

日本認知科学会 監修 「認知科学のススメ」シリーズ

8

Invitation
to
Cognitive Science

今井倫太 著 内村直之 ファシリテータ
植田一博 アドバイザ

インタラクシヨンの 認知科学



ロボットとの会話はいつもどこかぎこちない……
ロボット相手に没入できるような自然な会話は実現するのか
ロボットが社会の一員として暮らせる未来はくるのか

注意を使える・状況を共有する・相手の態度を理解する
ロボットの製作により、
人の認知特性に合わせた
新しいロボットのかたちが見えてくる

新曜社

インタラクシヨンの 認知科学

日本認知科学会 監修 「認知科学のススメ」シリーズ

Invitation

to

Cognitive Science

8

今井倫太 著 内村直之 ファシリテータ
植田一博 アドバイザ

新曜社

「認知科学のススメ」シリーズの刊行にあたって

人間や動物は、どのように外界の情報を処理し、適切に反応しているのでしょうか？ 認知科学は、このような関心から、動物も含めた人間の知能や、人工知能システムなどの知的システムの性質や処理メカニズムを理解しようとする学問です。人間や動物のさまざまな現象にかかわるため、認知科学は、心理学、進化学、情報科学（とくに人工知能）、ロボティクス、言語学、文化人類学、神経科学・脳科学、身体運動科学、哲学などの幅広い分野の研究者が集まって作られました。そのため認知科学は、これらの諸分野を横断する学際的な学問分野となっています。

認知科学はこのように幅広い領域にわたるため、数学、物理、歴史などの伝統的な分野と比べて、体系化することは容易ではありません。そのためもあってか、私たち自身について知るための基本的な学問であるにもかかわらず、これまで中学校や高校の教育の中で教えられることはありませんでした。しかし学問の存在を知らなければ、その道へ進もうと志す人もなかなか現れません。このことは、社会にとって残念なことです。

そこで、これから大学で本格的に学問に取り組む若い方々やこの分野に関心をもつ一般の社会人の方々に、この分野でどのようなことが研究されており、どのような面白い成果が得られているのかを知っていただくために、日本認知科学会は「認知科学のススメ」シリーズを刊行することにいたしました。

国内のほとんどの学術書は、研究者自身がテーマに沿って研究を紹介するという執筆形式をとっています。一部の書籍、とくにアメリカの書籍では、研究者の代わりにサイエンライターが執筆しているも

のもありますが、まだ数は少ないと言えます。本シリーズでは、研究者とサイエンライターが協同して書くという、これまでにない執筆スタイルをとっていることが、大きな特徴の1つです。全10巻の刊行が予定されており、いずれの巻においても、サイエンライターは高度な内容を誤りなく、かつわかりやすく読者に伝えるよう、ファシリテート (facilitate) する役目を担っています。そこで本シリーズでは、サイエンライターを「ファシリテータ」と呼んでいます。全巻にわたるこの役を、書籍のみならず、新聞や雑誌等で科学に関する記事をこれまで多く執筆されてきた内村直之氏に、お引き受けいただきました。

本シリーズは、別掲のシリーズ構成をご覧くださいとおわかりのように、内容のうえでも、新しい執筆スタイルに負けない斬新で興味深いタイトルを揃えていると自負しています。これらの本を手にとった高校生や大学生のみなさんの中から、認知科学という学問分野を目指す方が現れることを期待してやみません。それと同時に、これまで認知科学という学問分野に馴染みのなかった多くの社会人の方が、認知科学に興味をもってくださいることを切に願っています。

