



人とロボットの意思疎通

西田 豊明

東京大学大学院情報理工学系研究科電子情報学専攻
nishida@kc.t.u-tokyo.ac.jp

ロボットが日常生活に浸透するに従って人とロボットの意思疎通が課題になる。ビデオのリモコンにおいてすらユーザが複雑な機能をなかなか使いこなせない現状で、ユーザがロボットの持つ能力を十二分に引き出せるようにするためにはどのような問題を解決しなければならないか？ 本稿では、人間社会で用いられているのと同様のコミュニケーション様式を用いて人と相互作用する社会的エージェントとしてロボットを位置づけて、人とロボットの間の意思疎通の問題について検討する。まず、自律移動椅子を例題として、明示的・暗黙的・消極的な意図伝達のサポートについて論じる。次に、ウェイターエージェントを例題として、会話行動における社会的インタラクション、挨拶行動、身体性を用いた会話行動、同調を用いた誘導的コミュニケーション、相互適応に焦点をあて、意思疎通を可能にするための条件を探る。

用語説明

アフォーダンス：

環境の中で行動する主体が、行動の手がかりとして環境から獲得することのできる情報をアフォーダンスという。アフォーダンスは環境と主体の関係から決まる。行動の主体が慣れ親しんでいる環境は豊かなアフォーダンスを主体に提供するが、逆に見知らぬ環境から得られるアフォーダンスは乏しい。

モダリティ：

インタラクションでやりとりされる情報の表現様式である。インタラクションでやりとりされる情報のモダリティは、言葉を中心とする言語的なモダリティと、表情や身ぶりや姿勢などの非言語的なモダリティに大別される。マルチモーダルインタフェースの研究では、人間同士の会話のように、言語的なモダリティと非言語的なモダリティを統合的に使用したインタフェースの実現を目標としている。

社会的エージェントとしてのロボット

どれほど豊富で優れたサービスを提供できるロボットを開発しても、ユーザがロボットの能力を引き出せなければ意味がない。ロボットに組み込まれた豊富で優れた能力をユーザが手軽に活用できるようにするにはどうすればよいだろうか？

この問題は人工物一般に深くかかわる問題である。身近なところでは、ビデオのリモコンですらユーザが複雑な機能を使いこなせないという現状がある。人工物の機能が単純であるうちは、機能を整理したり、インタフェースを工夫すれば、ある程度解決が可能かもしれない。しかし、一見すると単純に思われるケースでもよく考えてみるとなかなか難しい問題が潜んでいることがある。

たとえば、自律的な掃除ロボットについて考えてみよう。掃除という概念そのものは我々にとって身近なものであるが、その内容を精査すると、それほど単純ではない。何がごみなのか？ どのようなごみをゴミ箱に移

動するのか？ どの範囲を掃除するのか？ ごみを拾うだけでいいのか、それとも床をぴかぴかに磨き上げるのか、あるいは除菌までするのか？

現在の技術水準でも、ある材質の物体だけを集めたり、条件に応じて薬剤を散布したりするなど、さまざまな付加価値を与えることが可能である一方で、物体・空間・形状に関して人間ほどの識別能力を持つ完全自律型の掃除ロボットを実現することはそう簡単ではない。掃除ロボットの能力を正確に伝えようとすると、数千ページにもわたるマニュアルになってしまうかもしれない。ユーザがそのように巨大で複雑なマニュアルに精通しなければ掃除ロボットの機能を引き出せないのか？ メーカー側もいろいろ検討を重ねたあげく、せっかく多様で高度な機能を掃除ロボットに搭載し得るにもかかわらず、実際に搭載する機能をかなり限定してしまうことにもなりかねない。

