

# 外乱への柔軟な適応性を有する シンプルな2次元脚移動機構

---



京都工芸繊維大学 機械工学系

教授 増田 新

# そもそもなぜこの研究をしているか

## 研究目的

社会の基盤維持に対する従来の  
労働集約的・属人的アプローチ

労働人口の減少により破綻

高  
難  
度  
技  
能

人間と機械の協調

転換!

メンタルモデルに即した  
情報提示・相互作用  
の手段の提供

コモディティ化  
された技能



## 達成目標

新技術説明会  
New Technology Presentation Meetings!

身体拡張・半自律検査ドローンの開発

自律飛行  
→吸着固定・ロータ停止  
→点検作業

ゴーグル内投影イメージ

視覚・聴覚FB

AR/VRゴーグル

カメラ、マイク、  
触覚センサ等

EPM吸着ユニット

触覚FB

触覚提示デバイス

スレーブアーム

機体安定化デバイス

マスターアーム

力覚FB

機体イメージ  
既開発のアーム付きドローンの  
機体写真を基にした概念図



↑ 構造物吸着テストの様子

2019年度新技術説明会で基盤技術の一部を発表！  
(京都工芸繊維大学 東善之助教)

→吸着検査ドローンの能力拡大→本発明

# そもそもなぜこの研究をしているか





# そもそもなぜこの研究をしているか



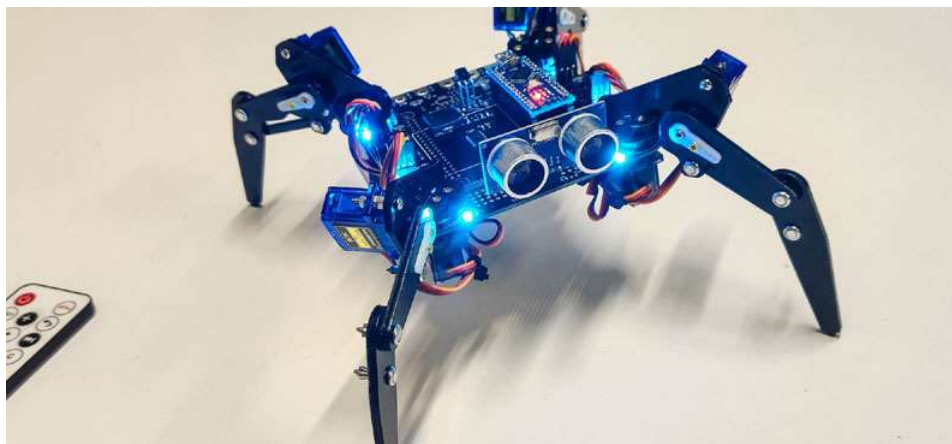
センサを搭載し自走可能なマイクロロボット  
→構造物に吸着し歩き回ることでできる小型のロボット  
→そのための移動機構＝本発明

# 従来技術とその問題点



MIT Cheetah 3  
1脚3自由度 × 4脚

<https://news.mit.edu/2018/blind-cheetah-robot-climb-stairs-obstacles-disaster-zones-0705>



