OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Development of Spherical Magnetic Feet and Inverted Locomotion for Multi-legged Steel Structural Inspection Robot
Author(s)	Sison, Harn
Citation	大阪大学, 2023, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/93009
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

Form 3

Abstract of Thesis

Name (SISON Harn)	
Title	Development of Spherical Magnetic Feet and Inverted Locomotion for Multi-legged Steel Structural Inspection Robot (多脚ロボットのための球状磁気脚と逆走行の開発)

Abstract of Thesis

Steel structure inspection presents significant challenges for robots to operate because the environment is dangerous and hard to access. The objective of this research is to address these challenges using a multi-legged robot, which provides the ability to navigate and traverse the structural environment efficiently by having flexibility from the multi-limb mechanism. However, a challenging area of the steel structure inspection robot is locomotion in an inverted position.

To overcome this challenge, this thesis proposed a Spherical Magnetic Joint (SMJ) with an adjustable sleeve to generate a consistent attractive force for the robot to perform inverted locomotion under steel structures. The spherical permanent magnet allows the robot to attach its foot to a steel surface without energy consumption. Since the robot's inverted locomotion requires foot flexibility for placement and gait construction of the robot. Therefore, the SMJ mechanism was designed and implemented for the robot feet to deal with angular placement.
For detaching the foot tip from the steel structure, the adjustable sleeve mechanism assists the robot to control the attractive force by creating a fulcrum point during the tilt and pull step. Experimental results demonstrate that the SMJ can maintain the attractive force at any angle, and the sleeve mechanism can reduce 46% of the presented load during foot detachment compared to direct pulling.

Afterward, the inverted locomotion gaits of a quadruped robot and a hexapod robot, which are the major representative of a multi-legged robot were designed and performed. The SMJ and the adjustable sleeve were integrated on both robots and the detaching step was applied with inverted locomotion of a crawling gait, a trotting gait, a square gait, and a tripod gait. s. Our analysis evaluates the characteristics of each gait in terms of velocity and stability, thereby confirming the versatility of our proposed SMJ, which can be applied to different types of legged robots.

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（Harn SISON）			
論文審査担当者	（職）		氏　名
	主 査	准教授	浦西 友樹
	副 査	教授	土屋 達弘
	副 査	教授	三浦 典之
	副 査	准教授	間下 以大

論文審査の結果の要旨

本博士論文は，特に鉄鋼建造物のロボットによる検査において問題となる，ロボットの検査箇所への到達困難性を解決するための，多脚ロボットによる構造物の歩行に関する研究である．特に，構造物天井に貼り付いての倒立歩行に着目している．本博士論文は大きく二つの研究から構成されており，それぞれ 1）Spherical Magnetic Joint（SMJ）の提案，2）倒立歩行時における歩容メカニズムの提案 である．

一つ目の研究は，鉄鋼建造物における磁力を用いた倒立歩行の際，ロボットの脚部に安定した吸着力を発生させるための機構に関するものである．この機構はSpherical Magnetic Joint（SMJ）と名付けられ，球状の永久磁石と伸縮可能なスリーブの組み合わせから構成される．ロボットの倒立歩行時に吸着力を派生させる仕組みとしては，電磁石を用いるものや風力を発生させるものなども提案されているが，提案手法は永久磁石を用いるため，電源喪失時にロボットが墜落しないという特色を有する．また，球体の一点を吸着することによる脚部角度の自由度の高さも特色として挙げられる．一方，吸着力が常時発生する特性上，建造物表面から脚を離す際に引っ張り力が必要となり，この際の反動はロボットの姿勢を不安定化する大きな要因となる．論文では伸縮可能なスリーブと磁石を組み合わせることで，表面から脚を離す際の姿勢の安定性が増すことを実験的に示した．本研究の成果は主に国際会議1件（International Conference on Robotics and Automation 2021）で発表されている．

二つ目の研究は，多脚ロボットのうち特に代表的な構造である4脚ロボットと6脚ロボットにおいて，倒立歩行の歩容メカニズムに関するものである．倒立歩行における重心の移動に関して考察を行い，倒立歩行について頑健であり，かつ多様なアーキテクチャに適用可能な歩行方法を提案した．具体的にはSupport polygonという概念を導入し，建造物表面に吸着した状態で重心を維持するための各脚および本体部分の動作方法について検討し，
Crawling，Trotting，Square，Tripodという4種類の運動について，前述のSMJを実装した多脚ロボットを用いて提案した歩容メカニズムの有効性を速度や安定性の観点から評価した．実験結果より，提案手法がさまざまなタイプの多脚ロボットに適用できる可能性を示した．本研究の成果は論文1報（Journal of Robotics and Mechatronics）で発表されている．

これらの結果は，すでに建設され，長い耐用年数を有するものに加え，今後も建造される数多くの鉄鋼建造物の検査における困難さを解決するための多脚ロボットを発展させうる顕著な工学的価値を有している．よって，本論文は博士論文（工学）の学位論文として価値のあるものと認める．