

人からの作業指示を利用した知識の自動獲得と環境への知識埋め込みに関する研究

Knowledge Acquisition using Human-machine Interaction and Embedding knowledge into Environment

1 0 6 1 0 2 0

研究者代表 福井大学大学院工学研究科 助教授 前 泰志

[研究の目的]

少子高齢化社会の進展とともに、人間の日常生活を支援するための家庭用ロボットの導入が期待されている。日常生活で人間がロボットを使い易くするためには、人間がロボットに指示を与える場合には、できるだけ人間同士で作業を頼むときのような自然な会話でロボットに命令を与えられることが望ましい。本研究の目的は、要介護者などのユーザが、人に頼む時のような簡単な指示でロボットを遠隔操作し、作業を達成できるようにすることである。

[研究の内容、成果]

本研究では、ロボットが人間の指示から得られる作業対象物の知識を、物体に添付したRF-IDタグに蓄えていくことによって、次回からはロボットがRF-IDタグから知識を得て、人間からの詳細な指示なしで行動できるようにすることを目標とする。課題として、一般ユーザがロボットに与えるあいまいな指示では作業に必要な事柄も省略されることが多く、ロボットが行動できないことがあげられる。本研究では、このような場合に、ロボットが人間に詳細な指示を求めることによって、作業に必要な知識を得ることとする。人間との対話から物体の知識を獲得することによって、ロボットは、センサからでは得られない物体固有の名前や、所有者などの知識も得ることができる。得られた知識を作業対象に添付したRF-IDタグに蓄えることによって、次回からは人間の指示があいまいな場

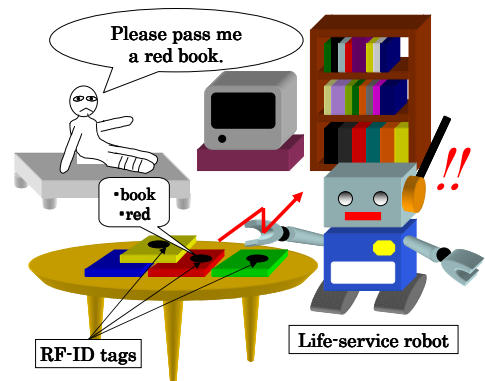


図 1: 環境から知識を得て行動するロボット

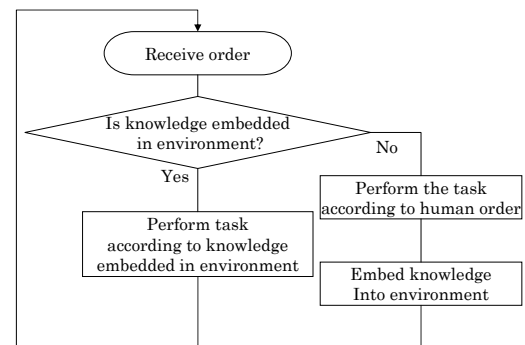


図 2: ロボットの行動の流れ

合にも、ロボットが不足している詳細な情報をRF-IDタグから取得し行動できるようにする。

本手法を用い、より多くの知識が蓄えられた環境を構築することで、より簡単な指示でロボットが行動できるようになる。

1 対話を用いた環境知能化

人間から指示を与えられたときのロボットの行動の流れを図2に示す。人間からの指示やRF-IDタグから得られる知識が十分にある場合、ロ

ボットはそれらの知識を用いて作業を行う。知識が不足している場合には、ロボットは人間により詳しい指示を求め不足している知識を得る。ロボットは新たに得られた知識を物体に添付してある RF-ID タグに蓄え、作業を行う。

ロボットが人間から指示を受ける度に上記の処理を行うことによって、徐々に多くの知識が RF-ID タグに蓄えられて行く。その結果、十分な知識が環境に蓄えられた後、ロボットは行動すべき場所で RF-ID タグから知識を得て、人間からの詳しい指示なしでも行動できるようになる。

本研究で知識として用いるものは、物体の形状や色、大きさといったセンシングによって得られる情報、物体の名称や所有者などセンシングによって得られない情報である。例えば、対象物が「青い数学の本」の場合、RF-ID タグに蓄える知識としては、長方形（形状）、青（色）、本（名称）、数学（内容）である。

2 対象物の画像認識法

ロボットは得られた対象物の色と形状から対象物の物体モデルを作成し、Model-based Matching 法により画像中から対象物を検出する。画像処理により画像中にどこに何があるかを認識した例を図3に示す。