上の議論では、掃除ロボットは道具の一種であるという命題が前提となっていた。道具は人間の行為に対して完全に受動的である。道具は、人間によって使われるための手がかり—アフォーダンス—を与えることはあっても、でしゃばって人間に働きかけないほうがよいと考えられている。しかし、複雑で多岐にわたる機能を持つ人工物に対して、我々が慣れ親しんだものにマップするメタファを見つけて、優れたインタフェースを作ることは並大抵ではなく、多大な試行錯誤を要する仕事である。せっかくロボットに多彩な機能を組み込めるというのに、実際の組み込みは個別によりインタフェースが考案されるまで待たねばならないのか？

本稿では、開発者がロボットに組み込んだ創意をどのようにしてユーザに伝えるかという問題を、人間とロボット間の意思疎通の問題として検討する。つまり、ロボットを人間との相互作用によって意図の交換を行う、パーソナリティを有する社会的エージェント⁴⁾として位置づけ、人間とロボットがインタラクションを重ねて相互に意思疎通を行うことによって、人間がロボットの能力を引き出せるようにしようというのである。社会的エージェントという概念は、ロボットに一種の社会的な人格を与えて、相手と対人的な関係性を築き、協調・交渉・契約などの社会的なインタラクションができるようにすることを意味する。

自律移動椅子との意思疎通

人間と人工物との意思疎通がどのように実現され得るかについて、我々が試作した自律移動椅子(図-1)⁵⁾に基づいて検討してみよう。この自律移動椅子は、市販の



図-1 自律移動椅子⁵⁾

アルミニウム製の椅子を改造したものである。5脚のうち2脚にモーターつきの車輪を取り付け、平面内を移動できるようにした。モーターはRS232Cのケーブルによって接続されたLinuxを搭載したコンピュータによって制御される。椅子の位置・向きとユーザの姿勢は、椅子とユーザに装着されたモーションキャプチャシステムによって計測される^{☆1}。

自律移動椅子は、人間に対して座するための手段(「座」)を提供するという伝統的な椅子の機能に、人間の動きを感知して適当な場所に移動して向きを変える能力を加えて拡張した人工物である。

素朴に考えると、人と自律移動椅子が意思疎通ができるとは、自律移動椅子が人の望んだ場所とタイミングで座を提供できることであると規定できるかもしれない。しかし、サービスの詳細を明示的・固定的・積極的に自律移動椅子に伝えなければならないとすれば、円滑な意思疎通が行われているとは感じられないであろう。意思疎通には「以心伝心」のニュアンスがあり、暗黙的・動的・消極的な意図伝達の様式もサポートされている必要がある。

自律移動椅子が明示的な意図伝達の様式しかサポートしていないと、ユーザは自分の意図を、自然言語や象徴動作などの事前の取り決めが確立したプロトコルを使って事細かに指図しなければならず煩わしい。自律移動椅子は、部屋の中をうろうろするといったユーザの無意識の動作から意図を推定して行動する暗黙的な意図伝達の様式をサポートすることが望ましい。

自律移動椅子が固定的な意図伝達の様式だけしかサポートしていないと、ユーザは自律移動椅子に自分の意図

☆1 これは初期の実験のための簡略化である。第2版では、ユーザの状態は椅子に取り付けられたパン・チルト付カメラで認識することとしたので、ユーザは何も装着しなくてもよい。



図-2 試作した自律移動椅子。ジェスチャーによって呼び寄せると、適切な位置・姿勢に寄って来て座ることができる⁵⁾。



図-3 手招きのジェスチャー⁵⁾

をすべて事前に伝えておかなければならない。提供される座の位置・向きおよび提供のタイミングはユーザと自律移動椅子の相互調整によって動的に決められるべきであろう。

自律移動椅子がユーザが明示的あるいは暗黙的に表明した意図を読み取ったときしか行動しないという積極的な意図伝達の様式だけしかサポートしないとすれば、ユーザが自律移動椅子の持つ機能を知らないとサービスを受けられないことが起きる。たとえば、ユーザが自律移動椅子の自律移動機能を知らなければ、自律移動椅子を呼び寄せるという意図は生じないだろう。潜在的には意図が存在するが、相手の能力に気づかないために発現しないという場合に対応するには、明示的・暗黙的な意図表示がない場合も考慮した消極的な意図伝達の様式のサポートが望まれる。