ロボット玩具 (Bit Trade One)  
1脚2自由度 × 4脚

<https://akiba-pc.watch.impress.co.jp/docs/news/news/1240651.html>

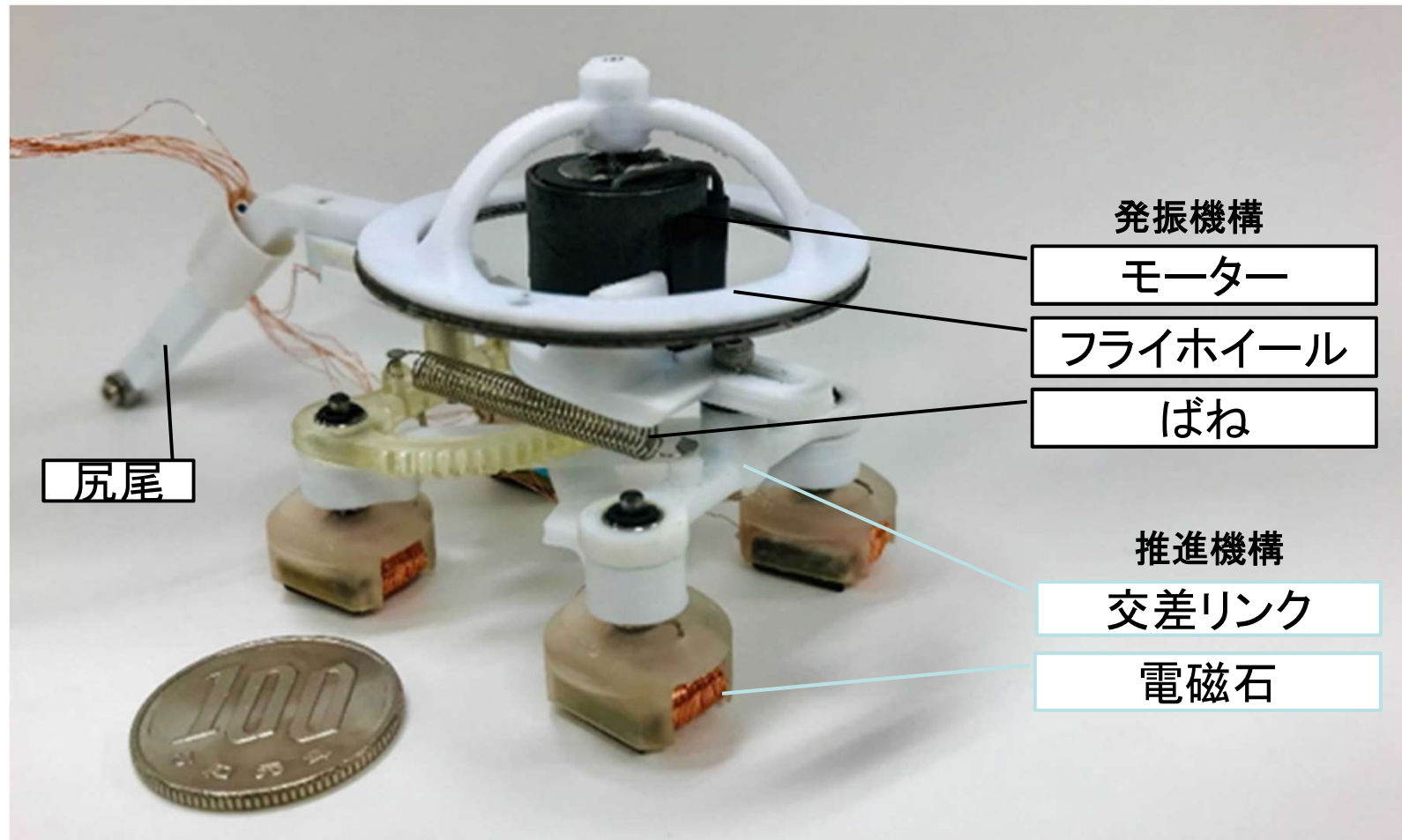
## 特長1: シンプルな機構で平面上での前後移動と旋回を実現

- 1軸のみの揺動駆動を歩行動作に変換
- 低コストかつ小型化が容易

## 特長2: センシングや複雑な制御なしに負荷変動や環境外乱に適応したロバストな歩行動作を実現

- 自励発振によるリミットサイクル歩行
