

人間生活工学

Journal of Human Life Engineering

■[発行] (社)人間生活工学研究センター

●特集

生活にとけ込むロボット

Number

1

Vol.7

通巻第23号

Jan./2006.1



特集

生活にとけ込むロボット

- 特集にあたって 1

(独)産業技術総合研究所 人間福祉医工学研究部門 身体適応支援工学グループ長 横井 孝志

- 人を支えるロボット：現状と課題 2

首都大学東京 システムデザイン学部 ヒューマンメカトロニクスコース 教授 谷江 和雄

- ロボットの安全性 7

～サービス用ロボットと安全規格・認証～

北九州市立大学 国際環境工学部 機械システム工学科 教授 杉本 旭

- ヒューマンセントリックテクノロジーと生活支援ロボット 11

(株)東芝 研究開発センター ヒューマンセントリックラボラトリー 研究主幹 松日楽 信人

- 自立支援ロボット 16

国立身体障害者リハビリテーションセンター研究所 福祉機器開発部 福祉機器開発室長 井上 剛伸

- レスキュー・ロボット 20

東北大学大学院 情報科学研究科 教授／国際レスキューシステム研究機構 会長 田所 諭

- 手術支援ロボット 24

東京大学大学院 情報理工学系研究科 知能機械情報学専攻 教授 土肥 健純

訪問

- 人間と自然に関わるロボットの研究開発 29

大阪大学大学院工学研究科 知能・機能創成工学専攻 知能ロボット学研究室

事業紹介

- 人間生活工学研究センター2005年度の事業概要 32

講座

- 人体寸法データベースの活用(1) 35

人体寸法データの読みこなし方

(社)人間生活工学研究センター ユーザビリティサポート部 主査 畠中 順子

談話室

- 地域産業と人間生活工学(1) 38

匠の技とデザイン力と人間工学

福井県工業技術センター 情報・デザイン部 主任研究員 大久保 裕生

- Information 40

特集にあたって

チェコの作家チャペックが風刺劇の中で「複雑精巧な装置による人工の自動人形」として初めてロボットを登場させてから約90年が経過しました。2005年3月～9月に開催された愛・地球博では様々なロボットの実演があり、これを見て90年前には空想の産物でしかなかったロボットがもはや現実のものとなりつつあることを実感した方も多数いらっしゃることでしょう。実際、最近になって適正な社会を実現する手段の1つとして、ロボット技術を人間社会や我々の生活に適用できる水準まで高度化することが試みられ始めました。コンピュータや携帯電話が現代の我々の生活に不可欠なように、ロボットは今後私たちの生活に深く関わると考えられます。

そこで、この特集では「生活にとけ込むロボット」をテーマとして、「自分で動きを決め、周囲の環境に適応できる知的な機械」としてのロボットが将来私たちの生活のなかに入ったときにどうなるかを考えてみたいと思います。ロボット技術が今後どのように進化するかを眺めるとともに、従来ヒトとの直接的な関わりが少なかったロボットが生活の様々な場面に持ち込まれたときどのような世界を期待できるか、個々の生活場面を支援するロボットがどう発展するかについて、それぞれの分野の最先端でご活躍の先生方に執筆していただきます。

まず日本のロボット技術をリードしてこられた谷江先生（首都大学東京）には、人を支援するロボットが今どのような状況になっているのか、今後の課題は何なのかを鳥瞰図的に解説していただきます。次に安全の問題を取り上げます。ロボットを生活に浸透させたとき、人側の安全を確保することは非常に重要です。そこで、愛・地球博でのロボットの実演にあたって安全管理を担当された杉本先生（北九州市立大学）には、我々がロボットと共生しようとする際に、人側の安全をどう確保すべきかについて解説していただきます。

生活に組み込まれる具体的ロボットの1つとして、家庭内で人とコミュニケーションをとりながらサー

横井 孝志（よこい たかし）

「人間生活工学」編集委員

(独)産業技術総合研究所 人間福祉医工学研究部門
身体適応支援工学グループ長

ビスを提供するロボット、いわゆるホームユースロボットがあります。企業においてロボット技術の研究開発を精力的に推進しておられる松日楽先生（株）東芝）には、「ヒューマンセントリックテクノロジー」を基本コンセプトとして企業でロボットを開発されている実例や課題をご紹介いただきます。

このようなホームユースロボットとは別に、介護や福祉の現場へのロボット技術の活用が考えられています。今後の我が国の人口減少や超高齢社会を考えると、介護や福祉の現場での活動を支援するロボットへの期待は非常に大きいと思われます。福祉工学のエキスパートである井上先生（国立身体障害者リハビリテーションセンター）には、将来障害者や機能低下した高齢者の自立をロボット技術によって支援することを考えたとき、どのような技術が必要で、どのような生活像や自立支援ロボット像が考えられるかについて解説いただきます。

ロボット技術は、我々の日常生活だけでなく専門的な技能の支援にも活用できます。災害救助の現場では、極めて危険かつ過酷な状況の中で迅速な対応が要求されます。このような対応を支援するためにレスキューロボットの開発が進められています。国際レスキューシステム研究機構会長も兼務しております田所先生（東北大）には、レスキューロボット開発の現状や課題について解説していただきます。一方、医療技術の高度化に伴い、一連の手術の一部をロボットで肩代わりしようという試みが始まり、既に実用化されている手術支援ロボットもいくつか現れています。そこで、日本における手術支援ロボット開発のパイオニア的存在であります土肥先生（東京大学）には、このような手術支援ロボットについて解説していただきます。

内容は多岐にわたりますが、人を支援するためのロボット技術の現状と今後の課題、生活の中にロボットが入ったときの生活像を少しでも把握していたければ幸いです。

人を支えるロボット：現状と課題

谷江 和雄 (たにえ かずお)

首都大学東京 システムデザイン学部 ヒューマンメカトロニクスコース 教授

昭和46年早稲田大学大学院修士課程修了。同年、通商産業省機械技術研究所入所。ロボット工学部長などを経て、平成13年産業技術総合研究所知能システム研究部門部門長、平成16年同所首席評議役、平成17年より首都大学東京システムデザイン学部教授。早稲田大学理工学総合研究センタ、日本大学大学院工学研究科客員教授。

IEEE Robotics and Automation Society会長(2004-2005)。

総合科学技術会議科学技術連携施策群主監(次世代ロボット担当)。日本機械学会、日本ロボット学会、IEEEフェロー。

1. まえがき

日本の産業用ロボットの技術が国際的にも強い競争力を持つことはよく知られている。国際ロボット連盟の統計によれば、世界で約78万台の産業用ロボットが使われているが、その内の約半数は日本で稼動しており、また、60%を超えるロボットが日本製である。こうした産業用ロボットの競争力を背景に、ロボット産業をさらに拡大しようとする政策が国レベルで進められている。

たとえば、内閣府の総合科学技術会議では重要8分野を特定し、科学技術連携施策群をスタートさせた。これは、今後の科学技術振興のために重要な課題について、現在、各省庁がそれぞれの立場から進めているプロジェクトの「重複」と「抜け」を省庁横断的に見渡してチェックし、無駄な重複を排除するとともに、見落とされている重要課題を発見し、それに資金投資をするなどして、国レベルで重要課題への取り組みを無駄なく効率的に進める制度である。次世代ロボット技術は、ポストゲノム、ユビキタス情報技術などとともに、重要8分野の一つに指定されている。また、経済産業省では、先に策定した新産業創造戦略の中で、重要な7分野の一つに、次世代ロボットを指定している。その他、総務省、国土交通省、農林水産省、文部科学省などでもロボット技術が取り上げられている。

本特集テーマ「生活にとけ込むロボット」で話題とするロボット(人を支えるロボット)。本稿ではこれを総称して生活支援ロボットと呼ぶ)は、次世代ロボットの中でも、将来の産業創造のためにもっとも重視されているものの一つである。周知のように、日本は社会の高齢化という問題を抱えている。2010年には人口の25%以上が65歳以上という超高齢

社会を迎える。このため、自動車、家電、半導体などに加えて、ロボット技術を組み込んだ新製品の大規模な市場を確立することで、経済の一層の発展を図るという経済的理由のほかに、今後の社会における高齢者生活支援問題の解決という理由からも、生活支援ロボットは注目を集めており、産学官で研究開発が進められている。本稿ではその現状と課題について概説する。

2. 開発状況

生活支援ロボットとは、人が生活する空間に存在し、人に何らかのサービスを提供し、あるいは人の生活や行動を支援するロボットのことである。人にサービスするロボット技術としては従来から、障害者の機能補助を目的とした福祉用ロボットや動力義肢、装具がある。生活支援ロボットと言う場合、必ずしも障害者を対象とするわけではない。今後さらに増えることが予測される在宅での高齢者介護支援や、健康ではあるが老化のため体力が弱り、日常生活において何らかの支援を必要とする人に対する支援なども対象となる。また、少子高齢化による労働力不足と関連して、若い夫婦の共働き支援の労働力不足を補うための支援システムとしての活用など、その応用範囲は多岐にわたっている。

こうした多様な生活支援ロボットの機能を分類すれば、1) 物理的支援、2) 情報支援、3) 心理的支援ロボットに大別される。1) は力作業を支援するロボット、2) は情報管理の面で人を支援するもの、3) は人をメンタルな側面から支援するロボットである。以下、この分類にしたがって開発概要を述べよう。

2.1 物理的支援ロボット

現状で、力作業を支援するパワーアシスト（ロボット）装置、弱った身体機能、特に歩行機能を支援する歩行補助装置、手術後の筋力の回復を図る療法士の作業を代行するリハビリロボット、掃除ロボットなどが研究開発されており、一部実用化されている。図1は歩行支援装置の一例である。下肢の弱った人の腰を抱きかかえ、人が進みたい方向にわずかの力を加えるだけで、その方向に移動する。抱きかかえる際の体重を保持する力は、調節可能で、下肢の筋力が回復するに従い、その大きさを減少させることができる。



図1 歩行支援システム（日立）

図2は、リハビリロボットの一例である。手術後の弱った筋力を回復する療法士のマッサージ行動を記憶し、代行する機能を持つ。これは実用化初期のモデルであるが、最近では、簡易版も開発され、市販されている。



図2 リハビリロボット（安川電機）

力作業を支援するパワーアシスト装置の開発も種々行われている。たとえば1の力を使用者が発生すれば、その何倍、何十倍かの力をロボットが出して、

重作業を楽に行わせるもので、人が鎧のように着る外骨格型や、人がロボットの一部を保持して扱う「介添え型」（図3）などがあるが、現状では、装置が大きくなる、装着が複雑かつ面倒などの理由で、実用の目処が立っているものはない。

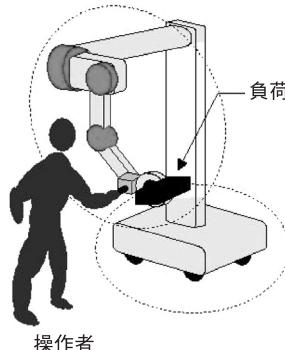


図3 パワーアシスト装置（ロボット）（介添え型）

日本では必ずしも普及していないが、国際的に見て、この分野のロボットで市場的に最も成功しているロボットは掃除ロボットである。米国iRobot社が開発した掃除ロボット「Roomba」は、すでに100万台を世界で販売したといわれ、後述するSonyの犬型ペットロボットAIBOとともに、生活支援ロボットとして最も成功した製品とされている。行動ベースの自律移動アルゴリズムを搭載し、スイッチを入れておくと部屋の中を自律的に動き回り掃除をする機能を持つ。市販された最初のモデルは、30,000円弱で発売されたが、最近は、70,000円程度の高級バージョンも発売されている。また、集合住宅が多く、比較的床構造がシンプルな住宅環境の韓国では、このような掃除ロボットの普及が進んでいるといわれ、Yujin Roboticsなどの有力韓国ベンチャー企業も開発に乗り出し、さまざまな機種が発売されている。日本では、住宅の床構造が複雑なこともあります、家庭用掃除ロボットは十分には普及していない。しかし、ビル清掃など業務用掃除ロボットは、比較的普及しており、近未来に市場が拡大する可能性のある製品として期待されている。

人は生活上さまざまな物理的支援を必要とする。最も期待の多い、かつ巷で話題になるロボットは、寝たきりの人の介護支援ロボットであるが、個々の介護内容に特殊性が求められるなど、介護の作業内容の複雑さ、多様性ゆえに、現状のロボット技術では達成できない技術の壁がある。

総じて、物理支援ロボットは、歩行支援、リハビ

リロボット、掃除ロボットを除き、研究開発は残念ながら実用的成果を出すには極めて遠いレベルにある。

2.2 情報支援ロボット

身の回りの機器を操作したり、メールを読んだり、あるいは、人とコミュニケーションしたり、われわれは日常生活においてさまざまな情報を周囲から受け、自ら発信し生活している。こうした情報にかかるさまざまな支援作業を処理するロボットが開発されている。機能としては一般に、音声対話システムを内蔵し、また、ネットワークを介して、家電機器や電話などの通信機器に接続し、音声対話システムからの操作者の要求に応じて情報を発信したり取得する機能を持つ。さらに、TVカメラを内蔵し、家の監視や、人の行動の一部を認識する機能を有するものもある。

図4に代表的な開発例を示す。図4(a)は東芝が開発したApri Alpha、同(b)は富士通が開発したMaron、同(c)はNECが開発したPaperoと呼ばれる移動型ホームロボットである。音声対話機能、TVカメラ、携帯電話接続機能をもち、家中を動き回ってTVカメラで映像をとり、たとえば外出先の主人の携帯電話に映像を送るなどの留守番監視機能、電話の取次ぎ、家電機器の操作などのリモコン的機能などのサービス機能をもつ。図4(d)は、三菱重工が開発したWakamaruである。上記3機種とは異なり、人間型で、腕を持ち、腕のジェスチャをも交えて人と対話し、情報伝送のほかに案内等のサービスも実行する。



(a) Apri Alpha(東芝) (b) Maron-1(富士通)



(c) Papero(NEC) (d) Wakamaru(三菱重工)

図4 情報支援ロボット

2.3 心理的支援ロボット

ロボットの挙動は一般に通常の機械とは異なる印象を見る人に与える。それが専門家以外の大衆にもロボット技術に関心を抱かせる一因であるが、ロボットの行動が人の関心を引く性質を活用して、人の孤独を癒すロボットや心的障害を持つ人の治療に使われるメンタルセラピーロボット、人を楽しませるエンタテイメントロボットなどが開発され一部実用化されている。

この種のロボットが持つ一般的機能は、動物あるいは人型の形態と、視覚、聴覚、触覚などのセンシング機能、対話機能などを持ち、これらのセンサからの信号によって、その体内に内蔵された感情モデルに従って、さまざまな挙動を発現する機能を持つ。また、特に、ホビー用としては、動作プログラムを組んで、その挙動をユーザ自ら更新できるものもある。

エンタテイメントロボットの代表例は一頃ブームとなったSonyのAIBOである。視覚、音声認識システムを内蔵し、人とコミュニケーションしつつさまざまに挙動する。

図5はメンタルセラピーロボットとして開発され、市販されているParoである。アザラシ型の形態を持ち、その体表には触覚センサが設置されていて、人が体表に触れるとその位置に応じて、さまざまな挙動を発現する。自閉症の小児の治療や、高齢者施設での心的障害を持つ患者を対象に多数の評価実験が行われ、この種のロボットが症状の改善に効果があることが明らかにされている。その成果をベースに昨年、ベンチャー企業を立ち上げ施設へのレンタル販売と個人向け販売を開始した。



図5 セラピーロボット (PARO、知能システム)

心理的支援ロボットで重要なことは、ユーザの関心をいかに長期間持続させるかである。この問題が解決されないと、ロボットそのものは一過性のブーム商品にしかなりえない。AIBOやParoはこの課題をある程度解決し、ビジネスに結びつけたが、多くのこの分野のロボットはこの課題が解決できずプロトタイプにとどまっているものが多い。

3. ヒューマノイド

用途は必ずしも生活支援とは限らないが、近年、人型ロボットいわゆるヒューマノイドの開発が複数の機関で積極的に進められている。人の生活空間は一般に人の形態を前提に設計されているため、人型ロボットは、人の生活空間で行動しやすいロボットとされている。この点で、ヒューマノイドを将来の生活支援ロボットのキー技術と考える人も多い。しかし、ヒューマノイドを思い通りに動かすには複雑な制御技術や、制御ソフトの開発が必要で、現状はその整備が行われている段階で、生活支援のためのサービスを設計するレベルには至っていない。したがって、この技術が生活支援ロボット実現の有望要素技術としての大きな可能性を持つものの、その真意は今後の技術進展に待つところが多い。

4. 生活支援ロボットの市場創成のために

4.1 何が問題か

最近、生活支援ロボットの今後の市場展開については、さまざまな予測がなされており、2010年には2兆円規模の市場が形成されるとの予測もある。こうした期待を基に、上述の例も含めて、さまざまな生活支援ロボットを研究開発し、市場に投入する努力がなされている。しかし、SonyのAIBOやiRobot社の掃除ロボットRoombaを除き、大規模市場に展開する商品がない。研究開発投資して開発したもののが多くは、小規模な市場展開か、市販まで行かずプロトタイプにとどまっているものがほとんどである。これらのプロトタイプには技術としての完成度が高いものも少なくないが、商品化まで至らない。すなわち、「技術はあるが商品が少ない」現状がある。

こうした現状の背景には、「ロボットには商品化が困難な固有な理由がある」と筆者は指摘してきた。それは、たとえば自動車のように大規模市場に展開している先行商品が存在しないことである。

自動車をはじめとする多くの既存産業では、大規模市場に展開している具体的商品が存在する。こう

した世界での商品開発は、現状の商品の性能を、新しい技術によって改善することである。消費者が商品にお金を払うのはその商品が消費者に与えるサービスに対してであり技術に対してではない。先行商品のある世界では、現状でどのようなサービスに消費者がどの程度のお金を支払うかははっきりしている。したがって、どの程度のサービスをさらに付加すればどの程度の消費者がそれを購入するかは現状の製品を基準にして予測がつく。しかし、市場展開している先行商品のない世界では、どのようなサービスにどの程度の消費者がお金を使うかの予測が難しい。

生活支援ロボットが扱う各種サービスは、現状では人あるいはヘルパーが行っているものである。人やヘルパーと同等の性能・サービスを同価格で提供するロボットが開発されれば、ロボットは人、ヘルパーが持つ市場規模には展開することにならうが、現実にはそれは人と同等のロボットを開発することを意味し困難である。そこで、技術の可能な範囲で人、ヘルパーが提供するサービスの一部をまかなうロボットを提供することになるが、この一部をどのように設定すれば消費者が購入するかを特定することは、商品開発上きわめて難しい問題である。消費者の要求にマッチしたロボットが特定できないために、多くの開発ロボットがプロトタイプにとどまっている。消費者好みに合うサービスを提供するロボットをいかに開発するかが生活支援ロボットではきわめて重要な課題となっている。

4.2 コンポーネントのモジュール化による 設計技術の革新

「技術はあるが製品が育たない」という状況をいかに打開するかが今後の生活支援ロボットとその産業を展開・育成する上で考慮されなければならない重要課題の1つである。この課題の解決のためには、ユーザの要求に応じて製品を作るか、新規製品に様々チャレンジし、それをユーザに示して気に入られるものを見つけていくかのどちらかが必要である。そこでは、新しいロボットを迅速に開発することを可能にする技術が要求される。