我々が試作した自律移動椅子（図-2）では次のような方式を用いた。

ジェスチャーによる明示的な意図伝達様式のサポート

人間が座を必要とするという意思表示は手招きジェスチャー（図-3）により明示的に行う。手招きの認識は人の指先に取り付ける磁気センサによって行った。磁気センサによって指先の位置姿勢の計測を行い、手が110cmから150cmの間の高さにあり、指先の角速度が7rad/secを超える反復運動を行っているときは手招きしているものとする簡単な規則を用いてジェスチャー認識を行った。

暗黙的な意図伝達の様式のサポート

自律移動椅子が提供する座の位置と向きは、人間の身体の動きと自律移動椅子の動きの間に速いインタラクションのフィードバックループを形成して相互調整によって決定することとした。

相互調整のデザインの基盤となるのは、アフォーダンス、つまり、行為によって顕在化する環境の性質という概念である。たとえば人間が座ろうという行為を起動すれば、椅子の「座れる」というアフォーダンスが顕在化

すると考える。椅子以外でも、たとえば適当な高さで平らな面を持つ石は、人間が座ることができるので「座れる」というアフォーダンスを持つと考える。

椅子の「座れる」というアフォーダンスは、人間の尻が椅子の座面に接触し、背中が椅子の背もたれに接触した状態で最大となり、人間が椅子から遠ざかるにつれてアフォーダンスは減少していくと考えられる。

自律移動椅子の場合は、人間の座りたいという意味を検出したとき、移動して位置と向きを適切に変えることによって椅子が本来持っていた「座れる」というアフォーダンスを強化することができる。椅子から離れた状態でのアフォーダンスの強さを、座った状態（アフォーダンスが最大）まで身体（もしくは椅子）を動かすための運動コストの小ささとして規定し、人間との相互調整のための自律移動椅子の行動をアフォーダンス強化行動として位置づけた。人間と椅子のさまざまなコンフィギュレーションに対するアフォーダンスの強さは強化学習によって求める（図-4）。これを用いて椅子が人間に到達する様子をシミュレーションしたものを図-5に示す。

消極的な意図伝達の様式のサポート

アフォーダンスに基づくデザインでは、人間に発見されないアフォーダンスは意味をなさない。そこで、人工物が人間に対して能動的に働きかけることによって人工物の持つ機能を顕在化させることが考えられる。これを能動的アフォーダンスと呼ぶ。自律移動椅子の場合は、人が座を必要としていることが推定される、人の近くに椅子がない、などの条件が揃えば明示的な意図表示がなくても、人のいるほうに動き始めることによって、自動的に移動するという自らの機能を顕在化している⁶⁾。

