

新春特別インタビュー

機関誌編集委員会

新春の企画として、インタビューをしたものである。現在建設機械業界で関心の高い、情報化施工、災害対応ロボット、インフラロボットについて、指導的立場におられる立命館大学の建山教授、芝浦工業大学の油田教授にその課題や将来像について語っていただいた。

キーワード：情報化施工、災害対応ロボット、インフラロボット、無人化施工、CIM、人型ロボット

1. 情報化施工と建設ロボット

立命館大学教授 建山和由氏

情報化施工の現状と役割

田中 まずこれまでの情報化施工を振り返っての感想からお願いします。

建山 2008年2月、国土交通省に情報化施工推進会議が立ち上がりました。当時、情報化施工はいつきのブームで終わるのか、発展していくのかという岐路に立っていました。そこで、推進戦略を出して様々な取り組みを行った結果、社会的な認知は随分広まって、5年間である一定レベルの目標は達成できたと思っています。一方で、海外の普及のスピードに比べると、日本でももう少し加速的な普及が必要と実感しました。情報化施工導入のメリットを企業側、発注者側が十分に認識できなかったことが普及の課題でしたから、2013年第2期の推進戦略では「使う」レベルから「活かす」取り組みを確実に進めていこうということになりました。

CIM（コンストラクション・インフォメーション・モデリング）との連携も新しい戦略の中には入っています。CIMというのは、調査、計画、設計、施工、維持管理という一連の工程の中で情報を共有しながら、全体として効率的に、あるいはより精緻なインフ

ラの整備をしていこうという発想ですが、情報化施工では、CIMの中でも特に施工部分を中心に情報の高度な使い方を極めていこうという話です。

田中 建設現場で発揮する情報化施工のメリットは何でしょう？

建山 一つは省力化です。今まで5人必要だった仕事が2～3人でできるようになることです。それから、建設の現場は自然相手ですから、予想どおりにはいかないのが当たり前で、現場では不測の事態に迅速かつ的確に対応することが求められます。技術者が、現場での確な判断ができるような仕組みづくりも情報化施工の重要な役割になります。現場の中でより確度が高い精緻な管理を行うことができるようになると、建設施工が1ランク上の技術になっていくのではないかと考えています。

また、情報化施工を行う上で女性の活躍は非常に広がるでしょう。例えば3次元のデータづくりなどは女性のほうが向いているかもしれません。また、先日見学させていただいた雲仙普賢岳の現場では、無人化施工の遠隔操作のオペレーター5人の中に女性が2人いました。男性のオペレーターが重機を遠隔操作し、それをサポートするカメラ車を女性が担当していました。後ろが見えない男性のオペレーターに必要な前後左右のカメラ画像を適確に送り、安全を確保する仕事です。

CIMとの連携を考えると情報化施工の範囲は建設現場のほかに、施工と絡めながら、特に維持管理にも広がっていく必要があります。施工管理の情報は維持管理でも使うことができ、それを使って維持管理の計画は合理的につくることが重要です。また、計画との連携では、施工のデータを前のステップである計画に返すということになりますが、次のプロジェクトの計画



建山 和由（たてやま かずよし）

立命館大学理工学部教授、工学博士。京都大学大学院工学研究科博士後期課程修了。京都大学工学部助手、講師、助教授を経て、2004年より現職。土木工学、建設施工学、地盤工を専門とし、ICTの建設施工への導入による情報化施工や建設ロボットの研究開発と普及に努めている。

に活かされます。問題のある設計なり計画を是正するためにも施工の情報を前の工程にフィードバックしていくことも重要だと思っています。

情報化施工の発展要素

田中 人材育成についてどのような取り組みをしていますか？

建山 情報化施工を社会に出て使う土木の分野の人たちは、実は施工のことを大学であまり習っていません。土木系学科では構造、水理、土質、計画などを教えています、施工のことをしっかり教えているところはほとんどありません。ですから多くの学生たちは卒業して、社会に出てきて初めて情報化施工に接するわけです。そこで、今年から協会にお願いしてテキストと授業のためのコンテンツをつくろうと、関係の方々に集まっていたいて今作業を進めているところです。大学の一つの講義は90分授業が15コマあるのですが、15回の授業の間に使ってもらえるようなテキストと動画、パワーポイントをそろえていこうと思っています。情報化施工とは何かを分かってもらえることを目指しています。