ロボットの構造は、細かく見れば、アクチュエータ、センサなど、また、マクロに見ればマニピュレータ（腕）、移動装置（脚）、ハンド、センサ、ヒューマンインターフェース、基本動作ソフトウェア、アプリケーションソフトウェアというような複数の

ハードおよびソフトウェアのコンポーネントから構成されている。

また、ロボットは「白物家電」のように単品で使われることは少なく、自動化生産システムに見られるように、一般に他の機器と組み合わせてシステムの要素として使われる。新しいロボットやロボットシステムを開発するということは、消費者の要求に応じて、ハード、ソフトのコンポーネントやロボットをユニークに組み合わせる努力と見なせる。そこでもしこれらコンポーネントが、ロボット開発者やシステム設計者が容易に活用できる標準的な形で市場に提供されれば、市場で調達できるものは調達し、手に入らない要素や機能だけを自己開発することで新ロボットを構成することができ、消費者の要望に応じた製品開発が迅速化される可能性がある。こうしたロボットやロボットシステムのコンポーネントをオープンな構造を持つモジュールとして市場に提供する技術が検討されている。

無論現状でもあるシステムを開発する場合、開発者がすべてを作るわけではなく、たとえばTVカメラや、モータ、ロボットアームなどは市販品を購入することは一般的に行われている。上記でいうコンポーネントは、ソフトウェアを内蔵した機能モジュールを意味している。

たとえば、ハンドアイシステムを構成するためには、TVカメラとロボットアームを必要とするが、この2つがあればシステムができるわけではない。

図6 (a)に示すように要求されるタスクに応じて両者を結びつけるソフトが必要である。現状のロボット開発では、TVカメラ、アームは市販品を購入するとしてもソフト部分はすべて一社で開発する。最近のコンピュータ技術は分散化が進み、こうしたソフトも、TVカメラやアームに固有の制御ソフトと、

ハンドアイシステムで要求されるタスクを実行するアプリケーションソフトとに分けて設計される(図6 (b))。アプリケーションソフトはその商品の性格に依存するが、制御ソフト部分は商品によらず、共通性が高い。したがって、TVカメラやアームに組み込み型のコンピュータを装備し、制御ソフトも組み込んで市場に提供すれば、システム開発者はアプリケーションの部分のみを開発すればよく、開発が迅速化される。しかし、こうしたシステムを開発するには、開発者が異なるそれぞれの制御ソフトと、アプリケーションソフトが問題なく接続できる仕組みが必要である。これは分散オブジェクト技術を応用し、ソフトウェア同士を結合するソフトウェアとしてミドルウェアを開発することで解決できる。そこで、コンポーネントやロボットシステムの要素として使われる可能性のあるロボットそのものを分散オブジェクトとして扱えるようにするためのソフトウェアとして、RT(Robot Technology)ミドルウェアの開発が進められている。すでに一部の企業では生活支援ロボットの開発において、市場要求にあう製品の探索を迅速に行うためにこうした仕組みが導入されている。また、業界の共通ツールとしてのミドルウェアを開発すべく、日本主導で、OMG(Object Management Group)の中に検討グループが作られ、国際標準確立に向けた努力が進められている。

5. むすび

以上、生活支援ロボット技術の現状を概観した。今後、ロボット自体の性能や生産性の向上だけでなく、ロボットの性能を効果的に発揮できるように周囲の環境を整えること(環境の構造化)も必要であることを付記しておく。

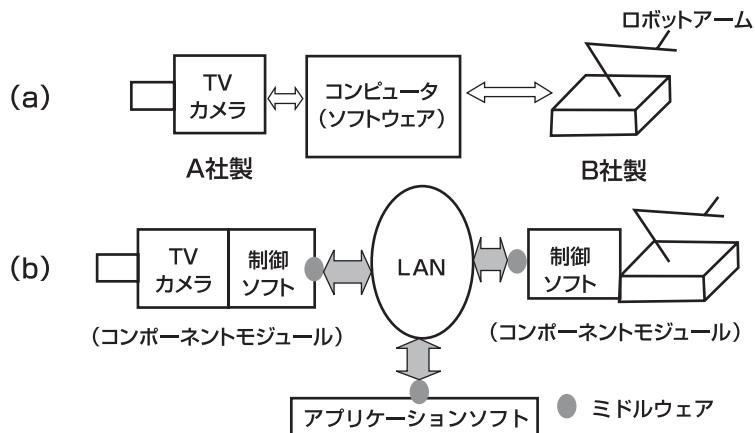


図6 コンポーネントのモジュール化概念

ロボットの安全性 ～サービス用ロボットと安全規格・認証～

杉本 旭 (すぎもと のぼる)

北九州市立大学 国際環境工学部 機械システム工学科 教授

1971年早稲田大学大学院理工学部修了、1971年労働省産業安全研究所、2000年北九州市立大学を経て現在に至る。30年間、労働省産業安全研究所に勤務し、「危険有害作業を代替する人間型ロボットの研究」及び「安全の技術的対策(フェールセーフ)に関する研究」等を行なってきている。北九州市立大学へ赴任後は、技術者のタマゴ達に、国際的に通用する安全学をモットーに教鞭を取るとともに、サービスロボットの国際的商品資格である国際規格化の研究を行っている。

1. はじめに

欧州の民間で誕生した標準化・規格化は、経済活動を活発かつ公平に進める手段として発達してきた。多くの規格が、利便、安全と健康、経済性などで恩恵を与え、社会の秩序と効率的な運営を維持・発展させている。

產品が規格に適合していることを確認して、その証明書を発行するのを「認証」と呼んでいる。認証は、標準化の局面での重要な行為であるが、わが国では、これまで官主導で法のもとで行われてきた制度（許認可制度等）と混同されているきらいがある。認証の国際的整合化がすすめられるが、グローバルに解放された新商品をわが国から発進するには、標準化と認証についての正しい理解が必要である。その差し迫った課題がサービスロボットの安全認証である。

認証はもとより、サービスロボットの国際安全規格はまだできていない。規格も認証も、基本的には強制力を持たないが、「安全」に関する国際規格には、現実には、強制力があると見なすべきである。近年の国際整合規格が、米国の法外ともいえるPL補償に対するPLP（製造物責任予防）を取り込んでおり、これに準拠しないで生じた事故はPLの訴追を免れ得ない。

国際規格ISO 12100（機械類の安全性 – 基本概念、設計のため的一般原則）は、機械設計者の立場からまとめられた膨大な規格群の頂点をなす基本規格である。わが国は、標準化の後進国であり、規格の強い影響を実感しつつも、その本質を十分理解していないため、この基本規格の抽象的表現に混乱を見せている。規格の提案には、何よりも、その根底にあるPLPのための責任原則（*State of the art*）

の十分理解が必要である。そこでここでは、サービスロボットの安全規格の作成に当たり、ISO12100に基づく国際的コンセンサスを如何に得るかについて考えてみる。

2. 設計者の安全の優先性

ISO 12100における‘*State of the art*’の原則とは、「その時代に妥当といえる最善の安全の必要」を満たすことによって、設計者にPLの免責(PLP)を与えるという国際的コンセンサスとして与えようとするものである。そのため、徹底して設計者に安全責任を要求する国際安全規格体系(ISO, IEC)が展開されている。このグローバルな安全は、ベネフィット（公益性、便益性）が認められる機械を、その技術に伴うリスクが十分小さいと言う判断で受け入れようとする社会に適用する。そのため、安全の事前責任を機械の設計者に課すのであるが、‘*State of the art*’の原則は、また、その時代の技術的背景による事故防止の限界を認める。安全は、最低限を定めた法規則への準拠に止まらず、設計者自らの責任で、機械の危険源と、それが原因で生ずるリスクを明確にして、事故の予見と回避の限りを尽くすことであり、その結果として回避困難な事故(an accident)に対して、設計者の免責が認められるのである。これが、社会が機械のリスクを受容すると言う‘*State of the art*’の真意である。技術優先というグローバルな安全を無視して、最低限の規則を守るだけで起った事故の責任を社長の謝罪で逃れようとするのは、技術立国を指向するわが国の大いなる矛盾である。

3. リスクを基調とする安全の責任（確定論）

事故は必ず責任を伴うものであり、また、責任に

は曖昧が許されない。残留リスクに対する「安全」の判断が、設計者の免責を保障しないのであれば、リスクに基づく安全そのものが成立しない。また、その免責が、そのまま残存リスクを（確率的に生ずる事故の宿命を）ユーザに押し付けるものでは得られない。「State of the art’’に基づく設計者の安全（免責の確保）には、必然的に、設計で回避できない事故の要因（著者はクリティカル・ハザードCHと呼んでいる）を明らかにして、その要因に対する事故の回避（リスク低減ではない）を使用者に要請するという責任が生ずるはずである。すなわち、CHという危険源を明らかにした場合のみ残留リスクによる「安全」の判断が可能となる。そのための正当な手続きが、設計者によるリスクアセスメントである。

設計者は、合理的に予見可能な誤使用(Reasonably Foreseeable Misuse)を明らかにし、最善のリスク低減を実行するが、リスクアセスメントの最大の目的は、設計で解消できないためにユーザに提示すべき危険源(CH)を明らかにするという説明責任を果たすことである。その正当な説明に応えて、ユーザ（安全管理と労働者）は、この危険源で生ずる事故の回避の役目を引き受けてくれるはずである。**図1**は、ISO 12100で示されるリスク低減のプロセスである。手順5に示したクリティカルハザードは、著者の提案に基づくものである。

4. リスクアセスメントの目的

事故の被害は、直接の被害者にとどまらない。設計者によるリスクアセスメントは、事故に巻き込まれる多くの被害者を守るための手続きだという正しい認識が必要である。言うまでもなく、①事故の被

害者を守ることが第一である。しかし、現実には、事故は完全には防げない。そこで、設計はリスクアセスメントを行って、可能な限りの事故の予測と回避を行い、ドキュメントを準備して事後に備える。それは、事故が起った場合の厳しい責任追及から②設計者自らを守るためにある。同様に、設計者の正統なリスクアセスメントは、たとえ事故が発生しても、常軌を逸した責任追及から③企業（経営者）を守る。最後に守るべきは④技術そのものであり、製品のベネフィットである。

リスクアセスメントで予測が難しい事故は「アクシデント」と見なされ、設計者（技術者）は、純粋に、再発防止のための原因究明に専念できる。事故原因は、すべての技術者にとって重要な情報となるはずである。同じ原因で事故が起こるとすれば、技術者の怠慢となるからである。その情報を開示して、機械設計者の予見性・回避性の能力向上（‘State of the art’）を図り、すべての技術者のリスクアセスメントに反映させようというのが、グローバルな安全のねらいである。このように、リスクアセスメントは、事故の犠牲から多く関係者を守り、再発防止という形で、安全の発展を図ろうとするものである。

5. 「安全」と「安心」の構造

「安全で安心な何々」というように、日本人は、「安全」は「安心」と見分けが付かないくらい曖昧な概念である。「安全」には、後で事故の責任が問われるるので、勝手な判断は許されない。そこで、ISO / IEC Guide 51（安全面－規格への安全面を導入するためのガイドライン）は、イメージだけの「安全」を禁止する。安全は、確認されて改めて「安全」と

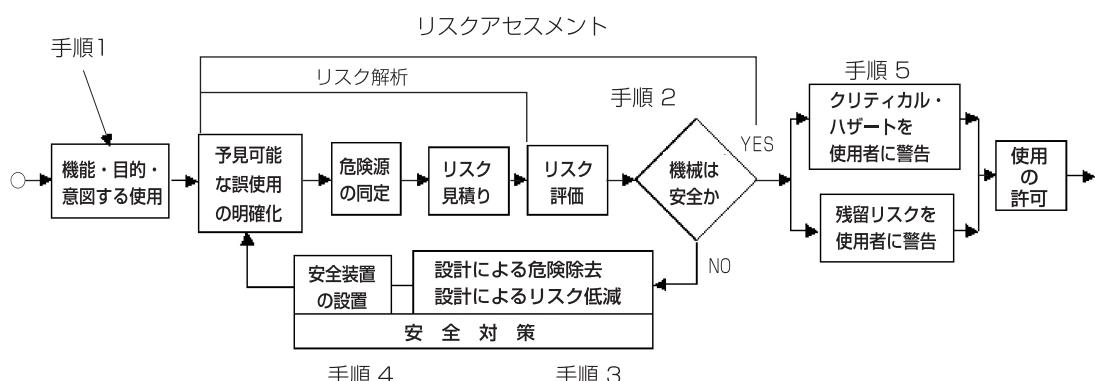


図1 リスクアセスメントと安全対策の手順 (ISO12100)

Risk Assessment based on Design Principles (ISO12100)

認められるのであって、無責任な「安全」はむしろ危険でさえある。

さて、設計者は、リスクアセスメントを行って、自分の設計する機械の安全を立証する。このことはISO14121で規定されており、リスクアセスメントはグローバルな商品流通の条件となっている。設計者は、事前に機械のリスクアセスメントを行って証拠('State of the art'であることの証明とドキュメント)を保管する。後で不慮の事故が起ったとき、安全の正統性が問われるが、その如何で責任追及に雲泥の差が出るのである。

ユーザに「安全」を提供するのは設計者である。これによってPLPの約束が得られるのであれば、安全の提供で「安心」を得るのは設計者である。ユーザは「安全」の恩恵を直接受ける側でありながら、それをあまり意識しない。それは、安全は副次的なもの、機械操作の目的に対する手段としてあまり意識され難いからである。設計者にとって、「安心」は目的であり、「安全」はそのための手段であり、「安心」も「安全」も、ともに設計者のものである。

ISO/IEC-Guide51では、「安全」は、リスクアセスメントを通して立証される事故防止だけを言う。それ以外のことは安全とは無関係と見なすが、わが国では、この認識が甘く、事故が起こると、その原因に関する説明を設計者(技術者)に求めることをせず、その代わりに、経営者を槍玉にする。経営者が頭を深々と下げるのは欧米では考えられない光景だと聞く。リスクアセスメントの欠如や虚偽に対する設計者の責任は、本来、経営者が謝る筋合いのものではない。経営者に問われるべきは、CSR(企業の社会的責任)というもっと上の責任である。

6. 「規格外の規格」のための階層規格

機械の標準的モデルを設定し、標準的安全方策に'State of the art'を適用して安全規格が作られる。安全規格は、事故を防ぐ目的とともに、許容リスクに伴う事故の責任(設計者の免責)を明確にする目的がある。それにも拘らず、現実には、安全の規格化が可能なのは一部に過ぎず、残りの大半は、標準的な方法が適用できないため、規格外となって、責任が曖昧になる。このように、安全の標準化には、必然的に、標準化されない場面での安全方策を設計者に委ねるという難題(規格外の規格化という課題)を抱えることになる。しかし、国際規格は、この点を十分承知しており、図2に示すように、安全規格

を階層構造としているのである。すなわち、対象の安全規格(個別C規格)があれば、それに準拠し、また、適用できないところは、上位基本A規格(設計原則): ISO12100)に戻って、設計者自らの責任で、リスクアセスメントを行なって残留リスクに対する説明責任(ドキュメンテーション)を果たすよう要求されている。

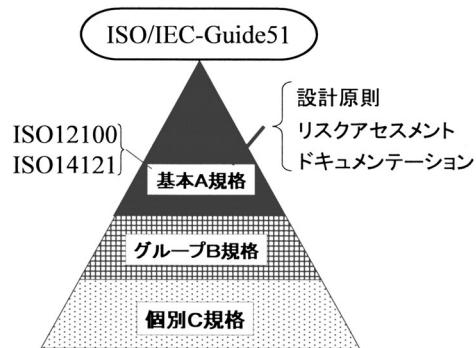


図2 国際規格の階層構造
Phased Structure of Global Standards

7. 本質安全と安全のコンセプト

安全規格(個別C規格)がない以上、図1によるリスク低減は設計者(開発者)の責任で行う。危険源としては、力による挟み込み、位置エネルギーによる転倒、運動エネルギーによる衝突、電圧による感電、熱によるやけどなどがある。これらの危険源に対してリスクアセスメントを行いリスク低減を実行するが、ホビーロボットは、本質安全設計を徹底すべきである。利便性(ベネフィット)に対するリスクの相殺の可能性についてまだ明らかとなっていないからである。ただし、どの程度の被害まで許されるかを別途決めなければならないが、たとえば、衝突の危険源に対しては、日本自動車研究所における衝撃試験結果(HIC: 頭部傷害基準)が参照できる。

ホビーロボットが本質安全設計を要求するもう一つの理由は、制御に使用する各種内外界センサの信号が非安全関連信号として機能的制御にのみ使用するためである。子供に衝突しても、“痛い”という程度では安全上問題ないが強い不快は避けるべきである。そこで、本質安全設計を達成した上で、不快な衝突を避ける機能を採用する。こうすれば、この機能は安全関連部としての条件を必要としない。このように、ホビーロボットは、本質安全設計を前提として、さらに人に優しい機能を上に載せるというシステムを基本とすべきである。

8. ベネフィットに対するリスク相殺

ベネフィットとは無関係に、期待効果として「安全」を当然だと考えるのは製品安全である。これに対して、ベネフィットに対するリスクの相殺によって、ロボットの使用が受容されるのは、契約安全で、一般の機械の殆どはこれである。但し、相手に、クリティカル・ハザードを管理する能力（責任体制）があることが前提である。手術ロボットを求めるのは医師であり、起りうる結果を患者に説明してインフォームドコンセントを得る責任が医師にある。レスキュー・ロボットは、消防士やレンジャーにとって有力な手段であり、彼らの能力向上のために提供されるロボットは、訓練を要求する。あるいは、免許を条件としてロボットを使用するという場合もある。一般に、労働現場で使用する機械は、リスク相殺で、機械のベネフィットを受け入れ、安全管理によってクリティカル・ハザードが、追加防護や労働者の教育訓練によって管理される。

ロボットは、汎用機械であり、使用を限定しないと、どんな使用がなされるか分からぬ。このままでは、設計者による“合理的に予見可能な誤使用”に関する責任を果たすことはできない。そこで、現実的な対応として、誤使用が予見可能な使用を探して適用をそれに限定するという方法をとらざるを得ないのではないか。そして、限定された使用に対して、改めてリスクアセスメントを実施し、許容されるレベルの残存リスクを達成するわけである。

このような方法をどのように実現するか十分な検討が必要であるが、いずれにしても、ロボットが真に社会に受け入れられるには、求める条件を備えた人（環境）を限定し、それ以外に適用しないという制度が必要ではないだろうか。

9. ‘State of the art’ の原則の起源

欧州起源の国際規格は、事故の予見と回避に最高レベルを要求する。機械の小さなリスクを受容して機械のベネフィットを提供することを公正に行うためである。それに対して、わが国における安全の要求は、法規制で定める最低限に過ぎない。はたして、欧米とわが国の間の、このような安全のギャップはどこから来るのだろうか。

