

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

論題(和文)	バンドルドワイヤドライブによる歩行ロボットの脚機構
Title(English)	A Leg Mechanism using Bundled Wire Drive
著者(和文)	角田柁平, 難波江裕之, 鈴森康一, 遠藤玄
Authors(English)	Shuhei Tsunoda, Hiroyuki Nabae, Koichi Suzumori, Gen Endo
出典(和文)	第20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 予稿集, Vol. , No. , pp. 2617-2618
Citation(English)	Proceedings of the 20th SICE System Integration Division Annual Conference, Vol. , No. , pp. 2617-2618
発行日 / Pub. date	2019, 12
権利情報 / Copyright	本著作物の著作権は公益社団法人計測自動制御学会に帰属します。 (c) 2019 The Society of Instrument and Control Engineers

# バンドルドワイヤドライブによる歩行ロボットの脚機構

○角田 柁平 (東京工業大学), 難波江 裕之 (東京工業大学),  
鈴森 康一 (東京工業大学), 遠藤 玄 (東京工業大学)

## A Leg Mechanism using Bundled Wire Drive

○Shuhei TSUNODA (Tokyo Tech), Hiroyuki NABAE (Tokyo Tech),  
Koichi SUZUMORI (Tokyo Tech), Gen ENDO (Tokyo Tech)

Abstract : Taking advantage of low friction of synthetic fiber rope, a new wire-driven mechanism called Bundled Wire Drive, in which multiple wires are bundled and share the same transmitting pathway, was proposed. We developed a leg mechanism which is light and has a wide range of motion using Bundled Wire Drive and confirmed that it could track a target trajectory accurately.

### 1. 緒言

高強度化学繊維ロープは従来の金属製ワイヤロープに比べて、軽量、高強度、しなやかといった特長をもつことから、軽くてコンパクトなワイヤ駆動機構を実現できる。四足歩行ロボット TITAN-XIII [1] では、モータを脚の根元に配置し、関節の駆動に高強度化学繊維ロープを用いることで軽量の脚機構を構成し、移動効率を向上させている。

しかし、従来のワイヤ駆動では、ワイヤ同士の干渉を避け、それぞれの経路を独立させる必要があることから、関節を中継するためには、多くのプーリを用いた複雑な機構を設けなければならない。そこで、より簡素な機構を目指して、複数本のワイヤを束ねて同一の経路を通過させるバンドルドワイヤドライブという駆動方式が提案されている [2][3]。Fig. 1 はその概念図であり、複数本のワイヤが黒の円筒で示された 1 本の経路を共有していることを表している。高強度化学繊維ロープは、その摩擦係数が 0.05 程度と非常に小さいことから、共有した経路内で生じるワイヤ同士の摺動による損失を許容することができる。この駆動方式により、従来のワイヤ駆動式ロボットと比較して部品が少なくシンプルな構造を実現することが可能になる。

この仕組みを脚機構に用いることができれば、従来よりも軽量で、広い可動範囲の脚をもつ歩行ロボットを実現できると考えられる。そこで、本研究では、バンドルドワイヤドライブを用いた脚機構を設計・開発し、歩行ロボットへ

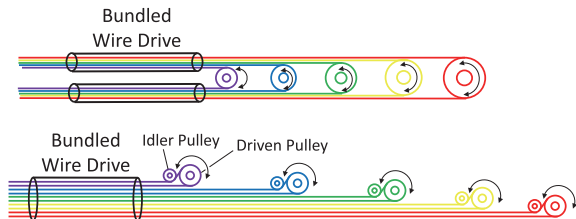


Fig. 1: Basic concept of Bundled Wire Drive. [3]

の適用可能性について検討することを目的とする。

### 2. 脚機構の開発

開発した脚機構の外観を Fig. 2 に示す。関節の配置とワイヤ経路は Fig. 3 のようになっており、胴体側から順に関節 1, 2, 3 としている。関節 2, 3 の駆動に高強度化学繊維ロープによるバンドルドワイヤドライブが用いられている。各関節の駆動は 2 本ずつのワイヤで行い、計 4 本のワイヤは関節 1 の中空軸の入口にあるガイドで束ねられ、その中を通過して関節 2 まで中継されている。Fig. 4 のように、ワイヤにはガイドとの間で生じる摺動に加え、関節 2 は関節 1 の回転に伴って向きを変えるため、中空軸の内部で捻れによる摺動が生じるが、これを高強度化学繊維ロープの摩擦の小ささによって許容している。

諸元は Table 1 に示すとおりであり、3 つのモータをすべて胴体部に配置することで脚の可動部分の質量は全体の 3 分の 1 程度に抑えられている。各関節にはエンコーダが取り付けられており、この計測値をもとに PID 制御を行う。

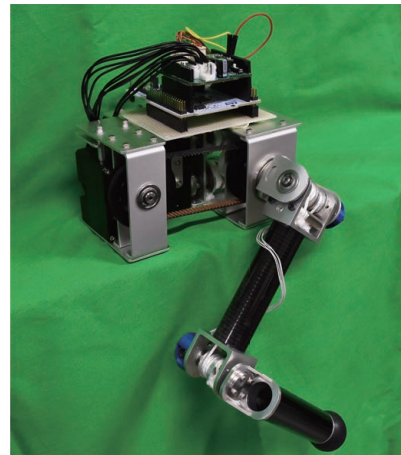


Fig. 2: Overall view of developed leg mechanism.

