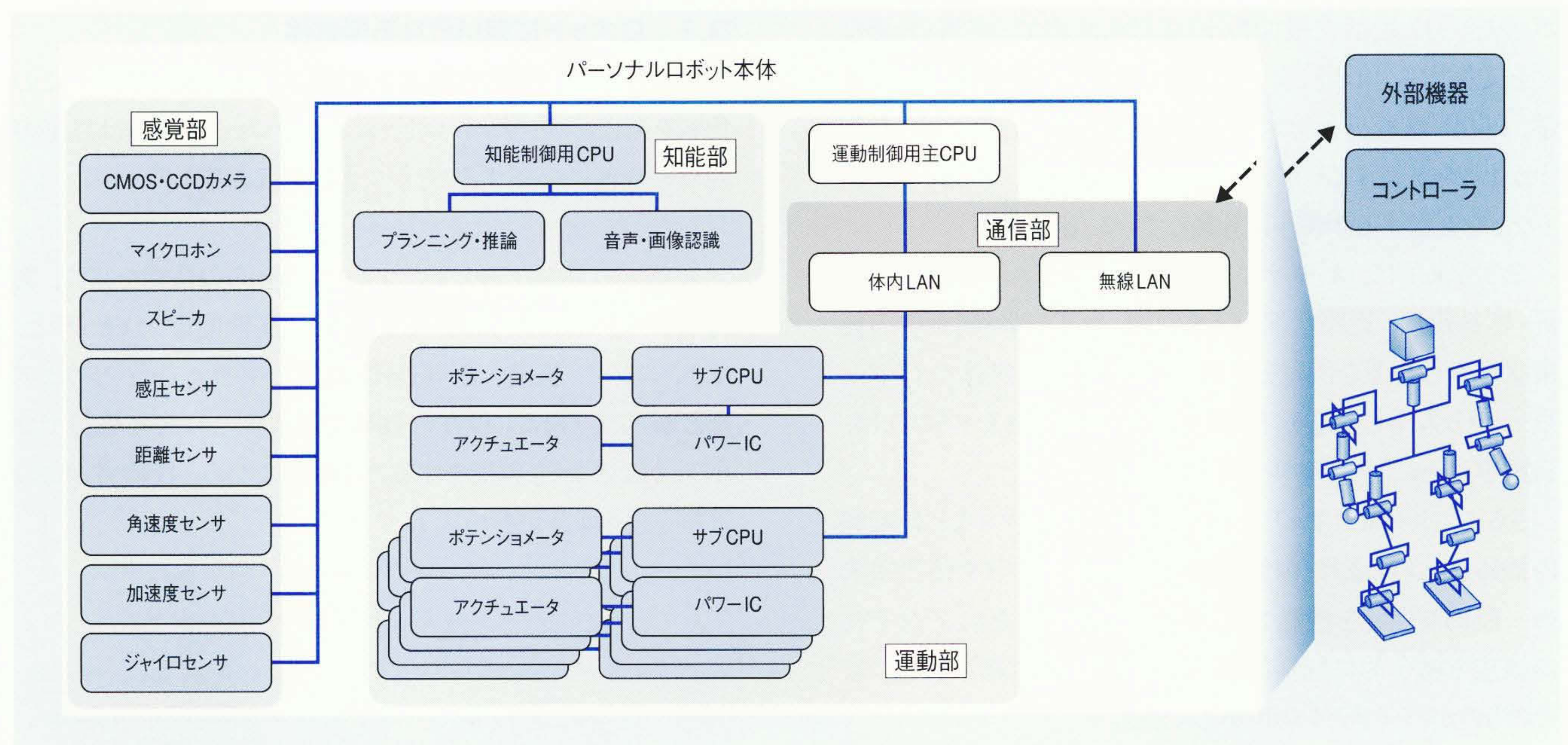


パーソナルロボットを支える半導体

Semiconductors for Personal Robotic Applications

戸井田 幸多 Kôta Toida 小和瀬 靖明 Yasuaki Kowase 安宅 正志 Masashi Atagi



注：略語説明 CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor), CCD (Charge Coupled Device)

パーソナルロボットの構成例

知能制御用CPU、認識系ミドルウェア、運動制御用主CPUとサブCPU、体内LAN、無線LAN、各種センサなどの各種半導体製品は、パーソナルロボットの性能を支える重要な要素技術である。

