

日本のロボット産業の現状と課題

財団法人 国際東アジア研究センター
本台 進

Working Paper Series Vol. 2007-27
2007 年 12 月

この Working Paper の内容は著者によるものであり、必ずしも当センターの見解を反映したものではない。なお、一部といえども無断で引用、再録されてはならない。

財団法人 **国際東アジア研究センター**
ペンシルベニア大学協同研究施設

日本のロボット産業の現状と課題

本台 進*

要旨

日本の産業用ロボットの生産は、1980～1990年の10年間に生産額が784億円から5,440億円と約7倍に急速に成長した。しかし、それ以降生産額はほぼ横ばいで、頭打ち傾向が鮮明である。こうした現象から、日本のロボット産業は競争力を失ってしまったのであろうかという疑問が生じ、ロボット産業の構造や市場について分析したのが本稿である。ここ10年間、国内生産はほとんど成長していないが、輸出市場は年率約22%で成長し、逆に国内市場は減少してきた。すなわち、2002年までは国内市場向けのシェアが50%を超えていたが、2003年以降、輸出向けのシェアが国内市場を上回り、2006年には国内市場が40.5%、輸出市場が59.5%となり、輸出市場の重要性が増してきた。

輸出市場を見ると、アジアでは、稼働台数の増加分をやや上回る台数が日本からは購入されていた。これは、産業用ロボットの新規設置だけでなく既存設備の更新においても、他国製から日本製のロボットへの交替が生じていたことを示す。逆に、欧州では、稼働台数の増加分は日本からの輸入台数をはるかに上回るものであった。すなわち、欧州市場においては、稼働台数中に占める日本製産業用ロボットのシェアが次第に低下していることを示している。北米においては、日本からの輸出台数が稼働台数の増加分をわずかに上回る程度であった。

換言すると、アジアでは日本製ロボットの競争力があるが、欧州では市場シェアを失いつつある。なぜ欧州市場で日本メーカーのシェア減少が生じているかを分析するためには、より詳細に現状を調査する必要があるだろう。その上で、日本メーカーは何をすべきであるかを、技術的側面だけでなく、販売網・サービス網の強化など総合的な対策が必要であると考ええる。

*財団法人 国際東アジア研究センター 研究部長

〒803-0814 北九州市小倉北区大手町 11-4, Email:shondai@icsead.or.jp

1. はじめに

2008 年 1 月 1 日付の日本経済新聞において、21 世紀型新技術について「無機質なモノを建造し、それを利用することによって生活や仕事の効率を追求したのが二十世紀の技術開発の主流であった。二十一世紀型は、まず学習能力を備えた生物的なシステムを人が作り、システム自身が活躍する場所や目的、仕える人に応じて最適な機能を身につけて、進化を遂げていく、というものだ」と特徴づけ、それを具体化する 1 つの技術がロボットであり、新たなロボット技術が実用化の段階を迎えていると記述した。さらにこうした技術により、まだビルや工場の中でしか使えない産業用ロボットではなく、どこでも使えるロボットが実用化の視野に入ってきたと付け加えた（日本経済新聞，2008 年 1 月 1 日，p. A1）。ここで指摘されているように、将来のロボット産業の展開は、「どこでも使えるロボット」の実用化，すなわち通常「次世代ロボット」と呼ばれるロボットが重要となる。

しかし、現時点におけるロボット産業は、1960 年代の黎明期、1970 年代の実用化期、1980 年代の普及期を経て、1990 年以降において生産額が年間約 5,500 億円前後で推移する産業用ロボットが中心である。産業用ロボットについて 1980～90 年の 10 年間に、生産額が 784 億円から 5,440 億円と約 7 倍に急速に成長した（図 1）。しかし、それ以降生産額はほぼ横ばいで、頭打ち傾向が鮮明である。日本においては、ロボットの性能を左右する重要コンポーネントや部品の生産に技術力を持った企業も多く存在しているにもかかわらず、日本のロボット産業は競争力を失ってしまったのであろうか¹。今後、少子高齢化が一段と進展する中で、人の労働を代替するロボットの果たす役割はますます重要になる。そのため、日本のロボット産業の現状と課題を観察することは重要な意味があると考ええる。

本稿は、北部九州の「ものづくり」または産業の実態をより客観的な視点で分析するのが目的である。次世代ロボットに関しては、既に多くの企業が開発に着手しているが、まだそれ自体が製品として市場を形成しておらず、各企業の次世代ロボット事業を見る目も厳しいのが現状である。そのため、紙幅の関係から、ここでは製造業用産業ロボットを中心に論じ、次世代ロボットに関しては若干触れるだけにする。さらに、産業用ロボットの生産額は 1990 年代初めから年間 5,500 億円前後であり、自動車や半導体主要産業に比べて非常に小さく、生産される地域も中部・甲信を中心に 5 県（愛知，山梨，長野，神奈川，静岡）と北部九州の 2 県（福岡，佐賀）に集中する。したがって、北部九州の視点からこの産業を観察し、問題点を指摘するのではなく、近年のロボット産業の動向に関して、「日本」と「世界」の視点から比較分析する。

2. 産業用ロボットの産業構造

2.1 産業用ロボットの分類

製造業用産業ロボットを分類する方法として、ロボットを操作するプログラムの種類によ

る分類（教示方法別分類）、ロボットが行う作業種類に着目した分類（用途別分類）、およびアーム機構の関節配列に着目した分類（機能別分類）がある。自動車産業で多く用いられる溶接ロボットは、教示方法はプレイバックロボット、関節配列では垂直多関節ロボットに該当する。また、電子機械産業で多く利用される組立ロボットはスカラ型が多く、関節配列では極座標型の水平関節ロボットに該当する（みずほコーポレート銀行，2003，p. 13）²。多様な組立作業を行う機種では自立的な判断を行う知能ロボットも開発されている。通常、用途別分類の方が使用される産業や製造工程が判明し、一般的に理解しやすく、多く用いられるので、ここでもこの分類を用いる。

用途別に見ると、溶接・塗装用、組立用、ウエハ・半導体搬送用（以後、“ウエハ・液晶用”と略す）、その他に分かれる。溶接・塗装用にはアーク溶接、スポット溶接、塗装、シーリング、バリ取り、研磨仕上げロボットが含まれ、これらの市場は自動車分野への依存が高い。組立用にはバレータイジング、取り出し、直交型、スカラ型、小型垂直多関節、双腕、卓上型ロボットが含まれ、自動車や電機・電子分野で組立・搬送工程の自動化に利用される。まだ、組立・搬送工程は人手による作業が中心となっていることから、ロボット導入の潜在的な需要が大きく、今後、自動化ニーズが高まることで大幅な市場成長が期待される。ウエハ・液晶用は、半導体製造装置に付与して使用されるウエハ搬送ロボット、液晶パネルの製造工程において使用される液晶・PDP ガラス搬送ロボットが含まれる。以上で述べた用途のロボットは主に自動車、電機・電子分野で使用される。最後の分野はその他で、ロボット自体には大差はないが、用途が多岐にわたるため、上記3用途以外のロボットとしてまとめる。これら4分類のほかに、組立用から電子部品実装機を分離し、それを1つの独立した用途として取り扱う分類方法もある³。しかし、ここでは一般的に使用されている溶接・塗装用、組立用、ウエハ・液晶用、その他の4つの分類を使用する。

2.2 産業用ロボット産業の生産規模

産業用ロボット生産の推移を見ると、1970年頃から生産が始まり1991年まで右肩上がりで生産が拡大し、生産額は約6,000億円に達した。その後、バブル崩壊後の設備投資の低迷で生産は4,000億円程度で停滞し、1990年代は5,500億円水準を上下した。1999年からやや拡大し、2000年に6,475億円に達した。2001～02年には再度4,000億円水準まで落ちるが、その後の設備投資拡大により、2006年には7,000億円を若干超えるようになった（図1）。要約すると、産業用ロボットの生産が成熟期に達した1990年以降、生産額は5,500億円前後で推移してきたが、ここ数年旺盛な設備投資に支えられて7,000億円水準に達した。