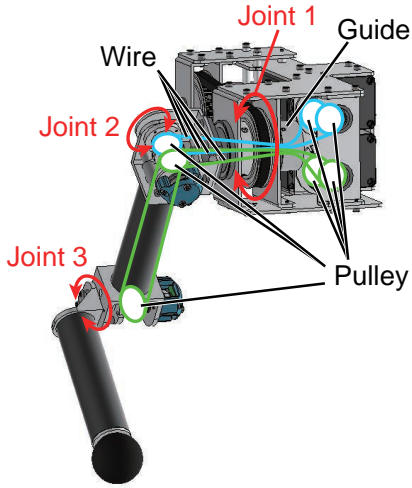


Fig. 3: Joint placement and wire routing of the leg mechanism.

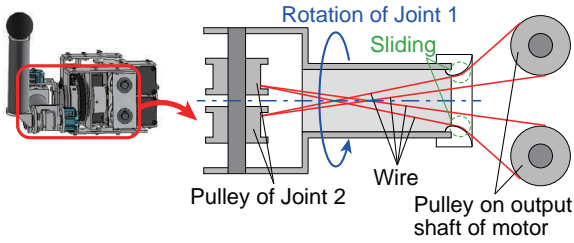


Fig. 4: Schematic of the structure where the wires slide.

Table 1: Specification of the leg mechanism.

Size of body	153.4×116.75×88 mm
Length of leg (Extension)	270 mm
Total weight	1.41 kg
Weight of leg	0.48 kg
Joint range of motion	Joint 1 : ±180 deg Joint 2 : ±115 deg Joint 3 : ±180 deg

### 3. 動作実験

開発した脚機構の足先の軌道追従性能を調べる実験を行った。足先が床面から離れた状態で、鉛直面上で歩行動作の軌道を追従させた結果を Fig. 5, 足先を接地させ、自重分の負荷を受ける状態で上下動をさせた結果を Fig. 6 に示す。ただし, Fig. 5 の原点は関節 1 の中心軸の位置, Fig. 6 の胴体の高さは床面から関節 1 の中心軸までの距離としている。この結果から, 関節角度の変化によってワイヤの伸びや経路長変化が生じてても, 足先は正確に軌道を追従することができ, 自重分程度の負荷を支えた状態でも問題なく動作できることが確かめられた。

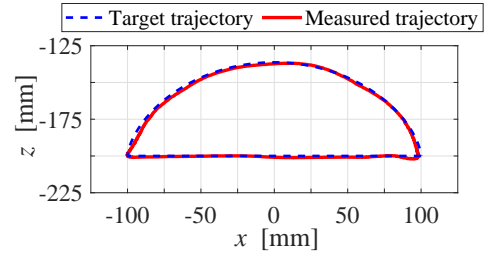


Fig. 5: Result of tracking the trajectory of walking motion.

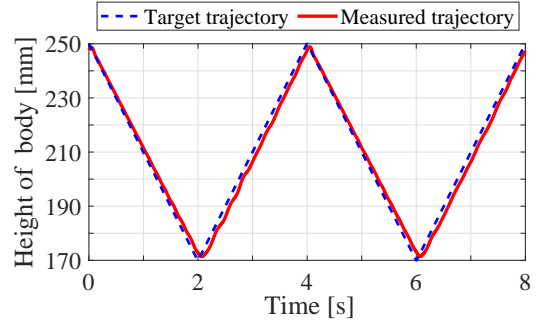


Fig. 6: Result of vertical motion when the leg mechanism supports the load.

## 4. 結言

本研究では, ワイヤの摺動を許容し, 複数本のワイヤを束ねて経路を共有させるバンドルドワイヤドライブを用いることで, 軽量かつ広い可動範囲をもつ脚機構の開発を行った。そして, 動作実験から, 十分な足先の軌道追従性能を有することと, 自重分程度の荷重を支えながら動作できることを確認した。今後は, 耐衝撃性等の検証も進めた上で, 四足歩行ロボットへの応用を目指していきたい。

## 謝辞

この成果は, 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託業務の結果得られたものです。

## 参考文献

- [1] Satoshi Kitano, Shigeo Hirose, Atsushi Horigome, Gen Endo : “TITAN-XIII : Sprawling-type Quadruped Robot with Ability of Fast and Energy-efficient Walking”, *ROBOMECH Journal*, Vol.3, No.1, pp.1–16 (2016)
- [2] 中村吉秀, 遠藤玄, 鈴森康一, 堀米篤史 : “バンドルドワイヤドライブの提案 –ワイヤの捻り摺動を許容する中継機構–”, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016 講演概要集, 2P1-14b4 (2016)
- [3] Gen Endo, Youki Wakabayashi, Hiroyuki Nabae, and Koichi Suzumori, “Bundled Wire Drive: Proposal and Feasibility Study of a Novel Tendon-Driven Mechanism Using Synthetic Fiber Ropes”, *IEEE Robotics and Automation Letters*, Vol.4, No.2, pp.966–972 (2019)