

第10回講演

2008年11月28日

ロボットおよび関連技術が将来どのように産業界・社会にインパクトを与えるか—少子高齢社会と人を支えるロボット技術(IRT)

東京大学 IRT研究機構・機構長 下山 勲

自動車、コンピューターに次ぐ新しい産業としてIRT産業を確立し、28兆円産業とする。そんな壮大な計画を、下山機構長は推進している。IRTとは、IT(情報技術)とRT(ロボット技術)が融合したものである。家事、介護などを支援するロボットが自動車や家電のように普及し、誰もが生活を効率化させていけば、人口が減少してもGDP(国内総生産)、GNP(国民総生産)が減らない社会が実現していく。

(編集部)



Isao Shimoyama

私は文部科学省のプロジェクト「先端融合領域イノベーション創出拠点の形成」の1つとして、IT(情報技術)とロボット技術の融合である「IRT」拠点の運営委員、執行責任者を行っています。これはトヨタ自動車、パナソニック、富士通、オリンパス、凸版印刷、三菱重工業、セガと東京大学が、国からの委託、援助を受けながら、資金を持ち寄るマッチングファンドのような形で進めているプロジェクトです。

そこでは、「少子高齢社会を支えるIRT基盤の創出」というテーマに取り組んでいま

す。同プロジェクトを通して、社会学系や経済学系の先生方と、単なるロボット技術だけでなく、ロボットが社会や産業に対してどのようなインパクトを与えるか、また、どのような新たなビジネスになり得るかにして議論を重ねてきました。今回はその内容を紹介します。

IT+RTのロボット

イノベーションとして「IRTによって社会に新たな価値を創出する」というのがこのプロジェクトのポイントでありミッションで

す。IRTのIはInformation Technology、RはRobot Technologyで、この2つを融合したのがIRTです。「情報化された(=I)密着ロボット(=R)」という意味です(図1)。

密着ロボットとは、産業用ロボットではないということです。産業用ロボットは通常、工場の柵の中に入っていて、人間とは距離が置かれているため、生活密着度は低いと言えます。

掃除ロボットのルンバ、人型ロボットのASIMO、ペットロボットのAIBO、ロボットスーツのHAL、癒しロボットのパロ、セグウェイ、食事介助ロボットのマイスプーンなどがありますが、これらの出現によってロボットの生活密着度はどんどん向上してきています。

それに対し、IRT型ロボットは、生活密着度と生活の情報化という2つの軸の両方が高いものです。家庭に入り込み、人間の生活に密着するロボットです。つまりIRTという技術を使って、情報化された生活密着度の高いロボットを目指すということです。現在、IRTが目指すこのジャンルのロボットというものは存在しません。具体的には、人と接触し、人がそのロボットに乗ったり、ロボットに手渡しで何かを頼むといったことを目指しています。

一方、IRT拠点では、自律型で感情を持ち、自分で判断する鉄腕アトムのようなロボットは目指していません。また、少子高齢社会を支えるロボットと言うと、掃除ロボットのルンバや、HALのような介護に関する力支援型ロボットを思い浮かべるかもしれませんが、そういったロボットも最終型としては目指していません。

では、IRTが目指すロボットとは一体どのようなものか——。一言で言えば、小型、軽量、柔軟で全自動ではないもの。人と協調し、我々がやってほしいことをきちんとやってくれるものです。例えば、人が「あのペットボトルを取って」と言って指さしたり、触れたりするだけで取ってくれるようなロボットです。鉄腕アトムであれば、高度な人工知能で前後の文脈から人の意図や希望を解釈することができるでしょう。しかし、我々は人が分かりやすく指示してあげることで、人と協調し人の役に立つロボットを目指しています。

また、RTのコアは安全性に関する五感に対応するセンサーであり、一方、ITのコアは装置の操作プログラムやデータのオンライン共有だと考えています。

生活密着度という軸に対して、今のロボットは情報化という軸に対する取り組みがほとんど行われていません。例えば、ホームロボットが食器洗い機や冷蔵庫、掃除機などの家電製品を扱う場合、人がいちいち使い方を教示していたのでは大変です。そこで、家電メーカーが使い方のプログラ

