

福島第一原子力発電所建屋内高所調査のためのロボット開発

High-Access Survey Robot for Fukushima Daiichi Nuclear Power Station

| | | |
|-----|--------|------------------|
| 産総研 | 山野辺 夏樹 | Natsuki YAMANOBE |
| 産総研 | 加藤 晋 | Shin KATO |
| 産総研 | 大山 英明 | Eimei OYAMA |
| 産総研 | 森川 泰 | Yasushi MORIKAWA |
| 産総研 | 横井 一仁 | Kazuhito YOKOI |

Abstract: National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) and Honda R&D Co., Ltd. (Honda) have developed a robot to survey high and complex areas in the reactor buildings at Fukushima Daiichi nuclear power station. The high-access survey robot consists of a high-area accessible crawler type work platform and a survey arm installed on top of the platform, both of which can be remotely controlled using an intuitive graphical user interface. The robot has been deployed three times to survey upper spaces of the first floors of the reactor buildings that could not be investigated previously by either humans or robots.

Keywords: survey robot, Fukushima Daiichi nuclear power station, surveillance, decommissioning

1. はじめに

東京電力福島第一原子力発電所（以下、1F）の廃止措置に関する作業を計画・実施するためには、現場環境の調査は必要不可欠である。原子炉建屋内部は高線量環境であるため、ロボットの活躍が期待されている。これまでも様々なロボットが投入され、原子炉建屋内部の状況を明らかにしてきた[1]。

産業技術総合研究所（以下、産総研）は、東京電力からの「原子炉建屋高所の状況を調査したい」というニーズを受け、本田技術研究所（以下、Honda）と共同で、遠隔操作で高所・狭隘部などの調査を行う「高所調査用ロボット」を開発した。

2. 高所調査用ロボット

開発した高所調査用ロボットを Fig. 1 に示す。クローラ式高所作業台車（産総研担当）に、調査用アームロボット（Honda 担当）を搭載したものであり、走行時はマストを下し調査用アームを格納することで、全高 1.8 [m]、全幅 0.8 [m]、全長 1.8 [m] というコンパクトさを保ちつつ、調査時には、マストを上げアームを展開することで、最大到達高さ 7.0 [m] を実現している[2]。原子炉建屋は、

配管などにより天井高の低い箇所や、仮設設備や機材のために通路が狭くなっている箇所もあるため、走行時のロボットサイズは重要な設計仕様であった。

調査用アームは全長 1.7 [m]、11 自由度を有し、アーム先端には、調査用に線量計、温湿度計、LRF、カメラが設置されている。ASIMO で培った、周囲の構造物に接触した際にその衝撃を吸収する制御技術が応用されており、多数の関節を同時に制御することで、隠れていて見えていない調査対象にも、障害物を避けながら容易にアプローチすることが可能である[3]。

できるだけ早く現場に投入することを目指し、高所作業台車は、市販のクローラ式垂直昇降型高所作業車をベース車両として、遠隔操作化を行った。またバッテリーなど重たい部品を下部に置くことで低重心構造を実現し、狭い全幅でも十分な転倒安定性と走行性能（Fig. 1: travel capability 参照）を確保している。周囲を確認するための計 20 台のカメラ（前後各 2 台、台車周囲下向きに 8 台、左右側面上向きに 2 台、マスト周囲上向きに 4 台、アーム根元に 2 台）、ロボット自身のサイズを示すレーザーマーカ、LED ライトを搭載し、照明のない原子炉建屋の狭隘部も遠隔操作で走行することができる。

搭載したバッテリーのみで 5 時間の調査ミッションが可能であり、光ファイバを用いた有線 LAN および無線 LAN を介して遠隔操作を行うことができる。

開発に当たっては、調査データの取得に加え、確実に目的の場所に行き、かつ帰還するという点を重視した。

連絡先: 横井 一仁、〒305-8568 茨城県つくば市梅園
1-1-1、国立研究開発法人 産業技術総合研究所
E-mail: kazuhito.yokoi@aist.go.jp

他ロボットの先行事例も参考にしてミッション中に遭遇し得る様々な状況を洗い出し、予防策や対応策を練り、それらを反映してロボットの設計仕様を改善した。例えば、無線通信機能（通信ケーブル断線などの際に、他のロボットと無線通信を行い、他のロボット経由で遠隔操作を可能にする）や、予備バッテリー、高所作業台車の直接操作コントローラなど、ロボットの帰還に必要な不可欠な部分には冗長性を持たせた。東京電力技術開発センターの方々にもこの議論に参加いただき、日々変わる現場状況の共有やロボットに対する現場の要望を組み入れながら設計仕様の策定・改善を行った [4]。