生産額を用途別に見ると、組立用が圧倒的な割合を占め、次いで溶接・塗装用、そしてウエハ・液晶用となる。このウエハ・液晶用は、近年ではクリーンルーム用が主体となっている（図2）。ウエハ・液晶用は、半導体ウエハの大口径化が急速に進み、ロボットの需要が拡大し、組立用、溶接・塗装用に次ぐ大きな市場となってきた。2001年以降、日本に

におけるロボット生産の推移を見ると、溶接・塗装用、ウエハ・液晶用、その他は年率約 3.2% で伸びてきたが、組立用は 36% 以上の速さで伸び、これが生産拡大に大きく貢献してきた。

生産額を 2005 年工業統計表で見ると、3 桁分類ではロボット産業が現れず、より詳細な 4 桁分類ではじめて現れる（経済産業省、2008）。従業者 4～29 人規模事業所の生産額は 926 億円、原材料投入額は 438 億円、付加価値額は 465 億円である。また、従業者 30 人以上規模事業所の生産額は 4,876 億円、原材料投入額は 2,884 億円、付加価値額は 1,940 億円である。したがって、工業統計表で把握されるロボット産業の生産額は、5,802 億円、原材料投入額は 3,322 億円、付加価値額は 2,405 億円である。日本ロボット工業会による会員および非会員企業の出荷を集計した数値は 5,287 億円で工業統計表の出荷額数値よりやや小さい（日本ロボット工業会、2008b）⁴。

工業統計表でロボット産業として把握される事業所は、従業者規模が 4 人以上で、その生産額のうちロボットのシェアが 40% 以上か、また生産額のうちロボットのシェアが最大となる場合である。したがって、従業者規模が 3 人以下、またはロボット生産額がその基準に達しない事業所は、ロボット産業の事業所として把握されない。つまりこの統計の数値は、実際のロボット生産額より小さくなる。このため、捕捉されない部分があっても 2005 年の実際の生産額が 5,557 億円を大幅に上回る可能性はないと考えられる。日本ロボット工業会の発表した上記生産額数値は会員と非会員企業の出荷額を集計したものであるが、実態調査の回収率が 75% 前後であるため、工業統計表の出荷額よりさらに小さくなったものと考えられる。

2005 年の生産額を都道府県別に見ると、愛知は 958 億円 (17.2%)、福岡 724 億円 (13.0%)、山梨 652 億円 (11.7%)、佐賀 521 億円 (9.4%)、長野 454 億円 (8.2%)、神奈川 422 億円 (7.6%)、静岡 370 億円 (6.7%) となる。これらの 7 県の合計は 4,101 億円となり、全国生産額の 73.8% となる。このうち神奈川を除くと、ロボットの生産は中部・甲信地域と北部九州地域が中心であることが分かる（帝国書院、2008）。

2006 年における用途別に世界における主な企業の生産シェアを見ると、図 3 に示すようになる。これを見ると企業別の得意分野が分かる。溶接・塗装用での主要企業は、A 社、B 社（欧米企業）、C 社、D 社、E 社、F 社（欧米企業）などであり、上位 4 社のシェアが 67% となる。組立用の主要企業は J 社、K 社、C 社、L 社、M 社などであり、他の用途に比べて各企業のシェアが小さい。組立用は機能別にロボットの種類が多く、それぞれの企業が独自の得意分野を持っているため、各企業のシェアが小さくなる。これはこれに対して、ウエハ・液晶用では、A 社、P 社（欧米企業）、Q 社、D 社、M 社などである。これからも分かるように、A 社と D 社は溶接・塗装用とウエハ・液晶用に生産の重点を置き、C 社は溶接・塗装用と組立用に重点を置いている。

日本以外の主要メーカーとしては欧米企業が中心で、多関節ロボットに強い B 社、溶接ロボットに強い F 社が存在し、近年特に欧州を中心にシェアを急速に伸ばしてきた。これら以外に高性能組立ロボットの分野で非常に強い P 社、図 3 には表れていない U 社が存在

する。

3. 産業用ロボットの市場

3.1 産業用ロボット市場の現状

世界全体の市場を北米，欧州，日本を除くアジア（以後，アジアと略す），日本，その他地域に分けると，日本のロボット産業の 2006 年用途別市場は図 4 となる。溶接・塗装用の市場は，アジアのシェアが若干小さく，北米と日本が中心となる。組立用は，日本市場のシェアが 35%，アジアが 45%，北米が 16%，欧州が 15%となる。これに対して，ウエハ・液晶用では，欧州が約 1%，残りは北米，アジア，日本にほぼ 3 等分されている。その他は日本が約 72%，アジアが約 13%，北米が約 10%，欧州が約 5%となる。全体では日本が 41%，アジアが 39%，北米が 10%，欧州が 8%，その他が 2%となる（付図 1）。

国内市場と輸出市場の推移を見ると，ロボット産業の 2006 年出荷額は 7,304 億円，そのうち国内市場が 2,978 億円，輸出市場が 4,326 億円であった（図 1）。ここ 10 年間，国内市場の成長はほとんど成長していないが，輸出市場は年率約 22%で成長してきた。そのため，2002 年までは国内市場向けのシェアが 50%を超えていたが，2003 年以降，輸出向けのシェアが国内市場を上回り，2006 年には国内市場が 40.5%，輸出市場が 59.5%となり，ますます輸出市場の重要性が増してきた。輸出の推移を主要な輸出相手国別に見ると，台湾，韓国，中国，米国，ドイツが主要な相手国であり，2006 年では輸出額の約 80%を占める。2001 年以降，中国への輸出の拡大は著しく，台湾および韓国への輸出も急速に伸びてきた（付表 1）。これに対して，米国とドイツへの輸出は微増である（図 5 および付表 2～3）。

産業用ロボットは投資財であり，1990～2000 年の輸出の好調さは米国の好景気とそれに伴う旺盛な設備投資によるものであった。2001 年以降は米国への輸出が著しく減少したが（図 5 および付表 3），中国，台湾，韓国への輸出が大きく伸び，米国への減少分を補完するものであった。アジア地域では電機産業，プラスチック産業向けの組立用や特に樹脂成型工程で使用されるロボットが多い。近年では，受託製造を行う企業の多くが同地域に進出し，これら企業向け用途として組立用のうち，特に電子部品実装用ロボットの多くが輸出されている⁵。

ここで，アジア，北米，欧州の 3 地域における産業用ロボットの稼働台数の増加と，それぞれの地域への日本からの輸出の関係を見てみよう（図 6）。上パネルは各地域における産業用ロボット稼働台数の推移を示す。1985 年以降，アジアと北米はほぼ同じ年間 5,000 台程度のペースで稼働台数を増やしてきた。これに対して，欧州は年間 15,000 台程度のペースで稼働台数を増やしてきた。下パネルは，日本からの各地域への年間輸出台数を示す。アジアへは 1995 年に 11,500 台，2000 年には 14,600 台，2005 年には 27,600 台を輸出してきた。これに対して，欧州へは 1995 年には 4,900 台，2000 年には 10,200 台，2005 年には 10,700 台を輸出してきた。アジアでは，稼働台数の増加分をやや上回る台数が日本からは

輸入された。この意味は、産業用ロボットの新規設置だけでなく既存設備の更新においても、他国製から日本製のロボットへの交替が生じていたことを示す。逆に、欧州では、稼働台数の増加分は日本からの輸入台数をはるかに上回るものであった。これは、欧州市場においては、稼働台数中に占める日本製産業用ロボットのシェアが次第に低下していることを示している。北米においては、日本からの輸出台数が稼働台数の増加分をわずかに上回る程度であった。この含意は、アジアでは日本製ロボットの競争力があるが、欧州ではスイスの ABB、ドイツの KUKA の競争力が上昇して勢力を伸ばし、日本メーカーは市場シェアを失いつつあることを反映したものと考えられる。