ムをオンライン上に置いておき、必要に応じてロボットがダウンロードして使うといった方向性も考えられるのではないかと考えています。また、データのオンライン共有という点で言えば、例えば、ペットボトルなどさまざまな種類の製品の画像を、さまざまな角度から撮り、画像データベースとして構築しておくことで、そのデータベースと高速にマッチングすることができ、「これはペットボトルである」とか、ペットボトルに書かれている商品名の文字を見て、「これは〇〇という商品のペットボトルである」といったことも分かるようになるわけです。

要するに、オンライン上に共有するプログラムやデータベースを置いておき、高速にアクセスできるようにするといったようなことを情報化の軸では考えています。また、これまでインターネットは実世界とのインタラクションがないところではかなり進展しましたが、今後は、ロボットのような実世界とのインタラクションがあるところで、データの共有や再利用が進んでいくと考えています。これを我々はIRTと呼んでいるのです。そのため、現在は、どのような情報化された密着ロボットが社会に受け入れられるかについて、社会科学の先生などにも伺いながら進めているという状況です。

では、なぜ今後IRTが必要になっていくのか、また、なぜ我々はIRTを、今説明したようなプロジェクトに仕上げていこうと

しているのかについて説明します。小宮山総長がよく言われる話に「課題先進国日本」があります(図2)。日本は少子高齢社会や食の安全性の問題、自給率の問題、林業の衰退による国土保全の問題、エネルギー問題、環境問題、地球温暖化対策など数多くの課題を抱えています。それに対して、ネガティブに捉えるのではなく、ポジティブに捉え、解決していきたい。その際、IRTが、課題の解決に貢献するだろうと考えているわけです。

IRTの目的は少子高齢社会への貢献ですが、ここで培っている要素技術は総合科学技術ですから、少子高齢社会だけでなく、例えばトラッキングによる食の安全や、農業や林業のロボット化など幅広い領域に応用できると考えています。ですから、文部科学省だけでなく、農林水産省や農林系の企業などにもIRTのコアテクノロジーを使っていたきたいと考えています。

少子高齢社会におけるロボットの役割

さて、今後、少子高齢化が進み人口が減少します。図3は人口減少に関するグラフです。2005年をピークに減少の一途を辿っています。これに伴い日本全体のGDP(国内総生産)、GNP(国民総生産)も減っていきます。国民1人当たりのGDP、GNPは横ばいと言われていますが、今後どうなるか分かりません。

