトンネル切羽補強工法は、以下の利点を有する。

- ① 高水圧による鋼管の膨張・圧着により、孔壁に全面定着され、打設直後から瞬時に補強効果が発揮される。
- ② 定着剤のグラウトが不要。
- ③ ボルト全長にわたり、確実かつ均一な定着効果が確保される。
- ④ 湧水部でも確実な定着が可能。
- ⑤ 長尺化しても継ぎ手で耐力低下が無い。
- ⑥ 剛性が高いため、切羽の押し変位に反応して早期に大きな軸力が発生し、補強効果が大きい。
- ⑦ 作業時間が短く、施工サイクルが短縮できる。
- ⑧ ロードヘッダなどの掘削機械で切羽岩盤とともにビットを傷めずに容易に掘削可能。
- ⑨ 掘削により切断されたボルト材は、金属スクラップとして回収・再資源化され、環境負荷が小さい。

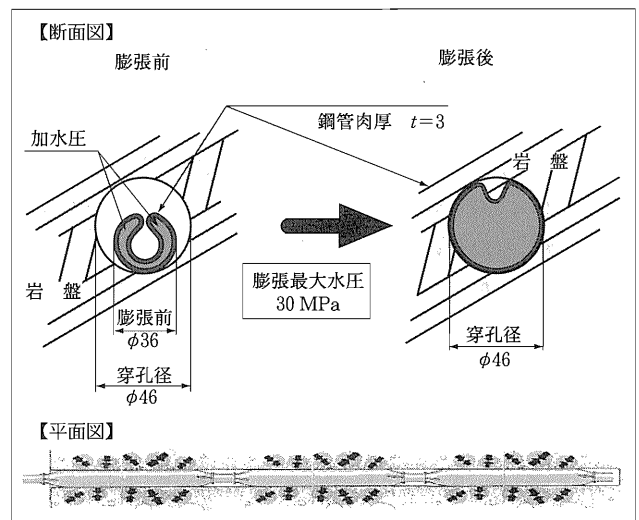


図-2 長尺鋼管膨張型ボルト構造図

産業財産権

本工法は、大成建設とケー・エフ・シーの共同開発であり、特許出願済み。

問合せ先

- ・大成建設(株)土木技術部トンネル技術室
〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1
Tel. 03(5381)5283, Fax. 03(5381)5295
- ・(株)ケー・エフ・シー大阪本店
〒530-0047 大阪市北区西天満 3-2-7
Tel. 06(6363)1884, Fax. 06(6313)0755

新機種紹介 広報部会

▶ <02> 掘削機械

| | | |
|------------|--------------------------------|----------------------|
| 04-<02>-14 | 新キャタピラー三菱 油圧ショベル CAT 311 CU | '04.10 発売 モデルチェンジ |
|------------|--------------------------------|----------------------|

一般土木工事に、解体工事にと幅広く使用されている油圧ショベルについて、安全性、メンテナンス性、環境対応性などを高めてモデルチェンジしたものである。エンジンは、国土交通省、EPA（米国環境保護局）の排出ガス対策（2次規制）基準値をクリアするものを搭載しており、騒音対策によって低騒音型建設機械にも適合する。また、自動デセル機構を採用して燃費、騒音の低減を図っている。油圧システムにおいては、作業機レバーの動きに応じてブーム上げと旋回の油量を自動的に制御するスマートワークシステムのほか、走行自動変速、ブーム/アーム油圧再生回路、ブーム自然降下防止弁、旋回反転防止弁、オートマチックスイングブレーキ、余備バルブなどを装備している。ポンプ室とエンジンルームはファイヤウォールで隔離し、機体外地上からのアクセスが可能なようにシートサポート部にエンジン非常停止スイッチを配備して万一のトラブルに備えている。さらに、作業機、走行装置をロックするロックレバーを上げた時しかエンジンが始動しないニュートラルスタート機構の採用、ヘッドガードキャブの装備、滑り難くて清掃が容易なスタッドプレートを上部旋回体の点検フロアに採用など安全に配慮している。作動油のリターンフィルタには1,000時間交換の5層構造カートリッジタイプを採用し、作業機各部（バケット回りを除く）のブッシュ内面に自己潤滑性の焼結金属を採用して、6ヵ月または

表一 CAT 311 CU の主な仕様

| | | |
|------------------|-----------------------------|-----------------|
| 標準バケット容量 | (m ³) | 0.45 |
| 運転質量 | (t) | 11.5 |
| 定格出力 | (kW(PS)/min ⁻¹) | 59(80)/1,800 |
| 最大掘削深さ×同半径 | (m) | 5.04×7.70 |
| 最大掘削高さ | (m) | 7.805 |
| 最大掘削力（バケット） | (kN) | 89.6 |
| 作業機最小旋回半径/後端旋回半径 | (m) | 2.44/1.75 |
| 走行速度 高速/低速 | (km/h) | 5.5/3.8 |
| 登坂能力 | (度) | 35 |
| 接地圧 | (kPa) | 39.5 |
| 全長×全幅×全高 | (m) | 6.88×2.85×2.825 |
| 価格 | (百万円) | 9.30 |



写真一 CAT 311 CU「REGA」油圧ショベル

1,000時間の給脂間隔を実現している。

| | | |
|------------|--|----------------------|
| 04-<02>-15 | 新キャタピラー三菱 ミニショベル（後方超小旋回形） CAT 303 CR | '04.09 発売 モデルチェンジ |
|------------|--|----------------------|

