

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第	号
------	-------	---

氏 名 猪飼 拓哉

論 文 題 目 視覚と触覚による人-ロボットのインタ  
ラクション

### 論文審査担当者

主 査 名古屋大学教授 大岡 昌博

名古屋大学教授 渡邊 崇

名古屋大学教授 北 栄輔

## 論文審査の結果の要旨

猪飼拓哉氏提出の論文では、「人とロボットの共生」が求められるサービスロボットや介護ロボットなどに役立てることを目的として、視覚と触覚を通じて人の意図をくみ取るための要素技術のいくつかを開発している。さらに、これらの要素技術の妥当性を検証するため、開発した要素技術の内の視覚と触覚に関するものを一つずつ既存のロボットシステムに組み入れ、人が指さすものをロボットが取り上げ人の手に渡すまでの一連の作業を実現している。同論文は、視覚と触覚を通じて人の意図を汲み取るための要素技術開発に関する一連の研究をまとめたものであり、以下の6章から構成されている。

第1章では、研究の背景とあらまし述べた後に、目的として視覚と触覚を通じてロボットが人の意図を汲み取るための要素技術開発を行うことを述べている。その中で、特に人の「焦点を定めていない相互行為」をロボットへの指示とすることで、人に疲労やストレスを感じさせずに、ロボットに非構造的環境へ対処させるアプローチも採用することを述べている。

第2章では、ヒューマンロボットインタラクションに関する研究事例をいくつか示し、人と同じ環境でタスクを行うサービスロボットの設計において、人・環境・ロボットの3項インタラクションを考えることが重要であることを述べている。特に、非構造的環境に対処するためには、発話のような強い指示だけではなく、視線移動や力加減のような弱い指示の活用が有効であることを述べている。このため、ロボットの視覚と触覚を活用し、人の指示を受け取る「視覚と触覚による、人・ロボットのインタラクション」を目指すことを述べる。そのために、要素技術の研究開発から進め、それをいくつか実システムへ搭載して開発した要素技術の妥当性を検証しつつ、非構造的環境に対応するロボットの実現を目指すといった本研究の道筋を示している。

第3章では、視覚による人・ロボットのインタラクションのために開発した、視線認識と思考集中状態認識の要素技術について報告している。視線認識では、テンプレートマッチングと円検出を用いてそれぞれ目尻目頭と虹彩位置を探索し、それらの位置関係から視線方向を算出する。評価実験の結果、閉眼・開眼、左右、上下について、視線方向が判別できていることを確認したことを述べている。また、思考集中状態の認識では、「口をつぐむ」から「口を開ける」までの動作中の唇形状を5つに分類し、思考集中状態に上述の唇形状が表出した場合、輝度値のヒストグラムで識別できるシステムを構築している。評価実験では、「口をつぐむ」、「口を小さく開ける」の唇形状では、80%を超える高い識別率を記録したことを述べている。

第4章では、視覚と触覚による人・ロボットのインタラクションのため開発した、指差し方向認識器について報告している。本手法では「人の指差し精度は、被写面内指差し方向の方が、奥行き指差し方向より良い」という考えに基づいて、2つの指さし方向へ分解し、人の指差しと同程度の精度を確保する手法を構築する。実験の結果、

## 論文審査の結果の要旨

被写面内指差し方向  $\theta$  の精度は、 $135^\circ \sim 180^\circ$  で距離 50cm 以内ならば、標準偏差  $\pm 3^\circ$  であり、その範囲内ならば、認識器は十分に実用可能な水準であるという知見を得ている。しかしながら、奥行き指差し方向  $\phi$  の精度が全体的に悪く、推定誤差が、人の誤差である  $\pm 5^\circ$  を上回っていたために、今後より高解像度の画像で推定する必要があることを述べている。

第 5 章では、指差し方向認識器と触覚認識を実ロボットに搭載して本指差し方向認識と触覚認識の組み合わせの有効性を示している。実験では、「遠距離では視覚、近距離では触覚を用いる」というシナリオに基づいて、ロボットと人の間で物体の受け渡しタスクを行っている。この受け渡しタスクにおいて、ロボットは、指差しで人に要求された物体を把持した後に、人から差し出された掌の上にその物体を受け渡すことができたことを述べている。この時、ロボットには前もって人の手の位置や物体を離すタイミングなどを教えていない。一方、人は単に物体を指差ししてそれをロボットから受け取るために掌を差し出すだけである。この実験では、ロボットは、視覚と触覚により、「腕を伸ばし、物体を受け取る」という動作に付随する「物体を掌の上に置く」という指示を認識できることから、「視覚と触覚を用いた、人・ロボットのインタラクション」の実環境での適用可能性を示す一例といえる。

第 6 章では、本研究で得られた知見を総括し、今後の展望や取り組みについて述べている。

以上のように、猪飼拓哉氏の学位申請論文では、将来のサービスロボットや介護ロボットなどに役立てることを目的として、視覚と触覚を通じて人の意図をくみ取るための要素技術のいくつかを開発している。また、開発した要素技術の内の視覚と触覚に関するものを一つずつ既存のロボットシステムに組み入れ、人が指さすものをロボットが取り上げ人の手に渡すまでの一連の作業を実現している。このように、本研究は、知能ロボットの進展に資することによって、情報科学の進展に寄与するものである。よって、審査委員会は、本論文提出者の猪飼拓哉氏が、博士（情報科学）の学位を受けるに十分な資格があるものと判定した。