何よりも、宗教観の違いが大きい。欧州の若者が、現代、頻繁に教会に行くわけではないが、それでも、欧米社会のいたるところにキリスト教の影響が浸み込んでいるといえる。

キリスト教の聖書は、神が人間のことを書いたものだという理解が必要である。しかも、聖人のことでなく、不完全な被創造物としての人間が、その不完全さを補ってどのように生きるかの規範（お手本）を述べたものだといわれる。現代風に言えば、完全なる神が創造主としての責任を果たすPL（創造者責任）であって、不完全な被創造物（製造物）のための使用マニュアルだという見方も可能である。イメージ（偶像）の安全は許されず、ドキュメント（経典）のない真実は認めないとテクストは、ISO/IEC-Guide51で示す安全の特性を与えている。さらに、神の使命（召命）に対しては、最善（‘State of the art’）をもって応える。最善を認めて許しを与えるには、「許しの神」の権威が頼りである。人間は、最善を行って、許しを請い、また神は、最善を認めて許しを与えるのである。これが、欧州文化の根本の理解であり、さらに、国際規格の設計者原則の根本的な理解である。こうして、設計者は、最善を行って、不完全（残留リスク）を説明（告白）して、事後の免責の約束を得るのである。‘State of the art’を基本とする説明責任の構造は、こうしてわれわれ日本人も理解が可能なのである。

10. おわりに

このように、グローバルな「安全」は、完全を要求するのではなく、その時代の最善の努力でもなお残る危険性に対して「免責」を与える為の根拠をグローバルな立場から決めようとしているのである。予見して回避可能ものは確実に回避し、どうしても回避できないリスクは使用者に正しい理解を求め、事故回避の協力を要請する。安全をリスクという指標で表す限りは、対策の限界に対する「免責」が保証されないなら、安全はすべて無責任なものになってしまう。どのような高度の技術を使おうと、この制度によって「免責」が保証されない限り、競争力はゼロに等しいのである。

ここで例としてあげたサービスロボットの技術は、わが国が世界のトップであるが、競争力が疑われている。2025年の将来に8兆円産業の予想が正しければ、少なくとも、8兆円分だけの「免責」が約束されていなければ儲からない。何よりも、わが国からサービスロボットの安全認証制度を正式にスタートさせなければならないのである。

ヒューマンセントリックテクノロジーと生活支援ロボット

松日楽 信人 (まつひら のぶと)

(株)東芝 研究開発センター ヒューマンセントリックラボラトリー 研究主幹

1982年東京工業大学理工学研究科修士課程修了（機械物理工学専攻）。1982年東京芝浦電気（株）

（現（株）東芝）入社。1995年日本原子力研究所へ2年間出向（国際熱核融合実験炉ITERプロジェクトに参加）。

原子力、宇宙、医療、家庭用など各種ロボットシステムの研究開発に従事。東京工業大学21世紀COE特任教授。

日本機械学会フェロー、評議員、日本ロボット学会元理事、評議員。工学博士。

1. まえがき

ロボット技術は産業用ロボット、原子力施設保守用ロボット、宇宙開発用ロボットなど特殊環境で培われてきたが、最近は医療・福祉用ロボット、病院・施設用や家庭用ロボットとその応用分野をより身近な環境へと拡大している。さらに、ロボット技術（RT）としてロボットの要素技術の応用も広がっている。とくに家庭用では防犯、留守番、情報端末、コミュニケーションなどいろいろな機能を持つロボットの開発が行なわれている^{1) 2)}。最近では、デパートで癒し系のロボットが販売されたり、地域限定で家庭用ロボットが販売されたりと、話題を集めた^{3) 4)}。

ここで、とくに家庭や施設などで人の生活を支援する、人の自立を支援するようなロボットは総称して生活支援ロボットと呼ばれている。生活支援分野のロボットでは、人の意図を正しく認識し、人や環境に働きかける技術が不可欠である。このように人を中心とした人にやさしいヒューマンセントリックテクノロジーはロボットに限らず、人が使うあらゆる機械に共通の重要な技術でもある。我々は「人と社会にとって真に価値のあるものを生み出す技術」としてヒューマンセントリックテクノロジーを広く定義している。この技術の一環として、東芝ではすでにネットワーク機器と人とのインターフェースとしてロボット情報家電のコンセプトモデルApriAlphaTMを開発しており、多様な用途への応用を検討している。本稿では、図1に示すように生活分野で使用していくために必要な基礎技術としてまずApriAlphaTMを紹介し、次に、「聞く」、「見る」、「動く」と言った技術を融合し、ユーザーの要求をどの方向からでも認識する「聞き分けロボット」、およびユーザーを見つけ常にそばに付き添う「お供ロボット」につい

て紹介する。さらに、これらのロボットを実際に実現するための課題について述べる。

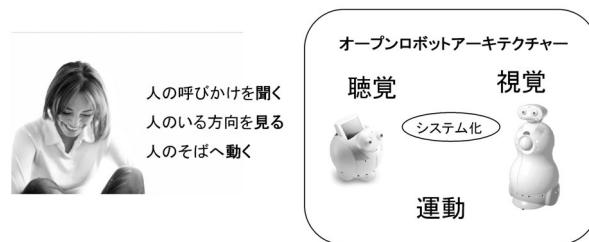


図1 ヒューマンセントリックテクノロジーとロボット

2. 家庭内ネットワーク機器と連携する

ホームユースロボット “ApriAlphaTM”

ApriAlphaTMでは家庭内機器の操作や留守時の家の様子を確認することを1つの目的として開発したロボット情報家電のコンセプトモデルである⁵⁾。しかし、多様な要求が含まれる生活支援は必ずしもロボット単体で行うものではなく、情報ネットワークやセンサーネットワークなどと連携した方がより効果的なサービスが出来るようになる。ApriAlphaTMでは異種機器間接続技術によりネットワーク家電の制御や、エージェント技術によりインターネットを経由したニュースや天気などの情報も取得・提示可能であり、図2に示すように音声で指令することでロボットを介していろいろな家庭内機器の操作ができる。すなわち、ロボットはネットワークによりセンサや種々のデータベースと連携することで、専門能力の拡大が図れる。逆に言うと、ロボットはネットワークシステムにおける一つの移動型端末、インターフェース、センサとも言える。また、ApriAlphaTM

は機能の構成をモジュール化することによって、ソフトウェアにより新しい機能の追加や機能の性能向上が容易になっている点も特徴である。

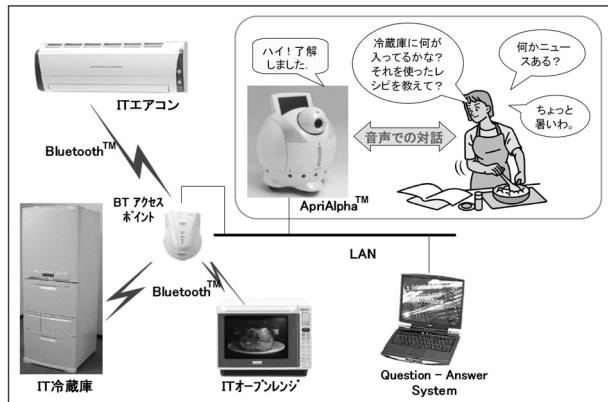


図2 ホームユースロボットとネットワーク家電との連携
(Bluetoothは、Bluetooth SIG, Inc. の商標)

3. 情報支援から生活支援ロボットへ

生活支援分野では実作業を行うためのロボットアームや移動などの運動制御の技術ばかりでなく、人とロボットの間の画像や音声処理によるヒューマンインターフェース(HI)の技術が重要である。ロボットがサービスを行うためには、まず人とコミュニケーションし、人がどこにいて、何を望んでいるのか分からなければ、ロボットは支援動作を開始できない。さらに、人にサービスを行うには、人のそばにいて、いつでも頼めるという対人性が自然であり安心感を高める。ApriAlpha™では、基本的なHI機能を搭載しているが、HIの機能としては限定されたものであった。そこで、ロボットに対してどの方向からでも聞き分ける聴覚機能を持った「聞き分けロボット」と画像処理により特定の人物にお供する対人追従機能を持った「お供ロボット」の開発を行った。これら2つのロボットはそれぞれの要素技術を確立するために開発したモデルである⁶⁾。また、ロボットはシステムであり、画像や音声処理が単体で動作してもロボットとしての機能が十分に生かされない。運動も含めてこれらの処理がシームレスに繋がる必要があり、音声、画像、運動の統合を図った。

(1) 周囲から複数の指令を認識する

聞き分けロボット “ApriAlpha™ V3”

一般の家庭内環境は図3に示すように、ロボットに指示を与えるユーザー以外に人の話し声や、テレ

ビなど様々な雑音源が存在する。したがって、これら生活雑音の中でもロボットがいろいろな方向から発せられるユーザーの声を個々に聞き取り、認識して対応しなければならない。そこで、複数のマイクを配置し、それぞれのマイクでの位相差から音源の空間位置を推定し、次に、適応アレイ処理で音源方向に指向性を高め、雑音を抑制した音声の抽出を行い、それらを認識エンジンで個々に認識処理させる。以上の処理により、全方位から複数の音声を聞き分ける高性能の聴覚機能をもつ聞き分けロボットを開発した。愛・地球博中の騒音下においてもある程度の認識が可能であった。図4に外観を。表1に仕様を示す。

また、ロボットは移動が可能であり、固定マイクとは違い、聞きやすい位置へ移動しながら認識率を上げられる。顔認識なども同様に見やすい位置へ移動できることがロボットならではの特徴である。

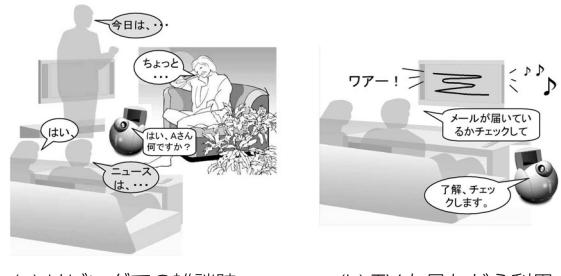


図3 聞き分けロボットの利用シーン



図4 聞き分けロボット
“ApriAlpha™ V3”

表1 基本仕様

寸法	直径 φ 380mm、高さ430mm
質量	約10 kg
ユーザインターフェース	マイク6、スピーカ2 CCDカメラ2、液晶モニタ (タッチパネル付)
動作	車輪: 左右独立2輪駆動 首(回転)、目(パン・チルト)
通信	無線LAN (IEEE802.11a/b)
電源	リチウムイオンバッテリ (駆動:連続約2時間)

(2) 人に付き添い追従するお供ロボット “ApriAttenda™”

人と共存するロボットは、決められた経路に沿つて特定の場所の間を移動するばかりでなく、臨機応変な移動動作が求められる。例えば、図5のように、幼児やお年寄りの行動の様子を見守り家族に伝えた

り、いつもそばに付き添い家電操作や情報提供などのサービスを行ったり、また、ショッピングセンターで荷物を運びながら後を付いて回ってくれるなど、安全・安心な生活を支援する。

ロボットが人に付いて行くには、特定の人を見つける機能、人の歩く速さに合わせ、時には障害物を避けながら付いて行く機能、また、人を見失ったら探す機能の3つがあげられる。開発したお供ロボットでは、特定の人を確実に見つけるために、家庭のような複雑な背景を含む画像の中から人物領域を認識抽出する新たな人物検出アルゴリズムを搭載した。まず、2つのCCDカメラから得られる画像中の特徴点を自動抽出し、各点までの距離、速度、さらには、追従する人の服の色や柄など多様な情報を組み合わせることで、照明や見え方の変化に強いロバストな人物追従を実現した。同時に、障害物があった場合には、超音波センサにより障害物を回避し、見失った場合には再度探索するような機能を開発した。**図6**に外観を、**表2**に仕様を示す。とくにロボットはそばにいても安心できるデザインとした。

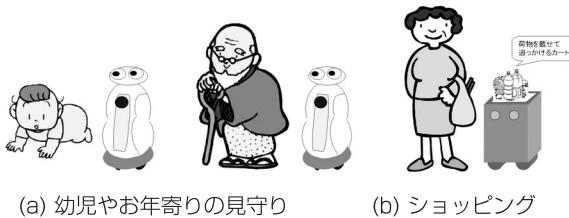


図5 お供ロボットの利用シーン



**図6 お供ロボット
“ApriAttenda™”**

表2 基本仕様

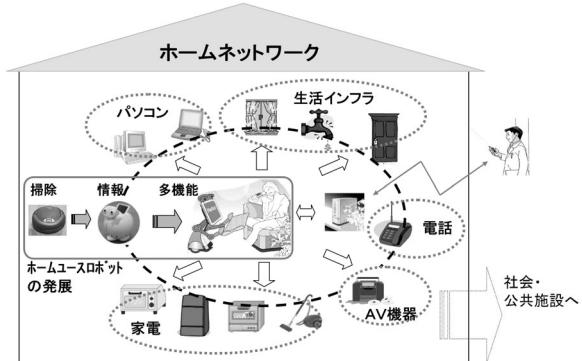
寸 法	直径 Ø 450mm、高さ900mm
質 量	約30 kg
ユーチュア インターフェース	マイク2、スピーカ2、赤外リモコン CCDカメラ2、液晶モニタ (タッチパネル付)
動 作	車輪、左右独立2輪駆動 首(2回転)、目(パンチルト)
通 信	無線LAN (IEEE802.11a/b)
電 源	リチウムイオンバッテリ (駆動:連続約1時間)

4. ホームユースロボットの展開

生活分野として家庭を例にあげて説明する。**図7**に示すようにホームユースロボットは家庭内ホームネットワークの要であって、掃除のような単作業ロボット、情報家電ロボット、多機能ロボットと進化

していくものと考えている。まずは、現在ある家電にRTが付加されて行き（家電のロボット化）、自走式クリーナー、すなわちクリーナーロボットなどが実現される。次には、人と直接的なインタラクションを伴わないような情報を扱うロボットや見に行って来るロボットが実現される。実際に作業を行うには、作業の多様性やロボットアームを装着する経済性・作業実現性の課題が残るだろう。これは、原子力や宇宙などのロボット開発の経緯を見ても明らかである。しかし、すでにロボットアームを使った作業用のサービスロボットも開発されている⁷⁾。なお、ホームユースロボットの技術と課題については文献⁸⁾にまとめたので参考とされたい。

さらにロボットが実際に生活分野で活躍できるようになるには、ロボットの能力向上だけではなく、ロボットの働く環境の整備が必要である。情報ネットワークの普及と共に、住宅のバリアフリー化に見られるように、実環境においてもロボットにも優しいインターフェースのデザイン（Universal Design with Robots: UDRob）があり、**図8**のように環境を情報的側面と物理的側面からデザインすることによって、生活支援ロボットの実現は早まると考えている⁹⁾。



**図7 ホームネットワークの要となる
ホームユースロボット**

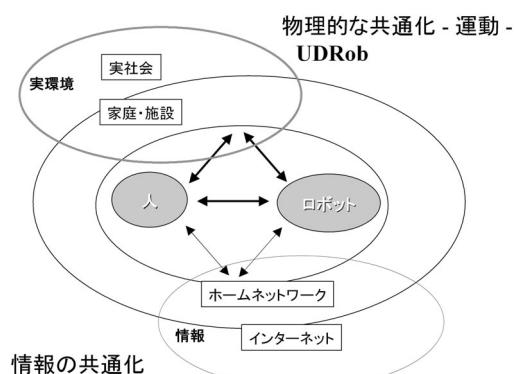


図8 情報と環境のインフラとロボット

5. 生活支援ロボットの課題と環境デザイン

ロボットが家や施設の中で活躍するには、ロボットが自由に動くと共に、ロボットが家のどこにいるか、何があるか、という運動制御と認識処理の大きな問題がある。「ハンドリングする」、「移動する」、「見る」ということがロボットの自律性に欠かせず、ここに住空間環境側からのデザインと整合性をとることにより、生活支援ロボットの実現可能性は高くなると考えている。しかし、その際の整合性はロボットだけでなく人にも優しいものでなければならぬ。ロボットの実現機能はまだ低いために、ユニバーサルデザインの考え方方がロボットにもあてはまると考えられる。以下に例を示す。

(1) ハンドリング

まず、ロボットが作業対象物をハンドリングできなければならない。そのためには作業するための機械的なインターフェースとなるべく共通化していく必要がある。具体的にはロボットが対象物を持ちやすいような機械的なインターフェース（形状）である。これまで実用化されている作業は把持部の形状が統一されているものが多い。原子力や宇宙応用のメンテナンスロボットでの把持部や結合部は数種類に共通化されている。

(2) 移動

移動に関しては、初めは施設などある程度広いスペースを想定し、そこで、ロボットの有効性を示しながら次第に家庭など個別環境に導入されると考えている。通路の確保はもちろん、段差、階段、ドアなど移動を妨げる要因は多い。しかし、ロボットのメリットが明確ならば、環境側の工夫をすることである程度は対応が可能である。車イスが通れる空間はロボットも通れる。この他、住宅用には、例えば、段差、ドアなどは、スロープ、パワーアシストドア、自動ドア、さらにはペット用の小ドアなどもすでに実用化されている。

(3) 環境認識

家族の顔を認識したり、何がどこにあるか画像により計測あるいは認識する場面は多いが、画像処理は照明や背景の変化に弱い。また、場所や位置、対象物の認識においては、その場所を示すマーカー（幾何学的表示）などを貼ることにより、画像処理の負担を軽減できる。画像処理の能力の向上は継続的な

研究により進むと考えられるが、他の方法で解決できるのであればロボットの画像処理にすべて頼る必要はない。このほか、直接的なマーカーだけでなく、ICタグなどネットワーク技術により電子的に情報享受して、自己位置や作業内容などを認識することも可能である¹⁰⁾。さらに、ドア、ドアノブ、窓など形状自体をランドマークとすることも考えられる。ここで、ドアは押して開けるのか引いて開けるのか、ドアノブの形からわかれればロボットだけでなく人にとってもわかりやすい。また、ホテルなどでは床の模様などが幾何学形状になっていて、ロボットにも位置関係がわかりやすそうな所もある。

(4) デザインイメージ

特別な機械が新たに家庭に入るよりも、これまでの機器や住空間環境と親和性の高いものにしなければロボットの普及は難しいと考えている。図9にはそのようなコンセプトに基づく、自然に生活に溶け込むロボットのイメージを示した。見守りロボットは、赤ちゃんのエリアを見守り、ともに遊びながら危険なところへ行かないか見守っているロボットであり、搬送ロボットは収納棚とインターフェースの取れたロボットであり、どのトレイに何が入っているか色で表示し、トレイの収納や搬送を人と共通に扱うことができる。図10に詳細を示す。情報ロボットは自然とリビングにあって違和感のないデザインである。また、デザインばかりではなく、ロボットの行動も人の親和性の高いものにすべきであり、とくに高齢者にとっては重要な要素となっている¹¹⁾。これも一種のデザインと考えられ、ロボットゆえに許されることもあり、人と位置も変え対話しながらより入出力情報を確実なものにできるだろう。



図9 ロボットと暮らす安全・安心・快適な生活

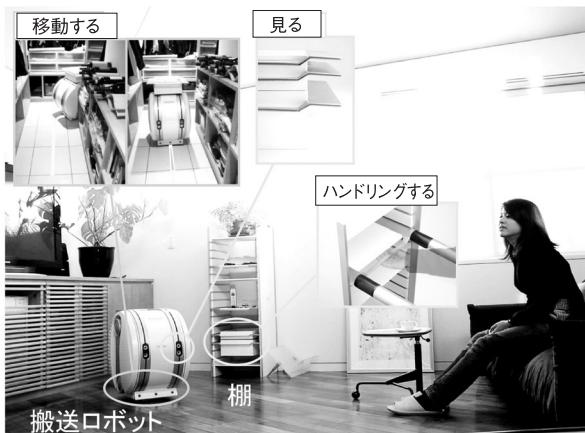


図10 UDRobに基づく搬送ロボットのイメージ

6. おわりに

本稿では、生活支援分野へのロボットの取り組みとして、情報家電ロボットとネットワーク連携、さらにHI技術を強化した全方位聴覚機能を有する聞き分けロボット、人物追従機能を有するお供ロボットについて紹介した。そして、生活分野へより普及するための課題および環境デザインについて述べた。生活支援ロボットはアプリケーションが多様であり、いきなりロボットが活躍するというよりは、RTの浸透、ネットワークとの連携などから少しずつ活躍の場が広がると考えている。また、各社各様のロボットが互換性を持つような仕組みも重要である¹²⁾。このような生活支援型ロボットの早期実用化に向けて一層努力して行きたい。なお、ここでは触れなかったが、ロボットの安全性、信頼性をどのように考えるかも生活分野での実用化における大きな課題である。

