東京家政学院大学紀要　第 44 号　2004 年　人文・社会科学系　抜刷
（2004 年 8 月発行）

生活環境におけるパーソナルロボットについての研究（2）

― ユーザーの視点からの検討 ―

市　原　　信

生活環境におけるパーソナルロボットについての研究（2）
（ユーザーの視点からの検討）

市　原　　信

はじめに

我々の生活環境は様々な自動化された機器に満ちあふれている。家電製品はその代表例で，家事に直接関わるものとして炊飯器，掃除機，洗濯機はなじみ深い。たとえば，炊飯器の接頭語として「自動」という言葉が登場したのは 1950 年代なかばであり，当時は温度センサによるスイッチの制御といった単純なものであった。その後炊飯器の「進化」は著しいものがあり，現在では商品名「マイコン炊飯器」から連想されるようにコンピュータ制御による機器へと変身している。現代の炊飯器はいわば「知能」を持った機器であり，機能的にはロボット炊飯器と呼んでもよい。家電製品の進化は技術面のみならずユーザーの声をきめ細かく吸い上げてきたことと深い関係がある。家庭用を意識したパーソナルロボットの場合は家電製品と似た進化のプロセスは可能であろうか？

そこで本稿では家庭用パーソナルロボットを実際に使用し，その際にロボットと「遊んだ」ユーザーから得られた評価を分析した。家庭などの生活環境におけるパーソナルロボットのありかたについて論考する。

方法

NEC が開発中のコミュニケーション型パーソナルロボット PaPeRo を用い行動観察実験を行った (2001 年 11 月)。実験場面は，事前に準備したシナリオに沿って被験者とパーソナルロボットが言葉と動作によるやりとりをする条件とした。実験手続きは被験者とロボットが 1 対 1 で対面し，約 6 平方メートルの空間を双方が自由に移動しながら，音声を中心としたコミュニケーションをする状況とした。被験者は女子大生 10 名であった。行動観察時間は約 15 分間としこの間デジタルビデオカメラによりコミュニケーション場面を連続記録した。実験終了後に，SD 法 5 段階評定尺度によるアンケート調査を行った。質問項目はロボットの印象，コミュニケーションについて，ロボットのデザインについて，ロボットの役割について，ロボットの機能について等であった。動画映像はパソコンによりデジタル再生し，行動観察の分析は 1 秒間隔のタイムサンプリング法によった。パーソナルロボットの反応は，音声による応答と移動動作が主であった。

結果

図 1 は今回の実験で使用したパーソナルロボットのデザインについてのプロフィールである。それぞれの項目について 1 点から 5 点の間で 5 段階評価とし，点数の高い方が好意的評価とした。中間点が 3 であるが「かっこいい」以外の項目は中間点より高い。特に「かわいい」項目が 4.0「大きさがいい」が 3.8 と高くなっている。個人差の指標である標準偏差では「色彩がよい」と「かたちがよい」が高いが他項目は近似した値となっている。

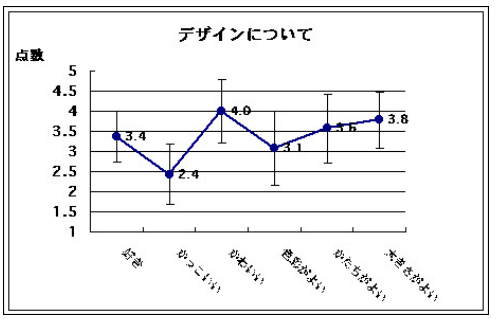

図 1　ロボットのデザインについて

人文学部工芸文化学科

デザインの評価について重要な因子が何であるかを検討するため因子分析を行った。表１は因子負荷量である。因子負荷量について視覚化したものが図２と図３である。最も重要な因子である第１因子では「かたち」と「かわいさ」の因子負荷量が高くなった。そして２番目に重要な要因である第２因子では「色彩」と「かっこよさ」がともに高くなっている。