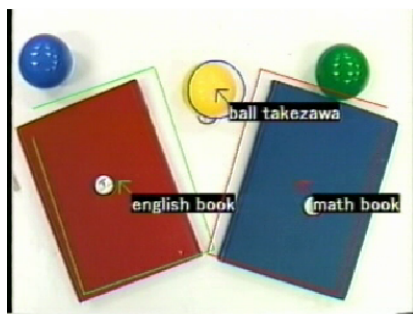


図 3: 物体モデルを用いた画像認識

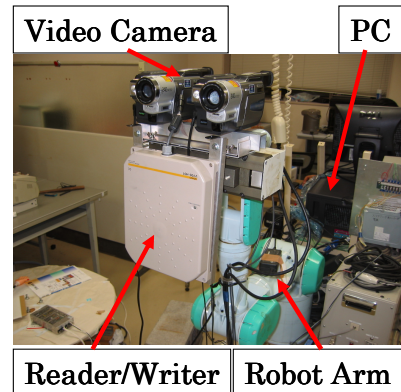


図 4: 実験で用いたロボットアーム

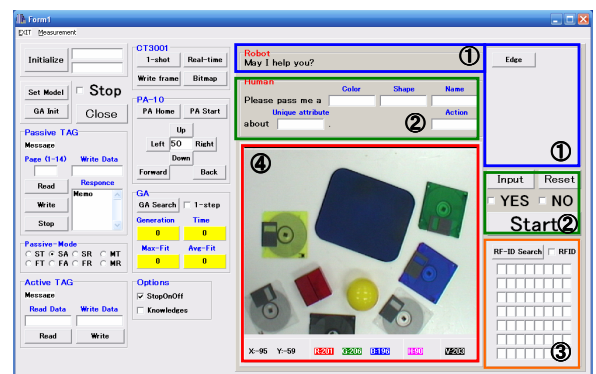


図 5: 人とロボットの対話用パネル

3 実験

生活支援ロボットが人間の指示に従って、様々な物体が置かれたテーブルから「数学の本」を選択する実験を行った。実験では、ロボットがいくつかの物体があるテーブルの前において、指示された本を認識して掴む状況を想定した。生活支援ロボットの代わりにロボットアームを用い、手先にビデオカメラと RF-ID タグのデータを読み書きするためのアンテナを装着して用いる (図 4)。人間がロボットに「数学の本を取ってください」と指示したときに、ロボットアームが環境中から数学の本を手先で選択する実験を行った。

本実験では、人間との対話は図5に示す PC のモニター上に表示されたパネルを使い、対象物の色や形状をキーボードを用いて入力しロボットに知識を与えた。

実験では、テーブルの上にある物体の状況として次の2つの状況 A,B を用意した。

状況 A 対象物の青い本が1冊ある (図 6)。

状況 B 対象物の青い本以外に別の青い本が1冊あり、ロボットは画像から2冊の青い本を識別できない (図 7)。

環境 A,B について、知識が環境に蓄えられる前と後を想定し、RF-ID タグに知識がない状態と知識がある状態の計4つの場合で実験を行った。

実験 1: 状況 A. 知識なし。

実験 2: 状況 A. 知識あり。

実験 3: 状況 B. 知識なし。

実験 4: 状況 B. 知識あり。

状況 B において RF-ID タグに蓄えてある知識を表1に示す。

ロボットは人間から指示を与えられた後に、その場にある RF-ID タグからデータを読み込む。その後にロボットが行う動作を各実験について次に述べる。

実験 1 RF-ID タグに知識が蓄えられていないため、人間との対話から本の色と形状を得て物体モデルを作成し、画像認識で1つの青い長方形を検出する。人間に検出物が対象物であるか確認する。

実験 2 「本」「数学」の知識が蓄えられている物体が1つしかないので、その物体を対象物として認識する。

実験 3 RF-ID タグに知識が蓄えられていないため、人間との対話から本の色と形状を得て物体モデルを作成し、画像認識で2つの青い長方形を検出する。人間にどちらの検出物が対象物であるか教えてもらう。

実験 4 「本」「数学」の知識が蓄えられている物体は1つしかないので、その物体を対象物として認識する。

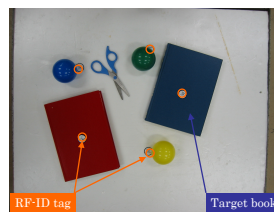


図 6: 状況 A

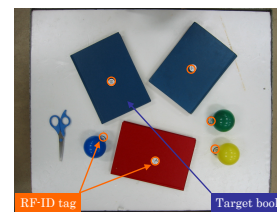


図 7: 状況 B

ID	Name	Color	Shape	Content
no006	book	blue	square	math
no009	book	red	square	english
no011	ball	green	circle	...
no012	book	blue	square	robotics
no015	ball	yellow	circle	...
no016	ball	blue	circle	...

表 1: 実験 4 でタグに蓄えられている知識

4 作業効率の比較

環境中から指示された物体を選択する上記の実験において、人間と機械の協調システムの知的さを評価するための指標である MIQ (Machine Intelligence Quotient) を用いて、環境に蓄えた知識を用いて作業を行うことの有用性を示す。MIQ は、作業を行う際に必要となる作業コストの総和である CIQ (Control Intelligence Quotient) から、作業に必要な人間の知的さを表す HIQ (Human Intelligence Quotient) を引くことで計算される。MIQ を計算するために、ITG (Intelligent Task Graph) と呼ばれる一連の作業をいくつかのタスクに分割し各タスクの関係を表す図を作成し、各タスク毎に、そのタスクを行うために必要な作業コストなど、幾つかのパラメータを与える。実験 1 から実験 4 における ITG を図 11 から図 14 に示す。図中の (1) から (8) は物体を認識する作業を 8 つに分割したときの各タスクの番号を表す。各タスクの内容を以下に示す。

