

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 1 日現在

機関番号：32675

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500181

研究課題名(和文) 実世界の普遍的性質を利用した状態行動空間の汎化と学習機能を有するロボットへの適用

研究課題名(英文) Generalization of state-action space using properties of the real world and its application to autonomous robots

研究代表者

伊藤 一之 (ITO, Kazuyuki)

法政大学・理工学部・准教授

研究者番号：90346411

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、生物の振る舞いをヒントに、従来の統計処理に基づく汎化とは異なる新しい枠組みとして、「実世界の普遍的性質を利用した汎化の枠組み」を提案した。これにより、これまでロボットの活躍が困難であった複雑な未知環境において適応的に振る舞うことが可能なロボットの実現を可能とした。また、提案した枠組みをレスキューロボットならびに、自律走行車の制御に適用し、その有用性を検証した。

研究成果の概要(英文)：In this research, we proposed a novel framework for generalization and abstraction on the basis of intelligent behaviors of animals. In this framework, generalization and abstraction is realized by utilizing the properties of the real world. It is completely different from conventional statistics based approach. By the proposed framework, robots can behave adaptively in complex unknown environments.

研究分野：知能ロボット

キーワード：汎化 抽象化 状態行動空間 環境の普遍的性質

### 1. 研究開始当初の背景

現状の技術水準では、未知環境において適応的かつ自律的に振る舞うことが可能なロボットを実現することは極めて難しく、くしくも、福島第一原子力発電所の事故処理では、世界最高水準の技術を結集したとしても、ロボットは、遠隔操作によって簡単な作業をこなす程度にしか機能しないことが明らかになった。これは、工場などの既知環境を前提とする従来のロボット技術が未知環境においては有効に機能しないことを示しており、未知環境を前提とした新たな枠組みが求められている。

この問題は、ロボットの持つ限られた知覚能力および計算資源を用いて、複雑な実世界にいかにして対処するかという問題に起因するものであり、学習能力を有するロボットでは特に P1「実時間学習の問題」、P2「汎化能力の欠如の問題」の二つの問題として表面化する[ - ]。本研究では、生物における汎化の枠組みを取り入れることで、これらの問題の解決に取り組む。

### 2. 研究の目的

本研究では、生物の振る舞いをヒントに、従来の統計処理に基づく汎化とは異なる新しい枠組みとして、「実世界の普遍的性質を利用した汎化の枠組み」を提案する。これにより、ロボットは、わずか数十回程度の試行回数で、さまざまな状況に適応可能な汎化された方策を学習することが可能となり、これまでロボットの活躍が困難であった複雑な未知環境において適応的に振る舞うことが可能なロボットを実現することができる。

### 3. 研究の方法

生物における汎化の枠組みをもとにロボットのための新しい汎化の枠組みを提案する。

生物は、種ごとに生態学的ニッチと呼ばれる、ある限られた環境に生息し、進化の過程においてその環境に対して特化した身体を獲得している。そして、その環境に適した身体を用いて学習を行うことで、環境に存在する様々な性質のなかから、目的のタスクに必要な実世界の性質を探し出すことが可能となり、汎化された方策を、非常に少ない試行回数で獲得することができると考えられる。

本研究では、この枠組みに習い、設計者が、ロボットの活動する範囲を解析し、生物の進化に代わって、ロボットの身体を環境の性質が利用できるように設計することで汎化を実現する。

### 4. 研究成果

本研究では、生物の振る舞いをヒントに、従来の統計処理に基づく汎化とは異なる新しい枠組みとして、「実世界の普遍的性質を利用した汎化の枠組み」を提案した。これにより、これまでロボットの活躍が困難であっ

