

# グラウンドさせた腕による歩行ロボットの自律化アプローチ

○野々下絢斗 (名工大), 黒宮大樹 (名工大), 真田拓弥 (名工大), 伊藤栄哉 (名工大),  
坂本湧基 (名工大), 村岡佑哉 (名工大), 正 池俣吉人 (帝京大), 正 佐野明人 (名工大)

## Autonomous Approach for Walking Robot with Grounded Arms

○ Ayato NONOSHITA(NITech), Daiki KUROMIYA(NITech), Takuya SANADA(NITech), Hideya ITO(NITech),  
Yuki SAKAMOTO(NITech), Yuya MURAOKA(NITech), Yoshito IKEMATA(Teikyo Univ.), and Akihito SANO(NITech)

Abstract : In this study, we aim to developing 3D walking robot and running robot based on passive dynamical mechanism. We used arms as an approach for no experimenter intervention(fully autonomous). In this paper, we report some improvements for autonomy of 3D walking on level ground.

### 1. はじめに

本研究では、受動歩行同様、受動的な力学機序を規範としつつも、3次元平地歩行において必然性のある能動化を進めている。本稿では、実験者のアシストをゼロにする新たな自律化アプローチとして、走行と同様に、腕を補助的に使ったヒトに近い3次元歩行を行ったので報告する。

### 2. 脚駆動の自律化

歩行ロボットは全長 1.4[m], 質量 20[kg] 程度である。脚駆動に関する蛇管ワイヤ系は、股関節を屈曲させる大腿部前方の1系統のみであり、前報 [1] 同様に実験者によるレバー操作を行っている。一方、股関節を伸展させる大腿部後方ワイヤは排除し、輪ゴム付ワイヤ (不感帯付与) およびサーボで巻き取り可能なワイヤを左右の股関節周りに、それぞれ受動および能動要素として並列に配置して自律性を高めている。

支持脚前期から中期にかけて、輪ゴムの弾性力およびサーボによるワイヤ張力が作用し、ポテンシャルバリアの突破を図る。バリア突破後は、両者ともワイヤが緩み張力を発生しないようにしている。また、レバー操作による脚の振り出しにおいて、輪ゴムに弾性エネルギーがチャージされ、サーボによるワイヤ張力で脚運動の減速も行っている。

### 3. 腕をグラウンドさせた歩行実験

#### 3.1 アシストゼロ

本研究では、ヒトのアシストはいずれゼロになるとしてアシスト下で実験を行ってきたが、ヒトによる適応的なアシストは完全自律を実現できていない理由を見つけ難くしている可能性がある。ここで、ヒトアシストを水おもりや揺動慣性体へ置換した例はあるが、本研究では、自律化へ向けた新たなアプローチとして、Fig.1 に示すように、歩行ロボットの両手で前方のフレームを掴み、腕をグラウンドさせて歩行する実験環境を構築した。当初、平行棒を使った歩行リハビリと同様の実験環境を構築したが、現行の歩行ロボットにとっては Fig.1 の歩行スタイルが安定しており、走行ロボットと共通する何かを示唆するものである。

### 3.2 歩行実験

Fig.1 に平地歩行の様子を示す。なお、ベルト速度は 3.5[km/h] である。まず、両手首をしっかりフレームに固定することで左右方向の運動を抑制している。ただし、アクリルボードを使った2次元拘束と異なり、3次元的な挙動が起きうる状況にはある。また、両腕の肘部 (前腕側) に各 500[g] の慣性体を取り付け、上腕と上体の間に輪ゴムを掛けて脇を締めることで、後退抑制・前進促進の効果を与えている。

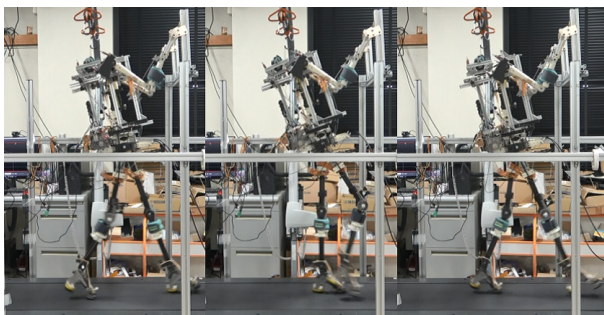
実験の結果、ヒトのアシストゼロで数十歩の連続歩行を達成したが、Fig.1(a) に示すように上体が後傾になっていた。そこで、新たに1台のサーボで巻き取り可能な2本のワイヤを左右の股関節周りに配置して、支持脚後期に上体の後傾を抑制するようにワイヤ張力を作用させた。その結果、Fig.1(b) に示すように鉛直に近くなったが、数歩に留まっている (上体前面の垂直フレームの傾きを参照)。なお、支持脚 (後脚) の股関節伸展量が大きく、膝が真直ぐになっている点は望ましいと考えている。

### 4. まとめ

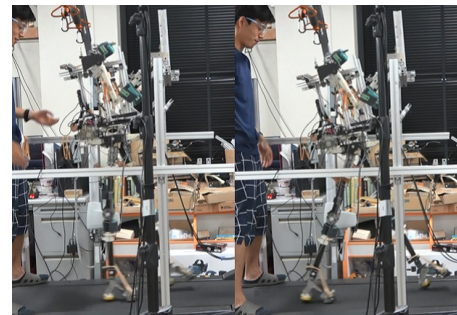
本研究では、グラウンドさせた腕による歩行ロボットの自律化アプローチを提案した。Fig.1(a)(b) の二つのロボットの状態でも、これまでのようにヒトによる適応的なアシストが加わると、真の問題が見つけ難くなっていた可能性がある。3.2 節の結果は、ヒトが排除されたことで、より本質的な問題が顕在化していると思われる。それらを適切に改善すれば完全自律化が達成されることが期待される。最後に、本研究は JSPS 科研費 JP19H02109 の助成を受けており、ここに謝意を表する。

### 参考文献

- [1] 丹羽貴士, 野々下絢斗, 池俣吉人, 佐野明人: “受動的力学機序を規範とした3次元平地歩行の自立性向上”, 第19回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会講演論文集, pp.3, 2018.



(a) Backward leaning posture



(b) Horizontal posture

Fig. 1: Autonomous walking on level ground with grounded arms