- (1): 対象物の名前を得る。
- (2): 対象物の色を得る。
- (3): 対象物の形状を得る。
- (4): 対象物の特徴を得る。
- (5): 対象物の大きさを得る。

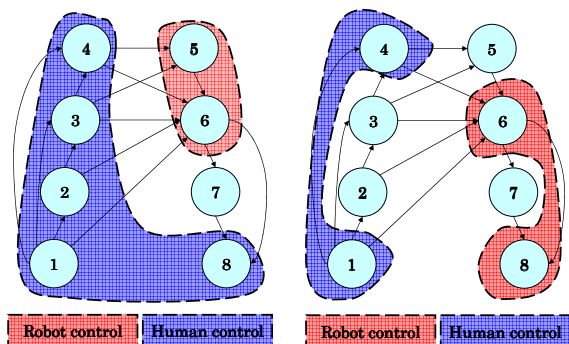


図 8: 実験 1 の ITG

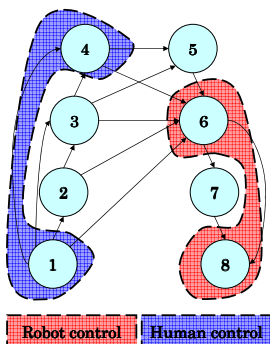


図 9: 実験 2 の ITG

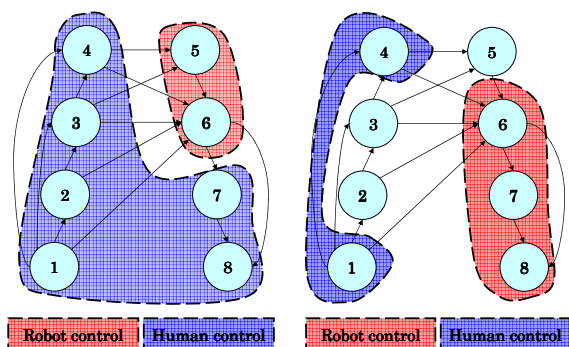


図 10: 実験 3 の ITG

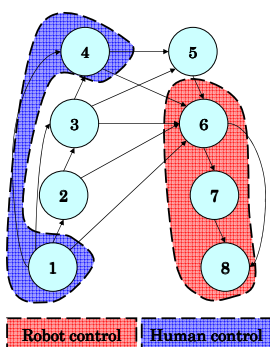


図 11: 実験 4 の ITG

Experiment	CIQ	HIQ	MIQ	MIQ/CIQ
1	75	47.3	27.7	36.9
2	49	18.7	30.3	61.8
3	105	78.3	26.7	25.4
4	79	18.7	60.3	76.3

表 2: 実験における CIQ, HIQ, MIQ

(6): 対象物の候補を発見する。

(7): 候補から対象物を選択する。

(8): 対象物を確認する。

ここで、CIQ は最大で 105 となるようパラメータを設定した。図 11 から図 14 から分かるように、同じ作業結果が得られる場合でも、作業を達成するまでに行うタスクに違いがある。環境に知識を蓄えることによって、少ないタスクで物体を認識できていることが分かる。実験 1 から実験 4 における CIQ, HIQ 及び MIQ の計算結果を表 2 に示す。

表 2 から、環境に知識を蓄えることによって、MIQ の値が高くなり、CIQ がの値が低くなっていることがわかる。これは、指示された本を選択するという同じ作業結果が得られる作業でも、

環境に知識を蓄えることによって、作業を達成するまでに必要となる作業コストを減少させていることを示している。また、作業を達成するまでに求められる作業コストに対して、ロボットが行う作業の割合 (MIQ/CIQ) は、増加している。つまり、環境に知識を蓄えることによって、作業自体が容易になることと、ロボットが人からの指示なしで作業できる割合が増えることによって、作業を達成するまでの人間の負担を減少できていると言える。

[今後の研究の方向、課題]

人間から与えられた知識を環境にだけ蓄えておくと、その知識は蓄えた環境近辺でしか利用できない。ある場所や物体にしか使わない知識は、その場やその物体にだけ蓄えておけば良いが、ロボットが一度与えられた知識をどこでも利用するためには、ロボットが知識を蓄えておくほうが良い。このように与えられた知識を有効に利用するためには、ロボットが蓄えるべき知識と環境が蓄えるべき知識があり、それらを考慮して知識を蓄える方法の開発が今後の課題である。

[成果の発表、論文等]

- [1] Yasushi Mae, Yoshiteru Takezawa, Mamoru Minami: "Intelligent Environment Using RF-ID Tag," The 7th Asia-Pacific Conference on Control & Measurement, pp.177-181, (2006).
- [2] 竹澤佳晃, 前泰志, 見浪護: "環境知能化のための対話による知識獲得", 第 24 回日本ロボット学会学術講演会, 3I22, (2006).
- [3] 竹澤佳晃, 前泰志, 見浪護: "ロボットと人間の対話を利用した環境知能化", 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス部門講演会, 2P1-N02, (2007).