2015年9月10日

編集委員

植田一博

今井むつみ

川合伸幸

嶋田総太郎

橋田浩一

全 10 巻シリーズ構成

既刊

第 1 巻 『はじめての認知科学』

内村直之・植田一博・今井むつみ
川合伸幸・嶋田総太郎・橋田浩一（著）

第 2 巻 『コワイの認知科学』

川合伸幸（著）・内村直之（ファシリテータ）

第 8 巻 『インタラクションの認知科学』

今井倫太（著）・内村直之（ファシリテータ）
植田一博（アドバイザー）

刊行予定

第 3 巻 『サービスとビッグデータの認知科学』（仮題）

橋田浩一（著）・内村直之（ファシリテータ）

第 4 巻 『育ちの認知科学』（仮題）

針生悦子（著）・内村直之（ファシリテータ）

第 5 巻 『表現する認知科学』（仮題）

渡邊淳司（著）・内村直之（ファシリテータ）

第 6 巻 『感じる認知科学』（仮題）

横澤一彦（著）・内村直之（ファシリテータ）

第 7 巻 『おもてなしの認知科学』（仮題）

熊田孝恒（著）・内村直之（ファシリテータ）

第 9 巻 『オノマトペの認知科学』（仮題）

秋田喜美・今井むつみ（著）・内村直之（ファシリテータ）

第 10 巻 『選択の認知科学』（仮題）

山田 歩（著）・内村直之（ファシリテータ）

まえがき

人は赤ん坊のときから両親や様々な人とインタラクションすることで成長していきます。生活の中でも友達・先生・同僚・上司と日々インタラクションしながら、学んだり、助け合ったり、ときには喧嘩したりと、人と人がお互いに関わり合いながら社会を構成しています。誰かとインタラクションできる人の知性や能力を知ること、認知科学という人の知的活動の仕組みを明らかにする学問の重要なテーマです。本書は、人とインタラクションできるロボットを題材として、ロボットに必要な仕組みを考えながら、人が行うインタラクションの仕掛けを紐解いていきます。

インタラクションの認知科学を考える上で、なぜロボットを引き合いに出すのかをまず説明しましょう。スムーズにインタラクションが行われるためには、インタラクションの参加者がお互いに共通の仕組みや約束事を持っていたり、共通の情報を持っていたりする必要があります。持っていないと大変な思いをすることは、日本語の話せない外国人と会話する場面を想像するとわかりますね。人とスムーズにインタラクションするロボットを作っていく中で、人の持っている仕組み・約束事・知識を、共通に使えるようにロボットにも入れていく必要があります。問題は、何が共通なものとして重要なのか自体がわからないことなのです。人とインタラクションできるロボットを作ることを通して、インタラクションの中で人がどのような仕組みを働かせ、どのような約束事に従い、どのような知識を活用しているのかが明らかになります。これは、人の知的能力を明らかにする認知科学の目的そのものです。ロボットを活用したやり方で可能になる認知科学研究

を知ることができるのも本書の特徴です。

ロボットが人とインタラクションする際に難しいのは、言葉を認識することや、目の前の人を認識することだけではありません。人とロボットが周囲で起きている出来事や周辺にある物を話題として会話することが難しかったりもします。本書は、人とロボットを実際にインタラクションさせた実験をたくさん紹介します。実験を通して、ロボットが人と状況を共有し、自然な形でコミュニケーションする際に必要となる能力がどのようなものなのか解説していきます。

インタラクションの実験、特にロボットを用いた実験は、文章だけからでは実際の雰囲気がわからないことが多々あります。実験で何が起きていたのか、ロボットがどのように動いたのか、よりわかりやすく伝わるようにビデオが閲覧できるホームページを用意しました。下記の URL でアクセスしてみてください。人やロボットの些細な動きがいかに影響力を持つのか、本で読んでもわからなかった部分がきつと理解できると思います。

http://www.ailab.ics.keio.ac.jp/webpage_personal/cognitive_robot_interaction/

本書は、認知科学の知見を紹介するとともに、人とインタラクションできるロボットの構造の説明にもなっています。人とコミュニケーションできるロボットを設計する上での基礎知識にもなります。インタラクションにおける人の知的な振る舞いを知りたい人から、人とインタラクションできるロボットを将来作ろうと思っている人まで楽しんで読んでいただける内容になっているかと思います。人の知性、ロボットの知能の双方の側から、インタラクションという現象を解き明かしていきますので、どうぞお楽しみください。

