

埼玉大学 工学部  
機械工学科

令和5年度 卒業論文

○○○○○○○○○○の研究

Study on XXXXXXXXXXXX

学科長	荒居善雄 教授	印
主指導教員	琴坂信哉 准教授	印
副指導教員	程島竜一 准教授	

提出日	2023年2月XX日
研究室	設計工学
学籍番号	20TM028
氏名	長谷川 大晴



# 目次

<b>第 1 章</b>	<b>序論</b>	<b>1</b>
1.1	背景 . . . . .	1
1.2	本研究の目的 . . . . .	1
1.3	本論文の構成 . . . . .	2
<b>第 2 章</b>	<b>歩容パターンの再評価手法の提案</b>	<b>3</b>
2.1	本研究室における自由歩容パターン生成の先行研究 . . . . .	3
2.2	歩行シミュレーションによる脚軌道生成失敗時の脚先位置の特定 . . . . .	4
2.3	常に脚軌道生成が可能な自由歩容パターン生成手法の検討 . . . . .	5
2.4	歩容パターンの再評価手法 . . . . .	5
<b>第 3 章</b>	<b>実験装置や開発機械</b>	<b>7</b>
3.1	全体機能とサブ機能の構造 . . . . .	7
3.2	〇〇機能の設計 . . . . .	7
3.3	××機能の開発 . . . . .	7
3.4	△△機能の実現 . . . . .	7
<b>第 4 章</b>	<b>実験</b>	<b>9</b>
4.1	〇〇の実験 . . . . .	9
4.2	××の実験 . . . . .	9
<b>第 5 章</b>	<b>結論</b>	<b>11</b>
5.1	結論 . . . . .	11
5.2	今後の課題 . . . . .	11
<b>付録 A</b>	<b>脚機構の解析詳細</b>	<b>13</b>
A.1	計算手順 . . . . .	13

---

付録 B	脚機構図面	15
B.1	組図 . . . . .	15
B.2	断面図 . . . . .	15
謝辞		17
参考文献		19

# 図目次

2.1	Tree Graph . . . . .	4
-----	----------------------	---



# 表目次





# 第 1 章

## 序論

第 1 章では，本研究の研究背景と先行研究，そして研究の目的を述べる．

### 1.1 背景

近年，人間に代わって作業を行う移動ロボットの導入が進められている．これらのロボットの多くはタイヤやホイールを用いての移動を行うが，その他の移動様式として，脚を使用して移動を行う多脚ロボットが存在する．多脚ロボットは他の移動様式を用いて移動するロボットに比べて，障害物をまたいで超えることが可能な点や，離散的に接地点を選択できる点において優れているといえる．

実際に，林業を行う山間地において多脚ロボットの導入を

このような不整地において，多脚ロボットを使用する場合は適切な歩容計画を行う必要がある．歩容計画には，カムやリンクを用いて，周期的に脚を動かす固定歩容と，非周期的に脚を動かす自由歩容がある．

当研究室で行われてきた先行研究では，

### 1.2 本研究の目的

これまでの研究によって，3 次元の不整地において，重心高さを変更しつつ，自由歩容パターン生成を行うことが可能となった．しかし低頻度ではあるが，グラフ探索に成功したとしても，その歩容パターン通りに歩行することができずに動作を停止してしまう問題が生じてしまった．

そこで本論文では，常に脚軌道生成に成功するような歩容パターン生成手法を提案し，脚軌道生成の失敗による動作停止を防ぐことを目的とする．

## 1.3 本論文の構成

本論文は、全 6 章から構成される。

第 2 章「歩容パターンの再評価手法の提案」では、～を述べる。第 3 章「実験装置や開発機械」では、～を述べる。第 4 章「実験」では、～を述べる。第 5 章「結論」では本論文の結論と今後の課題を述べる。

## 第 2 章

# 歩容パターンの再評価手法の提案

第 2 章では，先行研究の手法およびその問題点を指摘し，常に脚軌道生成が可能な自由歩容パターン生成手法として，歩容パターンの再評価手法を述べる．

## 2.1 本研究室における自由歩容パターン生成の先行研究

### 2.1.1 グラフ理論について

グラフとは，頂点（ノード）とそれらを結ぶ辺（エッジ）からなる図形である．このグラフを用いて，さまざまな問題を取り扱う学問をグラフ理論という．

以降の説明を簡単にするため，この論文で用いるグラフ理論の用語について簡潔に述べる．エッジに向きがあるものを有向グラフ，逆に向きを持たないものを無向グラフという．また，閉路を持たず，かつ，すべての頂点間に経路が存在するグラフを木という．このような木構造をもつグラフのうち，図 2.1 のように，根となるノードを持ち，そのノードからすべてのノードに到達可能なものを根付き木という．

根付き木において，あるノードから遷移可能なノードをそのノードの子ノードと呼ぶ．逆に，あるノードに遷移可能なノードをそのノードの親ノードと呼ぶ．親ノードを持たないノードを根ノードと呼び，子ノードを持たないノードを葉ノードと呼ぶ．また，あるノードから根ノードまでのエッジの数をそのノードの深さと呼び，根ノード自身の深さは 0 となる．