基本性能アップと狭所における多用性を向上したゴムクローラ式を標準とするモデルチェンジ機である。エンジンは国土交通省やEPA（米国環境保護局）の排出ガス対策（2次規制）基準値をクリアするものを採用し、運転席とエンジンルームの間にファイヤウォールを設けるなど熱対策や騒音対策を施こして、国土交通省の超低騒音型建設機械にも適合する。油圧ポンプでは中高圧域の作動油量を増加し、油圧パイロット式操作レバーで作業性を向上した。また、全操作油圧ロック方式としており、ロックレバーを上げた時しかエンジンが始動しないニュートラルスタート機構も採用している。さらに、操作レバー中立時、またはエンジン停止時に自動的に作動する旋回ロックブレーキも装備して安全に配慮している。フルオープンのフード&カバー、メンテナンスフリーのバッテリー、圧力チェックが容易なサービスタップなどを装備しており、メンテナンス性も向上している。標準機よりもブーム、アーム、ブレードなどを長くして作業範囲を拡大したワイドレンジ仕様、油圧ブレーカ装備のブレーカ仕様、機械式フォーク装備のフォーク仕様などのパッケージ

表二 CAT 303 CR の主な仕様

| | | |
|------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 標準バケット容量 | (m ³) | 0.09 |
| 機械質量 | (t) | 2.95(3.12) |
| 定格出力 | (kW(PS)/min ⁻¹) | 19.5(26.5)/2,400 |
| 最大掘削深さ×同半径 | (m) | 2.9×4.97 |
| 最大掘削高さ | (m) | 4.82(4.14) |
| バケットオフセット量 左/右 | (m) | 0.615(0.615)/0.855(0.80) |
| 最大掘削力（バケット） | (kN) | 29.5 |
| 作業機最小旋回半径/後端旋回半径 | (m) | 1.84(2.37)/0.775 |
| 走行速度 高速/低速 | (km/h) | 4.9/2.9 |
| 登坂能力 | (度) | 30 |
| 接地圧 | (kPa) | 27.6(28.5) |
| 最低地上高 | (m) | 0.31 |
| 全長×全幅×全高 | (m) | 4.44×1.55×2.55(2.48) |
| 価格 | (百万円) | 4.25 |

(注) (1) ゴムクローラ付き仕様を示す。
(2) キャノピ仕様〔キャブ仕様〕の書式で示す。



写真二 CAT 303 CR「REGA」ミニショベル（後方超小旋回形）

新機種紹介

仕様を確立して広い用途対応を図っている。

| | | |
|------------|----------------------------------|------------------|
| 04-〈02〉-16 | ヤンマー ミニショベル(超小旋回形) 09 JUST | '04.10 発売 新機種 |
|------------|----------------------------------|------------------|

住宅関連設備工事や造園工事などにおいて、人力作業に代えて使用される1t未満のゴムクローラ式ミニショベルである。狭所進入性と狭所作業性を考慮して、クローラ全幅を拡縮する可変脚機構の採用やZ型特殊ブーム・アームの装着でバケットオフセット作業も可能としている。ブーム支持部は旋回体の右前に配置し、ブームシリンダは旋回体下部に内装している。ブレード幅は車幅の拡縮に応じて0.84~0.68mに変更できる。バケットの動きにおいては、本体との干渉による損傷を防止するため、機械式のバケット干渉防止機構を採用して安心感と機械式による信頼性を確保している。最低地上高は0.13mとし、適正な重量配分で車両安定性にも配慮している。

表-3 09 JUST の主な仕様

| | | |
|------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 標準バケット容量 | (m ³) | 0.022 |
| 機械質量 | (t) | 0.98 |
| 定格出力 | (kW(PS)/min ⁻¹) | 7.7(10.5)/2,400 |
| 最大掘削深さ×同半径 | (m) | 1.65×2.81 |
| 最大掘削高さ | (m) | 2.7 |
| バケットオフセット量 左/右 | (m) | 0.485/0.165 |
| 最大掘削力(バケット) | (kN) | 10.8 |
| 作業機最小旋回半径/後端旋回半径 | (m) | 0.85/0.50 |
| 走行速度 高速/低速 | (km/h) | 3.7/1.8 |
| 接地圧 | (kPa) | 28.2 |
| 全長×全幅(縮小~拡幅)×全高 | (m) | 2.54×(0.68~0.84)×1.40 |
| 価格 | (百万円) | 2.331 |



写真-3 ヤンマー 09 JUST ミニショベル (超小旋回形)

| | | |
|------------|--|----------------------|
| 04-〈02〉-17 | 日立建機 ミニショベル (後方超小旋回形) EX 15 U ₃ | '04.11 発売 モデルチェンジ |
|------------|--|----------------------|

基本性能、狭所作業性、操作性、環境対応性などの向上を図ってモデルチェンジしたものである。国土交通省の排出ガス対策(2次

規制)基準値をクリアするエンジンを搭載し、最大掘削力を22%、最大掘削深さを10%(いずれも従来機比)と性能アップした。また、騒音低減においては、対策によって国土交通省の超低騒音型建設機械に適合する。可変脚式クローラや脱着式延長ブレードの採用で狭所進入性を容易にするとともに、小さな後端旋回径で作業時の安全性を確保した。操作レバーは油圧パイロット・リストコントロール式で広い足元スペースを確保しており、可変容量型ポンプの採用で作業負荷に応じてパワーとスピードを自動的に制御できる。ブーム上げのシリンダストロークエンドにクッション機能を装備してショックを軽減、ブームシリンダのブーム背面配置でシリンダの損傷を防止、バケットシリンダホースのアーム内装化によるホース損傷防止、樹脂製燃料タンクの採用による防錆対策など耐久性、メンテナンス性を向上している。ロックレバーを上げると作業機、旋回、走行の操作をロックし、ロック位置の状態でのみエンジンが始動できるニュートラルエンジンスタート機構を採用している。