目 次

まえがき v

1 章 ロボットとの会話 1

ロボットの進出 1

- 身近になったロボット 1
- ロボットを作るのに必要なこと 1
- 社会の中のロボット 2

いろいろなロボットとのコミュニケーション 3

- 命令で道具として働くロボット 5
- 遠隔地の人同士をつなぐロボット 6
- 人の相手ができるロボット 6
 - Column 続々登場しているコミュニケーション型ロボット 8

ロボットとの会話 9

- 情報を伝えるもの 9
- 会話と状況 10
- 状況で決まることばの意味 10

ロボットを用いた認知科学研究 11

- Column 科学実験に使いにくい「人」 12
- ロボットによるコミュニケーション実験とは…… 13
- 実験の設計は難しい 13
- 行動記録やアンケートから結果を分析 14

インタラクションとは 15

- 違いは何? 15
 - Column ふつうの用語が難しい 16
- 人と機械のあいだは…… 17
- お互いの状態を知りたいがわからない! 18

わかりやすい機械か、人をわかる機械か	19
人とロボットのおつきあいは……	20
ロボット特有のやりかたもある	20
ロボットにお付き合いしてあげると	21
ロボットは世界をどう見たらいいのか	22
共有、その深淵な課題	22
関連性理論から見た影響と情報	22
言葉で伝えられないクオリア	24
情報の共有で信頼関係に	25
本書の構成	26

2章

注意と状況

——ロボットに注意を使わせる 28

状況を理解するための注意機構	28
自明な状況は省略される	28
必須な「注意機構」という仕組み	29
注意を向けられるロボットを作る	30
注意機構を持つロボットとは	30
前方に障害があるとき	31
ロボットは知識表現を使う	31
「ダメ！」に反応するには	32
意図的注意・反射的注意を備えたロボット	35
注意の結果で変わる返答	35
より人に近いロボット Linta-II 登場	35
なぜ発言が違うのか	37
注意機構と機能モジュールはやりとりする	38
注意機構を介してモジュール間の影響がある	39
注意機構がからむのが大事なわけ	39
Column フレーム問題	40
意図的注意と反射的注意をどう作る？	41

勝ち残った情報へ注意を向ける	42
競争による意図的注意の実現	43
競争による情報の決定	44
競争による意図的注意と反射的注意の両立	46
注意対象への興味は時間とともに減衰する	47
Lintal-IIの注意機構はこう働く	49
自発的に注意を向けるロボット	52

3章 ことばの意味と状況と注意 54

状況意味論から考えると……	54
意味は状況の中で決まる	54
意味と世界	55
状況を取得できないとロボットはこまってしまう	56
談話状況と記述状況	56
2種類の「状況」がぶつかって	57
「同じ言葉」でも「違う意味」という場合	59
知らないことがあれば……	62
状況がわかるロボットを作るには	65
式にしないとロボットは理解不能	65
Lintal-Iと状況理解	66

4章 共同注意と状況の共有 69

共同注意	69
同じ状況への注目が不可欠	69
お互いの心の窓を通す	70
共同注意とは心の状態を読み合うこと	71
指示語の意味がわかる	72
ロボットが創る共同注意	73

- ロボットの思いはヒトに通じるか 73
- 視線を動かせば注意を誘導できる 75
- 人のアイコンタクトも引き起こす 75
- ロボット側の共同注意は難しい 76
- 共同注意の先にあるもの 76

5章 関係性から心の理論へ 78

- ロボットとつきあうために「関係性」が必要 78
 - 見知らぬロボットと仲良くなる 78
- 「イタコシステム」で関係を付ける 79
 - ロボットとの関係性の有無で人の行動が違う実験 80
 - 「おばけ」キャラが「憑依」する 80
 - 人はロボットの言うことに耳を傾けるか 82
 - 関係性が相手の言葉の理解に影響する 86
- 「人の心を読む」=心の理論の大切さ 87
 - 人は無意識のうちに人の心を読んでいる 87
 - 心を読めばいろいろなことができる 89
 - ロボットの「心」も読める？ 90

