

PRINTEPS アーキテクチャの構成と実践

The Structure and Practice of PRINTEPS Architecture

森田 武史 *1

Takeshi Morita

山口 高平 *2

Takahira Yamaguchi

*1 青山学院大学社会情報学部

School of Social Informatics, Aoyama Gakuin University

*2 慶應義塾大学理工学部

Faculty of Science and Technology, Keio University

PRINTEPS (PRactical INTElligent aPplicationS) is a platform for practical intelligent applications that integrates 5 types of sub systems (multiple knowledge bases, dialog systems, human sensing systems, environment sensing systems, and symbol grounding systems). PRINTEPS performs multimodal interaction consisting of 7 modes (knowledge, dialogue, facial expression, line of sight, posture, motion, and environment). This paper describes the structure and practice of PRINTEPS architecture.

1. はじめに

現在注目を集めているワトソンや Siri などの AI アプリケーションは、言葉・数字・図表で記載された大量の形式知をコンピュータ操作可能な知識表現形式により蓄積し、推論機構や機械学習などの知的処理技術を適用して、人からの問合せに答えるシステムであり、人と機械が相互に連携して、お互いの知能を高めていく枠組みには至っていない。本研究では、人と機械がマルチモーダルでインタラクションをとり、その相互作用を通して、人の知能と機械知能が互いに進化し続けていくことで、所与の問題が解決されていく「知能共進化 (Coevolution of Intelligence)」の枠組みの探求を目標とする。具体的には、問題領域ごとに実践知能アプリケーションを効率よく開発するプラットフォームである PRINTEPS (PRactical INTElligent aPplicationS) を研究開発する。

本稿では、PRINTEPS アーキテクチャの構成と PRINTEPS を利用した喫茶店業務実践について述べる。知能共進化の提案背景および PRINTEPS の設計方針については、[山口 15] を参照いただきたい。

2. PRINTEPS を利用した喫茶店業務実践

本節では、PRINTEPS を利用した喫茶店業務実践について述べる。

図 1 に、喫茶店業務における PRINTEPS アーキテクチャの階層図の一部を示す。PRINTEPS のアーキテクチャは、SOA (サービス指向アーキテクチャ) に基いており、最小機能であるモジュールを組み合わせてプロセスを定義し、プロセスを組み合わせてサービスを定義することを可能としている。また、モジュール、プロセス、サービスを定義するために、OWL-S (OWL-based Web Service Ontology) *1 を用いており、モジュールは OWL-S における Atomic Process として、プロセスとサービスは、OWL-S における Composite Process として定義される。PRINTEPS アーキテクチャにおけるオントロジー層には、質問応答などに用いるための日本語 Wikipedia オントロジー *2、モジュール、プロセス、サービスを定義す

連絡先: 山口高平, 慶應義塾大学理工学部, 〒 223-8522
神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1, 045-566-1614,
yamaguti@ae.keio.ac.jp

*1 <http://www.ai.sri.com/daml/services/owl-s/>*2 <http://wikipediaontology.org/>

るための OWL-S, モジュールの入出力型として用いるための領域オントロジー, 状況に応じてロボットの動作を決定するための領域ルールを主に用意している。また、データ層には、環境地図, インスタンスデータ, ジェスチャデータベース, 対話履歴など, モジュールの処理で用いるデータを用意している。以下では、喫茶店業務におけるモジュール, プロセス, サービス, オントロジーの具体例について説明する。

図 2 に、喫茶店業務サービスを構成するプロセスの一部を示す。喫茶店業務サービスのプロセスとしては、入店時挨拶, 座席案内, 注文受付, 注文物運搬, 片付けなどが考えられるが、本稿では、PRINTEPS を利用した入店時挨拶プロセスの実装例を示す。

図 3 に、入店時挨拶プロセスを示す。図 3 において矩形は、入店時挨拶プロセスを構成するモジュールを、矢印はモジュールのフローを、矢印のラベルはモジュールの入出力をそれぞれ示している。入店時挨拶プロセスでは、最初に発話ロボット検索を行い、検索された発話ロボットが年齢認識モジュールにより顧客の年齢を推定する。次に、年齢による人のタイプ判定ルールを参照し、人モデルを構築する。同時に、発話ロボット検索結果よりロボットモデルを構築し、人モデルとロボットモデルより、喫茶店モデルを構築する。その後、喫茶店モデルと人のタイプから挨拶内容を決定するルールを参照し、入店時挨拶内容取得モジュールにより、発話テキストを得る。最後に、発話モジュールにより、発話テキストを音声合成により発話するといった流れとなっている。

