

人の傍にあるロボティクス

稲葉雅幸, 稲邑哲也, 加賀美聡, 井上博允
佐藤知正, 森武俊, 下山勲, 松本潔, 星野一憲

情報理工学系研究科 知能機械情報学専攻

概要

ヒューマンロボット研究グループでは、ロボティクスの新しいステージとして、人を見守り人を支えるという人の自然な行動を阻害することなくそれに対して自然な対応が可能なロボティクスを目指している。以下では、人が集まる環境で人への対応を行うロボットの知覚と行為のレベルにおける課題を具体的な行為を例として考え、本研究グループにおけるヒューマノイド、センシングフロア、照明ロボット、付き添い表示ロボットなどの位置づけを示してゆく。

1. はじめに

人がロボットに期待することは多種多様である。ロボットが人の姿形をしていればなおさらでもある。人を見守り人を支援することが期待されるロボットがその期待に答えてゆけるようになるには、ロボットではなく人がその見守りを行い支援を行っているとしたらどうなるかということを考えずに進めることは難しい。そこでは人が何気なくできている基本的なことを確実にこなすことから、仕事としての接客の心や対人技術などの高度な社会性に基づくレベルまで幅が広いものである。現状のロボットにとって、そこでの基本となる機能であっても未だ課題の多いレベルとなっているものも多いが、少なくとも人への自然な支援を求められてゆくならばそのレベルを避けて通るわけにはゆかない。

COE のロボット研究グループにおいては、複数の人が集まる場を例にとり、人への対応のあり方やロボットへの要求機能を見てゆくために、図1のような人が集まる空間を考え、将来の方向性を示そうと考えている。ここでは、図2のようにロボットが人に対して様々な支援を行っている。(A)は携帯情報端末を手渡しているロボットR1、(B)は本を読んでいる人に適当な照明を与える照明ロボットR4と、テーブル上の本を片付

けているロボットR2、(C)は人の帰りがけに預かっていた荷物を手渡すロボットR3、(D)は、調べものをしたいときに人に近寄り答えてくれるロボットR5の例を示している。以下では、それぞれのロボットに必要な能力を見てゆく。

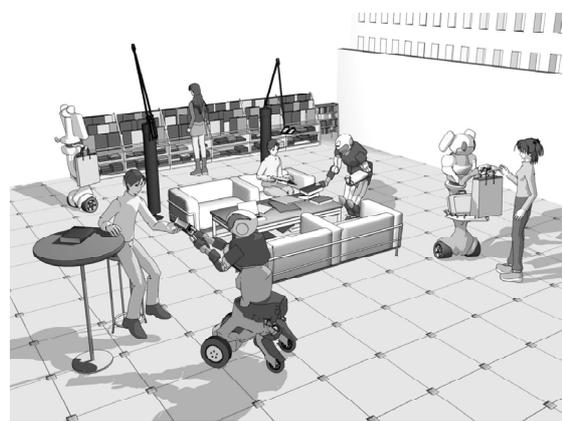


図1 人が集まる場のロボット

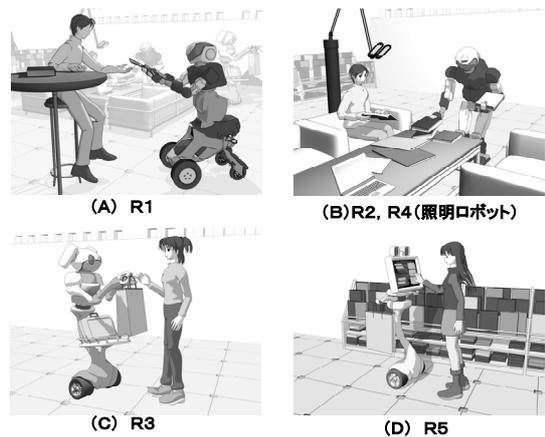


図2 人を支援する形

2. 空間と存在の把握

人が集まる場にいるロボットは、環境に存在する物と人の動きをどのように知ることができるか。人がこの部屋に居て支援を求めている人がいる

かどうかを眺めようとしたら何をどのように見ることになるか. そして, その能力をロボットに期待すれば, それはどのように可能となるか.