最後に、聞き分けロボットとお供ロボットは、NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）次世代ロボット実用化プロジェクト（プロトタイプ開発支援事業）に採択され、2005年愛・地球博NEDOプロトタイプロボット展（6/9～6/19、モリゾー・キッコロメッセ）、および、ロボットステーション（8/23～9/4）に展示実演された。ここで、お供ロボットの画像処理は東京理科大学と共同開発したものである。

●参考文献

- 1) 特集：生活支援ロボット、ロボット、147、p.2-42、2002
- 2) 特集：清掃・留守番・セキュリティロボット、ロボット、152、p.1-26、2003
- 3) http://www.takashimaya.co.jp/shopping/tvm/0009/0138/html/000738_01.html
- 4) www.mhi.co.jp/kobe/wakamaru/
- 5) 松田楽、小川：先端技術をリードするホームロボットの開発動向、特集ホームロボット技術、東芝レビュー、Vol.59、No.9、pp.2-8、2004
- 6) 松田楽、小川、吉見：人と共存する生活支援ロボット、東芝レビュー、Vol.60、No.7、pp.112-115、2005
- 7) 岩下、境、中尾、村瀬、安川、麻田：サービスロボットの開発(1)、第23回日本ロボット学会学術講演会、1I31、2005
- 8) 松田楽：ホームユースロボットの技術と課題、電学誌、Vol.125、No.4、pp.213-216、2005
- 9) 松田楽、小川、廣川、和田：ユニバーサルデザインとロボット、第6回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会、3M2-1、2005
- 10) 大原、大場、金、谷川、平井、谷江：空間機能化のための空間機能モジュールの提案、2A1-N-055、日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演論文集、2005
- 11) 山本、土井、松田楽、上田、木戸出：実用性と親和性を融合するロボットインターフェース、情報処理学会第67回全国大会、3H-5、2005
- 12) <http://www.robotservices.org/otservices.org/>

自立支援ロボット

井上 剛伸 (いのうえ たけのぶ)

国立身体障害者リハビリテーションセンター研究所 福祉機器開発部 福祉機器開発室長

1989年慶應義塾大学大学院機械工学専攻修士課程修了。同年国立身体障害者リハビリテーションセンタ研究所奉職。

現在に至る。東京大学大学院客員助教授。1996年9月より1年間トロント大学にて研修。日本大学大学院非常勤講師。

主に移動を補助する福祉機器の開発研究に従事。頭部操作式電動車いす、音声認識電動車いす、車いすブレーキかけ忘れ防止装置などの開発に携わる。福祉用具分類規格(ISO/TC173/SC1)国内対策委員会幹事。

日本リハビリテーション工学会理事。

1. はじめに

“ロボット”という言葉はなんと夢のある言葉であろうか。これに対して、“福祉機器”というとなんだかとっても現実的な響きがある。“福祉ロボット”は、こんな二つの一見矛盾するような言葉が一つに組み合わさったものというよりも、ロボットが夢の世界では無く、現実のものになってきたことを象徴する言葉なのかもしれない。

“福祉ロボット”とほぼ同義語で“介護ロボット”という言葉もよく使われている。これは高齢者や障害者の介護をする、お世話をするロボットである。ただ、“介護ロボット”からイメージする利用者像として、ほとんど自ら活動をすることのない、いわゆる“寝たきり”状態を想像してしまうのは著者だけだろうか？介護という重労働を、人に変わって引き受けましょう、というロボットである。

しかし、ロボットが実現する“夢のある”世界は、こんなものでは無いはずである。主体は“利用者”、それも介護者では無く、障害当事者だと考えるべきである。そんな思いで考えたのが“自立支援ロボット”である。ロボットの特徴を十分に活かして、効果的にロボットを利用したならば、利用者は他者の手を借りずに、自らの意思で生活することが可能となる。そのとき、介護という概念はなくなるはずである。

本稿では、自立支援という観点から、福祉ロボットを見直しつつ、その将来像について言及する。

2. 自立支援ロボットの現状

現在実用化されている自立支援ロボットには、移動を支援するロボット、食事を支援するロボットがある。移動の支援では、従来から利用されてきた電動車いすにロボット技術を応用した車いすロボットが実用化されている。この例としては、インテリジ

エント車いす「TAO Aicle（仮称）」（アイシン精機（株）、富士通（株）、iBOT 3000（Johnson & Johnson社）を挙げることができる。

TAO Aicleは搭載されているセンサで走行経路上の障害物を避けながら利用者が指示した目的地まで自律的に移動する自立支援ロボットで、移動型ロボットのナビゲーション技術をアドオンした例である。このロボットは、平成17(2005)年3月から開催された「愛・地球博」において約半年の実証実験が行われ、今後の実用化が期待される。

iBOT 3000（図1）は、階段昇降補助機能と上下移動機能を実装する車いすロボットである。このロボットは、6つの車輪を有しており、後ろの4つが駆動輪となっている。この前後駆動輪対の中間に別の1自由度を有しており、ロボット内のジャイロセンサを用いた姿勢制御により2輪保持が可能である。この機能により、利用者は椅子に座ったままで、高いところに置いてある物を取ることができ、立った状態と同様な位置関係で、他者と対面して会話することができる。階段昇降は、利用者が手すりを引いたり、押したりする行為を検出し、駆動輪を上記の追加回転軸周りに回転させて、ロボット本体を移動させるというパワーアシスト機能により実現している。屋外での走行性能も優れており、歩道と車道程度の段差乗り越え、砂地のような路面での走行也可能である。

食事を支援するロボットとしては、食事支援ロボットマイスプーン（セコム（株））（図2）が実用化されている。マイスプーンは、卓上にセットした小型のマニピュレータにより、専用の食事トレイに盛り付けられた食事を、口元まで運ぶ自立支援ロボットである。食べたい物を選択する方法として利用者の障害の種類や程度に合わせた手動モード、半自動モード、自動モードが用意されている。手動モード

は、ジョイスティックを用いるが、上肢での操作以外に、顎での操作も考慮されている。自動モードは、スタートスイッチを入力することで、予め決められた順序で食べ物を口元へ運ぶようになっている。



図1 iBOT3000(Johnson & Johnson社)¹⁾



図2 食事支援ロボット マイスプーン

3. 自立支援ロボットの利用者像

ここで改めて、自立支援ロボットの将来の利用者像を考えてみよう。ここでは、いわゆる障害のある人のみではなく、生活に何らかの問題を抱える弱者も含めて、利用者像の整理を行った。

① 利用者像

- a. 元気高齢者：2025年に向けて急増する対象群であり、生活における不便さや困難を潜在的に有すると考えられる。これから消費を担う群としても注目されており、経済効果を生む群として期待される。
- b. 障害者・障害のある高齢者：活動制限、参加制約を有する群であり、これにより生活に大きな支障を来している。それらを解消するために、自立支援ロボットの有効利用が想定される。ロボットに対して、大きな期待を寄せる対象群であるが、数的に少なく、個別性が高いため、市場規模が小さい点が問題である。
- c. 障害者・障害のある高齢者の介助者：障害のある

家族などを介助する群であり、身体的および精神的な負担を抱える場合が多い。自立支援ロボットの利用により、介助負担の軽減が見込まれる。

- d. 子育て中の主婦：核家族化を背景として、負担の増大が見込まれる利用者群である。仕事をもつ主婦の増加も想定され、子育てロボットおよび家事支援ロボットの有効利用が想定される。
- e. 病気の人：通常短期間で回復する群であるが、高齢者の増加に伴い、慢性的に医療行為を必要とする者が増加することが想定される。在宅医療の支援への要求がある。
- f. 一般利用者（上記以外の利用者）：現状で大きな困難を抱えているわけではないが、ロボット技術の進歩・普及により、生活の向上が期待できる。圧倒的なマスを有し、経済効果を生む。

② ニーズ側のキーワード

上記利用者群と社会環境の動向を勘案し、ニーズ側のキーワードを整理した結果を以下に示す。

A. “日常生活における作業の軽減”、“家事負担の軽減”

上記a,c,d,fをターゲットとしたキーワードであり、いずれも日常生活における作業の負担を軽減するという点では、共通の要求がある。ユニバーサルデザインの発想が進むことを考えると、高齢者を特別視するロボットは必要なくなり、一般利用者に有効なものを高齢者も利用することにより生活上の問題を解決することができる。また、高齢者に特化した特別のものを高齢者が積極的に使うことも考えにくい。

B. “介護予防”、“健康維持”

特にaをターゲットとしたキーワードである。ものや人に頼らず、自分でできることはなるべく自分でやるためにロボットを考えることになる。

C. “医療の家庭進出”

a,b,eをターゲットとする。健康維持にも関連する項目ではあるが、医療機関に行かないとできなかったことが、家庭でできるようになることが想定される。バイタルサインのチェック、機能回復訓練など。

D. “障害者の自立支援”

bをターゲットとする。障害者の日常生活の自立を支援するロボットを考える。

E. “介助者の支援”

cをターゲットとする。施設での使用も考え、介助する人をサポートするロボットを考える。肢体不

自由に加えて、知的・認知障害者、痴呆高齢者の介助者など、自立の困難な対象を主に考慮する。

F. “子育て支援”

dをターゲットとする。子育てを直接支援するロボットに加えて、教育や精神的なサポートなども考慮する。

上記A～Eは作業をサポートすることを主に考慮したキーワードである。その他、情報をキーワードとしたロボット技術への要求も大きいが、この分野はユビキタスやユニバーサルデザインといったキーワードに代表されるように、福祉分野に特化しない技術としての進展が期待できるため、ここでは、除外して考えた。また、基本的には、家庭内で使用するロボットを対象とした。

4. 障害者の自立に向けたロボットへの要求²⁾

自立支援ロボットへの要求や期待が最も大きい利用者群は、四肢の障害のような比較的重度の障害のある利用者である。今回、東京頸髄損傷者連絡会に所属する、自立生活を行う頸髄損傷者3名に2025年の生活予想を依頼し、ニーズの発掘を行った結果を紹介する。それにより得られた自立支援ロボットを以下に示す。

- a. 携帯電話＋環境制御装置（音声認識）：携帯電話をターミナルとして、家電製品や電子錠、窓の開閉など家庭内の環境を操作することができる。高精度の音声認識により行う。
- b. スマートホーム：家自体がロボット化され、自立生活支援を行う。電動にて各種の設置物を制御するとともに、モニタリング機能も有する。
- c. 寝返り機能および体温調節機能付きベッド：褥瘡の予防および体温の管理をするベッド及び寝具。バイタルサインのモニタリング機能も有する。
- d. デジタル文書の普及：現在以上に文書のデジタル化が進み、ページめくりなどの手間はいらなくなる。本感覚と同様に読むことのできるユーザビリティーを有する。
- e. 小型電動アーム：音声認識や画像認識技術を駆使し、落とした物を“落とした物をとって！”などの簡易的なコマンドで拾うことができるロボットアーム。
- f. 在宅勤務の支援：ネットワーク環境の進歩やテレビ会議システムの進化により、職場にいるような感覚で在宅勤務を可能とするような支援機器。
- g. 電動車いすの進化：高速化、走行安定化、安全性

の向上など電動車いすの性能が格段に向かう。

h. 公共交通のアクセシビリティの向上：切符などを出すことなく通過できる駅での改札ETCなど、情報技術の進歩による、交通機関のアクセシビリティが向上する。

以上のように疾病予防から生活支援、就労支援に至るまで、ロボット技術に対する期待は非常に高い。ロボットを駆使することで、自己決定の機会が増え、積極的な社会参加を促進する。この点で、社会モデルにおける障害を解消し、自立した生活が可能となる。

ちなみに、今回の生活予想にもとづいて描かれた生活には、ヘルパーのゆかちゃん（仮称）が登場する。その役割を以下に示す。

- ・更衣の介助（ベッド機能を利用）
- ・ベッド・電動車いす間の移乗介助（リフト使用）
- ・食事の支度
- ・食事を一緒に食べる

ここには、全て機械に任せるとではなく、人の介助の必要性も表れている。更衣は技術的な難しさが反映されていると考えられ、移乗は人が介在することによる安心感につながっていると考えられる。食事については、作るだけではなく一緒に食べるという点に、コミュニケーションの要素を含んでいる。

5. 自立支援ロボットの将来像

図3に新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)のロードマップ事業で描いた、将来の自立支援ロボットの将来図を示す³⁾。ここでは、移動、移乗、食事、排泄、家屋内の環境制御など、様々な自立支援ロボット技術が描かれている。さらに、その生活を見守る機能として、バイタルサインのチェックや緊急通報システムなども重要な要素として位置づけられる。これらを実現するための技術は、福祉分野に特化したロボット技術のみではなく、一般の生活支援に利用される技術が多く応用される。複数作業支援ロボットは、一般的な家事や軽作業を支援する。情報管理を行うネットワークエージェントや、RFID(Radio Frequency Identification)タグなども、インフラとして一般家庭に常設しているものを有効に活用することとなる。

自立支援ロボットの将来には、以上のような技術的課題の他に、もう一つ重要な課題がある。それは、人の考え方、即ち生活の上で何らかの問題が生じたとしても、自らの生活を自らの意思で自らの力で構

築するという意識である。本稿で紹介した頸髄損傷者連絡会の方々は、このような考え方で、積極的に自立生活をされている方が多い。これに対し、高齢者では、そのような積極的な考えがまだ少ないのが現状である。しかし、これからの中高齢者は、その数の多さから、お世話をされる存在から、社会を支える存在になることが予想される。実際、重度の障害を持ったとしても、機械を上手に利用して最大限の自立を獲得しようという高齢者も存在する。そのような変化を促すために、利用者を取り巻く社会の役割は重要である。

6. おわりに

本稿では、自立支援ロボットの現状と利用者像、利用者の期待そして、将来像について概説した。夢のロボットが現実のロボットになりつつある現在、技術の向上のみではなく、利用者そして社会の態度が問われているように感じる。米国では高齢者が自ら“エンパワーメント（新たなる活力）”を議論しているという話も聞かれる。このような人の変革を促すこと、夢のあるロボットの役割かもしれない。尚、本稿は平成16年度ロボット技術戦略マップ検討委員会（(財)製造科学技術センター）の検討内容を基に作成した。

●参考文献

- 1) Johnson & Johnson; iBOT3000.
<http://www.independence.com/ibot/>
- 2) 横田恒一、他：未来予想2025年の福祉機器生活、東京頸髄損傷者連絡会・日本リハビリテーション工学協会合同シンポジウム Use Participation-当事者中心の福祉機器開発ー、2004.
- 3) NEDO；ロボット分野のロードマップ、
http://www.nedo.go.jp/roadmap/data/manu_rm1.pdf

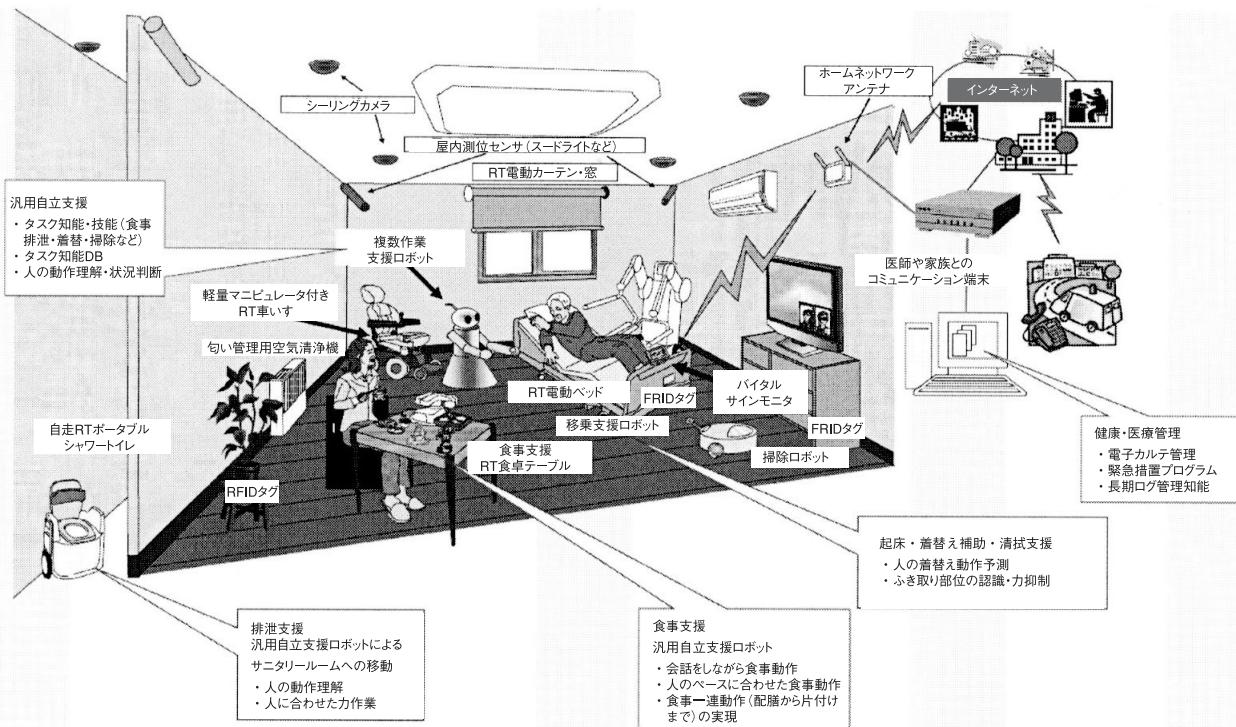


図3 自立支援ロボットの将来図³⁾

レスキュー・ロボット

田所 諭 (たどころ さとし)

東北大学大学院 情報科学研究所 教授／国際レスキューシステム研究機構 会長

1984年東京大学工学系大学院精密機械工学専攻修士課程修了。博士（工学）。1993年神戸大学助教授。

1999年ロボカップレスキュー創設。2002年国際レスキューシステム研究機構設立。2002年より文科省

レスキュー・ロボット研究プロジェクト代表者。2005年東北大学教授。日本機械学会ロボメカ部門学術業績賞等受賞。

IEEE RAS TC on Safety, Security and Rescue Robotics Co-Chair. The RoboCup Federation Trustee.