た複雑な未知環境において適応的に振る舞うことが可能なロボットの実現を可能とした。詳細は以下の通りである。

#### 【レスキューロボットへの応用】

実世界の性質を利用した汎化の枠組みを利用し、災害現場の不整地を平地と同様の制御方法で移動可能な、蛇型ロボットならびにムカデ型ロボットを実現した。また、瓦礫内に侵入し生存者の探索を行うレスキューマニピュレータのための音源定位装置を開発し、その有用性を確認した。図1から2に開発したロボットを示す。

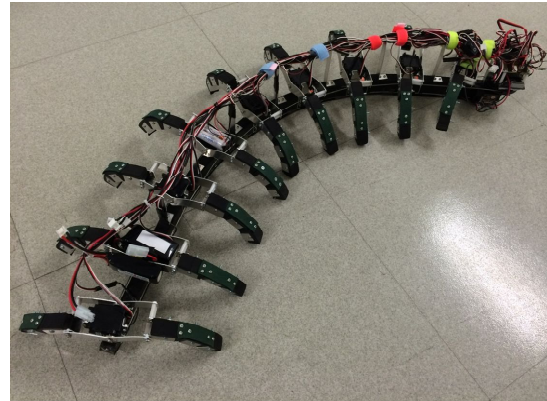


図1 ムカデ型レスキューロボット



図2 レスキューマニピュレータ

#### 【自律走行車の合流制御への応用】

トンボの振る舞いをもとにした衝突回避アルゴリズムをさらに発展させ、単眼カメラによる視覚情報のみで合流が可能な制御アルゴリズムを提案し、シミュレーションによりその有用性を検証した。

### 【3次元軟体マニピュレータの実現】

生物のタコの振る舞いをヒントに、柔軟な素材でマニピュレータを構成し、環境と身体の力学的性質を利用することで、明示的な制御を行うことなく、様々な3次元物体を容易に把持可能なマニピュレータを実現した。図3および4に開発した柔軟マニピュレータによる把持の様子を示す。

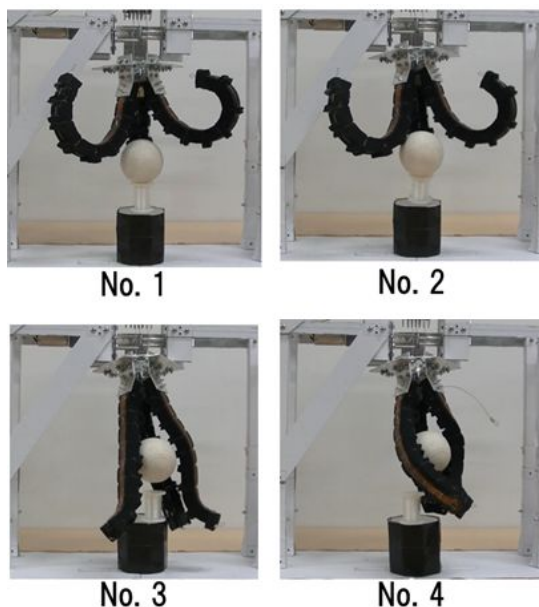


図3 柔軟マニピュレータによる把持（ボール小）

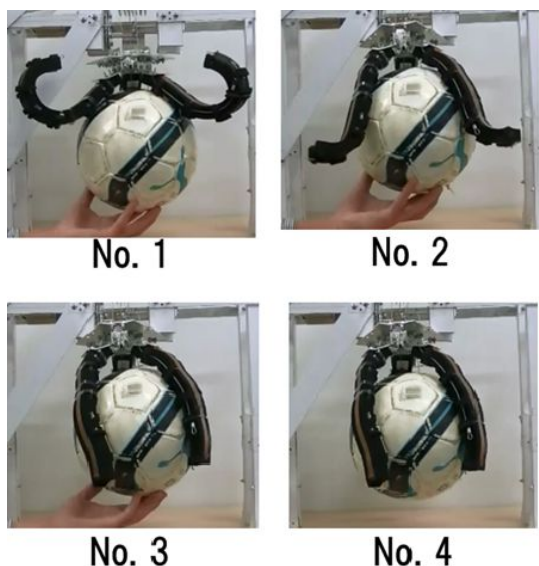


図4 柔軟マニピュレータによる把持（ボール大）

#### <引用文献>

佐々木 正人, アフォーダンス - 新しい認知の理論, 岩波書店, 1994  
 Brooks, R. A.: A robust layered control system for a mobile robot, IEEE Journal of Robotics and Automation, RA-2, pp. 14-23, 1986