近年、各社からパーソナルロボットが発表され、最先端テクノロジーを駆使した新しい文化として注目を集めている。現在のパーソナルロボットは、その市場規模は小さいが、用途は幅広く、さまざまな要素技術が用いられているため、巨大なポテンシャルを持つものとして、半導体業界にとどまらず、各産業界から期待されている。パーソナルロボットは、従来の製造用ロ

ボットや非製造用ロボットの分類では区分できず、「人間共存型ロボット」という新しいカテゴリーを生み出した。

日立製作所は、現在のパーソナルロボットに用いられる半導体技術により、マーケットのニーズにこたえるソリューションを提案していく。

1 はじめに

近年、各社からヒューマノイド型ロボットやペット型ロボット、コミュニケーション型ロボットなどが発表されている。携帯電話とインターネットが爆発的に現在の社会に浸透して一つの文化を形成していったように、そう遠くない未来に、ロボットが主役を演じた数十年前の漫画・アニメーションの世界が現実の世界になるという予測や期待も多い。

しかし近年、マスコミなどで注目されている万能ヒューマノイド型ロボットの実用化は、(1) 各要素技術の実用レベル未

到達、(2) 安全責任が不明確、(3) 開発費のコスト高などの理由により、まだ時間がかかる。

一方、特定用途に用いられるロボットや、ロボット要素技術を用いた「マン マシン インタフェース」としての広義のロボットは着実に商品化・実用化が進んでいる。特に情報家電の分野では、IT (情報技術) とロボット要素技術を統合したホームオートメーションや、ロボット要素技術を利用した情報端末、福祉・介護用ロボット、教育用ロボット、エンタテインメントロボットなどが応用市場として期待される。

