

論文審査の要旨及び審査委員

(2, 000字程度)

報告番号	甲 第 37 号		氏 名	李 沛讓		
論文審査 審査委員	氏 名		職 名	氏 名		職 名
	主 査	松本 浩樹	教 授	委 員	和田 正義	教 授
	委 員	野村 保友	教 授		朱 赤	教 授
	王 鋒 田中 恒夫	教 授 教 授				

現在、先進国をはじめとして世界中の多くの国で少子高齢化が進行している。日本は世界で最も高齢化率が高く、物流現場や介護福祉施設などでは人手不足と作業者の高齢化が懸念されている。これらの作業現場では大きな肉体負担がかかるため、腰痛をはじめとする業務上疾病が多く発生しているほか、高齢者が高齢者を介護する老々介護の増加や、介護負担による共倒れも問題となっている。これからも高齢化は続いていくと見込まれており、将来を見据えた省人・省力化技術の研究開発が求められている。

申請論文では少子高齢化による労働力不足を背景に移動ロボットにおける省人・省力化技術に関する研究を行ってきた。省力化技術として作業者への移動パワーアシストと昇降アシストを提案し、省人化技術としては特定環境での自動走行手法を提案している。パワーアシスト技術に関しては電動車いすの水平面上やスロープ上でのパワーアシスト技術を提案し、さらに水平面とスロープに遷移する区間での介護者に対するアシスト手法に拡張した。遷移区間では介護者の把持するハンドル部分の速度が変動して介護者に抵抗/牽引感を与えることを明らかにし、遷移区間での変動速度を補正する手法を提案した。シミュレーションと検証実験により提案した速度補正手法により介護者の力変動が抑制されることが示された。次に急勾配スロープでかかる大きな重力負担に対して、電動車いすが制御範囲内に収まるように重力アシスト項を入れた拡張アドミッタンス制御と最大のアシスト率に自動調節できる手法を提案した。17度の急勾配スロープでのアシスト効果も検証された。また、従来のパワーアシスト手法で用いられてきた力覚センサの代わりにモータのオブザーバによる介護者の力推定手法を提案し、センサレスパワーアシスト手法を構築して実機検証された。力の推定値は力覚センサから得られた力覚と比較され、高い相関を持つことが示された。次に移動の前後には物流分野でロボットに荷物を積載することや、介護福祉では車いすに介護者を移乗させる必要がある。これらの作業に対してロボットの積載部分を人が作業しやすい高さに自動昇降するリフト機構と制御手法を提案した。人とロボットの作業を分けて、ロボットは半自動制御を行うことで省力化に貢献している。本研究で提案した昇降機構はリフトの高さによらず定駆動が可能で新規的であり、また昇降モータのオブザーバを使って積載物の重量を推定して、荷物の高さが自動的に調整されるシステムを提案している。検証実験によりリフトの低駆動力駆動と重量推定手法の有効性がそれぞれ検証されている。

省人化技術に関しては屋外と屋内の特定環境に分けて自律走行システムを本研究で提案している。屋外ではGNSSのみを用いた自己位置推定の自律走行システムを構築し、リアルタイムで高精度な自己位置推定手法を提案している。また、芝刈りトラクタに後付け可能な運転装置を製作して、芝刈りトラクタで提案手法の検証を行っている。屋内の自律走行は2D-LiDARを用いて繰り返し計算を必要とせず、従来に比べ少ない計算コストで高精度に高速に自己位置推定するシステムを提案している。提案手法を用いることにより狭い屋内環境でも高速かつ高精度に走行することが実現された。

博士学位の予備審査では論文審査員から論文構成や内容に関する多様な意見が出された。その中でも重要なものとして論文題目が広すぎることや、研究内容のまとめ方も改善が必要であるとの指摘があった。そこで、意見を反映して「移動ロボットにおける省人・省力化技術に関する研究」のタイトルに変更された。論文内ではこのタイトルに沿って内容修正が行われていることが確認できる。他の指摘点も本論文内では修正されていたので、論文全体に渡って適切な改善が行われたと判断する。

以上の博士学位論文の審査結果を踏まえて、併せて申請者の公表している論文を含む参考論文、および最終審査での審査員との質疑応答の結果から総合的に評価して博士学位論文として合格と判断した。