田中 情報化施工について、どういうイメージをお持ちですか？

建山 私は、将来はCIMや建設ロボットなども含めた一体形で、建設施工全体のシステム化が進むと思います。例えば道路工事では、情報をもちろん有効に利用して、かつ、建設ロボットも可能な範囲で使っていて、省力化と工事の精緻化が完璧に行われていく一つの生産システムとして、大きな工場みたいになっていると考えます。それができると国際競争力も出てきて、一つのパッケージとして海外展開ができるようになると思います。

無人化施工は建設ロボットの一つと言えるのかもしれませんが、今は人が介在しているので自立した建設ロボットとは違います。しかし、最近では、情報化施工で開発されたMG、MC技術が無人化施工に導入され、遠隔操作を行うオペレーターをサポートするようになりました。情報化施工のツールも現場で使って、磨いていって、ある程度物になったらまた無人化施工に載せていって、建設ロボットに統合していく。最終的には自立型建設ロボットの機能になっていく。そんなイメージです。

建設分野というのは研究開発費が十分ではありません。一般製造業は全売り上げの4%ぐらいは研究開発費に充てていますが、建設業はたったの0.4%です。これではとても開発経費を賄えませんから、実際に現

場で役に立つ技術として現場プロジェクトの経費の中で開発しています。しかし、逆にそれが強みになって、建設ロボット、MC・MGもそうですし、無人化施工もそうですが、非常に実用性の高い技術になっています。福島原発で無人化施工技術が有効に使われていますが、あれは雲仙普賢岳をはじめ、災害地で無人化施工技術を20年以上営々と磨いてきたから、福島原発事故現場でもすぐに使えたといえます。いざというときに役に立つのはそういう技術だと思います。

情報化施工の今後

田中 情報化施工の課題は何でしょうか？

建山 やはり「使う」から「活かす」という話の中で、「活かす」ところの認知を進めることがまず一番大事だと思います。役に立つ、実際に導入して効果があることを感じてもらえること。特に地方の建設業で使ってもらえるようにすることです。建設従事者は今大変です。人がいない、機械がない。けれども、2020年、東京オリンピックが終わったら元に戻ると言われていますが、決してそんなことはないようです。トレンドとして明らかに労働者人口は激減していきます。かつ結構年配の人が多いので、熟練技術者がいなくなります。人的には質も量も足りない時代になってきます。ところが地方のインフラがどんどん劣化してきて、メンテ、更新で工事は絶対に減りません。でも予算はない。予算も人もない中で、地方のインフラを整備していくためには、今のやり方では絶対に無理です。今まで5人かかっていたのを3人でできるようなシステムをつくるとか、本当に工事が必要なところを確実に維持していくとか、現状で必要のないところは手を加えないとか、そういう精緻な管理も必要になってきます。したがって、インフラの情報管理は非常に重要で、そのためには情報化施工が役に立つということを認識してもらうことが何よりも大事なのです。

田中 最後に、情報化施工に関してアピールしたいことは何ですか？

建山 国が情報化施工を推進しようといろいろ進めています、どちらかというとMCやMGなど、機械の制御技術に特化している話が多いと思います。情報



田中 康順（たなか やすゆき）
鹿島道路㈱ 常務執行役員。福岡北九州高速道路公社 理事長、独立行政法人土木研究所 理事、国土交通省総合政策局建設施工企画課長、宮崎県土木部長、九州地方建設局道路部長などを歴任。

化施工というのは、それも一つの機能ですが、不確定要因が多い建設工事の中で、情報を利用してより精緻に管理していくという機能もあります。あるいは、情報化施工は建設に伴う環境負荷を減らしてくれるような機能も持っています。現場での工夫が技術の発展につながっていくので、ICTを導入することによって施工の効率化や合理化が図られるような、そういう現場の工夫があちこちで生まれるような気風ができてくるといいなと思っています。

