オントロジーを用いた物理 / ソフトウェアエージェント間の協調*

岩田 浩司・沢田 篤史・武田 英明・西田 豊明†
奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科‡

1 はじめに

本研究では、人とロボットと計算機の協調を知識伝達を基盤とするマルチエージェント系で実現することを試みる。

各エージェントが持つ知識は、エージェントに依存したエージェント固有の知識であり、相互に伝達するにはエージェント間で共有可能な知識に変換する必要がある。

本稿では、共有可能な知識表現 (オントロジー) を定めることで、エージェント固有知識の変換を実現し、この変換能力を持つ特別なエージェント (メディエータ) を介して知識伝達による協調を提案する。

実際に、双腕つきのロボット、搬送型ロボット、自律型棚など、異なる機能を持つロボットの協調環境を例に、実装したメディエータの機能と共有可能な知識について述べる。

2 協調環境の構成

協調環境の構成要素であるエージェントには、物理エージェントとソフトウェアエージェントがある。

2.1 物理エージェント

各エージェントは、内部データベースと通信機能を持つ。

自律型棚: 棚に収めてある収納物の取り出しおよび収納を行う。

行動型エージェント **kappa1a:** 立体視用のカメラを有し、 6 自由度でハンドを持つアームを 2 台有する自走型ロボットである。地図データベースに基づき地点間自律移動を行う。地図データベースは、停止場所と廊下で表されている。他エージェントとの通信は、動画像の転送および音声の転送、無線 Ethernet による TCP/IP 通信で行なう。

行動型エージェント **kappa1b:** 搬送を目的としている。アームがない点以外 kappa1a と同様の仕様である。

2.2 ソフトウェアエージェント

ユーザインタフェースエージェント: タスクを入力するためのエージェントである。

画像処理エージェント: 色データベースとの比較により収めてある場所を割りだす機能を有する。

メディエータ: エージェント間の情報伝達の仲介を行うエージェントである。

エージェント間メッセージ伝達のための共通プロトコルには KQML(Knowledge Query and Manupulation Language)[2] を用いている。

3 メディエータの機能

メディエータは、異なるエージェント間での知識の差異を吸収するために知識の変換機能を有する。以下に、与えられたタスクに対する、各エージェントの行動生成という観点からメディエータに必要な機能を記す。

- 命令の属性値の決定機能: タスクが与えられた時に不足している情報を補う。
- タスク分解機能: タスクの粒度が大きく実行できるエージェントが存在しない場合、与えられたタスクの分解を行なう。
- エージェント割り当て機能: 分解された各タスクに対し、それぞれ実行するエージェントを決定する。
- トランスレート機能: エージェント固有の知識と共有可能な知識との変換を行なう。

4 共有可能な知識 (オントロジー)

メディエータに必要な各機能を実現するために、以下のエージェント間で共有可能な知識の基本概念体系 (オントロジー) を作成した。

4.1 ものに関する知識

ものに関する知識をクラス階層で表現した。ものに関する知識を参照することで、対象物について不足している情報をそのクラス情報で付加できるようにした。ものに関する知識の例として、ものの名称、および、ものの属性である色、重さ、所在地などがあげられる。

4.2 空間に関する知識

エージェント間の協調動作を行う際に、特定の場所を互いに認識する必要がある。例えば、ものの手渡しを行なう命令なら互いに手渡しを行う地点を理解しないと実行出来ない。そこで、場所の表現に指標と前置詞や動作表現や方向表現を組み合わせた表現を導入する。指標にはエージェント間で共通のものに関する知識での名称を用いている。

以下に場所に関する知識の表現形式について記す。

1. 前置詞 (指標)
   (例)on(kappa1b),in front of(rack)
2. 動作表現 (指標)
   (例)viewpoint(rack),meetingpoint(kappa1a,kappa1b)
3. 方向表現 (指標)
   (例)upward(rack)
4. 副詞 (指標)
   (例)here(operator)
5. 状態表現 (指標)
   (例)state(door)

---

*An Ontology-based Cooperative Environment for Real-world Agents and Information Agents

†Kouji Iwata・Atsusi Sawada・Hideaki Nishida・Toyoaki Nishida

‡Nara Institute of Science and Technology

4.3 タスクに関する知識

タスクに関する知識は、タスク分解の表現とエージェント能力の表現から構成される。それぞれ、以下で定める命令形式で記述されている。なお、命令はフレームで表現される。フレーム名に命令の名称、スロット名に命令の属性名、スロット値に属性値がそれぞれ代入される。