社会的エージェントにおける意思疎通

より複雑な意思疎通を行うためには、人間同士のコミュニケーションと同様のコミュニケーション様式を取り入れることが必要である。前章の議論を一般化すると、

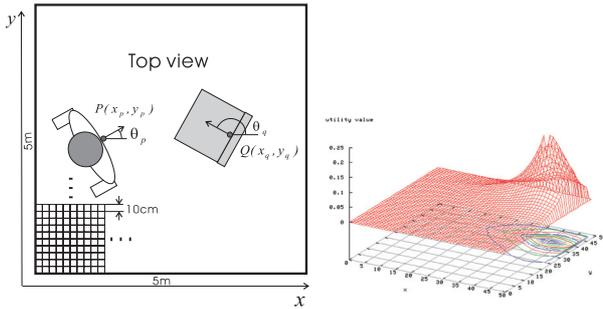


図-4 アフォーダンスの数値化。左図のような環境で学習によって椅子のアフォーダンスを数値化したのが右図。関数の山の部分でアフォーダンスが最大となる⁵⁾。

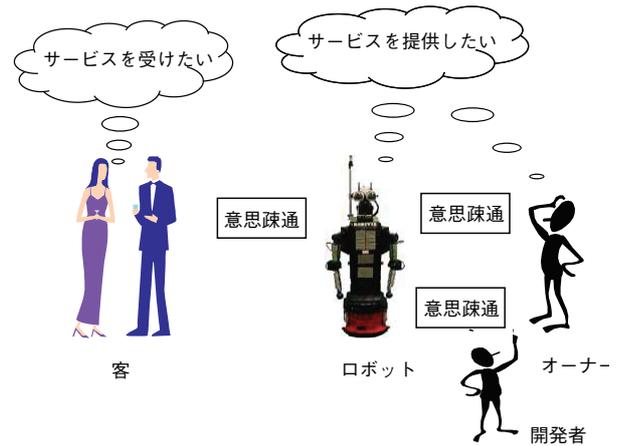


図-6 ウェイターエージェント周辺の意思疎通¹⁾

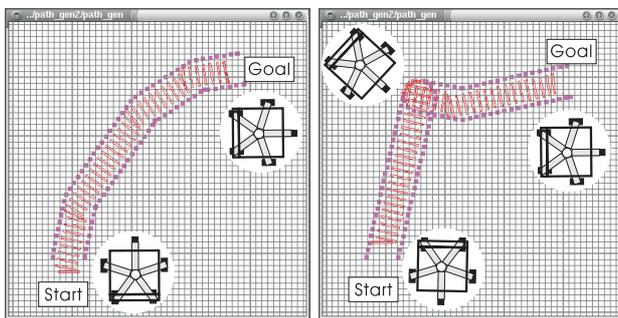


図-5 シミュレーションによって生成された経路。左図ではスタートからゴールまで段階的に方向を変えてゴールに到達している。右図では初期の椅子の方向がゴール状態とほぼ反対のため、いったん後ろに下がって方向転換してからゴールに向かっている⁵⁾。

ウェイターエージェントとの意思疎通

例題として、立食パーティ会場において、客や参加者の要求を受けてドリンクやおつまみを配送することのできるロボット(ウェイターエージェント)を設計する問題を取り上げよう。このようなウェイターエージェントを実現するには、状況・空間認識と行動計画立案生成にかかわる種々の基盤技術が必要であるが、ここでは意思疎通にかかわるコミュニケーションの側面だけに焦点を絞る。

まず、人間とウェイターエージェントの間の意思疎通ができているとはどのような事態を指すのか考えてみよう。ウェイターエージェントにかかわる主な人は、客、オーナー、開発者である(図-6)

客の立場に立てば、ウェイターエージェントとの意思疎通が行われているとは、基本的には注文した品がタイムリーに届くことを意味する。細部について検討してみると、客とウェイターエージェントの場所の占め方や道の譲り合いにかかわるやりとり、ウェイターエージェントの注文のとり方・受け付け方、注文をとるときのやりとり、注文した品を届けるときのやりとりなどについて、割り込みのタイミング、丁寧さ、動作の速さ、間の取り方、腕を差し出す位置などについて、ウェイターエージェントの振る舞いが客の意向や基準に合っていることが求められる。たとえば、客が談笑中の場合は、会話が途切れるまで割り込まないでほしいといった要請がある。

一方、オーナーからみればウェイターエージェントとの意思疎通ができているとは、ウェイターロボットが粗相がないよう丁寧に客をもてなしてほしいという、より高度な要求が満足されていることであり、そのような要

基本的な方針は次のようなものになるだろう。

- 言語的なモダリティを用いて、論理的な構造を持つ複雑な内容のメッセージのやりとりを行う。これは、数秒以上の時間をかけた比較的ゆっくりとしたインタラクションによって行われる。
- 視線・表情・身振りといった非言語的なモダリティや韻律のような周辺言語的なモダリティを用いて、言語的なモダリティでは規定されていない細部の構造や形状のように本質的に非言語的な情報についてのやりとりを行う。これは、ミリ秒単位の高速のインタラクションによって行われる。
- 言語的なモダリティと非言語的・周辺言語的モダリティを統合したコミュニケーションの実現。人間のコミュニケーションにおいても、発話内容と発話者の感情表現の不一致は混乱を引き起こす。円滑な意思疎通を行うためには、両者を連動させ、適切なタイミングで切り替えることが必要である。