表-4 EX 15 U₃ の主な仕様

| | | |
|------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 標準バケット容量 | (m ³) | 0.04 |
| 機械質量 | (t) | 1.57 |
| 定格出力 | (kW(PS)/min ⁻¹) | 9.6(13)/2,300 |
| 最大掘削深さ×同半径 | (m) | 2.31×3.9 |
| 最大掘削高さ | (m) | 3.54 |
| バケットオフセット量 左/右 | (m) | 0.385/0.510 |
| 最大掘削力(バケット) | (kN) | 15.2 |
| 作業機最小旋回半径/後端旋回半径 | (m) | 1.43/0.62 |
| 走行速度 高速/低速 | (km/h) | 4.3/2.2 |
| 登板能力 | (度) | 30 |
| 接地圧 | (kPa) | 26 |
| 全長×全幅(縮小~拡幅)×全高 | (m) | 3.57×(0.99~1.24)×2.25 |
| 価格 | (百万円) | 2.75 |

(注) 2本柱キャノピ、ゴムクローラ仕様を示す。

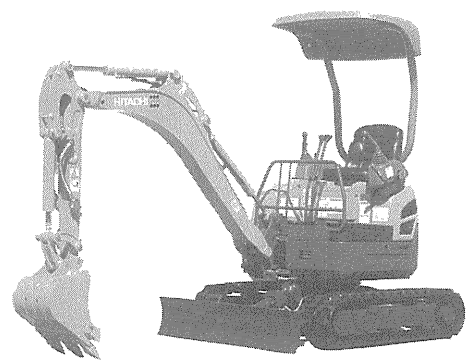


写真-4 日立建機「Landy Kid」EX 15 U₃ ミニショベル (後方超小旋回形)

▶ 〈04〉運搬機械

| | | |
|------------|--|----------------------|
| 04-〈04〉-06 | ヤンマー 不整地運搬車(クローラ式) C 30 R ₂ | '04.09 発売 モデルチェンジ |
|------------|--|----------------------|

安全性の充実、環境対応などを図ってモデルチェンジしたゴムク

新機種紹介

ローラ式、HST 駆動式の不整地運搬車である。エンジンは、国土交通省、EPA（米国環境保護局）、EC（欧州共同体）の排出ガス対策（2次規制）基準値をクリアするものを搭載し、ROPS/FOPS規格を満足する4本柱のキャノピを標準装備している。運転席は乗降に便利なウォークスルーとなっており、1本操作レバーを採用し

て簡単操作としている。常に進行方向に向かって運転ができるよう、座わったまま、ワンタッチで座席の方向を180度反転できる回転式リバースシートを採用している。荷台底板の板厚を6mmとするなど強度面でも余裕設計としている。

表-5 C30R₂の主な仕様

| | | |
|---------------|-----------------------------|------------------|
| 最大積載質量/最大積載容量 | (t/m ³) | 2.5/1.24 |
| 機械質量 | (t) | 2.29 |
| 定格出力 | (kW(PS)/min ⁻¹) | 24.6(33.4)/3,000 |
| 荷台上縁高さ | (m) | 1.145 |
| 荷台長×幅×高 | (m) | 1.685×1.41×0.37 |
| 走行速度 前進/後進 | (km/h) | 0~11/0~11 |
| 最低地上高 | (m) | 0.265 |
| 接地圧 | (kPa) | 55.2 |
| 全長×全幅×全高 | (m) | 3.20×1.65×2.255 |
| 価格 | (百万円) | 4.095 |

写真-5 ヤンマー C30R₂ 不整地運搬車

建設機械用語集

- ・建設機械関係業務者一人一冊必携の辞典。
- ・建設機械関係基本用語約2000語（和・英）を収録。
- ・建設機械の設計・製造・運転・整備・工事・営業等業務担当者用辞書として好適。

B5判 200頁 定価2,100円（消費税込）：送料600円
 会員1,890円（消費税込）：送料600円

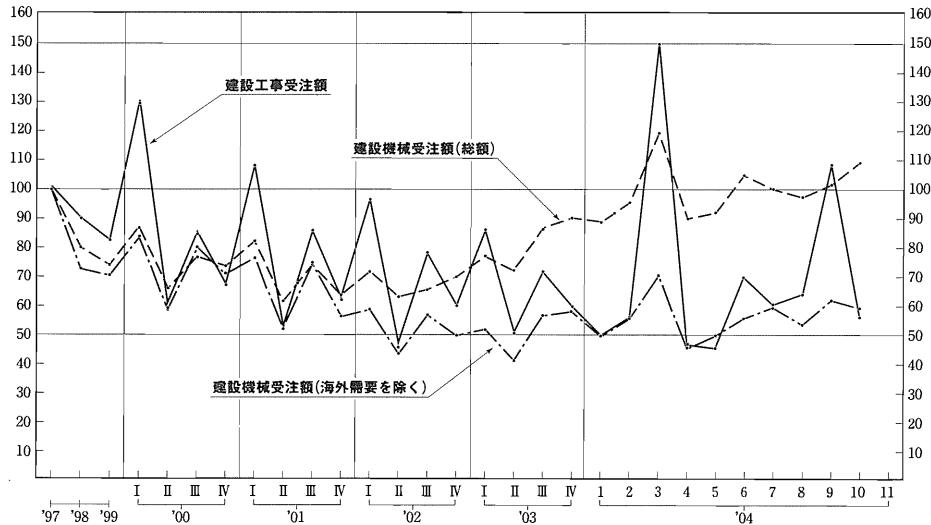
社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館） Tel.03(3433)1501 Fax.03(3432)0289