3.2 産業用ロボットの今後の市場

今後の産業用ロボットの市場規模に関して、日本ロボット工業会の予測では、2010 年に 8,500 億円、2025 年には 4.4 兆円となっている（日本ロボット工業会、2005, pp. 31～33）。富士経済の予測では、2010 年の世界市場は 6,068 億円となる（富士経済、2007, p. 5）。これに対して、次世代ロボットビジョン懇談会は 2025 年の次世代ロボットのみの予測を行い、産業用ロボットの市場に関しては予測をせず、日本ロボット工業会の予測値をそのまま利用しているのが現状である（次世代ロボットビジョン懇談会、2004, p. 9）。いずれにしても、これらの予測に関する基礎が明示されていないため、コメントが困難である。ここでは、将来の市場規模そのものの予測を行わず、市場規模に影響する要因の分析に留める。

まず、1 つの重要な要因は労働力の雇用にかかる費用とロボットで人の労働を代替したときにかかる費用の関係である。ロボットの費用は、ロボット本体の価格、減価償却率、資本利子率、ロボットを運転する際にかかる費用、および維持管理費によって決まる。その中で、資本利子率、ロボットを運転する際にかかる費用および維持管理費は、ロボット使用方法により異なるためこれまでに実績を観測することは困難である。そこで、これまでのロボット 1 台当たりの価格と高校卒初任給の月額賃金（厚生労働省、2008）を比較してみよう（図 7 および付表 4）。ロボット 1 台当たりの価格も、機能や大きさの変化を無視した単に 1 台当たりの価格であり、本来であれば時系列的に単純に比較することは困難である。しかし、ここでは機能や大きさの変化を無視した単純な 1 台当たりの平均価格の推移を捉え、賃金率の変化と比較する。

最も価格低下の著しいのはスポット溶接ロボットで、1989 年価格を基準として、2006 年価格は約 60% 低下した。アーク溶接ロボットも約 25% 価格が低下した。しかし、組立用ロボットは逆に約 25% 上昇した。他方、賃金率も約 25% 上昇した。自動車産業で溶接ロボットの導入が著しく進展したのは、こうしたロボット価格の低下が大きく影響したものと考えられる。これに対して、生産現場において組立工程の自動化が遅れていると言われるのは、組立用ロボットの価格低下が起こらなかったのが一因であると考えられる。したがって、今後の市場拡大のためには、生産性上昇により組立用ロボットの価格を下げる事が重要であり、それにより自動車や電機・電子分野の組立工程で労働と産業用ロボッ

トの代替が起こり、組立工程の自動化が加速し、大きな市場成長が予想できる。

もう 1 つの要因は、今後ユーザーのニーズにあった、より精巧な人の労働力に代替する複雑な作業を可能にする製品を開発できるかどうかの技術的側面に依存する。少子高齢化、労働力不足、グローバル的な価格競争を背景に、組立工程の自動化ニーズは高まっており、より精巧に人手に近い動きを実現するロボットの需要は高まっている。こうした要求を満たすロボットの開発および実用化が、市場を飛躍的に拡大すると考えられる。このようなロボットの 1 例が、双腕ロボットおよび 7 軸以上の関節を持つロボットで、新しい関節構造により、より人手に近い動きを実現でき、従来人手に頼っていた作業工程への置き換えが可能なロボットと言われている。しかし、これはまだ研究開発や試作レベルの取組が中心で、2006 年から試験的に販売を始めたメーカーもあるが、まだ生産台数は少ない。

4. 産業用ロボットのコンポーネント産業

4.1 コンポーネント産業

主な産業用ロボットメーカーは、ロボット専門メーカーは少なく、重電機、工作機械、精密機械との兼業メーカーが多い。生産様式は他の一般機械や電気機械産業と同様に、ほとんどのコンポーネントを購入して組み立てるため、それらの生産と最終製品の組立との間に高度に分業が進んでいる。日本においては、ロボットの性能を左右する主要コンポーネントの生産においても技術力を持った企業も多く存在し、それらがこれまでのロボット産業の成長を支えてきた側面がある。それら主要コンポーネントは、各種センサー、アクチュエータ、減速機、制御装置などである（みずほコーポレート銀行，2003，p. 16）。センサーはロボット本体の状況と作業環境を把握するため取り付けられ、それ自体の状況把握には位置、角度、速度センサーが、作業環境の把握のためには光、温度、圧力、視覚センサーが用いられる。ロボットの用途拡大に伴う動作の複雑化のためには、今後さらに多くの量と種類のセンサーが必要となる。アクチュエータは、ロボットの関節機構に用いられる駆動装置であり、本体の姿勢制御、腕の位置や方向の制御、道具や加工物のハンドリングのために、揚力、応答性、信頼性などが要求される。今後、より人手に近い動きを実現するためには、当然 1 台当たりの使用個数が多くなる。減速機は、アクチュエータに使用されるサーボモータの回転数を減速し、トルクを増幅し、ロボットの関節や手の動きを目的に合わせる。このため、アクチュエータの数が増えるに伴い、減速機の数も増加する。最後の制御装置は、ロボットが行う多様な動作を電気信号に変換し、複数のアクチュエータの動きをロボット全体として協調・最適化する装置であるため、関節数が増加するに伴い、級数的に複雑になる。

ロボット産業の原材料投入額は、購入電力や燃料費を加えても 3,322 億円と小さく、産業自体が自動車産業と比較すると約 100 分の 1 程度の規模であり、自動車産業のように部品メーカーが協力工場として大々的に組織化されている様子でもない⁶。例えば、センサー

に関しては、得意分野に応じて多くのメーカーがあり、各種用途や性能のセンサーを生産していて、ロボットメーカーのためにだけ部品を製作しているのではない。ロボットメーカーは用途や性能により各種センサーを選択し、調達する。日本にはおいては機械産業の層が厚く、ロボットの性能を左右する重要コンポーネントの生産においても技術力を持った企業が多く存在し、この状況が今後急速に変化するとは思われない。

北部九州にも、多くの部品企業が存在すると考えられる。2003年6月に福岡県、福岡市、北九州市が設立したロボット産業振興会には142の企業が会員として登録されていて（ロボット産業振興会，2008），その中には、貿易商社や特許事務所のように明らかにロボット本体、部品および部材の生産に関わる企業でないものが数社あるが、それらを除くと主要部品や金属加工に関連する企業と考えられる⁷。

4.2 ロボット産業の波及効果

ロボット産業がコンポーネント産業などを通して他産業へ及ぼす影響と他産業から受ける影響について、産業連関表を用いて検討してみよう。産業連関分析における「影響力係数」は、ある産業の最終需要の増加が産業全体に対してどれだけ生産波及の影響を「与える」という相対的影響を示す指標である。また「感応度係数」は各産業の最終需要の増加に対してある産業がどれだけ影響を「受ける」という相対的影響を示す指標である。入手可能な2000年の104行×104列の産業連関表（総務省，2008）では、ロボット産業は一般機械の中に含まれているので、一般機械産業の一部として見なし試算する。その逆行列の列和は2.131（影響力係数は1.147），そして行和は1.468（感応度係数は0.788）である。すなわち、ロボット産業の影響力係数は平均以上で、事務用品、輸送機械、鉄鋼に次いで高くなっている。しかし、感応度係数は平均よりはるかに小さい数値である。これより、ロボットの需要が100万円増加すると、総需要は213万円増加する。逆に、各産業の需要が100万円増加した場合に、ロボットの需要は147万円増加することになる。工業統計表で見たロボット産業の2005年生産額が5,557億円であり、予期せぬ輸出増加によりその生産額が1割増加すると1,184億円（556億円×2.131）の生産増となるが、日本経済に全体に及ぼす効果としてはあまり大きい数値ではない。

5. 次世代ロボット産業の現状

5.1 次世代ロボットの分類

次世代ロボットは産業用以外に使用されるロボットの総称であり、産業用ロボットと同様に用途別に分類すると、家庭用と社会公共サービス用に分類される。前者は、エンターテインメント（ホビー用を含む）用、介護支援用、掃除用、監視・警備用、研究・教育用、イベント用などに分かれる。後者は、介護支援用、災害救援用、インフラ整備用、原発点検用、深海作業用等に分かれる。家庭用次世代ロボットは産業用ロボットと異なり、乗用

