

吸盤併用グリッパの開発と 登攀ロボットへの応用

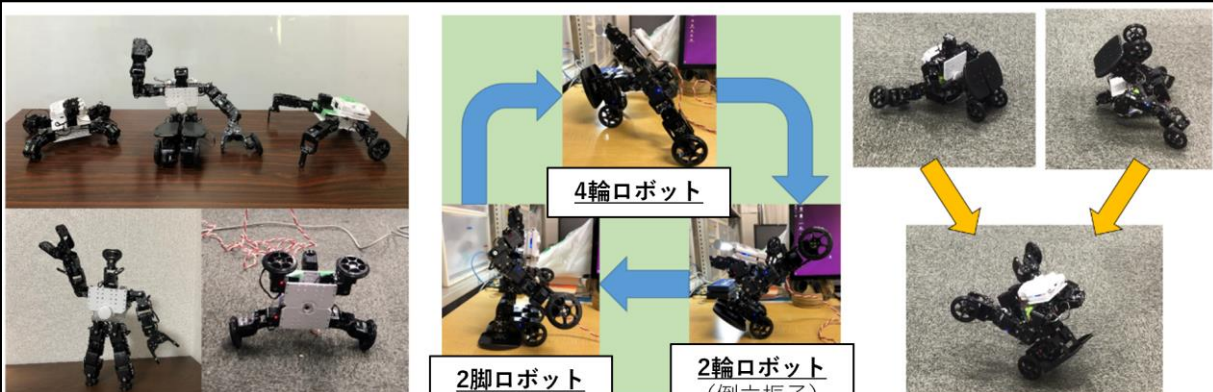
電気通信大学 大学院情報理工学研究科 情報学専攻
助教 木村 航平

2023年5月11日



はじめに

1台で複数の役割を担えるロボットへ



(a) 身体を自由に構成可能な小型ロボット

(b) 1台で4輪・2輪・2脚の形態に変化できるロボット

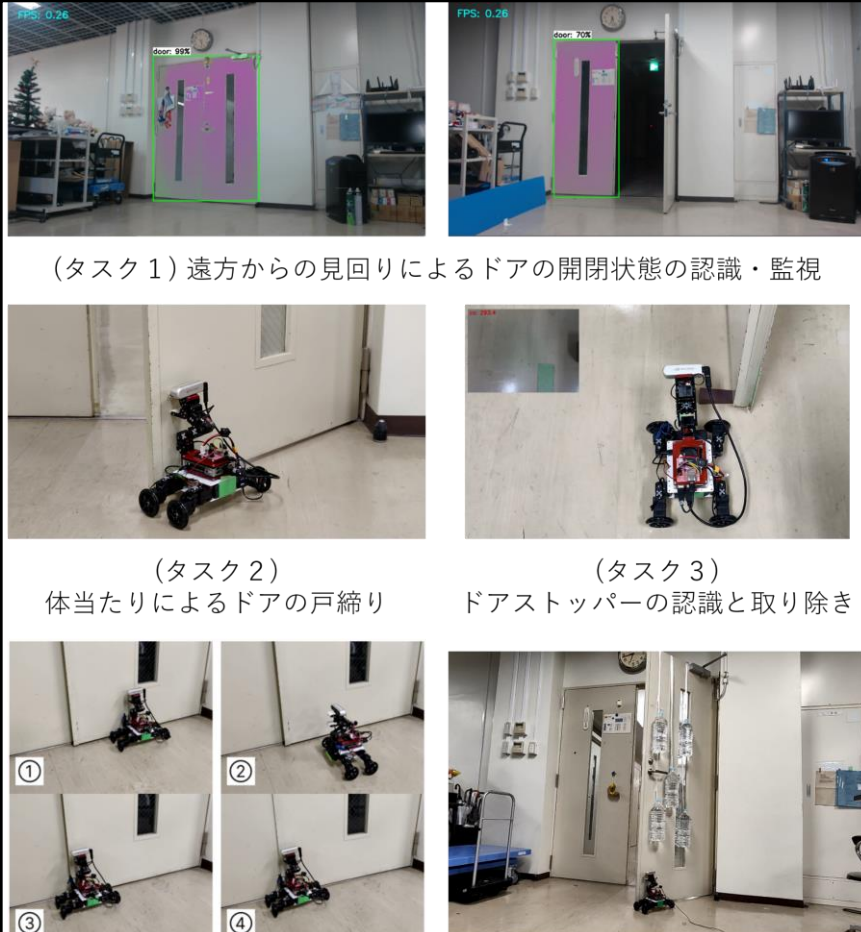
(c) 倒れても自律的に起き上がり可能なロバストな形態変化

(d) 1台で人型と乗り物型に形態変化可能なトランスフォーマーロボット

[Presented at ICRA2022]

Humanoid Vehicle Flexible Body Robustness

1台で複数の形態に変化できるロボット



(タスク 1) 遠方からの見回りによるドアの開閉状態の認識・監視

(タスク 2) 体当たりによるドアの戸締り

(タスク 3) ドアストッパーの認識と取り除き

(タスク 4) 半ドアの検出と戸締りの最終確認

(タスク 5) ドアの重量変化やドアクローザーの有無にも対応

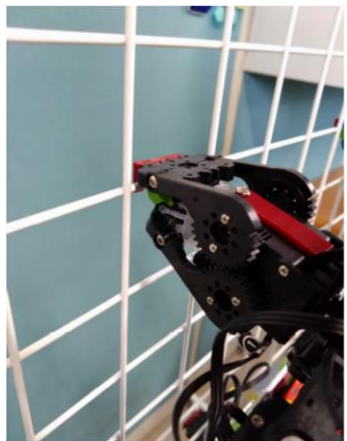
1台でドア周辺の複数の生活支援タスクを実現

新技術の概要

同一機体で把持・吸着/異なる鉛直面の登攀が可能



グリップによる把持と吸盤による吸着の同時実行

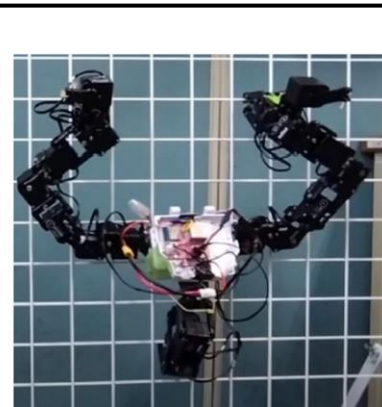
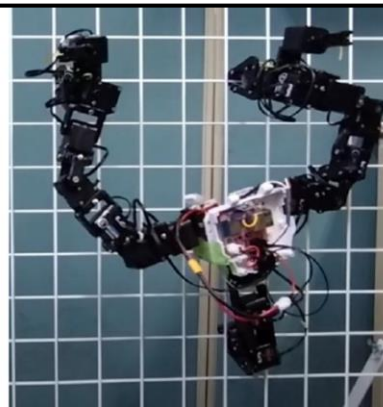
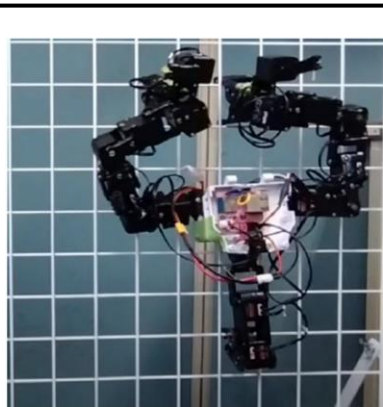


棒状・格子状の面に対しては
グリップによる把持

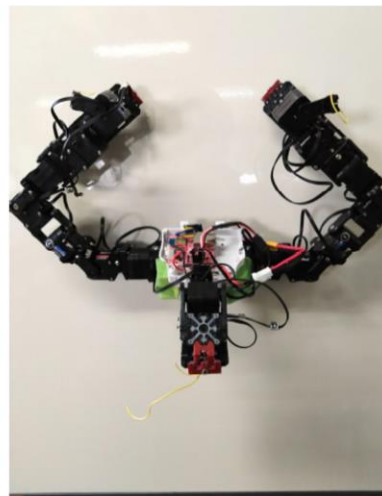
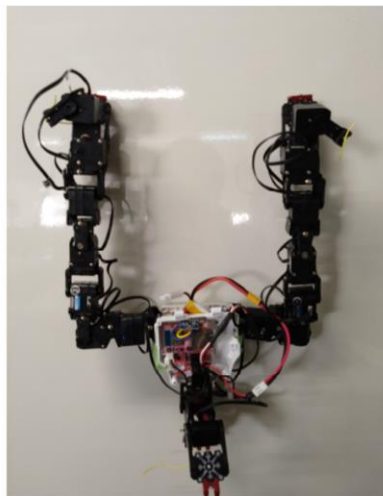
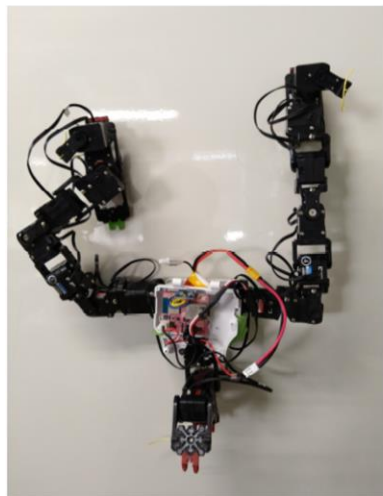


