

ロボットからの発話：自発的発話生成のための 注意の表出機構の実現

今井倫太^{†1,†3} 小野哲雄^{†2} 石黒 浩^{†2,†4}
中津良平^{†2} 安西 祐一郎^{†3}

本稿では、ロボットの自発的発話生成における注意の表出機構を提案する。実世界の情報に関して述べた発話を人間に正しく理解させるためには、ロボットと同じ実世界の情報に人間の注意を向ける必要がある。本稿で提案する注意の表出機構では、ロボットが注目する情報源にロボットの首を向けることによって物理的対象への注意を表出し、ロボットと人間との共同注意を達成する。また、人間の方へ首を向けアイコンタクトも行い、より確実に人間の注意を情報源へと向ける。本稿では、注意の表出機構を利用して発話生成機構 Linta-III を実装した。Linta-III は、注意の表出の度合いに応じて発話文の表現を変え、実世界の情報への文の依存度を調整する。また、本稿では、行動実験を行い、人間の発話理解における注意の表出機構の有効性を示した。

Utterance from Robot: Attention Expression Mechanism for Spontaneous Utterance Generation

MICHITA IMAI,^{†1,†3} TETSUO ONO,^{†2} HIROSHI ISHIGURO,^{†2,†4}
RYOHEI NAKATSU^{†2} and YUICHIRO ANZAI^{†3}

This paper proposes an attention expression mechanism for a robot to generate a situated utterance spontaneously. The crucial factor to make it easier for the person to interpret the situated utterance is to develop joint attention between the person and the robot. To develop joint attention with the person, the attention expression mechanism draws person's attention to the same real world information where the robot pays attention by turning its head towards the target of the attention and carrying out eye-contact with the person. In addition, an utterance generation mechanism Linta-III was developed with the attention expression mechanism. Linta-III adapts an utterance text in response to developing joint attention. Also, this paper conducted an experiment to confirm the effect of the attention expression mechanism on developing joint attention.

1. はじめに

近年、ペットロボット^{1),8)}の登場により、日常生活の場面にロボットが現れつつある。今後、ロボットは、介護や家事といったより身近な仕事に導入されるであろう。しかし、人間の生活の場でロボットが円滑に活動するためには人間が一方的に命令を与えるのではな

く、ロボットも積極的に人間に用件を伝え、作業を依頼する必要がある。本稿では、センサ情報をもとにしたロボットの自発的な発話生成について取り上げる。

実世界で起きた出来事について発話する場合、状況や文脈から自明な情報を省き、長さが短く伝達効率の良い発話文を生成する必要がある。発話文からの自明な情報の省略は人間同士のコミュニケーションで頻繁に起こることである。自明な情報を述べてしまうと、発話文は、くどい印象を人間に与えてしまう。よって、実世界の情報に関する発話文をロボットが自発的に生成する場合、代名詞を用いたり単語自体を省略したりして、センサ情報に関する内容を適宜省く必要がある。

発話の生成や認識にセンサ情報を用いる試みは、いままでも行われてきた^{7),9),10)}。たとえば、画面に地図を表示しタッチパネルを用いて人間から非言語情報

†1 ATR メディア情報科学研究所

ATR Media Information Science Laboratories

†2 ATR 知能映像通信研究所

ATR Media Integration and Communications Research Laboratories

†3 慶應義塾大学

Keio University

†4 和歌山大学

Wakayama University

を獲得するシステムがある^{9),12)}。ユーザが、地図上の建物を指差しながら「ここへ行きたいです。」と指示語で発話入力できる。

さらに、発話の認識や生成時の状況参照の計算コストを下げるために複数のセンサ情報の中からある特定の情報を選び出し注目するシステムの研究もされている^{2),10)}。特定のセンサ情報へ注目する機構は一般的に注意機構と呼ばれる。たとえば、ロボットの発話生成に注意機構を用いたシステムに Linta-II¹⁰⁾がある。Linta-II では、注意機構が、ロボットの移動方向に応じて特定のセンサ情報に注目したり、突然出現した障害物に反射的に注目したりする機能を持つ。よって、ロボットの行動や外界の状況により注目すべきセンサ情報があらかじめ選択されるので発話生成時の状況参照の計算コストを下げる事ができる。

しかし、ロボットの発話生成に話を限定すると、従来の注意機構によるセンサ情報の選択だけでは実世界の情報に関する内容を発話文から省くことができない。なぜなら、ロボットが注目しているセンサ情報を人間に示す手段が存在せず、もし実世界の情報が発話文から省かれていると発話内容が十分伝わらない可能性があるからである。この事実は、ロボットの自発的発話生成の実現において非常に重要な課題である。ロボットが自発的に発見した実世界の情報に人間も気づいている可能性が低いからである。実世界の情報が省かれた発話文を聞き手が理解するためには、話し手と聞き手が、同一の実世界の情報に注目している必要がある。社会心理学や発達心理学の分野では、実世界の同じ情報に2人の人間が注目することを共同注意と呼び、共同注意を持つ2人と、注意が向けられている対象の3つの間の関係を三項関係という⁶⁾。つまり、ロボットが発話を生成する際には、人間とロボット、実世界の情報の間に三項関係が成立する必要がある。

本稿では、人間とロボット、実世界の情報の間に三項関係を成立させるための機構、注意の表出機構を提案する。注意の表出機構は、ロボットの首の動きによりロボットが注意を向けている情報の表出を行う。また、注意の表出機構を利用した自発的発話生成機構 Linta-III を実現する。注意の表出機構および Linta-III は、自律移動ロボット(エブリデイロボット¹¹⁾)上に実装されている。

注意の表出機構は、三項関係を発話生成に利用するため以下の機能を持つ。

- (1) 注意が向けられている対象の明示化
首の動きによる注意の表出により実世界の情報とロボットの関係を明示化し、人間と三項関係

を形成する。

- (2) 三項関係の形成の判定

表出されている注意で三項関係が形成できるかを判断する。

- (1) の機能により三項関係が成立するため、Linta-III は、実世界の情報を人間が参照していることを前提として発話生成することができる。

またさらに、Linta-III は、(2) の機能により実世界の状況に応じて発話文を変更する。(2) の機能は、ロボットが表出した実世界の情報に対して人間が気づきやすいかどうかを判定しているため、Linta-III は、判定結果に従い、曖昧さが生じない発話文を生成する。

本稿の構成は、以下のとおりである。2章で、共同注意に基づいた発話生成および、Linta-III の実装環境について説明する。3章では、注意の表出機構の構成および、注意の表出過程について説明する。4章では、Linta-III による注意の表出機構を用いた発話生成について説明する。5章で、注意の表出機構および Linta-III の発話生成例を示し、6章で、発話生成の評価を行う。7章では、注意の表出の効果について考察し、8章で、まとめを述べる。