車と同様に耐久消費財としての性格が強く、一般個人の使用が主流となるため、次のような特徴が要求される。①一般個人でも購入可能な価格であることが重要である。②ロボットの知識を持たない一般個人でも簡単に使用でき、個々の購入者の生活環境や必要性に応じ、事前に想定しない多様な作業と無数の変化に対応できることが重要である。③一般個人の住宅内および市街地などを自由に移動できることが重要である。④一般個人と身近に接するため、安全への特別な配慮が重要である（ロボット政策研究会，2006，pp. 15～31）。

次世代ロボットの生産額は、工業統計表の4桁分類でもまだ把握することができない。その1つの理由は、次世代ロボットには専門メーカーがほとんどなく、玩具メーカー、総合電機メーカー、総合重機メーカー、輸送機械メーカー、精密機械メーカー、警備保障などのサービス業社などにより製作されていて、その生産額はそれぞれの産業に分類されるためである。もう1つの理由は、これまでの累計推定販売額が331億円で（シード・プランニング，2006，p. 83），年間の生産額は70億円程度と見込まれ（ロボット政策研究会，2006，p. 7），非常に小さく独立した産業としてまだ分類されていないためである。用途別に累計推定販売実績を見ると、最大が玩具を含むエンターテインメント用で約257億円，次が掃除用で約15億円，介護支援用で約11億円と続く（シード・プランニング，2006，p. 83）。これら以外は累計販売実績がまだ10億円未満で、生産額としては非常に小さい。したがって、次世代ロボットの現状は、まだ研究開発段階か、一部の用途を除くとまだ市場が形成されていないのが実情である。そのうち、ある程度市場が形成されているのが玩具ロボットを含むエンターテインメント用である。例えば、2007年11月末の国際ロボット博覧会においても、玩具メーカーであるタカラトミーのブースは集客力の大きいものの1つであり、片足立ち、サッカーボール蹴り、でんぐり返りができる二足歩行ロボット「オムニロボット17μアイソボット」はブースで3万円を切る価格で即売されていて、人気を呼んでいた。

5.2 次世代ロボットの需要予測

次世代ロボットビジョン懇談会が行った2025年の次世代ロボットの市場規模予測は7.2兆円，その内訳は、生活分野におけるロボット本体の市場規模が3.3兆円，医療福祉分野が9,000億円，公共分野が約5,000億円である。さらにこれに加えて、アプリケーションや教育事業，中古品販売の副次的産業の2.4兆円となっている（次世代ロボットビジョン懇談会，2004，p. 9）。これに対して、日本ロボット工業会予測（日本ロボット工業会，2005，p. 32）では、バイオ産業，公共，医療，福祉，生活分野で2010年に3兆円，2025年に8兆円となっている。これらの数値に対しても予測の基礎となる仮定や条件が示されていないため、コメントは困難である。次世代ロボットは一般家庭で使用される耐久消費財としての性格が強いため、汎用性と自動化の側面で、技術的に5.1で述べた①～④の問題が解決されなければ、急速な需要拡大が見込めず、現段階では需要予測をすることは無意味であると思われる。

6. 日本の産業用ロボット産業の今後の発展に向けて

ここまでの記述で既に明らかにした問題点を要約すると、次の4点に集約される。(1) 欧州市場では急速に欧州企業が勢力を伸ばし、日本メーカーは市場シェアを失いつつある。

(2) 今後どの程度のスピードで、重要コンポーネントの要素技術をさらに進化させて、より人間の労働に近い複雑な作業が可能になるか。(3) 溶接用ロボットの価格低下が激しい(図6)。これに対して、組立用ロボットの価格は安定的に推移し、需要は急速に伸びている。(4) 次世代ロボットの分野においては、今後まだ多くの技術的な問題を解決することが必要であると共に、ニーズの調査や開発も重要である。

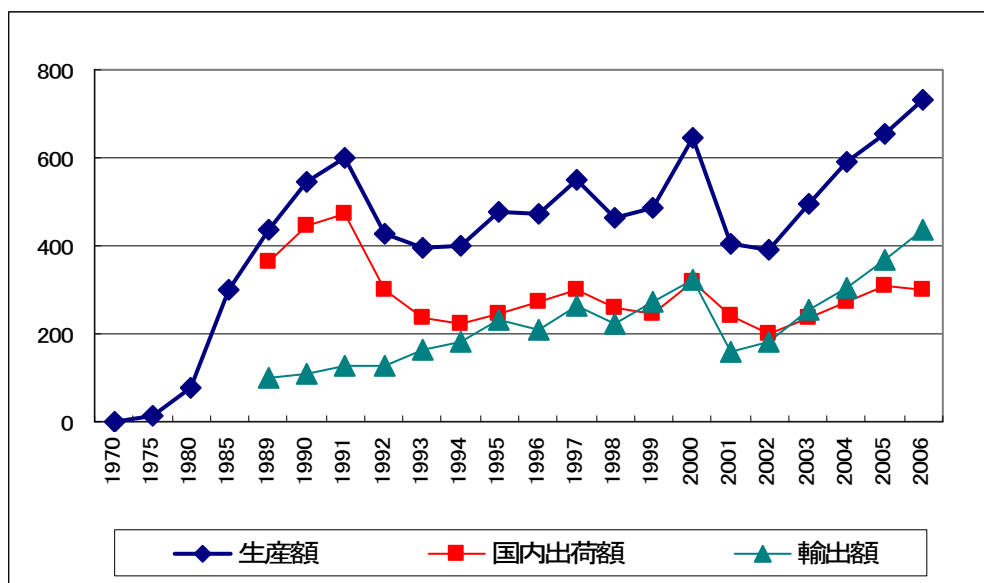
ここでは産業用ロボットを中心に論じてきたため、最初の3点について述べてみよう。まず、欧州市場の問題に関しては、こうした状況が続けば、さらにアジア市場においても欧州産業用ロボットメーカーが積極的に進出してくる可能性がある。そこで、欧州市場で日本メーカーのシェア減少がなぜ生じているかを、より詳細に調査する必要があるだろう。その上で、日本メーカーは何をすべきであるかを、技術的側面だけでなく、販売網の強化、保守点検サービス網の構築など総合的な対策が必要であると考ええる。上記(2)と(3)は基本的に同じ問題である。第3節でも見たように、現在の市場動向は急速に組立用ロボットの需要拡大へとシフトしている。これに対応するためには、より人手に近い動きを実現でき、従来人手に頼っていた作業工程への置き換えが可能な製品を市場に供給できるよう開発体制を整備することが重要である。それにより、従来ロボットを使用してきた機械製造業だけでなく、他の製造業、農林水産業、建設業、サービス業、原子力分野、福祉分野、医療分野、災害対策の分野などにおいて、いわゆる「次世代ロボット」の利用範囲が拡大し、今後のロボット産業の発展が可能になってくると考えられる。

-
- ¹ ロボット産業の場合、部品単体より、部品の集合体であるセンサーや関節機構などが重要となるため、ここではそれらを“コンポーネント”と呼ぶことにする。
 - ² 教示方法別分類では、シーケンスロボット、プレイバックロボット、知能ロボット、遠隔操作ロボットなどに分類される。用途別分類では、電子部品実装、溶接、樹脂成形、マテリアルハンドリング、クリーンルーム内作業用、その他に分類される。最後の機能別分類では、直角座標型、円筒座標型、極座標型などに分類される。極座標型には、水平関節型と垂直関節型がある。
 - ³ 電子部品実装機とは、プリント基板上に形成された電子回路に、IC やコンデンサーなどの部品を高速かつ高精度でセットする産業用ロボットである。
 - ⁴ 日本ロボット工業会には46社の産業用ロボットおよび次世代ロボットのメーカーが正会員として登録されている。工業会が行う実態調査は非会員企業も調査対象となっている（日本ロボット工業会，2007，p. 1）。
 - ⁵ 電子部品実装用は組立用の中に含まれるが、スカラ型が多いため、このように呼ばれることがある。
 - ⁶ 聞き取り調査の結果では、各ロボットメーカーにおいても協力工場を組織し、定期的に情報を交換し、新製品の開発や生産計画の実現に努めている。しかし、自動車産業のように研究されていないため、まだが協力工場組織の構造が解明されていない。
 - ⁷ この中には、大電株式会社（<http://www.dyden.co.jp>）のようにロボット用ケーブルでは国内第1位のシェアを持つ重要なメーカーも含まれている。