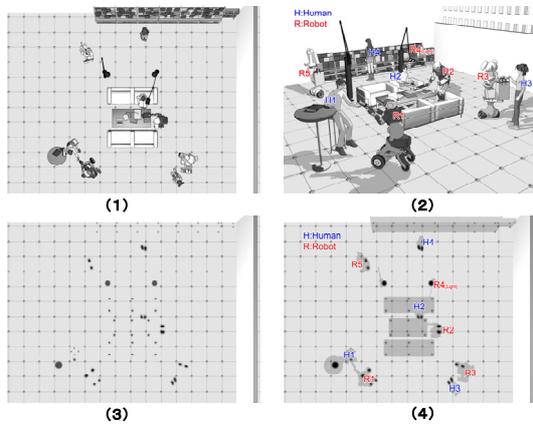


図3 センシングフロアと存在知覚

図1の環境は, 上から見れば図3(1)のようになる. このような空間配置であることを知り, 人がどこにいてどのような対応を求めているか, そしてその傍にいるロボットがその対応を行っているかどうか. 人は, 図3(2)のような視点から見た映像からでもロボットと人とのかわり具合をある程度は推測できる. そのような推測をロボットに行わせることがどのように可能となるか.

たとえば, 床一面に圧力センサーを敷き詰めて圧力分布を常時計測することができるとする. 図1の場面における, 圧力センサは図3(3)の黒い点のような信号を与える. この情報から, 図3(4)のように, 人とロボットの位置と書架, ソファ, テーブル類の場所にまつわる様々な部分情報を得ることを考える. 書架, 椅子, テーブルなどは移動しないが, 人は二つの足跡が重なって動くということから人の位置や向きを推し量る. また, ソファや椅子に人が腰掛けた場合には二つの足跡が無くなり, ソファや椅子の床への圧力が高まる. ロボットと人の区別は足跡の形, 体重, あるいは, ロボットと床のセンサー間の情報通信によって相互位置を確認しあう形もありうる. 自己位置を変えることができず, 視覚などの感覚器を持たない照明ロボット R4 などは床センサから人の位置や姿勢の情報を受け取って行動できる必要がある. これらは個々の存在に関する仮説情報となって空間全体の配置に関する共通の情報が形作られ, それを共通に利用可能とする情報技術が不可欠な段階となっている. 床センサの集合体が全体として人や物の配置に関する推論を行えるようにしたものをセンシングフロアと呼び, センサのユービキタス技術, センサーネットワーク技術などと同様にその実現技術が研究課題と

なっている.

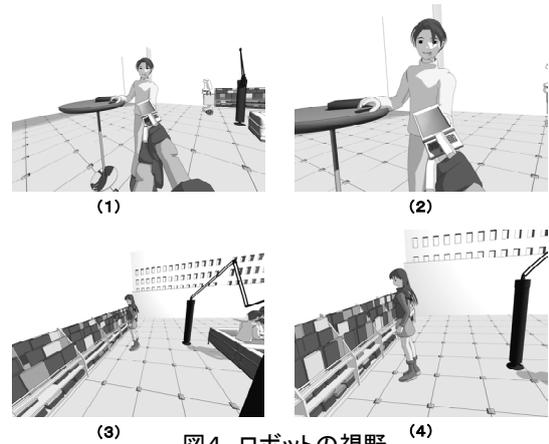


図4 ロボットの視野

3. ロボットの知覚

ロボットの視野には限りがあり, 注視できる分解能にも限度がある. そのような制約のもとでロボットは認識と行動判断を行う必要がある. 図4は, ロボット R1 と R5 から見える視野を示したものであり, 水平視野角が110度(左)と70度(右)のものである. 広い範囲に注意を向けるには視野角は広い方がいいが, 均質な分解能をもつカメラでは, 注視対象の占める範囲が狭くなり, その細部を認識することが困難となる. 人の視野角は110度より広いが, 視野中心の分解能は70度のものよりも高く, 注視対象の細部をよく認識することができる.

視野と分解能の問題は, 人がどこを見ていて, 何をしようとしているかを知覚しようとするロボットにとっては本質的な問題となる. 図1のR5のロボットが, 図5のように人から呼びかけられていることを認識するには, 人の存在を知覚し, 人の向き, 視線, 手の動きを認識できる必要がある. 注視する対象の分解能が高くなければ, これらの認識は困難なものとなる. 広視野と注視領域の高分解能を同時に得るために, 焦点距離の異なるカメラの複数利用, 分解能の異なる撮像用センサーデバイスや光学系の試作は試みられてきた. 人との距離が遠く分解能が不十分な場合には, 視覚ズームや人への歩みよりなど自己の感覚能力に併せて知覚のための行動を起こす能力が求められることになる.