それに対し、我々は何をすべきか——。

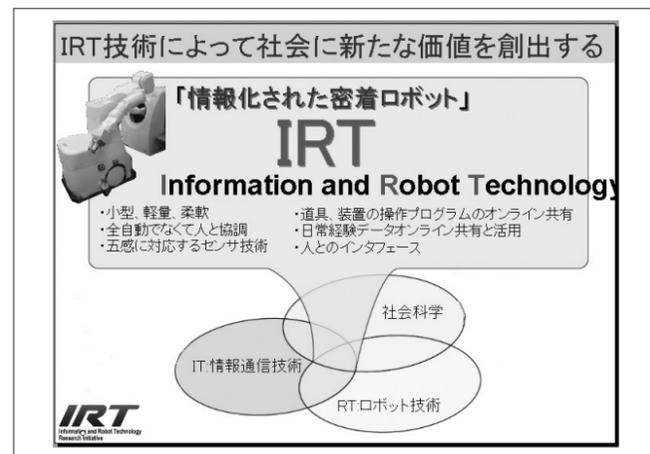


図1

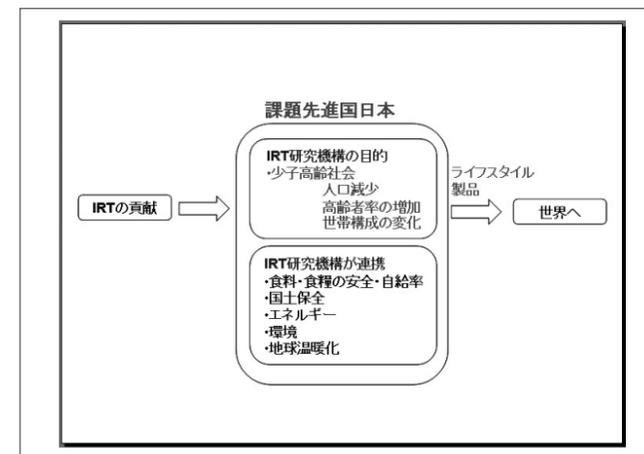


図2

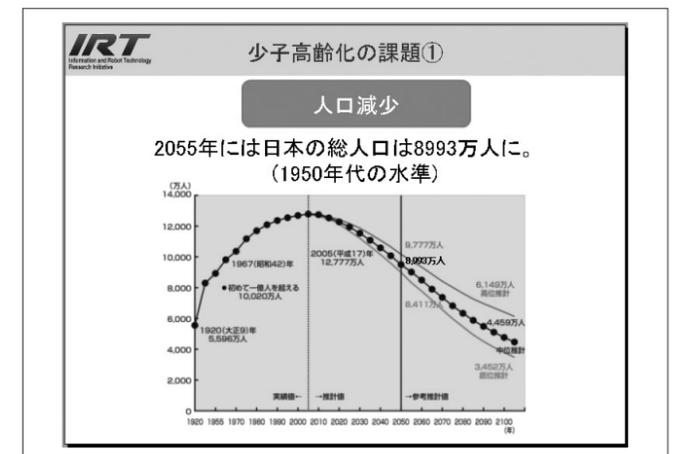


図3 「国立社会保障・人口問題研究所」日本の将来人口推計より

さまざまな機能が考えられます。ちなみに、パーソナルモビリティと電動車椅子との違いは、電動車椅子が単に人が操作しているだけであるのに対し、パーソナルモビリティの場合、常にインターネットにつながっているということです。この点が大きなポイントとなります。それにより、コンテンツのダウンロードできるようになります。コンテンツとは、例えば、近所のスーパーの安売り情報やコミュニティーの情報などさまざまなものが考えられますが、それをポジティブに活用していこうと考えています。

一方、ホームアシスタンスに関しては、例えば、調理器具や食器洗い機を操作した

り食器の片付けを行う、洗濯物を干し、取り込み、たんでタンスにしまう、風呂掃除をする、天井の蛍光灯を交換する、何がどこにあるかを教えてくれる、番犬ロボットとして監視してくれる、家庭内を整理整頓してくれるなどが考えられます。裏方としてやってほしい機能をまとめて、ホームアシスタンスとして開発していくということです。

それに対する我々の興味としてマーケットがあります。これらを、いったいいくらで、どれぐらいの人が買ってくれるかということです。そこで、第三者である電通総研に、市場に関する調査を、性別、年代、地域ごとにしてもらいました。その結果、

パーソナルモビリティの場合、販売価格が100万円のときの需要台数が1720万台で、17.2兆円という値になりました。また、ホームアシスタンスでは、販売価格が100万円のときの需要台数が1080万台で、10.8兆円になりました。このように、けっこう大きな数字となっています。この数値は1年間の販売予想台数ではありませんが、いずれ中古市場もでき、新機種の発売による買い替え需要も起こるでしょう。また、カーシェアリング同様、ロボットシェアリングを提供する企業が出てくるかもしれません。さらに車検や自動車保険同様、ロボット検やロボット保険も出てくるはずで、ですから、波及効果はかなりの大きさ

になると見込んでいます。当然のことながら価格が安ければ安いほど購入者は増えます。そこで、さらに細かく調査したところ、パーソナルモビリティでは価格が80万円のときに市場規模が最大で、17.8兆円となるという結果が出ました。これは軽自動車の価格帯です。また、利用意向、購入意向が特に高かったのは40代男性と60代男女で、40代男性の場合、両親など自分の周辺にいる高齢者のために購入したいと考えているようです。一方、60代男女に関しては、自分の健康や体力に不安を感じているため、自動車や自転車の代わりに使いたいと考えているようです。

一方、ホームアシスタンスに関しては、介助支援の場合、販売価格が100万円のときに需要台数が1080万台で、市場規模が最大となるという調査結果が得られました。パーソナルモビリティとは20万円の開きが出ています。利用意向、購入意向が特に高かったのは、世帯主年齢が40代と70代でした。40代世帯の利用動機は、家事や子育ての負担軽減です。自分の両親や周辺の高齢者のアシスト目的ではなく、自分たちの仕事の軽減目的ということです。一方、70代世帯では、世帯主自身の健康や体力に対する不安があるものの、家族に頼らず自立した生活を送りたいということでした。よく少子高齢社会と言うと、真っ先に介護支援が出てきますが、実際の市場規模を考