統計 広報部会

建設工事受注額・建設機械受注額の推移

建設工事受注額：建設工事受注動態統計調査（大手50社）（指数基準 1997年平均=100）
 建設機械受注額：機械受注統計調査（建設機械企業数26前後）（指数基準 1997年平均=100）



建設工事受注動態統計調査（大手50社）

（単位：億円）

| 年月 | 総計 | 受注者別 | | | | | | 工事種別 | | 未消化工事高 | 施工高 |
|----------|---------|---------|--------|--------|--------|-------|--------|---------|--------|---------|---------|
| | | 民間 | | | 官公庁 | その他 | 海外 | 建築 | 土木 | | |
| | | 計 | 製造業 | 非製造業 | | | | | | | |
| 1997年 | 188,683 | 116,190 | 21,956 | 94,234 | 55,485 | 5,175 | 11,833 | 122,737 | 65,946 | 204,028 | 201,180 |
| 1998年 | 167,747 | 103,361 | 16,700 | 86,662 | 51,132 | 4,719 | 8,535 | 106,206 | 61,541 | 193,823 | 183,759 |
| 1999年 | 155,242 | 96,192 | 12,637 | 83,555 | 50,169 | 4,631 | 4,250 | 97,073 | 58,169 | 186,191 | 164,564 |
| 2000年 | 159,439 | 101,397 | 17,588 | 83,808 | 45,494 | 6,188 | 6,360 | 104,913 | 54,526 | 180,331 | 160,536 |
| 2001年 | 143,383 | 90,656 | 15,363 | 75,293 | 39,133 | 6,441 | 7,153 | 93,605 | 49,778 | 182,832 | 160,904 |
| 2002年 | 129,862 | 80,979 | 11,010 | 69,970 | 36,773 | 5,468 | 6,641 | 86,797 | 43,064 | 146,863 | 145,881 |
| 2003年 | 125,436 | 83,651 | 12,212 | 71,441 | 30,637 | 5,123 | 5,935 | 86,480 | 38,865 | 134,414 | 133,522 |
| 2003年10月 | 8,321 | 5,288 | 836 | 4,452 | 2,288 | 338 | 407 | 5,731 | 2,590 | 137,588 | 10,165 |
| 11月 | 8,891 | 6,297 | 851 | 5,446 | 1,738 | 437 | 419 | 6,343 | 2,548 | 135,082 | 11,690 |
| 12月 | 10,831 | 7,216 | 987 | 6,228 | 2,484 | 445 | 687 | 7,724 | 3,107 | 134,414 | 11,288 |
| 2004年1月 | 7,910 | 4,989 | 742 | 4,246 | 2,129 | 405 | 388 | 5,254 | 2,656 | 132,518 | 9,474 |
| 2月 | 8,884 | 5,717 | 1,034 | 4,683 | 2,285 | 449 | 434 | 6,112 | 2,772 | 130,925 | 10,702 |
| 3月 | 23,526 | 15,435 | 2,484 | 12,951 | 6,642 | 571 | 878 | 15,507 | 8,019 | 137,397 | 16,781 |
| 4月 | 7,383 | 5,867 | 1,225 | 4,642 | 720 | 259 | 438 | 5,571 | 1,813 | 136,486 | 8,919 |
| 5月 | 7,033 | 5,175 | 862 | 4,313 | 1,098 | 370 | 391 | 5,183 | 1,851 | 134,961 | 8,635 |
| 6月 | 11,032 | 7,882 | 1,494 | 6,388 | 1,896 | 465 | 790 | 7,791 | 3,241 | 136,290 | 9,561 |
| 7月 | 9,391 | 6,505 | 1,230 | 5,275 | 2,009 | 404 | 473 | 6,684 | 2,787 | 135,090 | 10,374 |
| 8月 | 9,873 | 6,872 | 1,179 | 5,693 | 2,039 | 389 | 573 | 7,143 | 2,730 | 134,739 | 9,928 |
| 9月 | 17,059 | 13,233 | 2,474 | 10,759 | 2,680 | 551 | 596 | 13,021 | 4,038 | 137,779 | 14,195 |
| 10月 | 8,335 | 5,618 | 1,194 | 4,424 | 2,036 | 351 | 330 | 5,802 | 2,534 | — | — |

建設機械受注実績

（単位：億円）

| 年月 | '97年 | '98年 | '99年 | '00年 | '01年 | '02年 | '03年 | '03年10月 | 11月 | 12月 | '04年1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 |
|---------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|-----|-------|--------|-------|-------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 総額 | 12,862 | 10,327 | 9,471 | 9,748 | 8,983 | 8,667 | 10,444 | 985 | 857 | 1,045 | 955 | 1,021 | 1,291 | 965 | 975 | 1,110 | 1,076 | 1,049 | 1,081 | 1,169 |
| 海外需要 | 3,931 | 4,171 | 3,486 | 3,586 | 3,574 | 4,301 | 6,071 | 513 | 487 | 676 | 606 | 659 | 800 | 653 | 624 | 718 | 652 | 667 | 644 | 756 |
| 海外需要を除く | 8,406 | 6,156 | 5,985 | 6,162 | 5,409 | 4,365 | 4,373 | 472 | 370 | 369 | 349 | 362 | 491 | 312 | 351 | 392 | 424 | 382 | 437 | 413 |