表１　デザインについて：因子負荷量

因子負荷量：回転後（バリマックス法）		
変数名	因子№１	因子№２
好き	0.622	0.492
かっこいい	−0.067	0.689
かわいい	0.737	0.038
色彩	0.346	0.743
かたち	0.768	0.167
大きさ	0.437	0.610

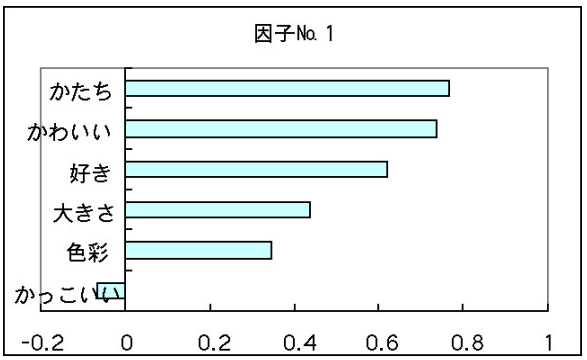

図２　デザインについて：因子１

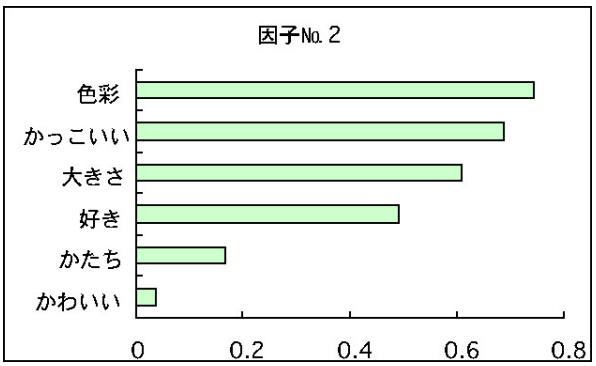

図３　デザインについて：因子２

コミュニケーションで感じたことの各項目によるプロフィールを示したのが図４である。それぞれの項目について１点から５点の間で５段階評価とし点数の高い方が各項目に賛同する度合いが強い。中間点が３点であるが「リラックス」項目が唯一３点を下回り 2.6 点と低くなっている。最も高かった項目は「面白かった」が 4.4 と際だっており「不思議な感じ」が 4.1「楽しかった」が 4.0「わくわく」と「また遊びたい」が 3.9 と近似した値であった。

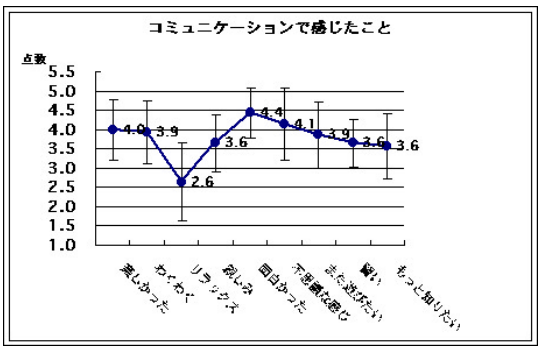

図４　コミュニケーションについて

パーソナルロボットとのコミュニケーション時に被験者が感じた印象について因子分析を行った。表２は因子負荷量を示したものである。図５と図６は因子負荷量をグラフ化したものである。第１因子では「また遊びたい」と「もっと知りたい」がともに高いことが示される。すなわち「好奇心」といった因子が強く表れている。一方第２

表２　感じ方について：因子負荷量

因子負荷量：回転後（ﾊﾞﾘﾏｯｸｽ法）		
変数名	因子№１	因子№２
楽しかった	0.48	−0.54
わくわく	0.74	−0.31
リラックス	0.82	−0.28
親しみ	0.62	−0.52
面白かった	0.44	−0.54
不思議な感じ	−0.11	0.75
また遊びたい	0.91	−0.20
賢い	0.02	0.59
もっと知りたい	0.87	0.27

