

氏名	齊 偉		
授与した学位	博 士		
専攻分野の名称	工 学		
学位授与番号	博甲第	5 8 2 8	号
学位授与の日付	平成30年 9月27日		
学位授与の要件	自然科学研究科 生命医用工学専攻 (学位規則第4条第1項該当)		
学位論文の題目	配管の外周を移動するヘビ型ロボットのモーション設計		
論文審査委員	教授 五福 明夫	教授 見浪 護	教授 横平 徳美
<b>学位論文内容の要旨</b>			
<p>この論文では、ヘビ型ロボットが配管の外周に沿って移動するモーションの設計を研究対象として、配管の外周にフランジや分岐点などの障害物があった場合に、ヘビ型ロボットが障害物をすり抜ける振る舞いを提案し、新たな移動モーションの設計ならびに実験の結果を示す。</p> <p>ヘビ型ロボットは細長い体幹を活かして、人間の手や目の届かない場所へアクセスすることができる。例えば、プラント配管の外部や内部と言った狭間で複雑な三次元環境を移動して点検や調査をするロボットとして産業への応用が期待されている。本研究では、ヘビ型ロボットを用いて配管の外部を移動することに注目し、配管のフランジや分岐点(T字分岐点など)といった障害物をすり抜けることができる二つの新たな移動モーションを提案する；</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>i. 生物の蛇が円柱形状の物体の上を移動する方法を参考にし、離散的に配管を把持して体を支持し、把持する地点を順次送る動作を実現する螺旋尺取り方式のモーション</li> <li>ii. 配管外周にある分岐点を乗り越えるために、ヘビ型ロボットが配管に螺旋状に巻き付いた状態で体幹の一部を配管から浮かせる縦波を作り、この縦波を後方の関節から前方の関節へシフト制御により伝達する螺旋縦波方式のモーション</li> </ol> <p>また、ヘビ型ロボットの多様な移動形態を生かすため、ピッチとヨーの関節を交互に連結して構築されている一般的なヘビ型ロボットを使用するが、一般的なヘビ型ロボットで配管外部の障害物を乗り越える研究は世界初である。</p> <p>さらに、本研究で新たな提案した二つの移動モーションの検証実験の結果について示す。螺旋尺取り方式運動については、段差のある障害物を乗り越える実験を行った。螺旋縦波方式運動については分岐点をすり抜ける実験を行った。提案手法を実機に実装するにあたっては、関節の可動範囲やアクチュエータの出力を考慮したパラメータ設定が必要となる。また、実機実験においては、単にロボットの形状の設計をするだけでなく、重力の影響などを考慮した実装が必要となる。これらの実験において必要となる設計についても述べる。実験により、提案した二つの移動モーションの有用性を確認できた。</p>			

## 論文審査結果の要旨

本論文では、細長い体幹を活かして狭隘な場所へアクセスできるヘビ型ロボットの移動動作を研究している。具体的には、プラント配管の外部や内部の狭隘で複雑な三次元環境を移動して点検や修理を行うロボットへの応用性を高めるために、ヘビ型ロボットが配管の外周に沿った移動モーションの実現を研究対象としている。

配管の外周にフランジや分岐点などの障害物があった場合に、ヘビ型ロボットが障害物を乗り越える2種類の移動モーションを提案している。1つ目は、生物のヘビの円柱形状の物体を移動する方法を参考にし、離散的に配管を把持して体を支持し、把持する地点を順次送る動作により移動を実現する螺旋尺取り方式の移動モーションである。また、2つ目は、ヘビ型ロボットが配管に螺旋状に巻き付いた状態で体幹の一部を配管から浮かせる縦波を生成して、これを後方の関節から前方の関節へバケツリレー式に伝達するシフト制御による螺旋縦波方式の移動モーションである。この移動動作では、ヘビ型ロボットの体幹形状を曲率と捩率を用いて連続曲線モデルとして表現された体幹形状を離散化して、ヘビ型ロボットの各関節の目標角度を与えている。この際、ロール軸まわりの座標系の回転を与えることで、ヘビ型ロボットに捻転運動をさせて体幹の法線方向に移動させている。また、シフト制御により、接線方向に沿ってヘビ型ロボットの形状を変化させている。

そして、ピッチとヨーの関節を交互に連結した形態を持ち、関節の可動範囲やアクチュエータの出力を考慮してパラメータ設定したヘビ型ロボットを試作し、これに提案の2種類の移動モーションを実装し、障害物を乗り越えて移動できることを実験により確認している。

以上の学術的研究成果は、ヘビ型ロボットの新しい移動動作を実現するとともに、ヘビ型ロボットのレスキュー分野だけでなく工業分野への応用性を高めることに技術的に貢献すると判断される。また、論文発表会での発表や質疑応答の内容も優れていたことから、学位授与に値するものと判定される。