

Title	Omnidirectional Mobile Mechanisms and Integrated Motor Mechanisms for Wheeled Locomotion Devices( Abstract_要旨 )
Author(s)	Terakawa, Tatsuro
Citation	Kyoto University (京都大学)
Issue Date	2019-03-25
URL	<a href="https://doi.org/10.14989/doctor.k21755">https://doi.org/10.14989/doctor.k21755</a>
Right	学位規則第9条第2項により要約公開; 許諾条件により本文は2021-05-01に公開; 許諾条件により要旨は2019-06-22に公開; In reference to IEEE copyrighted material which is used with permission in this thesis, the IEEE does not endorse any of Kyoto University's products or services. Internal or personal use of this material is permitted. If interested in reprinting/republishing IEEE copyrighted material for advertising or promotional purposes or for creating new collective works for resale or redistribution, please go to <a href="http://www.ieee.org/publications_standards/publications/rights/rights_link.html">http://www.ieee.org/publications_standards/publications/rights/rights_link.html</a> to learn how to obtain a License from RightsLink.
Type	Thesis or Dissertation
Textversion	ETD

京都大学	博士 (工学)	氏名	寺川 達郎
論文題目	Omnidirectional Mobile Mechanisms and Integrated Motor Mechanisms for Wheeled Locomotion Devices (車輪式移動装置用の全方向移動機構と統合型モータ機構の研究)		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文は、車輪式移動装置用の全方向移動機構の構造の単純化や動作干渉の回避、低振動化、省モータ化を実現するため、全方向移動の成立条件を導出して新たな移動機構を提案し、また、モータ全体を小型化するため、減速機構とモータを一体化する機構を提案し、それらの機構について論じた結果をまとめたものであって、8章からなっている。</p> <p>第1章は序論であり、車輪式移動装置について概説するとともに、従来の全方向移動機構やモータの課題について説明している。また、これらを踏まえ、本研究の目的および論文の構成について述べている。</p> <p>第2章では、あらゆる車輪機構に共通する一般的な運動学条件式を導出し、全方向移動機構の成立条件を明らかにしている。この条件から、移動方向変更可能な普通の車輪と受動直進ジョイントを組み合わせて全方向移動機能、単純な構造、少ない干渉を同時に実現することができる新しい車輪機構 Slidable wheel を提案している。また、Slidable wheel を用いた全方向移動ロボットを提案し、運動学解析に基づき可動範囲や軌道生成法について議論し、直進ジョイントのレール長が有限であっても無限に移動可能であることを示している。さらに、提案した全方向移動ロボットの実機を製作して実験を行い、提案した機構が全方向移動可能であることを実証している。</p> <p>第3章では、開発した全方向移動ロボットを安定化させるフィードバック制御器を構築するために、フィードバック線形化の手法を導入することで非線形性と非ホロノミック拘束を有する本ロボットのシステムを厳密に線形化できることを示している。また、そのときに現れる特異点をシステムを切り替えることで回避する方法を提案している。構築した制御システムについてシミュレーションと実験を行い、全方向移動ロボットが目標状態へ収束できることを示している。</p> <p>第4章では、車輪外周に能動的に回転可能なローラを有する全方向車輪機構であるアクティブオムニホイールについて、低振動化と部品点数の削減を目的として新しい機構を提案している。従来機構におけるローラ間の隙間に起因する振動の問題に対して、摩擦駆動式の樽型ローラを車輪の左右に交互に配置することでシームレスな外周を実現し、また、少ない数のローラで車輪外周を構成することで、部品点数の削減を実現している。提案したアクティブオムニホイールについて、幾何学的な設計条件を導出し、出力速度・加速度における設計パラメータの影響を明らかにするとともに、全方向移動装置の構成に関する条件を示している。また、実験によりその有効性を検証している。</p> <p>第5章では、多方向への移動機能とモータ数の低減を両立するために、動力伝達経路を切り替えることでアクティブオムニホイールを駆動する省モータ動力伝達機構を提案している。提案した省モータ動力伝達機構が適切に動作するための条件を運動学解析により定式化し、アクティブオムニホイールを含む2個の車輪機構を1個または</p>			

