

氏名・（本籍） 清水 優（愛知県）

学位の種類 博士（情報科学）

報告番号 乙 第60号

学位授与年月日 2018（平成30）年6月30日

学位授与の要件 学位規則（昭和28年4月1日文部省令第9号）

第4条第2項該当

論文題目 STUDY ON ENVIRONMENT REPRODUCTION METHOD IN RESCUE ROBOT
EVALUATION SIMULATION PLATFORM

審査委員（主査） 森 島 昭 男

高 橋 友 一

沼 田 宗 敏

青 木 公 也

審査概要および審査結果（論文）

〈審査請求論文の経過と論文の概要〉

申請者 清水優 氏は、1991年3月、名古屋工業大学機械科を卒業後、同4月、中京大学情報科学部情報科学科助手、2000年4月、同大学講師、2007年4月、同大学准教授、現在に至っている。この間、当該大学において、申請学位論文「STUDY ON ENVIRONMENT REPRODUCTION METHOD IN RESCUE ROBOT EVALUATION SIMULATION PLATFORM」に至る一連の研究を推進してきた。

申請論文は、レスキューロボットの性能評価のために、一般的な物理演算を行うロボットシミュレータに新たな環境要因シミュレートコンポーネントを付加し、その有効性についての議論をまとめたものである。具体的には、先ず第1章において、ロボットシミュレータを用いてロボットの性能評価を行うことの意義等、研究背景を述べ、研究課題と研究目的を明確にしている。第2章では、ロボットオペレータ訓練シミュレーションプラットフォームとして、動的に変化する環境再現手法を導入した2名1組での連携訓練プラットフォームを提案し、それを用いた訓練結果から同プラットフォームの有用性を評価している。第3章では、レスキューロボットに必要とされる自動地図作成の能力を評価するために、災害現場の床をモデル化する表現手法の提案を行い、その有効性を示している。第4章、第5章では、新たな環境要因シミュレートコンポーネントとして、それぞれ電波環境、音環境のコンポーネントを提案している。最後に

第6章において、本研究のまとめと今後の展望と課題を論じている。

〈審査申請論文の内容と評価〉

申請者 清水 優 氏 が提出した論文「STUDY ON ENVIRONMENT REPRODUCTION METHOD IN RESCUE ROBOT EVALUATION SIMULATION PLATFORM」は、以下の全6章から構成されている。

第1章「Introduction」では、本研究の背景として、広域な自然災害や事故、災害現場で活用できるロボットの開発が急務であり、同時に行われるロボットの性能評価方法の標準化が必要であることを指摘している。そして、ロボットシミュレータを用いてロボットの性能評価を行うことの意義等、研究背景を述べ、研究課題と研究目的を明確にしている。具体的にはアメリカの ASTM と NIST で標準化された性能評価方法に準じたロボットシミュレータの開発を目指しており、開発サイクル短縮とロボット高出力化への対応として大いに有効であることが期待され、博士学位論文のテーマとして相応しい課題設定であると評価した。

第2章「Training Platform for Rescue Robot Operation and Pair Operations of Multi-Robots」では、福島原発事故でのロボットを活用した処理作業に関する報告を対象とし、1) マルチロボット運用と2) ロボットオペレータによるロボット運用における2つの教訓を提示している。操縦経験のないロボットオペレータが、動的に変化する環境で複数台のロボットを操縦することを課題とし、1) オペレータ間のコミュニケーションと2) オペレータのペアリングという、複数台のロボット連携作業に焦点を当て、ロボットシミュレータ USARSim をベースにしたレスキューロボット操作訓練プラットフォームを提案している。そして、提案した訓練プラットフォームでオペレータの連携訓練を行い、その結果から訓練に必要な要素を組み込んだオペレータ訓練シミュレーションプラットフォームの有用性を評価し、レスキューロボットの操作向上に有用であることを検証している。

このことから、本章における提案手法に対して、その技術的主張の独創性と、実装・実験結果に裏付けられる有用性を認めた。

第3章「Evaluation field constructed for modeled uneven terrain for automatic map-generating methods of rescue robots」では、レスキューロボットには、移動能力だけでなく、自動地図作成の能力も必要とされること指摘し、その能力を評価するために、地図作成対象として瓦礫が散在した災害現場の床をモデル化する表現手法の提案を行っている。そして、自動地図作成システム (SLAM) による実験では、平坦な床と比較して荒い地形の結果が歪み、その結果を読み取ることが困難であることを示し、提案した手法の有効性を示している。

第4章「Databased fluctuating Wi-Fi Signal Simulation Environment for Evaluating the Control of Robots」。人間が作業できない危険な場所でロボットを遠隔操作する際の無線通信 (Wi-Fi) では、距離による受信電波強度減衰、自然に存在する受信電波強度の揺らぎなどの影響を受け接続が不安定化する。この章では、実際の環境における Wi-Fi 受信電波強度の変動を示し、被災地の救助ロボットを開発する際には、Wi-Fi 受信電波強度の変動を考慮することが重要なポイントの1つであることを示している。また、Wi-Fi 受信電波強度の変動をデータベース化したパラメータを元にシミュレートし、Wi-Fi 接続が不安定な状況を再現してロボットの性能を評価するシミュレーション環境を提案している。

