

## 審査の結果の要旨

氏名 木村 航平

本論文は、「ヒューマノイドにおける搭乗型機器の運転操作と適応行動」と題し、人が乗って移動する機器をヒューマノイドロボットが利用する際に必要となる運転操作と適応行動に関する研究をまとめたもので、8章からなる。ヒューマノイドロボットは、人のために作られた道具を利用することで多様な行動が可能となり、その道具を使いこなすための方法が課題となっている。本研究では、人が搭乗して操作する搭乗型機器を使いこなすための運転操作と適応行動の実現法を明らかにする研究をまとめたもので、受動的なものだけでなく能動的に電動駆動される搭乗型機器も取り上げ、ペダルとハンドル操作、搭乗状態での姿勢の安定化、外界認識に基づく運転操作制御、乗り込み時の適応行動などの課題と実現方法を論じ、等身大ヒューマノイドでの実験を通して提案手法の評価を示している。

第1章「序論」では、本研究の背景と目的、本論文の構成について述べ、搭乗機器上でバランスをとる運転操作や移動運転操作時の目標軌道の軌道修正と乗り込み時と運転操作速度制御でのゲイン学習をオンラインで行う方式を提案し、それらを一般化して示すことを目的とすることを述べている。

第2章「オンライン探索指標に基づく搭乗型機器の運転操作と適応行動」では、搭乗型機器の運転操作と適応行動において、目標軌道の修正と制御系のゲイン学習の必要性を述べ、軌道修正とゲイン学習の指標となるベクトルを探索指標とし、センシングで得られる状態変数を利用するオンライン探索指標を導入している。そのオンライン探索指標の一般性を考慮に入れた軌道修正とゲイン学習の一般化更新則を提案している。

第3章「搭乗型機器の操作に対する軌道修正」では、ペダルやハンドル操作を必要とする搭乗機器の操作ではヒューマノイドにおける二脚でのペダル操作や双腕でのハンドル操作など内力を伴うマニピュレーション制御法が重要であり、内力を解消することを目的とする目標軌道の修正法について述べている。ヒューマノイド身体と搭乗型機器の間の閉ループ構造に着目してオフラインで与える目標軌道とオンラインでその目標に合わせる軌道修正法をオンライン探索指標を用いて提案し、機器との間に発生する操作行動中の内力の負荷を解消している。提案した軌道修正法に基づき、ヒューマノイドによる双腕双脚を協調させた三輪車の運転操作行動を実現している。

第4章「運転操作における搭乗姿勢と外界環境に対する軌道修正」では、搭乗中の姿勢安定化と外界環境の認識に基づく運転操作について論じている。搭乗姿勢の安定化については、転倒を引き起こす不安定要因に関して、割り込み処理に基づく座り直し制御とペダルとハンドルの操作中に並行処理する姿勢制御の2つの安定化処理法を提案し、搭乗姿勢の重心位置と体幹の目標姿勢角に対する軌道修正法に基づいた搭乗時の安定化行動を実現している。外界環境の認識においては、視覚で検出可能な大型障害物と力感覚で検出可能な小型障害物の両方に対応可能な目標操作量の軌道修正を

行う認識行動システムを提案し、外界障害物へ対応可能な運転操作行動を実現している。

第5章「搭乗する環境に適応したゲイン学習」では、二足立脚状態から搭乗型機器へ乗り込む際の適応行動に関するゲイン学習法について述べている。搭乗者のバランスを保つ電動機構を備えた搭乗型機器へ乗り込む際には、即時的な移乗動作を必要とするため迅速な確率的最急降下法によるオンラインゲイン学習制御法を提案し、平行二輪電動スクーターへの乗り込み動作において実現をしている。

第6章「搭乗した環境の運動に適応したゲイン学習」では、搭乗型機器への移乗後に、目的の速度を実現するためのゲイン学習法について述べている。搭乗型機器上のヒューマノイドが把握する並進速度と旋回角速度に対する调速行動制御系のために、その閉ループ制御系のPIDゲインを速度の偏差を時間積分するミニバッチ学習法によるオンラインゲイン学習制御法を提案し、平行二輪電動スクーター上でヒューマノイドが移動速度を発散させることなく定位する调速行動を実現している。

第7章「オンライン探索指標の並行処理と切替処理による行動実現」では、オンライン探索指標による軌道修正法とゲイン学習法を並行処理あるいは切替処理により複合させることで各種運転操作と適応行動を実現する方法とシステム構成について述べて実験を示している。

第8章「結論」では、本研究の総括ならびに得られた成果と結論を述べ、今後の展望について論じている。

以上、これを要するに本論文は、目標軌道の修正と制御系のゲインを学習させる手法を統一的に表現する方法を論じ、受動的に駆動される搭乗型機器に加えて能動的に駆動可能な搭乗型電動機器に対しても、搭乗姿勢安定化、外界環境認識、搭乗機器への乗込み適応、搭乗後の调速行動を行う運転操作と適応行動の実現方法を等身大ヒューマノイドによる実験と共に示してきており、知能機械情報学へ貢献するところ少なくない。

よって、本論文は博士（情報理工学）の学位請求論文として合格と認められる。