- シンプルなアナログ回路で実現

# 新技術の特長・従来技術との比較





# 新技術の特長・従来技術との比較



カメラ



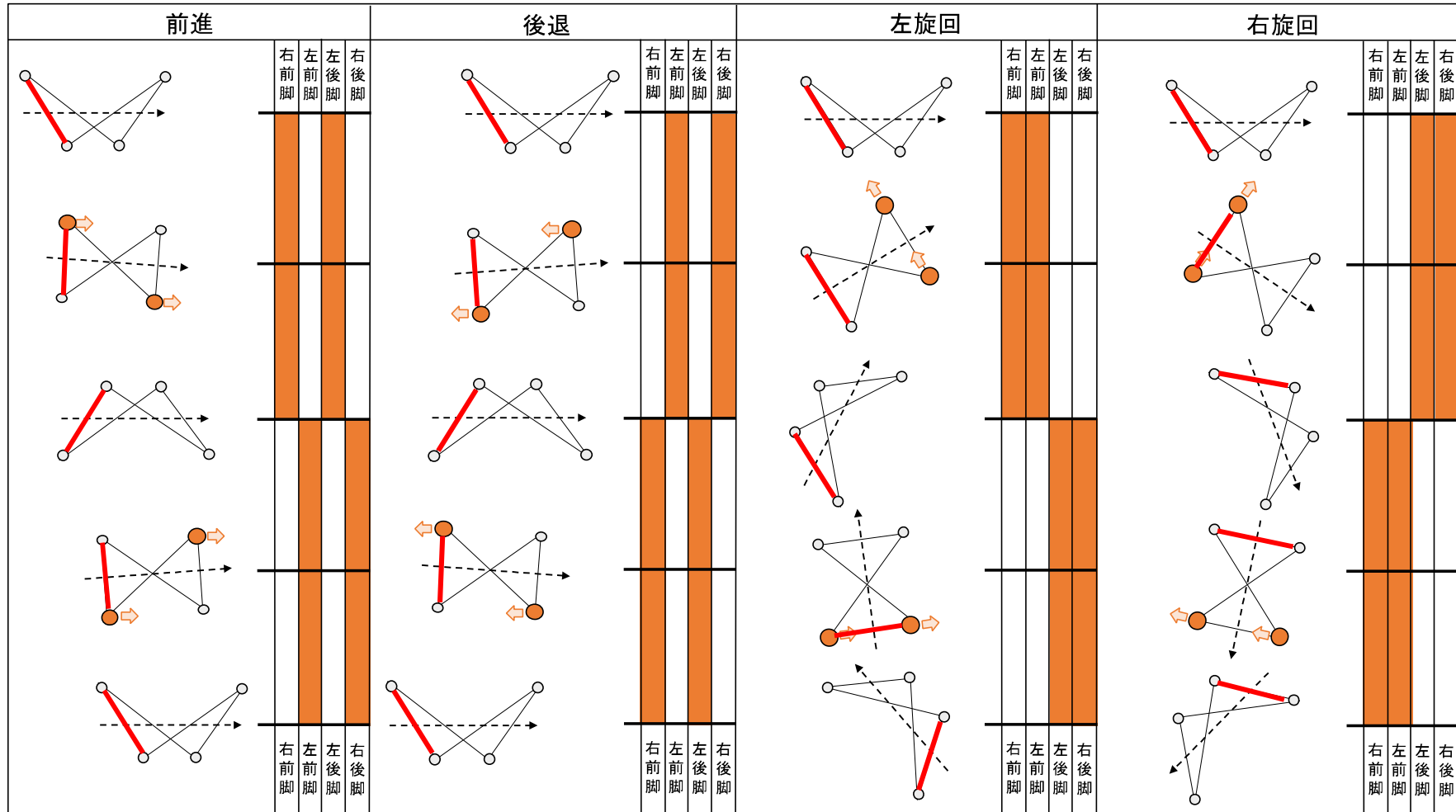




特長1: シンプルな機構で平面上での前後移動と旋回を実現



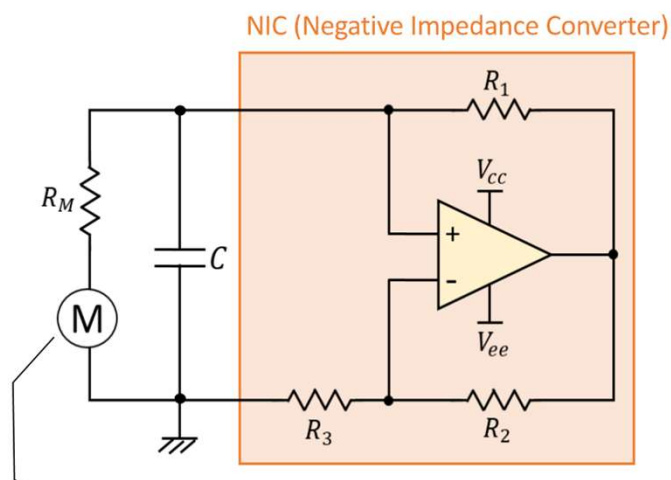
# 新技術の特長・従来技術との比較

## 特長1: シンプルな機構で平面上での前後移動と旋回を実現

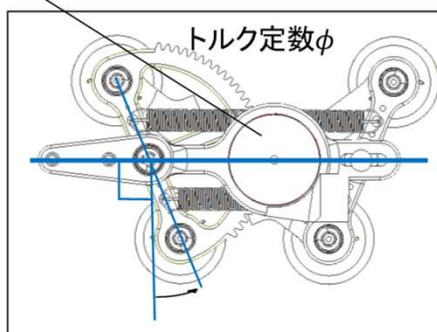