本章の提案手法、回折現象をデータベース化し実時間で計算可能なシミュレーション手法は、実環境でのロボット遠隔操作性能の向上における有効性が認められる。

第5章「Proposal of simulation platform for robot operations with sound」では、ロボットの動きに対する現実の音環境としての反応と環境に存在する騒音を伴うシミュレーションプラットフォームを提案している。音情報を扱うロボット評価タスクをシミュレートする必要性を提案・議論し、音を使用した新しい評価タスクを提示している。音環境を再現することで、評価することに対してよりロバストなロボット評価シミュレーションプラットフォームを構築可能であることを示している。

第6章「Conclusion」では本論文での主張を再度まとめ、得られた結果を要約し、結論を述べている。さらに今後の展望について示すことにより、本論文が今後レスキューロボットの性能評価のためロボットシミュレータ研究における道標となることを示している。

〈審査申請論文のオリジナリティの調査〉

本論文のオリジナリティについて、当該審査委員会の調査結果について報告する。特に論文剽窃チェックツール「iThenticate (アイセンティケイト)」の結果は以下の通りである。

- ・類似性指標は全体で44%であった。
- ・比較的高い割合で類似性が見られた箇所・内容については、執筆者本人の公開論文との一致、もしくは参考文献表における記述部分との一致であった。
- ・本文における執筆者本人の主張を記述した部分には、剽窃や盗用が疑われるような重大な類似性は見られなかった。

以上の結果を当該審査委員会において確認し、本論文のオリジナリティについて問題ないと判断した。

〈研究推進の評価〉

これらの研究によって生み出された成果について報告する。本論文の内容は、幾つかの学術論文としてまとめられ、国際会議及び国内学会・研究会・シンポジウムにおいて発表の機会を得ており、研究内容が関連学協会において十分な認知を得ている。

具体的には、本論文に直接的に関係する査読付き学術論文として計3件、国際会議発表としては、International Symposium on Safety Security and Rescue Robotics, RoboCup 2016: Robot Soccer World Cup 等、計8件の発表がなされており、これらは全て申請者本人が筆頭著者となっている。これらは申請者が十分な研究実績を持つことの傍証になり得ると考えられる。

〈審査結果〉

以上の審査結果を総合的に判断して、本審査委員会は、申請者 清水 優 氏 の提出した論文は論文博士（情報科学）の学位論文として十分に適格であると認め、全員一致にて「合」と判定したので、ここに報告する。

審査概要および審査結果（最終試験）

1. 口頭試問の実施

当審査委員会は最終試験にかえて、2018年5月17日の予備審査会、ならびに2018年5月23日の公聴会において、申請者に論文内容に関する口頭発表を求めるとともに、専攻分野における学識と研究能力を審査するための口頭試問を行った。

2. 既刊論文の調査

当審査委員会は、2017年7月12日の申請論文受理時点で、申請者を筆頭著者とし、かつ、第三者の査読を経て採録されている関連論文を調査し、以下に示す6編がそれに該当することを確認した。

学術論文

1. Masaru Shimizu, Tomoichi Takashi

“Databased fluctuating Wi-Fi Signal Simulation Environment for Evaluating the Control of Robots”

Journal of Japan Society for Fuzzy Theory and Intelligent Informatics, Vol. 29, No.2, pp.567-573, 2017

2. 清水 優, 高橋 友一

“モデル化した不整地による評価フィールドを用いたレスキューロボットの動作・地図作成能力評価手法の提案”

知能と情報, Vol.26, No.3, pp.688- 697, 2014

3. Masaru Shimizu, Tomoichi Takashi

“Training Platform for Rescue Robot Operation and Pair Operations of Multi- Robots”

Advanced Robotics, Vol.27, No.5, pp.385- 391, 2013

国際会議

4. Masaru Shimizu, Tomoichi Takashi

“Proposal of simulation platform for robot operations with sound”

IEEE International Symposium on Safety Security and Rescue Robotics (SSRR) 2017, pp.75-80

5. Masaru Shimizu, Tomoichi Takashi

“Realistic Simulation Method of Hammering Test as an Inspection Task in Simulation Platform”

IEEE International Symposium on Safety Security and Rescue Robotics (SSRR) 2016, pp.81-85

6. Masaru SHIMIZU, Masayuki OKUGAWA, Katsuji OOGANE, Yoshikazu OHTSUBO, Tetsuya KIMURA, Tomoichi TAKAHASHI, and Satoshi TADOKORO

“Standard Rescue Tasks Based on the Japan Virtual Robotics Challenge”

RoboCup 2016: Robot Soccer World Cup XX, LNCS 9776, Springer, pp.440- 451

3. 最終試験結果

当審査委員会は、上記1. 及び2. の結果から、申請者 清水 優 氏は、専攻分野における十分な学識と研究能力を有すると判断し、全員一致で最終試験を「合」と判定したので、ここに報告する。

審査経過

審査経過

2017年 7 月12日	論文受理
2017年 7 月12日	論文博士審査委員会設置（研究科委員会）
2018年 5 月17日	予備審査会（口述発表及び口頭試問）
同日	予備審査委員会開催
2018年 5 月17日～31日	論文公示
2018年 5 月23日	公聴会開催（口述発表及び口頭試問）
同日	審査委員会開催
2018年 6 月13日	研究科委員会に審査結果の報告 投票による合否の判定