S. Arimoto. What are the fundamentals of bio-mimetic control. In Proc. of IEEE Int. Conf. on Robotics and Biomimetics, CD-ROM, 2004.

R. Pfeifer and C. Scheier, Understanding Intelligence, The MIT press, 1999

R. Pfeifer, J. Bongard, 知能の原理 身体性に基づく構成論的アプローチ, 共立出版, 2010

#### 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8件)

Kazuyuki Ito, Hiroki Nakatsuka, Sound source detection robot inspired by water striders, Journal "Artificial Life and Robotics", vol. 19, No. 4, pp. 394-399, 2014

Kazuyuki Ito, Naoyuki Sakuraba, Importance of real-world properties in chasing task: Simulation and analysis of dragonfly's behavior, Journal "Artificial Life and Robotics", vol. 19, No. 4, pp. 370-374, 2014

Kazuyuki Ito, Yuya Simodate, Development of semi-circular duplex manipulator for search and rescue operations in narrow spaces, International Journal of Advanced Mechatronic Systems, vol.6 No. 1, pp. 1-11, 2014

〔学会発表〕(計30件)

Yukitada Takanashi, Kazuyuki Ito, "Estimation of time to contact from blurred images", Proc. of The Eleventh International Conference on Autonomic and Autonomous Systems (ICAS 2015), May 24 - 29, 2015, Rome, Italy

Shunsuke Hagimori, Kazuyuki Ito, "Flexible Manipulator Inspired by Octopus: Development of Soft Arms Using Sponge", Proc. of the Seventh International Conference on Advanced Cognitive Technologies and Applications (COGNITIVE 2015), March 22 - 27, 2015, Nice, France

Yuichi Kawai, Kazuyuki Ito, "Estimation Method for Time to Contact from Visual Information: A Simple Approach that Requires no Recognition of Objects", Proc. of 2014 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO), pp. 469-474, December 5-10, 2014, Bali,

Indonesia

Yuichi Kawai, Kazuyuki Ito, Hirotugu Aoki, "Passive stabilizing mechanism for snake-like rescue robot", Proc. of 13th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV 2014), pp. 1740-1745, December 10-12, 2014, Marina Bay Sands, Singapore

Masahiro Masuda, Kazuyuki Ito, "Semi-autonomous Centipede-like Robot with Flexible Legs", Proc. of IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics (SSRR2014), October 27-30, 2014, Toyoko, Hokkaido, Japan

Yasunori Ishigaki, Kazuyuki Ito, "Proposal for Semiautonomous Centipede-like Robot for Rubble: Development of an Actual Scale Robot and Validation of its Mobility", Proc. of the 2014 International Conference on Advanced Mechatronic Systems, pp. 409-414, August 10-12, 2014, Kumamoto-shi, Kumamoto, Japan,

Ryunosuke Ikeno, Kazuyuki Ito, "Collision Estimation Using Single Camera: Discussion under the condition of constant velocity", Proc. of The Third International Conference on Intelligent Systems and Applications (INTELLI2014), pp. 114-117, June 22-26, 2014, Seville Spain

Hitoki Takase, Kazuyuki Ito, "Velocity Estimation from Visual Information using Environmental Property", Proc. of The Third International Conference on Intelligent Systems and Applications (INTELLI2014), pp. 118-122, June 22-26, 2014, Seville Spain

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

伊藤 一之 (ITO, Kazuyuki)

法政大学・理工学部・准教授

研究者番号：90346411