掴み所の無い面に対しては
吸盤による吸着

吸盤併用グリップの開発



同一機体によるフェンスの移動タスク（グリップによる把持を活用）

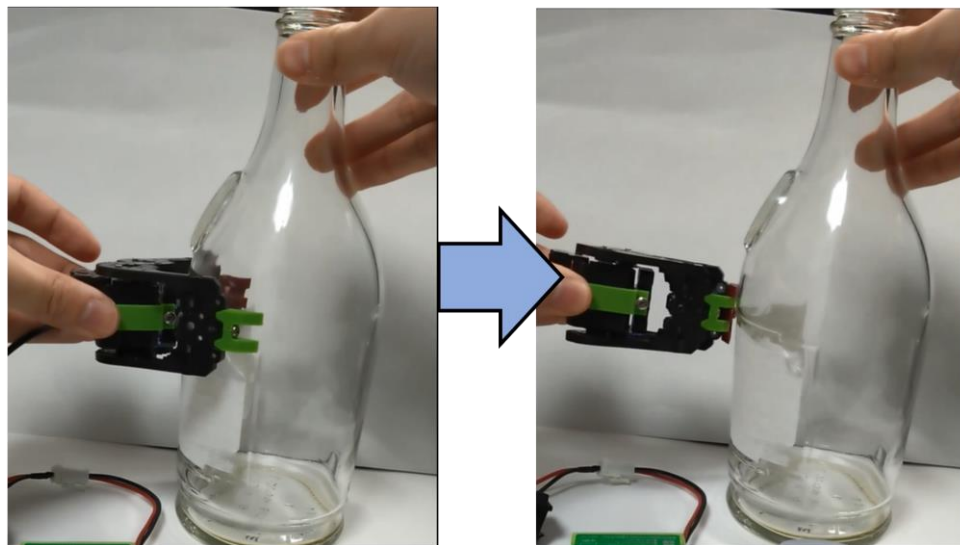


同一機体による壁面の移動タスク（吸盤による吸着を活用）

登攀ロボットへの応用

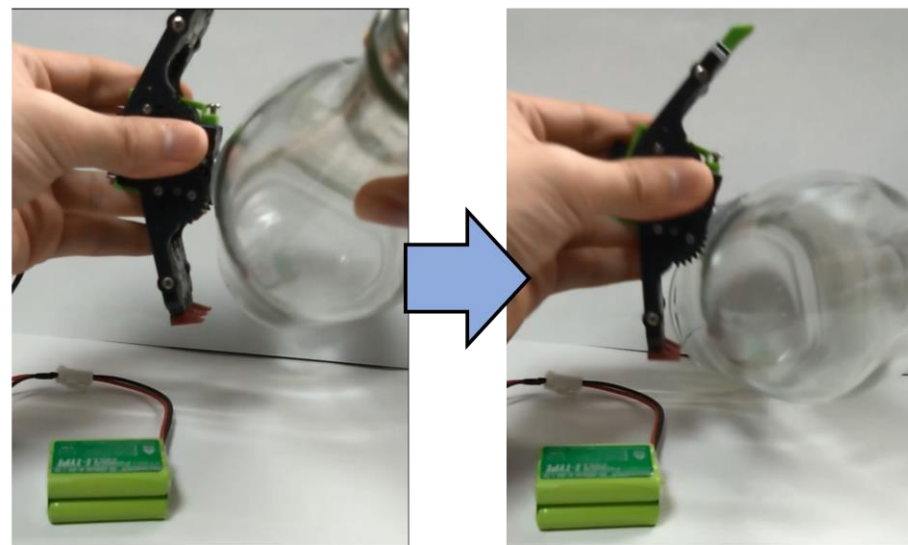
従来技術とその問題点1

物体把持・操作において
グリップ単体では滑りやすく
吸盤単体では揺れやたわみが生じる



【グリップ単体での課題】

曲面などでは滑りやすく把持が困難

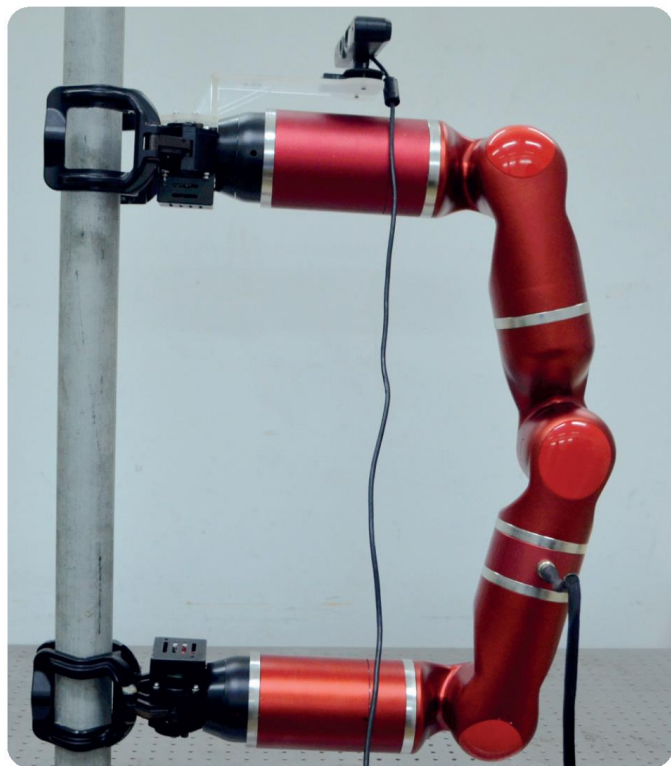


【吸盤単体での課題】

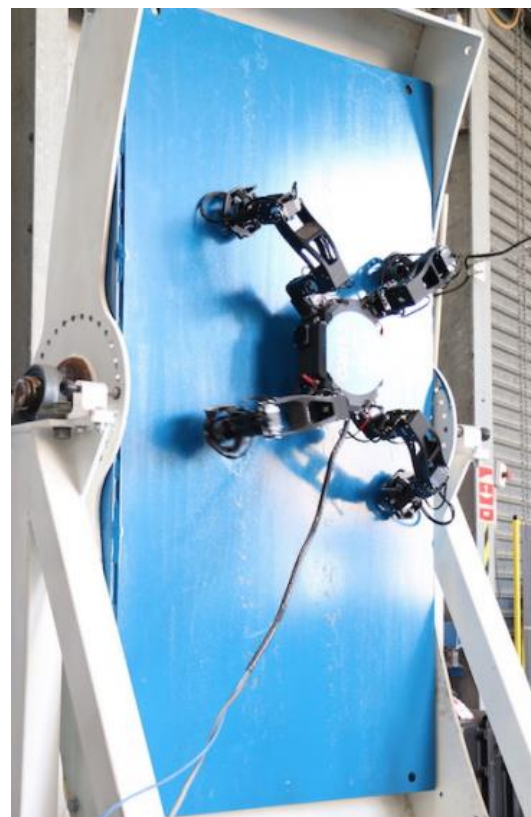
横からの吸着時など、
揺れやたわみの影響を大きく受ける

従来技術とその問題点2

異なる登攀面に対してロボットは
異なる機体（エンドエフェクタ）が要求される



棒状の登攀面
に対しては
グリップに
よる把持[1]



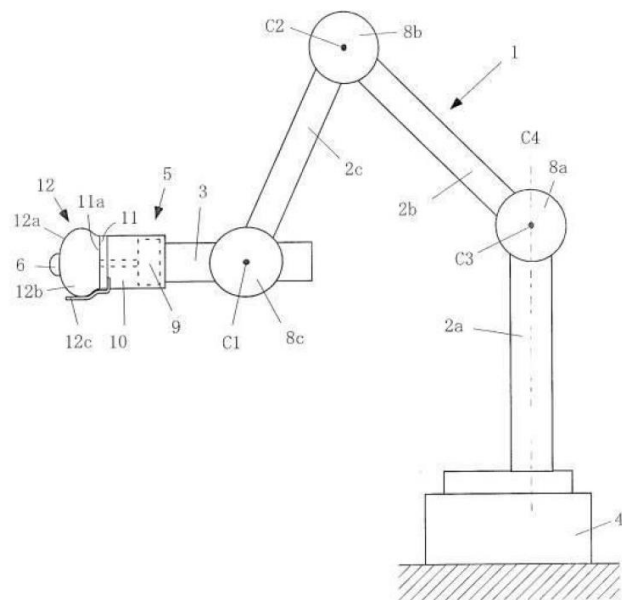
掴み所の無い
壁面に対しては
吸盤やマグネッ
トによる吸着[2]

[1] Y. Guan, L. Jiang, H. Zhu, W. Wu, X. Zhou, H. Zhang, and X. Zhang, “Climbot: a bio-inspired modular biped climbing robot—system development, climbing gaits, and experiments”, Journal of Mechanisms and Robotics, Vol. 8, No. 2, 2016.

[2] T. Bandyopadhyay, R. Steindl, F. Talbot, N. Kottege, R. Dungavell, B. Wood, J. Barker, K. Hoehn, and A. Elfes, “Magneto: A versatile multi-limbed inspection robot”, In 2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), pp. 2253–2260, 2018.

