

理化学研究所 情報統合本部
ガーディアンロボットプロジェクトディレクター
美濃導彦

1. はじめに

ロボットがどういう形で家庭に入って人間と共生していくのかを技術動向を考慮して考えてみたい。ここでいうロボットは独立して動く機械だけでなく、サイバネティクスの意味での機械、すなわち外界からの入力を得て、それを何等かの形で処理をしてアクションを外界に返すものとする。

近年のニューラルネットワークの学習機能、インターネットでの大量のデータ蓄積、そのデータを活用した生成 AI に代表される AI 技術の進展は社会を大きく変えつつある。本稿では、この大変革がなしえそうな可能性を過去の研究の流れを検討しながら考えてみたい。

2. ユビキタスホームプロジェクト「ゆかり」での人間とロボットの共生

私の研究がロボティクスとかかわったのは 2003 年に情報通信研究機構 (NICT) の前身である通信総合研究所 (CRL) で始めたユビキタスホームプロジェクト「ゆかり」である。2000 年頃になると、コンピューターネットワークがいわゆる会社に代表される働く場所ではなく、個人的で効率化を考えなくていい家庭にも普及するのではないかと考え始められてきた。こんな中で家庭にネットワークを導入する意味はどこにあるのかという問題を考えていた。家庭の中を見てみると、電気製品いわゆる家電が多く使われているが、個々の家電はそれぞれ完結した機能を実現しており、ネットワークに接続する必然性はなかった。家電の維持管理、保守という形で、メーカーが家庭内の電気製品にネットワーク接続することが考えられていたが、それは特殊な例であった。機械のネットワークは、必要な機能が自分がない場合にネットワークにあるその機能を利用できるというのがその存在価値である。したがって、どう考えても家庭にネットワークはすんなりとは入っていかないと思われた。

このような状況でゆかりプロジェクトを始めたわけであるが、モチベーションとして家庭にネットワークを入れる必然性を説明することが重要であった。そこで、完結した個々の家電の持つ機能を分解して、それぞれの機能を独立にネットワークにつなぐことにより、家電が連携して、新たなバーチャル家電をネットワーク上に構築するような枠組みを考えた。この枠組みを「網電」と名付け研究を開始した。研究を始めると、家電のネットワークと人間とのインターフェースが問題になる。そこで家全体ロボットと考えて、家の中にある機能に分解した家電と様々なセンサー類を設置し、それらをネットワーク化して様々なサービ

スを提供する家ロボットと言う概念を導入した。このネットワークに対して人間がアクセスするインターフェースロボットを作って音声対話により人間の要求を聞く過程全体のネットワークを構築した。図1に示すように、家ロボットは人間に意識されないで「アンコンシャスロボット」、インターフェースロボットは「ビジブルロボット」であり、これらをまとめて「母親子供メタファ」と称してわかりやすい形にした。当時、音声認識技術は未熟であり、マイクに向かってははっきりとしゃべらないと認識できない状況であったので、ビジブルロボットを5歳児程度に設計し、ゆっくりとしゃべってもらえるように配慮した。家ロボットは人間が知らない多くの情報を持っており、様々な便利なサービスを提供できるので、この家に住んでいるユーザはロボットとしゃべろうとする。このような形で、人間とロボットが共生する環境を作り上げた。

このプロジェクトの成果を評価するために実証実験を行った。この実証実験では、実際に網電で構成した住宅を作り、その中で様々な方にユーザになっていただいて2週間にわたり生活してもらった。集めたアンケートでは多くのユーザは好意的な回答をしてくれた。その中で特に面白かったのは、いろいろなセンサーが家についており、最初は気になって大変だと思ったが、3日経てば慣れてしまった、インターフェースロボットがだんだん賢くなっているように思うという感想であった。前者はことわざの「三日坊主」を実証できたものである。後者は、実際ロボットには学習機能がなかったのであるが、ビデオ評価の結果、人間の方がロボットの音声認識機能に適応したと思われる結果であった。

このプロジェクトでは家ロボットが家の中の現状を把握し、人間が知らない情報を多く提供することによって、人間がロボットと喋るモチベーションを与えようとしていた。その時の音声対話能力はそれほど良くなかったので、雑談的な会話は無理であり、必要な情報を聞き出せるような形で対話を進めると言うことを主眼としていた。このように持っている情報の量に差があると、人間はロボットに話しかけ、いろんな情報を聞き出そうとする。これがその当時におけるロボットと人間の共生という概念であった。このプロジェクトは残念ながら3年間で終了し、網電という概念とその具体例は日の目を見ることなく消え失せてしまった。

母親・子供メタファ

母親：

アンコンシャス型ロボット(家全体)

家族を見守り、必要なときには
さりげなく支援してくれる存在



子供：

ビジブル型ロボット

3歳児程度の顔認識と音声対話の能力を持つ「オタク」坊や

NICTヒューマンコミュニケーションシンポジウム

NICT 独立行政法人
情報通信研究機構
National Institute of Information and Communications Technology

図 1

3. ガーディアンロボットプロジェクトでの人間とロボットの共生

それから 15 年が経ち、情報技術は格段に進歩した。この中でまたロボットプロジェクトに関わるようになった。今回はさりげなく人間を支援する立ち上がりロボットの議論から始まった。人の意図を推測し、適切なタイミングで人の立ち上がり動作を支援するロボットの研究開発である。このプロジェクトを考えるにあたって、技術の進歩を先に見ておきたい。