[参考文献]

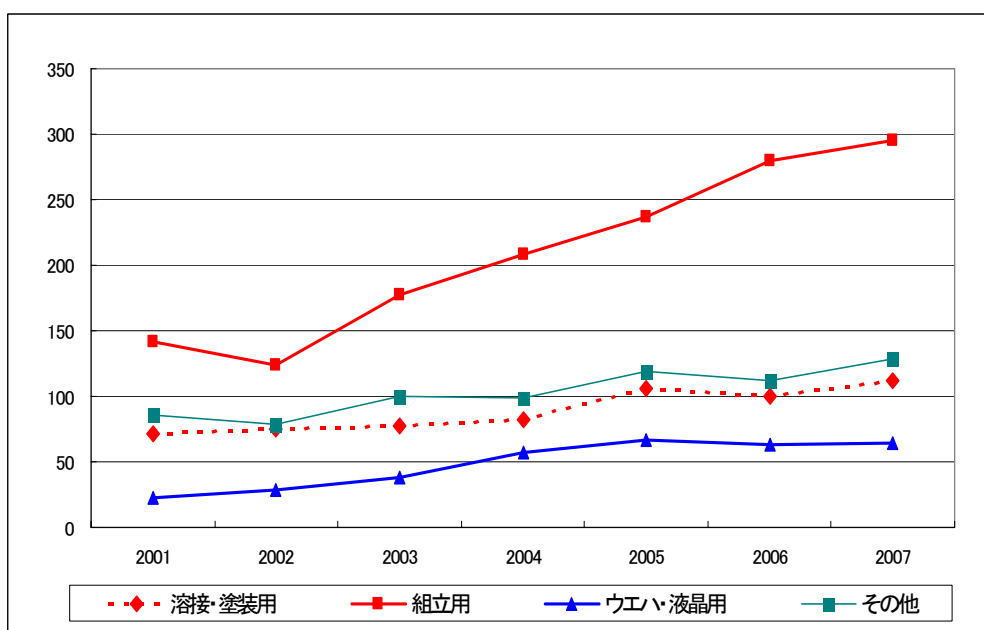
- 経済産業省 (2008), 『平成 17 年 (2005 年) 度産業細分類別工業統計表』
(<http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/kougyo/index.html>).
- 厚生労働省 (2008), 「賃金構造基本調査報告書」
(<http://www.dbtk.mhlw.go.jp/toukei/kouhyo/indexk-roudou.html>).
- シード・プランニング (2006), 『パートナーロボットの最新市場動向と重要技術・パーツ動向』.
- 次世代ロボットビジョン懇談会 (2004), 『2025 年の人間とロボットが共存する社会に向けて』.
- 総務省 (2008), 「平成 12 年 (2000 年) 産業連関表 (確報)」
(<http://www.stat.go.jp/data/io/index.htm>).
- 帝国書院 (2008), 「産業用ロボットの生産 (2005 年)」
(<http://www.teikokushoin.co.jp/statistics/japan/index73.html>).
- 日本経済新聞 (2008), 「自ら育つ技術」2008 年 1 月 1 日, p. A1.
- 日本ロボット工業会 (2005), 『ロボットハンドブック』.
- 日本ロボット工業会 (1999, 2002, 2004, 2007), 『マニピュレータ, ロボットに関する企業実態調査報告書』.
- 日本ロボット工業会 (2008a), 「履歴データ」(<http://www.jara.jp/>).
- 日本ロボット工業会 (2008b), 「年間統計推移表」(<http://www.jara.jp/>).
- 日本ロボット工業会 (2008c), 「世界産業ロボット稼働台数」(<http://www.jara.jp/>).
- 日本ロボット工業会 (2008d), 「日本のロボット産業」(<http://www.jara.jp/>).
- 富士経済 (2007), 『2007 ワールドワイド FA ロボット/RT 関連市場の現状と将来展望』.
- みずほコーポレート銀行 (2003), 「ロボット産業の現状と展望」『みずほ産業調査』2003, No.8, 11.
- ロボット産業振興会 (2008), (<http://www.f-robot.com/>).
- ロボット政策研究会 (2006), 「ロボット政策研究会報告書～RT 革命が日本を飛躍させる」2006 年 3 月.