ここでは、パーソナルロボットに用いられる半導体要素技術について述べる。

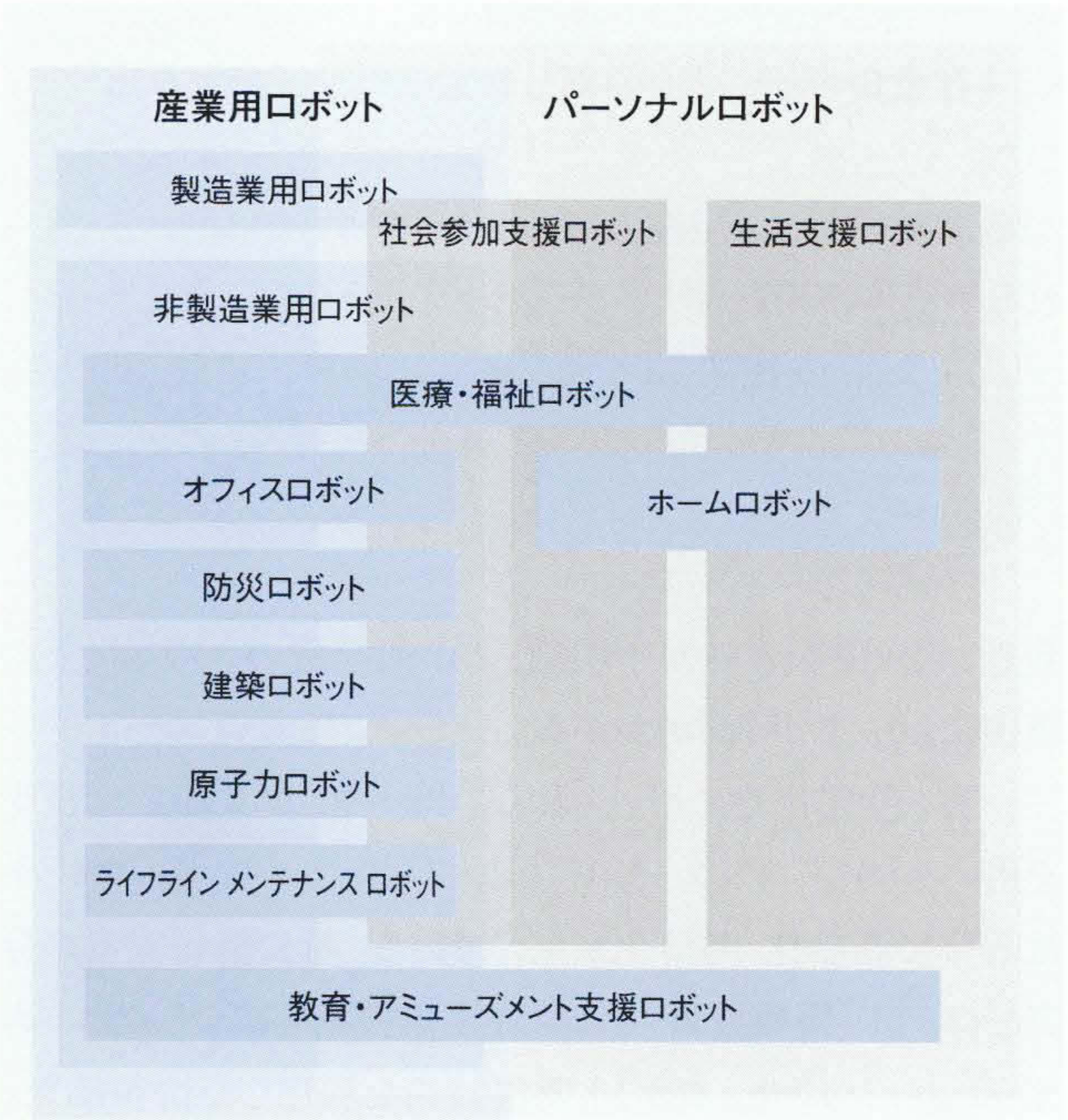
2 パーソナルロボットとは

社団法人日本機械工業連合会・社団法人日本ロボット工業会刊行の「パーソナルロボットの市場動向調査」¹⁾では、パーソナルロボットの概念を、「人間共存型ロボット(人間との共存環境で働くロボット)」と定めている。さらに、パーソナルロボットを、(1) 生活支援ロボット(主に家庭内で、家事・介護などを支援するロボット)、(2) 社会参加支援ロボット(就労・就学、外出、家庭外とのコミュニケーションなど、社会と何らかのかかわりを支援するロボット)、および(3) 教育、アミューズメントなどを支援するロボットに分類している(図1参照)。

また将来的に、カーナビゲーションシステムが自動車の状況(燃料残量、道路状況、気象状況)や運転者・同乗者の健康状態から必要な情報を予測し、それを記憶媒体やインターネットから入手して運転者・同乗者へ提供するようになれば、自動車は正にパーソナルロボットである。

さらに、ホームセキュリティやセットトップボックスなどの家庭内機器も、音声認識・画像認識によるセキュリティや情報端末の一般的な機能を機器ごとに処理するのではなく、それぞれの機能を総合的に統括制御するシステムを構築すれば、家そのものがパーソナルロボットと言える。

これらの例のように、高度のヒューマンインタフェースを持つ機器、すなわち、人間どうしがコミュニケーションを行うのと同じように双方向のコミュニケーションができる機器を、パーソナルロボットとしてとらえることができる。



注:社団法人日本機械工業連合会・社団法人日本ロボット工業会;パーソナルロボットの市場動向調査から抜粋

図1 パーソナルロボットの位置づけ

社会参加支援型ロボットには、従来の製造業・非製造業用の一部カテゴリーも含まれる。

3 パーソナルロボット用の半導体

パーソナルロボットには、さまざまな半導体製品が使われている。パーソナルロボット全般に用いられる半導体要素技術について以下に述べる。

3.1 ロボットに用いられる半導体

ロボットと人体の構成要素を比較した例を図2に示す。この比較を基に、パーソナルロボットに用いられる半導体は以下の四つの機能に分類することができる(表1参照)。

(1) 知能部

人体での脳の役割を果たす。センサからの情報を基に、次を取るべき行動を判断し、実行する。高性能なプロセッサと、プランニング、推論、音声・画像認識ミドルウェア・ソフトウェアなどが必要となる。現在の技術では人間との共存環境でロボットがこのような判断をするのは困難なため、操縦者がこの役割を担う場合が多い。