本稿の以下の部分では、主として第2番目の項目について検討することとする。

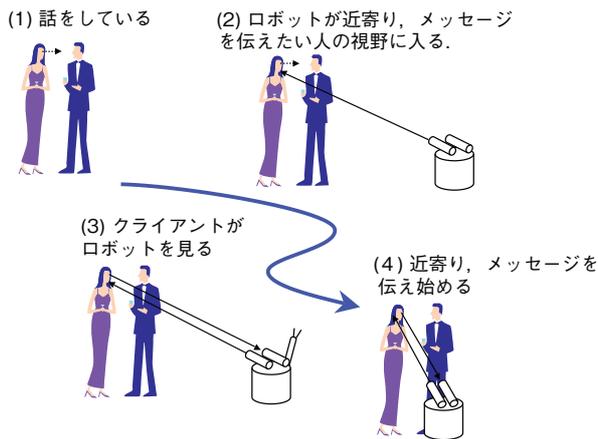


図-7 ウェイターエージェントの挨拶行動の一例¹⁾

求の大部分は接客の前にオフライン的に伝えられることになるだろう。

開発者の思いはさらに高次であり、自分が開発したウェイターエージェントがさまざまな局面でデザイン通りの振る舞いをしてほしいだろう。こうした高次の意思疎通は、個々のやりとりのセッションよりも長い数時間から数週間という期間のインタラクションによって形成され、満足度や信頼性といった、時間をかけて達成される指標によって評価されるだろう。

ウェイターエージェントは関係する人たちの思考や行動を関連付けるメディアであると考えられる。ウェイターエージェントの行動は関係のある多くの人々あるいはウェイターエージェントの思惑を受けて決定される。換言すれば、ウェイターエージェントを人間を含むほかのエージェントがいる状況で社会的インタラクションによって互いに行動する社会的エージェントとして一般化できる。

社会的インタラクションは、時間をかけた協調や交渉行動から、視線や眉毛を使って短時間内に行われる感情表現による行動の調整までの広い範囲にわたる。人間は人工物に対しても、相手から与えられた援助行動に対する返報性など、対人行動を示すことが知られている。これを利用して、人間同士で使われる社会的インタラクションの機能を社会的エージェントに組み込むことによって意思疎通を図ることが考えられる。

会話行動における社会的インタラクション

ここでは、会話行動に焦点を当て、身体性を使ったロボットらしい社会的インタラクションの詳細を見てみよう。

挨拶行動

会話の開始・終了時には、挨拶という相互行為が行われる。社会的エージェントが人に話しかけるときはまず挨拶行動を行って、会話セッションを開始するかどうか折衝を行う。一方、社会エージェントが人から話しかけられるときは人間の挨拶行動を適切に認識しなければならない。

ウェイターエージェントが人間に話しかけるために挨拶する場合について考えてみよう。挨拶をするためには、相手を同定し、相手の方を向き、時には近接する。話しかけ方は多様である。相手の現在の状態、相手との距離、自分の持っているメッセージの重要性・緊急性、相手とのこれまでのインタラクションの経緯、相手との関係性などに依存する。

ウェイターエージェントが話しかけようとしている人がすでに他の人との会話にかかわっているときは、その会話に無条件に割り込んでいけないのは明らかであるが、その会話が終了するまで待たなければならないとは限らない。人間同士の会話にならって、ウェイターエージェントが会話している人の視野の背景に入って会話の順番を待っているという合図を送り、人からの会話開始の許可を受けるまで待つことが考えられる(図-7)。ウェイターエージェントがこうした行動をとることができるためには、人間が自分に視線を向けたことを察知して、すぐに割り込みの意思表示を送ることができなければならない。