2. 共同注意に基づく発話生成

2.1 外界の情報を参照した発話文

本稿では、ロボットによる、実世界の情報を参照した発話生成について取り上げる。よって、本稿で扱う発話文では、発話文とセンサ情報の関係が重要になる。そこで、発話文の意味を表すために、状況と発話の関係に焦点を絞った形の論理表現を用いる。具体的には、センサ情報と発話単語を結合するセンサ結合関数 f を用いる。たとえば、センサ結合関数 f は、あるセンサ情報 s と発話単語 w に対して $f(w) = s$ といった関係を与える。

例として、以下のロボットの発話について考える。

例文 1 *KORE WO DOKETE KUDASAI*

この発話文の意味は以下のとおり表される。

意味表現 1

$$\text{ask}(R, P, \text{move}(P, O)), f(\text{KORE}) \\ = O, f(\text{ANATA}) = P$$

ここで、 R はロボット自体を指す。 P および O は、ロボットが獲得したセンサ情報であり、それぞれ、人間および物体の位置を表す。つまり、上記の発話は、センサ結合関数 f によって、センサ情報(人間 P と物 O)に「ロボットが、物を動かすことを人間に依頼

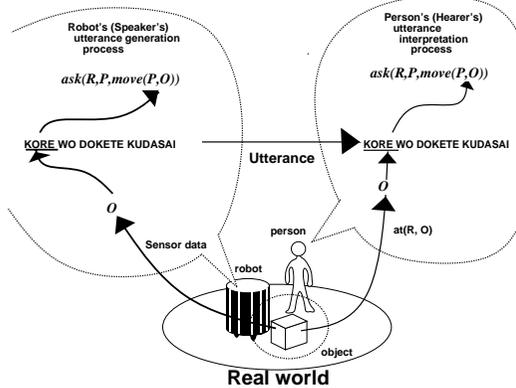


図 1 三項関係による発話の伝達

Fig. 1 Communication based on triadic relation.

している」という関係をもたらす。

2.2 共同注意と三項関係

実世界の情報に関して述べた発話を理解するには話し手と同じ情報に聞き手が注目しなければならない。図 1 に、実世界の情報を参照した発話がロボットから人間へ伝わる過程を示す。図は、箱の前でロボットが例文 1 を発話した場面である。左の吹き出しは、ロボットの発話生成の過程を、右の吹き出しは、人間の発話理解の過程を示す。ロボットは、センサ情報 O を参照しながら、伝えたい内容 $ask(R, P, move(P, O))$ を例文 1 で表す。図では、人間 P やロボット R が実世界の対象 O に注意を向けていることをそれぞれ $at(P, O)$, $at(R, O)$ で表す。ここで、 at は、attention の頭文字である。

図の状況で、同じ内容を人間が発話文から取り出すためには、人間も、同じ箱に注目する必要がある。さらに、人間は、同じ箱にロボットが注目していることにも気づく必要がある。ロボットの箱への注目 ($at(R, O)$) に気づいて初めて人間は、発話文中で箱が参照されていることを知ることができる。つまり、人間とロボットが、お互い同じ箱を見るときに共同注意を持つ必要がある。

ある物に対して話者と聞き手が共同注意を持つとき、話者と聞き手、物の間に三項関係が成り立つという⁶⁾。図 2 に、三項関係の図解を示す。三項関係は、自分の注意と他者の注意を同時に扱うため、図に示す複雑な構造となる。図では、人間 P とロボット R が同じ物 O に注目している ($at(P, O), at(R, O)$) のと同時に、同じ物に相手が注目していることをお互いが気づいている状態となっている ($at(R, at(P, O)), at(P, at(R, O))$)。また、さらに、人間もロボットもお互いに、同じ物に自分が注目していることを相手が気づいていることにも気

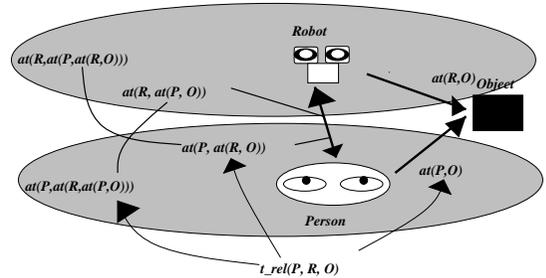


図 2 三項関係の図解

Fig. 2 Explanation of triadic relation.

づいている状態となっている ($at(P, at(R, at(P, O))), at(R, at(P, at(R, O)))$)。

人間同士での共同注意では、図 2 のとおり、相手の注意や、さらに相手を通して自分の注意に双方が気づいている必要がある。しかし、本稿の目的は、ロボットの発話の指示対象を人間に気づかせることなので、ロボットと同じ物に注目していると人間が思い込めば十分である。ロボットが共同注意を持つ必要はない。よって、図 2 の人間側の注意の成立だけを考えればよいことになる。つまり、物への注意 ($at(P, O)$) および、ロボットが持つ注意への注意 ($at(P, at(R, O))$)、人間の注意をロボットが気づいていることへの注意 ($at(P, at(R, at(P, O)))$) を人間に持たせることができれば十分である。共同注意を人間に持たせるための機構の設計指針として以上の条件を便宜上ルール の形でまとめると以下の形となる。

設計指針 1

$$t_rel(P, R, O) \leftarrow \begin{array}{l} at(P, O), \\ at(P, at(R, O)), \\ at(P, at(R, at(P, O))) \end{array}$$

ここで、 $t_rel(P, R, O)$ は、人間 P が、物 O に対して三項関係をロボット R と一緒に持っている状態を示す。設計指針 1 は、人間が、右辺の 3 つの注意を持つときに、三項関係 $t_rel(P, R, O)$ を持っていることを示している。本稿では、ロボットの振舞いによって、設計指針 1 の右辺の注意を人間に持たせる機構について考える。

2.3 実装環境

本稿では、実装にあたり、顔と腕を持つエブリデイロボット¹¹⁾を用いる(図 3)。エブリデイロボットの下半身(下の円筒部)は Nomadic Technologies 社製の移動ロボット Nomad XR4000 である。上半身(首、腕)は著者らが開発した。XR4000 は、超音波距離センサおよび赤外線距離センサ、タッチセンサを本体の周囲に上下 24 個ずつ持つ。また、マザーボードを 2