地方まで含めた小さなプロジェクトでは、結局規格、基準とかマニュアルからなかなか抜けきれなくて、技術開発や工夫が入る余地が少ないと言えます。情報化施工を入れようと思っても、今までの施工管理要領やマニュアルに縛られていては、情報化施工を導入しようとしてもうまくいかないし効果が出ません。情報化施工の導入を前提としてそれが効果を発揮できるように施工管理の方法、あるいは施工方法もすべて

変えていくことも必要です。

この間面白いものを見ました。メンテのロボットで、橋梁の床版を調べていくロボットです。最近ではUAV、ヘリコプターみたいなもので、床版を一個一個写真に撮って調べていくのですが、写真を撮ったときにこの床版がどこの床版かというのを特定しないといけません。このために、飛行体は自分の今いる位置を特定し、自分との相対位置からどの床版かを特定していきます。しかし、床版のどこかに2次元バーコードか何か目印を付けてそれも一緒に撮れば何番の床版か分かります。そういうことを導入することを前提に施工法や工事のやり方を変えていけば、ICTも、建設ロボットも随分と導入しやすくなると思います。新しいことにどんどんチャレンジし、どう使うかを考えていくべきだと思います。そういう議論を期待しています。

田中 ありがとうございます。

2. 建設ロボットの将来

芝浦工業大学教授 油田信一氏

ロボットの技術について

田中 まず、ロボットに取り組まれることになったきっかけからお願いします。

油田 始まりは35年ほど前に筑波大学に移ったときです。ある先生に誘われて、イギリスで開催されたマイクロマウスという迷路を抜けるロボットの国際大会に参加しようと学生たちと一緒にロボットを作ることになりました。そのとき、ロボットは学生を指導しつつ一緒に研究をしていくのにすごくいいテーマだと気がついたのが、ロボットを研究テーマとしたきっかけでした。

田中 ロボットの定義を聞かせてください。

油田 ロボットのイメージは、人間のような機能を持って、人間に代わって何かしら仕事をする機械です。しかし、ロボットの定義を厳密に定めようとするのは、ほとんど無理です。例えば小学生が牛乳パック

に輪ゴムで割り箸の手を付けたら、それは彼らにとってはロボットです。つまり、定義はそれぞれ違ってよく、どこまでできたらロボットだと言うことはできません。

むしろ、ロボットという言葉は、形容詞だと考えるとしっくりします。たとえば、私は、バックホウは、りっぱなロボットだと考えています。自分自身で動き回れて、「手」で作業ができる操縦型のロボットです。が、もしこれが、もっと複雑な作業を自分で考えてやってくれば、さらに優れたロボットと言えます。人間の形をしているほうが、その形をしていない機械よりもロボットのようですが、ロボットが人間の形をしていないければいけないわけではありません。

田中 ロボットやロボット技術が果たすべき役割は何かでしょうか？

油田 多くの機械は、人にはできないことを実現するところにその存在の意義があります。が、ロボットやロボット技術が目指しているのは、普通の人々が普通にやっていることを機械にもできるようにすることです。したがって、先端的なコンセプトで突っ走るよりも、具体的な問題を解決するために、煩雑なことを丁寧に詰めていくことがロボット技術の特徴となります。この技術は、ロボットと呼ばれる機械だけではなく、例えば自動車の安全システムや、人にとって心地よい温度に自動調節される空調機にまで使われます。私は、ロボット技術は、社会における必要な課題の解



油田 信一（ゆた しんいち）
1948年生まれ。1978年より2012年3月まで筑波大学。現在、芝浦工業大学工学部電気工学科教授（特任）のほか、土木研究所招聘研究員、つくば市顧問、次世代無人化施工技術研究組合理事長などを務めている（工学博士）。専門はロボット工学。2012年度には国土交通省の建設ロボット懇談会の座長を務めた。