た場合、別の場所にも多くのビジネスチャンスがあると私は睨んでいます。

要素技術を応用する

我々がこのプロジェクトを開始したのは2006年8月ですが、その間、50を超える要素技術に取り組んできました(図12)。これからの7年間は、実際にパーソナルモビリティとホームアシスタンスの開発に取り組んでいきます。とはいえ、東京大学のコア技術であるこれらの要素技術は、例えば、産業用ロボットなどにも生かすことができます。直近のアウトプットとして、産業用ロボットへの応用は非常に重要な取り組みです。また、農業や林業、エネルギー探索など要素技術の応用範囲は非常に幅広く、そのため、パーソナルモビリティとホームアシスタンスに限らず、さまざまな分野の企業の皆様に、活用していただきたいと考えています。また、特許、知的財産権、規格に関しても、IRTの中だけで完結する話ではありませんので、コミュニティー、アフィリエイトの輪を広げ、幅広く連携していきたいと考えています。

さて、密着ロボットとして生活密着度が上がっていくに従って、信頼性、安全性の重要性が増していきます。小型、軽量、柔軟性、全自動ではなく人と協調すること、五感に対応するセンサー技術が重要になっていきます。情報化に関しても、情報が蓄積可能なこと、蓄積した情報を共有できる

こと、再利用できることです。操作プログラムやデータのオンライン共有が重要になっていきます。デジタル情報の蓄積、共有化、再利用は本分野の発展において非常に重要なポイントです。

図13のように、東京大学ではデバイス、制御、環境、サイバーインターフェース、システムの研究を進めています。一方、企業の方々はそれぞれ役割分担を行っています。互いの強いところを持ち寄って融合していこうとしているのです。具体的には、トヨタは機構・移動・安全性技術、オリンパスはセンサー・MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 開発、セガはソフトウェア開発、凸版印刷はRFID (Radio Frequency Identification = 電波による個体識別) など情報メディア関連、富士通は画像処理および計算機・ネットワーク技術、パナソニックはマニピュレーション技術、三菱重工業はシステム化技術を担当しています。

では、その中からいくつか紹介します。まず、センサーとしてはMEMSセンサーがあります。図14は新規3軸触覚センサーです。これをロボットの手やフレキシブルなシートに貼り付けることで、滑りやザラザラ感が分かります。