因子では「不思議な感じ」が高い点数となっており「賢い」が続く。

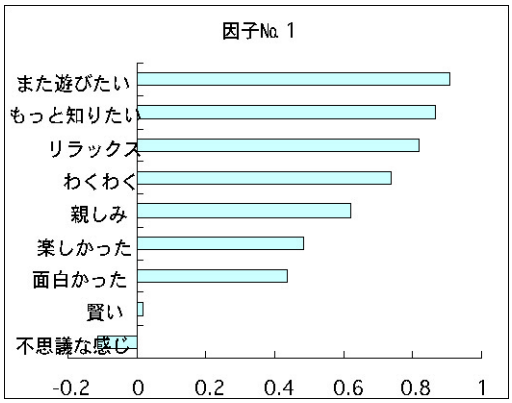

図５　感じ方について：因子１

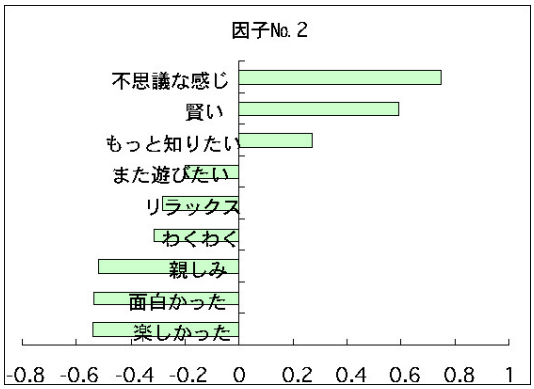

図６　感じ方について：因子２

考察

ロボットの中枢はコンピュータそのものであり，人間にたとえると大脳や小脳といった中枢神経システムに相当する。人間とロボットのインターフェース部は，感覚器官と運動器官そしてボディである。我々がロボットを意識するのはその立ち居振る舞いやボディにおいてである。すなわち第一印象としてはロボットの外観や感覚器官そして運動器官と接することになる。それゆえロボットの形状や色彩などのデザイン的要素はきわめて重要である。そして日常生活の中でロボットとともに暮らすこととなれば，中枢神経システムに相当する部分の機能が我々にどう受け止められるかが重要なポイントになる。

ロボットが家庭などの生活環境に入り込んできた際，我々がどのようにロボットを受け止めるか，すなわち心理的な態度について音声コミュニケーション機能を装備したロボットで今回は検討した。その結果「かわいさ」や「大きさ」そして「かたち」の評価点が高かった。評価項目のうち重要な因子を分析した結果では,「かたち」と「色彩」といった外見とともに「かわいさ」と「かっこよさ」という情緒的共感を呼ぶ要因が重要であることが示された。これらのことから推測すると，パーソナルロボットのデザインは表面的な部分と同時に人間の情緒に働きかける心理的要素にも配慮する必要があるといえよう。

今回の実験でコミュニケーションに関する評価では,「面白かった」「不思議な感じ」「楽しかった」そして「わくわく」と「また遊びたい」の評価点が高く，ロボットとのコミュニケーションは良好であったと思われる。ただし「リラックス」の評価が低かったが，これは実験場面で被験者が観察されるという心理的緊張が強いられる場面であったことと，未知なる対象との関係を作るのに心理的プレッシャーを感じたためとも考えられる。

因子分析の結果では「また遊びたい」と「不思議な感じ」が抽出されており,ロボットとのコミュニケーションは人間の動機的側面に積極的に働きかけ能動的行動を引き出す要因が重要であることがわかる。つまり人間とパーソナルロボットとの関係は双方向的なものでなければならない。