決のための技術であるべきだと考えています。

田中 人間型のロボットはどう考えますか。

油田 社会は人のためにつくられているので、社会の中で働くためには、人と同じ形をしていると好都合です。たとえば、エスカレーターを使って、ほかの階に行ける機械をつくるには人間型が便利です。また、人は人とのコミュニケーションには慣れています。したがって、機械が人のように振る舞ってくれば、人々にとって機械とのコミュニケーションは楽になります。さらに、急斜面の現場で動く機械をつくろうと思うと、車輪では滑るので、2本足はそれなりに有利です。

しかし、機械に人と同じことをさせるのは、現状の技術ではとても難しく、目的の動作をさせるには、目的指向で機械を設計開発する必要があります。したがって、今後10年間ぐらいの短期レンジで役に立つ、建設やメンテナンスのシステムを考えると、人型にとらわれることはプラスにはならないでしょう。

災害対応ロボットのプロジェクト

田中 次に、災害対応ロボットについてお聞きします。

油田 災害対応ロボットに注目が集まっている背景の一つは、東日本大震災と福島原発事故です。原発の事故に際して、日本にはロボット技術があるから、ロボットをすぐに使える、と多くの人が期待をしました。が、日本には技術はある筈なのに、すぐに使える機械はほとんどなかった。そして、真っ先に調査に入ったのはアメリカ製のバックボットなどの軍事用のロボットでした。

そこで、今後起こりうる災害に対処できるように、あらかじめ、災害対応のためのロボットについて、技術を整備して、情報を共有し、さらに、使える具体的なシステムを作って準備しておくことを目的として、COCN（産業競争力懇談会）で検討し提言をまとめています。私は、中心になっている東大の浅間先生に誘われて一つのワーキンググループを担当しています。ロボットへの期待は大きいのですが、具体的な働きを想定しない万能ロボットを作ることは不可能です。そこで、ここでは、我が国に発生しうる自然災害や、人工物の事故を想定して、どのような準備が有効かを検討しています。

田中 福島では無人化施工の重機も働いています。

油田 福島第一原発では、壊れた建屋の周りに放射性濃度の高いガレキが散乱しました。事故後の原発を安定させ、必要な対処作業を進めていくためには、まず、その放射線レベルを下げ、現場までの通路を確保す

ることが必要です。幸い我が国には、雲仙普賢岳以来培われ、その後全国で働いている無人化施工の技術とシステムがありました。そこで、無人化施工の重機を導入し、遠隔操作で高放射性のガレキを撤去する作業が行われました。福島での無人化施工の貢献はとても大きいと考えています。

無人化施工は、ロボットの研究から生まれたものではありません。しかし、遠隔地から機械を操作するという技術はまさしくロボット技術であり、これが大いに役に立ちました。無人化施工は、火山噴火後の土石流への対処という具体的な問題に対して、開発され進歩してきたものです。ロボットというと、つい先端的で汎用性の高い何でもできる機械を期待しがちですが、災害時に実際に役立てるためには、具体性こそ重要です。はじめは低レベルでも、使いながら問題を見つけてこれを解決し徐々に進化を図っていくことにより、しっかりとした技術が生まれます。無人化施工の例は、災害対応ロボットを考える際に大いに参考にすべき例だと考えています。

田中 災害ロボットに必要な技術にはどのようなものがあるのでしょうか？

油田 要素技術としては、センサー技術や環境認識技術が重要です。人が遠隔操作するとしても、良い情報をオペレーターに与えるためには、センサー系の技術が不可欠です。

また、違うレベルでは、ハードウェアとソフトウェアの双方について、拡張性や修正・改良・改造が容易であることが必要で、そのための構造やアーキテクチャが大きな課題です。災害対応ロボットは、あらかじめ詳細に計画された作業のみでなく、臨機応変にいろいろな状況に対応しながらの働きが期待されます。多様な条件下でも有用に働くためには、高機能なことから、確かなことと、頻度の高い使い方にしっかりと対処できることが求められます。現場で使いながら、その経験がシステムの各部の設計にステップ・バイ・ステップでフィードバックされて、多様な環境条件に対処できるよう改良されていくという柔軟な構造が必要です。