ここで、各モジュールの入出力には、図 4 に示す喫茶店業務クラス階層を用いている。入店時挨拶プロセスで必要となるクラスとしては、人 (Person) クラスとそのサブクラスとして顧客のタイプを判別するために用いる大人 (Adult) や子供 (Child) などのクラス, ロボット (Robot) クラス, 喫茶店 (Cafe) クラスを定義した。

人クラスのデータタイププロパティとしては、人の年齢を表す age プロパティ (定義域: Person, 値域: int) を定義した。ロボットクラスのデータタイププロパティとしては、発話内容を表すための greeting プロパティ (定義域: Robot, 値域: String) を定義した。喫茶店クラスのオブジェクトプロパティとしては、喫茶店にいる顧客との関係を表すための hasClient プロパティ (定義域: Cafe, 値域: Person), 喫茶店にいるロボットとの関係を表すための hasRobot プロパティ (定義域: Cafe, 値域: Robot) などを定義した。



図 1: 喫茶店業務における PRINTEPS アーキテクチャの階層図の一部

喫茶店業務ルールである、年齢による人のタイプ判定ルールと人のタイプから挨拶内容を決定するルールを図 5 に示す。年齢による人のタイプ判定ルールとしては、12 歳以下の子は小さな子供 (YoungChild) クラスをタイプとして持つ、13 歳から 20 歳までの人は少年 (TeenAge) クラスをタイプとして持つといったようなルールを定義している。人のタイプから挨拶内容を決定するルールとしては、例えば、大人と少年に対しては「いらっしゃいませ」、小さな子どもに対しては「お母さんは、どこにいるの?」といったような挨拶内容を決定するルールを定義している。

PRINTEPS では、SWRL(Semantic Web Rule Language) *3 を用いてルールを定義する。オントロジーおよび SWRL 形式のルールは、オントロジーエディタ Protégé を用いて定義する。図 5 に示すルールは、Protégé 構文で記述されており、SWRL 形式に変換可能である。

入店時挨拶プロセスを構成するモジュールの分類、モジュール名、入出力の詳細を表 1 に示す。表 1 において、ロボットの IP(Internet Protocol) (アドレス) や年齢など、入出力クラスが空欄のモジュールについては、RDF グラフを入出力とせず、基本データ型を入出力としている。

図 6 に、入店時挨拶内容取得モジュールにおける処理内容を示す。入店時挨拶内容取得モジュールでは、ロボットモデル、人モデル、喫茶店モデルをマージした RDF グラフを入力として、人のタイプから挨拶内容を決定するルールを適用し、ロボットインスタンスの greeting プロパティ値として発話内容を定義したトリプルを導出し、モジュールの出力とする。図 6 では、MiddleAge をタイプとする顧客に対して、「いらっしゃいませ」という発話内容を導出する例を示している。

以上のように、モジュール、プロセス、サービス、オントロジー、ルールを用いて、喫茶店業務を PRINTEPS を用いて実装することが可能となる。

3. PRINTEPS の実装

本研究では、喫茶店業務を行うロボットとして、Aldebaran Robotics 社により開発された NaoTorso, YujinRobot 社により開発された Kobuki, MobileRobots 社により開発された PIONEER-3DX を用いる。NaoTorso は上半身は人型ロボット

