

# 博士論文審査報告書

## 論 文 題 目

胴体接触を活用する 4 肢ロボットの  
運動生成に関する研究

Motion Generation Utilizing Torso Contact  
for a Four-limbed Robot

申 請 者

松澤	貴司
Takashi	MATSUZAWA

生命理工学専攻 バイオ・ロボティクス研究

2020 年 2 月

本論文の審査過程における主な改訂点を以下に述べる。

#### 1. 予備審査会前の面談

研究目的を述べるまでの導入において、等身大脚ロボットの環境に対する接触点に着目すべきという指摘を受けた。そこで、従来の脚ロボットの接触点に関する説明をした後に胴体を積極的に接地させる先行例が少ない点を説明した上で、脚ロボットの胴体接触を活用する運動生成を提案する構成とした（1章）。また、提案した運動の評価基準を明確化した方が良いという指摘を受け、脚ロボットの移動性能の定義に関する記述を追加した（1章）。また、提案する運動の歩容に関する説明の追加が必要であるという指摘を受け、まず従来の4足ロボットの歩行運動における歩容を説明した上で、胴体接触を活用する運動の歩容に関する説明を追加した。（2章）。さらに、胴体接触の力学的な意味について検討した方が良いという指摘を受けた。この指摘に関しては、位置エネルギーと運動エネルギーの観点から胴体接触を活用する運動に関する説明を追加した（2章）。

#### 2. 予備審査会

胴体接触機構に関して、瓦礫路面上における滑動量の低減に関する定量的な評価が必要という指摘を受けた。そこで、等身大4肢ロボットに胴体接触機構を搭載した状態で瓦礫路面上を腹ばい運動させた際の胴体位置の時系列データに基づいて滑動量を評価する説明を追加した（2章）。

#### 3. 予備審査会後の面談

3章と4章の運動生成法の違いを述べた方が良いという指摘を受け、各章における運動の適用範囲に関する説明を追加した。具体的には、腹ばい姿勢における足先可動域に収まる高さの瓦礫路面および脚長未満の段差を対象とする説明（3章）、および脚長以上の段差を対象とする説明（4章）を追加した。また、脚長未満の段差乗り越え運動生成に関する内容を追加し、各脚や胴体の接触点を決定する手法に関する説明を追加した。（3章）。さらに、提案手法に関する新規性や課題を明確にした方が良いという指摘を受け、評価実験と考察の節を分けた上で、考察において新規性や課題に関する説明を追加した（2～4章）。

#### 4. 公聴会

3章と4章で述べた運動生成の手法を統合することについてどのような展望を考えているかを述べるべきという指摘を受け、総合的な考察に関する節を追加し、3章と4章で述べた運動生成の特徴や統合の可能性について論じる内容を追加した（5章）。

#### 5. 公聴会後の面談

ロボットの実用化に向け、移動性能の他にも指標になる項目がないかを考察すべきという指摘を受けた。この指摘に関しては、運動生成に要する時間や手法の統一性など、運用のしやすさといった観点も運動生成を評価する指標になる可能性があることを追記した。（5章）。

本研究の独創性は、等身大 4 肢ロボットを対象に胴体接触を活用する運動を提案し、機構と運動生成の両側面からロボットの移動性能を向上させる点にある。従来の運用で困難であった脚ロボットの歩行中における転倒リスクを回避し、脚長以上の段差に対しても低重心な姿勢での乗り越えを可能にする。この技術により、災害現場やプラントなどの実環境における脚ロボットの安全な運用および実用化に貢献するものであると考える。また、4 肢ロボットだけでなく多脚ロボットの実用化や行動範囲の拡大を可能にするものと期待される。よって、ロボット工学、機械工学といった工学分野の発展や等身大脚ロボットの実用化に向けた研究の推進に貢献するものであり、本論文は博士（工学）の学位を授けるべきものと判断する。

2020年2月

(主査) 早稲田大学教授 工学博士 早稲田大学 高西 淳夫

---

早稲田大学教授 工学博士 早稲田大学 梅津 光生  
医学博士 東京女子医科大学

---

早稲田大学教授 博士(工学) 早稲田大学 岩崎 清隆

---

早稲田大学准教授 博士(工学) 早稲田大学 石井 裕之

---

明治大学准教授 博士(工学) 早稲田大学 橋本 健二

---