図 1. 日本における産業用ロボットの生産額，国内出荷額，輸出額（単位：10 億円）



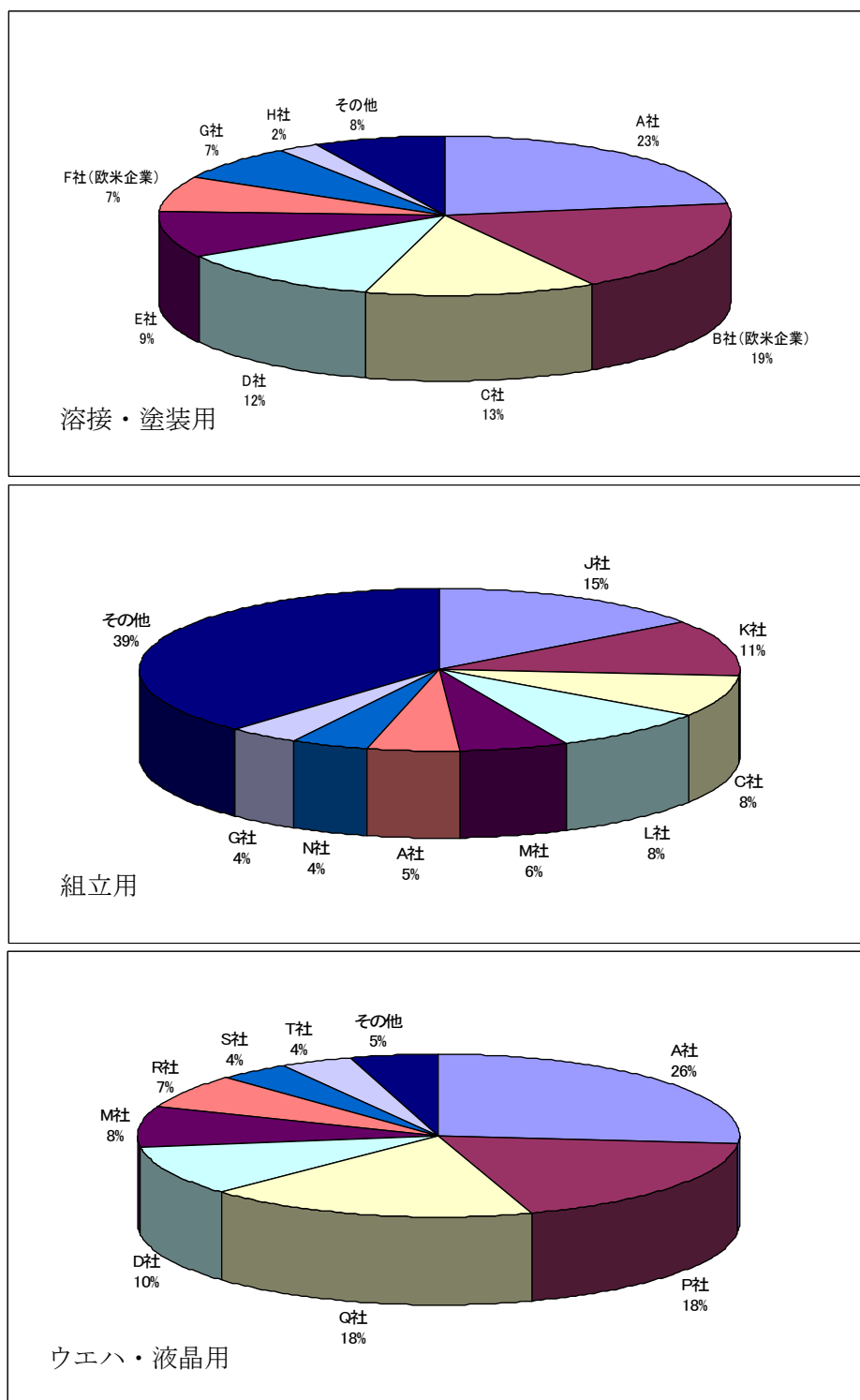
（出所）日本ロボット工業会（1999，2002，2004，2007）

図 2. 日本における用途別ロボットの生産額の推移（単位：10 億円）



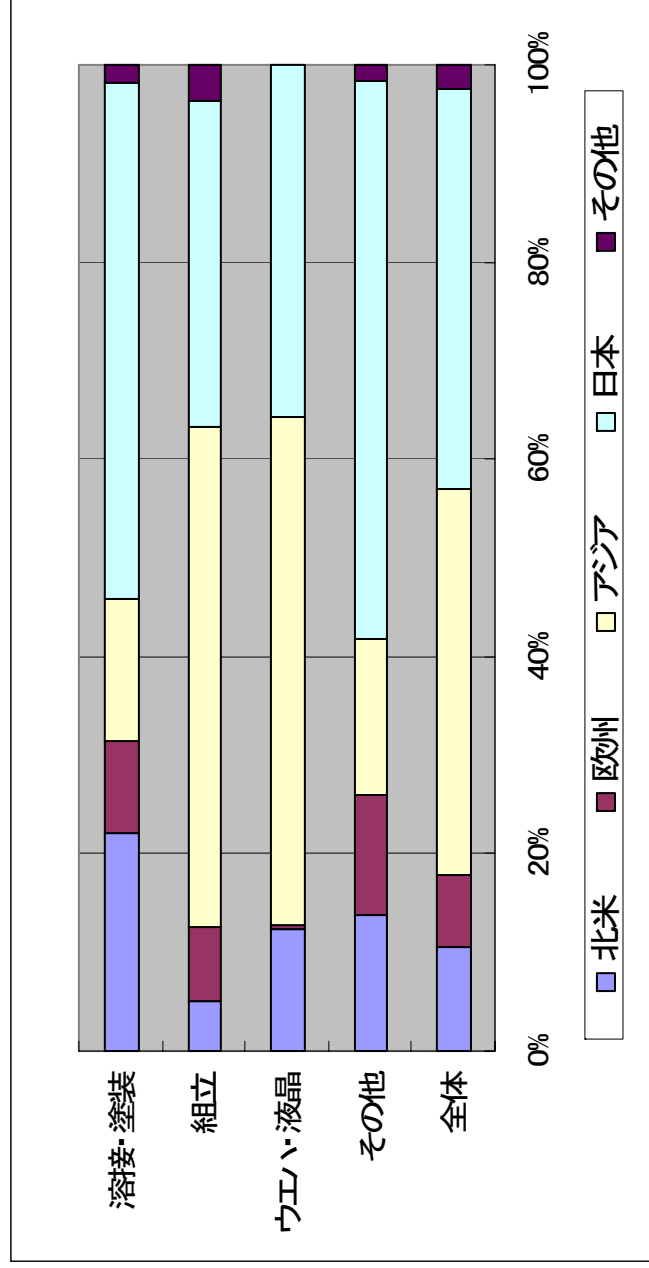
（出所）日本ロボット工業会（2008a）

図 3. 用途別産業用ロボットの主要メーカーのシェア



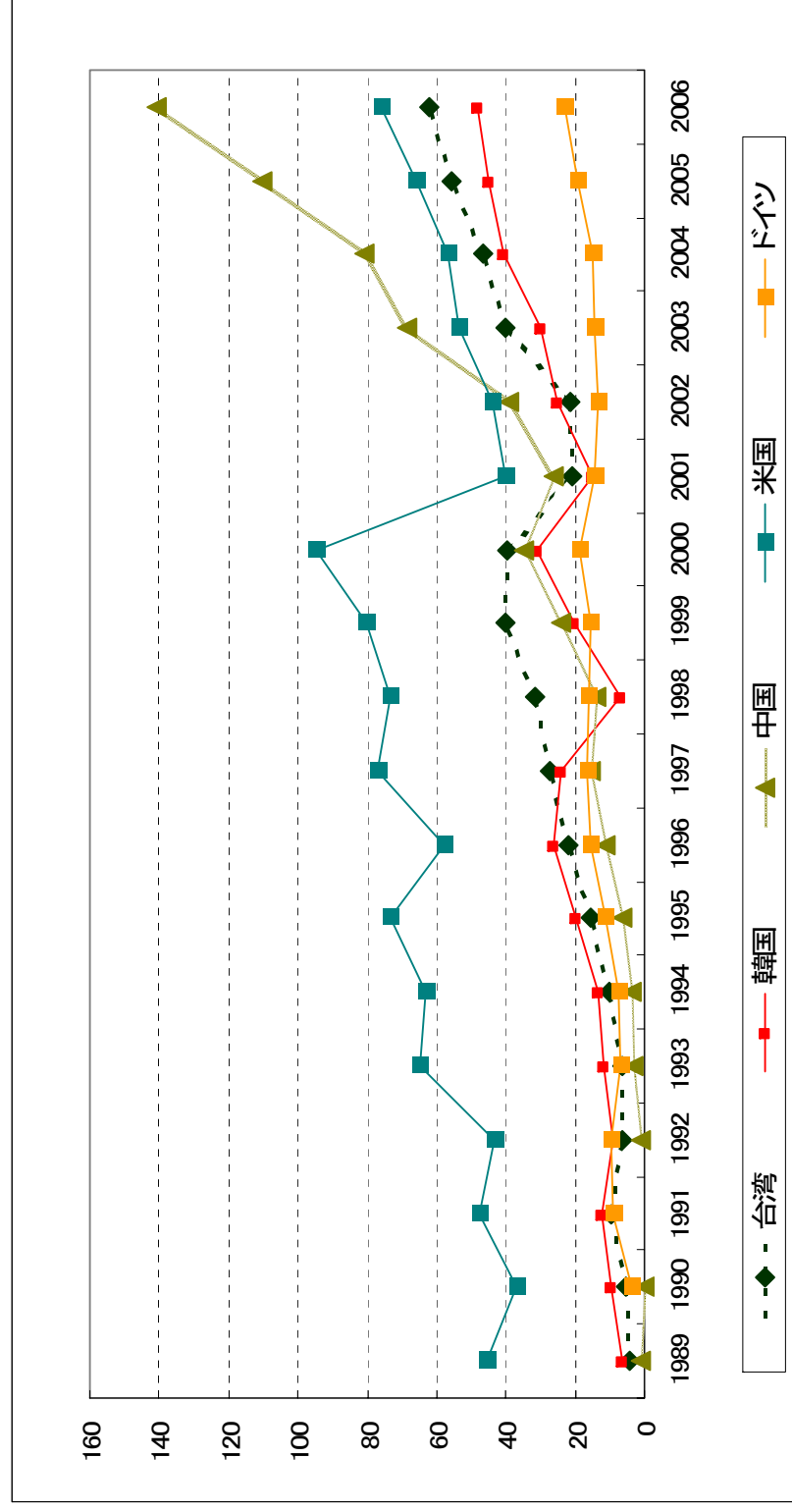
(出所) 富士経済 (2007, p. 7, p. 9, p. 11)

