

山口 高平

慶應義塾大学理工学部
教授

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

§ 1. 研究実施体制

(1) 知識グループ

- ① 研究代表者: 山口 高平 (慶應義塾大学理工学部、教授)
- ② 研究項目
 - ・ PRINTEPS のサービス、ビジネスプロセス、SW モジュールの拡充
 - ・ マルチ知識ベースエディタの開発
 - ・ PRINTEPS を利用したロボット喫茶店の実証実験と評価
 - ・ PRINTEPS を利用した教師ロボット連携授業の実証実践と評価
 - ・ WebAPI 連携用ソフトウェアモジュールの開発

(2) 対話グループ

- ① 主たる共同研究者: 中野 有紀子 (成蹊大学理工学部、教授)
- ② 研究項目
 - ・ 対話プラットフォームの開発
 - ・ マルチモーダル対話モデルの研究

(3) 画像グループ

- ① 主たる共同研究者: 斎藤 英雄 (慶應義塾大学理工学部、教授)
- ② 研究項目
 - 実環境における人間動作認識と環境認識モジュールの構築
 - ・ 人間動作認識モジュール
 - ・ 人間状況推定モジュール
 - ・ 環境認識モジュール

- ・人間－環境相互関係認識モジュール
- ・初等教育のための AR モジュール, クイズモジュール開発およびそれらを用いた教育実践
- ・画像認識モジュールに基づくロボットマニピュレーション実践
- ・予期せぬ状況に対する人の動作の観測と模倣によるロボット動作の生成と動作計画の実践
- ・マルチモーダルセンシングによる画像認識の高度化とフィールド実験

§ 2. 研究実施の概要

(1) 知識グループ

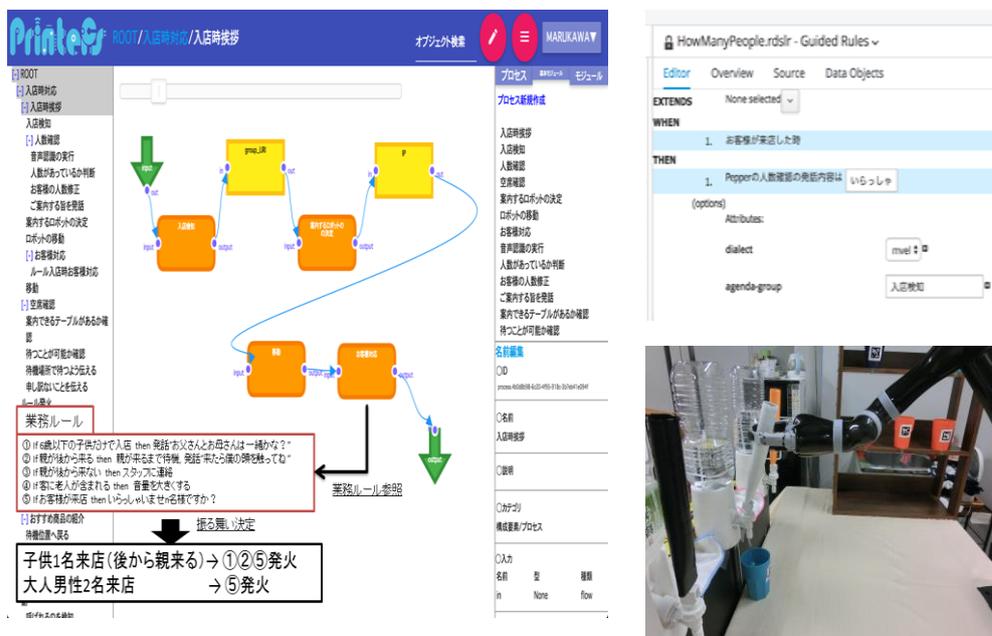
平成 28 年度までに、310 個の SW モジュール、89 個のビジネスプロセス、17 個のサービスを整備し、エンドユーザが、開発済みのサービスとビジネスプロセスを再利用しながら、ワークフローエディタで業務プロセスを連携させ(図1)、各業務プロセスで利用する状況判断ルールを業務ルールマネジメントシステム Drooms で記載すれば(図2)、それらが自動的に SW モジュール結合に展開されて、最終的に Python プログラムが生成され、ロボットアプリケーションの実装となるプラットフォームを開発した。

