

PRINTEPSにおけるオントロジーとマニピュレーションの統合 ～喫茶店業務への適用2～

石井 誉仁[‡] 中村 高大[†] 八馬 遼[†] 中山 祐介[‡] 森田 武史[†] 山口 高平[†]
[†] 慶應義塾大学理工学部 [‡] 慶應義塾大学大学院理工学研究科

1. はじめに

現在、知識推論、音声対話理解、画像センシング、マニピュレーションなどに関連するソフトウェアモジュールを再構成するだけで、人と機械が協働可能な総合知能アプリケーションを開発するプラットフォーム PRINTEPS(PRACTICAL INTELLIGENCE aPPLICATIONS)の研究を進めている[1].

本稿では PRINTEPS におけるオントロジーとマニピュレーションの統合と、喫茶店業務（注文と食器の把持）への適用について述べる.

2. オントロジーとマニピュレーションの統合

以下ではオントロジーとマニピュレーションの統合、PRINTEPS における多重知識ベースの一部としてロボットサービスを実現するために利用している 2 種類のオントロジー、そしてその関連付けについて説明する.

2.1 オントロジーとマニピュレーションの統合

ロボットにマニピュレーションを行わせる際には、より詳細な粒度で物理パラメータを設定する必要がある. 通常、これらのパラメータはプログラムとしてハードコーディングされているため、環境への変化が困難であり、その際にかかるコストは大きい.

本稿では、プログラムとして実装されたハードコーディングを、オントロジーで記述する宣言的知識とソフトウェアモジュールとして扱う手続き的知識に分離した. 宣言的知識は、オントロジーで記述されているため、容易に変更が可能であり、手続き的知識は、モジュールとして用意しているため、組み替えるだけで変更が可能である. 従って、宣言的知識の変更が容易な点と手続き的知識の組み換えが可能なる点を統合することで、低コストかつ変更が容易なロボットサービスが実現できる.

2.2 オブジェクトオントロジー

オブジェクトオントロジーはロボットが対象とするオブジェクトの情報を体系化した領域オントロジーである.

オブジェクトオントロジーの基本概念は、ロボットが把持するオブジェクトの構造化、人間とロボットのオブジェクトにおける意味的な差異を埋めること、オブジェクト毎についての3次元モデルや色、把持方法などの情報活用によるロボットにおけるマニピュレーションの実現である.

オブジェクトオントロジーは、上位層では人とロボットの双方の視点からのサービスを軸とした分類を明示しており、下位につれてロボットが実世界で扱う固有のオブジェクトを示している. オブジェクトオントロジーのクラス-インスタンス階層の一部を図1に示す.

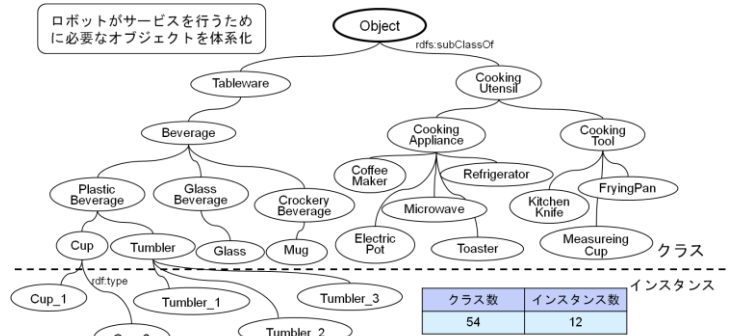


図1 オブジェクトオントロジーの階層(一部)

また、ロボットは詳細な物理パラメータで制御を行わなければ動作を行うことができない. そこで、インスタンスにはマニピュレーションを行う上で必要な詳細なパラメータやオブジェクト情報がプロパティで関連付けられている(図2). 図2において、楕円がインスタンス、長方形がリテラルを示している.

本稿では、オブジェクトオントロジーを活用することで、ロボットのマニピュレーションに必要な物理信号と人間が理解できる記号を対応づけることによってロボットの知的な振る舞いを実現している.