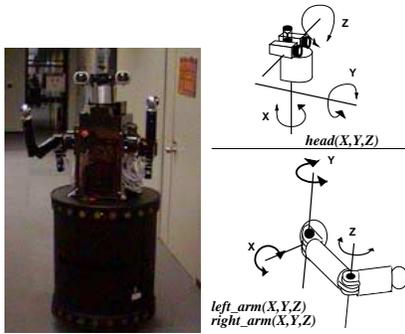


図3 エブリデイロボット
Fig. 3 Everyday Robot

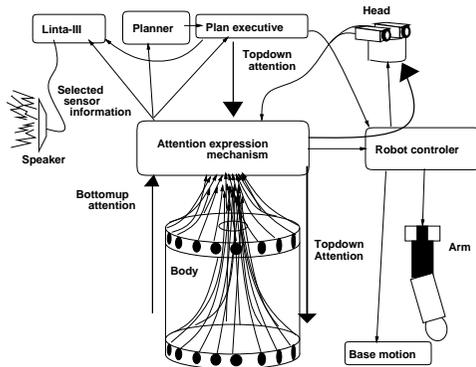


図4 エブリデイロボットのシステム構成
Fig. 4 System configuration of Everyday Robot

つ持ち、上半身と下半身を別々に制御し、音声ボードで発話する。

首は、図3の $head(X, Y, Z)$ に示す3軸の可動部を持ち、人間の頭の動きを再現する。首には、2つのCCDカメラと、360度撮影可能な全方位カメラを1つ持つ。CCDカメラは、ロボットの視線を人間に感じさせるために2つ搭載されている。腕は、図3の $left_arm(X, Y, Z)$ および $right_arm(X, Y, Z)$ に示す3自由度のアクチュエータで構成される。

本稿では、超音波距離センサおよび赤外線距離センサ、タッチセンサをそれぞれ $\{s_i | 0 \leq i \leq 47\}$ 、 $\{r_i | 0 \leq i \leq 47\}$ 、 $\{t_i | 0 \leq i \leq 47\}$ と表現する。 i は、XR4000上のセンサの位置を表し、 $0 \leq i \leq 23$ は上段、 $24 \leq i \leq 47$ は下段を指す。センサの値は距離（タッチセンサはオンオフ）情報である。全方位カメラからの情報は v で表す。値は、目的の色が存在する方向の角度情報である。

図4に、エブリデイロボットのシステム構成を示す。エブリデイロボットは、発話生成機構 Linta-III および注意の表出機構、プランナ、プラン実行部、ロボット制御部で構成される。エブリデイロボットの行動は、

プランナで行動プランが作られ、プラン実行部で実行される。位置の移動や首、腕の制御は、ロボット制御部がプランの実行に従い行う。

また、エブリデイロボットでは、注目すべきセンサ情報 (s_i, r_i, t_i) が注意の表出機構により選択される。注意の表出機構で用いる手法は、Linta-II¹⁰⁾と同じ意図的注意と反射的注意である。意図的注意は、行動時に必要なセンサ情報を意図的に選択し注目する。反射的注意は、緊急に対処すべきセンサ情報に注意を向ける。たとえば、距離センサ s_{10} の値が急激に小さくなったとき、障害物と判断できるので、注意の表出機構は反射的注意を s_{10} に向ける。また、エブリデイロボットが前進しているときは、障害物を避けるために前方のセンサ $\{s_i | 0 \leq i \leq 5\}$ を意図的に選択する。

選択されたセンサ情報は視覚情報 v により人間 P と物 O に区別される。人間と物の位置は、エブリデイロボットからの距離と方向で示され、それぞれ (d_p, θ_p) 、 (d_o, θ_o) と表現される。

人間のいる方向と距離は、注意の表出機構が注目しているセンサ情報 (s_i, r_i) が肌色の方向（視覚情報 v ）と一致するとき、この距離と方向から $d_p = s_i$ （または r_i ）、 $\theta_p = v$ とする。一致しない場合には、物として扱い、 $d_o = s_i$ （または r_i ）、 $\theta_o = i * 360/24$ となる。

2.4 エブリデイロボットの発話

Linta-IIIは、実世界の事態に関して依頼の発話文を生成する。生成する発話文は以下の意味表現を持つ。
意味表現 2

$$p_1(R, P, p_2(P, O)), f(\mathbf{R}) = R, f(\mathbf{O}) = O$$

意味表現 2は、意味表現 1を簡略化したものである。また、三項関係の役割を簡潔に説明するために意味表現 2では、1つの文で参照する実世界の情報を1つに限る。よって、発話の意味はロボット R および人間 P 、参照単語 O 、述語 p が要素となる。ここで、太字で表記される R および P 、 O は、発話中の単語を表し実世界の情報 R および P 、 O と区別する。

Linta-IIIの目標は、指示語によって単語 O が発話文から省略されるときに、省略された実世界の情報 O を人間に気づかせることである。

3. 注意の表出機構

3.1 視線と注意の表出

注意の表出機構は、エブリデイロボットの首を用いて共同注意を人間に持たせる。つまり、注目の方向へ

各センサは、エブリデイロボットの全周に24個ついているため。

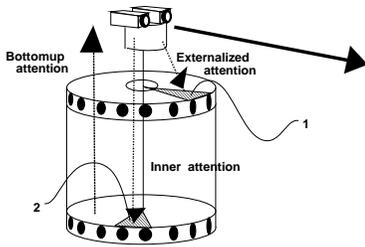


図5 首による注意の表出

Fig. 5 Externalization of attention with head motion.

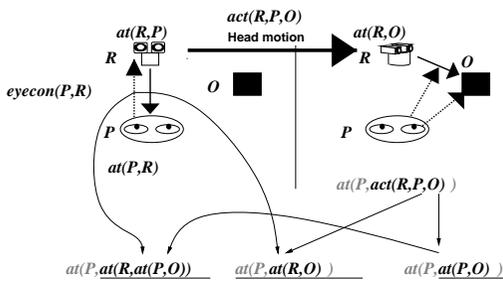


図6 注意の表出による三項関係の形成

Fig. 6 Development of triadic relation with attention externalization.

首を向けエブリデイロボットの注意を表出し、注目の対象とエブリデイロボットの関係を人間に示す。

注意の表出の概略を図5に示す。図では、1と2の網掛けの範囲の超音波距離センサに注意の表出機構が意図的注意を向けており、2つのうちの1のセンサの方向に首を向け注意を表出している。1への注意の表出から、人間は、1の方向にエブリデイロボットが注目していることに気づきやすくなる。首による注意の表出がなければ人間は気づく術がないことになる。

さらに、注意の表出機構は、三項関係の成立の度合いを判定する。三項関係の成立度の判定により、Lintal-IIIは、人間とロボット間に共同注意が成立するか判定でき、実世界の情報に対して発話文の依存度を適切に調整できる。

3.2 注意の表出と三項関係

人間に三項関係を持たせるためには設計指針1の右辺の注意 $at(P, O)$ および $at(P, at(R, O))$, $at(P, at(R, at(P, O)))$ を人間に持たせることができればよい。注意の表出機構は、エブリデイロボットの首の動きにより人間の注意を喚起し、各注意を人間に持たせる。首の動きと三項関係の成立の様子を図6に示す。図では、エブリデイロボットが、首の動き $act(R, P, O)$ によって、人間への注意の表出 $at(R, P)$ と物への注意の表出 $at(R, O)$ を交互に行っている。

つまり、人間の方と物の方を交互に見る動きをとっている。また、人間の方へエブリデイロボットが首を向けた際に、お互いの視線が合い、アイコンタクト $eyecon(P, R)$ が成立する場合がある。注意の表出機構は、一連の首の動き $act(R, P, O)$ およびアイコンタクト $eyecon(P, R)$ によって設計指針1の右辺の注意を人間に持たせ、共同注意を達成する。