図 2.1 においては，ノード A が根ノードであり，ノード B, C がその子ノードである．また，ノード B, ノード D, E, ノード C はノード F を子ノードとして持ち，ノード D, E, F は葉ノードである．ノード A の深さは 0 であり，ノード B, C の深さは 1，ノード D, E, F の深さは 2 となる．

グラフのあるノードから別のノードに到達するための経路をパスと呼び，これを求めることをグラフ探索と呼ぶ．グラフ探索には，深さ優先探索，幅優先探索などのさまざまなアルゴリ

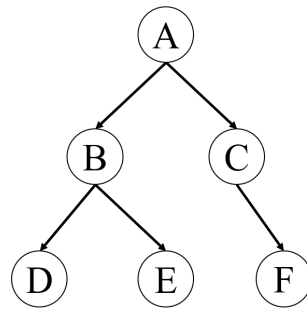


Fig. 2.1 Tree Graph

ズムが存在する。深さ優先探索では、始点となるノードから、深さが深くなる方向を優先して探索を行う。これに対して、幅優先探索では、始点となるノードから、深さが浅いノードを優先して探索を行う手法である。

### 2.1.2 歩容パターングラフについて

本研究においては、6 脚ロボットの歩容パターンをグラフを用いて表現する。ロボットの状態をノードとし、ロボットの状態間の遷移、つまりロボットの動作をエッジとして表現する。また、グラフは有向の根付き木とする。このようにして作られたグラフを歩容パターングラフと定義する。

グラフ探索がよく用いられる題材は路線図や回路図などであり、ノードの数が有限であるものである。しかし、歩容パターングラフはロボットの状態や動作を対象とするため、無限の組み合わせが存在する。そのため、状態や動作を離散化する必要がある。

### 2.1.3 脚軌道生成の失敗

## 2.2 歩行シミュレーションによる脚軌道生成失敗時の脚先位置の特定

### 2.2.1 シミュレーション実験の目的

脚軌道生成の失敗を防ぐためには、脚軌道生成の失敗時の脚先の座標を特定する必要がある。そのため、予備実験として先行研究と同じ条件で歩行シミュレーション実験を行い、失敗の原因を考察した。

#### 2.2.2 シミュレーションの条件

#### 2.2.3 シミュレーションの結果

以下の図に脚軌道生成失敗時の脚先の座標を示す.

#### 2.2.4 脚軌道生成の失敗の原因の考察

### 2.3 常に脚軌道生成が可能な自由歩容パターン生成手法の検討

常に脚軌道生成を可能にするためには, 近似された脚可動範囲を適切に設定する必要がある.

## 2.4 歩容パターンの再評価手法



## 第 3 章

# 実験装置や開発機械

第 3 章では、～を述べる．

### 3.1 全体機能とサブ機能の構造

### 3.2 ○○機能の設計

### 3.3 ××機能の開発

### 3.4 △△機能の実現





## 第 4 章

# 実験

第 4 章では，～を述べる．

### 4.1 ○○の実験

#### 4.1.1 ○○の実験目的

#### 4.1.2 ○○の実験手順

#### 4.1.3 ○○の実験結果

#### 4.1.4 ○○の実験考察

### 4.2 ××の実験



## 第 5 章

# 結論

### 5.1 結論

本論文では，～～を論じた．

第 1 章「序論」では，～を述べた．第 2 章「理論と実施計画」では，～を述べた．第 3 章「実験装置や開発機械」では，～を述べた．第 4 章「実験」では，～を述べた．第 5 章「結論」では本論文の結論と今後の課題を述べた．

### 5.2 今後の課題



## 付録 A

# 脚機構の解析詳細

### A.1 計算手順



## 付録 B

# 脚機構図面

### B.1 組図

### B.2 断面図





# 謝辞

本論文の研究と執筆にあたりその細部に至るまで終始懇切なる御指導と御鞭撻を賜りました，埼玉大学大学院理工学研究科 ○○○○教授に謹んで深謝の意を申し上げます。

本研究を共同遂行して頂いた，○○○○氏に御礼申し上げます。

本研究に懇切なる御助言を頂いた，○○○○氏に御礼申し上げます。

研究室において常に熱心な御討論を頂きました，OB・学生の方々に感謝の意を表します。

○○○○について有益なご助言を数多く賜りました○○○○氏（○○○○株式会社），に深謝申し上げます。



## 参考文献

- [1] 広瀬, 米田: “実用的 4 足歩行機械の開発に向けて”, 日本ロボット学会誌, Vol.11, No.3, pp.360-365, 1993.
- [2] D. C. Kar: “Design of Statically Stable Walking Robot: A Review,” J. of Robotic Systems, Vol.20, No.11, pp.671-686, 2003.
- [3] H. Tsukagoshi, S. Hirose and K. Yoneda: “Maneuvering Operations of a Quadruped Walking Robot,” Advanced Robotics, Vol.11, No.4, pp.359-375, 1997.
- [4] 米田, 大隅, 坪内: “ここが知りたいロボット創造設計”, 講談社, 2005.
- [5] 不二越ハイドロニクスチーム: “新・知りたい油圧”, ジャパンマシニスト社, 1993.