— 被駆動リンク   
  : 電磁石吸着(支持脚)   
  : 電磁石離脱(遊脚)   
 - - -> : ロボット前方向

特長2: センシングや複雑な制御なしに負荷変動や環境外乱に  
適応したロバストな歩行動作を実現



シンプルなアナログ回路でモーターを  
発振(揺動)

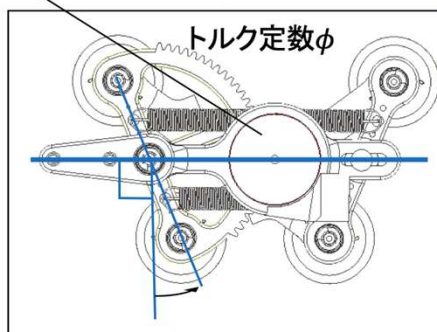
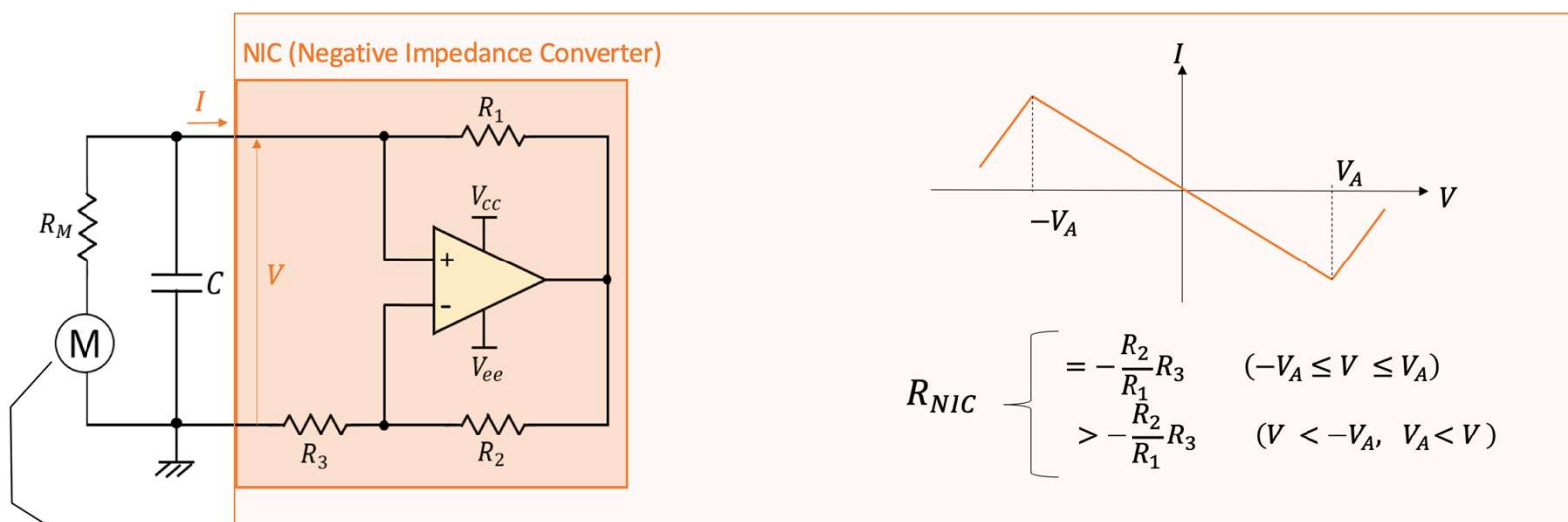


