



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Self-recovery Strategy for Multi-legged Robot with Damaged Legs [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Chattunyakit, Sarun
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第13707号
Issue Date	2019-06-28
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/74970
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	SARUN_CHATTUNYAKIT_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博士 (工学)	氏名	Sarun Chattunyakit
審査担当者	主 査 教 授	小林 幸徳	
	副 査 教 授	梶原 逸朗	
	副 査 教 授	近野 敦	(本学大学院情報科学研究院)

学位論文題名

Self-recovery Strategy for Multi-legged Robot with Damaged Legs
(故障脚を有する多脚型ロボットの自己復帰手法)

本論文は、多脚型ロボットにおける脚故障時の自己復帰手法について研究している。多脚型ロボットは自由度が大きいため不整地の移動において注目されている反面、1 脚でも故障すると歩容アルゴリズムの再構築が必要となるなどの問題がある。これに対応する一つの方策として、あらかじめ余剰な脚を備える 5 脚以上の多脚型ロボットがある。しかし、ロボット全体が大型化しエネルギー効率の面でも最善のシステムとは言えない。したがって、最も効率的な 4 脚型ロボットにおいて、脚の故障時に自律的に適切な歩容形態を再構築できる手法に関する研究は重要であり、以下のような 3 つのカテゴリーがある。

- ・ ロボット構造:ロボットの構造を変更することによって問題を解決する手法が考えられ、このためには巧妙に設計されたロボットが必要となる。
- ・ 故障診断:故障脚を自動的に検出して新たな構成を認識することができれば、新たな構造に適した歩容の生成が可能となる。
- ・ 自律的リカバリー:人が修理できない環境では、自律的なリカバリー機能が必要となる。

これらの問題に関する研究成果は、実環境における多脚型ロボットの自律的な活動を支える基盤技術と言え、ロボット工学の発展に大きく寄与するものである。

本論文は全 5 章で構成されており、以下にそれぞれの章の概要を示す。

第 1 章は序論であり、多脚型ロボットに関する従来の研究を概観し、本研究の意義と問題設定について述べている。

第 2 章では、ロボットの脚構造に関して過去の研究を紹介した後、本論文で扱う独創的なクモ型 4 脚ロボットの構造ならびに順動力学と逆動力学について述べている。特にイモムシに着想したロボット (CIQR) の歩容である Crawling Locomotion について述べ、脚故障の際の歩容性能向上のためにイモムシの前脚に相当する機構を考案した。そして、3D プリンターを用いてこれを製作して実験で使用する 4 脚型ロボットに追加するとともに、シミュレーションによって最適構造を決定している。さらに、歩容の最適化のために PSO アルゴリズムを導入し、シミュレーションによって提案手法が脚故障ロボットの最適歩容に有効であることを示した。

第 3 章では、ロボットの故障診断に関する多様な手法を概説した後、脚故障検出の方法について述べている。本研究では、事前に用意した多様な脚故障時の歩容モデルと実際に脚故障のあるロボットの歩容データを比較し、PSO アルゴリズムと相互相関関数を用いた歩容形態検出アルゴリズム (PLI) を提案している。PLI の有効性について、シミュレーションでは遺伝的アルゴリズムによる手法と比

較して, 提案手法の優位性を示した. また, 姿勢センサ (IMU) を搭載した 4 脚ロボットによる実験においても, PLI が有効であることを示した. これに加えて, 脚関節モーターが不良時に発生する異常音検出に基づく脚故障検出手法 (AFL) を提案している. 本手法では関節のモーター音の周波数分析を行い, 周波数帯域ごとのエネルギーを算出したうえで, ファジィ分類器によって故障箇所の特特定を試みている. そして, 実験データをニューラルネットワークによる故障箇所検出方法と比較し, 本手法の有効性を検証した.

第 4 章は, 故障脚を有するロボットの自己復帰手法として, PSO アルゴリズムに基づく進化論的な復帰方法を提案している. 特に 4 脚型ロボットの脚故障時に有効である新たな生物模倣移動方式について検討している. ここでのコンセプトは, 二つのフィンのみで移動するトビハゼ (mudskipper) の挙動に着想している. そして, 歩容の適応性を向上させるために, 強化学習である Q-learning を導入し, Self-learning mudskipper-inspired crawling method (SLMIC) を提案している. 2 脚になったロボットモデルにおいてシミュレーションと実験を実施し, 強化学習を用いない手法との比較から提案手法の有効性を示した.

第 5 章は総括であり, 本論文で得られた研究結果をとりまとめている.

これを要するに, 著者は, 故障脚を有する多脚型ロボットの自己復帰において有効な手法を提案し, シミュレーションと実験によって有益な知見を得たものであり, ロボット工学の進歩に貢献するところ大なるものがある. よって著者は, 北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める.