

宇宙・地上利用を指向した自律制御協調型の遠隔施工システム

鹿島建設(株) 正会員 ○浜本研一 三浦 悟
JAXA 星野 健 若林幸子 須藤真琢 森本 仁

1. はじめに

地上において人が立ち入れない場所での作業では、安全な位置から遠隔操作仕様の建設機械を動かす無人化施工システムが活用されているように、宇宙でも同様に人間が現場に常駐して作業することが難しいため、月や火星での有人拠点の建設は遠隔操作によって行われることが想定されている。しかし宇宙での拠点建設では地上との通信遅れがあるため、遠隔操作での作業効率の低さが懸念されている。

このような問題の解決に向けて作業効率を向上させるために、我々は遠隔操作と自動化施工システムを組み合わせる技術や時間遅れを考慮した制御技術の研究に取り組んでいる。研究開発で得られた成果により、宇宙(特に月面)での拠点建設が実現し、また地上でもより生産性や安全性の高い自動化施工システムが実現できることが期待される。本報告では月面拠点の遠隔施工システム(図-1, 2)や地上での自動化施工システムの実現に向けて解決すべき研究課題と現在進めている研究開発の概要について紹介する。

2. 自動化技術展開の背景と現状

(1) 宇宙の場合

地球周回軌道以遠に人類の活動領域を広げる試みとして行われている宇宙探査は、40年以上前のアポロの月着陸以降、国際宇宙ステーション(ISS)を経て、他天体に向けて一歩を踏み出そうとしている。ISSのきぼうロボットアームは、ISSに搭乗する宇宙飛行士による直接操作と地上からの遠隔操作で運用されている¹⁾。が、通信時間遅れが比較的小さい地球周回軌道上の作業では地上からの遠隔操作が有効である。一方で、過去に米航空宇宙局(NASA)が実施した火星ミッションでは、移動ロボット(ローバ)による地表面探査が行われた。火星と地球の通信に往復数10分程度の時間を要するため、ローバは自律的に動作する機能を備えていた。

上記の事例と比較すると、月面の拠点との通信時間の遅れが3~8秒程度であるため、ISSで使われている現状の遠隔操作技術だけでは十分な効率が得られないうえ、火星で使われたローバのような高い自律性は必要とされていない。そのため月面の拠点建設を長時間持続的に行うためには、新たな遠隔化・自動化技術が必要であると考えている。そのような技術の候補として、長い通信遅延に対応して遠隔操作を支援する技術や建設機械の複雑かつ多様な動作を自動化する技術が挙げられる。



図-1 遠隔操作と自動制御の協調による遠隔施工システム



図-2 月面拠点建設イメージ

(©JAXA)

(2) 地上の場合

我が国の建設業界における重大問題として「人手不足・熟練者不足」・「低い建設生産性」・「労働災害や事故の多さ、災害・危険地域での工事増加」が挙げられる。これらへの対応策の一つとして、建設機械による土工事に ICT を活用した、いわゆる情報化施工システムの導入が進められている。特に、国土交通省が 2016 年度

キーワード 自動化, 遠隔支援, 動作判断, 月面拠点, 土工事

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-6256

から提唱している i-Construction²⁾の推進を旗印としてこの分野の研究開発が活発化しているが、検討されている技術のほとんどは建設機械オペレータが行う運転や作業の支援システムであるため、根本的な就業人員の減少対策、安全性の向上等に対してより一層貢献できる技術として、施工の自動化技術の導入が必要である。

鹿島は、これまでに建設現場において多様な作業の中で用いられている種々の建設機械の自動化に関する研究開発を行っている³⁾。特に土工事において、繰り返し行われかつパターン化しやすい施工作業に着目し、振動ローラの転圧作業やブルドーザによる撒出し作業の自動化を実現した(図-3)。

3. 目標システムの概要と必要となる機能

我々は「月面構造物の遠隔施工を行うことができ、また地上では生産性や安全性の高い建設施工をもたらす新しい遠隔施工システム」の実現を目標に掲げて、既に開発している建設機械を自動化する基本的な機能だけでなく、下記の3つの機能を実現する要素技術の研究開発を行っている。

(1) 遅延補償付き操作支援機能

3～8 秒の通信遅延がある場合でも、建設機械の操作性や安定性を損なわず、作業計画に応じた遠隔操作を可能にすることを目的に、遠隔操作する建設機械の予測位置を表示することや建設機械の状態を推定することで操作支援を行う技術の研究開発を進めている。

(2) 周囲環境に応じた動作判断機能

事前に把握しにくい地形変化を検知し、現在位置での作業内容に応じて自律的に動作するために、地形認識や GPS データがなくても精度よく現在位置を推定する技術の研究開発を進めている。図-4 にレーザスキャナによる地形認識状況を示す。振動ローラに取り付けたレーザスキャナ(同図下・写真の赤丸内)とジャイロデータから赤線枠のように傾斜面を推定し、カラーコーン(同図上・図内の白丸)を障害物として認識している。

(3) 複数建設機械の協調作業機能

複数の建設機械が干渉しそうな場合に衝突回避などの作業変更を自律的に行うことを目的に、衝突回避のための走行軌道生成と最適化、および与えられた軌道に追従するための走行制御の研究開発を進めている。

4. おわりに

本共同研究は 2016～2018 の 3 年間を予定しており、次年度は得られた成果を試験機により検証し、最終年度には各種機能を統合して、月面拠点建設の実現性評価を行うフィールド実証実験を進める予定である。

謝辞 本研究は、JST イノベーションハブ構築支援事業に基づく JAXA 宇宙探査イノベーションハブとの共同研究の成果の一部である。



図-3 フィルダム堤体工事の自動化イメージ

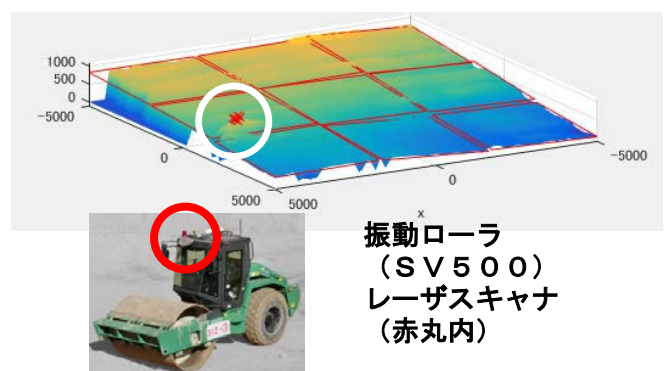


図-4 レーザスキャナによる地形認識

参考文献

- 1) 渡辺一尊, 伊巻和弥, 福井教夫, 和田勝, 森本仁, 成田伸一郎: 地上からのきぼうロボット親子アームの遠隔操作, 日本航空宇宙学会誌, 第 64 巻, 第 6 号, pp.167-172, 2016.
- 2) 新田恭士: 国交省における ICT, 次世代社会インフラ用ロボットの導入推進の取組について, 計測と制御, Vol. 55, No. 6, 2016.
- 3) 三浦, 黒沼, 浜本: 建設機械の自動化を核とした次世代施工システム, 建設機械施工, Vol. 67, No. 12, pp. 21-25, 2015.