

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 12 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24700199

研究課題名(和文)多数のユーザ参加型シミュレーションを用いて発達するロボットのインタラクション知能

研究課題名(英文)Continuous Development of Robot Interactive Intelligence via Large Scale Human-in-the-Loop Social Simulation

研究代表者

TAN JEFFREY (Tan, Jeffrey Too Chuan)

東京大学・生産技術研究所・特任研究員

研究者番号：70599224

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円、(間接経費) 990,000円

研究成果の概要(和文)：人間とロボットのインタラクションの研究は、工学、医学、心理学などにまたがる学際的な研究であるため、各分野の研究方法が異なり、共同研究の設定が困難である。また、膨大な経験データベースが必要な場合が多いが、大規模のインタラクション実験やハードウェア開発にかかるコストが高い。

ロボットインタラクション知能のモデリングを開発することにより、これらの課題を解決し、多数のユーザが仮想世界においてロボットとインタラクションを行う実験に参加できるクラウド型シミュレーションシステムを開発した。人間とロボットのインタラクションの活発化により、ロボットのインタラクション知能を発達させることが可能であることを検証した。

研究成果の概要(英文)：The diversified research domains of human-robot interaction (HRI) have an issue of lacking common research practices and platform for collaboration. Furthermore, it is difficult and costly to conduct experiments with a large group of human subjects.

This work has proposed a development approach to model HRI by task analysis approach, where the interaction is decomposed into structured unit of tasks to represent the robot interactive intelligent model for operation and evaluation. The evaluation results can then feedback to improve the model. With this, the robot can achieve continuous improvement by having interaction with human subjects. Furthermore, a cloud-based human-in-the-loop social simulation system was developed to enable HRI simulation over a large group of human subjects. Based on the final prototype system, various HRI scenarios were developed to validate large scale HRI simulation and the continuous development of the robot interactive intelligence in this work.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：知能ロボティクス 人工知能 シミュレーション工学 バーチャルリアリティ マルチモーダルインターフェース 機械学習 エージェント 情報システム

1. 研究開始当初の背景

近年、ロボットの研究分野で人間とロボットのインタラクション (Human - Robot Interaction, 以下 HRI と記す) 分野に関する研究が活発に行われている。HRI の研究ではロボットを開発するだけでなく、人間の行動の観察と予測に基づく意図理解機能の開発や、現実世界・日常生活環境において人間とインタラクションする時に危害を加えないかという議論など、総合的な人間情報学とも融合させる包括的な研究として注目されている。しかしながら、以下の2点の問題が指摘される。

(1) 当研究は、工学、医学、心理学、認知行動学などの広い学問領域に関わる学際的な研究であるため、各分野の研究方法が異なり、共同研究の設定が困難である。

(2) また、インタラクション実験による膨大な経験データベースが必要な場合が多いが、大規模長時間のインタラクション実験にかかる時間やハードウェア開発にかかるコストが高い。

2. 研究の目的

本研究の目的は、HRI 分野の研究を促進するために、上記に記した2点の問題の解決方法を探ることである。

多数のユーザが仮想世界でロボットとインタラクションする実験に参加することを可能とするクラウド型シミュレーションシステムを提案した。HRI の活発化により、ロボットの対話型知能を発達させるシステムの開発を促進させる。

3. 研究の方法

(1) ロボットのインタラクション知能のモデリング HRI 研究において学際的に共有できる開発モデルを提供できるようにするために、階層タスク分析 (Hierarchical Task Analysis, HTA) という手法を、ロボットのインタラクション知能をモデリングする方法として適用した。階層タスク分析の手法を適用し、HRI を小さなタスクに分解し、実際の行動を階層的にモデリングした。この方法を使用すると特定のロボットだけでなく、様々なロボットシステムに適用が可能である。

(2) クラウドで多数人間参加型シミュレーション 大規模な被験者とロボットのインタラクション実験を可能にするために、クラウド型シミュレーションの方法を提案する。(図1)。このシミュレーションは、クラウド上のサーバーの中で行われ、現実世界においてそれぞれの人間は、どこにいても自分の端末から実験に参加することが可能である。参加する人間は、自分の端末から、シミュレーション上の自分のアバターを操作し、ロボットとインタラクションする (Human-in-the-loop simulation)。