人間同士の場合、距離の離れた挨拶行動では、話しかけたいほうが相手に向かって呼びかけたり手を振るといった明示的な意思表示をすると、多くの場合、受け手が同じ表示を返すことが基本であるが、表示のしかたには、頭の上げ下げ、うなずき、手を振るなどのバラエティがある。近接した挨拶行動では、挨拶するときいったん活動を停止し、相手のほうを向き、挨拶が終わった後は挨拶のときに使った位置と方向を変化させる。握手や抱擁などの身体接触を含むものやそうでないものがある。距離の離れた挨拶行動が終わり、近接が始まる時は、まず相手を注視する。ある程度近づくと、相手から視線をそらしたり、衣服や髪を整えたり、手を身体に交差させたり、微笑んだり、接近前と異なる方式で頭の向きと角度を保ったりするなどのバラエティがあるという³⁾。

ウェイターエージェントと会話する人は、自分の行うさまざまな会話調整行動が細部に至るまでウェイターエージェントに適切に認識されて妥当な反応が返ってくれば、意思疎通が円滑に行われていると感じるだろう。ウェイターエージェントのオーナーや設計者は、ウェイ

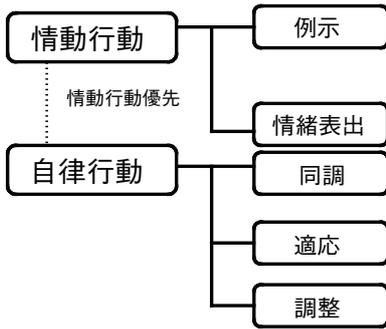


図-8 身体性を用いた会話行動¹⁾

ターエージェントのとり行動全体の様相が自分の思惑通りになっていけば、意思疎通ができていると満足するだろう。

身体性を用いた会話行動

会話のセッションが開始したあとの会話時の行動は、提案的行動と反応的行動に大別できる。提案的行動とは、自分が話しながら行う動作であり、発話内容を補足説明するために行う。反応的行動とは、相手の話へのリアクションであり、会話の流れを円滑なものにする役割を持っている¹⁾。

社会的エージェントの行動は、話者の役割をとるとき的情動行動と聞き手の側にいるときにとる自律行動に分類できる(図-8)。

自分自身の心理状態や感情で決まる情動行動は、例示や情緒表出などの、発話内容を補足する行動であり、話しているときに情報を伝えやすくするために用いる。

たとえば、例示はVサインや口到人差し指を当てて「静かにしなさい」ということを意味するような身体による言葉や、対象を指し示す、ものの形を描く動作などであり、言語的性質が強いため、身体による言葉といった性格がある。社会的エージェントは例示動作によって、発話内容と関係した身振り手振りを行い、内容を強調し、発話内容を補足説明することができる。

情緒表出はロボットの感情を表すための行動である。感情を顕著に表すものは表情である。

社会的エージェントの自律行動は、相手の行動に対してとる反射的な振り舞いであり、環境から得た情報から相手との間合いを調節したり、会話の流れが円滑になるようにするために用いる。話し手と同じ動作を行う同調動作(図-9)や、話し手の発話の流れに応じてうなずいたり相槌を打ったりする適応動作を行うことによって、会話の流れが円滑になり、会話の一体感が生まれる。