以下、図6に沿って共同注意の成立過程を説明する。注意の表出機構は、エブリデイロボットの首の動き $act(R, P, O)$ によって物 O の存在を人間に気づかせ、物への注意 $at(P, O)$ を人間に持たせる。つまり、 $act(R, P, O)$ は、人間に対して以下の効果を狙っている。

効果1

$$at(P, act(R, P, O)) \rightarrow at(P, O)$$

効果1は、エブリデイロボットが首を動かすとき ($act(R, P, O)$)、人間に注意 $at(P, O)$ を持たせる効果があることを表す。ここで、 $at(P, act(R, P, O))$ は、人間が、エブリデイロボットの首の動きに気づいている状態を示す。

アイコンタクト $eyecon(P, R)$ は、設計指針1に示す注意 $at(P, at(R, O))$ および $at(P, at(R, at(P, O)))$ を人間に持たせる効果を狙っている。これら2つの注意は、ロボットが持つ注意に対して人間が持つ注意である。この注意が成立するためには、エブリデイロボットが現時点で何に注目しているのかについて人間が確信する必要がある。つまり、人間は、エブリデイロボットに対して持つ信念の確認をとる必要がある。

計算機上の分散システムでは、相手の信念を確認する計算手続を厳密に行おうとすると、次から次へと信念の入れ子構造が現れ停止しないことが知られている³⁾。つまり、メッセージだけのコミュニケーションでは、お互いの意思の確認に無限回通信する必要がある。一方、人間同士のコミュニケーションでは、言葉による確認以外に相手とのアイコンタクトを用いる。注意の表出機構は、人間同士のコミュニケーションに倣ってアイコンタクトによる信念確認を利用する。つまり、エブリデイロボットの首の動きによって、エブリデイロボットが、注意 $at(P, at(R, O))$ および $at(P, at(R, at(P, O)))$ を持っている人間に思わせ、アイコンタクトによって確信させる。以上をまとめると注意の表出機構は以下の効果を狙っている。

効果2

$$at(P, act(R, P, O)), eyecon(P, R) \rightarrow at(P, at(R, O))$$

効果3

$$at(P, O), eyecon(P, R) \rightarrow at(P, at(R, at(P, O)))$$

効果 2 は, エブリデイロボットの首の動き $act(R, P, O)$ によって, 人間が, ロボットの物への注意 $at(R, O)$ を察し, アイコンタクト $eyecon(P, R)$ によって確信するといった過程を表す. 効果 3 は, 人間が対象物に気づく ($at(P, O)$) と同時に, 同じ物に注目していることをエブリデイロボットも気づいているはずだと人間が察し ($at(R, at(P, O))$), アイコンタクト $eyecon(P, R)$ によって察したことを確信する過程を示す. 以上, 注意の表出機構は, 首の動きおよびアイコンタクトによる効果 1 から 3 で設計指針 1 を実現し, 人間に共同注意を持たせる.

注意の表出機構は, エブリデイロボットの首 $head(X, Y, Z)$ を X 軸方向 (首を左右に振る軸) に動かすことによって $act(R, P, O)$ を実現する. センサ情報によって, 人間の位置 (d_p, θ_p) および物の位置 (d_o, θ_o) が分かるので, $act(R, P, O)$ は, $X = \theta_o$ と $X = \theta_p$ を繰り返す動きとなる. ただし, 人間や物を注視しているのが分かるように, それぞれの方向へ一定時間向き続ける. ここで, 人間の方向へ首を向けた際に, アイコンタクトが成立したかどうかの判定は行っていない. また, 物の方を見る際には, Z 軸 (うなずきの方向) を動かし, 物の方向に視線を向ける.

3.3 三項関係の成立度

注意の表出機構は, 注意の対象や話し手との位置関係に応じて三項関係の成立の度合いを判定する. 三項関係の成立度の情報は Linta-III で発話生成に利用される.

三項関係の成立度は, 表出された注意の分かりやすさである. よって, 注意の表出機構は, エブリデイロボットから注意の対象までの距離および表出時の首の姿勢で判断する. 首の姿勢とは首の向きや視線の角度を指す. たとえば, エブリデイロボットの首の動作角は, 人間に近い左右 90 度までなので, 後方に対象がある場合, 表出は困難である.

具体的には, 物に対するセンサ情報 (d_o, θ_o) および人間に対するセンサ情報 (d_p, θ_p) , 表出時の首の姿勢 $head(X, Y, Z)$ により, 三項関係の成立度が決定される. 三項関係の成立度 $t_val(P, R, O)$ は, 人間への注意の表出度 $at_val(R, P)$ および物への注意の表出度 $at_val(R, O)$ の組合せで以下の式となる.

$$t_val(P, R, O) = (at_val(R, P), at_val(R, O)) \quad (1)$$

注意の表出度は, *certain* または *probable*, *uncertain* のいずれかの値をとる (以降 c, p, u で表す). 注意の表出度の判定条件を以下に示す (図 7).

判定条件 1 $-90(deg) \leq \theta_i \leq 90(deg)$

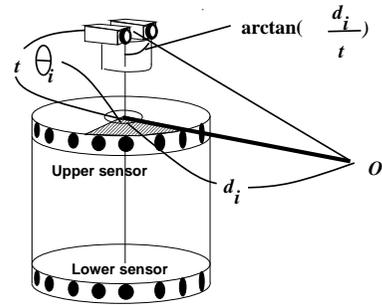


図 7 注意の度合いの判定

Fig. 7 Judgment of degree of attention externalization.

判定条件 2 $30(deg) \leq -\arctan(d_i/t)$

判定条件 3 $d_i \leq 1.5(m)$

判定条件 4 $d_i > 4.5(m)$

ここで, i は, 注意の対象物 (人間 P か物 O) を表す. また, 判定条件 2 の t は, 超音波距離センサの位置から首までの高さであり, 上段のセンサと下段のセンサで値が異なる. 判定条件 1 から 3 が満たされないとき注意は表出しにくくなっている. 個別に説明すると, 判定条件 1 は, 対象物へと首を向けるとき首の角度が $-90 \leq X \leq 90$ に収まるか判定する. 判定条件 2 は, 前に傾けた首の角度が Z 軸の限界 ($30 \leq Z$) を超えないかを判定する. 判定条件 3 は, 対象物までの距離が 1.5m 以内であることを判定する. また, 判定条件 4 は, 対象物までの距離が 4.5m 以上のとき, 人間が, 注意の表出に気づかない可能性があることを示す.

注意の表出度は, 判定条件 1 から 3 の条件により決定される. 条件をすべて満たすとき c となり, 2 つだけ満たすとき p , 1 つ以下のとき u となる. また, 判定条件 4 が成り立つときは, 注意の表出度を無条件に u とする. たとえば, 対象物 O の位置が 3m にあり人間 P の位置がすべての条件を満たすとき, 三項関係の成立度は $t_val(P, R, O) = (c, p)$ となる.