（注）1997年～1999年は年平均で、2000年～2003年は四半期ごとの平均値で図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動態統計調査
 内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

… 行事一覧 …

(2004年11月1日～30日)

■ 広報部会

■ 機関誌編集委員会

月 日：11月10日(水)
出席者：星隈順一委員ほか17名
議題：①平成17年2月号(第660号)の計画 ②編集方針、特集テーマの審議

■ 新機種調査委員会

月 日：11月17日(水)
出席者：渡部 務委員長ほか6名
議題：①新情報テーマの持寄り検討
②技術交流討議

■ 建設経済調査委員会

月 日：11月17日(水)
出席者：山名至孝委員ほか6名
議題：①次号テーマの検討

■ 新工法調査委員会

月 日：11月24日(水)
出席者：高橋浩史委員ほか3名
議題：①新工法の調査 ②キーワードの選定について

■ 機械部会

■ 機械部会運営連絡会

月 日：11月1日(月)
出席者：山口 武部会長ほか11名
議題：①機械部会の運営について
②12月技術連絡会の議題について
③燃費試験基準の取扱いについて

■ ショベル技術委員会

月 日：11月9日(火)
出席者：此村 靖委員長ほか5名
議題：①燃費測定法について ②低騒音型建設機械指定制度申請の機種区分について ③HP原稿案検討

■ 建築生産機械技術委員会幹事会

月 日：11月10日(水)
出席者：石倉武久委員長ほか4名
議題：①各分科会活動報告 ②委員会活動審議

■ ショベル技術委員会自走式リサイクル機械分科会

月 日：11月15日(月)
出席者：森谷幸雄分科会長ほか6名
議題：①ベルトコンベヤ安全要求項目について

■ トンネル機械技術委員会 C 規格 TBM 分科会

月 日：11月16日(火)
出席者：寺田紳一分科会長ほか2名
議題：C規格の文献和訳配付及び精査

■ トンネル機械技術委員会幹事会

月 日：11月16日(火)
出席者：大坂 衛委員長ほか11名
議題：平成16年度各分科会活動報告

■ 建築生産機械技術委員会定置式クレーン分科会

月 日：11月17日(水)
出席者：三浦 拓分科会長ほか7名
議題：プランニング百科の見直し

■ 油脂技術委員会

月 日：11月18日(木)
出席者：大川 聡委員長ほか12名
議題：①建設施工と建設機械シンポジウム発表 ②石連とのオンファイル化・ISO化推進 ③グリース協会とのオンファイル化・ISO化推進 ④見学会企画 ⑤P042 高圧ポンプ寿命試験装置の紹介 ⑥燃料分科会報告 ⑦米 IFPE 発表概要紹介

■ トンネル機械技術委員会未来技術開発分科会

月 日：11月24日(水)
出席者：森 政嗣分科会長ほか3名
議題：報告書内容の検討

■ 機械部会燃料に関する検討会

月 日：11月25日(木)
出席者：松本 毅副部会長ほか8名
議題：建設機械の排ガス規制に関し、使用燃料についての検討課題審議

■ 基礎工事用機械技術委員会環境対策調査分科会

月 日：11月25日(木)
出席者：川本伸司分科会長ほか5名
議題：①報告書の構成 ②アンケート調査結果のまとめ

■ 基礎工事用機械技術委員会基礎工事用機械の変遷調査分科会

月 日：11月25日(木)
出席者：鈴木勇吉分科会長ほか5名
議題：基礎工事用機械の変遷1次原稿チェック

■ 基礎工事用機械技術委員会 C 規格分科会

月 日：11月25日(木)
出席者：濱野 衛分科会長ほか10名
議題：①適用範囲 ②和訳内容の検討

■ 路盤舗装機械技術委員会安全対策分科会

月 日：11月29日(月)
出席者：小葉賢一分科会長ほか15名
議題：①ロードスタビライザーの

JIS案検討 ②切削機の JIS案検討

■ 路盤舗装機械技術委員会

月 日：11月29日(月)
出席者：福川光男委員長ほか29名
議題：建設機械支援情報システム施工実施事例報告

■ 業種別部会

■ 製造業部会・作業燃費検討会

月 日：11月2日(火)
出席者：両宮信一幹事長ほか9名
議題：作業燃費の検討対応について

■ 製造業部会作業燃費検討会

月 日：11月10日(水)
出席者：両宮信一幹事長ほか7名
議題：作業燃費の検討に関する審議

■ レンタル業部会

月 日：11月16日(火)
出席者：稲留 弘部会長ほか7名
議題：ユニットプライス展開に関する説明及び意見交換会

■ 建設機械の安全提案分科会

月 日：11月24日(水)
出席者：西田光行分科会長ほか9名
議題：分科会としての構想のまとめ

… 支部行事一覧 …

■ 北海道支部

■ 電子納品(機械設備工事編)講習会

月 日：11月1日(月)
場 所：札幌市・北海道建設会館
受講者：120名
内 容：①機械設備工事の成果品の電子納品化について ②電子納品の概要 ③電子成果品の作成 ④質疑応答