次は、世界初のリアルタイム実世界探索技術です(図15)。これはIRTのITたるゆえんです。現在、東京大学内のオンラインで接続している1300台のコンピューターを

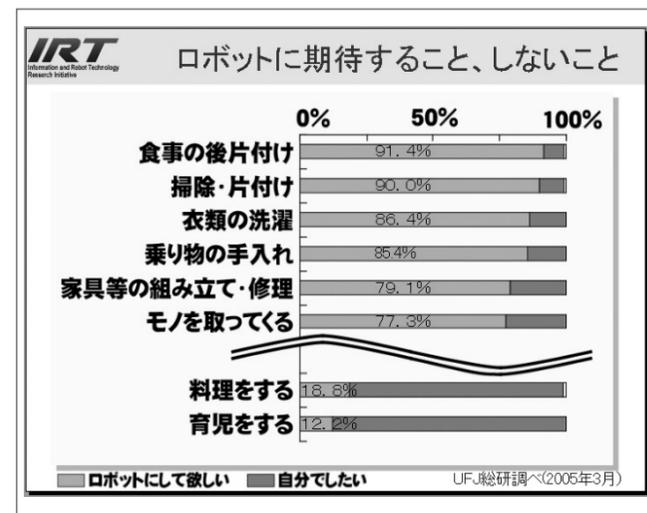


図10

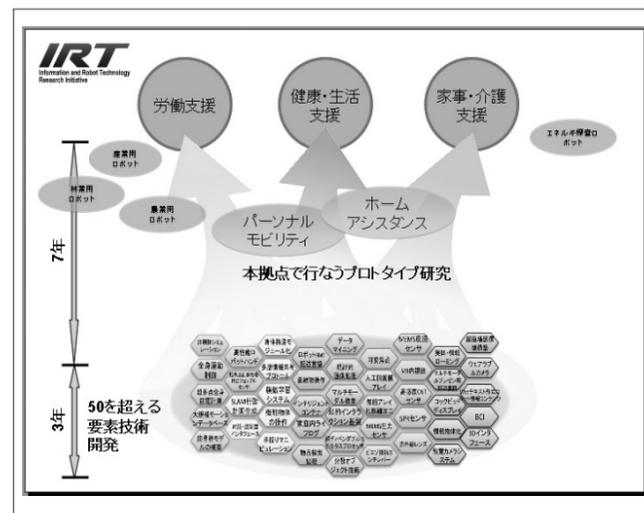


図11

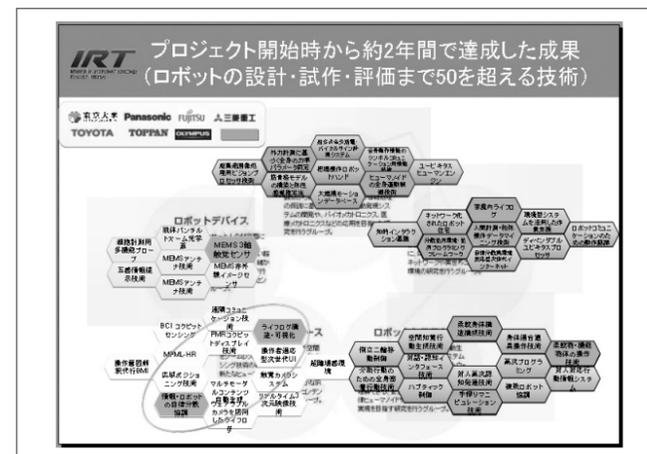


図12

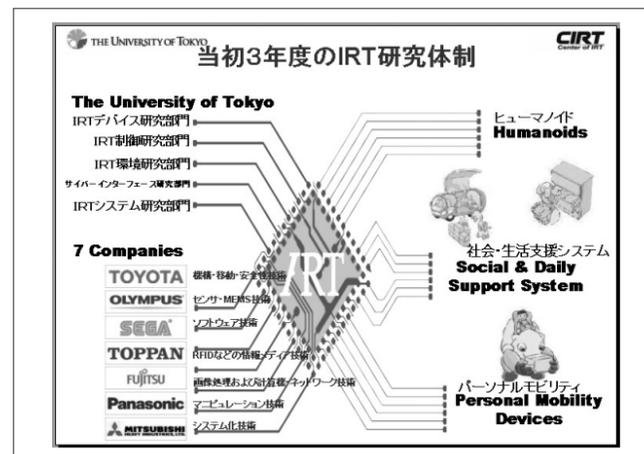


図13

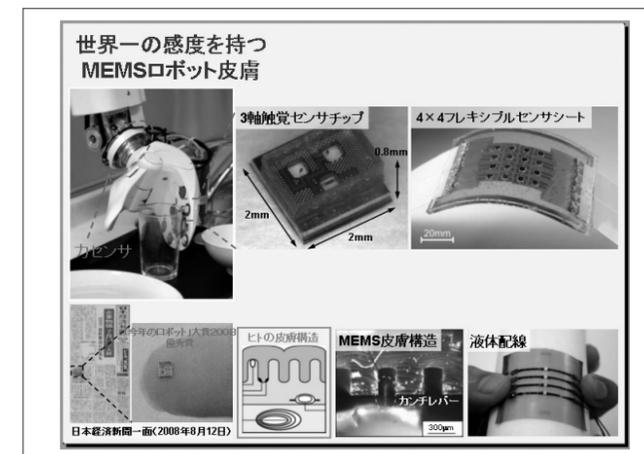


図14



図15

使って、いろいろなアイテムをいろいろな角度から撮影し、その画像をデータベース化して共有しています。そして、例えば「これは電球だ」といったことが分かるように、高速にマッチング処理を行っているのです。現在、そういったアイテムを徐々に増やしていった状況です。それを共有することで、ロボットはどんどん、物の判別ができるようになるわけです。また、現在のところ1300台もつなげていますが、5年後、10年後には、ノートブック1台で足りるようになるはずだ。

実験例を紹介します。ある男性が、本を研究室の机の上に置いたまま部屋を出ました。その後、女性がその本を棚に片付けてしまいました。それを画像センサーがセンシングして、男性が戻ったときに本の場所をパソコンが教えてくれるというストーリーです。この実験では、部屋の天井に設置したカメラを通してセンシングしていますが、いずれはロボットが一部始終を見て、男性がロボットに本のありかを尋ねると、ロボットが取ってきてくれるというところまで目指しています。ロボットはインターネットに接続されていますが、画像処理をリアルタイムに行うため、現段階では非常に負荷のかかる計算を強いることになります。