4. Linta-III

4.1 発話生成の過程

Linta-III は, 三項関係から自明となる実世界の情報を発話文から省く. よって, 注意の表出機構は, 実世界の情報に依存した発話文を生成するためにセンサ結合関数で結ばれた実世界の情報に対し三項関係の形成を試みる.

本稿で扱う発話文は意味表現 2 に示すとおり O を 1 つだけ含む. つまり, 注意の表出機構は, 実世界の情報を指示語 O で表すために $t_rel(P, R, O)$ を成立

表1 Linta-III で用いる発話単語
Table 1 Utterance words in Linta-III.

実世界の情報 O :	
あっち	ATCHI
こっち	KOTCHI
そっち	SOTCHI
あれ	ARE
これ	KORE
それ	SORE
障害物	SHOUGAIBUTSU
右	MIGI
左	HIDARI
前	MAE
後ろ	USHIRO
人間 P :	
あなた	ANATA
エブリデイロボット R :	
私	WATASHI
述語 $ask(-, -, move(-, -))$:	
どけてください	DOKETE KUDASAI
述語 $ask(-, -, go(-, -))$:	
向かってください	MUKATTE KUDASAI

表2 三項関係の形成度と発話文

Table 2 Utterance text and degree of triadic relation.

$t_val(P, R, O)$	発話内容	O
(c, c)	依頼	指示語
(c, p)	依頼	確定語 II
(p, c)	依頼	確定語 I
(p, p)	依頼	確定語 II
$(u, -)$		

させる。また、それぞれのセンサ結合関数 $f(\mathbf{R}) = R$ および $f(\mathbf{P}) = P, f(\mathbf{O}) = O$ は、注意の表出に応じて適切な単語を選ぶことにより実現される。

Linta-III の発話生成は以下の過程で行われる。

- (1) 発話すべきイベントが実世界で起き、実世界の情報 O に反射的注意が構成される。
- (2) プランナが、情報 O を、発話すべき対象であると判断し、 O に対して意図的注意を構成する。
- (3) 意味表現 2 の発話の内容を用意する。
- (4) 注意の表出機構が O への三項関係を人間に与える。
- (5) 三項関係の成立度を判定する。
- (6) 三項関係の成立度に基づいて発話文を生成する。

Linta-III で用いる発話単語を表 1 にあげる。実世界の情報 O には、障害物を示す単語のほかに、指示語や、方向を表す単語も用いられる。また、依頼の述語には、障害物の除去や場所の移動を人間に依頼するものが使われる。

4.2 三項関係の成立と発話生成

Linta-III は、三項関係の成立度に応じて発話文を

生成する。生成される発話文と三項関係の成立度の関係を表 2 に示す。発話文は、以下の条件が成立するときに生成される。

判定条件 5

$(-, u)$ または $(u, -)$ 以外

ここで、上記の “-” 記号には、 c, p, u の任意の値が入る。判定条件 5 は、人間 P と物 O がそばに存在するときに発話文が生成されることを表す。

表 2 の単語 O と三項関係の成立度の関係は以下の条件となる。

判定条件 6

指示語 (c, c)

確定語 I (p, c)

確定語 II $(c, p), (p, p)$

ここで、確定語 I とは、表 1 の単語「障害物」を指し、確定語 II とは、修飾語により確定語 I をさらに限定したものである。たとえば「前にある障害物」という表現が確定語 II である。指示語は、三項関係が完全に成立するときに (c, c) の場合) 使用される。成立の可能性が低い場合 $(p, c), (c, p), (p, p)$ には、意味が曖昧にならないよう、確定語が用いられる。また、三項関係によって話者(エブリデイロボット R) と聞き手(人間 P) が自明であるので Linta-III は、それぞれを表す単語を省略する。以下、確定語が用いられる状況について説明する。

確定語 I は、三項関係の成立度が (p, c) のときに使用される。 (p, c) とは、物への注意 $at(R, O)$ が表出しやすく、人間への注意 $at(R, P)$ が表出しにくい状況である。よって、 (p, c) のときには、人間がエブリデイロボットとアイコンタクトする可能性が低く、注意の表出機構による効果 2 および 3 が起こりにくくなっている。したがって、共通の物にお互い注目していること(効果 2 と 3 の右辺)の確信を人間が持ちにくくなっている。そこで、Linta-III は、発話で依頼内容を伝えるとともに、確定語 I を用いて、対象物へ注目していること自体を伝える。

また、確定語 II は、三項関係の成立度が (c, p) または (p, p) のときに使用される。 (c, p) もしくは (p, p) では、物への注意 $at(R, O)$ の表出が人間に分りにくくなっている。よって、アイコンタクトが成立しないにもかかわらず発話の指示対象が伝わりにくくなっている。そこで、Linta-III は、確定語 II によって、対象の物の正確な位置を修飾語で表す。

5. 実行例

注意の表出機構および Linta-III による発話生成の

実行例を示す．例として例文 1 を再び取り上げる．例文 1 は，エブリデイロボットが障害物に近づいたときにそばに人間がいた場面での発話である．

以下，時間順序に従って説明する．エブリデイロボットが障害物に近づくと超音波距離センサ s_i が反応し，注意の表出機構が反射的注意を構成する．障害物が移動に差し支える場合，注意の表出機構は，意図的注意を障害物に構成し，最新の障害物の位置 $(d_o, \theta_o) = (s_i, 360i/24)$ をつねに獲得する．

エブリデイロボットは，障害物を回避できない場合，人間 P に障害物をどけてもらう欲求を持つ．よって，Linta-III は，意味表現 2 の発話内容 $ask(R, P, move(P, O))$ を準備する．Linta-III は，生成する発話文から実世界の情報を省くために，障害物 O に対する三項関係を人間に持たせる．

また，注意の表出機構は，エブリデイロボットが注意を向けている対象を周りの人間に知らせるために障害物を発見した段階で障害物への意図的注意 $at(R, O)$ を表出する．ここで，首を障害物に向けるために首の姿勢 $head(X, Y, Z)$ は $X = 360i/24$ となる．次に，三項関係の形成の命令に従い注意の表出機構は $act(R, P, O)$ を実行する．つまり，首は， $at(R, P)$ と $at(R, O)$ を交互に表出する．

注意の表出機構は， $at(R, P)$ を表出するために人間の方 $(d_p, \theta_p) = (s_j, v)$ に首を向ける．よって，首の姿勢 $head(X, Y, Z)$ は $X = v$ となる．結果，人間とエブリデイロボットのアイコンタクト $eyecon(P, R)$ が成立する．次に $act(R, P, O)$ を実行し， $at(R, O)$ を再び表出する．注意の表出機構は $act(R, P, O)$ を数回繰り返す．

