

平成 28年 8月 29日

豊橋技術科学大学長 殿

情報・知能工学専攻  
学位審査委員会  
委員長

増山 繁



## 論文審査及び最終試験の結果報告

このことについて、学位審査会を実施し、下記の結果を得ましたので報告いたします。

学位申請者	Bima Sena Bayu Dewantara		学籍番号	第 129303 号
申請学位	博士 (工学)	専攻名	大学院工学研究科博士後期課程 情報・知能工学専攻	
博士学位 論文名	A Socially Aware Guide Robot with Illumination Invariant Face Recognition and Self-Learning of Guiding Behavior (照明不変の顔認識と案内行動の自己学習に基づく社会的認知機能をもつ案内ロボット)			
論文審査の 期間	平成 28年 7月 21日 ~ 平成 28年 8月 26日			
公開審査会 の日	平成 28年 8月 26日	最終試験の 実施日	平成 28年 8月 26日	
論文審査の 結果*	合格		最終試験の 結果*	合格
審査委員会(学位規程第6条)				
学位申請者にかかる博士学位論文について、論文審査、公開審査会及び最終試験を行い、別紙論文内容の要旨及び審査結果の要旨のとおり確認したので、学位審査委員会に報告します。				
委員長	岡田 美智男			
委員	三浦 純		栗山 繁	
		印		印
		印		印

\*論文審査の結果及び最終試験の結果は「合格」又は「不合格」の評語で記入すること。

## 論文内容の要旨

本論文は、案内ロボットのための認識および行動計画に関する研究をまとめたものである。ロボットが人を案内しながら移動する場合には、案内される人との位置関係および周囲の人を含む環境との位置関係を適切に制御しながら行動する必要がある、また案内される人の状態を確実に認識することも必要である。本論文ではそれらの課題に対する解決策を提示している。

第1章では、研究の背景、本論文の貢献、および本論文の構成について述べている。第2章では、関連研究をまとめている。第3章では、案内行動において人や環境との関係からロボットの行動を計算するモデルとして、Social Force Guidance Model (SFGM) を提案し、さらにそのパラメータを強化学習によって求める手法を提案している。第4章では、多様な照明環境下でロボットの顔認識を行うための画像正規化手法を提案している。第5章では、案内される人のロボットへの注意の程度を推定するための顔向き計測手法を提案している。第6章では、ロボットシミュレーション環境を用いたパラメータ学習および、実ロボットでの実験とその評価について述べている。第7章は本論文の成果をまとめ、今後の展望について述べている。

## 審査結果の要旨

人の存在する環境で行動するロボットにおいては、人との関係を考慮しながらその行動を計画することが求められる。そのような行動計画を実現するための手法の確立は、今後ロボットが広く社会で利用されるために重要な課題である。本論文では、人を案内して移動するロボットを対象とし、人を含む周囲環境との関係を考慮しながら行動を計画するための新たな手法を提案するとともに、実ロボットへの実装にあたって重要となる人の識別と状態認識についての効果的な画像処理手法を提案している点を高く評価する。

第3章では、まずロボットと周囲の人を含む環境との関係からロボットの適切な行動を計算するためのモデル (Social Force Guidance Model, SFGM) を構築している。これは、これまで人の行動解析や人の動きを考慮したロボットの行動生成に用いられてきた Social Force Model を拡張し、案内という目的に基づいた人との関係の維持を実現するものである。さらに、SFGM のパラメータを決定するために、強化学習の一つである Q 学習を用いた新たな手法を提案している。Q 学習に基づくロボットの行動規範生成において、従来は現在の状況からロボットの移動方向など行動そのものを決定する規範を学習するものであったが、本論文ではモデルパラメータによって生成される行動の評価に基づき、状況からモデルパラメータを決定する規範を学習するという新たなアプローチを提案している。第4章では、顔画像による人物識別において、さまざまな照明条件下で安定した識別を実現するための照明正規化手法を提案し、従来手法に比べ高速で高い認識性能を実現している。第5章では、人のロボットに対する注意の程度を推定するための特徴量の一つとして顔の向きを取り上げ、顔の向きをロボットの推定するための新たな画像特徴量を提案し、従来手法に比べて向き推定精度が向上することを示している。第6章では、ロボットシミュレーション環境を用いて、モデルパラメータの学習とロボット制御実験を行い、適切な案内行動が生成できることを示している。さらに、人物の認識と案内を行う機能を実ロボットに実装して評価を行い、案内される人との関係を維持しつつ安全な移動が可能であることを実験的に示している。これらの研究成果は、学術的に高い評価を受けるとともに、ロボティクス関連分野への幅広い応用が期待される。

以上より、本論文は博士 (工学) の学位論文に相当するものと判定した。