調整は相手とのふさわしい間合いをとる行動である。

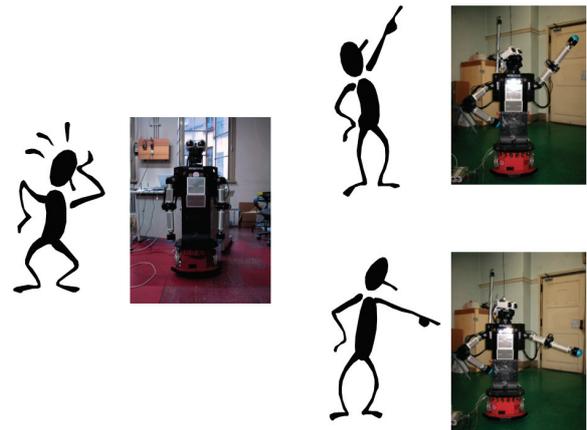


図-9 人間と同調動作する社会エージェント¹⁾

相手との間合いによって対人関係を表すことができる。相手との適切な距離は相手との関係に依存するので、人によって距離を変化させる必要がある。

同調を用いた誘進的コミュニケーション

人間同士のコミュニケーションでも同調動作は、会話の参加者に一体感を与える働きがある。社会的エージェントが人の行動に対して同調動作を行うことによって人にコミュニケーションの一体感を与え、社会的エージェントの動作を生成するための刺激となる動作を誘進的に引き出すことが考えられる²⁾。この方式では、

1. 社会的エージェントは、人間の行動に対する同調動作を行って一体感をつくる。
2. 次に社会的エージェントは、反応動作Rを引き起こすための刺激動作Sを行う。
3. 人が社会的エージェントと同じ刺激動作Sを行うと、社会的エージェントは、対応する反応動作Rを行う。

これによって、人が社会的エージェントに対する刺激動作Sと反応動作Rの結びつきを学習することが期待される。この方式の利点は、社会的エージェントの認識能力がある程度低くても実現可能である。

予備実験では、被験者がロボットの同調動作を感じ取る場面はあったが、確実に認識するまでには至らなかった。被験者とロボットの間に同調動作が起きにくかった原因の1つとして、ロボットが人間の関心をあまり引けなかったことが挙げられる。ロボットが、情緒表出や首をかしげるといった人間らしいしぐさをしたり、人の関節では不可能だがロボットの関節では可能な腕の動きをしてみるといった意外性のある動作をしたりして人の注意を引くとともに、音声による言語的なコミュニケーションを併用することも有効であると考えられる。

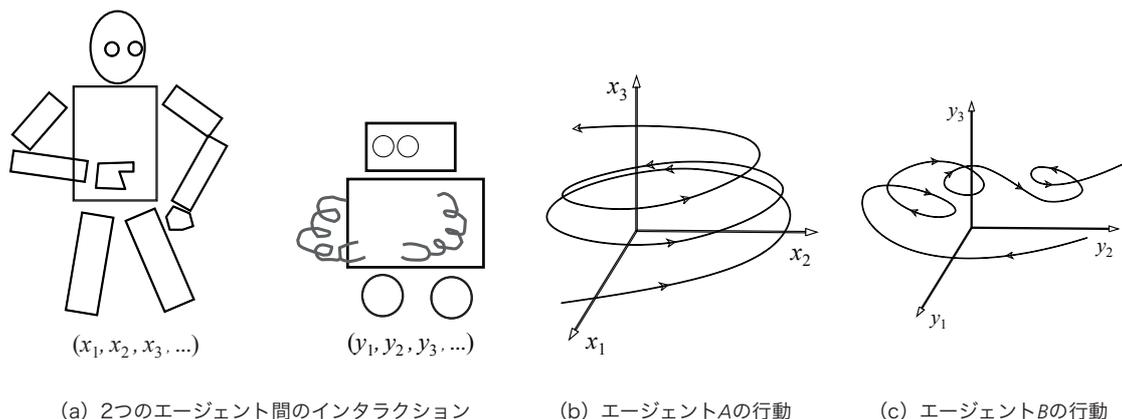


図-10 エージェント間の相互適応。(b), (c)は本来は高次元の空間になるが、ここでは概念的に状態空間が3次元になる場合のイメージを描いている。

相互適応

人間と社会的エージェントの意思疎通を阻む大きな要因として、社会的エージェントの認識能力の低さと、反応の遅さが考えられる。この問題を克服するためには、ロボットが人間に適応する能力だけでなく、人間がロボットに適応する能力もうまく利用しなければならない。つまり、人間と社会的エージェントが相互に適応学習する相互適応の可能性を探ることが考えられる。