「ゆかり」プロジェクト以降の 1 番大きな進化はニューラルネットワークの研究の進展である。これまで人間にしかできないと考えられていたパターン認識（画像認識から始まりほとんどのメディア情報の認識）がディープニューラルネットワークとその学習技術及びインターネットに蓄えられた大量のデータにより可能になっただけでなく、最近では人間の能力を超えるほどになってきた。これにより人間と同じような認知認識機能、すなわち画像認識、音声認識、言語認識が人間と同レベルでできるようになった。この発展は、人間社会に大きな変化をもたらす。

このような状況のもとで、新たにロボットプロジェクトを始めるのであれば、人間に類したような様々な認知認識機能をロボットに持たせて、人間と共生するのは 1 つの方向性であ

る。そこでロボットに現在の技術で最高のレベルの認識、認知機能を持たせ、人間と同じように 3 次元世界を認識し、その情報に基づいて、人間と会話するようなロボットを考えることにした。そのロボットの機能の一つとして立ち上がりを含めることにした。GRPでは、3 種類のロボットを開発した (図 2 参照)。1 つ目がもともと必要であった立ち上がり支援機能、すなわち外骨格ロボットである。このロボットは、人間の筋電信号や振る舞い、態度を見て、人間が立ち上がるかどうかを推測し、さりげなく支援するものである。もう一つは、人間とロボットが共生するために、人間が心地よくロボットに話しかける必要がある。そのためには感情コミュニケーション、特に顔の表情が重要であると考え、豊かな表情を出せる顔ロボット (Nikola) を開発した。最後は家の中の状況を認識するために、動き回るロボットであり、その過程で出会った人とおしゃべりをして、家の中の情報を集めるロボット (Indy) を開発した。これらのロボットを同じ基盤の上に構築し、人間と共生できるロボットを目指すことにした。これがガーディアンロボットプロジェクトである。

開発しているロボットと開発者達



図 2

技術が進歩した状況では、ロボットはインターネットに加えられた膨大なデータを学習し、利用することができるので、人間よりはるかに多くの情報を持っている。ただ、人間が必要なのは、抽象的な知識だけではなく、現状、すなわち人間が今いる 3 次元時空間の現状に関

する情報である。このような情報は、現場では重要であるが時間とともに価値が減少していく。このような情報こそが、人間とロボットが共生するときにロボット側に必要なのである。そこで、ロボットに様々なセンサーをつけて、ロボットが人間と同じように現状を認識できるような状況を作り出すだけでなく、ネットワークを介して人間以上の情報を集められる可能性を追求している。

作成したロボットを万博で展示し、来場者に対話実験をしてもらって感想を聞いた。ロボットが大変進化したと言う方が多かった。万博においては、音声認識や画像認識は周囲の環境があまり制御できないので、あまりうまく動かず、多くの問題が出てきたが、技術的にはそのうち解決できるようなものばかりである。ガーディアンロボットプロジェクトは、現状でも人間と何とか対話できるようなロボットを作る事はそれほど困難ではないことを実証したので、このようなロボットを人間がどう利用して共生していくかということを経済的に議論し、考えていかなければならないという方向性を示すことができたと考えている。

4. まとめと今後の方向性

人間よりも大量の情報を操作し、人間と自然な形でコミュニケーションするロボットが出てくるのは時間の問題である。これらのロボットは人間と同等かそれ以上の知的作業を行うことができる。といっても情報の操作は、目標を与えられたときにそれに従って自動制御する（様々な情報を得てそれらをもとに判断を下す）ことしかできないが、この仕組みを人間の評価、投資の判断など人間がやらなければならない多くの状況に利用することは可能である。物理的操作としては、ロボットがどのような作業をするのか、人間と同じような柔軟な操作ができるようになるまでにはまだ時間がかかると思われる。このようなロボットが人間と共生するためには様々な問題が出てくるであろうと思われる。

必要な情報の質から考える。人間の生活圏は通常ローカルであり、例外的に活動範囲が大きく広がる。そのような状況を考えると、家庭を中心に日常生活を送っているときに必要な現状の情報は、家の中だけでなく、人間が普段生活するコミュニティーいわゆる隣近所の実時間情報を中心とした情報も必要になる。したがって、ローカルな実時間情報はロボットの周りの環境や家の中の情報だけではなく、その家が存在する近隣のコミュニティーの実時間情報を含めて取得できることが必要であろう。今後の社会は、生活の単位が地域コミュニティーとなり、その中でできるだけ地産地消、必要なものだけを外部から調達する形になっていくのではないかと想像できる。災害が起こったときや危機管理のときにはネットでつながっている人は役に立たない。1番必要なのは、現実的にそばにいる人であり、そういう人たちと普段から対面でコミュニケーションをする必要がある。ロボットがそういうコミュニティーを作るのに役立っていくような未来を創造するのは悪くないであろう。

いいことばかりではない。特に大量の情報にアクセスできるロボットはその情報を武器に人間を支配してしまう可能性がある。技術の進化とともに、今後はこれらの技術を人間がどう使っていくか、ロボットとどう付き合っていくか、文化的、社会的制度としてどう規制していくかなどが、人間がロボットと共生する重要な課題になってくると思われる。これらの問題は、文化的社会的な問題であるので、技術者だけでなく広く社会の人々と議論する必要がある。これからの社会がどうなるかは、この議論にかかっている。EUではロボットは奴隷と位置付けるというような議論もあり、社会の中でどのような形で受け入れるかを真剣に考えていかなければならない。まだ、人間と同じように判断し行動するロボットができるという考え方や未来予測が多く出ているが、その考え方は楽観的過ぎ、まだ解決しなければならない大問題が残っている。このような状況では、人間と共生するロボットはやはりツールとして位置づけ、人間が中心にいて、ロボットをうまく使っていく社会を目指さなければならない。