また、我々は柔軟なものを扱ったり、洗濯機の中に洗濯物を入れて洗濯機の蓋を閉めたり、椅子をどけてテーブルの下を掃除したりする家事支援ロボットを作りま

した。2年3カ月前に企業と東京大学でゼロから始めたもので、約1年前によくハードウェアが使えるようになりました。その後、ソフトウェアを入れて、ここまで仕上げました。最大のウリは、「画像認識と道具操作においては世界で最も多くの道具、柔軟物を扱い、失敗してもやり直す」ということです。

一方、ロボットの小型化、柔軟性が増すことによって、ロボットの形状も大きく変わっていくと予想しています。我々は特にヒューマノイドを目指しているわけではありませんが、有機系の材料を使うことで図16のような骨格と筋肉でできているロボットも可能だと考えています。また、水分を含んだ材料を使うことで人に優しいソフトなロボットも作るができると思います。現在、筋肉の動かし方を考えるため、人の筋電とモーションキャプチャーを利用して、人の筋肉の動きを見ています。それによってどの筋肉をどのように使っているかがかなり明確に分かるようになってきました。それを基に筋肉の付け方、制御の仕方をロボットにフィードバックしています。

また、ロボットにペットボトルを取ってこさせる実験も行いました。ロボットが見ている画像に対し、人が「これ」と指示することで、その指示された画像に対してレーザーでスキャンし、レーザーが戻ってくるまでの時間を基に、そのものまでの距離を計測することによって、ペットボトルを持ってこることができるようになりました。

つまり、画像情報と距離情報の両方を使うことで、特定のアイテムを「これ取って」と指示するだけで、簡単に取ることができるようになったのです。工夫次第で、ロボットに対して大きな情報処理に対する負担をかけなくても、人とロボットの協調系ができてしまうというわけです。これまで我々は、ついつい鉄腕アトムのようなロボットを目指しがちでしたが、5年、10年先の産業やビジネスになるような役に立つロボットも多数あるはずですので、そういった市場やニーズを掘り起こしにも取り組んでいきたいと考えています。

50を超える要素技術を使い、これまで数多くの基礎的な実証実験を行ってきました。その中に、屋内と屋外のモビリティがあります(図17)。屋外モビリティはトヨタのものがベースになっています。前のコントローラーで比較的簡単に操作できるようになっています。

新聞や テレビなど国内のメディアにはたくさん紹介していただきました。

IRTの今後の展望

全体のオーバービューですが、トータル10年間のプロジェクトで、最初の3年間、次の4年間、最後の3年間の3つに分けてスケジュールを立てています。最初の3年間は50を超す要素技術の基礎研究を行い、その中から筋の良いものを見極め、それを設定したテーマに応用していくということを考えています。プロトタイプを作り、社会

実証実験まで持っていき、世の中に問うまでを行う計画です。将来の売上規模28兆円を目指しています。

また、IRTは世界に通用しなければならぬと考えており、グローバル展開を前提にしています。一方、国内に関しても、さまざまなところと連携し推進していく計画です。さらに米国展開も考えリサーチしているところですが、米国の場合、労働力が十分のため、ロボットは「人の労働力を奪う存在」といった見方をされる傾向にあります。実際、病院を視察した人の話ですと、「車椅子1つ押すにしても「間に合っています」という状況だそうです。また、移民の国である米国は今後も他の国の若者をどんどん吸収していくと考えられます。それに対し、日本では、今後人口が1000万人、2000万人と減っていく中、当然沸き起こってくる議論として、移民というものがありますが、日本ではそれは進まないだろうとも考えられています。

しかしながら、中国や欧州の国々も少子高齢社会を迎えますから、「日本ではこのようなソリューションによって生活の合理化を図り、生活レベルを向上させた」といった日本発のモデルを、ぜひとも企業の方々と一緒に紹介できるようにしたいと考えています。

IRTのロボットが市場に出る際には、安全に対する規格、万が一事故が起こった際の責任、さらにロボットへの不正アクセスへの対応などをどうするかについて議論し

ていく必要があります。またロボットにはプライバシーに関わるデータが蓄積されていきますから、個人情報保護法を変えてもらうなどプライバシーの侵害をどのように防ぐかについても考えていく必要があります。さらに、現在、最高時速6キロメートルという道路交通法についても再検討が必要だと考えています。