図-10 (a) のように2つの社会的エージェントA (左) とB (右) がいるとしよう。A,Bはそれぞれ人間かもしれないし、知能ロボットかもしれない。AはBに何かしてほしいという気持ちがあり、それを自らが何らかの動作をすることによってBに伝えたいとする。一方、Bは協調的でありAの動作を観察してAにとってメリットのある何らかの行動をしたいものとする。AとBの身体の状態が有限個の状態変数 (x_1, x_2, x_3, \dots) , (y_1, y_2, y_3, \dots) で表されるとすれば、各々の身体的行動はそれぞれ (x_1, x_2, x_3, \dots) , (y_1, y_2, y_3, \dots) で張られる有限次元空間の中での時間とともに変化する点の軌道と対応する。我々が目標とする状況は、AからBのそれぞれの状態空間内での軌道がA, Bそれぞれが意図した通りに対応付けられた、AとBの間での意思疎通ができた状態である。

山田と山口は、ペットロボットに「しつけ」をするという文脈で人間と社会的エージェントとの間の相互適応の枠組みを示している⁷⁾。しつけにおける基本学習アルゴリズムとして、古典的条件付けを用いている。古典的条件学習では、あらかじめ与えておいた2組の無条件の刺激・反応ペア $\{(S_1, R_1), (S_2, R_2)\}$ を繰り返し共起させることによって、望んだ反応 R_2 が、無条件刺激 S_2 と同時に与えられた刺激 S_1 によっても生じるようにする。たとえば、 S_1 : 「手を振る」、 R_1 : 「注意を向ける」、 S_2 : 「背中をたたく」、 R_2 : 「前に進む」という2組の刺激を同時に与えて、手を振っただけで、前に進むことを学習

させる。この過程でペットロボットが学習するのはもちろんであるが、人間の側も古典的条件付けのデザインと実行などについて、ロボットに適応することが求められる。山田らは、ロボットの適応が、擬人化の利用、有効なセンサへの自然な反応、多様な遊び行動列の自律的実行などによって加速されるとしている。

展望

ユビキタスコンピューティングと知能ロボットが融合して、人工物があまねく認識・行動・コミュニケーション能力を持つようになれば、我々をとりまく環境は激変するだろう。そうした状況にふさわしいインタラクションのあり方は、これまで我々が慣れ親しんできた伝統的な様式とはまったく異なったものになるに違いない。社会的エージェントがどこにでも遍在する環境における人間同士、あるいは人間と社会的インタラクションの様式をデザインすること、および、そのアセスメントの手法を確立することが必要になる。単なる技術的取り組みを超えて、社会的エージェントによって拡張された人間社会のあり方についての議論が不可欠である。

参考文献

- 1) 畠山 誠, 西田豊明: 同調動作に基づくロボットと人間のコミュニケーション, 第17回人工知能学会全国大会, 1D1-05 (2003).
- 2) 畑田寛久, 畠山 誠, 西田豊明: ロボットと人とのコミュニケーションの誘導的確立, 第17回人工知能学会全国大会, 1D1-06 (2003).
- 3) アダムケンドン, アンドリューファーバー: 人間の挨拶行動, 菅原和孝, 野村雅一(編), コミュニケーションとしての身体, 大修館書店 (1996).
- 4) 西田豊明: インタラクションの理解とデザイン, 岩波書店 (2000).
- 5) Terada, K. and Nishida, T.: A Method for Human-Artifact Communication based on Active Affordance, AAAI-02 Workshop on Intelligent Situation-Aware Media and Presentations, pp.16-20 (2002).
- 6) 寺田和憲, 伊藤 昭: 暗黙的コミュニケーション能力を有する自律移動椅子の評価, 第17回人工知能学会全国大会, 2D1-07 (2003).
- 7) 山田誠二, 山口智浩: 人間とロボットの相互適応—AIBOをしつける—, 第58回人工知能学会「知識ベースシステム」研究会 (2002).

(平成15年10月29日受付)

