

# 蠕動運動型ロボットにおける強化学習による運動パターンの獲得

## Acquisition of Movement Pattern by Reinforcement Learning in Peristaltic Crawling Robot

Taichi SETO, (Akita Prefectural Univ.)  
 Norihiko SAGA, (Akita Prefectural Univ.)  
 Hiroyuki TAKANASHI, (Akita Prefectural Univ.)

Ken-ichi OGAWA, (Akita Prefectural Univ.)  
 Toshiyuki SATOH, (Akita Prefectural Univ.)  
 Seiji CHONAN, (Akita Prefectural Univ.)

**Abstract** - The Peristaltic Crawling Robot composed of the connection of more servo motors was produced. This robot can move in the peristalsis by the unit's corresponding to earthworm's unit, and expanding and shrinking. The robot is used it as a contact sensor by using the current sensor of the servo motor. The effectiveness was confirmed by mounting the movement pattern and the pattern designed based on earthworm's peristaltic motion on the robot, and comparing it. QDSEGA is one of the reinforcement learning, and the technique for obtaining the solution by using genetic algorithm and Q-learning from a huge search space. In addition, the movement pattern in the peristalsis movement type robot was requested by QDSEGA.

### はじめに Introduction

#### 研究背景

- 不整地などの複雑な環境に柔軟に適応して移動できる
- より狭い空間内を移動可能



ミミズの蠕動運動を規範とした、蠕動運動型ロボットの開発が必要とされている。

#### 研究目的

- サーボモータを用いて蠕動運動型ロボットの開発
- 強化学習による、前進運動の獲得と、ミミズの蠕動運動を規範として考案した動作パターンとの比較

### 蠕動運動型ロボット Peristaltic Crawling Robot

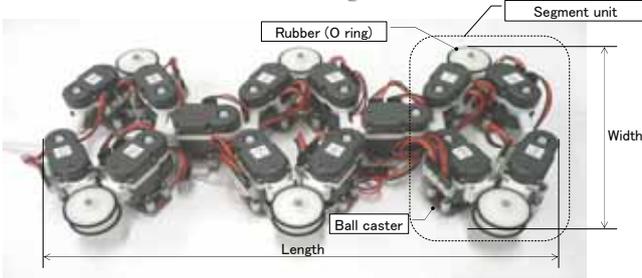


Fig. 1 Peristaltic crawling robot using servo motors

Table 1 Specifications of peristaltic crawling robot

Dimension	Length	[Max]501 mm	[Min] 330 m
	Width	[Max]185 mm	[Min] 95 mm
Weight		995 g	

#### 構造

体節ユニット → ミミズの体節に相当

- サーボモータ (AI Motor-601) を4つ使用 (1体節当り)
- 回転軸数6軸のなかで、固定回転軸4軸 → 高い精度の位置決め
- 自由回転軸の外周にゴム (Oリング) を装着  
→ 壁との接触時に摩擦の増大
- ロボットの底面にボールキャスタを使用 → 地面との摩擦の低減



壁の間で体節を伸縮・膨張させることによって移動

### ロボットの動作パターンと走行実験

#### Moving patterns and running experiment of the robot

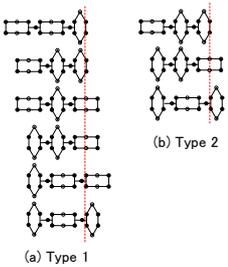


Fig. 2 Moving patterns

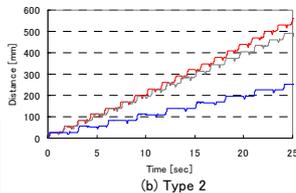
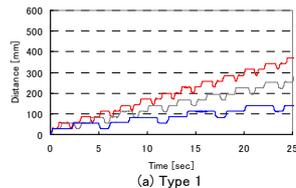


Fig. 3 Displacement of moving pattern

#### 走行実験

- サーボモータに搭載されている電流センサを接触センサとして利用する
- 動作パターン → ミミズの蠕動運動を基に考案した前進運動

Type1 → 動作数 6 (1体節ごとの動作)

Type2 → 動作数 3 (2体節ごとの動作)

### QDSEGAによる前進運動の獲得

#### Acquisition of Advance Movement by QDSEGA

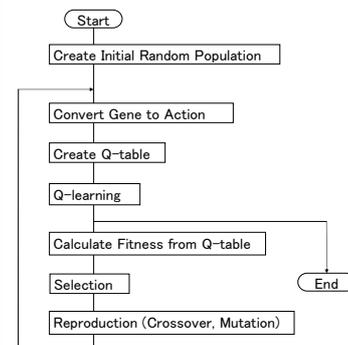


Fig.4 Learning algorithm of agent

#### QDSEGA

強化学習の一つであり、膨大な探索空間からGAとQ学習を用いて解を求める手法



従来のQ学習では解の探索が困難な膨大な探索空間での学習が可能

#### シミュレーション条件

- ロボットの中心軸固定
- ロボットの体節が壁に接触した場合、接触した位置を固定位置とする  
→ 体節の収縮量のみでロボットは前後に移動する
- 接触した体節が複数あり、それが隣接していない場合は、その動作は行わない

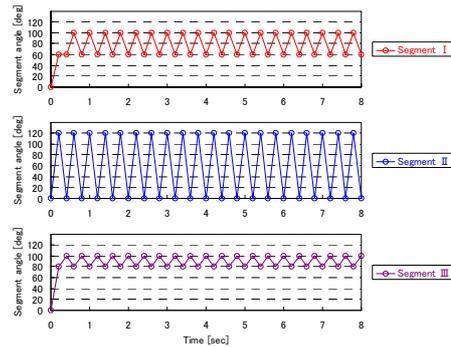


Fig.5 Acquired pattern of each segment

$\theta$  [deg]

Fig.6 Angle of the segment

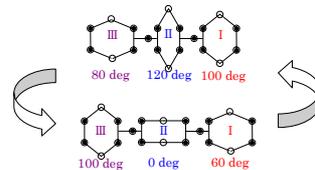


Fig.7 Acquired periodic advancement pattern of the robot

#### シミュレーション結果

- 動作数 2
- 前後の体節 → 小刻みに膨張、収縮
- 中間の体節 → 大きく膨張、収縮

### 実験結果

#### Result of experiment

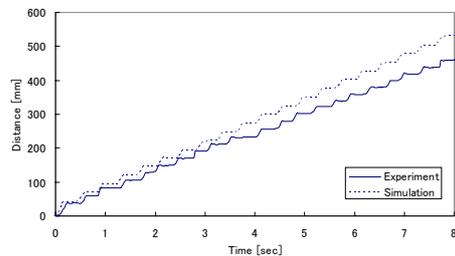


Fig.8 Displacement of acquired pattern

#### 結果

- ロボットによる平均移動速度  
57.03[mm/sec]
- 考案した動作パターンとの比較  
Type1, Type2の2倍以上の移動速度

### まとめ

#### Conclusion

- サーボモータを用いて、蠕動運動型ロボットを開発した
- QDSEGAを用いて、ロボットの前進運動を獲得した
- 考案した運動パターンと獲得された動作パターンのロボットによる動作実験を行った  
獲得された運動パターンは、蠕動運動の前進運動において、移動速度が速い動作パターンが得られた。