1. はじめに

現在予測されている大規模地震災害に対しては、ありとあらゆる手段を動員し、それによって被害を最小限に抑えなければならない。先端技術の積極的な利活用はその中で重要なポイントの一つである。中央防災会議の今後の地震対策のあり方に関する専門調査会の報告には、「各種バリアを解消する技術・システムとして、「災害時に援護を必要とする人々についての情報伝達、避難誘導の技術や立ち入り困難な場所での活動ができるロボット等を開発することが必要である」と述べられている。

地震災害における救助は、Urban Search & Rescue (USAR) と呼ばれる分野に属し、そのプロセスは一般に下記のように整理される。

- 1) 要救助者（被災者）の存在の覚知
- 2) 災害状況の把握
- 3) 活動の計画
- 4) 検索（探索）と情報収集
- 5) 瓦礫の掘削
- 6) 緊急災害医療
- 7) 被災者の体の確保
- 8) 医療機関への搬送
- 9) 活動の報告

大規模地震災害の実例を調べると、この中で4)検索と情報収集、および、そのための5)瓦礫の掘削、に莫大な時間を要している。

消防・警察・自衛隊などの災害対応、特に救助の専門機関の立場からは、さまざまな技術の活用により下記の効果を上げたいという要求がある。

1) 要救助者の検索・情報収集の効率化

早期に発見できることが重要であり、遅くとも72時間以内に救助できること。

2) 災害対応隊員の二次災害の防止

危険な災害現場で、救助活動中の事故を防ぎ、安全に救助を完遂できること。

地震災害等において人間型ロボットが鉄腕アトムのように活躍する時代が来るには100年の年月が必要であり、ここで議論したいのはそのようなS F のロボットのことではない。むしろ、人間との類似性は問題にせず、ロボット技術(Robot Technology)を用いて上記災害現場における要求事項を実現できるように構築したロボット、即ちレスキュー・ロボットのことである。ロボット技術の真意はロボットとITとの融合にある。震災対応技術という観点から説明すると、ロボットに情報関連技術やセンサ技術を加えることによって、さらに効果的な解をもたらそうとする考え方である。

本稿では、ロボット技術を基盤としたレスキュー・ロボットについて、文科省レスキュー・ロボットプロジェクトにおける研究開発の内容をもとに解説したい。

2. 文科省レスキュー・ロボットプロジェクト

文部科学省では、大都市大震災軽減化特別プロジェクトの一つの研究項目として、レスキュー・ロボット等次世代防災基盤技術の開発、を推進しつつある。

そのミッションは、「大震災における緊急災害対応（人命救助など）のための人体検索・情報収集・配信等を支援することを目的とした、ロボット・インテリジェントセンサ・ユビキタス端末・ヒューマ

ンインターフェース等を研究開発する」ということがある。

現在、次のミッションユニット（MU）という4つのグループに分かれ、NPO法人国際レスキューシステム研究機構がとりまとめとなり、多くの研究者が共同研究を進めつつある。

1) 上空からの情報収集MU

発災直後に自動サーベイランスを行う自律小型ヘリコプタ、上空からの定点観測により災害状況をモニタリングして支援を行う気球や飛行船の研究開発。

2) 瓦礫内の情報収集MU

つぶれた瓦礫内に潜り込んで、要救助者や構造破壊などの情報を収集するヘビ型ロボットや、インテリジェント棒カム（サーチカム）などの研究開発。

3) 空間のある瓦礫や地下街での情報収集（瓦礫上MU）

隊員が入るには危険性が大きい地下空間などで情報を収集するクローラ型ロボットや跳躍型ロボットなどの研究開発。

4) ネットワーク情報収集（インフラMU）

アドホックネットを持つ分散センサやRFIDタグを用い、要救助者や避難者の情報を収集するための、屋内インフラの研究開発。

発災時におけるそれぞれのMUの役割を時間軸上に整理すると、図1のようになる。

本プロジェクトは2002年度に開始した5年間のプロジェクトだが、前半は要素技術の研究開発と試験に、後半はそれらの統合化と実用試験機の開発に重点を置き、研究開発を進めつつある。ただし、ここで「実用」は「現場使用で有効性を示し、現場投入が可能な技術を確立すること」を意味している。

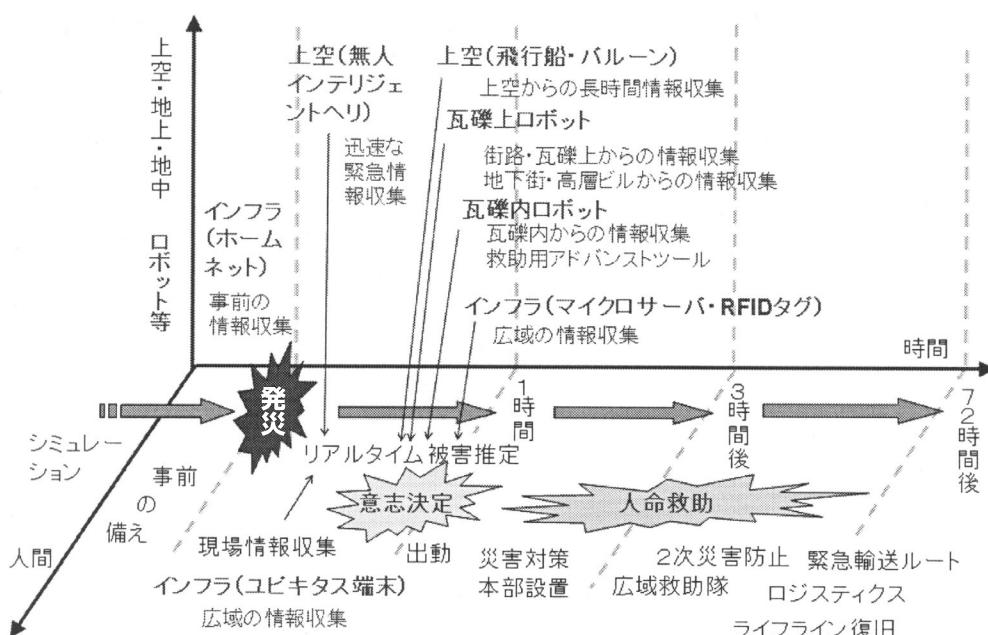


図1 災害時における各ミッションユニットの研究開発成果の役割

3. 上空からの情報収集

図2は、発災直後（できればS波が届くまでの時間）に自動的に離陸し、上空から災害状況を自動的にモニタリング、無線で情報を伝達、1時間後に自動帰還することを目指して研究開発中の、小型インテリジェントエアロロボットである。

カメラ画像やレーザレンジファインダによって上空から地形情報や災害情報を収集し、それらを地理

情報システム（GIS）上にマッピングしていく機能を持っている。また、火山噴火や土砂崩れによって人が近づけない場所の近くまで、地図上で指定された経路に従って自律飛行し、映像情報などを収集することができる。操縦者が24時間詰めていても発災直後から情報収集が可能であること、夜間でも飛行が可能なことがその利点である。

この研究成果の一部は共同開発メーカーによって

次世代製品に組み込まれる可能性もあり、その場合には消防や防災機関による実践配備が飛躍的に促進されると期待される。

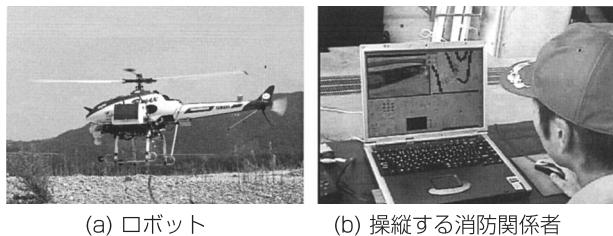


図2 インテリジェントエアロロボット
(全国消防救助訓練大会 (2004.8.26兵庫県消防学校) にて、中西宏明 (京都大学)、国際レスキューシステム研究機構)

4. 瓦礫内での情報収集

図3は、連結クローラ型（ヘビ型）の瓦礫内探査ロボット「IRS蒼龍」である。IRS蒼龍は、要救助者が残された災害現場に隊員が担いで入り、倒壊箇所に潜り込ませて検索を行うことを想定している。

クローラで駆動される3つのボディが縦横に動く関節で連結され、狭い場所にボディをくねらせながら侵入できる。クローラによって60cm程度の段差や階段を登ることができ、転倒してもボディの捻轉動作によって起きあがることができるなど、多様な運動により瓦礫内環境での移動を可能にしている。要救助者を発見し、環境情報を取得するため、CCDカメラ、サーモグラフィー、ガスセンサ、双方向マイク・スピーカなどの各種センサを備え、土砂にまみれても体温を検知して人体を発見でき、瓦礫内の酸素濃度等を計測し、構造破壊を調査するほか、音声を聞いたり、呼びかけたりすることも可能である。

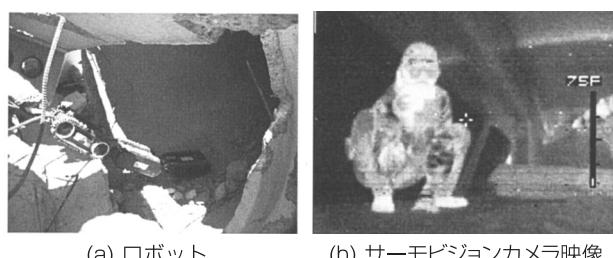


図3 IRS蒼龍
(米国FEMA Nevada TF1訓練フィールド (2005.8.ラスベガス) にて、広瀬茂男 (東京工業大学)、国際レスキューシステム研究機構)

5. 空間のある瓦礫や地下街の情報収集

図4は桐蔭横浜大学の小柳教授が開発中の探査ロボットである。前後にフリッパーを持つクローラ機構により、瓦礫の不整地や階段などを安定して走行することができる。カメラ、レザレンジファインダなどを用いて、要救助者や構造破壊の情報を収集するとともに、瓦礫内のマップを作成することができる。

瓦礫外部からUWBマイクロ波を照射し、反射波を用いて人体を探査する装置を開発している。図5がその実験結果であり、横軸がアンテナからの距離、縦軸が時間を表しており、反射波の時間変動の大きいところが白や赤の色の変化で示される。障害物の向こう側にいる被験者の呼吸の大小によって、表示が大きく変化していることが読み取れる。

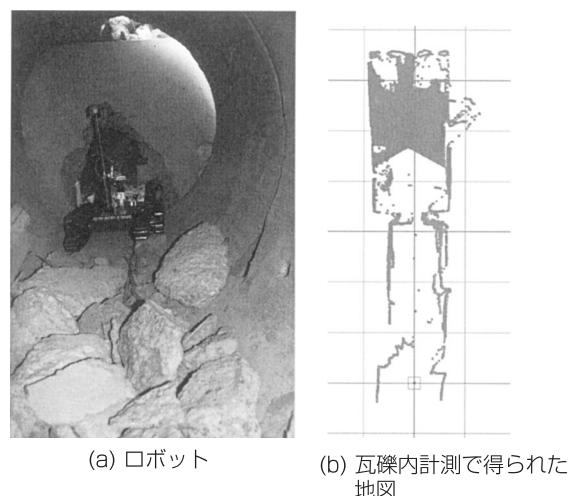
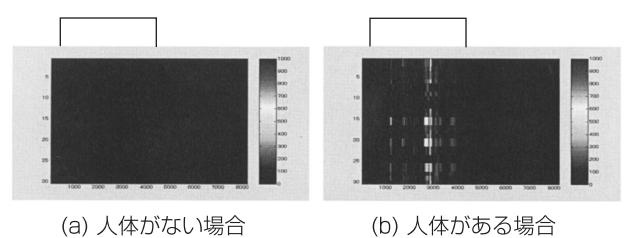


図4 TOIN PELICAN
(米国FEMA Nevada TF1訓練フィールド (2005.8.ラスベガス) にて、小柳栄次 (桐蔭横浜大学))



5. UWBレーダーによる人体検索

(横軸：距離、縦軸：時間、秋山いわき (湘南工科大学)、国際レスキューシステム研究機構)

6. ネットワーク情報収集

レスキュークリュニケータと呼ばれるネットワーク分散情報収集のためのマイクロサーバを開発している。場所変化に応じて無線ネットワークの通信経路を逐次最適化により張り替えるアドホックネットワーク機能を持ち、ホームネットワークが切断されても通信機能を維持することができる。また、RFIDタグを用いた安否情報の伝達や、飛行船を用いたサーバからの情報収集の研究、家庭内ロボットによる情報収集の研究も行っている。

これらのロボットによって収集された情報は、XML形式の統一通信プロトコルであるMISPによって、GGGD、KIWI+などのGISに統合される。

7. 実用化に向けて

レスキューロボットの実用化を図るために現場に近い状況での試験を繰り返し、改良を加えるとともに、ユーザとの共同開発が重要である。

図6に示すような実験用の倒壊家屋実験施設を開発した。これを活用して実験を繰り返し、操縦訓練を通じて問題点を洗い出すとともに、改良のための開発を重ねてきている。2004年10月23日に発生した新潟中越地震では、研究メンバー数名がIRS蒼竜2台を持って24日午後に現地入りしたが、その時点では車で入れる現場が無く、実践投入までには至らなかった。2005年8月には米国NISTの招きによりFEMA Nevada TF1のトレーニングサイトにてロボットのテストを兼ねたデモを行った(図3、4)。神戸市消防局、川崎市消防局、東京消防庁、国際緊急救援隊などともデモや意見交換を重ねている(図2)。

今後とも、実用化をめざして消防等との連携を進めていく計画である。



図6 倒壊家屋実験施設

(国際レスキューシステム研究機構
神戸ラボラトリー)

8. おわりに

大規模地震災害は我が国の国土の広い範囲に対して壊滅的なダメージを引き起こす。このような重大な問題に対しては、国を挙げた対策が必要であり、先端技術の適用は最も将来が期待される方策の一つである。米国における宇宙開発や軍事開発と同様、我が国の先端技術は災害対応に対して真っ先に試さるべきであり、それが継続的に行われる世の中の流れと制度を作らねばならない。

ロボットの分野では、阪神淡路大震災の時点で震災対応技術の研究を行っている人はほとんど皆無であったが、現在は国内学会における研究発表の6%程度をレスキュー・ロボット関連研究が占めるまでに成長してきている。この流れを途絶えさせず、継続することが、近い将来に予測されている大規模地震災害において、一人でも多くの人命を救うことにつながると考える。

●参考文献

- 1) 大都市大震災軽減化特別プロジェクト、
III 被害者救助等の災害対応戦略の最適化、
4. レスキュー・ロボット等次世代防災基盤技術の開発、
平成14、15、16年度成果報告書、特定非営利活動法人
国際レスキュー・システム研究機構、独立行政法人防災
科学技術研究所、文部科学省研究開発局、
2003、2004、2005

手術支援ロボット

土肥 健純 (どひ たけよし)

東京大学大学院 情報理工学系研究科 知能機械情報学専攻 教授

1977年東京大学工学系研究科博士課程を修了、同大学助教授、教授を経て、2001年より同大学大学院情報理工学系研究科教授となる。人間の生活と生命を支援する立場から、医療福祉工学の研究に従事。特に、情報・機械技術と臨床医学を融合し治療を支援する「コンピュータ外科」では、微細ロボットや画像処理技術による新治療システムを開発。ライフサポート学会、日本コンピュータ外科学会、日本ME学会などの理事を務める。

1. はじめに

従来の外科治療は、外科医自身の目と手による処置を基本に発展してきた。しかし、外科処置の基本が人間の手である以上、その処置にも限界がある。この限界を打破するには、外科医が夢見る新しい治療環境を実現する必要がある。この治療環境には、人間の能力を越える外科医用の新しい目と手が不可欠となる。新しい目としては様々な医用画像が重要で、新しい手としては手術支援ロボットが大きな役割をはたす。またこの画像なくして手術支援ロボットを有効に駆使することも困難である。この実現にはコンピュータ技術を駆使するため、この外科分野をコンピュータ外科(Computer Aided Surgery : 通称CAS)と呼んでいる(図1)¹⁾。

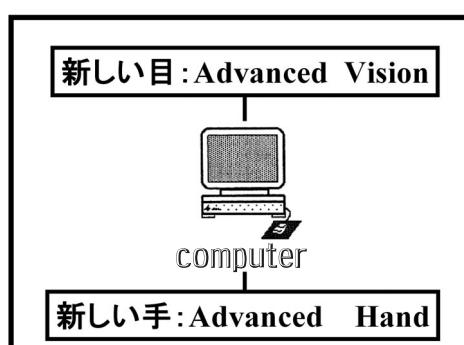


図1 コンピュータ外科 (Computer Aided Surgery)

2. 新外科治療環境実現の意義

新しい外科治療環境の実現は、新しい外科治療方法の開発を推進する。この新しい外科治療環境により、従来開頭や開腹など大がかりな外科的処置を必要とした疾患に対して、小さな切開あるいは切開無しといった患者に肉体的負担をかけない優しい治療が可能となる。すなわち低侵襲でありながら従来の治療と同等以上の治療成績を実現することができる。この低侵襲外科治療には、下記の効果が期待される。

1) 低侵襲外科治療の実現

- ① 手術という患者にとって大きな肉体的負担の軽減
- ② 入院期間短縮による患者の早期社会復帰（高齢者の寝たきりの回避、術後のリハビリ期間の短縮あるいは不要、医療費の低減など）
- ③ 無輸血手術の対象拡大による患者の輸血感染事故の減少
- ④ 医療スタッフの肉体的、精神的、及び時間的負担の軽減
- ⑤ 医療スタッフに対する肝炎やエイズなどの感染事故防止

また、コンピュータ外科の発展は、低侵襲外科治療の実現以外にも、下記の効果も期待されている。

2) 新治療環境の実現

- ① 従来治療が不可能または困難であった疾患の治療の実現
- ② 従来の手術よりも安全で正確な処置の実現
- ③ 離島や過疎地などに対する遠隔手術の実現

3) コンピュータによる手術シミュレーションの充実

- ① 適切な手術計画の実現
- ② 患者への適切なインフォームドコンセント
- ③ 医学教育や専門医教育の充実

3. 手術支援三次元画像

外科医の新しい手としての手術支援ロボットの機能を有効に発揮するには、外科医の新しい目としての三次元画像は重要で、その主な役割は以下の通りである。

- ① 術前のコンピュータグラフィックスによる三次元手術シミュレーション
 - ② シミュレーション結果による最適手術計画の決定
 - ③ 術中に術野と患部に関する様々な三次元情報を外科医に解り易く提供するナビゲーション機能
- 特に、画像の立体表示や三次元表示は、体内の様々

なサイズの術野を奥行き感を正確に持たせて術者に分かりやすく表示するのに重要な技術で、21世紀の外科治療には不可欠である。この三次元画像表示には大きく分けて下記の3種類がある。

1) 疑似三次元表示

基本的に二次元画像の表示で、陰をつけたりモデルを回転させたりすることで三次元的情報を観察者に与える。

2) 両眼立体視

左右の目の視差角を与える2画面により立体感を作る。なお、本方法は画像処理は容易だが、画像の長時間観察は眼性疲労を伴うため、TVゲームなどの様な不特定多数の人、特に子供が長時間見る装置としては健康上問題がある。

3) True 3-D 画像

本表示方法としては、Holography, Integral Photography (IP), IP技術に基づくVolume GraphおよびIntegral Videography (IV)（三次元フルカラー動画像）²⁾などがあり、実際の三次元空間に三次元画像を投影する。三次元実空間に投影される三次元画像を観察するため、観察形態が極めて生理的で、絶対的三次元位置の把握や長時間の観察には最も適している。

4. 外科医の新しい手

外科医の新しい手の代表は手術支援ロボットである。

4.1 手術支援ロボットの種類

医療分野のロボットとしては、医学や歯学分野における医療行為全般、それに付随する検査関係、院内作業関係、看護や介護等の行為、医学的研究、および医学教育用のものなどがある。その中でも外科手術を支援する手術支援ロボットには、大きく分けて下記の2種類がある。