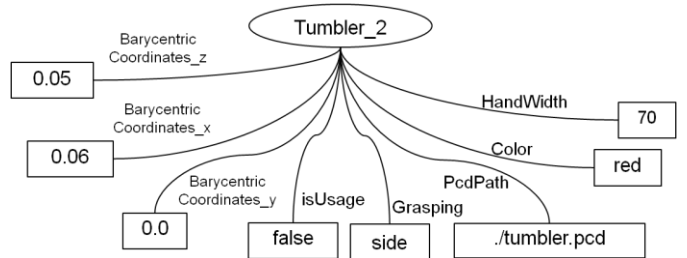


図2 インスタンスに属するリテラル(一部)

2.3 喫茶店飲み物オントロジー

喫茶店飲み物オントロジーは、ロボットが接客サービスを行うために構築した飲み物に関する領域オントロジーである.

本稿では PRINTEPS の喫茶店業務への適用ということで、ロボットのハンドリングによる制約と実世界での喫茶店で想定されるメニューから飲み物メニューに限定して情報を構造化した. また、クラス階層としては大まかな分類を行うことで、実世界で行われるメニューにどのようなものがあるかといった質問に回答できるように弁別を行った.

2.4 オントロジーの関連付け

前項までに紹介したオブジェクトオントロジーと喫茶店飲み物オントロジーの関連付けについて説明する.

2つのオントロジーのそれぞれのインスタンスについて飲み物メニューと対応するオブジェクトが1対1で UsedTableware というプロパティによって関連付けられている(図3). これによってメニューと対応するオブジェクトをロボットが選択することを実現している. また、このプロパティの対応付けは SWRL(Semantic Web Rule Language)で記述されたルールによって対応づけられているため、ルールの書き換えによって容易に変更することが可能となっている.

「The Integration of Manipulation with Ontologies in PRINTEPS(PRACTICAL INTELLIGENCE aPPLICATIONS)」

[†]Kodai Nakamura, Ryo Hachiuma, Takeshi Morita, Takahira Yamaguchi

Science and Technology, Keio University

[‡]Takahito Ishii, Yusuke Nakayama

Graduate School of Science and Technology, Keio University

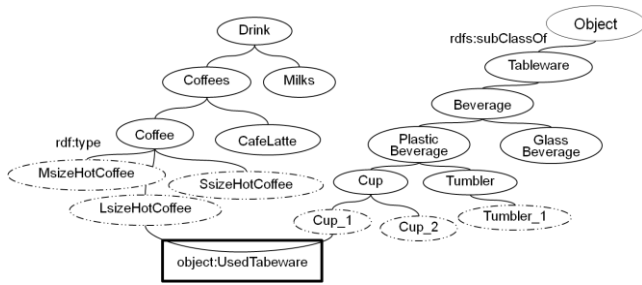


図3 オントロジーの関連付け

3. 物体認識と動作制御

本節では、我々が PRINTEPS のモジュールとして構築した 3 次元物体認識モジュールと動作制御モジュールについて説明する。

3.1 物体認識

3 次元物体認識モジュールは、実環境でオブジェクトを把持するために必要なロボット座標系からみた 3 次元座標を取得する処理を行う。入力として事前に準備した点群モデルを与え、カメラに映るオブジェクトの中からモデルと一致する点群を取得して、その重心座標を結果として出力する機能を有している。また、本稿で使用するカメラはマイクロソフト社製の Kinectv2 を用いており、点群を扱うために PCL(Point Cloud Library)、画像処理として OpenCV を組み合わせた構成となっている。

3.2 動作制御

動作制御モジュールは動作計画のオープンソースとして認知されている OMPL(Open Motion Planning Library)を利用して、入力された 3 次元座標に対してアームを遷移させるモジュールを構築した。動作計画として OMPL でアームの制御を行い、把持計画としてオントロジーに記述しているオブジェクトの詳細情報を取得し、掴み方やカメラから取得した座標の補正パラメータなどを活用してオブジェクトの把持を遂行する。

4. ケーススタディ

本節では、PRINTEPS として構築した領域オントロジーと環境センシングモジュールの活用によって現実世界のサービスにおいてロボットがどのように働くかをケーススタディで示す。