結果， $act(R, P, O)$ から，障害物の存在に気づく ($at(P, O)$)．また， $eyecon(P, R)$ から，エブリデイロボットが障害物に注目していること ($at(P, at(R, O))$) および，人間が障害物に注目していることをロボットも気づいていること ($at(P, at(R, at(P, O)))$) を人間が確信する．よって，設計指針 1 の右辺の各項が成立し $t_rel(P, R, O)$ が成り立つ．

三項関係の成立度は式 (1) の $at_val(R, P)$ および $at_val(R, O)$ の値で決まる．この例では，人間が，エブリデイロボットの斜め前 50 度の方向に 1m 離れて立っている (つまり $(d_p, \theta_p) = (1, 50)$)．よって，判定条件 1, 3 を満たし $at_val(R, P) = c$ となる．また，障害物も $(d_o, \theta_o) = (0.5, -10)$ にあり $at_val(R, O) = c$ となる．よって，三項関係の成立度は $t_val(P, R, O) = (c, c)$ となり，人間は，かなり高い確率で三項関係を持つ．

Linta-III は，判定結果 (c, c) から表 2 に従い指示語を用いて依頼文を生成する．発話内容 $ask(R, P, move(P, O))$ の各項 O, R, P はセンサ結合関数により単語と結び付けられる．結果， $f(KORE) = O$ および $f(ANATA) = P, f(WATASHI) = R$ となる．ここで，指示語の選択は障害物までの距離情報に従っている⁴⁾．次に，Linta-III は，発話内容とセンサ結合関数に従って発話文を生成する．最終的に，Linta-III は，自明な単語 $ANATA$ と $WATASHI$ を省略し，表 1 の発話単語に従って例文 1 を生成する．

以下で，三項関係の成立度が低い場合の例を紹介する．Linta-III は，三項関係の成立度が低い場合，以下の例文のとおり曖昧性を減らした文を生成する．

例文 2 SHOUGAIBUTSU WO DOKETE KUDASAI

例文 3 MAE NO SHOUGAIBUTSU WO DOKETE KUDASAI

例文 2 は，障害物に出くわした際に人間が左後方 (エブリデイロボットの正面から 100 度の方向) にいる場面である．例文 1 と同様に，Linta-III は，発話内容 $ask(R, P, move(P, O))$ の生成のために三項関係を人間に持たせる．例文 2 の状況では，人間の位置が判定条件 1 を満たさず，三項関係の成立度が $t_val(P, R, O) = (p, c)$ となる．ここで，人間への注意 $at(R, P)$ を表出する際の首の角度は $X = 90$ となり，限界の角度まで首を向けている．よって，表 2 に従い Linta-III は，確定語 I を用いて発話文を生成する．つまり，発話単語 O に指示語を用いず「障害物」を用いる．結果，発話内容の各項 O, R, P に対してセンサ結合関数により $f(SHOUGAIBUTSU) = O$ および $f(ANATA) = P, f(WATASHI) = R$ となる．よって，表 1 の発話単語および，発話内容，センサ結合関数に従い例文 2 が生成される．

また，例文 3 は，障害物への注意も表出しにくい場合の例である．障害物が，前方の離れた場所 (エブリデイロボットから 4m 前方) にあり，判定条件 3 を満たさない場面での発話である．よって，障害物への注意の表出も $at_val(R, O) = p$ となり，三項関係の成立度は $t_val(P, R, O) = (p, p)$ となる．よって表 2 に従い，Linta-III は，確定語 II を用いて発話文を生成する．表 1 に示すとおり確定語 II によって， $f(MAE NO SHOUGAIBUTSU) = O$ となる． P と R は例文 2 と同じである．よって，発話内容およびセンサ結合関数に従い，例文 3 が生成される．

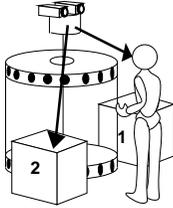


図 8 実験環境

Fig. 8 Experimental environment.

6. 評価実験

6.1 目的

本章では、注意の表出機構が狙っている効果 1 から 3 によって、人間とエブリデイロボットの間に共同注意が成立するかどうか評価実験を行う。効果 1 から 3 は、エブリデイロボットの首の動きによって生ずる $act(R, P, O)$ および $eyecon(P, R)$ によって引き起こされる。よって、評価実験では、共同注意の成立と首の動きとの関係に焦点を当てる。具体的には、エブリデイロボットが注意を表出することにより、エブリデイロボットからの発話を被験者が正しく理解できるか調べる。

6.2 方法

実験は、箱 1 と 2 が置かれる図 8 の実験環境で行う。実験では、エブリデイロボットが、図 8 の環境で例文 1 を発話し、被験者が、発話に応じてどちらの箱をどけるかを観測する。ここで、例文 1 の指示対象は箱 2 となっている。

実験では、効果 1 から 3 の有効性を検証するために、以下の実験条件のもとで被験者の例文 1 の理解度を比較する。

実験条件 1 首の動き $act(R, P, O)$ によって、被験者への注意 $at(R, P)$ および箱 2 への注意 $at(R, O)$ を表出。

実験条件 2 首が、箱 2 への注意 $at(R, O)$ を表出せず被験者への注意 $at(R, P)$ のみを表出。

実験条件 3 首が、被験者への注意 $at(R, P)$ を表出せず箱 2 への注意 $at(R, O)$ のみを表出。

実験条件 2 は $at(R, O)$ が表出されず、また、実験条件 3 は $at(R, P)$ が表出されないのそれぞれ $act(R, P, O)$ が欠けた実験条件となっている。また、実験条件 3 は、 $eyecon(P, R)$ が欠けた実験条件となっている。実験では、 $act(R, P, O)$ および $eyecon(P, R)$ の有無における被験者の発話理解を比較することによって共同注意の達成における効果 1 から 3 の有効性を証明する。

本実験で検証される仮説は以下のものである。

表 3 箱の選択に関する実験条件 1 と 2 の比較結果

Table 3 Result of comparison between experimental condition 1 and 2 about selection of boxes.

	箱 2 を移動	箱 1 と 2 を区別なく移動
実験条件 1	9	1
実験条件 2	2	8

表 4 箱の選択に関する実験条件 1 と 3 の比較結果

Table 4 Result of comparison between experimental condition 1 and 3 about selection of boxes.

	箱 2 を移動	箱 1 と 2 を区別なく移動
実験条件 1	9	1
実験条件 3	3	7

表 5 指示語の解釈に関する実験条件 1 と 3 の比較結果

Table 5 Result of comparison between experimental condition 1 and 3 about interpretation of demonstrative pronoun.