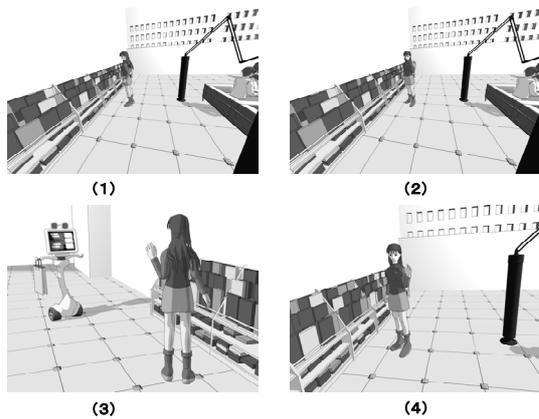


図5 人からの呼びかけに対する認識

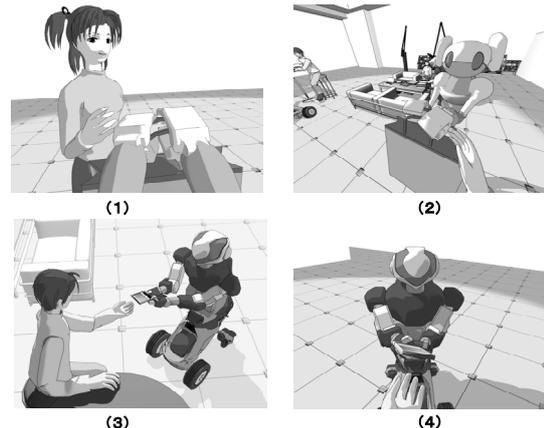


図6 人への物の受け渡し行為

ロボットの知覚において、視野や分解能などの物理的問題をクリアしたとしても、人がロボットに何を求めているかをどのように人が表現するか、人が求めていることにはどのようにすれば答えられるのか、ロボットの行為に対して人がどのような反応を返してくるかということを認識する能力が不可欠となり、これからの課題となっている。ロボットが見る、聴く、歩く、物を扱うなどロボットの基本機能と同様に、人との間の個別の行為としてそれらが形づくられることがこれからの方向性の一つといえる。ロボットの方を見て、手をあげて呼びかける行為は最低限ロボットが認識できなければならない行為である。

また、図6のように、人への物の受け渡しにおける人の行為を知覚し、自己の行為をそれと連動させられる機能も最低限必要となる基本的な機能である。物を渡そうとしている際には、人がこちらを見ていて、人の手が受け取るために差し伸べられているかどうかを認識し、把持した物の差出方を人のその行為へ合わせる必要がある。人の視線を認識する機能は、人の意図を推測する上で大変重要な意味を持つことがわかる。受け渡し行為においては、相手の手が自分の荷物を持っているかどうかを視覚だけでなく手を通して感じる必要がある。一連の行為の中での知覚機能の実現は利用可能な感覚器と動きを連動させた中で形作られてゆくものであり、単一の感覚器の性能の問題だけでなく、複数の感覚と動作系が連動したシステムの上ではじめて機能化できるものである。そして人を相手とするには、視聴覚、手の力感覚、移動と両腕の連携機能が備わったロボットが人への自然な対応が可能な物理的なサイズをもつプラットフォームとして形づくられ、その上で対人行為のソフトウェアを構成してゆくという方向が目指されている。

4. ロボットの行為

人に物を手渡すことは人を支援するロボットの一つの基本動作である。ロボットが人に物を手渡す動作にはいろいろな姿勢を考えることができる。図2 (A)の例では、小型の情報端末であるが、片手で渡すのではなく、両腕で渡している。ロボットの基本動作は、通常開発者が定型的な動作をロボットに教えておき、状況に応じてその動作が呼び出されるという形をとる。物の手渡し動作時に、人からどの程度の距離を置いて立ち、手渡す物の持ち方、その物の差し出し方、それらが、人と対象物の種類などの状況に応じて適切な行動を繰り返すことができるロボットの行動基本システムは人とかかわりを考える際のもっとも基本的な部分である。

物や情報を受け渡すことを行うロボットは、その人の動きを注意し、必要ならばその人に付き添い、その人の動きに併せて行動することが必要となる。図7は、荷物を持ったロボット端末が人の動きに併せて付き添うロボットの例である。自由に動き回る人との距離を常時計測しつつ、人との自然な距離感を適切に調節して進むことができる運動能力が基本機能となる。人の存在把握や、人との距離計測には、ロボット側の知覚機能の高度化の手法だけでなく、人にRFタグを手渡しておきそれを情報として知覚機能を助ける形も考えられる。人が移動している際の距離のとり方だけでなく、人が自分に近寄って来た場合に、道を空けるべきか、それともそこに居て情報を提供できるようにするかなどの行為判断能力が必要となる。人の動きから次に必要な行為が何であるかを適切に知る知覚機能、そこから次の行為を予測する能力、それに答える行為を行った場合の人の挙動からその行為が正しかったかどうかの判