1) 患部にアプローチするためのナビゲーション用

従来よりも遙かに小さな切開で患部に到達したり、外科医自身の手では直接到達できない患部にも安全確実に到達する機能が要求される。

2) 患部において治療作業を行う処置用

切開、切除、剥離、郭清、結紉、縫合、吻合などの処置を外科医の思い通りに遂行する機能が要求される。

4.2 医療ロボットの特徴と安全設計

工業用ロボットの安全性が、人とロボットの作業領域を分けることで実現されているのに対して、直

接治療にかかる手術支援ロボットは、下記の4点において工業用ロボットとは異なる。そのため、この分野への工業用ロボットの安易な応用は極めて危険である。

- ① 直接患者に接触する
- ② 作業内容が一律でなく常に変化する
- ③ 動作の試行錯誤ができない
- ④ ロボットの専門家でない人が使用する

なお、この種のロボットが問題を起こしたとき、問題を大きくしないよう術者が容易に対処できることが重要である。その方法としては下記の4種類が考えられる。

- ① 問題が生じた位置で停止(Freeze)
- ② 原点や事前に指定した位置に自動的に移動
- ③ 事前プログラムによる自動的な応急処置の後、安全な位置に自動あるいは手動で移動
- ④ 手動のみで適切な位置に移動

これらの実現のためには、誤動作等に対する安全対策を、ロボットの機械的機構と制御プログラムの両面から行う必要がある。

4.3 手術支援ロボットの設計思想

今、この世の中に電気洗濯機が存在せず、全て人手で行っていると仮定する。すなわち、洗濯とは「人が手で洗濯桶の中で洗剤を使用して手揉みで洗い、その後水洗いで洗剤を落として絞る行為」ということになる。そのような知識しかない状態で、洗濯ロボットを開発するとどうなるであろうか。おそらく、2本の腕の協調動作で人の洗濯動作を真似るものを作ると思われる。しかし、洗濯の目的が衣服に付いた汚れを落とすことを考えれば、人まねをする必要はない。そして、機械で行うのであればそれに適した設計となり、今世の中にある電気洗濯機となる。これと同じことが手術支援ロボットにも言える。特に、今まで進歩してきた外科の手術手技は、人間の高度な身体機能に基づいて開発してきたものであり、機械で行うのに困難な処置動作が多い。さらに、外科医の処置動作を真似ても、外科医の処置よりも良い結果を得るのが極めて困難である。そのため、手術支援ロボットは、外科医のように鍼やメスを持って医師の手術行為を真似るのではなく、下記の点を考慮して設計されなければならない。

- ① 目的とする処置を明確にし、その遂行に必要な機能を実現可能な機構で設計すること
- ② 機械的治療(操作)に適した機構であること
- ③ 現在の処置よりもよい治療成績が得られること

④ 外科医の従来の経験と知識が十二分に活かせること

5. 手術支援ロボット研究の現況

これまで、手術支援ロボットに関する多くの研究が行われてきたが、実用に耐えうる市販品としては、関節置換支援ロボット“ROBODOC”、心臓の冠動脈狭窄手術や血管縫合などを行うワイヤー駆動型マスタースレーブ方式のロボット“da Vinci™”、および内視鏡操作ロボット(Naviot™)がある。前2つは米国で開発された処置用ロボットで、後の Naviot™は日本で開発されたナビゲーション用ロボットである。

“ROBODOC”は、整形外科領域に特化したもので、人工股関節を大腿骨に埋め込む際に、ロボット技術で大腿骨内部を機械加工するため、かなり良い精度で骨に人工関節を埋め込むことが可能となっている³⁾。我が国では、大阪大学整形外科のグループがこのロボットを導入し、その有用性について検討を行っている。また、“da Vinci™”に関しては、心臓外科のみならず一般外科や泌尿器科など幅広い診療科で使用されており、我が国でいち早く導入した九州大学医学部のグループは、その有用性の評価を積極的に行っている⁴⁾。さらに、その経験を生かして、

“da Vinci™”などによる手術ロボットのトレーニングセンターとしての機能も担っている。

一方、我が国では市販品は Naviot™ 1機種のみであるが、欧米よりも遙かに実用性の高いものの研究が行われている。

1) 腹腔鏡操作ナビゲータ (Naviot™)

腹腔鏡ナビゲーションロボットとして、工業用ロボットを応用了した“AESOP”があり、欧米や我が国的一部において臨床的に使用されたが、現在は使用を中止している。一方、我が国では安全性、洗浄、滅菌及び操作性などを考慮したものが開発され“Naviot™”という商品名で市販されている。この腹腔鏡ロボットは、5節リンク機構、腹壁を貫通するトロッカを腹壁部で保持するボールジョイント部、駆動部、および操作部により構成されている(図2)⁵⁾。この方式の採用により、本ロボットは医療用ロボットの重要な条件のほとんどを満たしている。

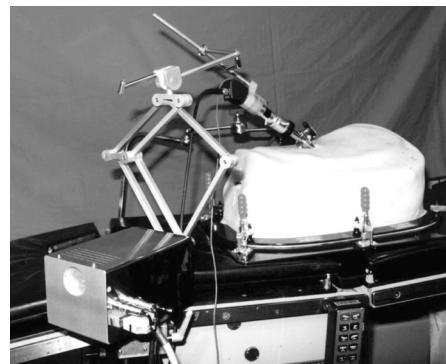
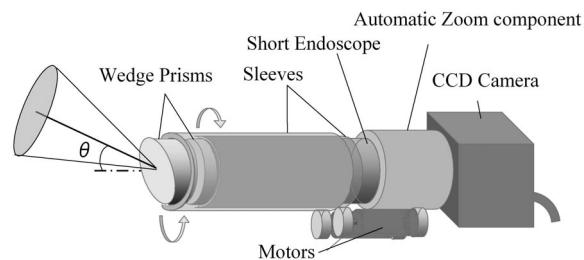


図2 腹腔鏡ナビゲータNaviot

2) ウェッジプリズム広視野内視鏡

最近では2枚のウェッジプリズムを用いて、内視鏡の筒の部分の回転により見る方向をえるものの開発も進められている(図3)⁶⁾。これは、内視鏡の筒先端部に設置した同じ角度のウェッジプリズムを独立に回転させることで視線方向(全方向0~20°連続可変)を決め、ズーム機構で画像の遠近を実現するものである。本ナビゲータは小型で一度セットしたら本体を動かす必要がないため、今後の応用が期待されている。



➡ simple and small mechanism

図3 広角可変視野内視鏡のシステム構成

3) 多関節リンク機構マニピュレータ

より低侵襲な腹腔鏡下外科手術の実現には、先端が自由自在に屈曲できるマニピュレータ鉗子の開発が必要である。その実現のために、マニピュレータ先端部に於いて上下左右それぞれ±90°の屈曲が可能で、かつ先端部に於いて、把持や電気凝固鉗子機構を有するものが開発されている(図4)⁷⁾。本マニピュレータは、駆動をワイヤーではなくリンク機構で行っているため、ワイヤー駆動方式よりもはるかに力のいる操作には適している。現在、直徑は11.5mmであるが、さらに細径化が進められている。なお、ワイヤー駆動では既に外径2.6mmのものが開発されている。

表1 我が国で研究されている主な手術支援ロボット

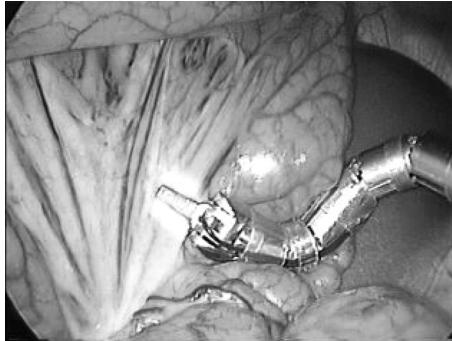


図4 多自由度屈曲型バイポーラ電気メス

- ・脳神経外科手術用ロボットシステム
- ・骨きりロボット
(機械的、レーザ、経皮的収束超音波など)
- ・オープンMRI下小型手術支援ロボット
- ・胎児手術用各種処置ロボット
- ・人工十字靭帯移植支援ロボット
- ・骨折修復ロボット
- ・骨髄採取ロボット
- ・追跡穿刺ロボット
- ・拍動下心臓手術支援ロボット
- ・遠隔手術用マイクロロボット
- ・細胞手術用マイクロロボット
- ・経尿道前立腺肥大切除ロボット

4) 脊椎手術用ナビゲータ (VECTLASERTM)

外科医の新しい目の1つとして、2台のレーザスキャナにより器具の挿入点及び挿入方向を直接術野に表示するシステムが“VECTLASERTM”として、大阪大学と日立製作所のグループにより開発されている。従来のシステムでは、術者が術野からコンピュータ画面上に視線を移動させてスクリュー挿入情報を得ていたため、手ブレや術部に対する注意力の低下が起こり、高い精度での挿入は困難であった。本ナビゲータの使用により、術野の3次元空間にある椎体や術具の位置・姿勢を直接視覚化することが可能となり、格段に手術の安全性を向上させることができた。既に臨床使用され、その高い有用性が確認されており、商品化も進められている。

その他にも、我が国では表1に示すようなロボットの開発が進んでいる。

6. 新外科治療環境の展望

コンピュータ外科における手術支援ロボットや多次元医用画像は、新外科治療環境開拓の主役である。この新外科治療環境の開拓により新たに開発すべき主要な外科分野として、胎児外科学および脳脊髄神経再建外科学（ニューロ・インフォマティクス）がある（図5）。

1) 胎児外科(Fetus surgery)

21世紀の胎児外科学では、胎児の段階で診断の付く先天性疾患に対して、胎児の段階で遺伝子治療、移植、外科的修復などの治療を母親の子宮内において低侵襲で外科的に行い、出産時には疾患有しない正常児として分娩させることを目指すものである。例えば脊髄膜瘤は、妊娠20～25週の胎児期に外科

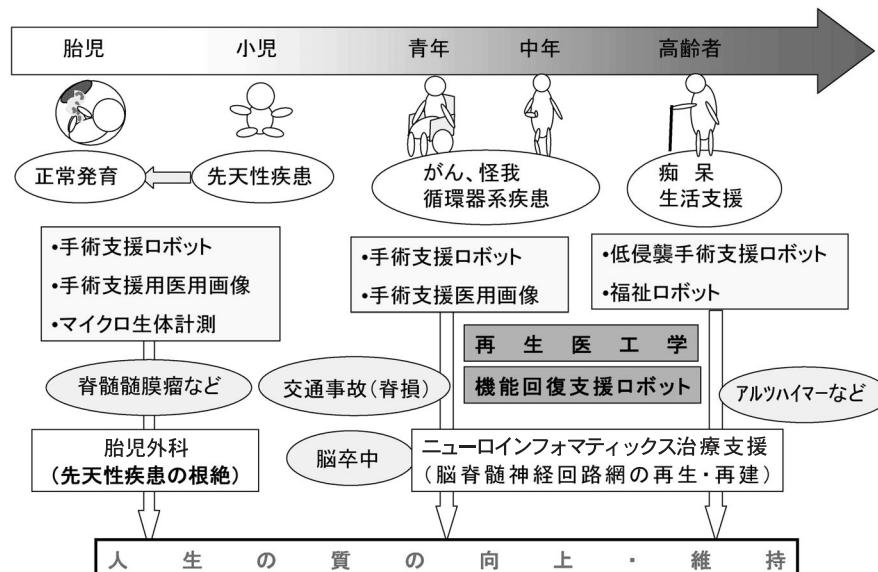


図5 人の一生を支援する医療・福祉ロボット

的治療を行えば、生後は通常の子供と変わらないが、その治療を行わないと一生車いす生活を強いられる。この差は本人のみならず、家族にとっても極めて大きい。このように、先天性疾患の多くは出産後では治療が困難であったり、福祉工学的に支援することも極めて困難である。従って、この胎児外科学の発展は、本人の一生はもとより、その家族の精神的、肉体的、経済的負担、さらには社会的負担をも大きく左右するものである。

2) 脳脊髄神経再建外科学 (Neuro-infomatics surgery)

従来再生しないとされていた脳神経細胞も、特殊な幹細胞の利用により再生や増殖も可能となり、死滅した脳細胞や脊髄神経の再生や移植も臨床の段階に近づいたといえる。すなわち、21世紀の脳脊髄神経再建外科学の目標は、再生医学、移植外科学、医用工学、およびコンピュータ外科学の技術を駆使して、失われた神経情報伝達回路網を再建し脳神経機能を回復させることである。この新分野の発展は、多くの脊髄損傷患者を車椅子から解放し、また、中高年に多い脳卒中患者の社会復帰率も飛躍的に向上させる。そのため、この臨床に直結した脳脊髄神経再建外科学、すなわちニューロインフォマティクスはその社会的意義が極めて大きいといえる。

7. 手術支援ロボットの将来

21世紀の外科学の発展のためにには、コンピュータ外科、特に治療成績を左右する手術支援ロボットの発展が不可欠であり、その発展は未来の「手術なき外科」の道を切り開くものとなる。特に、コンピュータ外科が外科医に新たに提供する第三の目と手は、新しい治療環境を作りだし、さらには新しい治療方法をも創出することとなる。そして、従来不満足であった手術成績を極めて高いレベルまで向上させることで、多くの人類の幸せに貢献するものと確信している。

●参考文献

- 1) Dohi Takeyoshi et al : Computer Aided Surgery System (CAS). International Symposium on Visualization in Biomedical Computing. IEEE.458,1990
- 2) 中島勸、ほか:3次元画像空間投影表示ディスプレイの開発、3次元画像コンファレンス'99講演論文集.49-54,1999
- 3) 西原俊作ほか: ROBODOCシステムを用いた大腿骨掘削の臨床的精度評価、第10回コンピュータ外科学会論文集. 77-78,2001
- 4) 木村和恵ほか: 内視鏡下手術支援装置da VinciTMを用いた食道癌に対する食道切除再建術、第10回コンピュータ外科学会論文集.75-76,2001
- 5) 小林英津子、ほか: 5節リンク式腹腔鏡ナビゲータシステム、第7回日本コンピュータ外科学会大会論文集.77. 1998
- 6) Etuko Kobayashi et al : A Wide-Angle View Endoscope System Using Wedge Prisms, Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention-MICCAI 2000.661-668,2000
- 7) 山下紘正ほか: 多自由度屈曲型バイポーラ電気メスマニピュレータ の開発、第14回コンピュータ外科学会論文集. 141-142,2005

人間と自然に関わるロボットの研究開発

11月下旬、紅葉が美しい大阪大学吹田キャンパスに石黒浩先生をお訪ねしました。石黒先生は、大阪大学大学院工学研究科 知能・機能創成工学専攻の教授で、ATR知能ロボティクス研究所の客員室長でもいらっしゃいます。人間とのコミュニケーションを重視する、アンドロイド（人間に酷似したロボット）の研究についてお話を伺いました。

【センター】こちらは、知能・機能創成工学専攻に所属する研究室とお聞きしました。その位置づけなどについてお聞かせいただけますか。

【石黒教授】知能・機能創成工学専攻は、平成9年度に大学院重点化改革の一環として新設されました。工学研究を発展させるためには、常に異分野との融合を図っていくことが重要であるとの考え方から、ここでは、機械、材料、制御などの専門分野を基盤に、それらを融合させた新しい研究に取り組んでいます。これから工学を作るための専攻であるとも言えます。例えば、私の研究室で言えば、単なる材料や制御の研究ではなく、それらの研究成果をロボットを出口にまとめあげていくことになります。

教育面では、ここでは企業の製品開発に直接、学生が参加する方法をとり、これをPBL（Project Based Learning）と呼んでいます。PBLでは、企業から新しいテーマをいただき、学生2～3名に企業の人と教官という小規模なフォーメーションでプロジェクトを遂行します。学生は製品開発のための研究を行うだけでなく、同時に製品開発に関わる一連の企業活動を体験できるので、大変有意義だと思っています。一番難しいのはテーマ選びです。いろ

いろなご提案をいただきますので、2～3ヶ月かけてじっくり行います。

【センター】こちらではロボット研究を行っておられますか、生活場面における「ロボット」とはどのような存在とお考えでしょうか。

【石黒先生】日常生活におけるロボットとは情報メディアだと考えています。特に、子どもでも高齢者でも使うことが出来る人間型ロボットの最も大きな役割は人間とのコミュニケーションだと思います。

インターネットの世界では高速で大量に情報を配信できるようになりましたし、映像を映し出す画面は美しくなり、パソコンは多くの機能を備えています。一方で、人間との接点であるインターフェースはあまり進化していないと感じます。このような中で、人間型ロボットが人間同士の関わり合いと同じように人間とコミュニケーションをとれれば、その人個人の特性や置かれた状況に適応して情報面から人間の活動を支援することができるでしょう。生活場面におけるロボットの役割は特定の仕事を果たす存在から、コミュニケーションを担う存在へと変わっていくべきだと思います（図1）。これまでの口

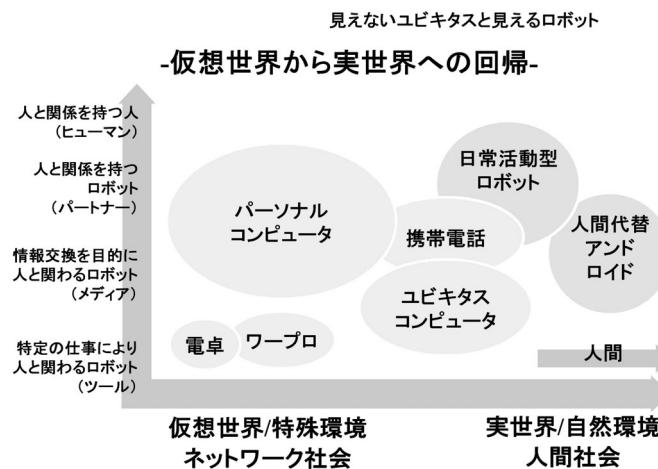


図1 コンピュータからロボットメディアへ

ボット研究はロボットを動かすしくみの研究を中心でしたが、私たちは人間と自然に関わり、コミュニケーションをとる新しいロボットの研究に取り組んでいます。

【センター】こちらでは人間型のロボットの中でも、アンドロイド（人間に酷似したロボット）を開発されています。アンドロイド開発のきっかけをお聞かせ下さい。

【石黒先生】アンドロイドの開発を始めたのは、人間とコミュニケーションを行うロボットの場合、見かけと動作が大変重要になるからです。

ロボットの動作については、これまでさまざまな研究が行われてきました。私も人間型ロボット（Robovie）の開発などを通して、ロボットの動作がコミュニケーションに与える影響について研究を行ってきました（図2）。研究を行う中で、コミュニケーションにおいては動作だけでなく、見かけが大きく影響していることに気づかされました。ぱっと見た最初に違和感があっては自然なコミュニケーションは生まれません。そこで、この見かけと動作の両方の問題に取り組むために、人間と酷似したロボット、すなわちアンドロイドを開発しました。



図2 Robovie

【センター】こちらで開発されたアンドロイドについてお聞かせ下さい。

【石黒先生】最初に開発したアンドロイドは4歳の子どものアンドロイドです。主に姿形の酷似性を追

求して開発しました。アンドロイドは実在の人間をもとに型をとって作ります。実際にアンドロイドに触れていただくと分かりますが、皮膚には見た目だけでなく触ったときの感触も人間に近くなるような素材を使っています。