	首で判断	その他で判断
実験条件 1	9	1
実験条件 3	2	8

仮説 1 首による注意の表出 $act(R, P, O)$ により被験者は例文 1 を理解し箱 2 を移動する。

仮説に従うと、実験条件 2 や 3 では、被験者が正しく例文 1 を理解できないことが予想できる。

以下、実験手順を説明する。実験は、エブリデイロボットと箱が、図 8 の位置関係に設置された状態から始まる。エブリデイロボットは、図 8 の位置で首や腕を適当に動かしている。この状況で被験者に「ロボットの前に立ってください」と教示した。被験者が、エブリデイロボットの正面に立つと、エブリデイロボットは、各実験条件に従って首を動かしながら、動きに合わせて合成音声で例文 1 を繰り返し発話する。実験は、被験者が、箱をどけ終え再び起立した時点で終了した。

また、注意の表出機構が、ロボットからの自発的な発話生成に有効であることを示すためには、実験の意図（ロボットが、実世界の事象について語ることを被験者に悟られないことが重要である。よって、実験では、実験の意図を被験者に悟られないように、同一の被験者につき 1 回だけ実験を行った。

6.3 被験者

実験は、男女の大学生および大学院生 30 人に行った。実験では、被験者を 10 人ずつのグループに分け各実験条件を行った。

6.4 実験結果

実験条件 1 と 2 の比較結果を表 3 に示す。表 3 は、箱 2 のみを移動した被験者の数および、箱 1 と 2 を

区別なく移動した被験者の数を表す。

表 3 の結果を分析したところ、有意な差が確認された ($\chi^2(1) = 7.273, p < 0.01$)。表 3 の相違は、被験者の指示語の解釈に関連する。つまり、両条件とも、同じ合成音声が入力されたロボットから発話されたにもかかわらず、箱 2 への注意 $at(R, O)$ が表出される場合は例文 1 の指示語の指示対象を箱 2 と解釈し、表出されなかった場合には両方の箱を指していると解釈した。この解釈は、表 3 に示した箱の移動行動の結果に見てとれる。被験者が受け取る音声情報が同一である以上、箱の移動の仕方の相違は、箱への注意の表出の有無によると考えられる。

実験条件 1 と 3 の比較結果を表 4 および表 5 に示す。表 4 は、箱 2 のみを移動した被験者の数および、箱 1 と 2 を区別なく移動した被験者の数を表す。表 5 は、実験後のアンケート結果であり、例文 1 の解釈時に何を基準にしたかを示す。

表 4 の結果を分析したところ、有意な差が確認された ($\chi^2(1) = 5.208333, p < 0.05$)。表 4 での相違は、表 3 と同様に、被験者の指示語の解釈に関連する。つまり、被験者への注意 $at(R, P)$ が表出される場合は例文 1 の指示語の指示対象を箱 2 と解釈し、表出されなかった場合には、両方の箱を指していると解釈した。この結果は、注意の表出機構が箱 2 への注意を両条件とも表出していたにもかかわらず生じた。そこで、表 5 の結果も分析したところ、有意な差が同様に確認された ($\chi^2(1) = 7.272727, p < 0.01$)。この事実は、 $at(R, P)$ がいない場合に被験者が、首の向きに注目していないことを示す。つまり、表 4 での指示語の解釈の相違は、被験者への注意の表出の有無によると考えられる。

よって、実験条件 2 および 3 では、正しく指示対象を被験者に伝えることができなかった。結果、実験条件 2, 3 における予測が成り立ち仮説は検証された。

7. 考 察

本章では、注意の表出機構について実験結果をふまえて考察を行う。

注意の表出機構は、 $act(R, P, O)$ によって人間と三項関係を築く。実験では、実験条件 1 および 2, 3 で、 $act(R, P, O)$ を実行した場合としない場合の被験者の指示語の解釈の違いについて調べた。実験条件 2 ($at(R, O)$ なし) は、効果 1 と 2 の左辺にある $act(R, P, O)$ の有無の影響について調べたものである。また、実験条件 3 ($at(R, P)$ なし) は、効果 1 および 2, 3 の左辺にある $act(R, P, O)$ およ

び $eyecon(P, R)$ の有無の影響を調べた。実験結果は、 $at(R, O)$ と $at(R, P)$ の双方の表出が三項関係の成立に必要なことを示していた。つまり、首による $act(R, P, O)$ が、三項関係の成立に重要な影響を与えていることが分かった。

また、首の動き $act(R, P, O)$ の有効性を示すことができた一方で、アイコンタクトが、共同注意の成立にあたって本当に重要であるのかといった疑問が残る。今回の評価実験から、アイコンタクトの厳密な有効性を示すことは不可能である。しかし、アイコンタクトの有効性は、今回の実験と違った状況、たとえば、エブリデイロボットの周りに複数の人がいる状況を想像すると分かりやすい。アイコンタクトは、特定の人物を強烈に引き付けるため、相手を選択して共同注意を成立させることができる。つまり、特定の個人と共同注意を成立させるためにはアイコンタクトが必要不可欠であることが容易に予想できる。

また、注意の表出機構は、人間の方向へ首を向ける一方で、人間とアイコンタクトが成立したかどうかを判定する機能を備えていない。しかし、もしアイコンタクトを判定する機能があれば、より確実に人間の注意を引き付けることが可能になり、スムーズに共同注意を成立させることができるであろう。人間の注意をより確実に引き込むためにもアイコンタクトの成立の判定方法の開発は非常に重要であり、今後、取り組むべき課題である。

また、注意の表出機構は、発話生成に合わせて注意を表出する機構となっており、柔軟なヒューマンロボットインタフェースを実現するためには、多種多様なコミュニケーションに対処する必要がある。たとえば、現状の注意の表出機構は、まだ対話が始まっていないときのエブリデイロボットからの発話生成を対象にしている。しかし、実世界の情報について対話の最中に新たに発話するといった事態も当然考えうる。対話中の自発的発話生成を実現するためには、対話の文脈に沿った注意の表出を取り扱う必要がある。たとえば、人間から道を質問されたときには、道に対して注意を構成し、表出する機構が必要である。今後は、注意の表出機構を対話システムに展開するためにも、人間とロボットのインタラクションの過程での注意の表出を考えていく予定である。さらに、エブリデイロボットが発話したことに対して人間が聞き返してくることも当然考えられる。聞き返してくるということは、共同注意が達成できていないことが考えられる。よって、人間からの聞き返しに応じて、三項関係の成立度を変更したり、新たな動きで注意を表出するといった手

法の開発も今後の課題である。

また, Linta-III で扱っている実世界の対象は, 障害物と人間だけとしている。しかし, 今後, 扱えるカテゴリを増やすことは当然必要である。対象のカテゴリが増えた場合にも注意の表出機構が有効に機能するために, 異なる種類のセンサデータに対して注意を表出する手法を用意する必要がある。今後, 内部のセンサデータの処理を含めて, 注意の表出機構を改良していく予定である。

また, 注意の表出機構では, 実世界の対象物を指し示すのに視線の効果に注目し設計実装した。しかし, より確実に注意を表出するためには, 腕も用いて行うことが必要であると思われる。今後, 腕の動きが注意の表出に与える効果も検討していく予定である。