6章 情報共有に基づくインタラクション 92

- 指差し示せば情報共有ができる 92
 - 人の指差しの意味をロボットはわかるか 93
 - 指差しながらロボットに指示する 94
 - 人とロボットは情報共有できるか 95
- 同時性こそ「情報共有」のあかし 99
 - 戦国時代の「情報共有戦」は…… 100
 - 一足先に顔を向けるロボットに人は一安心 106
- 事前に備わっている情報を利用した情報共有 107

- 会話で大事な五感についての話題 108
五感共有はロボットと人でも有効か 109
暖かい日、冷たいお茶、そしてチョコ 110
景色とおみやげに反応するか 112
ロボットの文脈に乗って楽しんだ人 113
心の理論のスイッチオン! 115

7章 ロボットの社会性と未来 117

- 達成できたこと、できなかったこと 117
社会性を与える／確認させる 120
社会の一員となるロボット 122

あとがき 125

文献一覧 128

索引 129

装 幀 = 荒川伸生
イラスト = 大橋慶子

1章

ロボットとの会話

ロボットの進出

身近になったロボット

家電量販店など店先に人型ロボットが置かれるようになりました。それ（彼？彼女？）と「会話してみた」という人もいるでしょう。また、個人で購入できるロボットも登場し、お金と興味があれば手に入れることができます。ロボットといえば工場で車を組み立てているか、SF（サイエンス・フィクション）小説やアニメに登場する架空のものだったのが、ずいぶんと身近な存在になり始めています。

SF（サイエンス・フィクション）小説やアニメに登場するロボットは、人と同じように話し、感情を持ち、私たちの仲間や友達（ときには敵）として登場します。店先に置かれているロボットたちは将来、SF小説やアニメのように私たちと協力して社会を作っていく存在となるのでしょうか？ 専門家の目から見るとまだちょっと先の話のように思えます。現状のロボットにはできないこともまだまだ数多くあります。たとえば人のように家の中を自由に歩いて物を取ったりするといった簡単なこともできないのが現状です。

ロボットを作るのに必要なこと

本書は、人間社会で活躍することを想定して、人とコミュニケーションするロボットについて考えます。ロボットを作ると聞くと、その体を作るための機械工作や電気工作、あるいはコンピュータプログラム

の製作を思い浮かべる人も多いかと思いますが、ロボットを作るのに必要なことはそれだけではありません。たとえば、人と会話するロボットを作っていくとすると、ロボットの発言や動きを人がどのように受け止めるかという視点も重要になってきます。また、コミュニケーションにおいて人がどのような仕組みで相手に情報を伝えているのかについての知識も、人とコミュニケーションするロボットを作っていく上で重要な手掛りになります。

人がどのようにコミュニケーションするのか、人がロボットとの会話をどのように受け止めるのかといった問題は、人の知的活動を科学する学問である認知科学の分野に属します。ここで難しいのは、人の知的活動の多くは生活の中で当たり前に行っていることなので、私たちにあって空気のような存在として見すごしてしまうという点です。そのため認知科学では人を観察する実験をして、日常では気がつくことのできない重要なことがらをたくさん明らかにしています。

社会の中のロボット

話を戻して、ロボットの社会進出の可能性について考えてみましょう。店先に置かれたロボットとコミュニケーションできるようになっていたり、展示会場の担当者やお客が会場に置かれたロボットとコミュニケーションしたりしているのを見たことがある人も多いでしょう。実際にコミュニケーションしたことがある人も多いはずですが。そんなとき、ロボットは、いろいろな話題を提供して、身振り手振りをしながら話してくれたのでしょうか。ロボットは話しかけるこちらの方へ顔を向けて来たり、こちらの言葉を音声認識で理解してくれたりもします。しかし、何か物足りなさを感じた人も中にはいるのではないのでしょうか。もしくは、なんとなく話しづらさを感じたり、さして時間が経っていないのに飽きてしまったりした人もいるかもしれません。最近のロボットは、前に人がいることを認識できたり、人の言うことが音声認識できたり、身振りで自分の感情を表現したりできるように