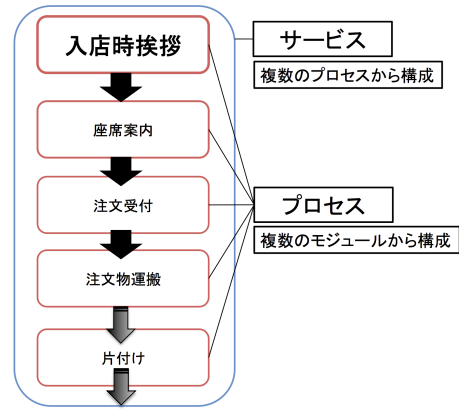


図 2: 喫茶店業務サービスを構成するプロセスの一部

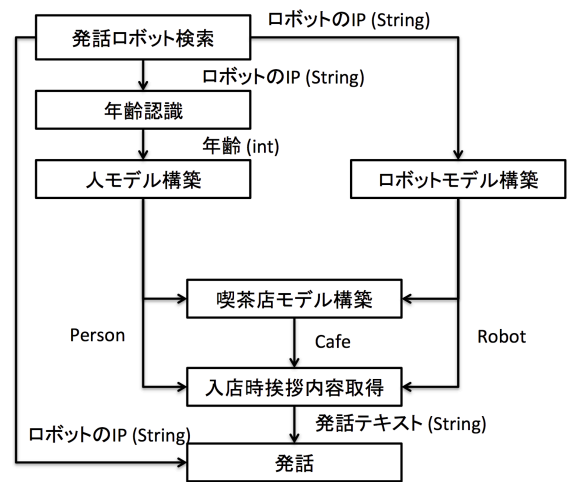


図 3: 入店時挨拶プロセス

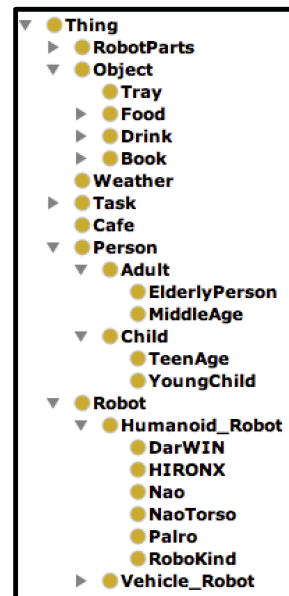


図 4: 喫茶店業務クラス階層の一部

*3 <http://www.w3.org/Submission/SWRL/>

表 1: 入店時挨拶プロセスを構成するモジュール

モジュール分類	モジュール名	入力説明	入力型	入力クラス	出力説明	出力型	出力クラス
ロボット検索	発話ロボット検索	なし			ロボットの IP	String	
画像処理	年齢認識	ロボットの IP	String		認識した年齢	int	
モデル構築	人モデル構築	年齢	int		人モデル	String	Person
モデル構築	ロボットモデル構築	ロボットの IP	String		ロボットモデル	String	Robot
モデル構築	喫茶店モデル構築	人モデル	String	Person	喫茶店モデル	String	Cafe
		ロボットモデル	String	Robot			
対話	入店時挨拶内容取得	人モデル	String	Person	挨拶テキスト	String	
		ロボットモデル	String	Robot			
		喫茶店モデル	String	Cafe			
対話	発話	発話テキスト	String		なし (音声合成によるロボットの発話)		
		ロボットの IP	String				

年齢による人のタイプ判定ルール

- Person(?a), age(?a, ?i), lessThan(?i, 13) -> YoungChild(?a)
- Person(?a), age(?a, ?i), greaterThan(?i, 12), lessThan(?i, 20) -> TeenAge(?a)
- Person(?a), age(?a, ?i), greaterThan(?i, 19), lessThan(?i, 70) -> MiddleAge(?a)
- Person(?a), age(?a, ?i), greaterThan(?i, 69) -> ElderlyPerson(?a)

人のタイプから挨拶内容を決定するルール

- Cafe(?x), Robot(?z), YoungChild(?y), hasClient(?x, ?y), hasRobot(?x, ?z) -> greeting(?z, "お母さんは、どこにいるの?")
- Cafe(?x), Robot(?z), TeenAge(?y), hasClient(?x, ?y), hasRobot(?x, ?z) -> greeting(?z, "いらっしやいませ")
- Adult(?y), Cafe(?x), Robot(?z), hasClient(?x, ?y), hasRobot(?x, ?z) -> greeting(?z, "いらっしやいませ")

図 5: 喫茶店業務ルールの一部

Nao の上半身が用いられており、下半身には Kobuki が用いられている。NaoTorso は、上半身の Nao により音声認識、音声合成、年齢推定などを行うことが可能であり、下半身の Kobuki により移動することも可能なため、主に、喫茶店業務における入店時挨拶や座席案内などに用いる。また、PIONEER-3DX は、機動性に優れ、アームを取り付けることも可能なため、喫茶店業務における運搬および物体取得などに用いる。

PRINTEPS は、Web サービスを実装するために、Java 言語の Web サービス構築フレームワーク Metro (jaxws-rt のリファレンス実装) *4 を用いている。Metro を用いることにより、Java 言語におけるメソッドに「@WebMethod」アノテーションを付与するのみで、容易に WSDL (Web Service Description Language) ファイルを生成することが可能となる。また、OWL-S を実行するために、OWL-S API *5 を用いている。さらに、WSDL ファイルから OWL-S における Atomic Process を半自動生成するために WSDL2OWL (OWL-S API に付属) を用いている。RDF モデルを構築するために、Apache Jena *6 を、SWRL 形式で記述されたルールから RDF トリプルを導出するために Pellet : OWL2 Reasoner for Java *7 を用いている。