次に開発したのが成人型のアンドロイドです（図3）。成人型では姿形に加えて、呼吸による胸や肩の動き、瞬きといった人間の無意識の動作を再現しています。目や口の動きによって人間らしい表情も作ることができます。上半身には皮膚センサを埋め込んでいます。人間とロボットが共存する生活ではロボットが人間にぶつかったときの安全性が問題になります。柔らかい皮膚にすることで安全性が増しますし、さらに皮膚センサによって、すぐにロボットを停止させることができます。



図3 成人型アンドロイド

アンドロイドをより人間らしくすると言っても切りがありません。いったいどこまで近づければ良いのかということになります。1つの目安は「不気味の谷」の存在です（図4）。不気味の谷とは、横軸にロボットが人間にどのくらい似ているかの尺度を、縦軸に親近感をとると、最初のうちはロボットが人間に似れば似るほど親近感が増していくますが、かなり人間に近づいたところで急に親近感が負になる現象を言います。アンドロイドの見かけや動作も人間らしさが不完全だと、不気味の谷に陥ってしまいます。この不気味の谷をどう乗り越えるかが課題です。このためには、人間とロボットとの関係を考えるだけでなく、人間同士のコミュニケーションの原理について無意識の段階までさかのぼって解明しなければなりません。

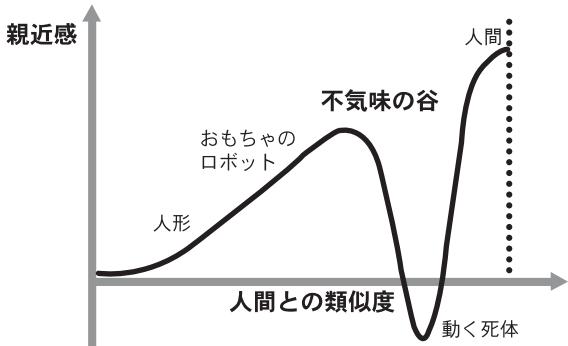


図4 不気味の谷

成人型のアンドロイドを用いて、ぱっと見てアンドロイドであることに気づくかどうかという実験を行ったことがあります。結果は2秒間では70%の人が気づきませんでした。また意識としてはアンドロイドであると気づいても、無意識ではあたかも人間にしているかのように振る舞ってしまうことも分かりました。例えば、アンドロイドと対面していて考え方をするとき、アンドロイドから視線をそらすような現象です。人間に 대해서はこのようなことがあります、物に対しては起こらない現象です。

最近は脳科学の先生方とも一緒に研究を行っていますが、人間の複雑さには際限がないですね。アンドロイドの研究には、人間そのものの研究が欠かせません。

【センター】先ほどのお話しで成人型のアンドロイドには皮膚センサが埋め込まれているとのことでしたが、知覚能力についてお教え下さい。

【石黒先生】見かけと動作に加えて、知覚能力も人間に近づけたいと考えていますが、ロボットに搭載することだけを考えると限界があります。ロボット上のセンサだけでなく、周りの環境や設備にもセンサシステムを設置する必要があります。全方位カメラや床センサ、赤外線センサなどを周囲の環境や設備に設置し、人間の動きや声などを捉え、ネットワークでロボットと連動させます。ロボットが人間と自然に関わるために、周囲の物や環境、人間の情報を豊富に与えることが大前提です。このようなシステムにすると、ロボット本体に搭載する場合に比べて遙かに正確に安定した情報を得ることができます。

唯一、ロボットに搭載すべきセンサは、皮膚センサです。皮膚センサは人間らしさの表現だけでなく安全性からも必要不可欠です。



石黒浩先生と成人型アンドロイド

【センター】最後にアンドロイドの実用化など、将来の展望についてお聞かせ下さい。

【石黒先生】人間型ロボットを使って、小学校や科学館で長期実験（実証実験）を行っています。小学校では、ロボットは、子どもたちと接するうちに子ども同士の人間関係を理解しソーシャルグラムを作ることができました。科学館ではロボットは一人一人の子どもの好みやこれまで見てきた展示の情報からその子どもに合った次の展示を選んで案内しています。

私たちが行っているのは基礎研究ですので、実用化はまた別の段階になると思いますが、近い将来で考えれば、アンドロイドはこうした人間らしさを必要とするサービスで利用されていくと思います。

さらにその先、少子高齢社会で日常的に人間とロボットが共存する生活を想像してみて下さい。機械のロボットばかりだったらどうでしょうか。インターフェースとしてのロボットは、違和感なくコミュニケーションがとれる存在であって欲しい。ここにアンドロイドの利用価値があるのではないでしょうか。

【センター】今日は大変勉強になりました。人間とロボットが共存する生活は、近い未来のことかもしれません。人間のさまざまな情報をセンサで捉えてロボットに伝えるという知覚情報基盤の研究では、人間生活工学で解決すべき課題もあるように感じました。どうか今後ともよろしくご指導のほど、お願い申し上げます。

人間生活工学研究センター 2005年度の事業概要

人間生活工学とは、ものづくりの視点を人間（ユーザ）に置き、人間（ユーザ）とその生活の特性を的確にものづくりに反映させるための考え方と技術です。（社）人間生活工学研究センターは1991年の設立以来、生活関連を中心とした我が国産業の振興を図り、国民生活の向上に寄与することを目的に、関係する産学官機関と連携しつつ、「人間生活工学」に関する研究開発、調査、データ提供等、さまざまな活動を行っています。

近年、人にやさしいものづくりへの関心の高まりとともに、当センターに対しても製品開発における具体的な課題解決への支援や組織内の人づくりへの支援なども求められるようになってきました。技術支援（ユーザテストの支援・実施、使用実態調査等）や人材育成（講座提供、講師派遣、教材制作等）については今後も広く取り組んでいく予定です。

今年度、当センターで実施中の事業について概要をご紹介します。

【人間生活工学に関する研究開発】

■人間特性基盤整備事業(2004年度からの継続事業) 経済産業省委託事業

人間の特性を踏まえた製品等の開発・設計には、人体寸法を始めとする人間特性に関する基盤が必要です。本事業では、(1) 7000人規模での手計測による人体寸法計測及び3次元計測器での人体形状計測、(2) 人体形状データから人体寸法を自動的に算出するシステムの開発を行っています。2004年10月から近畿圏において計測を開始し、2005年9月20日からは首都圏で計測を継続しています(図1)。

■石油プラント保守・点検作業支援システムの開発
(2004年度からの継続事業) 経済産業省委託事業
団塊の世代が大量に退職する2007年問題の技術・技能伝承と、産業事故の未然防止への要請が高まる中、特に石油精製プラントでは保守・点検作業の熟練作業者の技能伝承と質的向上が大きな課題となっています。そこで、防爆型のカメラ等の支援デバイスの開発、映像等の作業情報の人間工学的手法に基づく解析を行い、熟練作業者のノウハウ等を新人等の教育に活用するシステムの開発を行っています(図2)。この事業は東洋エンジニアリング(株)と連携して取り組んでいます。

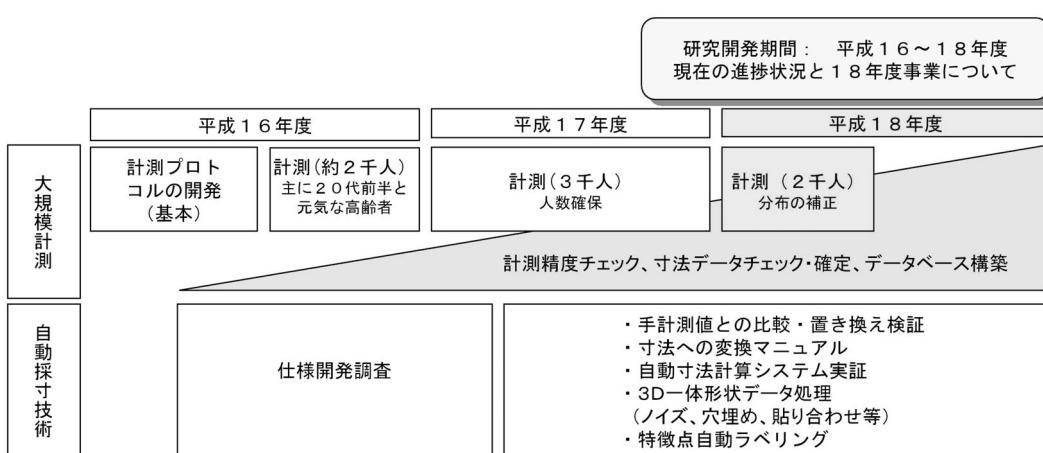


図1 人間特性基盤整備事業スケジュール

作業者情報蓄積に基づいた作業支援技術 → 日常作業の知識化

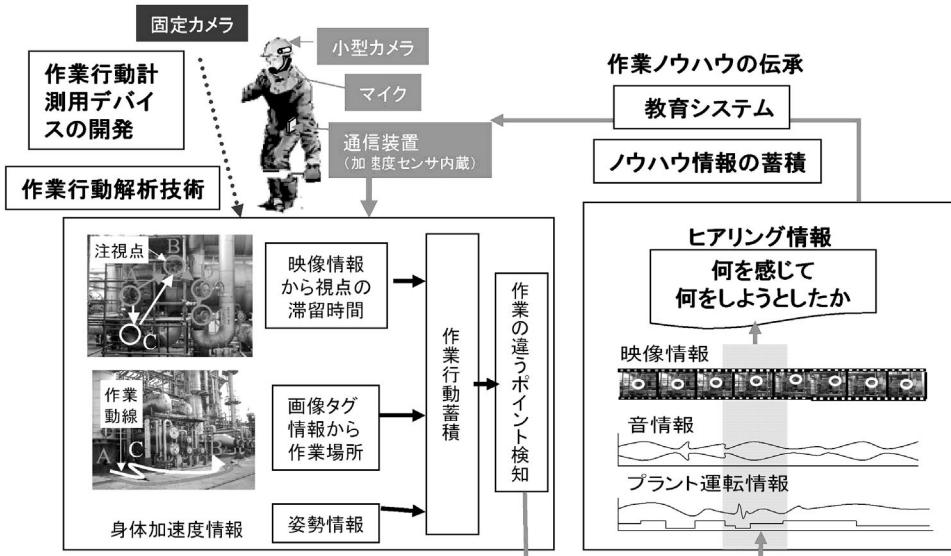


図2 「石油プラント保守・点検作業支援システムの開発」
の開発技術のコンセプト

■金属光造形複合加工技術の高度化による革新的 金型製造法の研究開発(2004年度からの継続事業) (独)中小企業基盤整備機構委託事業

我が国の金型生産は中国等での低コスト化生産に追われ大きな打撃を受けています。金型産業の活性化のためには、短納期・低コストを目指した金型製造工法の革新が求められます。そこで、本事業では、金属光造形複合加工技術を高度化することによって革新的な金型製造工法を開発し、金型産業の活性化とユーザビリティの高い製品の普及に役立つ技術の開発を目指しています。

■高齢者のIT特性に関するデータベースの構築と 類別化(2004年度からの継続事業)文部科学省科学 研究費補助金

高齢者が無理なく使いこなせるIT機器の設計指針作りに向けて、高齢者がIT機器を使用する時の入力機器の認知的特性や使いやすさに関する様々な問題点について、メンタルモデルや認知的エラーといった実験データに基づき、データベースを構築し、類型化についての研究を行います。この事業は文部科学省科学研究費補助金(特定領域研究)「障害者・高齢者のコミュニケーション機能に関する基礎的研究」の加齢班の中で、立命館大学の研究協力者として実施しています。

【人間生活工学に関する調査】

■子どもの身体特性に基づく機械製品の安全対策設計指針に関する調査研究(2005年度) (社)日本機械工業連合会委託事業

子どもの公共空間等における重大事故が社会的な問題となっているため、本事業では、(1)機械製品による子どもの事故及び事故対策の現状調査、(2)機械製品における子どもの安全対策に必要な身体特性データの抽出と許容値の算出、(3)設計指針の作成を目的とした調査研究を実施中です。本調査研究の一環として、保育園にて、乳幼児約150名の機械製品に係わる身体寸法の計測を実施しました。

■産学官連携研究会

産学官が連携して中期的な研究開発課題の探索・設定を行い、研究開発プロジェクト等の提案・立ち上げに向けたセミナーや先導的調査研究を行います。今年度は(1)デジタルヒューマン技術協議会(継続)、(2)衣服圧研究会(新規)、(3)人間生活技術戦略連携研究会(新規)を開催・運営しています。すべて年度内に終了の予定です。

【人間生活工学に関する技術支援】

■コンサルティング

会員企業等の人にやさしいものづくりを支援するためコンサルティング事業を行っています。当センターがこれまでに実施してきた委託事業の成果や保有するデータベースを活用し、各企業の個別の要望に応じて、人間特性計測、ユーザ実使用評価などを実施しています。今年度上半期で14件の依頼がありました。

■データの提供

当センターの保有する人体寸法データベース、運動行動データベースから、各企業等の目的に合ったデータを抽出し、提供しています。ご要望に応じて統計処理などの加工も行います。今年度上半期で243件の提供を行っています。

■書籍の提供

人間特性データに係わる書籍の提供を行っています。主な書籍は以下の通りです。今年度はこれまでに67件の提供を行っています。

- ・日本人の人体計測データ（CD-R版）
- ・成人女子の人体計測データ（JIS L 4005 1997）
- ・成人男子の人体計測データ（JIS L 4004 1996）
- ・視覚機能計測結果報告書
- ・高齢者の「困っていること」事例収集報告書

【人間生活工学に関する人材育成】

■講座「人間生活工学」の開催

「人にやさしいものづくり」を実践できる人材の育成を支援するため、企業等で実際のものづくりに携わる方々などを対象とする集合研修型の研修講座を開催しています。人間特性の基礎知識から製品開発応用までそれぞれ領域の第一人者からなる講師陣のご協力のもと、毎回充実したカリキュラムで開講しています。11月末現在で15講座を開催し、延べ249人が参加しました。年度内に統合講座をさらに2講座開催する予定です。

■講師派遣（オリジナルセミナー）

「人にやさしいものづくり」を実践できる人材の育成を支援し、さらに組織としての取り組みを促進するため、企業、事業所等、組織単位のオリジナル研修の開催をお手伝いしています。参加者に合わせた研修のコーディネイトや講師派遣等を行います。

今年度は「人間生活工学を活用した新たな製品開発」など3件のオリジナル研修を実施しています。

■教材の出版

平成16年度経済産業省委託 高度専門人材育成事業（人にやさしいものづくり人材育成事業）において開発・制作された教材を自費出版し、11月より広く提供することとなりました。

- ・ビデオ映像教材（DVDにて提供）全4巻入り
- ・パワーポイントスライド教材（CDにて提供）全8タイトル入り

人体寸法データベースの活用（1）

人体寸法データの読みこなし方

畠中 順子 (はたけなか のぶこ)
 (社)人間生活工学研究センター ユーザビリティサポート部 主査

大阪大学工学部環境工学科卒業、メーカー勤務を経て、1999年に社団法人人間生活工学研究センター入所。
 企業等のものづくりをサポートする部門にて、人間生活工学を活用した人と暮らしを見つめるものづくりの普及・推進と
 そのための技術支援を行っている。

製品設計を行う場合、人間の特性を正しく理解して製品に反映することが欠かせない。今回の
 シリーズでは、様々な人間特性の中でも最もデータが整備され、また、製品設計の基本とも言える
 人体寸法データについて、いくつかの活用事例を紹介しながら分かりやすく解説する。

1. 人体寸法

人体寸法とは、人間のからだの各部分の長さや周囲長、皮下脂肪厚、体重など体型を表す計測量のことと、一般にマルチン式計測法とよばれる計測手法により計測される。これは、人類学者のマルチン氏により提案されたもので、人体表面に一意に定義できる解剖学的特徴点をベースに、大きなノギスのような道具（アントロポメータ、滑動計など）や巻尺などを用いて（図1）計測する方法である。マルチン式計測法における計測項目名と計測部位は、国際的に標準化されている（ISO7250,JIS Z 8500）。また、計測により得られたデータの記載の仕方や年

齢区分法、統計処理法なども国際標準化されている（ISO15535）。

人体寸法データベースは、被験者数、計測対象年齢層、寸法項目数、計測年などが異なるセットがいくつか公開（有償、無償のものがある）されている。その中の1つである（社）人間生活工学研究センター（以下、HQL）が1992～1994年に計測した、日本人の人体計測データベースは、日本全国の7歳以上90歳代に至る男女約34,000人を対象に、一人あたり178項目（男性は176項目）の身体各部の寸法を計測したものである。

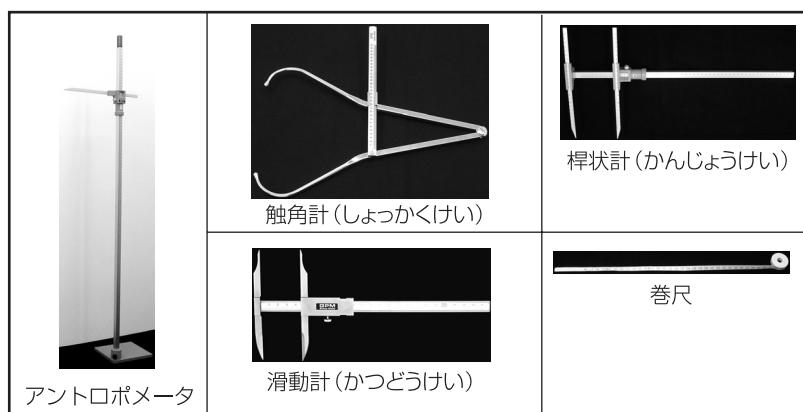


図1 マルチン式計測器

2. データの読み方

HQLが発行している電子ブック『日本人の人体計測データ』においては、性別、年齢別に全項目のデータを統計解析した結果を掲載している（図2）。

データを読む際には、はじめに、計測項目・計測

定義・計測器具・計測方法などを確認することが重要である。例えば「肩幅」という項目は、一般的に巻き尺を使って左右の肩の幅を体の表面に沿って計測しているイメージがあるが、HQLの人体計測データベースにおいては、桿状計を使って左右の上肢の

水平最大幅を直線距離で測っている。このように、計測方法が違うとおのずと得られる結果も異なってくるため、項目と結果だけを見ていると、データの解釈を間違えてしまうおそれがある。

次に、この『日本人の人体計測データ』について

簡単に説明を行う。（なお、実際に製品設計に活用する時には、その活用目的に応じて、性別、年齢階層、居住地等の属性条件を設定し、必要なデータを抽出し、その後さまざまな統計解析を行われることが多い。）

身長 男性							単位 mm				
年齢	人数	平均値	標準偏差	最小値	最大値	パーセンタイル値					
						5%	25%	50%	75%	95%	
7	218	○○	○○	○○	○○	○○	○○	○○	○○	○○	
8	268	○○	○○	○○	○○	○○	○○	○○	○○	○○	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	

計測定義：床面から頭頂点までの垂直距離
 計測器具：スライディングスケール
 計測方法：位置検出面を上部から降ろし、頭頂点に当るように測る。
 脊柱が計測器の柱部に触れないように注意する。
 姿勢に気をつける。頭髪の浮きを除いて測る。

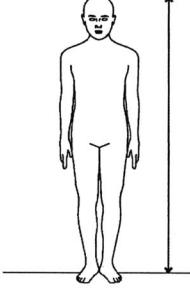


図2 『日本人の人体計測データ』における記載例

①年齢：年齢区分の考え方には、満年齢方式と年齢十進方式の2通りがある。満年齢方式では、○歳の誕生日から次の誕生日の前の日までの人を○歳、とするが、年齢十進方式では、年齢を四捨五入している。7歳の例を表1に示す。

