

博士(工学) 齊藤朋之

学位論文題名

形状記憶合金アクチュエータを用いた
ミミズ型ロボットの開発に関する研究

学位論文内容の要旨

本研究はミミズのようなぜん動運動で推進するロボットの開発を目指した。今日、人間の活動範囲は海底から宇宙までと幅広いものになってきている。しかし、その中には実際に人間が触れること、侵入することのできない行動範囲が数多く存在する。手では届かない閉所や管内、または危険な場所においては人間の手や目の代わりとなる移動ロボットの開発が重要である。

そのような狭所や悪路などは従来の車輪による走行が困難である。しかし、ミミズのようなぜん動運動は体幅と同等のスペースがあれば推進可能であり、身体全体で地面と接するため凹凸のある場所に強く、また接地圧が小さいため、やわらかい場所にも適している。

このため、具体的に活躍が見込まれている用途としては、近年多発している自然災害やテロなどでの人命救助や、原子力発電所や化学プラント等における配管内点検、地中を掘り進むことに適した構造のため、地質調査や宇宙での惑星探査などが挙げられる。

このようにミミズ型ロボットは様々なフィールドでの活躍が見込まれており、現在多くの研究機関で開発が行われている。伸縮を行う運動は幾つかの機構で実現可能であるが、本研究では形状記憶合金アクチュエータ（以下 SMA-A）に着目し、ロボットの開発を行った。

第1章ではミミズ型ロボットのニーズに触れ、既存のロボットが採用している伸縮機構の長所と短所を浮き彫りにし本研究の到達目標を設定した。

第2章では、ミミズの移動様式と他の運動、ヘビやイモムシ、車輪、人の移動様式の違いについて言及し、ぜん動運動の利点や仕組みについて説明した。

第3章は本研究で採用した SMA-A についての説明である。電流を流すことで収縮するアクチュエータで、ライン状の SMA-A は縮み率が小さいが収縮力が大きく、コイル状の SMA-A は 50% 以上収縮するが、実用発生力が小さい。

第4章ではライン状の SMA-A を用いて製作したロボット、ER-BMF1 について述べた。パンタグラフ機構により収縮率の小さい SMA-A の動きを拡大する。5つの伸縮ユニットからなるロボットであり、1.7mm/s で推進する。

第5章はコイル状の SMA-A を用いて製作したロボット、ER-BMX1 についての説明である。ユニットの伸長力を得るために、配管保護用の編組チューブを用いた機構で 4 ユニットからなる 2.0mm/s の推進を確認した。

第6章ではコイル状の SMA-A を用い旋回性能も備えた ER-BMX2 について述べた。方向転換や関節を曲げた状態での推進実験が行われた。またユニットが縮んだ状態を保持する伸縮支援機構を搭載しており、その結果推進効率の向上が見られた。速度は 1.2mm/s であった。

第7章ではER-BMX2の改良型であるER-BMX3について述べた。推進速度向上を目指し機構設計を行い、推進実験や旋回実験、登坂実験を行った。さらにオープンソースの動力学シミュレータを用いてロボット詳細寸法の検討を行った。当初4.0mm/sだった推進速度はシミュレーション結果を適用したことにより5.3mm/sにまで上昇した。

第8章では本研究の結論として研究のまとめと今後の展望を述べた。

以上のように本研究では形状記憶合金アクチュエータを用いミミズ型ロボットを製作した。形状記憶合金アクチュエータの使用はロボット本体の小型化につながり配管内など狭い場所での活躍が見込まれる。

学位論文審査の要旨

主査 教授 鍵和田 忠男
副査 教授 小林 幸徳
副査 教授 成田 吉弘
副査 准教授 原田 宏幸

学位論文題名

形状記憶合金アクチュエータを用いた ミミズ型ロボットの開発に関する研究

本研究はミミズのようなぜん動運動で推進するロボットの開発を目指したものである。今日、人間の活動範囲は海底から宇宙までと幅広いものになっており、その中には実際に人間が触れること、侵入することのできない行動範囲が数多く存在する。手では届かない閉所や管内、または危険な場所においては人間の手や目の代わりとなる移動ロボットの開発が重要である。

そのような狭所や悪路などは従来の車輪による走行が困難である。しかし、ミミズのようなぜん動運動は体幅と同等のスペースがあれば推進可能であり、身体全体で地面と接するため凹凸のある場所に強く、また接地圧が小さいため、やわらかい場所にも適している。

このため、具体的に活躍が見込まれている用途としては、近年多発している自然災害やテロなどでの人命救助や、原子力発電所や化学プラント等における配管内点検、地中を掘り進むことに適した構造のため、地質調査や宇宙での惑星探査などが挙げられる。

このようにミミズ型ロボットは様々なフィールドでの活躍が見込まれており、現在多くの研究機関で開発が行われている。伸縮を行う運動は幾つかの機構で実現可能であるが、本研究では形状記憶合金アクチュエータ（以下 SMA-A）に着目し、ロボットの開発が行われた。

第1章ではミミズ型ロボットのニーズに触れ、既存のロボットが採用している伸縮機構の長所と短所を浮き彫りにし、本研究の到達目標が設定された。

第2章では、ミミズの移動様式と他の運動、ヘビやイモムシ、車輪、人の移動様式の違いについて言及され、ぜん動運動の利点や仕組みが説明された。

第3章は本研究で採用した SMA-A についての説明である。電流を流すことで収縮するアクチュエータで、ライン状の SMA-A は縮み率が小さいが収縮力が大きく、コイル状の SMA-A は 50% 以上収縮するが、実用発生力が小さいことが説明された。

第4章ではライン状の SMA-A を用いて製作したロボット、ER-BMF1 について述べられた。パンタグラフ機構により収縮率の小さい SMA-A の動きを拡大する 5 つの伸縮ユニットからなるロボットであり、1.7mm/s で推進することが分かった。

第5章はコイル状の SMA-A を用いて製作したロボット、ER-BMX1 についての説明である。

ユニットの伸長力を得るために、配管保護用の編組チューブを用いた機構で 4 ユニットからなる 2.0mm/s の推進が確認された。

第 6 章ではコイル状の SMA-A を用い旋回性能も備えた ER-BMX2 について述べられた。方向転換や関節を曲げた状態での推進実験が行われた。またユニットが縮んだ状態を保持する伸縮支援機構を搭載しており、その結果推進効率の向上が見られた。速度は 1.2mm/s であった。

第 7 章では ER-BMX2 の改良型である ER-BMX3 について述べられた。推進速度向上を目指し機構設計を行い、推進実験や旋回実験、登坂実験を行った。さらにオープンソースの動力学シミュレータを用いてロボット詳細寸法の検討が行われた。当初 4.0mm/s だった推進速度はシミュレーション結果を適用したことにより 5.3mm/s にまで上昇した。

第 8 章では本研究の結論として研究のまとめと今後の展望が述べられた。

これを要するに著者は形状記憶合金アクチュエータを用いていくつかのタイプのミミズ型ロボットを製作し、それらの特性を検証して効果の大なることを示した。形状記憶合金アクチュエータの使用はロボット本体の小型化につながり配管内など狭い場所での活躍が期待され、社会的な需要に供するところが大である。以上のことから、本論文の提出者は博士（工学）の学位を授与される資格があると認められる。