

長井 隆行

電気通信大学大学院情報理工学研究科  
特任教授

記号創発ロボティクスによる人間機械コラボレーション基盤創成

## § 1. 研究成果の概要

本研究課題では、ロボットの持つマルチモーダルなインタラクション機能と最新の人工知能・パターン認識技術、クラウドを中心とするインターネット環境を組み合わせることで、言葉の意味を真に理解し、人間と協働するロボットを実現することを目標としている。2018 年度のグループ毎の研究実施内容は以下の通りである。

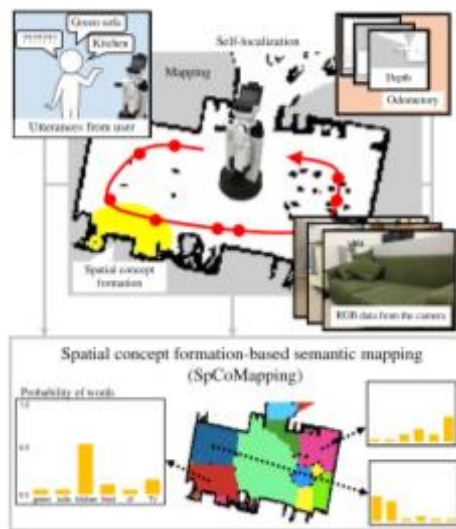
### 長井グループ

長井グループの課題は、1) 概念獲得技術開発、2) 家庭内タスク学習技術の開発、3) クラウドによる概念共有化技術開発、の 3 点である。2017年度までに、これらを実現するためのコアとなるアルゴリズムを開発高精度したため、2018 年度は、引き続き高精度化を行うと共に、実ロボットへの統合・実装、及び実験を実施し、実環境での有用性を示した。



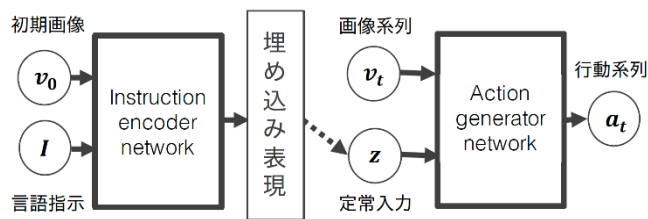
### 谷口グループ

ロボットがユーザに「玄関を掃除しておいて」と言われた場合には、ロボットは「玄関」が指し示す場所の範囲を理解できないといけない。この場所の範囲が、その言葉で表される意味であり、このような意味に応じて活動環境の領域分割を行うタスクがセマンティックマッピングである。これまでに開発してきた場所概念形成モデルを拡張し、新しいセマンティックマッピング手法である SpCoMapping を提案し、実ロボットを用いた実験によりその有効性を示した。SpCoMapping を用いることでロボットは自らが形成した地図、推定した自己位置、観測した視覚情報、そして、ユーザから与えられた発話情報を統合し、従来手法よりも高精度に地図上の空間を分割し、セマンティックマッピングを実行できることが示された。



### 尾形グループ

ロボットが言語指示から行動生成を行う際の課題として、(1) 状況依存性と (2) 言語指示自体に含まれる曖昧性、に対する対処がある。この 2 つの課題に取り組むにあたり、2018 年度の研究

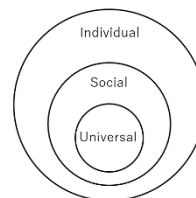


では、深層学習モデルを用いて言語指示を埋め込む際の表現形式(潜在変数)による性能の差に着目した。埋め込み表現形式として一般に使用される 1 ベクトル表現に加えて、これをガウス表現としたもの、複数のベクトルとしたもの、さらに複数のガウス表現にしたもの、という 4 種の表現形式について検討した。結果として、1 ガウス表現、および複数ガウス表現の潜在変数表現を用いたタスク達成率は、1 つのベクトル表現を用いたタスク達成率よりも有意に高くなった。

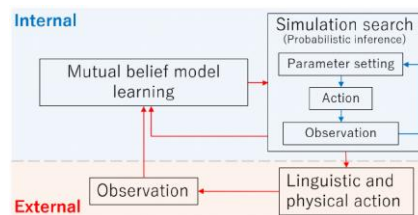
### 岩橋グループ

相互信念は、大まかに次の三種類に分類することができる。

1. 物理的な世界を反映して一般的に成立する universal な相互信念
2. コミュニティの中でのみ成立する social な相互信念
3. 個人間でのみ成立する individual な相互信念



これらの包含関係は右図の通りである。Individual な相互信念は、Social な相互信念と Universal な相互信念からの影響を受ける。2018 年度は、これらの相互信念の形成・利活用に関して、シミュレーションサーチに基づく計算機構を開発した。



## 杉浦グループ

生活支援ロボットとの音声対話においては、曖昧性を有するユーザの命令を、可能な限り少ないユーザ操作数で理解することが利便性につながる。本年度は、Carry and Place タスク(日用品を片付けるタスク)において、曖昧な指示文を理解するマルチモーダル言語理解手法(精度 86.2%)を構築した。右図の例では、「お茶を片付けて」という指示文(どこへ置くかについて情報が欠損)に対し、最尤の領域を有する白いテーブルを提示する。