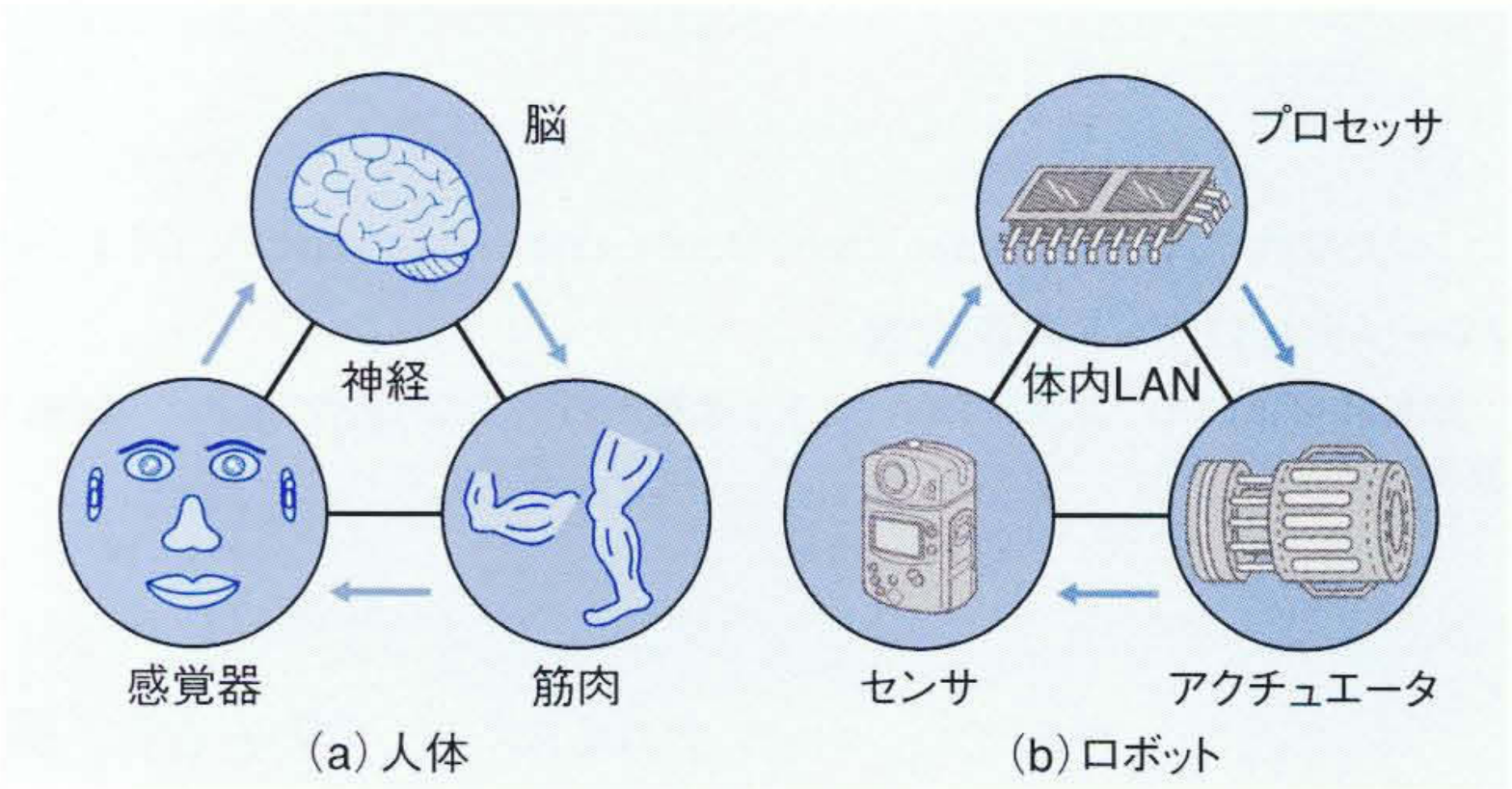


図2 人体とロボットの構成要素比較

人体の構成要素は、知能部、感覚部、運動部、および通信部に大別でき、ロボットの機能は、プロセッサ、センサ、アクチュエータ、および体内LANがそれぞれに当てはまる。

表1 パーソナルロボットに用いられる半導体

パーソナルロボットには多くの半導体製品が用いられている。

機能	対応する半導体製品		相当する人体の機能
	ハードウェア	ミドルウェア	
知能部	知能制御LSI	—	脳
	—	AI (推論・プランニング)	
	—	画像・動作認識	
	—	音声確認	
感覚部	CMOS・CCDカメラ	—	視覚
	マイクロホン・加速度センサ・ジャイロセンサ	—	聴覚
	タッチセンサ・温度センサ	—	触覚
運動部	アクチュエータ制御LSI	—	筋肉
	アクチュエータ駆動IC	—	
通信部	体内LAN・無線	—	神経