以上により，人間とロボットがよい関係を構築するには，未知なる対象との関係性がどのように形成されていくかが重要な問題であると考える。そこでアフォーダンス affordance という概念が注目される。ノーマン (1990) によると，全く新しいものに出会った時に，それをどうあつかったらよいかは過去の知識を新しいものに転用する場合と，外界にある情報を活用するケースがる。それはとりわけ新しいもののデザインに，私たちが解釈できる情報が含まれていると場合に有効となる。その場合対象物のアフォーダンスが重要であるという。アフォーダンスとは「生態学的知覚理論」を提唱したギブソン Gibson, J.J. の造語であるが，環境世界は，人間や動物にとって，たんな

る物質的な存在ではなく，直接的に意味や価値を提供（アフォード）するものであるという（心理学辞典、1999）。

パーソナルロボットが擬似的生物としての「振る舞い」をするには，その中枢で稼働するコンピュータのプログラムが重要である。この領域は人工知能研究としては 1956 年の「ダートマス会議」以来 50 年余の歴史があり，「一般問題解決システム」(1957)，「パーセプトロンモデル」(1962)，「フレーム問題」(1969)，「エキスパートシステム・MYCIN」(1976)，「純粋人工知能批判」(1986)，「エージェント指向コンピュータの興隆」(1994) などのエッポックを経て現在に至っている。最近はセンサーから駆動系に至る一連の処理過程は直列モデルか並列モデルのいずれでモデル化するか，と言った古典的な論議から，より小さな単位を使ってボトムアップ式に知能を表現するモデルが注目されており，新世代ロボットへの応用も期待されるという（石井 2004）。

パーソナルロボットが家庭などの生活環境に入ってくるとはいったいどのようなことなのであろうか。市原 (2001) は 76 名の女子大生を対象にどのようなロボットに興味があるか，インターネットの情報を収集してレポートを作成する課題を行った（未公表データ）。その結果は，回答数 70 名中 57 名 (81.4%) が家庭用ロボットを選択した。そのうち最も多かったのは「AIBO」の 29 名であり，福祉支援ロボット「ワンダー」は 14 名であった。他のロボットはは 1，2 名にすぎなかった。家庭でのロボットは「いやし」「ペット」「ホームセキュリティ」「福祉」系に注目度の高いことがわかる。以上は市原ら (2003) の結果でも裏付けられている。

また市原は (2002) は実際の購入に関しユーザーがどのような意識を持っているかについて東京近郊の男女大学生 85 人を対象にアンケート調査を行った（未公表データ）。ロボットを自分で購入するとき重視する点についての項目調査（複数選択可）である。その結果，重視するとされた項目は「性能」と「価格」そして「安全性」での比率が高かった。一方「デザイン」については男女とも 50% 未満であった。この調査はあくまで既存の知識を頼りに集計したものであり，実際にロボットとつきあう体験をすると結果は大きく変わることもあろう。日常生活の中でロボットとやりとりする体験の中から自分にとってのロボットの「意味」を見いだし，さらに長期間にわたる関係性を構築する中で，生活環境の中におけるロボットの役割と位置づけが誕生・成長していくものと思われる。

ロボットの「進化」は著しい。その代表例が産業用ロボットである。ロボットの制御方式により世代の変遷をみると，1960 年代には第 1 世代の「操縦ロボット」「シーケンス・ロボット」「プレイ・バックロボット」「数値制御ロボット」が登場し，その後第 2 世代ではセンサー類を装備した「感覚制御ロボット」「適応制御ロボット」へと進化したのが 1970 年代，さらに 1980 年代には「学習制御ロボット」へと発展し「知覚」とともに「認識」の機能が組み込まれ，そして「人工知能」機能を積極的に活用した第 4 世代の「知能ロボット」が登場し現在に至っている（城井 ,2001）。産業ロボットは確実に進化し自動車の組み立て作業から，おにぎり自動製造など食品の加工ロボットに至るまで，生産現場では日常生活にすっかりとけ込んでいる。この進化のモデルはパーソナルロボットの「進化」にとってもヒントになるであろう。しかし産業用ロボットは主に単機能であり情報の流れは並列処理を含むとはいえシンプルである。しかし人間とつきあうパーソナルロボットに要求されるのは「多機能」「不確実性」「多様性」「意外性」「偶然性」「安全性」「信頼性」と言った人間独自の価値観が求められるところが特徴である。