命令 =(命令名称 (属性名 属性値)
(属性名 属性値)
:)

分解できない基本的な命令を基本命令、組合わされた命令を複合命令と定める。なお、基本命令の属性を増やした命令も複合命令と定める。
基本命令の例を以下に記す。

移動する	move	つかむ	grasp
放す	release	見付ける	find
維持	hold	受け取り	r_handover
手渡す	h_handover		

複合命令の例を以下に記す。

複合命令	命令の組合せ
取って来る (fetch)	move+bring
持って来る (bring)	handover+carry,find+grasp+hold+carry
探す (search)	find,move+find
手渡す (handover)	r_handover+h_handover,
	move+find+grasp+carry+release
運ぶ (carry)	move

命令の属性名として、運ぶ物の名称が属性値となる object、運ぶ物の初期地 from_place および最終地 to_place、また、エージェントの現在地 from、移動先 to などがあげられる。なお、命令を実行するエージェントの名称は、 subject の値に代入される。

- タスク分解の表現
  複合命令が命令 1 と命令 2 の組合せである表現を記す。

  ((複合命令名称 (属性名 属性値)
  (属性名 属性値)
  :)
  (複合命令の属性間の制約)
  (命令名称 1 (属性名 属性値)
  :)
  (命令名称 2 (属性名 属性値)
  :))

- エージェントの能力の表現
  命令を実行出来るエージェントの表現を記す。

  (命令名称 (subject エージェント名)
  (属性名 属性値)
  :)

5 例題

操作者 (名称:operator1) が、棚エージェント (名称:rack_agt1) にあるマニュアル (名称:solaris) を手元に欲しいとする。

```
((fetch (object solaris)
        (from_place ?place-a) (to_place (on operator1))
        (subject ?agent-b)
        (from ?place-c) (to ?place-d)))
```

図 1: 入力するタスクの表現

```
((move (subject kappa1b)
    (from (at kappa1b) (to (in_front_of rack_agt1)))
 (r_handover (object solaris)
    (from_place (on rack_agt1)) (to_place (on kappa1b))
    (subject kappa1b) (from (at kappa1b))
    (to (meetingpoint rack_agt1 kappa1b)))
 (h_handover (object solaris)
    (from_place (on rack_agt1)) (to_place (on kappa1b))
    (subject rack_agt1)
    (from (meetingpoint rack_agt1 kappa1b))
    (to   (meetingpoint rack_agt1 kappa1b))
 (carry (object solaris)
    (from_place (on kappa1b)) (to_place (on kappa1b))
    (subject kappa1b)
    (from (at kappa1b)) (to (in_front_of operator1))))
```

図 2: 共有命令系列

5.1 入力および属性値の決定機能

solaris のマニュアルを取って来る命令の表現を図 1に記す。

命令は fetch を用いて表され、 object に solaris、 to_place に自分の場所を表す (on operator1) を代入する。? のついた属性値が変数であり、属性値の決定機能により代入される。

5.2 タスク分解機能およびエージェントの割り当て機能

タスク分解およびエージェントの割り当ての結果得られる共有可能な命令系列 (共有命令系列) を図 2に記す。

5.3 トランスレート機能

共有可能な命令の命令名称および属性名、属性値は、タスクを実行するエージェント固有の命令名称および属性名、属性値に変換される。

6 まとめ

異なるエージェント間で、知識伝達による協調動作を行なう場合には互いに知識の相互理解が必要である。

本論文では、ロボットの協調環境を例に、エージェント間で共有可能な知識を定め、エージェント固有の知識と共有可能な知識との変換を行なうメディエータについて述べた。共有可能な知識としては、ものに関する知識、空間に関する知識、タスク分解に関する知識、およびタスクを実行するエージェントに関する知識を定義した。また、命令の属性値の決定機能、タスク分解機能、エージェント割り当て機能、トランスレート機能を持つメディエータを作成した。

参考文献

[1] 堂下、西田、山田. 空間認知と言語理解. オーム社, 1991.

[2] Tim Finin, Don McKay, Rich Fritzson, and Robin McEntire. KQML: An information and knowledge exchange protocol. In Kazuhiro Fuchi and Toshio Yokoi, editors, *Knowledge Building and Knowledge Sharing*. Ohmsha and IOS Press, 1994.