インフラ維持管理へのロボット技術適用

田中 インフラロボットがインフラの維持において果たす役割は？

油田 ロボット技術が果たす役割は、今まで事実上できなかった点検の実現と、コストの削減でしょう。非破壊検査など、検査の技術ももちろん必要ですが、ロボット化によって、今まで人が行っていた危険なとこ

ろには行かないで検査や作業ができれば、大いにメリットがあります。私は、このような手が届きにくいところに行く（あるいは、手を伸ばす）ロボットの能力を、アクセス機能と呼んでいます。人が、たとえば高い壁面の検査をするには、安全のための配慮が不可欠です。そのようなところへのアクセス機能を持つロボットを準備することにより、足場の設置を省くことができれば、大きなコスト削減になるでしょう。

田中 インフラに関するロボット技術の将来像はどんな感じでしょう。

油田 くり返しになりますが、万能型のロボットの導入を考えることは現実的ではありません。現在、人がやっている、きつい・キタナイ・危険な仕事の部分がある程度代替して、結果としてコストを削減するのがイメージです。

さて、ロボット技術は、どんなところでもしっかり働くことを追求して研究が進められています。しかし、何でもできるロボットを作るのは無理です。むしろ、ロボット技術を有効に使うには、ロボットを生かせるように対象物や環境を変えることも考える必要があります。たとえば、橋に検査用のレールを付加する、あるいは、通信用に無線 LAN をあらかじめ準備するなど。それにより、僅かな手当でも全体としての効率は大きく向上するでしょう。将来像は、社会もインフラも変えつつ、ロボットの技術を活かして、全体として効率よく確実に維持・メンテナンスができるようにしていくことだと思います。

災害対応にせよインフラの維持・メンテナンスにせよ、インフラロボットは数十年のレンジで考える必要があります。現在、ロボットはいわばブームの様相を呈していますが、これを単なるブームで終わらせてはいけません。コツコツ努力を継続していくことこそ大切です。

田中 フィールドにおける実験の重要性についてはどうお考えでしょう？

油田 どういう環境で動いて、どういう機能があればいいか、を十分に詰めることができないままに、それ

なりのものをつくらざるを得ないことがフィールドロボット、とくに災害対応ロボットの宿命です。ロボットを求めても、それが働くべき環境や作業の内容をあらかじめハッキリと書き切ることができないのです。と言って、抽象的な表現で何でもできるロボットを目指すと、結果としては、何もできないものにしかならない。具体的な現場での実験や使用経験によって問題がだんだんクリアになっていくので、とにかくフィールド実験や使用経験が重要です。

今回の国交省の、インフラ用ロボットを現場で実証する、模型ではなく現場で働かせてみるという公募はすごくいい試みだと思います。実際、大学等のロボット研究者にとっては、実地のニーズを拾い上げることも、実験する場所を準備することも、容易ではありません。今回のように具体的なフィールドを示し、ここでこう働くものが求められていると言ってもらうのは、フィールドロボットの技術開発のためにはきわめて意義があると感じています。

田中 最後に、人材の育成についてお願いします。

油田 大学などの研究者には、過去にとらわれない斬新な研究をすることが求められています。しかし、今までの何百年かの間にいろいろと考え出されてきた知恵や経験を将来に向けて残していくことも大切です。時代ごとに残さなければいけないことが増えているので、要らないものは捨てて、残すべき経験や考え方を分かりやすく整理して、次の世代に伝え、次の人材を育成する。これが大学の重要な役割です。私は、むしろ、大学での研究や新しい問題へのチャレンジは、次世代の人材育成の手段であればよいとも考えています。人材育成も実は技術の維持・メンテナンスであり、キーワードは「維持」なのです。

また、フィールドでの実験は、問題がどこにあるかを理解できる人材を育てる上できわめて大きな役割を果たします。

田中 なるほど。どうもありがとうございました。

JICMA