4.1 使用ロボット

本稿で使用するロボットの説明をする。今回のシステムでは、ハンドリングに優れている大型のアームとハンドグリッパーを備えた川田工業製の双腕上半身ロボットである HIRONX を使用した。ロボットの本体仕様としては両腕 6 軸、首 2 軸、腰 1 軸の合計 15 軸の関節自由度を有しており、ハンドグリッパーの最大可搬重量は 1.5kg までとなっている。

4.2 シナリオ概要

シナリオは喫茶店業務を題材として、開発した PRINTEPS の利用による注文から食器を選択して運搬するまでの振る舞いを実際に確認した。具体的には以下の 2 つのタスクを行った。

i 人とロボットが対話を通じて作業環境を整備

<<人がオブジェクトを適当に作業台に置く>>

HIRO 「左手前に黄色いカップがあります。認識できなかったオブジェクトは何ですか。」

人 「赤色のタンブラーが倒れている状態です。」

HIRO 「了解しました。」

<<事前に教えた状態によって把持方法を取得し動作実行>>

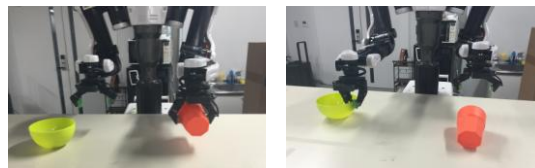


図4 事前に教示した情報による把持動作

ii 注文による対応オブジェクトの把持

<<作業環境を整備した後のオブジェクトの配置>>

HIRO 「注文をどうぞ。」

人 「M サイズホットコーヒーを1つください」

<<メニューと対応するオブジェクトを検出・把持動作>>

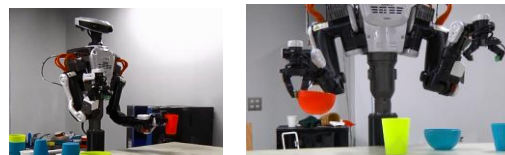


図5 メニューに対応するオブジェクト把持動作

5. おわりに

本稿では、PRINTEPS の喫茶店業務というタスクに焦点を当てて、構築した多重知識ベースと環境センシングの組み合わせによって、実世界の情報から取得される物理信号と知識による記号を相互に対応づけるシステムを設計した。また、ケーススタディでは人と協働して実世界におけるロボットの作業環境を設定し、ロボットによるマニピュレーションのサービス実現までを確認し、PRINTEPS の有効性を示した。

今後の課題としては、ハンドリングに関する情報を記述したマニピュレーションオントロジーや作業タスクの情報を構造化したタスクオントロジーの構築などによる作業タスクの変更に応じたより知的な振る舞いを実現させていく必要がある。

謝辞

本研究は、科学技術振興機構(JST) 戦略的創造研究推進事業(CREST)「実践知能アプリケーション構築フレームワーク PRINTEPS の開発と社会実践」の支援によって実施した。

参考資料

- [1] 山口高平, 中野有紀子, 斎藤英雄, 森田武史, 青木義満, 萩原将文, 斎藤俊太, 知能共進化のための実践知能アプリケーションプラットフォーム PRINTEPS, 第 29 回人工知能学会全国大会, I14-2, 2015.
- [2] Shotaro Kobayashi, Susumu Tamagawa, Takeshi Morita and Takahira Yamaguchi: Intelligent Humanoid Robot with Japanese Wikipedia Ontology and Robot Action Ontology, HRI2011 (6th International Conference on Human-Robot Interaction), pp. 417-424 (2011).
- [3] Florentin Wörgötter, Eren Erdal Aksoy, Norbert Krüger, Justus Piater, Ales Ude, Minija Tamosiunaite "A Simple Ontology of Manipulation Actions Based on Hand-Object Relations", IEEE Transactions on Autonomous Mental Development, pp.117-134 (2013)
- [4] 菅原 優, 丸川 大輝, 森田 武史, 山口 高平, "PRINTEPS におけるイベントによるルールと画像センシングの統合", 情報処理学会全国大会(2016).