■ 平成16年度除雪機械技術講習会

月 日：11月24日(水)
場 所：札幌パナソニックビル
受講者：304名
議題：①札幌市の除雪事業 ②貸与機械の取扱い ③除雪作業と交通安全 ④除雪トラックとブラウ系装置 ⑤ロータリ除雪車 ⑥除雪ローダ ⑦凍結防止剤散布機械 ⑧講習終了証交付

■ 平成16年度除雪機械技術講習会

月 日：11月26日(金)
場 所：札幌パナソニックビル
受講者：228名
内 容：①札幌市の除雪事業 ②貸与機械の取扱い ③除雪作業と交通安全 ④除雪トラックとブラウ系装置 ⑤ロー

タリ除雪車 ⑥除雪ローダ ⑦凍結防止剤散布機械 ⑧講習終了証交付

■ 東北支部

■建設機械部会 EE 東北実行委員会作業部会

月 日：11月19日(金)
出席者：山崎 晃部会長ほか7名
議 題：平成16年度決算報告，平成17年度実施方針

■建設部会特殊現場研修会

月 日：10月5日(火)
出席者：歌代 明部会長ほか2名
場 所：青森県むつ市

■建設機械部会新技術情報交換会

月 日：11月29日(月)
参加者：100名
会 場：仙台国際センター

■ 北陸支部

■除雪機械管理施工技術講習会

・上越会場

月 日：11月10日(水)
場 所：上越商工会議所
講 師：北越 TCM 豊田 衛ほか
受講者：106名

・安塚会場

月 日：11月12日(金)
場 所：安塚町町民会館
講 師：日本除雪機械製作所・青木典一氏ほか
受講者：62名

・新潟会場

月 日：11月17日(水)
場 所：新潟テルサ
講 師：新潟国道事務所・川合忠夫管理第二課長ほか
受講者：133名

・新発田会場

月 日：11月18日(木)
場 所：新発田市カルチャセンター
講 師：新発田警察署・中野交通安全教育係長ほか
受講者：91名

・富山会場

月 日：11月24日(水)
場 所：ボルファート富山
講 師：富山河川国道事務所・中橋秀順機械課長ほか
受講者：115名

・金沢会場

月 日：11月25日(木)
場 所：金沢労済会館
講 師：中日本キャタピラー三菱建機

販売・松田興四雄氏ほか

受講者：134名

・長岡会場

月 日：11月29日(月)
場 所：ハイブ長岡
講 師：コマツ新潟・吉村政敏氏ほか
受講者：150名

■企画部会中越地震支援検討会

月 日：11月16日(火)
出席者：中森良次企画委員長ほか14名
議 題：中越地震に伴う今冬の除雪の問題点と支援策

■ 中部支部

■建設技術フェア事務局会議

月 日：11月4日(木)
出席者：梅田佳男事務局長
議 題：平成16年度建設技術フェア開催について協議

■広報部会

月 日：11月5日(金)
出席者：西脇恒夫副部会長ほか7名
議 題：広報誌「支部便り」No. 64号の編集会議

■部会長・副部会長会議

月 日：11月11日(木)
出席者：森川博邦企画部会長ほか11名
議 題：平成16年度上半期事業報告及び同経理概況報告の確認

■建設技術フェア2004 in 中部に協賛出展参加

月 日：11月17日(水)～18日(木)
会 場：名古屋ドーム
出展者・出展技術：217件
来 場 者：14,500名

■道路除雪講習会

月 日：11月19日(金)
場 所：岐阜県民ふれあい会館
参加者：38名
内 容：①冬季における道路管理について(国土交通省岐阜国道事務所管理第一課長) 船坂建雄 ②映画「豪雪地の除雪テクニック」 ③中部地方の冬季の気象について(日本気象協会) 興語基宏 ④各除雪用機械の施工法と構造機能・故障原因とその対策(各メーカー技術員)

■運営委員会

月 日：11月26日(金)
出席者：土屋功一支部長ほか230名
議 題：①平成16年度上期事業報告及び同経理概況報告

■ 関西支部

■「機械設備工事成果品の電子納品化」講習会

月 日：11月2日(火)
会 場：大阪キャッスルホテル
参加者：139名
内 容：①機械設備工事成果品の電子納品化について(近畿地方整備局道路部機械課長補佐) 川崎和夾 ②電子納品の概要と要領(日本建設情報総合センター) 増田慎一郎 ③電子納品の作成と留意事項(日本建設情報総合センター) 菊地 稔

■委員長会議

月 日：11月8日(月)
出席者：名竹利行部会長ほか8名
議 題：①委員会活動計画について ②委員会運営における課題及び問題点について

■広報部会

月 日：11月9日(火)
出席者：名竹利行部会長ほか8名
議 題：JCMA 関西第86号の編集について

■第37回建設施工映画会

月 日：11月16日(火)
場 所：建設交流館
参加者：122名
内 容：ビデオ11本

■水門技術委員会

月 日：11月18日(木)
出席者：林 俊克委員長ほか30名
議 題：①平成16年度勉強会テーマについて ②平成16年度検討テーマ別協議 ③水門扉電機制御設備へのPLC適用について ④平成16年度見学会について

