

ノンパラメトリックベイズと深層学習に基づく  
音声データからの教師なし語彙獲得  
～記号創発ロボティクスによる知能と言語へのアプローチ～  
Unsupervised word discovery from speech signals  
based on Bayesian nonparametrics and deep learning  
--Symbol emergence in robotics towards understanding cognition and language--

谷口忠大  
Tadahiro TANIGUCHI  
立命館大学  
Ritsumeikan University

taniguchi@ci.ritsumei.ac.jp

記号創発ロボティクスは人間のコミュニケーションを成立させている諸要素をロボットを用いて構成論的にモデル化することで、人間の知能理解をすすめること、実世界の系において人間を支援し活動するロボットを構築することを目指す学術領域である。筆者は、記号創発ロボティクスとは記号創発システムへの構成論的アプローチであると定義している。記号創発ロボティクスは様々なチャレンジを抱えるが、その一つはロボットによる言語獲得である。

人間の幼児は生まれた時点で特定の言語に関わる語彙や音素に関する知識を持たないところから学習をはじめていく。その幼児が親や他の存在から得る音声情報にもとづいて、音素に関する知識を得て、また、語彙に関する知識を得ていく。このような発達過程を計算論的にモデル化し、ロボットに持たせることは、人工知能研究においても認知発達ロボティクスの研究においても大きなチャレンジであると言える。

従来、ロボットが用いる音声認識システムは、大量のラベル付き教師データを人手により準備し、教師あり学習を通じてモデルをトレーニングすることで構築することが一般的であった。しかし、幼児にとっても、人間と自然な環境でインタラクションしつづけるロボットにとっても、このラベル付き教師データを取得することは出来ない。幼児がそのような明示的にラベル付けされた音声データではなく、自らの感覚運動器から得られる感覚運動情報とラベル付けされない音声データに基づいて語彙獲得していることは明らかである。このような過程を計算論的に表現するためには、教師なし学習にもとづいて語彙獲得のプロセスを表現する必要がある。

ノンパラメトリックベイズはベイズ理論の一部であり、ディリクレ過程やベータ過程を活用することで、隠れ状態数に関して柔軟な機械学習手法を構築することが出来る。例えば、ディリクレ過程を混合率の事前分布としたディリクレ過程混合ガウス分布では理論的に混合するガウス分布の数を無限個とした上で、推論を行うことで、用いるガウス分布の混合数を事前に固定することなく学習させる事ができ

る。また、深層学習は多段のニューラルネットワークを用いることで高い特徴抽出能力を持つことが知られており、近年、画像認識や音声認識、自然言語処理で活用されている。

本発表では、筆者らが取り組んできたノンパラメトリックベイズに基づく教師なし語彙獲得の機械学習手法について紹介しながら、深層学習を用いた性能改善についても併せて紹介する。具体的には階層ディリクレ過程隠れ言語モデル(Hierarchical Dirichlet Process-Hidden Language Model)とそれを用いたノンパラメトリックベイズ二重分節解析器について説明し、また、マルチモーダル情報を用いた語彙獲得の手法に関しても概説する。また、記号創発ロボティクスによる知能と言語へのアプローチについて展望を述べる。

#### 参考文献

- [Taniguchi 16] Tadahiro Taniguchi, Ryo Nakashima, Hailong Liu and Shogo Nagasaka, Double Articulation Analyzer with Deep Sparse Autoencoder for Unsupervised Word Discovery from Speech Signals, *Advanced Robotics*, Vol.30, (11-12) pp. 770-783. (2016)
- [Taniguchi 16] Tadahiro Taniguchi, Takayuki Nagai, Tomoaki Nakamura, Naoto Iwahashi, Tetsuya Ogata, and Hideki Asoh, Symbol Emergence in Robotics: A Survey, *Advanced Robotics*, Vol.30, (11-12) pp. 706-728. (2016)
- [Taniguchi 16] Tadahiro Taniguchi, Shogo Nagasaka, Ryo Nakashima, Nonparametric Bayesian Double Articulation Analyzer for Direct Language Acquisition from Continuous Speech Signals, *IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems*, Vol.8 (3), pp. 171-185. (2016)
- [中村 15] 中村友昭, 長井隆行, 船越孝太郎, 谷口忠大, 岩橋直人, 金子正秀, マルチモーダル LDA と NPYLM を用いたロボットによる物体概念と言語モデルの相互学習, *人工知能学会論文誌*, Vol.30 (3), pp. 498-509. (2015)
- [谷口 14] 谷口忠大, 記号創発ロボティクス —知能のメカニズム入門, 講談社. (2014)