注:略語説明 AI(Artificial Intelligence;人工知能)
CMOS(Complementary Metal-Oxide Semiconductor)
CCD(Charge Coupled Device)

(2) 感 覚 部

人体での感覚器の役割を果たす。センサが状況をとらえ、これを情報として運動制御用主CPUや知能制御用プロセッサに送る。このための機器として、CMOS ICやCCDカメラ、距離センサ、マイクロホン、加速度センサ、ジャイロセンサ、タッチセンサ、温度センサ、GPS(Global Positioning System: 全地球測位システム)などがある。

(3) 運 動 部

人体での筋肉を動かす役割を果たす。自由度の多いロボットの場合、主CPUからの制御信号が体内LANを通じて複数のサブCPUに送られ、パワーICからの信号によって可動部を動かす、アクチュエータを制御する分散制御型を採用している。統括的にロボットの動作を制御する主CPU、各アクチュエータを制御するサブCPU、およびアクチュエータを駆動するパワーICで構成する。

(4) 通 信 部

人体での神経の役割を果たす。前述の主CPUとサブCPU・センサとのリアルタイム通信や、ロボットと外部機器との通信を行う。このための半導体には、有線ネットワーク用ICと、無線ネットワーク用ICがある。特にロボットが歩行を行う場合、複数のアクチュエータを数ミリ秒で制御している。このとき、各アクチュエータへの制御信号の伝達遅れによる転倒を避けるために、リアルタイムで制御する必要がある。リアルタイム通信は、ロボットの動作を制御するために重要な技術である。

以上のように、パーソナルロボットには多種の半導体が搭載されており、半導体メーカーには、ここで必要となるさまざまな新技術が求められている。

3.2 パーソナルロボットに用いられる半導体の課題

パーソナルロボットに用いられる半導体の技術的課題には以下のようなものがある。

(1) CPUの高性能化

現在、運動制御用の主CPU用途には200～400 MHz動作のものが用いられている。また、多くのパーソナルロボットの知能制御には、ソフトウェア開発環境が整ったWindows[®]用OS(Operating System)との親和性から、インテル社のCPUが使われている。

CPU動作速度の向上により、多様なアプリケーションの実現が可能になる。このため、コストパフォーマンスが高く、高性能なCPUが求められている。

(2) 省スペース化

人間との共存環境で動作するロボットでは、安全性や持ち運びの容易さなどから、大きさが限られる。限られたスペース

に多くの半導体製品を搭載するためには、半導体製品の小型化が重要である。

(3) 低消費電力化

可動部を駆動するアクチュエータの低消費電力化も重要ではあるが、膨大な数の半導体で構成するロボット、特にバッテリー駆動の移動型ロボットでは、各種半導体の低消費電力化が、稼動時間を決定するうえでの課題である。中でも、アクチュエータと1対1の割合で搭載されるサブCPUの低消費電力化が重要である。

(4) 高性能、低価格A-Dコンバータ

音声・画像認識の高性能化や細かなセンシング技術をパーソナルロボットで実現するためには、高性能A-D(Analog-to-Digital)コンバータ技術が必要である。現在、画像認識分野では8～10ビットの分解能、10～20 MHz動作のA-Dコンバータが用いられている。しかし今後は、価格は現在のままで、16～20ビットの分解能、40～60 MHz動作の性能を持つA-Dコンバータが求められる。

上述した課題の技術革新のけん引役は、パソコンやモバイル端末が担っているのが現状である。これは、パーソナルロボット市場が巨大なポテンシャルを持ちながらも、現在はいい明期であり、技術のけん引役になりえないからである。

4 ロボット用半導体の将来

今後、パーソナルロボット分野への転用が期待される半導体技術について以下に述べる。

4.1 ロボット分野への転用

(1) システム イン パッケージ(SIP)技術

前章で述べたように、パーソナルロボットでは、搭載部品的小型化は重要な課題である。SIP(System in Package)技術を用いることにより、標準品をそのまま搭載するよりも大幅な省スペース化を可能にし、ASIC(特定用途IC)よりも安価で、開発TAT(Turnaround Time)を短くすることができる。

