

## 接地点の切換えを考慮したヘビ型ロボットの多様な運動制御

○田中 基康<sup>\*1)</sup>

■キーワード ヘビ型ロボット、冗長性、接地点切換え、障害物回避、段差昇降

1. ヘビ型ロボットの特徴と応用先
2. 接地点の切換えと冗長性を利用した制御方法
3. 実現した多様な動作の例

## ■はじめに

ヘビ型ロボットは生物のヘビを模倣したロボットである。細長い形状で多様な動作を行うことができるため、管内のような狭所の検査や、瓦礫が散在する災害現場の探索といった活動での活躍が期待されている。生物のヘビは環境に対して体幹の接触位置や力を適応的に変化させ、瓦礫が散らばる複雑な3次元環境であっても移動することができる。ヘビ型ロボットもヘビ同様に複雑環境での移動が可能ではあるが、関節数が多い上に接触位置が切換わっていく複雑なシステムとなるため、その制御方法は確立されていない。著者らは主に動作制御の観点で、複雑な環境におけるヘビ型ロボットの多様な動作の実現を目指して研究を行っている。本報告では、著者が最近行っている研究内容をいくつか紹介する。

## ■研究紹介

開発したヘビ型ロボット「T<sup>2</sup> Snake-2」<sup>[1]</sup>を図1に示す。このロボットはピッチ関節とヨー関節が交互に連結されており、ピッチ関節と同軸上に受動車輪が配置してある。受動車輪は、ヘビ同様の異方性摩擦特性（体幹方向に滑りやすく、体幹と垂直方向に滑りにくい）を付与するために用いている。受動車輪には駆動力が生じないため、ヘビ型ロボットは推進の際に体全体を屈曲させる必要がある。著者らは車輪が横滑りしないと仮定してヘビ型ロボットの運動学モデルを導出し、モデルにおける「冗長性」と呼ばれる性質を利用することで多様な制御を行っている。

図1. T<sup>2</sup> Snake-2<sup>[1]</sup>図2. 全身の障害物回避の様子<sup>[3]</sup>図3. 段差昇りの様子<sup>[4]</sup>(1) 接地点切換えを用いた障害物回避<sup>[2] [3]</sup>

ロボットは、地面と接触している部分、すなわち接地点が変わると数式モデルが変化する。ヘビ型ロボットにおいては、数式モデルの変化に伴い冗長性も変化する。文献[2]では、接地点の切換えと冗長性を利用する制御方法を提案した。この制御方法を利用すると、ロボット先頭の任意軌道への追従を実現しながら、移動してくる障害物の回避<sup>[2]</sup>や、ロボット全身の障害物回避<sup>[3]</sup>が可能となる。ヘビ型ロボットを遠隔で操作する場合、カメラ等の情報を元に操作を行うわけだが、全身の動きを人間が指示することは非常に難しく現実的ではない。一方、提案した制御則を用いると、操作者は先頭のみを運動を指示するだけで済む。後続部分は障害物を自動で認識し、自律的に回避するのである。操作者の負担軽減という観点からも、有用な制御方法であると言える。

(2) 段差昇降制御<sup>[4]</sup>

文献[4]では、平行な2平面で構成された段差環境の昇降を実現する制御方法を提案した。段差環境では関節をうまく動作させなければ受動車輪が環境と接触できず、推進することができない。さらに接触点についても逐次変化していく。文献[4]の制御則を用いると、環境とロボットとの接触をうまく保ち、段差昇降を自律的に行うことができる。

## ■おわりに

本報告では、著者が行っているヘビ型ロボットに関する最近の研究を紹介した。今後は、より複雑な3次元環境を対象とした制御方法について研究を進める予定である。

## 参考文献

- [1] <https://sites.google.com/site/motoyasutanakalab/>  
 [2] M. Tanaka, F. Matsuno, Advanced Robotics, Vol.28, issue6, pp.415-429, (2014)  
 [3] M. Tanaka, K. Kon, K. Tanaka, IEEE Trans. on Control Systems Technology (Accepted)  
 [4] M. Tanaka, K. Tanaka, IEEE Trans. on Robotics, Vol.31, No.2, pp.511-520 (2015)

\*1) 電気通信大学