図 4. 日本におけるロボット産業の主要輸出国シェア



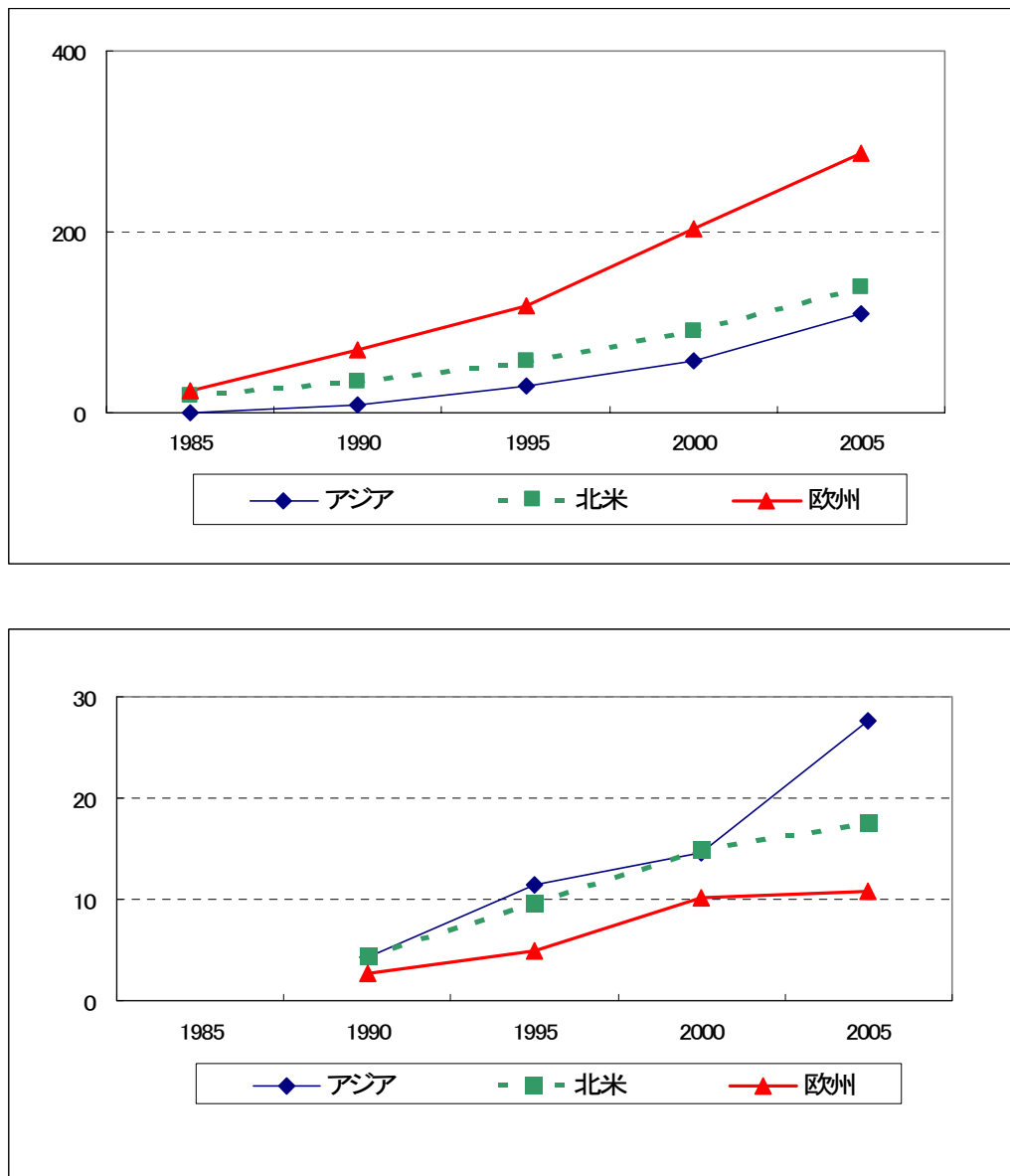
(出所) 日本ロボット工業会 (2007, pp. 64～65)

図 5. 主要輸出相手国別輸出額の推移 (単位: 10 億円)



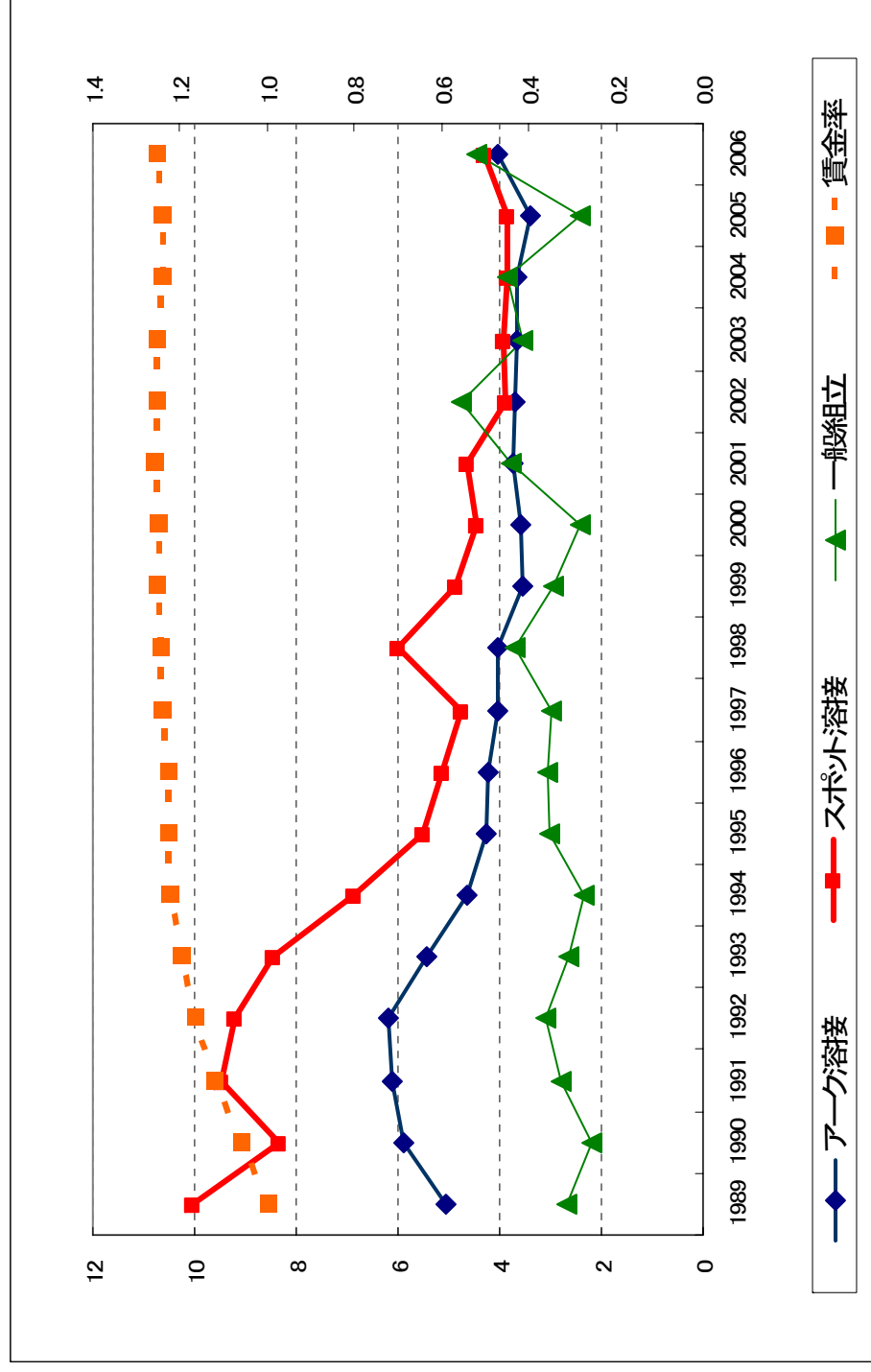
(出所) 日本ロボット工業会 (1999, 2002, 2004, 2007)