従来技術とその問題点3

ジャミンググリッパ[3]



凹凸を有するワークに
限定（壁など平面に対
する吸着は困難）

真空吸着ハンド[4]



真空タンク等の大型の
装置をロボットに組み
込む必要がある（登攀
ロボットの自重増加）

磁力で壁を登る ロボット[5]



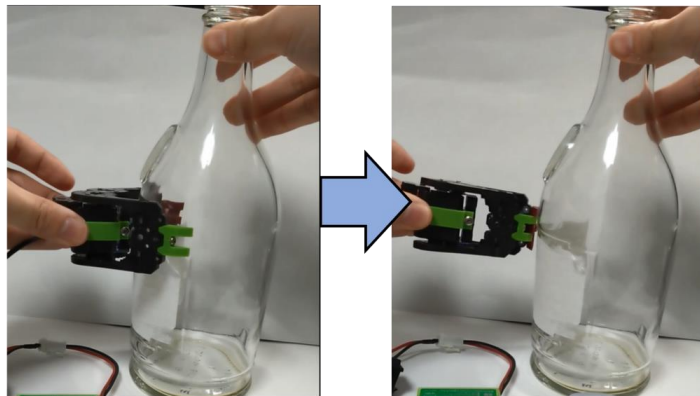
金属製以外の壁面に
対しては登攀が困難
（壁の特性に依らず
登攀をさせたい）

[3] 形状自在な吸着グリッパ. 特開2012-236239. 株式会社IHI.

[4] 真空式ロボットハンド. シュマルツ株式会社. <http://www.schmalz.co.jp/products/vacuum-gripper.html>.

[5] “電通大、磁力で壁を登るヘビ型ロボット”. 電気通信大学 田中基康研究室. 日刊工業新聞記事 <https://www.nikkan.co.jp/articles/view/00614968>.

新技術の特徴1

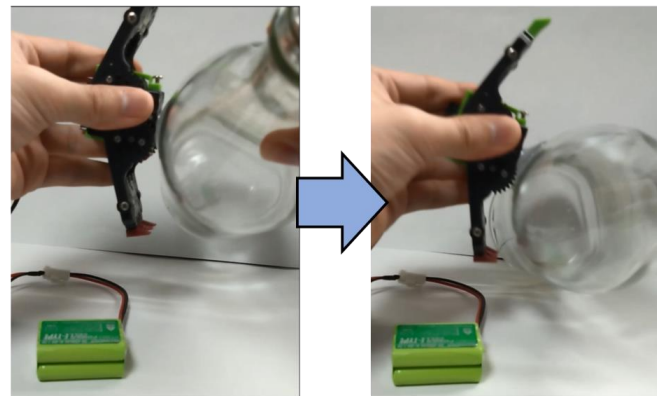


【グリップ単体での課題】
曲面などでは滑りやすく把持が困難

従来技術

+

相補



【吸盤単体での課題】
横からの吸着時など、
揺れやたわみの影響を大きく受ける

新技術：
吸盤併用グリップ



【吸盤併用グリップによる解決】

- 吸盤により，グリップ単体での滑りやすさを補正
- グリップにより，吸盤単体での揺れやたわみを補正

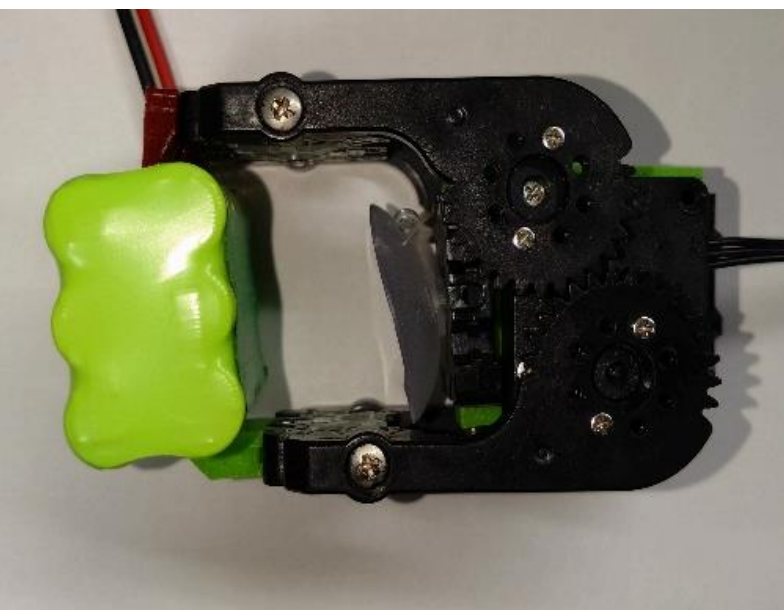
両者の課題を解決

新技術の特徴1

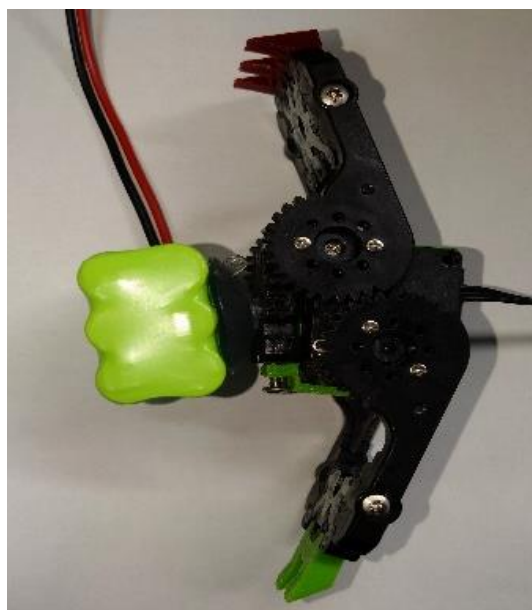
吸盤併用グリップは

(a) グリップによる把持, (b) 吸盤による吸着,
(c) aとbの同時実行, が可能

➡ 特に, cによりロバストな物体把持が可能



(a) グリップによる把持



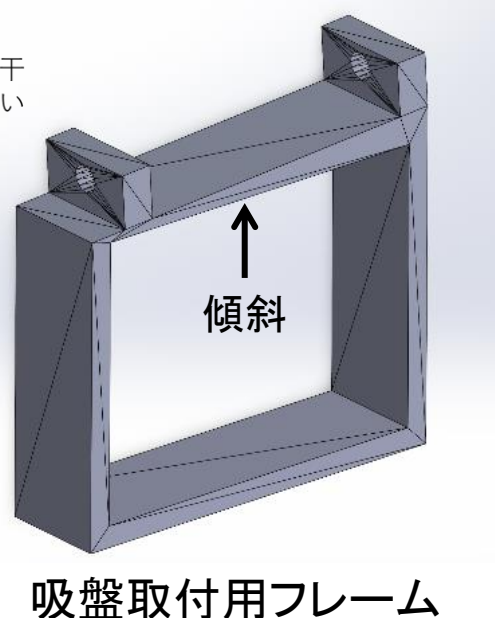
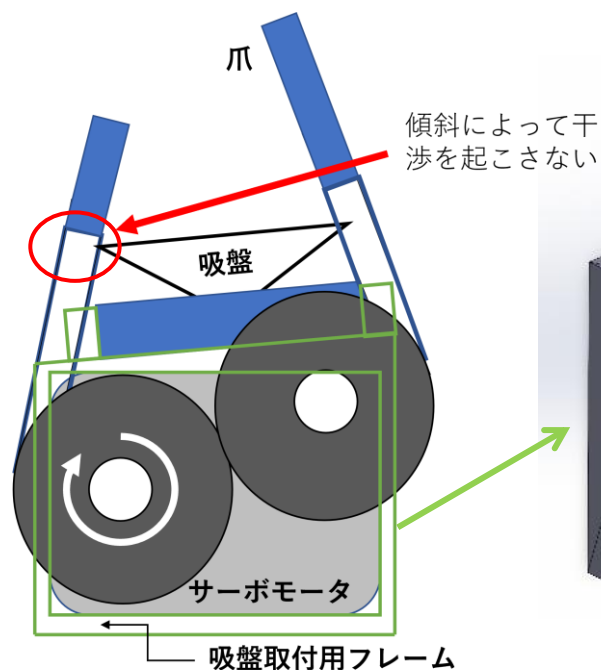
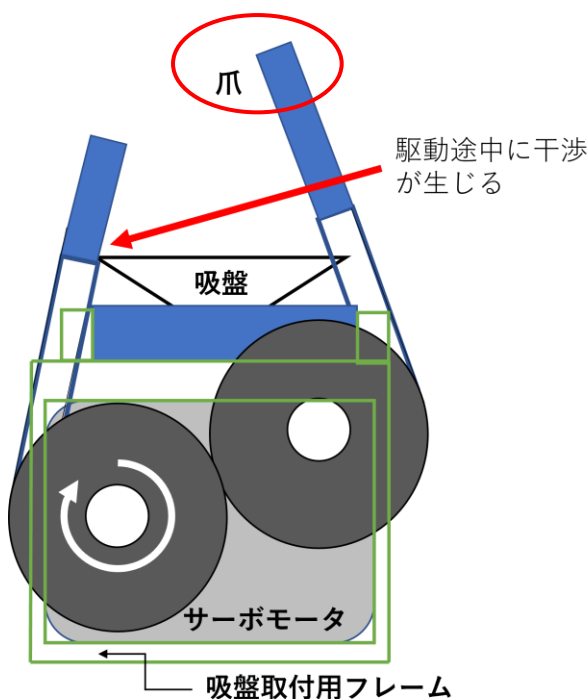
(b) 吸盤による吸着