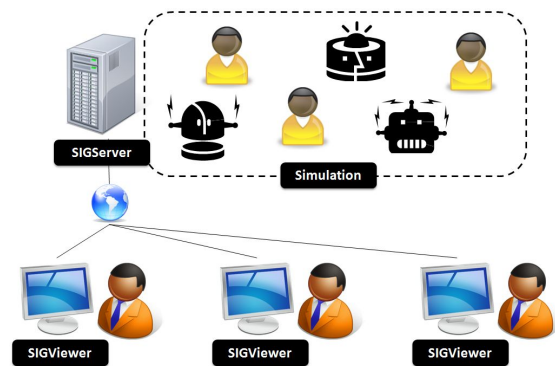


図1 クラウドで多数人間参加型シミュレーション

4. 研究成果

(1) ロボットのインタラクション知能モデリング HRI 知能のモデリングを確立するため、階層的タスク分析を適用し、インタラクションタスクと身体性インタラクションの統合モデルを構築した [1]。このモデリングにおいて、高層的なインタラクション知識 (タスク) と低層的な身体性状態と行動を統合して、ロボットのインタラクション知能の基盤を構築した [7]。具体的な HRI のシナリオとして、世界的なロボット競技会であるロボカップ@ホームにおいて使用されている人間支援ロボットの標準的なタスクや行動環境に基づく、ロボットのインタラクション知能のモデルの構築を進めた。

(2) クラウド型シミュレーションシステムの開発 社会的知能発生学シミュレータ SIGVerse システムを用いて、クラウド型シミュレーションシステムを構築した。このシステム上で、人間との対話管理システム、音声合成と認識、身体性運動 (モーションキャプチャ) とヘッドマウントディスプレイ (HMD) システムを介したインタラクションのインタフェースシステムを開発した。このインタフェースシステムを用いることで現実の被験者の行動を仮想世界に投影し、仮想世界でバーチャルロボットとインタラクションすることが可能となる。さらにこのシステムで、多数のユーザが不特定多数のクライアント端末から、同じシミュレーションサーバに接続するネットワークインタフェースを構築し、大規模な被験者実験の環境を準備した。

(3) クラウド上で大規模な被験者が参加するシミュレーションの実施 大規模な被験者を用いる実験のため、多数のユーザが参加できるシミュレーションシステムに、クラウド型システムを向上した。複数のクライアント端末がネットワークを介してクラウド上の主サーバと接続することができた。ユーザは様々なインターフェース装置を用いて、各クライアント端末よりシミュレーションに参加する。検証のために人間とロボット間のインタラクションシナリオのシミュレーション

ョンを構築した。ひとつのロボットが複数のユーザと個別にインタラクションを行うことができ、さらには、多数のユーザが複数の端末からロボットとのインタラクションの検証実験を成功した。

(4) ロボットのインタラクション知能の発達 HRI シミュレーション実験における、ロボットのパフォーマンスよりロボットのインタラクション知能を評価して、評価結果をロボットにフィードバックして、ロボット知能モデルを連続的に改善した。仮想世界における多数の人間とのインタラクションを通じてロボット知能を連続的に発達させる方法を確立した。

(5) プロトタイプシステムの検証 すべてのシステムを統合し、最終プロトタイプシステムを完成した。開発したシステムの有用性を明確化するため、ロボカップ@ホームの世界標準的なタスクに基づく、HRI シナリオ(人間との対話、環境の認識、部屋の掃除、協調作業など)をプロトタイプシステムの上で実現してプロジェクトを総括した(図2)。



図2 プロトタイプシステム (上: SIGViewer シミュレーションの様子; 左下:HMD 上に投影されたアバターの視覚; 右下: 現実世界における被験者の様子)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計1件)

稲邑 哲也、J. T. C. Tan、萩原 良信、杉浦 孔明、長井 隆行、岡田 浩之、大規模長時間のインタラクションを可能にするロボカップ@ホームシミュレーションの構想とその基盤技術、知能と情報(日本知能情報ファジィ学会誌) Vol. 26、No. 3、2014(印刷中) 査読有

[学会発表](計14件)

J. T. C. Tan, K. Okuno and T. Inamura,

“Integration of Work Operation and Embodied Multimodal Interaction in Task Modeling for Collaborative Robot Development,” in *Proc. of the 4th Annual IEEE Int. Conf. on Cyber Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (IEEE-CYBER 2014)*, Hong Kong, China, pp. 615-618, June 4-7, 2014