断と次にどのようにその経験を生かしてゆくかという学習機能，そういった高い機能が不可欠なものとなるロボットでもある。

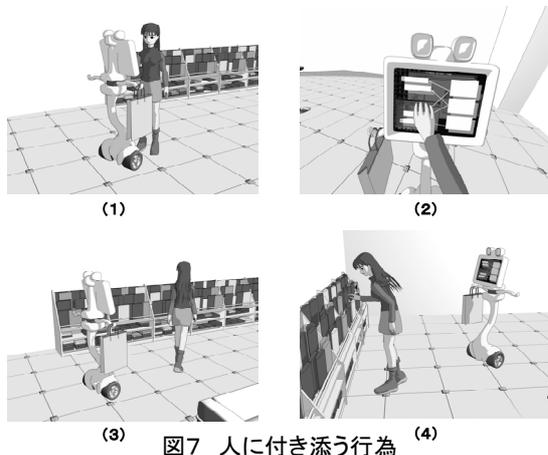


図7 人に付き添う行為

図8は，人がソファに座って本を読みはじめているときに，読みやすい明るさを調整して照明を調節する照明ロボットや，前の人が残っていた雑誌はもう必要が無いと思って片付けている人型ロボットの状況を示している．照明を調節する行為は，照明ロボットならではの行為である．人が本を読んでいることを知覚でき，見ている本の場所，本の表面の明るさ，人がどの程度の明るさを望んでいるか，人が照明ロボットの照明の位置を修正したらばその際の明るさをその人にとって適切な明るさとして把握できる機能など，照明の調節行為の構成方式が課題である．物を片付ける行為は，感覚を駆使して物を扱う基本動作機能の上に，片付けられて整理された環境のあるべき姿を知っていてその状況を目標として基本動作列が作り出されてゆく行為である．照明行為でも片付け行為でもあるべき状況であるかどうかを知覚する能力があってはじめて実現される行為となる．

ロボットの行為に関して，人に対する自然な距離感や基本動作の形態，人との物や情報のやりとりのための基本行為の構成法，環境の状況を見ていて行為が必要だと判断できる能力，環境を整える行為のためにあるべき状況に関する判断能力，人ごとにより変りうる行為の内容への対応など，知覚のための能力のほか，判断のための情報処理が重要な役割を占めることになる．人とロボットのインタラクションの機能は人を見守り支援するロボットにとって今後の中核的な課題となってゆく．

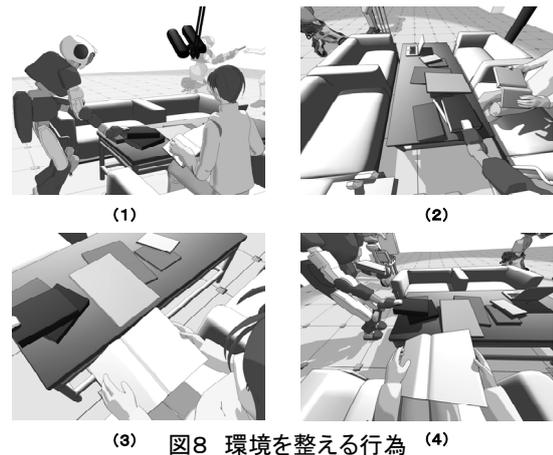


図8 環境を整える行為

5. おわりに

人を見守り支える将来のロボットの方向性とそれに必要な基本的な機能について具体的な課題を考えるために人が集まる場をとりあげ，ロボットが人の呼びかけに答え，人に付き添い，人と物と情報の受け渡しができ，人の行動の周りを整える行為をしているという例について説明を行った．ロボットの知覚機能として，人の存在を知り，人の動きに反応でき，人の視線の向きまでも観察できるようになる機能は基本的で必須となるものであるが，現在においても困難な課題は多い．本研究グループにおいては，センシングフロアと照明ロボットが連携する環境型ロボット，人に付き添い情報や物を受け渡す移動ロボット，物を手渡し環境を整える人型ロボットなどを分担しながら研究開発を進めているが，環境にも埋め込み可能なマイクロセンサデバイス，VRやセンサーネットワークとの連携環境，人の行為に併せて対話や自律行動が可能な統合システムにおける対話と判断機能，融合プロジェクトとしてのシステム全体の統合化のためのシステムの枠組みに重点をおいて今後研究開発を進めてゆく．

参考文献：

稲葉他，実世界情報システムプロジェクト・ロボット研究グループ，21世紀COE 情報科学技術戦略コア，平成14年度報告書，2001．