また, 注意の表出機構とは違う視点で人間とロボットの三項関係を扱った研究もある⁵⁾。この研究は, ロボットとの三項関係を人間に持たせようとしている意味で注意の表出機構と同一のものである。しかし, ロボットが知覚した物に人間を注目させ, 三項関係を形成するといったアプローチではない。人間の注目している対象をロボットが知覚することにより三項関係を成立させている。一方, 実世界を参照した発話をロボットが自発的に生成するためには, ロボットが気づいた実世界の対象に対して人間を注目させ, 発話の理解を促進する必要がある。注意の表出機構は, 人間の注意を積極的に引き込む機構であり, ロボットの自発的発話生成を考えると非常に意義がある。

8. ま と め

本稿では, ロボットの発話で, 実世界の情報に依存した発話を扱うために注意の表出機構を提案した。注意の表出機構は, 注意を向けている情報源にエブリデイロボットの首を向け注意の表出を行う。人間とエブリデイロボットは, 注意の表出により実世界の情報に対して三項関係を持つことができる。三項関係の成立の結果, 人間は, 発話文中の指示語の指示対象を容易に理解することができる。

また, 注意の表出機構を利用した自発的発話生成機構 Linta-III を実装した。Linta-III は, 形成された三項関係の成立度にともない実世界の情報への発話文の依存度を変化させ発話内容が正しく伝わるようにする。

さらに, 本稿では, 注意の表出による三項関係の有効性を示すため評価実験を行った。実験では, 人間と対象物の双方へエブリデイロボットの首を向けると, 指示語を用いた発話文が理解されやすくなるという結果が得られた。

参 考 文 献

- 1) Fujita, M. and Kageyama, K.: An open architecture for robot entertainment, *Proc. Autonomous Agent '97*, pp.435-442 (1997).
- 2) Grosz, B.J.: The Representation and Use of Focus in a System for Understanding Dialogs, *IJCAI-77*, pp.67-76 (1977).
- 3) Halpern, J.Y. and Moses, Y.: Knowledge and Common Knowledge, *J. ACM*, Vol.37, No.3, pp.548-587 (1990).
- 4) Imai, M., Hiraki, K. and Miyasato, T.: Physical Constraints on Human Robot Interaction, *IJCAI99*, pp.1124-1130 (1999).
- 5) Kozima, H. and Ito, A.: Towards Mindreading by an Attention-Sharing Robot, *Proc. 3rd Int. Symp. on Artificial Life, and Robotics (AROBO III '98)*, pp.478-481 (1998).
- 6) Moore, C. and Dunham, P.J.: *Joint Attention: Its Origins and Role in Development*, Lawrence Erlbaum Associates, Inc. (1985).
- 7) Nagao, K. and Takeuchi, A.: Social Interaction: Multimodal Conversation with Social Agents, *AAAI'94*, pp.22-28 (1994).
- 8) Shibata, T., Tashima, T., Arao, M. and Tanie, K.: Interpretation in Physical Interaction between Human and Artificial Emotional Creature, *IEEE RO-MAN'99*, pp.29-34 (1999).
- 9) 伊藤, 伝田, 中川: マルチモーダルインタフェースと協調的応答を備えた観光案内対話システムの評価, *インタラクション'97*, pp.135-142 (1997).
- 10) 今井, 開, 安西: 注意機構を利用したヒューマンロボットインタフェース, *信学論(D-II)*, Vol.J77-D-II, pp.1447-1456 (1994).
- 11) 今井, 小野, 石黒: エブリデイロボット: 日常の共有によるヒューマンロボットインタラクションの実現, 第5回ロボティクスシンポジウム, pp.80-85 (2000).
- 12) 水梨, キム, K.R., 森元: 音声とポインティング・ジェスチャの統合意味解析, *インタラクション'97*, pp.41-42 (1997).

(平成 12 年 7 月 21 日受付)

(平成 13 年 9 月 12 日採録)



今井 倫太

1992年慶應義塾大学工学部電気工学科卒業。1994年同大学大学院計算機科学専攻修士課程修了。同年、NTT ヒューマンインタフェース研究所入社。1997年ATR 知能映像通信研究所へ出向、現在、ATR メディア情報科学研究所研究員および慶應大学大学院理工学研究科開放科学専攻後期博士課程在学中。以来、VR上のエージェントや自律ロボットとのインタラクションの研究に従事。ロボットとの対話、センサを用いた状況知覚に興味を持つ。電子情報通信学会、人工知能学会、ヒューマンインタフェース学会各会員。



小野 哲雄（正会員）

1997年北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士後期課程修了。同年より(株)ATR 知能映像通信研究所客員研究員。博士(情報科学)。2001年11月より公立ほこだて未来大学システム情報学部情報アーキテクチャ学科助教授。認知科学、人工知能一般に興味を持つ。特に、感情の計算モデル、マルチエージェントモデルによる共通言語の組織化、ヒューマンロボットコミュニケーションに関する研究に従事。2001年情報処理学会山下記念研究賞ほか受賞。認知科学会、人工知能学会各会員。



石黒 浩（正会員）

1991年大阪大学大学院基礎工学研究科物理系専攻修了。工学博士。同年山梨大学工学部情報工学科助手。1992年大阪大学基礎工学部システム工学科助手。1994年京都大学大学院工学研究科情報工学専攻助教授。この間、1998年より1年間、カリフォルニア大学サンディエゴ校客員研究員。2000年和歌山大学システム工学部情報通信システム学科助教授。2001年より同大学教授。1999年より、科学技術振興事業団さきがけ21研究員およびATR 知能映像通信研究所客員研究員。2000年より、(株)Vstone取締役総理事。知能ロボット、能動視覚、全方位視覚、分散視覚に興味を持つ。



中津 良平（正会員）

1969年京都大学工学部電子工学科卒業。1971年同大学大学院修士課程修了。同年日本電信電話公社(現NTT) 武蔵野電気通信研究所入所。1980年横須賀電気通信研究所。音声認識の基礎研究、応用研究に従事。1990年NTT 基礎研究所研究企画部長。1994年よりATRに移り、現在(株)ATR 知能映像通信研究所代表取締役社長。マルチメディア要素技術およびマルチメディア通信方式の研究に従事。工学博士(京大)、IEEEおよび電子情報通信学会フェロー。1997年ロレアル賞、1999・2000年テレコムシステム技術賞および日本バーチャリティ学会論文賞、1999年映像情報メディア学会論文賞、2001年人工知能学会論文賞等。



安西祐一郎（正会員）

1946年東京生まれ。1974年慶應義塾大学大学院博士課程修了。工学博士。慶應義塾大学工学部助手、北海道大学文学部助教授、慶應義塾大学理工学部長を経て、現在慶應義塾長。1981～82年カーネギーメロン大学客員助教授。計算機科学、認識の情報処理過程の研究に従事。計測自動制御学会技術論文賞、情報処理学会論文賞等受賞。著書に「認識と学習」(岩波書店)、「知識と表象」(産業図書)、「問題解決の心理学」(中央公論社)、「脳科学の現在」(共著、中央公論社)、「認知科学のハンドブック」(共著、共立出版)等。訳書に「心の社会」(ミンスキー、産業図書)。