■企画部会

月 日：11月24日(水)
出席者：渡辺 昭部会長ほか9名
議 題：①平成16年度上半期事業報告及び同経理概況報告の件 ②平成16年度事業執行計画

■水中ポンプ分科会

月 日：11月25日(木)
出席者：朝比奈志嘉分科会長ほか7名
議 題：①道路排水・共同溝排水・散水融雪の設計上におけるポンプ設備の問題点抽出 ②道路排水・共同溝排水ポンプの維持管理で発生した重要な異常や問題点の改善検討 ③融雪ポンプについて

■シールド工事の現場見学会

月 日：11月26日(金)

出席者：三村邦有編集委員長ほか4名
見学先：大阪市営地下鉄8号線（佐藤・五洋・東急・ハンシンJV豊里作業所）

■橋梁技術委員会

月 日：11月26日（金）
出席者：早川 充委員長ほか10名
議 題：「施工技術報告会」について

■建設インキュベーション委員会

月 日：11月29日（月）
出席者：建山和由委員長ほか7名
議 題：①「ウェアラブルコンピュータと建設分野への応用」（立命館大学理工学部）芦田恵樹 ②建設インキュベーションに関する文献紹介

■ 四 国 支 部

■運営委員会

月 日：11月2日（水）
出席者：望月秋利支部長ほか40名
議 題：①人事異動に伴う役員変更に関する件 ②平成16年度上半期事業

報告及び同経理概況報告の件 ③平成16年度下期事業計画（案）に関する件 ④支部創立30周年記念事業準備委員会経過報告に関する件

■電子納品（機械設備工事編）講習会

月 日：11月5日（金）
会 場：香川県土木建設会館
受 講 者：87名
内 容：①機械設備工事の成果品の電子納品化について（四国地方整備局道路部機械課長補佐）岡崎繁則 ②電子納品の概要（日本建設情報総合センター）森田武聡 ③電子成果品の作成（日本建設情報総合センター）山田 卓 ④質疑応答

■ 九 州 支 部

■企画委員会総務会

月 日：11月16日（火）
出席者：日吉信介機械課長ほか4名
議 題：支部活動活性化対策について

■第4回企画委員会

月 日：11月26日（金）
出席者：相川 亮委員長ほか17名
議 題：支部行事の推進について ①運営委員会の運営について ②新年号支部ニュース原稿依頼の件 ③平成16年度建設機械施工技術検定試験合格発表に関する件 ④国道208号線諸富橋に関する技術検討会の件 ⑤工事検査補助業務に関する件 ⑥部会・委員会開催依頼の件

■平成16年度参与会議

月 日：11月26日（金）
出席者：村上 晃参与ほか4名
議 題：支部活性化対策について

■平成16年度秋期運営委員会

月 日：11月26日（金）
出席者：川崎迪一支部長ほか46名
議 題：①平成16年度上半期事業報告及び同経理概況報告 ②会員及び役員の変動状況、名誉会長引退の件、支部事務局移転の件

建設工事に伴う 騒音振動対策ハンドブック

「特定建設作業に伴って発生する騒音の規制に関する基準」（環境庁告示）が平成8年度に改正され、平成11年6月からは環境影響評価法が施工されている。環境騒音については、その評価手法に等価騒音レベルが採用されることになった等、騒音振動に関する法制度・基準が大幅に変更されている。さらに、建設機械の低騒音化・低振動化技術の進展も著しく、建設工事に伴う騒音振動等に関する周辺環境が大きく変わってきている。建設工事における環境の保全と、円滑な工事の施工が図られることを念頭に各界の専門家委員の方々により編纂し出版した。本書は環境問題に携わる建設技術者にとっては必携の書です。

■掲載内容：

- 総論（建設工事と公害、現行法令、調査・予測と対策の基本、現地調査）
- 各論（土木、コンクリート工、シールド・推進工、運搬工、塗装工、地盤処理工、岩石掘削工、鋼構造物工、仮設工、基礎工、構造物とりこわし工、定置機械（空気圧縮機、動発電機）、土留工、トンネル工）
- 付録 低騒音型・低振動型建設機械の指定に関する規程、建設機械の騒音及び振動の測定値の測定方法、建設機械の騒音及び振動の測定値の測定方法の解説、環境騒音の表示・測定方法（JIS Z 8731）、振動レベル測定方法（JIS Z 8735）

■体 裁：B5判、340頁、表紙上製

■定 価：会 員 5,880円（本体5,600円）送料 600円

非会員 6,300円（本体6,000円）送料 600円

・「会員」本協会の本部、支部全員及び官公庁、学校等公的機関

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館） Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289

編集後記

新年明けましておめでとうございます。

振り返って見れば、昨年は記録づくめの年でした。アテネオリンピックでは金メダル16、銀メダル9、銅メダル12と過去最高のメダルラッシュに沸き、日本中が熱狂したのがつい昨日のことに感じます。シアトルマリナーズのイチロー選手が262本の安打を放ち、84年ぶりに安打記録を更新し米国野球殿堂入りを果たしました。日本人の根性と技術を見せた素晴らしい記録であり、日本人に自信を取り戻してくれたように思います。

一方では暗い記録も多くあり、日本の統計史上を塗り替えた10個もの台風が上陸して全国各地に大きな被害をもたらしました。異常気象は世界各地で相次ぎ、米国では巨大ハリケーンが多発して多くの被害を受けています。また、10月23日に突如新潟を襲った新潟県中越地震はマグニチュード6.8、最大震度が7という巨大な地震でした。本震の後も大きな余震が繰返し発生し、被災された方々のご苦勞を考えると出きるだけ早くの復旧が望まれます。さらに、12月25日には阪神大震災の1,400倍、マグニチュード9のエネルギーを持ったスマトラ沖の巨大地震が発生し、地震によるインド洋の津波による犠牲者は日本人を含む約15万人にのぼっており、まだ増え続けているといわれています。