(c) aとbの同時実行

新技術の特徴1

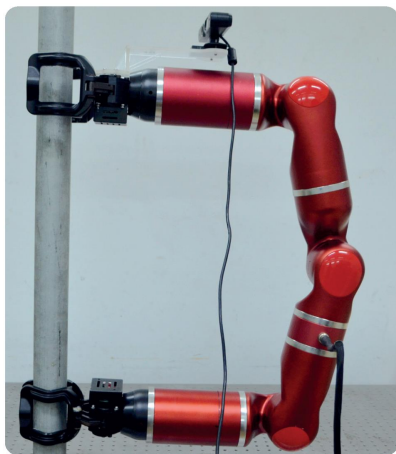
- グリッパの爪の一端を先行するように配置
⇒ これによりフェンスなどの登攀面に
爪を引っ掛け易くする
- グリッパの開閉と吸盤の干渉を防止するために
i) 吸盤の取り付けに傾斜をつける, ii) 空洞を設ける



空洞加工

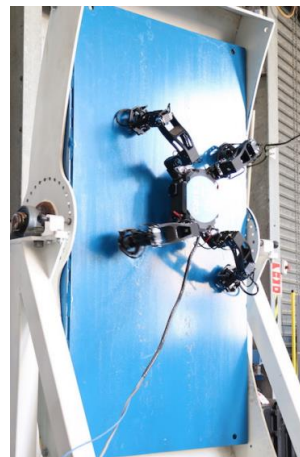
新技術の特徴2

棒状の登攀面
に対しては
グリップパに
よる把持[1]



従来技術

+



掴み所の無い
壁面に対しては
吸盤やマグネッ
トによる吸着[2]



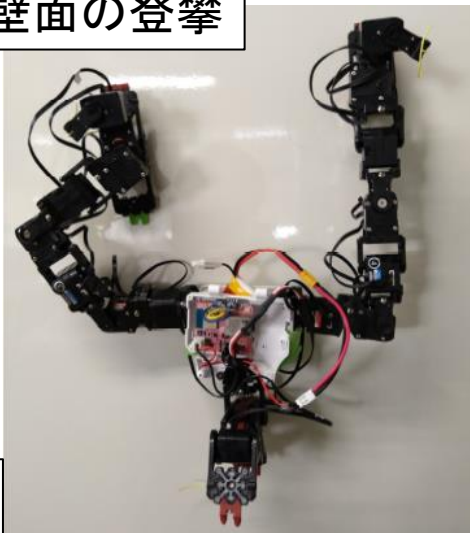
異なる面を同一機体で登攀可能

フェンスの登攀

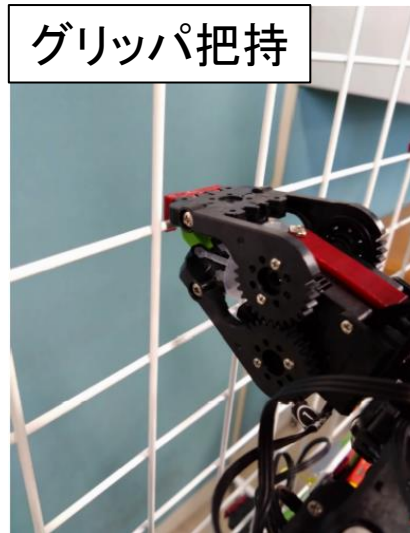


高所からの視野提供

壁面の登攀



グリップパ把持



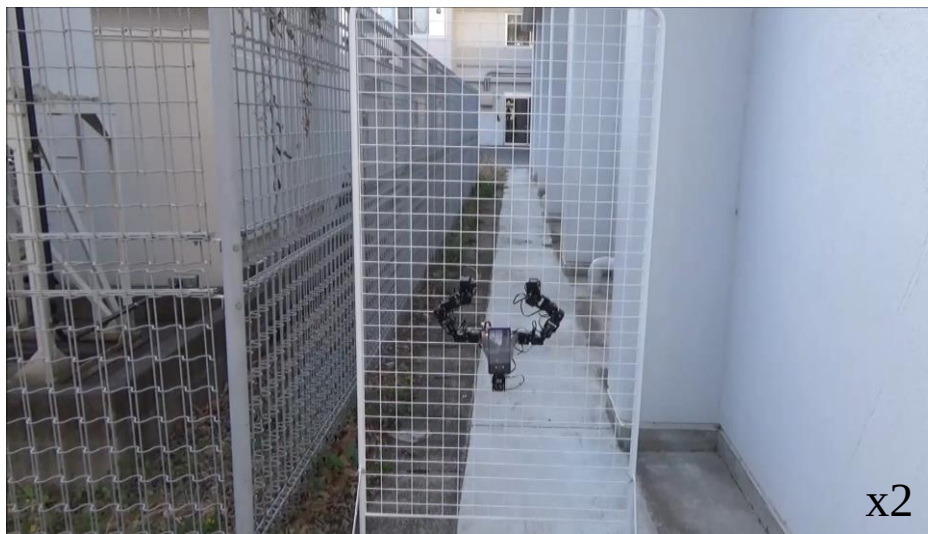
吸盤吸着



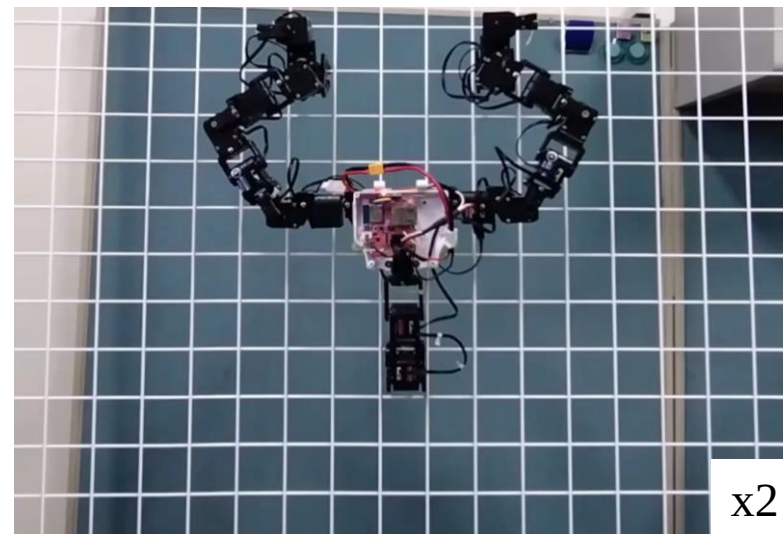
[1] Y. Guan, L. Jiang, H. Zhu, W. Wu, X. Zhou, H. Zhang, and X. Zhang, “Climbot: a bio-inspired modular biped climbing robot—system development, climbing gaits, and experiments”, Journal of Mechanisms and Robotics, Vol. 8, No. 2, 2016.

[2] T. Bandyopadhyay, R. Steindl, F. Talbot, N. Kottege, R. Dungavell, B. Wood, J. Barker, K. Hoehn, and A. Elfes, “Magnetot: A versatile multi-limbed inspection robot”, In 2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), pp. 2253–2260, 2018.