京都大学	博士 (工学)	氏名	寺川 達郎
<p>2 個のモータで駆動する 2 輪駆動移動装置について、当該条件を満たす具体的な機構の構成を複数示している。また、選択する動力伝達経路とそれにより実現される移動装置の運動との対応関係を明らかにしている。提案した機構の一つを実際に製作し、実験により本移動装置は前後左右移動と旋回が可能であることを示している。</p> <p>第 6 章では、モータ全体の小型化を目的として、波動歯車装置の原理を利用した減速機構内蔵モータを提案している。弾性体歯車を利用することを考慮して、歯車対の歯の位置関係のシミュレーションを行い、かみ合い時に歯の干渉が生じないためのアクチュエータの配置条件を明らかにしている。また、弾性体の変形理論に基づき、アクチュエータの押付力とモータの回転角の入出力関係を導出している。減速機構内蔵モータの実機を設計・製作し、実験によりその有効性を示している。また、複数の駆動方法を比較する実験を行い、最適なアクチュエータの入力パターンを明らかにしている。</p> <p>第 7 章では、設計自由度や生産性の向上を目的として、通常の剛体歯車のみで構成される内接式遊星歯車機構を用いた減速機構内蔵モータを提案している。使用する歯車機構について、複数歯車対の同時かみ合いを達成するために満たすべき条件を明らかにするとともに、その諸元が歯車の強度に与える影響を解析している。その結果を基に、かみ合いと強度の条件を満足する歯形の設計アルゴリズムを構築している。この設計手法に基づき減速機構内蔵モータの実機を設計・製作し、提案したモータが想定通りに動作することを実験的に確認している。</p> <p>第 8 章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。</p>			

## (論文審査の結果の要旨)

本論文は、車輪式移動装置用の全方向移動を実現する機構ならびに減速機構と一体化したモータを対象として、従来機構の問題点を克服する移動装置やモータの機構の提案、解析、および実験を行ったものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. あらゆる車輪機構に共通する一般的な運動学条件式を導出して全方向移動機構の成立条件を明らかにし、これに基づいて全方向移動機能・単純な構造・動作干渉の回避を同時に実現できる新しい車輪機構を提案している。また、提案した機構を用いた全方向移動ロボットを開発し、全方向移動が可能であることを示している。
2. 提案した全方向移動ロボットに関して非ホロノミック拘束と非線形性を有する本ロボットのシステムがフィードバック線形化により厳密に線形化できることを示し、システムを切り替えて特異点を回避するフィードバック制御器を提案している。また、シミュレーションと実験によりその有効性を確認している。
3. 全方向車輪機構であるアクティブオムニホイールについて、シームレスな外周とシンプルな構造により低振動化と部品点数の削減を実現することができる新しい機構を提案している。また、実験によりその有効性を検証している。
4. 多方向への移動機能とモータ数の低減を両立するために、動力伝達経路を切り替えることでアクティブオムニホイールを駆動する省モータ動力伝達機構を提案している。実験により本機構を用いた移動装置は前後左右移動と旋回が可能であることを示している。
5. モータ全体の小型化を目的として、波動歯車装置の原理を利用した減速機構内蔵モータを提案している。実験によりその有効性と駆動方法が回転誤差に与える影響を明らかにしている。
6. 設計自由度や生産性の向上を目的として、内接式遊星歯車機構を用いた減速機構内蔵モータを提案し、その諸元が性能に与える影響を分析し、それを考慮した設計法を構築している。実験によりこの機構が動作可能であることを示している。

以上のように本論文は、新しい全方向車輪機構、省モータ動力伝達機構、減速機構内蔵モータを提案し、車輪式移動装置における構造の単純化、動作干渉の回避、低振動化、省モータ化、モータの小型化について体系的にまとめており、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成31年1月18日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。

なお、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。