なっていますが、人と十分なコミュニケーションをするためには、まだ何か足りないようです。

ロボットが本当の意味で私たちの社会に進出するためには、さらにいろいろな要素技術を研究開発していく必要があるようです。そこでは、人とロボットのコミュニケーションに関する認知科学が重要になります。何が足りないのか、どうしていく必要があるのかについて本書を通して見ていきましょう。

いろいろなロボットとのコミュニケーション

ひとえにロボットといっても様々な種類があります。ロボットの詳しい紹介を始めると本書はそれだけで終わってしまいますので、簡単にします。本書で考えるのは、人とロボットのコミュニケーションについてなので、コミュニケーションという観点からロボットを分類して紹介しましょう。

ロボットは、大雑把に3つに分けることができます。1つ目は、人が一方的に命令して動くロボットです。2つ目は、人と人がロボットを介して話すためのロボット、3つ目は、人同士の会話と同じように人と会話するロボットです。それぞれ見ていきましょう（図1も参照）。

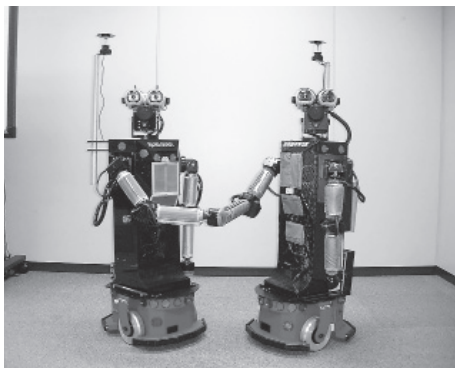


図1 人同士の会話と同じように会話するロボット (上), 遠くの人とコミュニケーションするためのロボット (左), 命令して動くロボット (右)
上: ロボビー^[1], 左: Beam (Suitable Technologies 社開発) と著者 (向かって左), 右: HOSPI (写真提供: パナソニック株式会社)

[1] Copyright © Advanced Telecommunications Research Institute International(ATR)

*ロボビーは (株) 国際電気通信基礎技術研究所の登録商標です。

命令で道具として働くロボット

人が命令して働くタイプのロボットは昔から存在します。家庭用の掃除ロボットはその代表ですね。スイッチを押すと掃除ロボットは掃除を始めます。「スイッチを押すことが命令なの？」と疑問に思うかもしれませんが、将来掃除ロボットが音声認識機能を搭載したら、きっと「掃除して」と音声で命令するでしょう。指でスイッチを押して動くのと、音声入力での命令で行動させるのは、指と声の違いはありますが、広い意味で同じ人からロボットへの命令と考えることができます。

なぜ、こんな単純な仕組みの話をするのだろうかと思議ですか？それは、読んでいるあなたに、「道具としてのロボット」と「コミュニケーション相手のロボット」の違いがあることを意識してもらうためです。家電やスマートフォン、コンピュータなどは、どれも人にとっては道具です。使う人は、道具が何をしてくれるのかをある程度知っていますので、人と道具の間に生じるやりとりは、人から道具に対し、一方的に音声やスイッチで命令するだけです。後ほど説明しますが、コミュニケーション相手のロボットでは、道具に用いられる命令とはだいぶ異なる目的でやりとりが行われるので覚えておいてください。道具としてのロボットには、何かをさせるために命令（コミュニケーション）するけれど、コミュニケーション相手のロボットは、コミュニケーションすることそのものが目的になるという違いがあります。

火星の地面を動き回って探査しているロボット「マーズパスファインダ」や、倉庫や病院で荷物の運搬に使用される自律搬送ロボット、自動車工場で車を組み立てるロボットアームなどを例とするロボットは、「人にとっての道具」という位置づけで作られ使用されています。使用目的や機能が明確に決まっていますので、一方的な命令でやりたいことが実現できるのです。

また操縦することで動かすロボットも命令によって動くロボットです。最近ですと、無人で偵察する飛行ロボット（UAV: Unmanned Aerial Vehicle と呼ばれます）や、ドローンと呼ばれる小型のヘリコプ