表1 年齢区分方式別の7歳の定義

満年齢	7.0歳以上 8.0歳未満の人
年齢十進	6.5歳以上 7.5歳未満の人

年齢別のデータを見る場合には、どちらの方式で年齢区分がなされているか、確認が必要である。特に発育盛りの年少者のデータは、どちらの方式で年齢を区分するかで、統計値が大きく異なる。『日本人の人体計測データ』では、JIS衣料サイズ規格のデータ解析方法に合わせて年齢十進を用いている。

②平均値 (μ 、 x) : 個人のデータの合計値 ÷ 人数
 ③標準偏差 (σ 、 s) : 分散は、各個人のデータが

平均値からどの程度が離れているか、その距離を二乗した平均値である。標準偏差は、分散の平方根である。平均値 $\pm 1\sigma$ に全員の約70%が、 $\pm 2\sigma$ に約94%の人が含まれるという統計的性質がある。

④パーセンタイル値 : 5%タイル値、10%タイル値などと表される。5%タイル値とは、大小順に並び替えた100人のデータの小さい方から5人目の値を示し、10%タイル値とは10人目の値を示す。N%に相当する人がN人目とN+1人目の間にあるときは、この2人の平均値となる。50%タイル値は、中央値（データを大小順に並べたときの、真ん中の人の値）と同じである。5%タイル値と95%タイル値は、データ分布の両端5%の人を除いた90%の人の存在範囲を示すことになる。

3. 人体寸法データを活用した製品事例

人体寸法を製品設計に活用するもっとも直接的な方法は、数値そのものを製品に表現することであろ

う。ここでは、その例として、株式会社七彩の平均的人体寸法ダミーを紹介する。

平均的人体寸法ダミーは、20代男女、40代女性、70代女性の4体が作られている（図3）。これらは、HQLの人体計測データベースから求めた各年代の120強の項目の平均値と、計測していない部位を表現するための解剖学的知識、そして見た感じの自然な美しさ、の3つの要素を加味して立像化されたものである。ダミーの表面には、特徴点の印がつけられており、その印を使って寸法を計測すると、データベース通りの平均値が読み取れるほど、精緻に作られている。いわば、平均的人体のものさし、と言ってもいいだろう。これらのダミーと、派生して作られたヌードボディは、アパレル分野を中心に、製品設計のツールとして広く活用されている。

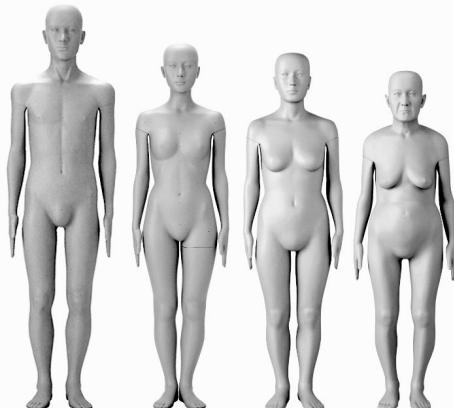


図3 平均的人体寸法ダミー
(左から20代男女、40代女性、70代女性)

4. 人体寸法データを活用したJIS

JIS（日本工業規格）とは、我が国の工業標準化の促進を目的とする工業標準化法（昭和24年）に基づき制定される国家規格である。なお、規格は法律とは異なるので、製品設計においてJISに準拠するかどうかは任意である。

さまざまなJISの中には、人体寸法データを活用して生まれるものもある。ここでは一例としてJIS L 4004（成人男子用衣料のサイズ）、JIS L 4005（成人女子用衣料のサイズ）について紹介する。

これらは成人男子（女子）用の既製衣料品（和服及び和装品を除く。）のサイズ（全体としての大きさ）及び表示方法について規定されたものである。

具体的にはJIS L 4004、JIS L 4005規格票に示されるように、既製衣料品のサイズを、服種及び着用区分ごとに決められたサイズの表し方によって、基本身体寸法及び特定衣料寸法を表示する。サイズの表し方は、体型区分表示、単数表示、範囲表示の3種類ある。例えば、男子の上衣類でフィット性を必要とするものは、体型区分表示によって、チェスト、ウエスト、身長の順に表示する。

最新のJIS L 4004、JIS L 4005は、HQLの人体計測データベースを基に改正されている。解析に用いられたデータ数は、L4004の場合、18～79歳までの男子12,686人分で、L4005の場合、16～79歳までの女子11,069人であった。これだけ幅広い年齢のデータを使用して作られた規格であるため、規格がカバーできる日本人の割合は、以前のものと比べて增加了。

なお実際の衣料品製作においては、ターゲット年齢を絞った衣料品を設計することが多いため、規格に書かれた値でそのまま設計をすると、ある部位はユーザに合うが別の部位は合わない、といった現象が起こることがある。より精度の高いアパレル設計を行うためには、JISを参考にするだけでなく、人体寸法データも参照してユーザの体格について把握した方がよい。

次回は、人体寸法データを設計値に活用した事例を紹介する。

●参考文献

- (社)人間生活工学研究センター編：ワークショップ人間生活工学 第2巻人間特性の理解と製品展開、丸善、2005
- (社)人間生活工学研究センター編：人間生活工学商品開発実践ガイド、日本出版サービス、2002
- (社)人間生活工学研究センター：日本人の人体計測データ、1997
- (財)日本規格協会：JIS L 4004 成人男子用衣料のサイズ、2001
- (財)日本規格協会：JIS L 4005 成人女子用衣料のサイズ、2001
- 日本工業標準調査会：<http://www.jisc.go.jp/index.html>

匠の技とデザイン力と人間工学 (ERGOペーパーナイフのデザイン研究)

大久保 裕生 (おおくぼ ひろお)
福井県工業技術センター 情報・デザイン部 主任研究員

主な研究活動：1983年モアレ法による顔測定と眼鏡枠設計用基礎データの研究、1991年視覚障害者誘導システムの提案で第5回国際デザインコンペティション金賞受賞、同年ノーマライゼーションデザインの研究活動で毎日デザイン賞91ノミネート、1992年より3次元CAD、NC技術、立体計測、光造形技術とロストワックス鋳造技術を統合したプロダクトデザインインテグレートシステムの研究、プロダクト製品とユニバーサルデザインの研究など、日本デザイン学会会員

1. はじめに

福井県のほぼ真ん中に位置する、越前市（旧武生市）は万葉集に詠われている古い町で、この町を中心には丹南と呼ばれる地区に、1500年の歴史がある越前和紙、日本10大古窯の一つの越前焼、700年の歴史のある越前打刃物、越前漆器などの伝統産業が集積しています。また、全国の80%近い生産を誇る、眼鏡産業もこの地区にあります。

今回、協働でデザイン開発を進めることになった、タケナナイフビレッジ協同組合は、越前市の玄関口JR武生駅から車で15分ほどのところにあります。緑豊かな田園と山裾に溶け込む共同工房は、異能の建築家毛綱毅曠氏の設計によるもので、「伝統と革新の融合」の意志の象徴にも思えます。また、タケナナイフビレッジブランドともいるべき商品群は、名古屋市立大学教授でプロダクトデザイナーの川崎和男氏の手によるもので、その革新性と先見性は、20年を経た今も、グッドデザインロングライフ商品として、多くの人に愛用されています。このタケナナイフビレッジブランドを10人の打刃物職人が、700年間続く、越前打刃物の伝統技を今に引き継ぎ、支え続けています。

しかし、海外からの安価な商品や、競合するメーカーの商品に対抗するには、ブランド商品群に頼るだけでなく、新たな商品アイテムを増やして、お客様の購買欲を高めていきたい。このような依頼が3年ほど前にタケナナイフビレッジ協同組合からありました。私が所属する職場は工業製品の試験研究や

調査分析・解析、材料開発などが主な仕事で、私たちのデザイン研究セクションもいわゆる、民間デザイナーと異なり、客観的、帰納法的なデザイン研究を求められています。しかし、商品の魅力は数値やデータなどで推し量れるものではなく、ヒラメキ、トキメキ、キラメキのデザイナー3大感性を心の奥深く沈殿するのに慣れた、著者のようなデザイン研究者には、商品化研究は荷が重いかと思案しました。ともあれ、地場産業に微力ながら貢献することが、公的デザイナーの使命でもあるので、タケナナイフビレッジのスタッフと、開発プロジェクトチームを組むことを条件に、二つ返事でオファーを快諾した次第です。

2. デザイン力と人間工学

公的機関のデザイン研究者には、売れっ子デザイナーの感性を望むことはできないし、求められてもいないが、人間工学的切り口で帰納法的に製品をかたちづける、そして、使いやすさとコスト研究と造形をリンクさせ、残された僅かなスペースに美的感性を滲ませる。結果として独創的で上質な製品イメージになればOK。大雑把にいえばこのような手法でデザイン研究、商品開発を進めました。

私の自己紹介欄にもありますが、3次元CADとロストワックス鋳造技術は20年来、光造形は十数年来、そしてこれらを統合したデザイン支援システムの研究は、比較的早くから、取り組んでいました。これらのシステムを使ったデザイン研究計画

の立ち上がりもスムーズに進みました。

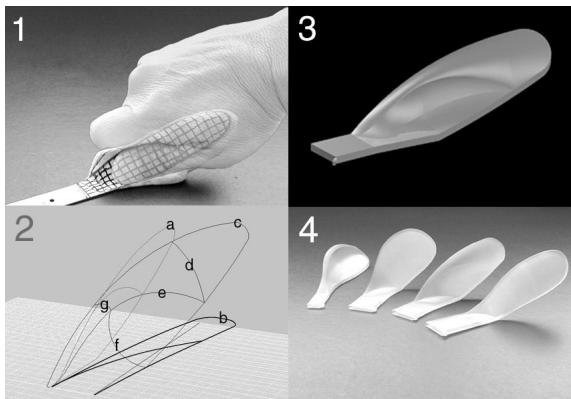


図1 人間工学解析によるグリップ

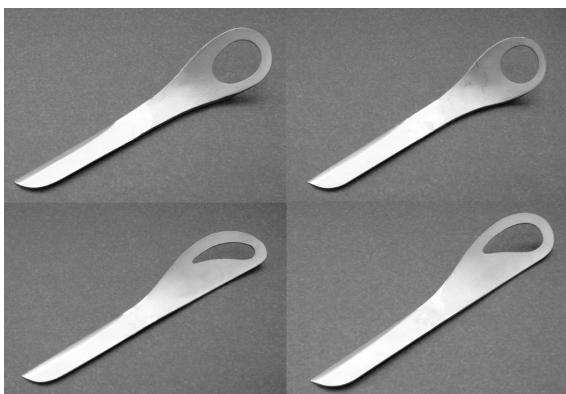


写真1 ERGOペーパーナイフ1次試作案

平成14年度から始まった、3ヶ年の研究テーマは人間工学手法を使って、キッチンナイフのグリップをデザインするというのですが、手始めにペーパーナイフのデザイン研究を手掛けました。細部に拘るよりも、全体構図からディテールに取り組むのはデザインの世界でも同じで、まず、デザインコンセプトを立てることから始めました。そしてモニターアンケートから、次のようなペーパーナイフの姿が見えてきました。

・机の上に置いて使うとき、平らなペーパーナイフって掴みにくい。それに封筒を開けるときとか、失敗した用紙をメモ紙に切り分けるときにも、平らなペーパーナイフって使いにくい。
というようなものでした。

このような思いから見えてくるのは、刃の部分と持ち手が、はっきり区別できるようなデザインのペーパーナイフです。そこでプロジェクトチームが立てたコンセプトは、レターオープナーやペーパーナイフとして使うとき、手にストレスを与えない、3次元グリップのペーパーナイフというものです。

図1はレターオープナーやペーパーナイフとして使うときの手指の自然な掴み方を50サンプルで調査したときの、解析フローを写真でまとめた図です。1は幼児用粘土を使って、自然な掴み方の状態を調査したときのものです。2は非接触式のレーザ測定機で、掴み方を型取りした、粘土の形を測定し、グリップ部の主要な部分の曲線を3DCADで求めました。また3、4はCADでモデリングしたグリップ部を光造形で出力したものです。写真1はこのような解析結果から得た幾種類ものグリップ形状を、ロストワックス鋳造で成形し、刃先と溶接した1次試作案です。写真2は鍛造で成形した最終案です。このデザインはコスト研究と、手にストレスを与えない自然な握りの研究結果です。これは現在、500個限定で、タケフナイフビレッジで販売しています。また、左手用は商品の売れ行きを見ながら、随時、生産する予定です。

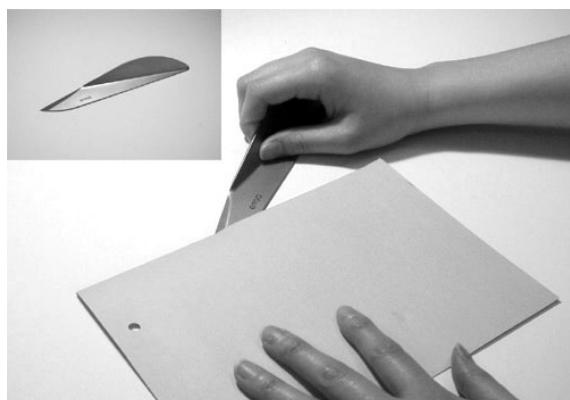


写真2 ERGOペーパーナイフ最終案

3. あとがき

キッチンナイフのデザイン研究を紹介するには、紙面が限られているので、記載することは叶いませんでした。まとめた報告は、福井県工業技術センター研究報告書平成14年度～16年度をご覧ください。

福井県工業技術センター

TEL : 0776-55-0664

■第2回石油プラント保守・点検作業支援システムの開発シンポジウムを開催します。

東洋エンジニアリング（株）と人間生活工学研究センターは、平成16年度より経済産業省からの委託事業として「石油プラント保守・点検作業システムの開発」を実施しています。このたび2年度目の終了を前に本事業の技術開発成果を発表するシンポジウムを開催することとなりました。特別講演は、東京農工大学の森和夫教授による「知識・技術・技能伝承への挑戦—その困難さと解決への指針—」を予定しています。

日時：2006年2月28日（火）

場所：きゅりあん1階小ホール（東京都品川区）

詳しくは研究開発部までお問い合わせ下さい。

（TEL：06-6221-1651 E-mail：sekiyu@hql.jp）

■運転行動データ提供開始のお知らせ

人間生活工学研究センターでは、平成11年～15年にかけて（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）からの委託を受けて実施した「人間行動適合型生活環境創出システム技術」プロジェクトの一環として収集したデータを運転行動データベースとして整備し、このほど提供を始めました。

このデータベースは、自然な状態での運転行動を計測できる実験車両を用いて、一般運転者の方に一般公道を実際に運転していただいて収集したデータから構成されています。総走行距離は約3.1万km、1,978トリップに及びます。

データベースには、走行中の運転者の操作行動、自車両状態、交通環境、走行位置、速度、加速度、ハンドル操舵角、ワインカー操作、ワイヤー操作、シフト操作、ペダルの踏み込み量、前方映像など、約400項目のデータが収録されています。ご利用目的に応じて（運転者の属性別やルート別など）抽出し、提供致します。費用など詳しくはユーザビリティサポート部までお問い合わせ下さい。

（TEL：06-6221-1653 E-mail：support@hql.jp）

■人にやさしいものづくり教育教材をご利用ください

人間生活工学研究センターでは、経済産業省の委託を受けて実施した、平成16年度高度専門人材育成事業（人にやさしいものづくり人材育成事業）において開発・制作された教育教材を、このほど出版・

提供させていただきました。

DVDで提供するビデオ映像教材には、人にやさしいものづくりの基本的な考え方から、生体信号の取り方といった計測手法まで、全4タイトルが収録されています。是非ご利用下さい。

・ビデオ映像教材（DVDにて提供）

8,900円（税込・送料別）

・パワーポイント教材（CDにて提供）

3,300円（税込・送料別）

教材の内容について詳しくはホームページをご覧ください。<http://www.hql.jp>

ご注文は、ユーザビリティサポート部へどうぞ。

（TEL：06-6221-1653 E-mail：support@hql.jp）

■人にやさしいものづくりをお手伝いします

ユニバーサルデザインを始めとする、人にやさしいものづくりの重要性はますます高まってきています。人間生活工学研究センターでは、こうしたものづくりのために、さまざまなサポートを行っています。人間特性データの収集・提供、商品開発へのアドバイス、ユーザテスト支援など、スポット的な技術相談から共同研究までご要望に応じてお手伝い致します。ユーザビリティサポート部へご相談ください。

（TEL：06-6221-1653 E-mail：support@hql.jp）

■予告

次号の「人間生活工学」第7巻 第2号 通巻24号の特集は「安心な生活づくりのために（仮題）」です。

■募集

本誌では、皆様からの投稿（論文、ラピッドコミュニケーション、談話室）を広く募集しております。投稿、掲載とともに無料です。投稿規定など詳しくは、ホームページをご覧ください。<http://www.hql.jp>

人間生活工学 第7巻 第1号 通巻23号

2006年1月15日発行

発行所：社団法人 人間生活工学研究センター

発行人：服部 薫

〒541-0047 大阪市中央区淡路町3-3-7

興和淡心ビル3階

電話 06-6221-1660 FAX 06-6221-1705

定価1,500円（税込）

本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

本誌の編集並びに論文審査は以下の方々にお願いしております。

2005年度 編集委員（五十音順）

小松原明哲	早稲田大学 理工学部経営システム工学科 教授（委員長）
岡田 明	大阪市立大学大学院 生活科学研究科 教授（副委員長）
大須賀美恵子	大阪工業大学 情報科学部情報メディア学科 教授
久保 博子	奈良女子大学 生活環境学部生活環境学科 助教授
倉片 憲治	(独)産業技術総合研究所 人間福祉医工学研究部門 主任研究員
高橋美和子	(社)人間生活工学研究センター 企画部 係長
土屋 和夫	日本アイ・ビー・エム(株) ユーザーエクスペリエンス・デザインセンター 次長
萩原 啓	立命館大学 情報理工学部知能情報学科 教授
畠中 順子	(社)人間生活工学研究センター ユーザビリティサポート部 主査
松岡 克典	(独)産業技術総合研究所 企画本部 総括企画主幹
横井 孝志	(独)産業技術総合研究所 人間福祉医工学研究部門 身体適応支援工学グループ長

※編集委員は審査委員として論文審査も行います。

2005年度 審査委員（五十音順）

荒井 利春	金沢美術工芸大学 デザイン科 教授
飯田 健夫	立命館大学 情報理工学部知能情報学科 教授
彼末 一之	早稲田大学 スポーツ科学学術院 教授
口ノ町康夫	静岡福祉大学 社会福祉学部福祉情報学科 社会福祉学部長 教授
黒須 正明	(独)メディア教育開発センター 研究開発部 教授
佐川 賢	(独)産業技術総合研究所 人間福祉医工学研究部門 アクセシブルデザイン研究グループ長
多屋 淑子	日本女子大学大学院 人間生活学研究科・家政学部 教授
徳田 哲男	埼玉県立大学 保健医療福祉学部社会福祉学科 教授
原田 悅子	法政大学 社会学部 教授
堀田 明裕	千葉大学 工学部デザイン工学科 教授
持丸 正明	(独)産業技術総合研究所 デジタルヒューマン研究センター 副研究センター長
八木 昭宏	関西学院大学 応用心理科学研究センター センター長 教授
山岡 俊樹	和歌山大学 システム工学部デザイン情報学科 教授



Journal of Human Life Engineering