2003 年には誕生する予定であった「鉄腕アトム」のようなロボットはどのようなプロセスを経て誕生するのか？生活環境の中でロボットと人間が「共生」するにはロボットの形状やサイズそしてデザインはきわめて重要な要素である。いわばハードウエアの部分である。ロボットはその形状からヒーマノイド型とノンヒューマノイド型に大別できる。「人の似姿」としてのロボットはギリシア神話や古代の説話にも描かれているが，2000 年にセンセーショナルにデビューした「ASIMO」（本田技研工業）は，二足歩行型ロボットとして

のインパクトが大きかった。日本で開発中のヒューマノイド型ロボットの１つに川田工業と産業技術総合開発機構（NEDO）が共同開発している「HRP-2 プロトタイプ」がある。このロボットは人間の代行機能を目指しており，身長 154cm，体重 58kg，腰２軸を含む 30 自由度を有しており，人間との共同作業や危険な地域での建設機器の運転など，人間用に設計された環境での代行が可能とされている。

上記のロボットは二足歩行が実用的に可能ということで注目を浴びたが，二足歩行型の家庭用パーソナルロボットを指向したものとして，高さ 270mm，重量約 7 kg の「SDR-4X II」（ソニー）は「転倒復帰機能」を有し，立位でバランスを自律的にとりながらダンスをすることができる。そして 2003 年 12 月には SDR-4X II の改良型 QRIO（キュリオ）を発表した。これは「歩行・跳躍・走行運動統合制御」を機能強化し，両足が同時に路面から離れる非接地状態を含む運動が可能である。そして 2004 年３月にははオーケストラ団員を指揮するプロセスを学習することができるというパフォーマンスを演出した。

1999 年に市販された AIBO（ソニー）は四足歩行のほか，学習機能などを備え，2004 年３月現在で４シリーズ 12 機種が市販された。AIBO の「成長」はユーザーと製品開発の関係を知るモデルケースと考えられる。AIBO はいわゆるペットロボットの範疇に入り，形状や仕草は犬などの動物を連想する。AIBO は実際に家庭で人間と「暮らしている」ケースも多い。翌 2000 年には第２世代の AIBO を発売したが 2001 年には大きく形状を変え，これまでのメカニックなタイプからぬいぐるみ的タイプで，しかも愛称が「マカロン，ラッテ」という新しいコンセプトの製品を発売した。価格面では初代 AIBO が約 25 万円であったのに対しこちらは 10 万円弱と大幅に安価となった。しかし同年に第３世代 AIBO としてメカニカルなデザイン性を重視したモデルがリリースされた。ここでは「超時空要塞マクロス」のメカニカル・デザイナー河盛正治氏による新モデルとなった。また，第２世代 AIBO をベースにユーザの好みでヘッドユニット，手足，耳などごとに個性的なカラーリングができるモデルも発売された。つまりデザイン性を重視したユーザー指向タイプの提案がなされたといえよう。もちろんこの間に，センサーや駆動系そして AIBO の「成長」を制御するソフトウエアも進化している。「個性」「成長・発達」がキーワードとなっている。

その後 2003 年 11 月に AIBO は第５世代「ERS-7」が発売され現在に至っている。最新モデルでは,「多彩な表現力」「画像認識能力の向上」「個性豊かな成長」の３つが特に強化されたといい,「自己充電機能」も強化された結果自律性が高まったという。デザイン的にはメカニカルでありながら全体に丸みを帯びたソフトな形状となっている。つまりユーザーとロボットの「コミュニケーション・関係性」を重視したモデルに「成長した」といえよう。