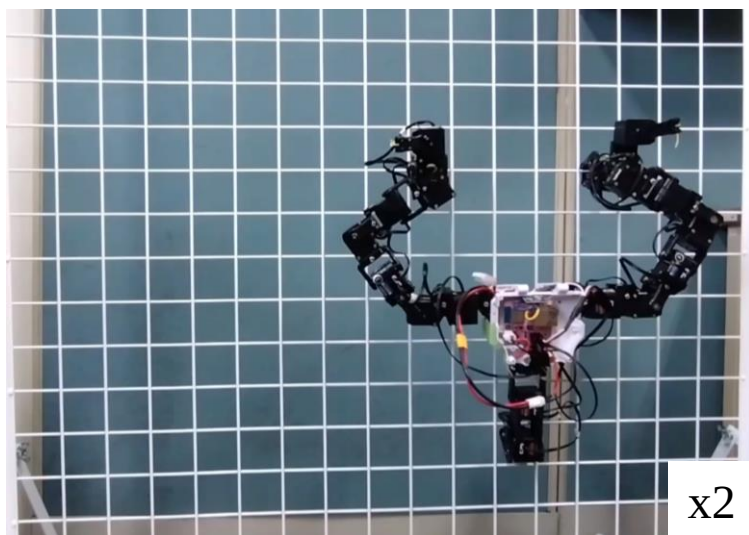
新技術の特徴2



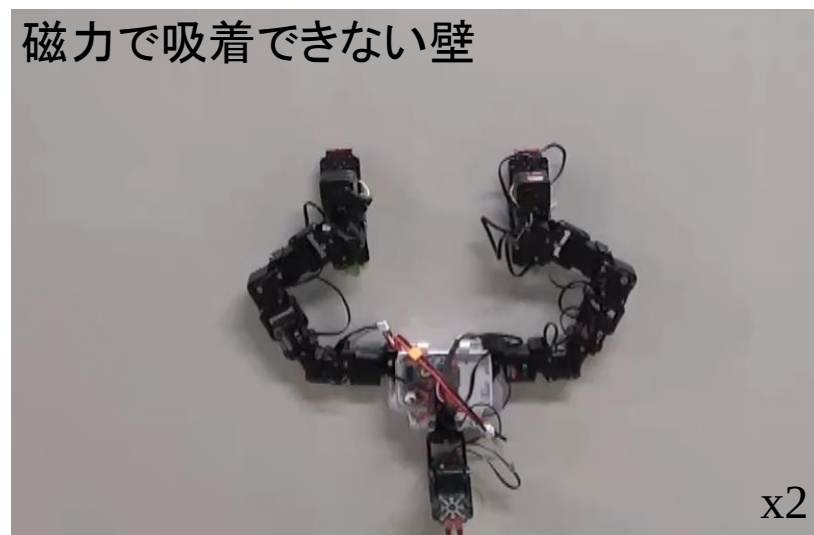
屋外フェンスの登攀



下降移動も可能



梯子と違い左右方向へも移動可能

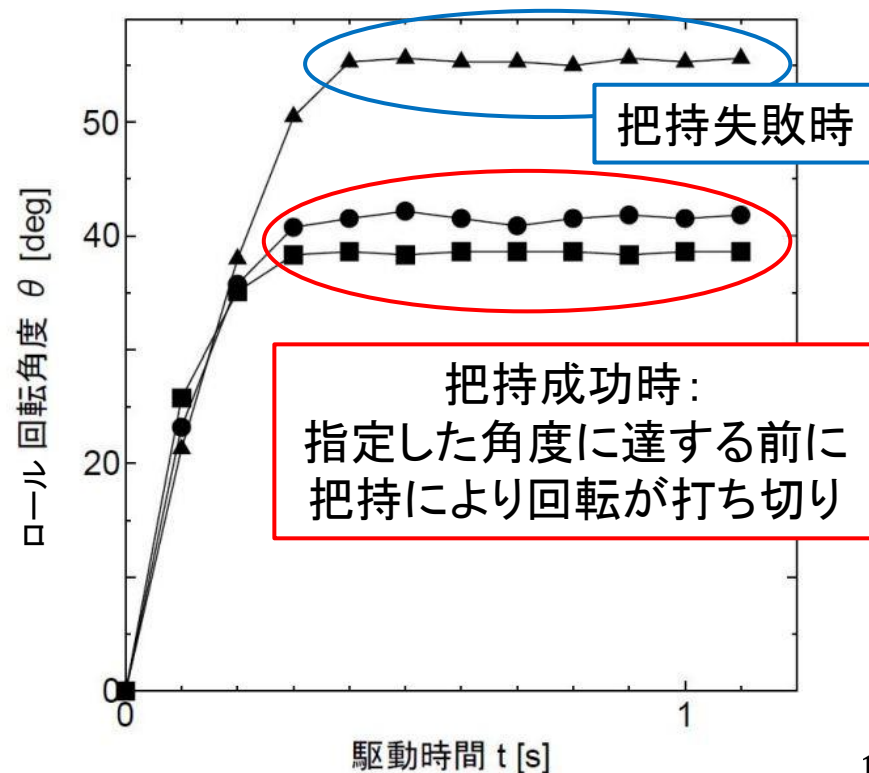
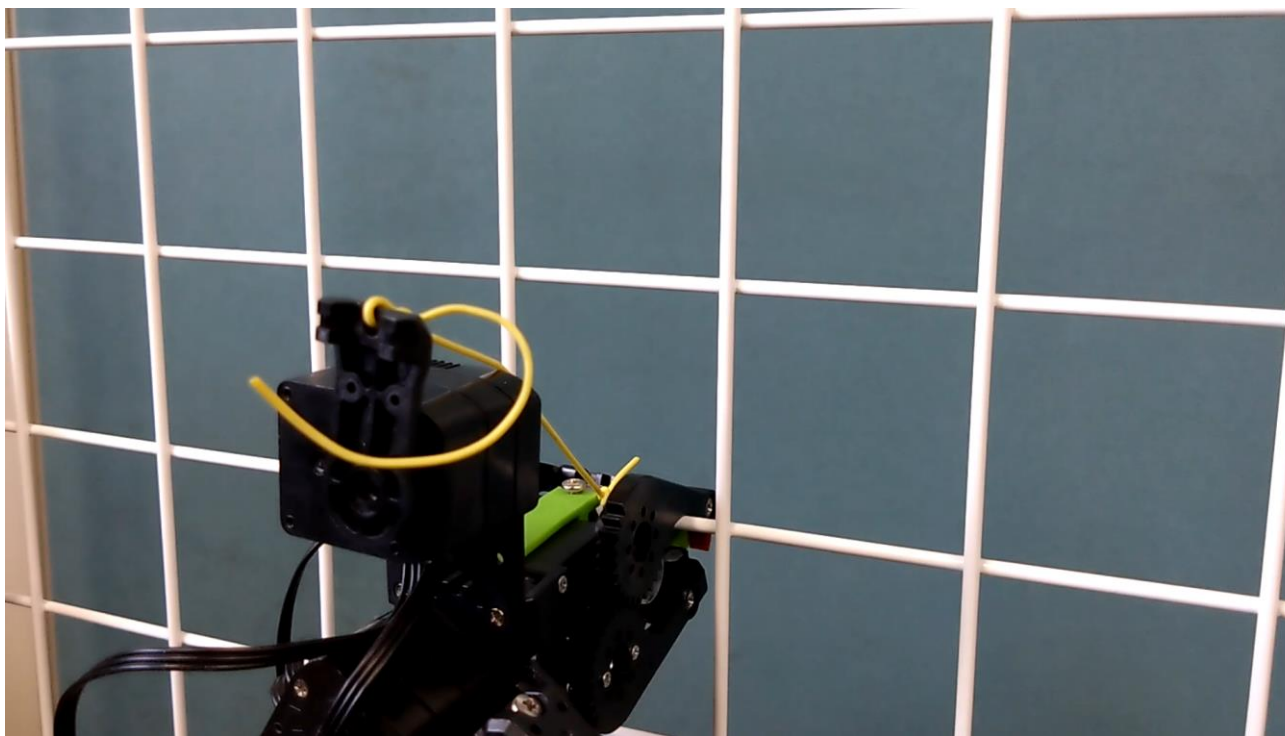


磁力で吸着できない壁

吸盤により金属以外の壁も登攀可能

新技術の特徴2

- **把持確認の導入**：登攀中の把持動作の指令後にグリップをロール方向に回転させて、
 - i) 把持成功の場合：指定した角度まで回転しない
 - ii) 把持失敗の場合：指定した角度まで回転してしまうを検知・判定することで把持を確認している

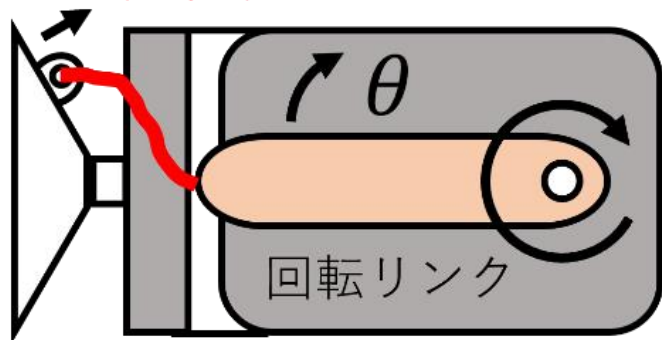


新技術の特徴3

- ワイヤ駆動により吸盤の着脱を制御
- 短いワイヤを弛緩/牽引することで吸盤の吸着/離脱の切り替えを実現する
- 大掛かりな真空吸着装置などが不要
⇒ 登攀ロボットの自重の軽量化に寄与

