

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 6 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26540132

研究課題名(和文) 身体と知能を自ら診断・修正が可能な自己検証成長型ロボットシステムに関する研究

研究課題名(英文) Self verification improvement robot system enabling self diagnostic and modification of body and intelligence

研究代表者

岡田 慧 (Okada, Kei)

東京大学・情報理工学(系)研究科・准教授

研究者番号：70359652

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：将来社会に進出するロボットは新しい状況や未知のタスクに応じて身体や知能が成長し続けることが、それに伴ってロボットも自身の身体と知能が正常に機能するかを常に検証し続ける必要がある。そこで、本研究では、クラウドシステム上に知能ソフトウェアの常時更新に対応できるシミュレーション環境を構築し、常時自己知能変容するオープンソースコミュニティ接続型の作業移動ロボットを用いて認識行動プログラム並びにタスク実現プログラムを実行しタスク目的の達成評価による自動検証を工場環境における物品の把持設置や日常生活タスクにおける冷蔵庫の中の物品を把持と人への提供等、これまで実ロボットで実現してきたものを活用し実証した。

研究成果の概要(英文)：Robots in future society is expected to "grow" its body and intelligence, that requires an mechanism that continuously verify the nominality of body and intelligence. In this research, we have designed the simulation environment that can cope with continuous updates of intelligent software on the cloud system. The system is evaluated with task target achievement evaluation by executing recognition-action program or task programs using continuous changing opensource community based mobile manipulation robot. This system is evaluated on picking task or delivery task which we have demonstrated on the real robot.

研究分野：知能ロボット

キーワード：知能ロボット 自己検証

## 1. 研究開始当初の背景

日常生活や労働を支援する知能ロボットはその場で新しい環境、道具、タスクに対応できるように常に身体や知能を適応的に変化させることで環境の変化に対応する成長型である必要があるが、一方で、常に変化する身体と知能ではロボットの最大の強みである正確な動作を確実に、かつ、繰り返し行うことが困難であり、これが成長型のロボットが社会に進出できないばかりでなく、研究レベルでも支援行動のような高次なタスクを実現することを妨げているそこで、身体や知能は変化しながらも、自身が正常に機能していることを診断し、必要があれば修正を施すことで常に正常に機能するような知能システムを明らかにする必要がある。

常に成長を続けるロボットでは、現在のロボットが正常に機能することを確認する、あるいはロボットが次の成長が必要な状態にあることを自覚するため、校正やテスト等の検証を行うために必要になる正常の概念を、成長に伴い更新し続ける能力が重要になる。この問題は検証には正常な仕様が重要だが、正常な仕様は成長に伴い変化するという循環参照問題(鶏と卵の問題)となる。この問題は一見解がないように見えるが近年の数理アルゴリズムと大規模計算論の発展はこれを可能にしつつあり、本研究では自己の運動感覚の大量の履歴情報の蓄積から運動と感覚の正しい対応を推定する正常性判定アルゴリズムを解明し、これに基づきロボットの身体構造と知能ソフトウェアを診断する自己検証機構と、そこで必要になる修正をロボットが稼働中に行う活栓修正機構を明らかにすることを目的とする。

本研究の学術面の特色は、従来のロボティクスでは学術理論を適用する前の前提条件・必要技術として扱われてきた校正やテスト等の検証技術を常時継続的に行うロボットシステムの基礎理論要素と体系づけることで、ロボティクスの学術体系とロボット技術の応用範囲を拡大するものである。本研究の波及効果は、家庭や職場にロボットを導入した後も不具合修正、条件変化対応、新機能追加が可能な知能ロボットの構成運用法に繋がり、少子高齢の家庭や職場、被災・防災環境など、喫緊に必要とされているが、これまで完璧なロボットがなく投入できずにいた場面でも、正確にタスクを遂行しながら成長するロボットを導入でき、新しい学術的分野の展開と共に知能ロボットの応用と研究の大幅な加速を可能にする意義がある

## 2. 研究の目的

一般のロボットでは利用前にその身体や知能であるハードやソフトが正常に機能する

ことを確認するため校正器具やテストコードを用いた検証を行う。一方、将来社会に進出するロボットは新しい状況や未知のタスクに応じて身体や知能が成長し続けることが期待されるが、それに応じてロボットも自身の身体と知能が正常に機能するかを常に検証し続ける必要がある。そこでは、検証には正常な仕様を知る必要があるが、正常な仕様は成長に伴い変化するという循環参照が問題になる。そこで本研究では常時蓄積する動作感覚情報の一貫性解析に基づいた正常の理解構造の解明に挑戦し、これに基づき自己検証機能とその結果を反映する活栓修正機構を実現する

## 3. 研究の方法

本研究の計画は身体と知能の成長を模擬できるシミュレーション環境を用いた自己検証ロボットシステム基盤の構築と自己診断修復型身体知能構成基礎理論の解明を、基礎理論の検証から構成論の確立へと挑戦する。