コミュニケーションの機能を重視したロボットはいくつかあるが，日本語による擬似的対話が可能なロボットの代表は PaPeRo（NEC）である。市原ら (2003) は言葉によるやりとりを中心とするコミュニケーション実験を行った。その結果被験者によるコミュニケーションの状態に関する被験者の自己評価はおおむね好意的であった。しかし行動観察による反応データの分析からは，良好なコミュニケーションが成立したと見なされたのは 10 名中３名にとどまった。ユーザーの主観的認識と，観察データによる客観的評価にずれが生じたのである。またロボットとのやりとりに心理的緊張を強いられたと感じた被験者も少なからずいた。その原因の一つは，音声認識技術に大きな障壁があるゆえと思われる。ロボットと言葉によるコミュニケーションを求める要望は非常に強いゆえ（市原ら，2003）音声技術の進歩に大いに期待するものである。

日本のパーソナルロボット開発は極めて活発であり AIBO のようにマーケットで一定の地位を確立したケースもある。その開発と販売の経過を見るとホームページや地域でのユーザーズグループが形成されているように，メーカー側のスタンスもユーザーの声や要望を重視したものへと変化しつつあるように思われる。日本のロボット研究者は圧倒的に男性が多い。しかし家庭でのパーソ

ナルロボットに何が求められているかについての検討はまだまだ不十分であると考える。「ロボット＝おもちゃ＝子供または若者＝男性」と言ったパターン化され固定したイメージがあるが，最近のロボット関連のフェスタの訪問者層では女性や中高年者も大勢おりユーザー層は幅広く奥深い。本研究では主に女子大生ユーザを想定して検討したが，特定の階層のみならず幅広い世代からユーザー（候補者）の声を吸い上げ，家庭などの身近な生活環境の中で人間とパーソナルロボットがよい関係を構築するには，どのような要因に注目してパーソナルロボットを成長させればよいかを実験的に検証していく必要がある。

おわりに

日本におけるパーソナルロボットの歴史はこの５年間で状況が劇的に変化した。とりわけ家庭で人間とともに共生できるロボットの出現は，我々のライフスタイルにも揺さぶりをかけるであろう。ロボットの活躍する環境は家庭から戦場に至るまで実に広範である。しかしロボット技術は我々にとって「敵にも味方にもなる」きわどい側面がある。すなわち人間がロボットをどこまで制御できるのか，あるいは技術が一人歩きしてロボットがとてつもないパワーを持ち人間を支配するの か？これは「ロボット」という言葉の起源ともなったカレル・チャペックのSF小説の主題の１つでもある。ロボットがネットワークと接続し，2004年現在実用段階に入りつつあるICタグなどユビキタスubiquitous技術（安東，2003）と連携すれば，SFの悪夢以上のことも起こりかねない。

パーソナルロボットが「心」を持つことができるのか，あるいはそれは許されないのか？これは「こころ」の深層に根ざした哲学的問いかけでもあり避けて通れないテーマである。ロボットと人間がどのような関係を構築するのかは未知数である。なぜならロボットの「能力」がどのように進化するかが今のところ見えないからである。センサー，人工知能，入出力形態，ネットワーク技術が猛烈な勢いで進化し続けているからである。ユーザーの声をきめ細かく収集・分析することにより，人間とロボットが信頼関係の中で共生できる社会を構築していく必要があると考える。

謝辞

本研究の一部は岩崎敬子氏の卒業研究として行われた。またコミュニケーション実験に際しては，NEC（株）NECメディア情報研究所　ロボット開発センターの協力を得た。

文献

安東一真, ICタグ飛躍への課題, 日経バイト, 240 , 78-85, 2003

市原信，斉藤千佳，右田里美，生活環境におけるパーソナルロボットについての研究, 東京家政学院大学紀要, 43, 13-20, 2003

石井茂，コンピュータは脳になれるか，日経バイト，236, 18-45, 2004

城井田勝仁，ロボットのしくみ，日本実業出版，2001

心理学辞典，有斐閣，1999

ノーマン，D,A.，誰のためのデザイン，野島久雄（訳），新曜社，1990