4. 関連研究

ユビキタスネットワークロボット (UNR) [亀井 13] *8 は、商業施設・病院・家などのさまざまな場所における人々の活動を支援することを目的として、ロボット、スマートフォンアプリ、環境センサがネットワークを介して連携して人々にサービスを提供するための基盤技術である。UNR のシステムを構築するためのソフトウェアプラットフォームとして、UNR プラットフォームがオープンソースソフトウェアとして公開されている *9。

RoboEarth [Waibel 11] *10 は、ロボット間で知識 (ソフトウェアコンポーネント、環境地図、タスク知識、物体認識モデルなど) を共有するための基盤を提供している。RoboEarth では、Web Ontology Language (OWL) を基礎とした、Semantic Robot Description Language (SWRL) を用いて、ソフトウェア

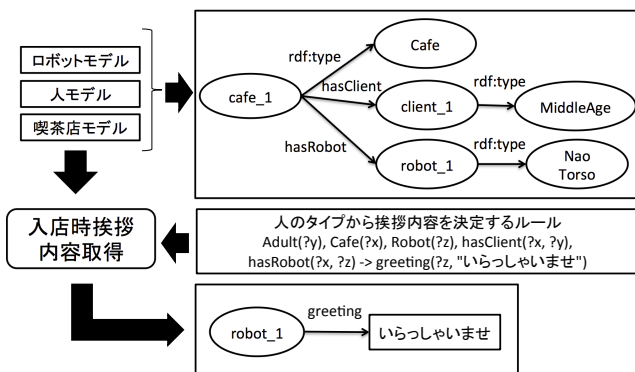


図 6: 入店時挨拶内容取得モジュールの処理

*4 <https://jax-ws.java.net/>
 *5 <http://on.cs.unibas.ch/owls-api/>
 *6 <https://jena.apache.org/>
 *7 <http://clarkparsia.com/pellet/>
 *8 <http://www.irc.atr.jp/std/UNR-Platform.html>
 *9 <http://sourceforge.net/projects/unrpf/>
 *10 <http://roboearth.org/>

ア可読な形式でロボットのハードウェア, ソフトウェア, 性能などを記述可能である.

本研究は, SOA アーキテクチャに基づき, OWL-S を用いてモジュール, プロセス, サービスの実装を可能としている点や, 人と機械がマルチモーダルでインタラクションをとり, その相互作用を通して, 人の知能と機械知能が互いに進化し続けていくことで, 所与の問題が解決されていく知能共進化を実現するためのプラットフォームの構築を目的としている点において, UNR や RoboEarth とは異なる.

5. おわりに

本稿では, 問題領域ごとに実践知能アプリケーションを効率よく開発するプラットフォームである PRINTEPS アーキテクチャの構成と, 実践として PRINTEPS を利用した喫茶店業務実践について述べた.

今後は, 動画像・センサーモジュール, 対話モジュールを充実させると共に, 記号接地により動画像・センサーモジュールとオントロジーとの連携を進め, より高度な喫茶店業務を実践していく予定である. また, ロボットやセンサーを管理するための仕組みの開発, SWRL と Business Rule Management System(BRMS) の統合, モジュール, プロセス, サービスを組み合わせて実践知能アプリケーションを容易に作成・実行可能なワークフローエディタの開発を行う予定である. さらに, 教育実践など, 喫茶店業務以外の領域へ PRINTEPS を適用し, その有効性を検証していきたい.

参考文献

- [Waibel 11] Markus Waibel, Michael Beetz, Javier Civera, Raffaello d'Andrea, Jos Elfring, Dorian Galvez-Lopez, Kai Häussermann, Rob Janssen, J.M.M. Montiel, Alexander Perzylo, Bjoern Schiessle, Moritz Tenorth, Oliver Zweigle and M.J.G. (René) Van de Molen-graft: RoboEarth A World Wide Web for Robots. In Robotics & Automation Magazine, IEEE, Vol 18, No 2, pp. 69-82 (2011).
- [亀井 13] UNR プラットフォームを用いたロボットサービスの開発: 電子情報通信学会技術研究報告. CNR, クラウドネットワークロボット 113(248), pp. 31-32 (2013).
- [山口 15] 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, 人工知能学会全国大会 (第 29 回) 論文集, 114-2 (2015).

謝辞

PRINTEPS の実装に協力いただいた, 慶應義塾大学大学院理工学研究科の小川雄平氏に感謝する.

本研究は, 科学技術振興機構 (JST) 戦略的想像研究推進事業 (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.