日本列島は都市部の降雪量、降雨量、台風の上陸数、地震発生件数、どれを取ってみても世界でも最多の部類に入り、国土として多くのハンディキャップを抱えています。自然災害に対する防災技術、災害復旧のための土木建設技術は世界でもトップレベルにあると思います。自然に立ち向かうことは容易なことではありませんが、安全で緑あふれる国土で快適に暮らすため、この優れた技術をさらにレベルアップして活用していく必要があると思います。

今年のはじめは如何でしたか。景気の見通しも長足とはいきませんが、確実に上向いていると思われ、明るい初夢を見た人も多いものと思います。そして、今年1年が明るい年であるように心から望みます。今月の特集テーマは「建設未来特集」として、これからの新しい建設関連技術を集めてみました。

最後になりましたが、年末のご多忙な時期にもかかわらずご執筆頂いた執筆者の方々に心より御礼申し上げるとともに、本年が皆様方にとってより良き年となりますよう心からお祈りし編集後記と致します。

(星隈・星野・村上)

機関誌編集委員会

編集顧問

| | |
|-------|-------|
| 浅井新一郎 | 石川 正夫 |
| 今岡 亮司 | 上東 公民 |
| 岡崎 治義 | 加納研之助 |
| 桑垣 悦夫 | 後藤 勇 |
| 佐野 正道 | 新開 節治 |
| 高田 邦彦 | 田中 康之 |
| 田中 康順 | 塚原 重美 |
| 寺島 旭 | 中岡 智信 |
| 中島 英輔 | 橋元 和男 |
| 本田 宜史 | 渡邊 和夫 |

編集委員長

関 克己

編集委員

| | |
|-------|-----------|
| 星隈 順一 | 国土交通省 |
| 小幡 宏 | 国土交通省 |
| 西園 勝秀 | 国土交通省 |
| 佐藤 隆 | 農林水産省 |
| 伊藤 早直 | 原子力安全保安院 |
| 夏原 博隆 | 鉄道・運輸機構 |
| 軍記 伸一 | 日本道路公団 |
| 新野 孝紀 | 首都高速道路公団 |
| 坂本 光重 | 本州四国連絡橋公団 |
| 山崎 劭 | 水資源機構 |
| 吉村 豊 | 電源開発 |
| 西田 光行 | 鹿島 |
| 和田 一知 | 川崎重工 |
| 岩本雄二郎 | 熊谷組 |
| 嶋津日出光 | コベルコ建機 |
| 金津 守 | コマツ |
| 山崎 忍 | 清水建設 |
| 村上 誠 | 新キャタピラー三菱 |
| 芳賀由紀夫 | 大成建設 |
| 星野 春夫 | 竹中工務店 |
| 加藤 謙 | 東亜建設工業 |
| 内田 克己 | 西松建設 |
| 森本 秀敏 | 日本国土開発 |
| 芥藤 徹 | NIPPO |
| 梅本 慶三 | ハザマ |
| 宮木 克己 | 日立建機 |
| 岡本 直樹 | 山崎建設 |
| 庄中 憲 | 施工技術総合研究所 |

2月号「建設ロボットとIT技術特集」予告

- ・建設ロボットとIT施工に関する最近の話題
- ・施工技術総合研究所の研究開発動向
- ・油圧ショベルのイーゾオペレーション化のための操作装置
- ・ホイールロードの自動化
- ・無人ラフテレンクレーンの開発
- ・ダイオキシン類を有する煙突解体システムの開発
- ・道路トンネルにおけるシールド技術体系と最新技術
- ・軟弱地盤から岩盤まで1台のマシンで対応—万能型シールド工法の開発—

No.659 「建設の施工企画」 2005年1月号

(定価) 1部840円(本体800円)
年間購読料9,000円

平成17年1月20日印刷

平成17年1月25日発行(毎月1回25日発行)

編集兼発行人 小野 和日児

印刷所 株式会社 技報堂

発行所 社団法人日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

電話 (03) 3433-1501; Fax. (03) 3432-0289; <http://www.jcmanet.or.jp/>

| | | |
|-----------|-----------------------------|-------------------|
| 施工技術総合研究所 | 〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154 | 電話 (0545) 35-0212 |
| 北海道支 | 部 〒060-0003 札幌市中央区北三条西 2-8 | 電話 (011) 231-4428 |
| 東北支 | 部 〒980-0802 仙台市青葉区二日町 16-1 | 電話 (022) 222-3915 |
| 北陸支 | 部 〒951-8131 新潟市白山浦 1-614-5 | 電話 (025) 232-0160 |
| 中部支 | 部 〒460-0008 名古屋市中区栄 4-3-26 | 電話 (052) 241-2394 |
| 関西支 | 部 〒540-0012 大阪市中央区谷町 2-7-4 | 電話 (06) 6941-8845 |
| 中国支 | 部 〒730-0013 広島市中区八丁堀 12-22 | 電話 (082) 221-6841 |
| 四国支 | 部 〒760-0066 高松市福岡町 3-11-22 | 電話 (087) 821-8074 |
| 九州支 | 部 〒810-0041 福岡市中央区大名 1-8-20 | 電話 (092) 741-9380 |