サーボを回転 ⇒ ワイヤを牽引 ⇒ 吸盤を変形 ⇒ 空気が入り込む ⇒ 離脱

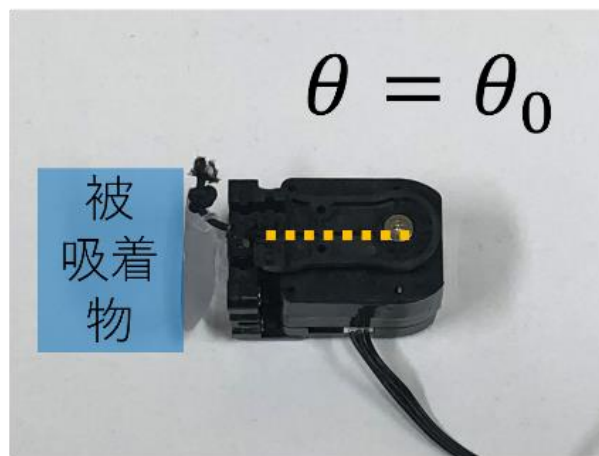
突起部 ワイヤ



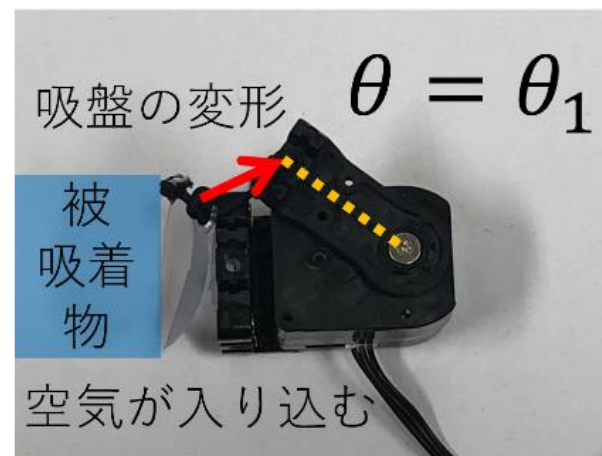
吸盤

サーボモータ

構成モデル



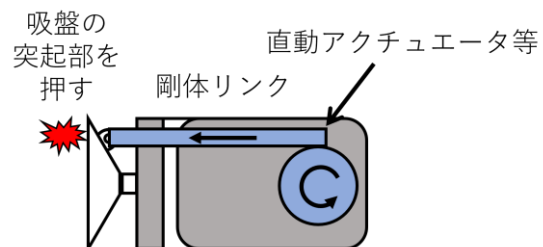
ワイヤ弛緩時
(吸着モード)



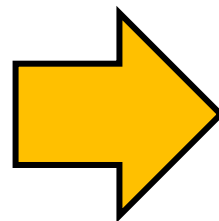
ワイヤ牽引時
(離脱モード)

新技術の特徴3

- × 指令誤差が吸盤の変形にダイレクトに影響
- × 押し出しの指令が大きいと吸盤の変形が生じるため、吸着できないケースがある
- × 被吸着物を傷付ける恐れあり

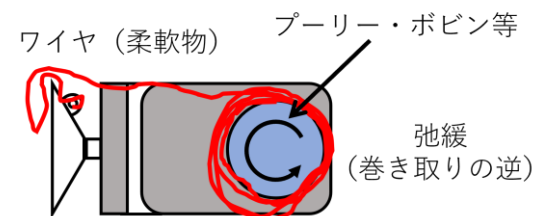


(a) 吸盤の突起部を剛体で操作



ワイヤ駆動を
組み合わせ
【新規性】

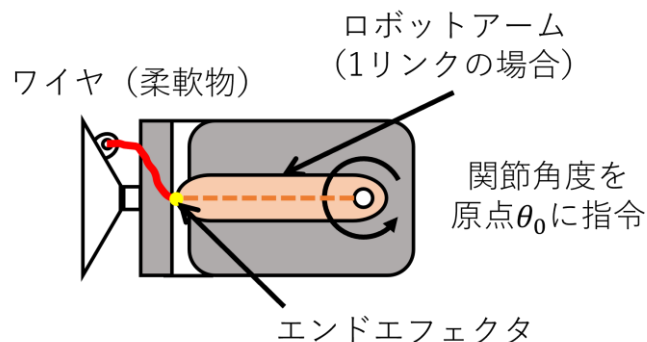
- × 十分な長さのワイヤが必要
- × 緩んだワイヤが吸着を阻害する場合がある
- × 弛緩後に再度巻き取る際、
緩んだワイヤが絡まる恐れあり
(指令値と実際のワイヤの状態に
エラーが生まれる)



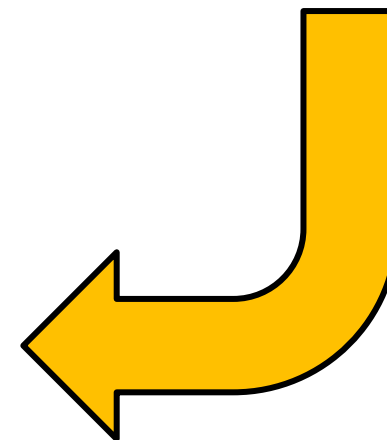
(b) 従来技術のワイヤ駆動を適用

組み合わせた際の
問題を解決
【進歩性】

- 吸盤の突起部と原点位置のエンドエフェクタ間の距離+ α (遊び分) のワイヤ長さで実現
- 弛緩時に、緩んだワイヤが吸着を阻害しない
- 牽引時に、ワイヤの絡まりのリスクが少ない



(c) エンドエフェクタ方式ワイヤ駆動

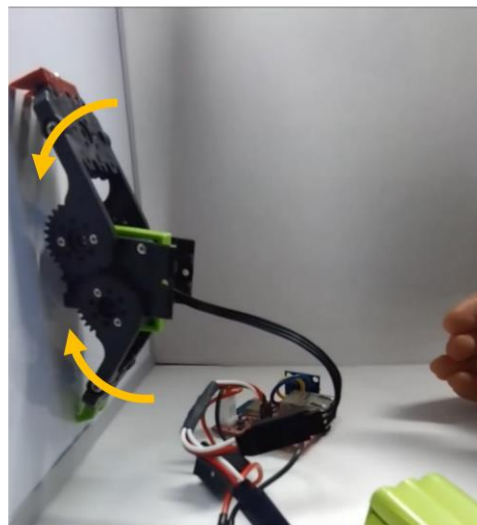


新技術の特徴3

- (a), (b)のように，提案した着脱装置が備わっていない場合は，吸盤の取り外しが困難
- (c)のように，提案した着脱装置を備えた場合は，容易に吸盤の取り外しが可能

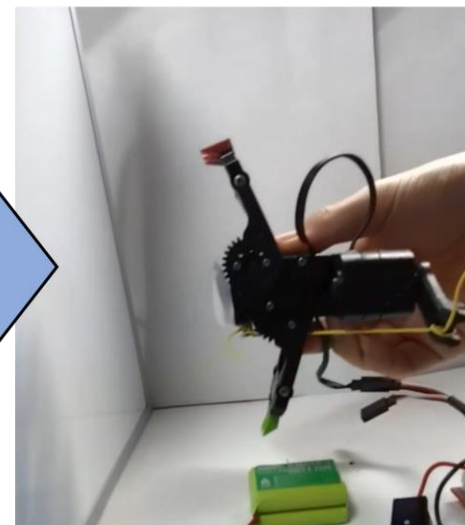
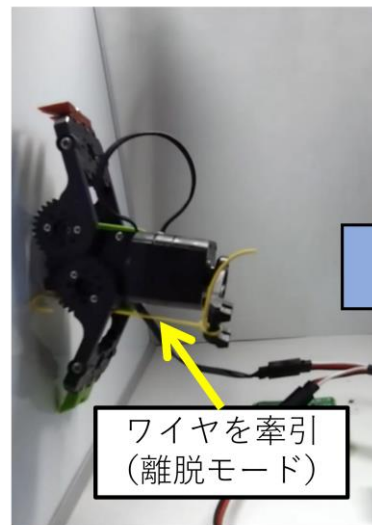


