

補助事業番号 2021M-139

補助事業名 2021年度 定期壁面診断を実現するユニバーサルフックに基づく四脚ロボット
補助事業

補助事業者名 神戸市立工業高等専門学校・清水俊彦

1 研究の概要

本事業の概要は、コンクリート建造物の定期打診検査の実現とし、ユニバーサルフックに基づく四脚ロボットを開発することである。具体的には以下の大項目を達成する。

- (1)ユニバーサルフックの基礎特性として、非磁性粉体の混入量、粉体粒径および流体体積比が把持力に及ぼす影響を解明する。
- (2)壁面の各種特性が、段差面を移動できる四脚ロボットの移動性能に及ぼす影響を評価する。
- (3)四脚ロボットによる自己位置推定および点検箇所のマッピング技術を確立する。

2 研究の目的と背景

筐子トンネルの崩落事故を受け、老朽化が進むビルやインフラの定期打診検査の義務付けがなされたが、その検査業務を実現するには人的・物的・金銭的に不足している状況にある。そこで足場の構築や高所作業車を用いた人手による検査に代わり、壁面移動ロボットによる検査の取り組みがなされている。吸着式であるため、接触式の正確な検査を実施できる反面、搭載できる検査機器を増やすためには、吸着面積を増加させる必要があった。そのため、段差やオーバーハングなどを移動することができず、平坦な壁面にその適用範囲が限られていた。

そこで本事業では、老朽化が進むビルやインフラの定期打診検査を実現した、安全・安心な社会の実現を目的とする。四脚ロボットによりアクセス難所の打診検査を行うことで、人による主観的評価から測定精度の高い客観的評価につなげ、検査精度の向上を目指す。さらにロボットによる検査箇所の三次元マッピングを実現し、効率的な維持管理を実現する。将来展望として、2025年の大阪万博での四脚壁面移動ロボットによるパピリオン建造物の点検デモ、2030年の社会実装を経て、2035年のインフラの事故件数0を目指す。

3 研究内容

<https://sites.google.com/g.kobe-kosen.ac.jp/kobe-kosen-robotics/research/shimizu>

ユニバーサルフックに基づく四脚ロボットを実現するため、以下のように研究開発を進める。

(1)ユニバーサルフックの基礎特性の解明

MR流体は磁性粉体と油などの流体が混合したコロイド溶液である。ここでは、非磁性粉体の混合比、粉体粒径および流体と粉体の体積比が把持力に及ぼす影響を解明する。MR流体は非磁性粉体の混入、流体と粉体の体積比を調整することで、磁場による粉体の硬化を強固にすることができる。ユニバーサルフックはこの特性を生かした凹凸面対応グリッパである。

(2) [壁面移動ロボットの段差面移動性能の評価](#)



図1 日刊工業新聞「神戸高専、垂直壁上り下りする四脚ロボット」

本事業ではLiDARを搭載した四足歩行ロボット、Unitree A1を導入し、その足先にユニバーサルフックを搭載することで壁面移動ロボットを実現する。導入後の運用計画としては、神戸市立高専の備品として管理し、ロボットやボールミルに必要なメンテナンスや整備については、研究代表者が実施する。

壁面の各種特性が移動性能に及ぼす影響を評価する。壁面は、コンクリートや鉄筋などの素材、リベットや微小な凹凸、オーバーハングなどの段差、粉体や液滴などの付着物など、多様な特性がある。まずは素材と形状に関して評価を進め、その後に付着物の影響を評価する。

(3) [壁面移動ロボットによる自己位置推定および点検箇所のマッピング](#)

(リンクはロボティクス・メカトロニクス講演会2022 in Sapporoのもの。同講演会2A1-P07「万能真空吸着グリッパに基づく四足歩行型壁登りロボットによる壁面SLAM」に本事業の成果を発表)

打診検査の上で必要となるのは検査部分の位置を正確に測定することである。本事業では、ROSの自己位置推定システムを用いて、点検箇所のマッピングを行う。まずロボットは点検する構造物の壁面を移動し、3次元マップを作成する。得られたマップを構造物の設計図と比較検討し、マップを補正する。その後、実際の検査において、事前に得たマップに基づき、点検箇所の位置情報をマッピングする。

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本事業の成果は、社会生活の根底を支える橋梁・トンネル・ダムなどのインフラ、人々の活動拠点となるビルやマンションなど、定期打診検査が必要とされる構造物を対象とし、この利用者が受益者となる。本邦において、高度経済成長期に建造された老朽ビルやインフラは数多く、これらを検査する資源が不足しており、ロボットによる点検の効率化は喫緊の課題である。崩落事故などの人身被害がすでに発生している状況において、本事業において実現するアクセス難所に対応した四脚ロボットは、実用的ソリューションとして機能する。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

新規性は、ユニバーサルフックという粉体の硬化現象に着目した把持機構にある。従来の壁面移動ロボットで用いられる真空吸盤は吸着面積に、ヤモリグリッパのような分子間力や粘着テープは凹凸面の対応に問題があった。Boston DynamicsのRiSEのような爪式は微細な凹凸面への対応が困難であり、これらと比較して、MR流体の粉体的特性に着目し、どこでも把持できるユニバーサルフックは、省スペース・高い把持力・凹凸面対応を総合的に実現する点において、産業応用だけでなく学術的にも新規性を有する事業である。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

- 2022年6月1日～4日、濱田翼，清水俊彦，他，「万能真空吸着グリッパに基づく四脚歩行型壁登りロボットによる壁面SLAM」，ロボティクスメカトロニクス講演会 2022 in Sapporo, 2A1-P07.
- 2022年03月29日，日刊工業新聞記事掲載。「神戸高専，垂直壁上り下りする四脚ロボット単独精密測量可能」

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

日刊工業新聞記事掲載。「神戸高専，垂直壁上り下りする四脚ロボット単独精密測量可能」

(<https://www.nikkan.co.jp/articles/view/00631939?tw>)

(2) (1)以外で当事業において作成したもの

特になし。

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 神戸市立工業高等専門学校・機械工学科・清水研究室

(こうべしりつこうぎょうこうとうせんもんがっこう・きかいこうがっか・しみずけんきゅうしつ)

住 所: 〒6512194

兵庫県神戸市西区学園東町8-3

担 当 者: 准教授・清水俊彦(じゅんきょうじゅ・しみずとしひこ)

担 当 部 署: 神戸高専ロボティクス(こうべこうせんろぼていくす)

E - m a i l: kcct-ts8@g.kobe-kosen.ac.jp

U R L: <https://sites.google.com/g.kobe-kosen.ac.jp/kobe-kosen-robotics/home>