日立製作所は、自社製のSuperHマイコンやH-8マイコンとさまざまなメモリを組み合わせたものを、小型BGA(Ball Grid Array)/CSP(Chip Size Package)に納めるSIP技術を提供している。今後、多段スタック技術により、SIPのいっそうの高密度実装を図っていく考えである。

省スペース化に有利な日立製作所のSIP技術は、すでにパーソナルロボットの関節制御用途ほかに適している。

(2) FPGA内蔵マイコン

CPUコアに内蔵したFPGA(Field Programmable Gate Array)マイコンにより、ロジックのフィールドプログラミングが可能である。ASICのような開発費・開発期間をかけずに安価にマイコンとFPGAを1チップ化することにより、省スペースを図る

※) Windowsは、米国およびその他の国における米国Microsoft Corp.の登録商標である。

ことができる。

日立製作所は、CPUコア内蔵FPGAマイコンを開発中である。このデバイスでは、マイコンとFPGAの1チップ化による省スペース化にとどまらず、SuperHマイコンとFPGAを直結するバスでマイコンインタフェースの高速化を実現する。

(3) SH-Mobileの低消費電力化技術

モバイル端末では、パーソナルロボットと同様に、半導体製品の低消費電力動作が重要である。

日立製作所は、次世代携帯電話システム用アプリケーションプロセッサ“SH-Mobile”で培った低消費電力化技術を、SuperHマイコンファミリに幅広く転用していく。

(4) 音声・画像認識

音声認識によるロボットとのコミュニケーション機能、声紋と顔認識による感情認識機能、さらに個人認証機能への転用が期待される。

日立製作所は、SuperHマイコン上で動作する音声認識・合成ミドルウェアを提供している。

(5) 次世代ネットワーク技術

パーソナルロボットは、ファーストインパクトとしてのがん具ロボットから、家庭内ネットワークに属したモバイル端末機能を持つロボットへと進化していくものと考えられる。きたるべきセカンドインパクトのかぎとなる技術は、次世代無線通信である5 GHz無線技術によるロボットと周辺機器の「高速通信」、それにIPv6(Internet Protocol Version 6)技術による、ロボットと周辺機器との「協調制御」である。この二つの新技術により、ロボットの新機能・新アプリケーションの創生が期待される。