$$J\ddot{\theta} + \left( C_M + \frac{\phi^2}{R_M + R_{NIC}} \right) \dot{\theta} + K\theta = 0$$

└─ 負の値



特長2: センシングや複雑な制御なしに負荷変動や環境外乱に  
適応したロバストな歩行動作を実現

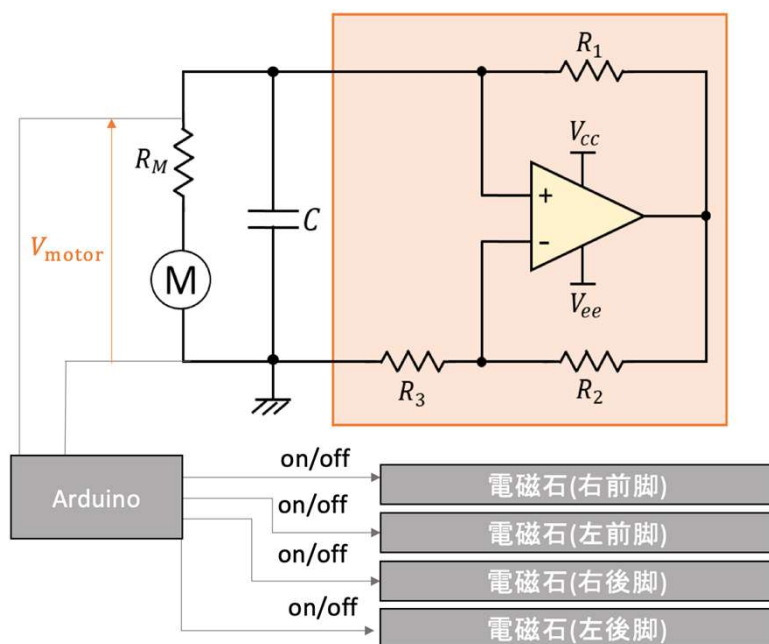


$$J\ddot{\theta} + \left( C_M + \frac{\phi^2}{R_M + R_{NIC}} \right) \dot{\theta} + K\theta = 0$$