ロボティクス分野最大の国際会議である IROS2018 (2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems)において当該研究を発表し、IROS 2018 RoboCup Best Paper Award を受賞した。さらに、上記手法を応用し、移動および把持機能に関するマルチモーダル言語理解・生成手法を構築した。手法の機能実証のため、2018年10月17日～21日に東京ビッグサイトで開催された World Robot Summit 2018 (WRS2018, 経済産業省, NEDO 主催)に参加した。本部門は、1) 仮想空間上の生活支援ロボットにおけるマルチモーダル言語理解タスク, 2) 同空間におけるジェスチャ認識タスク, 3) マルチモーダル言語生成タスク, の3タスクの達成率を競うものである。同部門では国内外7チームが競い、NICT チームは全タスクにおいてトップの成績を収めた。その結果、経済産業大臣賞(総合1位)および人工知能学会賞を受賞した。



## 稲邑グループ

稲邑グループでは、開発したクラウド型 VR プラットフォームを活用し、人間と効率良く的確に対話を行うロボットのパフォーマンスを競うロボット競技会システムを VR 上で実装した。2018年10月に、World Robot Summit パートナーロボットチャレンジ(バーチャルスペース)と呼ばれる競技会で実証実験を行い、構築した VR システムを用いることでロボットの対話能力を効率良く、統計的に評価可能であることを確認した。図にその実証実験の様子を示す。ここでは探し物をする人間を言葉で誘導するタスクに焦点を当てており、具体的応用例としては、スマートスピーカーが言葉のみで、無くしてしまった探し物支援をするような場面を想定している。この競技会の実施により、単にロボットの対話能力の評価を実現しただけでなく、言葉による説明と、それに対する人間の行動パターンのペアデータを収集した。このデータセットは、人間の行動を表現する自然言語の理解の研究にとって重要なデータセットとなり得る。



## 岡田グループ

研究成果の客観的評価を目的としてロボット競技会での定量的成果測定法を検討している。

本年度は、2018年6月18日から22日にカナダのモントリオールで開催された RoboCup2018 Montreal 大会 @Home Domestic Standard Platform League に出場した。家庭における各種サービスを競う RoboCup@Home において第三位を獲得した。また、10月17日から21日に東京ビックサイトで開催された World Robot Summit パートナーロボットチャレンジ(リアルスペース) 競技に出場し、ファイナルに進出し第6位を獲得した。

World Robot Summit は経済産業省主催の国際的なロボット競技会であり、その種目の一つであるパートナーロボットチャレンジ(リアルスペース)における競技ルールや競技運営を本研究グループが主導して作成した。



## 【代表的な原著論文】

1. Tatsuro Yamada, Hiroyuki Matsunaga, and Tetsuya Ogata: Paired Recurrent Autoencoders for Bidirectional Translation between Robot Actions and Linguistic Descriptions, IEEE Robotics and Automation Letters (RA-L), Vol. 3, Issue 4, pp. 3441-3448, Oct. 2018 DOI: 10.1109/LRA.2018.2852838
2. Aly Magassouba, Komei Sugiura, Hisashi Kawai: A Multimodal Classifier Generative Adversarial Network for Carry and Place Tasks from Ambiguous Language Instructions, IEEE Robotics and Automation Letters, Vol. 3, Issue 4, pp. 3113-3120, 2018
3. Tomoaki Nakamura, Takayuki Nagai, and Tadahiro Taniguchi: SERKET: An Architecture for Connecting Stochastic Models to Realize a Large-Scale Cognitive Model, Frontiers in Neurorobotics, DOI: 10.3389/fnbot.2018.00025, June 2018

## § 2. 研究実施体制

### (1) 概念班長井グループ

- ① 研究代表者:長井 隆行 (電気通信大学大学院情報理工学研究科 教授)
- ② 研究項目
  - ・クラウド上に展開された階層ベイズによる概念の階層構造獲得モデルの創出

### (2) 概念班谷口グループ

- ① 主たる共同研究者:谷口 忠大 (立命館大学情報理工学部 准教授)
- ② 研究項目
  - ・空間・言語統合モデルの階層的知識獲得基盤創成

### (3) 概念班尾形グループ

- ① 主たる共同研究者:尾形 哲也 (早稲田大学理工学術院 教授)
- ② 研究項目
  - ・層学習モデルおよび再起結合型神経回路モデルによるロボットの運動感覚, 言語の自己組織化・統合学習

### (4) 信念班岩橋グループ

- ① 主たる共同研究者:岩橋 直人 (岡山県立大学情報工学部 教授)
- ② 研究項目
  - ・クラウドを用いた階層的相互信念モデルの創出と利活用

### (5) 信念班杉浦グループ

- ① 主たる共同研究者:杉浦 孔明 (情報通信研究機構ユニバーサルコミュニケーション研究所 主任研究員)
- ② 研究項目
  - ・ヒト・モノ・コト知識の統合解析に基づくIoT コミュニケーション基盤の構築

### (6) 応用班稲邑グループ

- ① 主たる共同研究者:稲邑 哲也 (情報・システム研究機構国立情報学研究所 准教授)
- ② 研究項目
  - ・概念獲得に向けた大規模長時間のマルチモーダル対話を可能とするクラウド型 VR プラットフォームの構築

### (7) 応用班岡田グループ

- ① 主たる共同研究者:岡田 浩之 (玉川大学工学部 教授)
- ② 研究項目

- ・ 人とのコラボレーションを通して家庭内タスクを実現するサービスロボットの構築およびロボカップ@ホーム競技に参加することによる成果の実践的評価