ロボット喫茶店では、ワークフローからビジネスプロセス、ビジネスプロセスからルールベースに展開する ROS サービスと、常時稼働させている画像センシング結果をイベント記号に変換する ROS トピックと連携させて実行させて、トリプル(対象物、属性、値)にタイムスタンプを追記し、時系列トリプル群から記号を意味付ける。ストリーム推論を通して、知識処理と画像センシングを統合した。知覚処理や動作処理では、人に対しては、業務の要点のみを記述すれば、残りは常識により補填されるが、ロボットでは、常識が欠落しており、詳細事項をすべて記述する必要があるため、人向きビジネスプロセスとロボット向きビジネスプロセスを分離して体系化した。現役の喫茶店オーナーと 5 組の来店客によるロボット喫茶店実証実験を実施し、オーナーがロボット喫茶店を観察して、その場で PRINTEPS により既存ワークフローやビジネスルール群を修正するという知の PDCA サイクルを実験した。図 3 のロボット喫茶店の実証実験の一部を示す。

教師ロボット連携授業では、教師・生徒・ロボットというアクター別に振る舞いを記述して、授業全体を俯瞰して考察したいという要望があり、ワークフローエディタにより、授業フローの視点で授業を記述すると、アクターの言動シーケンスが分断され、授業全体を見通せないことから、教師・生徒・ロボットというアクター間で交換される知識情報を記述するシナリオエディタを開発したところ、教師が授業シナリオを効率よく記述できた。このシナリオエディタを利用して、教師自らが、教師ロボット(Pepper, SociBot)連携シナリオを作成した(図 4、図 5)。慶應義塾幼稚舎 6 年生 4 クラス(1 クラス 36 名)を対象にして、理科「人の体の仕組み」を学習単元とし、教師と掛け合いながら授業を進める、発話と表情を対応付けた SociBot(図 6、図 7)、児童の体に臓器を投影して臓器の位置を教示する AR システム(図 8)、問題解答を示す札(2 択問題で○か×、3 択問題で1か2か3)の認識システム、人の体に関するオントロジー(135 クラス、223 インスタンス、62 プロパティ、2670 トリプル)を利用した復習問題解答支援タブレットアプリなどを開発し、教師ロボット連携授業実証実験を実施した。

さらに、PRINTEPS を評価するには、ソフトウェア工学で検討されてきた評価指標だけでなく(実装容易性、再利用性)、知能に関わる新しい評価指標(多様性、知能共進性)も必要であることを示した。実装容易性(productivity of intelligent software implementations with end users)については、教師ロボット連携授業において、教師がシナリオエディタを利用して、3 時間程度で 90 分程度の授業シナリオを記述でき、開発者が一部修正する必要はあったが、ロボットアプリケーションを迅速に開発できた。多様性(variety with different intelligent applications)については、ロボット喫茶店においては、知識推論、音声対話、画像センシング、動作という 4 種類

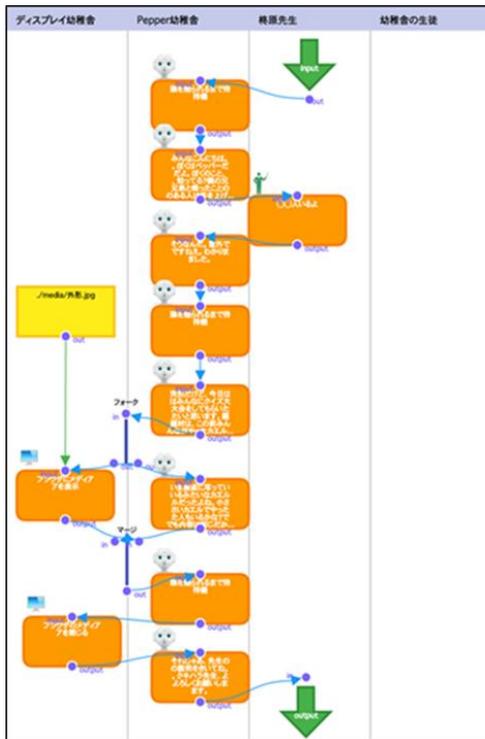
の要素知能を統合させており、喫茶店オーナーが、新しい喫茶店サービスとして大きな期待を表明した。知能共進性 (evolutionary rate of co-experience knowledge and wisdom) とは、人と知能アプリケーションの相互作用に基づく知の PDCA サイクルを通して、新しいルールが発見されていく事であり、教師ロボット連携授業、ロボット喫茶店ともに、10 個程度、既存ルールが改訂された。