最終的に、振動試験、温湿度試験、降雨試験などの環境試験と、中部電力浜岡原子力発電所内でのモックアップ試験、産総研のモックアップ施設による計 120 時間以上の模擬ミッションを行い、高所調査用ロボット機能を検証した。また、1Fの現場オペレータの訓練も複数回に分けて行い、通常の模擬ミッションによる操作訓練の他、メンテナンスや輸送の訓練、通信ケーブルが何かにつかかった際の対応や、有線通信遮断時に他のロボットとの無線通信によって帰還させる訓練、アームや履帯の切断訓練といった非常時を想定した訓練を行った。

3. おわりに

高所調査用ロボットは、東京電力の運用の下、2013年6月から1F原子炉建屋内上部空間の調査に利用されている (Fig. 2)。これまでに3回の調査ミッションを実施しており (2号機で2回, 3号機で1回)、それまで調査されていなかった原子炉建屋1階高所の詳細な画像や三次元形状データ、線量データを得ることができた。これらのデータは、継続する建屋内調査や廃止措置作業の計画立案に利用されている。

謝辞

高所調査用ロボットシステムの開発には、著者の他にも産総研では尾暮、安達、金子、尹の各氏の協力を得た。ここに感謝する。

参考文献

[1] “ロボットによる調査・作業”, <http://photo.tepco.co.jp/cat3/04-j.html>

[2] 山野辺, 加藤, 横井, 松本, “高所調査用ロボットの開発”, 日本ロボット学会誌, Vol. 32, No. 2, 2014, pp. 145-147.

[3] 杉浦, 福島, 黒田, 石崎, 松本, “東京電力福島第

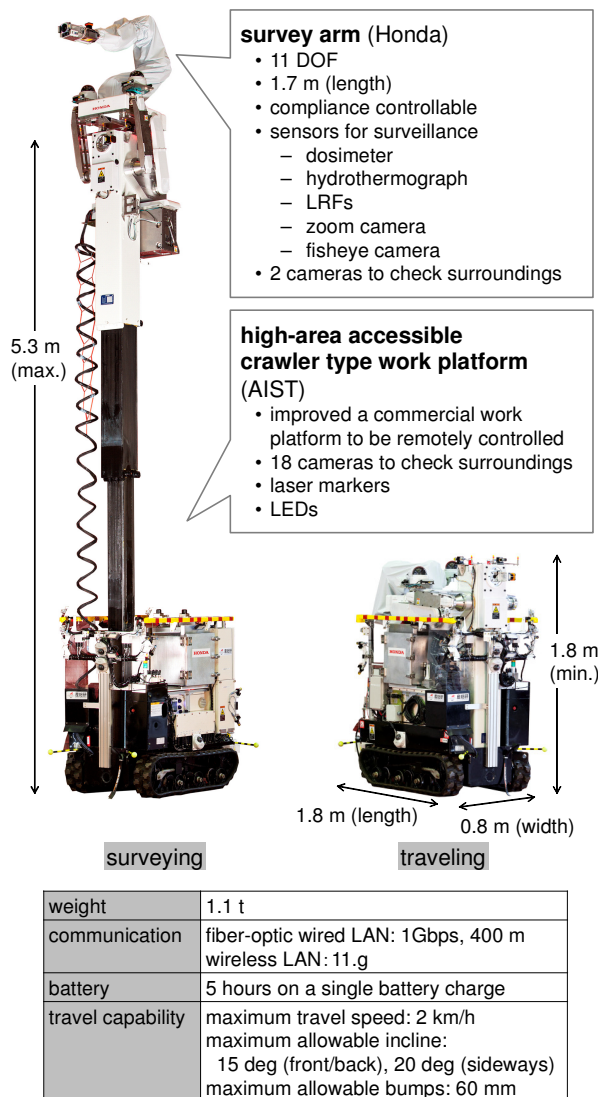


Fig.1 High-Access Survey Robot



Fig.2 Surveillance Mission in Unit 2 (provided by TEPCO)

一原子力発電所向けの高所調査用ロボットシステムの開発”, Honda R&D Technical Review, Vol. 26 No. 2, 2014, pp. 71-81.

[4] T. Sakaue and S. Yoshino, “Difficulties in Development of High-Access Survey Robot”, Proc. of ICMST-Kobe, 2014.