J. T. C. Tan, T. Inamura, Y. Hagiwara, K. Sugiura, T. Nagai and H. Okada, “A New Dimension for RoboCup @Home: Human-Robot Interaction between Virtual and Real Worlds,” in *Proc. of the 9th Annual ACM/IEEE Int. Conf. on Human-Robot Interaction (HRI 2014)*, Bielefeld, Germany, pp. 332-332, March 3-6, 2014

N. Yang, F. Duan, Y. Wei, C. Liu and J. T. C. Tan, “A Study of the Human-Robot Synchronous Control System Based on Skeletal Tracking Technology,” in *Proc. of the IEEE Int. Conf. on Robotics and Biomimetics (ROBIO 2013)*, Shenzhen, China, pp. 2191-2196, December 12-14, 2013

J. T. C. Tan, T. Inamura, K. Sugiura, T. Nagai and H. Okada, “Human-Robot Interaction between Virtual and Real Worlds: Motivation from RoboCup @Home,” in *Proc. of the 5th Int. Conf. on Social Robotics (ICSR 2013)*, Bristol, UK, pp. 239-248, October 27-29, 2013

J. T. C. Tan and T. Inamura, “Embodied and Multimodal Human-Robot Interaction between Virtual and Real Worlds,” in *Proc. of the 22nd Int. Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2013)*, Gyeongju, Korea, pp. 296-297, August 26-29, 2013

T. Inamura and J. T. C. Tan, “Development of RoboCup@Home Simulation towards Long-term Large Scale HRI,” in *Proc. of the 17th Annual RoboCup Int. Symposium 2013*, Eindhoven, Netherlands, July 1, 2013

J. T. C. Tan and T. Inamura, “Integration of Work Sequence and Embodied Interaction for Collaborative Work Based Human-Robot Interaction,” in *Proc. of the 8th Annual ACM/IEEE Int. Conf. on Human-Robot Interaction (HRI 2013)*, Tokyo, Japan, pp. 239-240, March 3-6, 2013

T. Inamura and J. T. C. Tan, “Development of RoboCup @Home Simulator: Simulation platform that enables long-term large scale HRI,” in *Proc. of the 8th Annual ACM/IEEE Int.*

Conf. on Human-Robot Interaction (HRI 2013), Tokyo, Japan, pp. 145-146, March 3-6, 2013

J. T. C. Tan, F. Duan and T. Inamura, "Multimodal Human-Robot Interaction with Chatterbot System: Extending AIML towards Supporting Embodied Interactions," in *Proc. of the IEEE Int. Conf. on Robotics and Biomimetics (ROBIO 2012)*, Guangzhou, China, pp. 1727-1732, December 11-14, 2012

T. Inamura and J. T. C. Tan, "Long-term Large Scale Human-Robot Interaction Platform through Immersive VR System --Development of RoboCup @Home Simulator--," in *Proc. of the IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII 2012)*, Fukuoka, Japan, pp. 242-247, December 16-18, 2012

T. Inamura and J. T. C. Tan, "Simulation platform that enables long-term large scale HAI --Development of RoboCup @Home Simulator--," in the *International Workshop on Human-Agent Interaction (iHAI 2012)*, Vilamoura, Algarve, Portugal, October 11, 2012

J. T. C. Tan and T. Inamura, "Text-based Chatterbot System for Multimodal Human-Robot Interaction in Embodied Virtual Environment," in the *30th Annual Conference of The Robotics Society of Japan*, Sapporo, Japan, September 17-20, 2012

J. T. C. Tan, T. Inamura and T. Arai, "Design for Collaboration: A Development of Human-Robot Collaboration in Assembly," in *Proc. of the 4th CIRP Conf. on Assembly Technologies and Systems (CATS 2012)*, Ann Arbor, MI, USA, pp. 155-159, May 21-22, 2012

J. T. C. Tan and T. Inamura, "SIGVerse - a Cloud Computing Architecture Simulation Platform for Social Human-Robot Interaction," in *Proc. of the IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation (ICRA 2012)*, Saint Paul, MN, USA, pp. 1310-1315, May 14-18, 2012

〔その他〕

ホームページ等

<http://sigverse.org/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

TAN JEFFREY

(TAN, Jeffrey Too Chuan)