日立製作所は、現在、5 GHz無線通信と、IPv6の要素技術を開発中である。

これらの半導体技術により、今後、パーソナルロボットは、いっそうの進化を遂げるものと期待される(図3参照)。

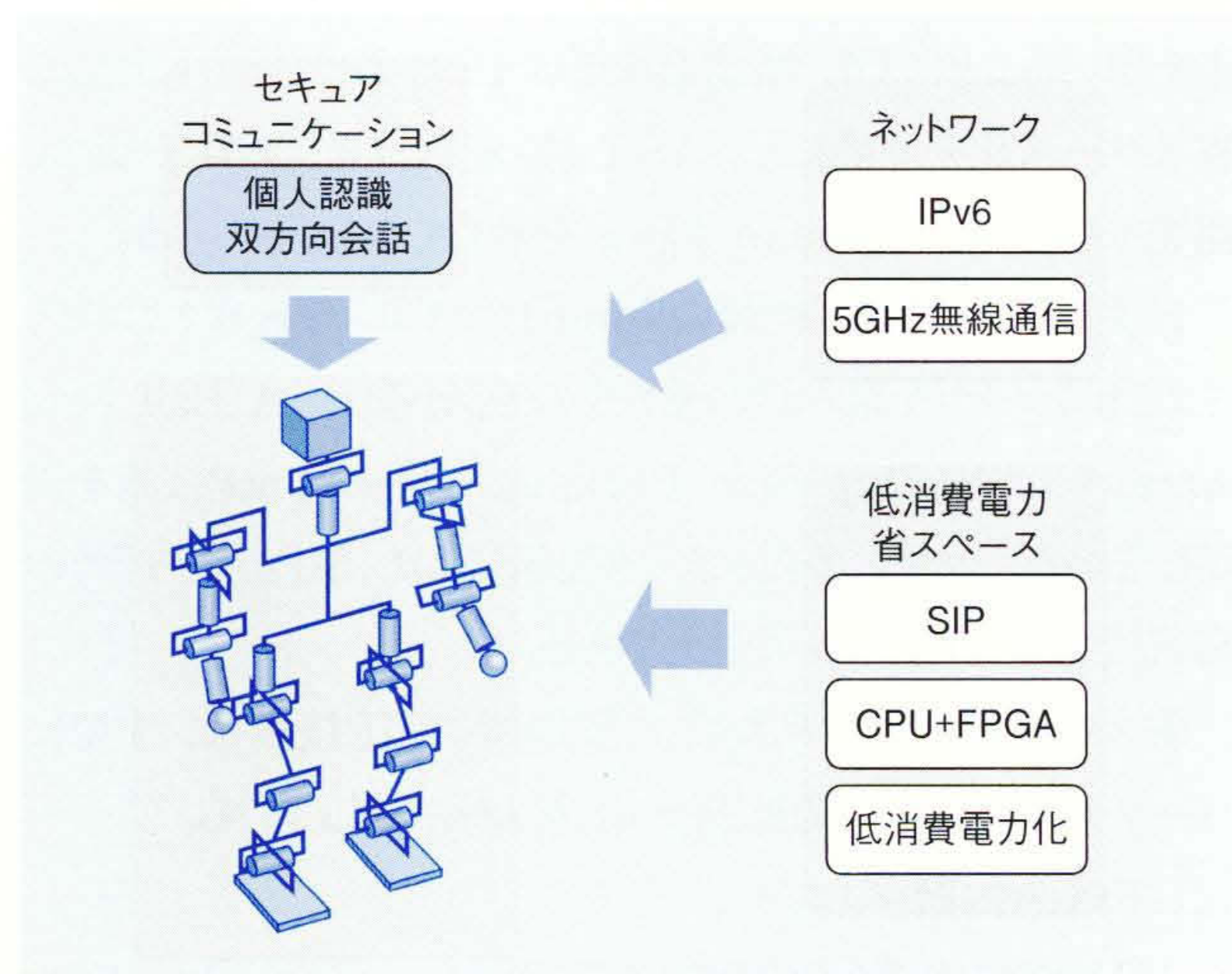


図3 ロボットに搭載されるさまざまな新技術

新技術の転用により、(1) 現在のパーソナルロボットに用いられる半導体の課題が解決でき、(2) ロボットに新しい機能、アプリケーションが追加される。

4.2 将来の半導体技術のけん引役

今後、さまざまな用途のパーソナルロボットが開発され、日々の生活になくてはならない機器へと成長していく中で、さまざまな半導体製品を搭載するパーソナルロボットは、半導体市場のけん引役として、重要な市場の一つになるものと考えられる。

5 おわりに

ここでは、パーソナルロボットと、そこで使われる半導体要素技術について述べた。

今後、パーソナルロボットが人間との共存環境に導入されていくためには、(1) ロボット技術を支える「半導体製品の性能向上」、(2) 人間を傷つけない「フェイルセーフ機構の確立」が必要であり、特に(2)については、人間との共存環境で人のサポートを行うパーソナルロボットにとって避けて通れない重要な課題である。

日立製作所は、今後のパーソナルロボットの急速な進展のために、製品へのニーズを把握し、魅力ある半導体製品の提案をしていく考えである。

参考文献

- 1) 社団法人日本機械工業連合会・社団法人日本ロボット工業会: パーソナルロボットの市場動向調査(1997.5)
- 2) 日経BP社: RoBolution—人型二足歩行タイプが開くロボット産業革命(2001.4)

執筆者紹介



戸井田幸多

1999年日立製作所入社、半導体グループ システムソリューションビジネスユニット 新事業開発部 所属
現在、パーソナルロボット・アミューズメント分野のマーケティングに従事
E-mail: toida-kota @ sic. hitachi. co. jp



小和瀬靖明

1981年日立製作所入社、半導体グループ システムソリューションビジネスユニット 新事業開発部 所属
現在、新規ビジネスのマーケティングに従事
E-mail: kowase-yasuaki @ sic. hitachi. co. jp



安宅正志

1983年株式会社日立超LSIシステムズ入社、日立製作所 半導体グループ システムソリューションビジネスユニット 新事業開発部 所属
現在、アミューズメント分野のマーケティングに従事
E-mail: atagi-masashi @ sic. hitachi. co. jp