0 → リミットサイクル

LCR発振回路と同じ仕組みです

特長2: センシングや複雑な制御なしに負荷変動や環境外乱に  
適応したロバストな歩行動作を実現



揺動角が十分な値になったら(脚が十分前に出たら)支持脚/遊脚を切り替え

## 歩行実験

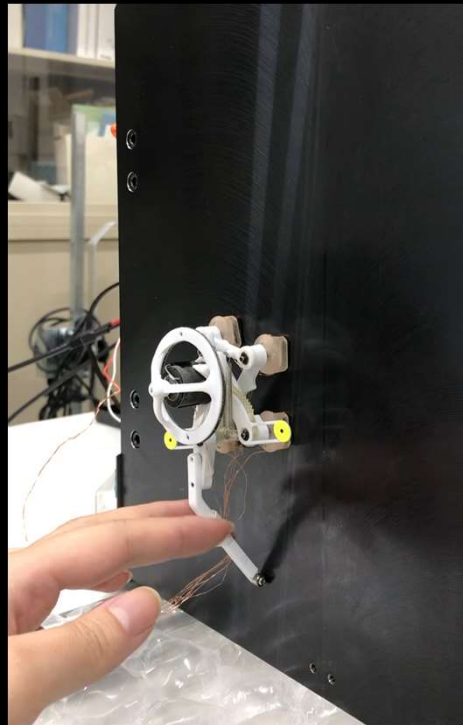
### 1. 水平面歩行





## 歩行実験

### 2. 垂直面歩行



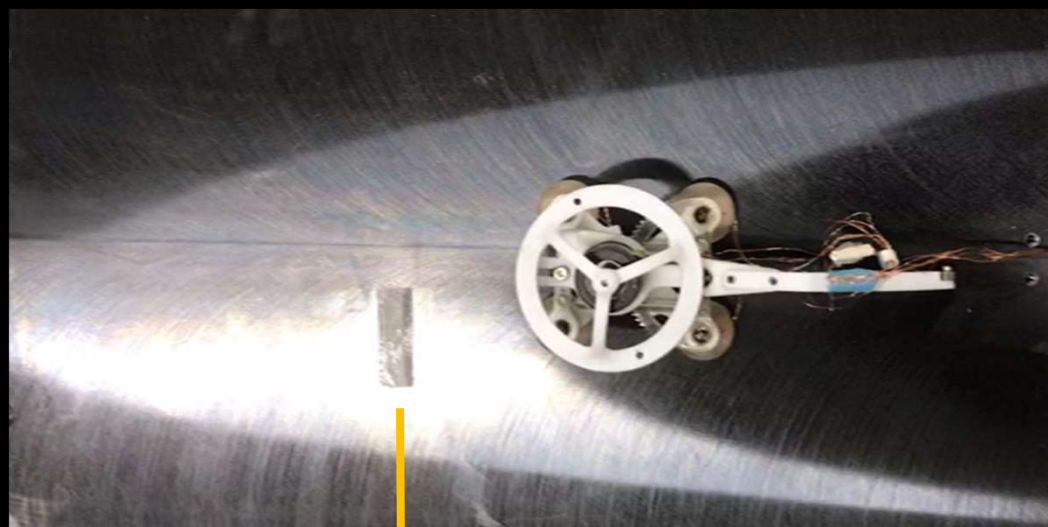
## 歩行実験

### 3. 傾斜角変動



## 歩行実験

### 4. つまづき



両面テープ



## 歩行実験

### 5. でこぼこ道



透明テープ

鉄製ワッシャ

## 歩行実験

3. 傾斜角変動



簡単なアナログ回路による  
高ロバスト性

4. つまずき

5. でこぼこ道

## 歩行実験

### 6. 旋回



- 鋼構造に吸着して移動する小型検査ロボット
- 建物外壁に吸着して移動する清掃ロボット・検査ロボット
- 車輪に代わる2次元移動機構

- 製作したロボットの課題
  - すり足
  - 同一平面上の移動しかできない
  - バッテリーの搭載
- 発明技術の課題
  - 大型化・小型化
  - 回転モーター以外のアクチュエータ



- 検査(あるいは清掃等作業用)ロボットの開発  
パートナーとしての協業への期待
- 想定外の利用アイデアへの期待

## 発明の名称: 歩行ロボット

- 出願番号: 特願2022-069261
- 出願人: 国立大学法人京都工芸繊維大学
- 発明者: 増田 新, 西口 由里

# お問い合わせ先

京都工芸繊維大学

産学公連携推進センター 知的財産戦略室

(研究推進・産学連携課 知的財産係)

tel. 075-724-7039 / fax. 075-724-7030

e-mail [chizai@kit.ac.jp](mailto:chizai@kit.ac.jp)

<https://www.liaison.kit.ac.jp/index.php>