確立した構成論の検証は、常時自己知能変容するオープンソースコミュニティ接続型の作業移動ロボットを用いた継続的変容知能ソフトウェアへの適用可能性の検証で確認する。

平成26年度の研究計画は以下であった。

### 1) 自己検証ロボットシステム基盤の構築

・1-A) 身体知能成長型シミュレーション環境の構築

・1-B) 全身体動作感覚情報のクラウド蓄積システムの構築

### 2) 自己診断修復型身体知能構成基礎理論の解明

### 3) 実ロボットと正常性観測環境を用いた自己検証ロボットシステム理論の評価

・3-A) 検証プログラム安全実行機構の構築

平成27年度の研究計画は以下であった。

・3-B) 全身身体知能状態観測外部センサ環境の構築

・3-C) 実ロボットを用いた自己身体知能検証理論の検証

### 4) 正常性自己検証ロボットシステム構成論の確立

・4-A) 成長型身体ハードウェアへの適用可能性の検証

・4-B) 継続的変容知能ソフトウェアへの適用可能性を検証

・4-C) 自己検証診断結果に基づくロボット基盤システムの活栓修正機構

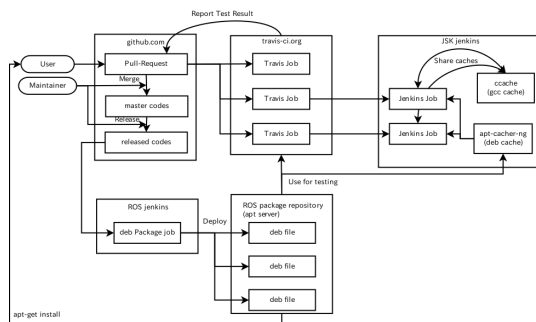
#### 4. 研究成果

研究計画の自己検証ロボットシステムの構築と、自己検証ロボットシステム構成論の確立については当初の予定通りの成果を達成することができた。特に構成論に関しては常時自己知能変容するオープンソースコミュニティ接続型のロボット群に対して自動検証を行うシステムを構築することができ研究グループの基盤ソフトウェアとして活用されるまでの成果が上がっており、後述するように、実用化に向けた新たな研究プロジェクトにつながっている。一方で、実ロボットを用いた自動検証は成長型身体ハードウェアへの適用については今後の研究課題として引き続き進めていくこととなっている。

得られた研究成果の概要は以下にまとめられる

- ・身体知能成長型シミュレーション環境の構築: 身体と知能の成長を模擬できるロボットシミュレーション環境として、クラウドシステム上に知能ソフトウェアの常時更新に対応できるシミュレーション環境を構築し、複数の身体形状でもシミュレーションできるよう拡張した。

- ・全身体動作感覚情報による正常性推定法の導入: 身体と知能の正常性評価に必要な全動作感覚情報を取得利用できる蓄積システムをクラウド上に構築し、正常性推定を含んだ自己検証手法を確立した。

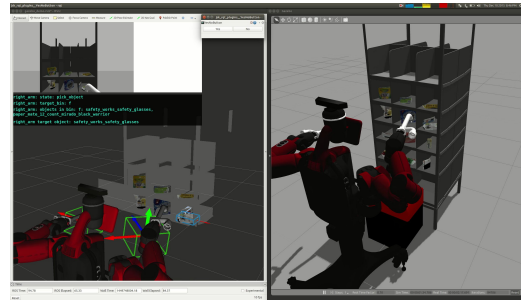


(自動検証シミュレーションシ構成)

- ・検証プログラム安全実行機構の構築: 自動検証する知能ソフトウェアによりロボットの身体と周囲の環境を破壊しないための安全実行機構を構築した。具体的にはシミュレータ上での動作検証から実機での動作検証時に得られる全身体センサ情報の予測値と許容変化量を計算し、ここから逸脱を常時監視するようにした。

- ・自動検証の常時検証システムの実証実験: 常時自己知能変容するオープンソースコミュニティ接続型の作業移動ロボットを用い

て継続的変容知能ソフトウェアへの適用可能性を検証し、認識行動プログラム並びにタスク実現プログラムを実行し目的の達成評価による自動検証を実施した。タスク実現プログラムの例としては、工場環境における物品の把持設置や日常生活タスクにおける冷蔵庫の中の物品を把持と人への提供等、これまで実ロボットで実現してきたものを活用した。



(工場における物品把持設置タスクの例)

本研究課題で得られた知能ロボットのソフトウェア検証技術は平成27年度9月から始まった「次世代ロボット中核技術開発」研究開発項目「革新的なロボットインテグレーション技術」における研究代表者の申請「超広域認識行動計画学習ロボット知能ソフトウェア要素群の透過的継続的システムインテグレーション管理機構技術の研究開発」のコア技術の一つとして構想されており、大きな成果となっている。

#### 5. 主な発表論文等

(雑誌論文)(計 0 件)

(学会発表)(計 2 件)

垣内 洋平, 植田 亮平, 室岡 雅樹, 野田 晋太郎, 野沢 峻一, 岡田 慧, 稲葉 雅幸: Gazebo/ROSとOpenRTMによるロボットシミュレーション環境を用いた透過的なヒューマノイド評価環境構築, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'14 講演論文集, 3P1-G07, 2014, 2014年05月25日~2014年05月29日, 富山国際会議場(富山県富山市)

和田 健太郎, 矢野倉 伊織, 杉浦 誠, 稲垣 祐人, 岡田 慧, 稲葉 雅幸: 視覚検証と吸引グリッパを用いた双腕ロボットによる日用品ピッキングシステム, 第33回日本ロボット学会学術講演会講演論文集, 2015年09月03日~2015年09月05日, 東京電機大学(東京都足立区)

(図書)(計 0 件)

(産業財産権)

出願状況(計 0 件)

〔その他〕

ホ ム ペ ー ジ :  
<http://jenkins.jsk.imi.i.u-tokyo.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡田 慧 (OKADA Kei )  
東京大学・大学院情報理工学系研究科・准  
教授  
研究者番号：70359652

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者 なし