(左) 図1 ロボット喫茶店の業務手順を記載したワークフローエディター

(右上) 図2 業務ルールマネジメントシステム Drools

(右下) 図3 ロボットアームによるコップへのジュース注入動作



(左上) 図4 教師用シナリオエディター

(右上) 図5 シナリオエディターで TA ロボット開発中の教師

(右中左) 図6 机間巡視(教室内の巡回)をする SociBot

(右中右) 図7 SociBot における発話と表情の対応付け

(右下) 図8 AR による児童の体に臓器の提示

なお、伊藤孝行チーム(名工大)と連携し、CREST「知的情報処理」領域「エージェント技術に基づく大規模合意形成支援システムの創成」において開発を進めている大規模合意形成支援システム、および PRINTEPS ワークフローエディタの間での連携のために必要とされる、WebAPI 連携用ソフトウェアモジュールの開発を行った。

本モジュールは、ワークフローエディタ上の任意のサービスまたはプロセスに関するワークフローについて、ユーザがワークフローエディタ上でサムネイル用 URL を生成可能にするものである。JSON ファイル形式と HTML 形式のいずれかをユーザは選択できる。

本モジュールにより、大規模合意形成支援システムからワークフローエディタにおけるワークフローのメタデータ(取得日時、ユーザ名、プロジェクト名、サムネイル生成対象となるサービスまたはプロセス名など)やサムネイル画像を参照することができるようになる。

今後、例えば、遠隔地にいる複数人の教師が、大規模合意形成支援システム上で意見を交換しながら、教師ロボット連携授業のワークフローの構築・修正を行うことが可能になることが期待される。

Takeshi Morita, Yu Sugawara, Ryota Nishimura, and Takahira Yamaguchi, "Integrating Symbols and Signals Based on Stream Reasoning and ROS", 14th Pacific

(2) 対話グループ

前年度に作成した、音声認識部、言語理解部、対話管理部、および応答生成部を ROS モジュールとして実装し、PRINTEPS 上で動作する対話モジュールの第一版を開発した。これらの基本モジュールに加え、対話システムの内部状態管理と他のモジュールから得られる情報とを統合的に管理できる情報共有部として Information State を作成した。これにより、対話を通してユーザと共有された共有知識を更新・管理だけでなく、知識推論や画像処理との連携を図るためのメカニズムが準備できた。

また、マルチモーダルインタラクションの研究においては、①グループディスカッションにおける音声、頭部動作、顔映像、発話内容から、各会話参加者のコミュニケーション能力を推定するモデルを作成し、コミュニケーション能力高群と低群を93%の精度で識別できた。②同じコーパスにおいて、議論中の重要発言を検出するモデルを作成し、F-measure で 0.707の性能を得ることができた。

二瓶 芙巳雄, 高瀬 裕, 中野 有紀子: 非言語情報に基づくグループ議論における重要発言の推定—グループ議論の要約生成に向けて—, 電子情報通信学会論文誌 A, Vol.J100-A, No.1, Jan. 2017.

(3) 画像グループ

画像グループでは、実環境における人間動作認識と環境認識モジュールの構築を研究テーマとして、次の8つのカテゴリに分類している。

- ・人間動作認識モジュール
- ・人間状況推定モジュール
- ・環境認識モジュール
- ・人間—環境相互関係認識モジュール
- ・初等教育のための AR モジュール, クイズモジュール開発およびそれらを用いた教育実践
- ・画像認識モジュールに基づくロボットマニピュレーション実践
- ・予期せぬ状況に対する人の動作の観測と模倣によるロボット動作の生成と動作計画の実践
- ・マルチモーダルセンシングによる画像認識の高度化とフィールド実験

平成28年度は、最初の4つのカテゴリのモジュールに加え、「初等教育のための AR モジュール, クイズモジュール開発およびそれらを用いた教育実践」, 「画像認識モジュールに基づくロボットマニピュレーション実践」, 「予期せぬ状況に対する人の動作の観測と模倣によるロボット動作の生成と動作計画の実践」, 「マルチモーダルセンシングによる画像認識の高度化とフィールド実験」を含めた上記の8つのカテゴリの研究開発を実施した。