我々の考えているパーソナルモビリティは、自動車とは競合しないと捉えています。距離にして2キロメートルを利用範囲と想定しており、自動車に乗るほどではないけれど、スーパーに行き重い荷物を抱えて帰ってこなければならないといった場合に、ロボットに持ってもらい、自分は歩いて帰るといった使い方などができると考えています。

産業化に関しては、標準化や規格化の面で、日本がリードしていかなければならないと強く思っています。また、今後、産業化を行っていくためには、面白いコンテンツの提供が不可欠だと考えています。ハードウェアだけでなく、魅力的なコンテンツと一緒に売り出す必要があるのです。それに対し東京大学としては、基礎技術だけでなくコンテンツの提供で関わっていくのではないかと考えています。大学ベンチャーがコンテンツを作り、ロボットにどんどん搭載し充実させていくことが重要です。例えば、大手企業からは却下されるかもしれない市場の小さなコンテンツでも、大学発ベンチャーが作り売っていくという

道はあると思います。幸い我々の研究機構には、若手の研究者が数多くいますので、彼らに活気づけてほしいと私自身は望んでいます。

我々は何十年もロボット研究をやっており、世界一を自負しています。100何十人という数の人間が関わってきましたので、非常に層は厚く、工学だけでなく社会科学の研究者との連携も強化しています。そのあたりが企業がIRTに参画するメリットだと思います。また、次の4年間では、アフィリエイトとしてIRTに賛同される企業を求めています。アフィリエイトとしての勧誘候補種としては、ゼネコン、電力会社、鉄道会社などに参画、連携していただき、世界に通用するものを作っていくと考えています。現在、参画している研究者の数は東京大学が50～60人です(図18)。

現在、IRT研究機構は小宮山総長の下に組織として位置付けられています(図19)。

また、コンテンツ研究会を定期的に開催し、技術だけでなくいろいろな切り口でディスカッションを行っています。特許の出願状況に関しては、産業用ロボットの場合、非常に多いのですが、生活用途に関してはこれからです。しかしながら、特許件数も次第に伸びてきていますからビジネスとして有望だと考えています。我々としては自動車、コンピューターに次ぐ新しい産業として日本で28兆円規模、世界ではその10倍の280兆円規模をもくろんでいます。



図16



図17

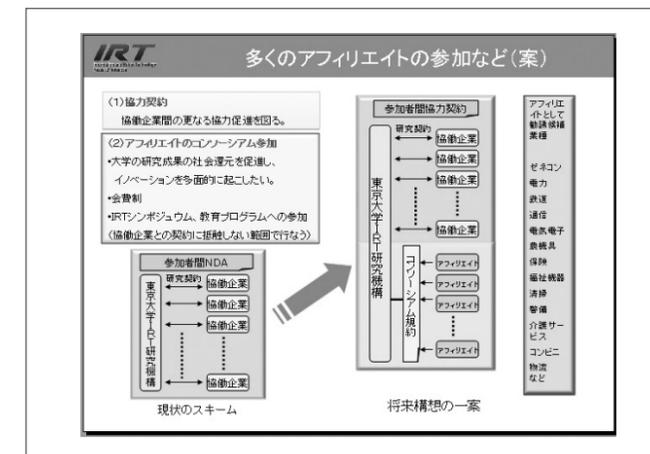


図18

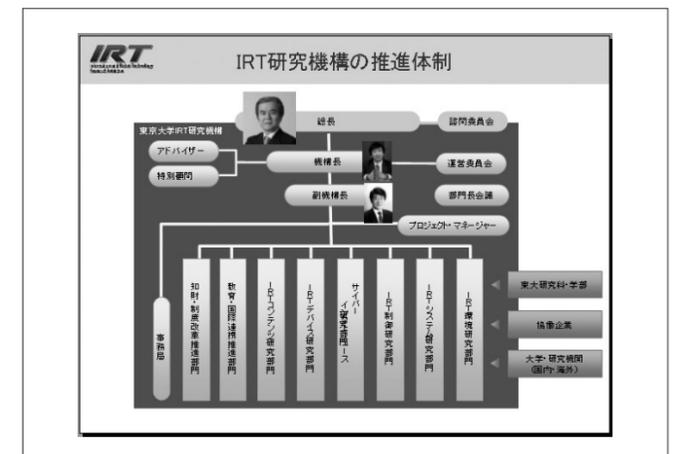


図19