(a) 矢印方向に引っ張ることによる
吸盤の取り外しが困難



(b) グリッパの閉じる力を利用した
吸盤の取り外しが困難

課題

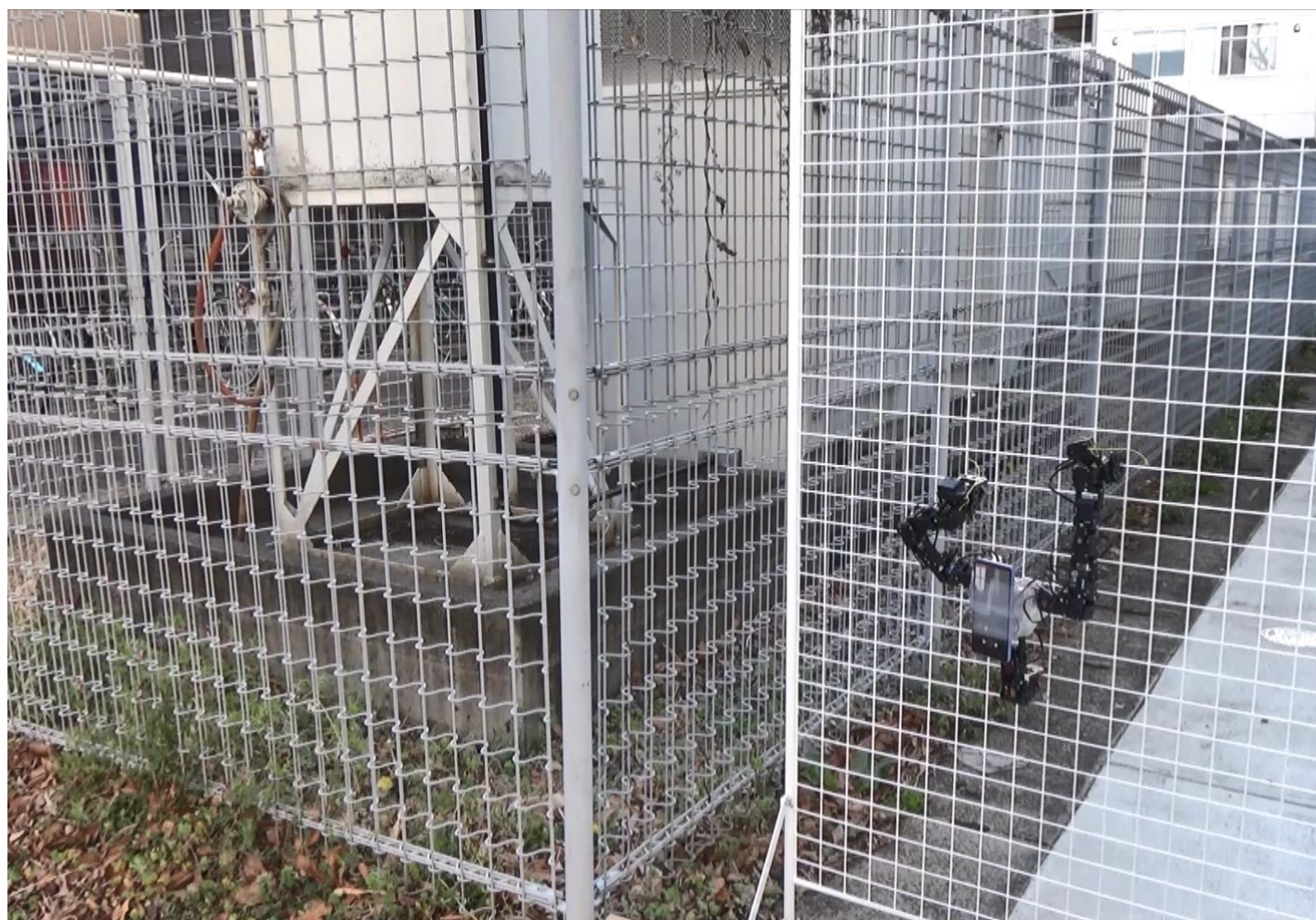


(c) 提案した着脱装置による吸盤の取り外しの容易性

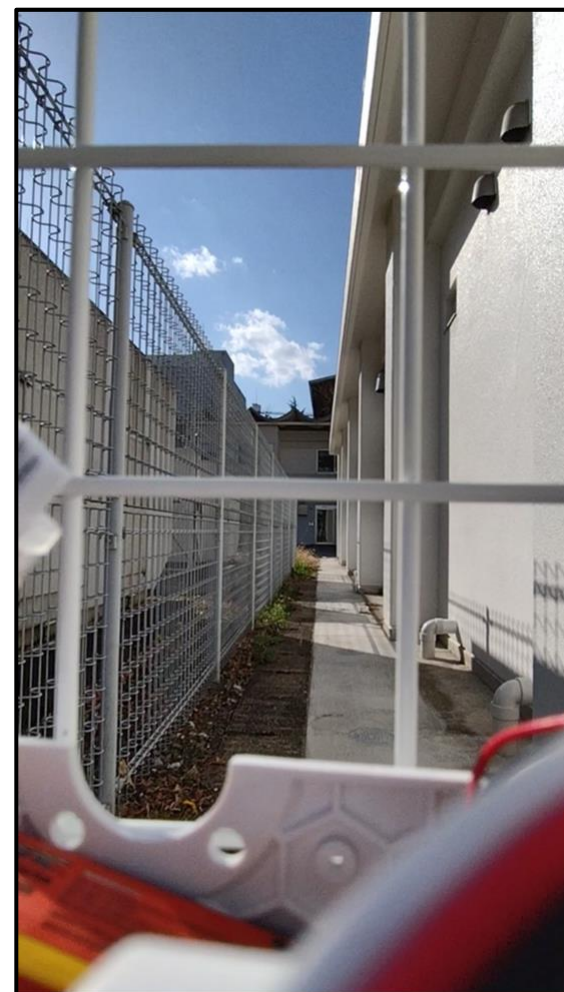
解決

想定される用途

- フェンス等で保護された機器や設備の点検



登攀ロボットによる点検のイメージ



搭載したスマートフォン
からの視野の提供

想定される用途

- 室内からの高所監視や天井を移動可能なカメラ付き登攀ロボット



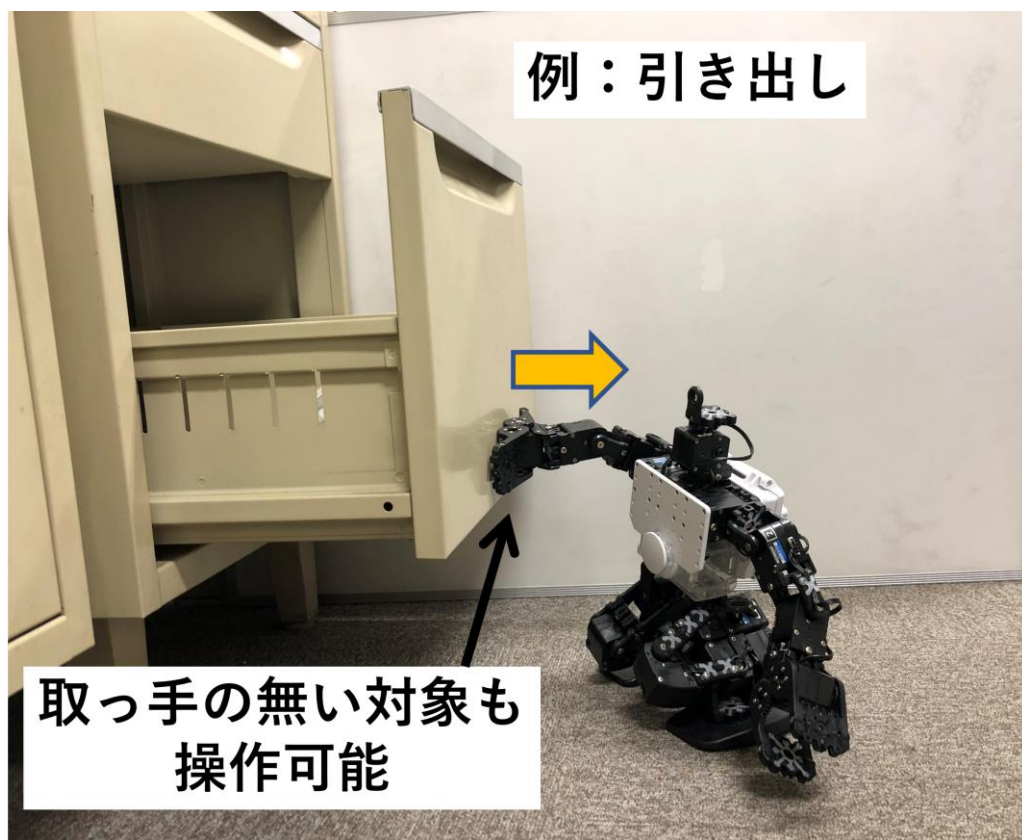
吸盤の吸着による窓への張り付き



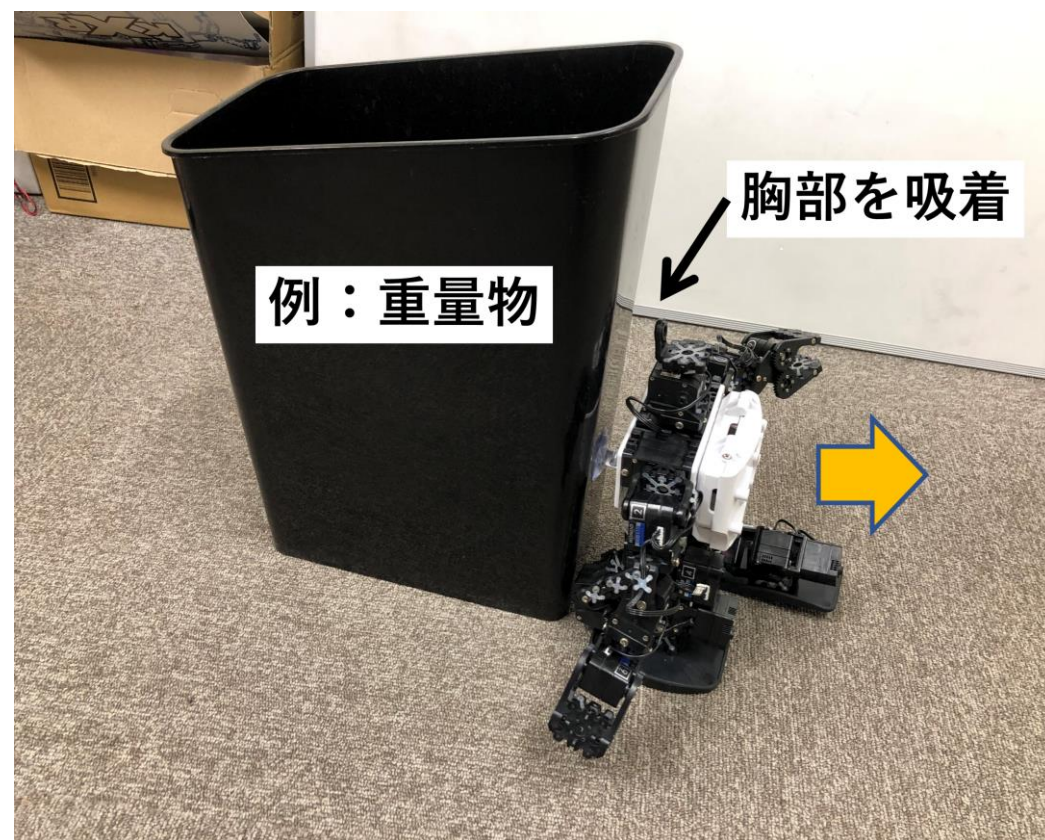
グリッパの把持による天井移動

想定される用途

- 物体操作（マニピュレーション）



手先吸盤を活用した
取っ手の無い物体の操作



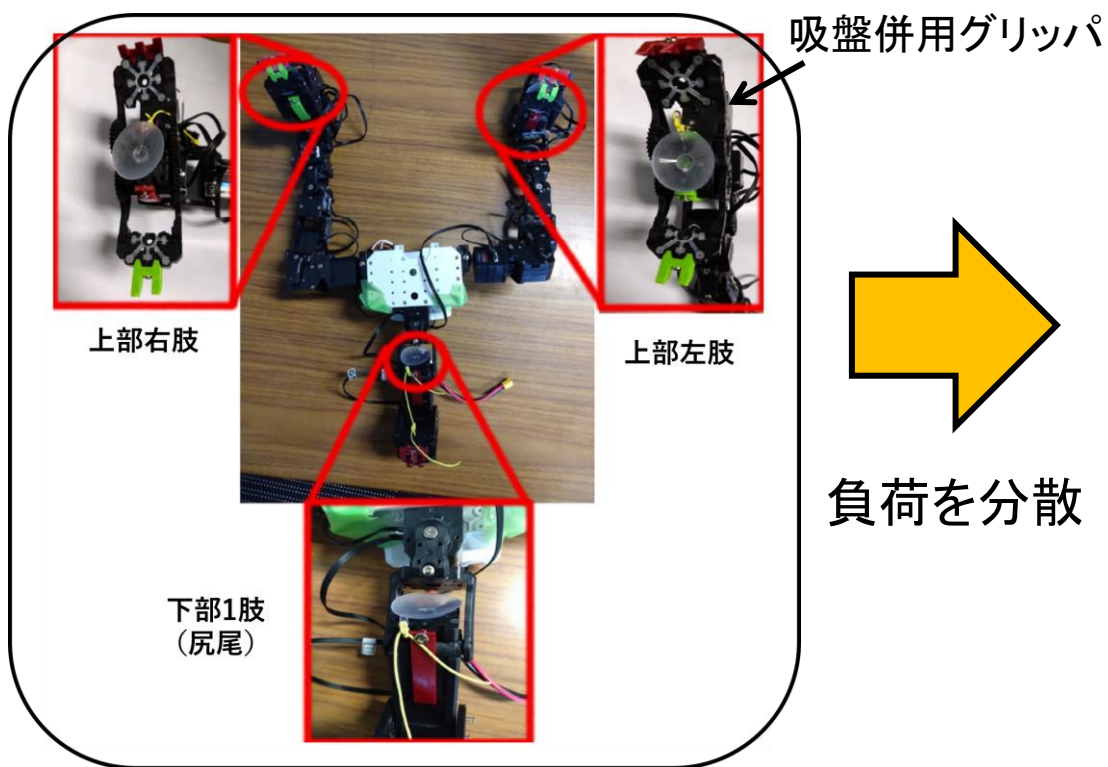
胸部吸盤を活用した
全身を使った重量物の操作

実用化に向けた課題

- × 登攀中の関節モータの発熱によるタスク継続困難
 - 吸盤併用グリップのロボット身体部位における分散構成戦略の検討
 - 関節モータユニットへのラジエーターの取り付けや冷却シートの貼り付け
 - 関節の適時脱力による登攀中の休憩行動の割り込み
- × 平地移動と登攀移動の切り替え
 - 平地では車輪移動/鉛直面に対しては吸盤併用グリップによる登攀，を切り替え可能なように形態変化 ⇒ 平地と鉛直面の相の切り替わりが課題

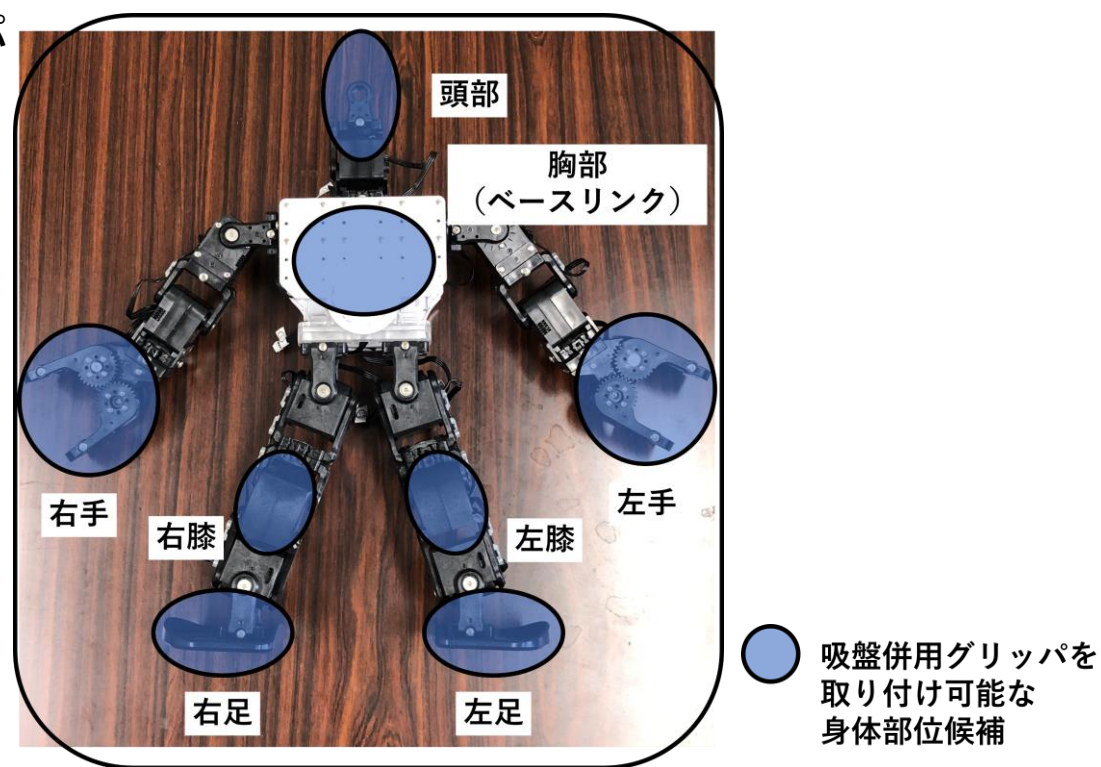
実用化に向けた課題

- × 登攀中の関節モータの発熱によるタスク継続困難
- 吸盤併用グリップパのロボット身体部位における分散構成戦略の検討



3肢登攀ロボットにおける
分散構成例

負荷を分散

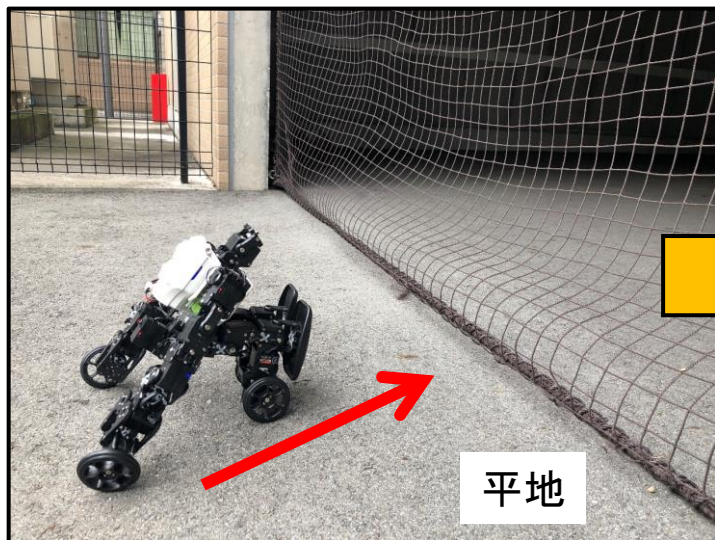


ヒューマノイドロボットにおける
分散構成例

実用化に向けた課題

× 平地移動と登攀移動の切り替え

- 平地では車輪移動/鉛直面に対しては吸盤併用グリッパによる登攀，を切り替え可能なように形態変化 ⇒ 平地と鉛直面の相の切り替わりが課題



平地での車輪移動



平地移動から登攀移動に
形態を切り替え



吸盤併用グリッパ
による登攀移動

企業への期待

- **登攀ロボットの利活用，多目的での応用の他，開発した吸盤併用グリップを用いた物体操作技術（マニピュレーション）等へのニーズがある企業との共同研究**
- **実用化に向けた課題を克服するためのアクチュエータの放熱・冷却技術の他，ロボットの移動形態を切り替える形態変化技術の応用に関するご協力**

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 吸着グリップおよび登攀ロボット
- 出願番号 : 特願2023-015844
- 出願人 : 電気通信大学
- 発明者 : 木村 航平, 柿沼 龍

お問い合わせ先

国立大学法人電気通信大学
産学官連携センター
産学官連携ワンストップサービス

T E L 042-443-5871

F A X 042-443-5725

E-mail onestop@sangaku.uec.ac.jp