図 6. 地域別ロボット稼働台数と日本からの輸出台数（単位：1,000 台）



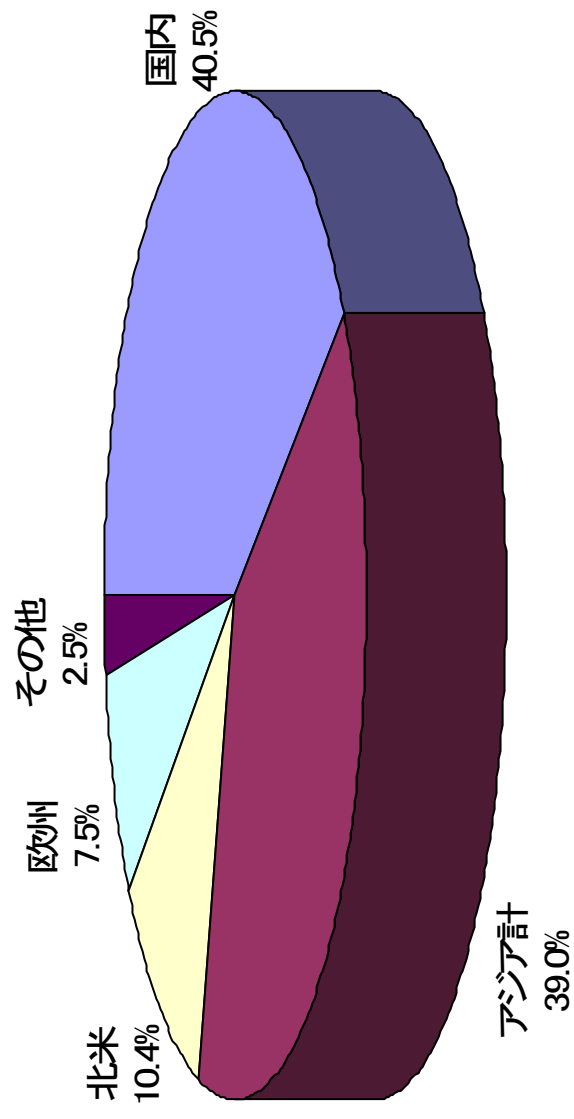
（出所）日本ロボット工業会（1999，2002，2004，2007，2008c）

図 7. 産業用ロボット 1 台当たりの価格と賃金率指数 (左＝価格, 単位: 百万円, 右＝賃金率指数, 単位: 1989=1.0)



(出所) 日本ロボット工業会 (1999, pp. 28～47, 2007, pp. 26～45), 厚生労働省 (2008)

付図 1. 日本におけるロボット産業の販売先シェア



(出所) 日本ロボット工業会 (2007, pp. 64～65)

付表 1. 日本ロボット産業からアジア諸国への輸出額と輸出台数

	韓国	香港	台湾	シンガポール	フィリピン	インドネシア	インド	タイ	マレーシア	中国	ベトナム	その他	合計
輸出額 (百万円)	1989 6,607	973 1,455	4,252 5,454	3,709 5,022	6 88	34 174	140 87	287 706	732 1,731	977 109		5,109 9,577	22,826 33,864
	1990 9,461	1,775 9,764	6,497 77	6,497 77	77 652	258 151	60 34	1,126 938	2,136 3,139	489 1,210		10,594 13,571	45,266 44,004
	1991 12,490	3,255 7,386	6,319 6,620	5,708 528	652 444	113 464	159 267	849 1,864	4,681 7,617	3,004 3,533		23,355 29,627	59,828 76,216
	1992 9,027	1,262 973	10,050 8,019	8,019 444	444 2,070	692 1,611	260 719	3,919 5,666	12,679 7,031	6,234 11,090	477	23,957 10,029	97,708 99,728
	1993 11,871	4,207 3,796	22,138 9,116	9,116 4,646	1,924 4,646	2,546 341	341 428	4,550 3,057	11,444 7,896	15,619 13,703	685 247	12,435 8,391	116,421 87,184
	1994 13,358	3,134 3,804	31,435 40,337	7,505 10,479	3,109 3,100	1,395 1,545	428 972	3,057 3,995	7,896 8,271	13,703 24,250	247 403	8,391 12,097	87,184 129,768
	1995 20,048	4,542 2,852	39,758 21,115	14,539 5,658	3,100 1,885	2,620 778	1,287 451	6,759 3,187	12,271 6,112	35,010 26,072	274 107	1,916 810	155,457 84,139
	1996 26,179	6,016 21,575	21,575 4,793	5,658 4,793	1,885 1,938	778 1,019	451 382	3,187 4,951	6,112 4,158	26,072 39,254	107 78	810 1,478	84,139 110,788
	1997 23,830	3,342 40,001	4,732 40,001	4,732 1,806	1,938 1,806	1,019 1,789	382 636	4,951 6,055	4,158 5,651	39,254 68,634	78 132	1,478 5,715	110,788 16,218
	1998 6,884	7,110 46,660	6,186 1,763	1,763 1,806	1,806 1,763	2,017 2,017	1,247 1,247	6,055 6,670	5,651 6,127	68,634 80,609	132 439	5,715 2,100	16,218 201,332
	2000 31,303	2,251 55,520	55,520 3,894	3,894 3,746	3,746 3,037	3,037 2,233	1,888 4,950	11,091 9,758	7,857 8,205	110,362 140,995	1,080 1,317	2,623 2,805	248,047 286,987
	2001 15,111	481 369	62,255 758	3,626 758	2,065 2	2,233 19	4,950 6	9,758 90	8,205 129	140,995 105	1,317 105	2,805 278	286,987 3,481
輸出台数 (台)	1989 1,157	369 300	568 745	758 833	2 20	19 44	6 11	90 146	129 211	105 32		278 623	3,481 4,351
	1990 1,386	281 1,087	1,087 593	833 593	20 17	44 50	11 4	227 227	211 248	32 54		623 723	4,351 4,952
	1991 1,668	359 834	834 808	593 808	31 31	50 35	4 9	227 227	248 259	54 114		723 839	4,952 4,860
	1992 1,345	201 935	935 1,068	808 1,068	31 44	35 41	9 5	227 205	259 321	114 376		839 1,722	4,860 6,730
	1993 1,812	205 1,129	1,129 1,348	1,068 1,348	44 28	41 60	5 14	205 377	321 471	376 302		1,722 1,881	6,730 7,786
	1994 1,971	379 1,355	1,355 1,437	1,348 1,437	28 150	60 69	14 34	377 680	471 847	302 772		1,881 2,075	7,786 11,461
	1995 3,663	539 1,369	1,369 1,256	1,437 1,256	151 151	69 206	34 27	680 735	847 569	772 930	18	2,075 1,061	11,461 10,267
	1996 3,406	642 1,836	1,836 1,400	1,256 1,400	264 284	441 441	62 62	735 530	569 708	930 1,235	39	1,061 1,252	10,267 11,283
	1997 2,874	416 2,268	2,268 674	1,400 674	246 246	100 100	51 51	530 370	708 470	1,235 851	31	1,252 736	11,283 6,880
	1998 667	591 4,179	4,179 887	674 887	246 282	100 120	51 70	370 343	470 601	851 1,348	31	736 1,008	6,880 11,550
	1999 2,082	667 4,389	4,389 1,485	887 1,485	282 361	120 196	70 113	343 614	601 848	1,348 2,752	39	1,008 265	11,550 14,626
	2000 2,900	427 1,823	1,823 614	1,485 614	361 104	196 90	113 68	614 471	848 365	2,752 2,014	36	265 252	14,626 8,544
	2001 2,286	683 2,121	2,121 759	614 759	104 113	90 145	68 68	471 782	365 456	2,014 4,119	30	252 278	8,544 12,416
	2002 2,851	500 4,716	4,716 836	759 836	113 143	145 227	68 207	782 970	456 625	4,119 8,142	41	278 873	12,416 21,780
	2003 4,510	1,191 5,677	5,677 789	836 789	143 225	227 319	207 352	970 1,238	625 374	8,142 7,771	31	873 732	21,780 25,578
	2004 6,815	340 4,900	4,900 604	789 604	225 294	319 299	352 455	1,238 1,982	374 496	7,771 9,975	95	732 644	25,578 27,598
	2005 7,463	57 6,474	6,474 460	604 460	294 226	299 195	455 516	1,982 1,423	496 443	9,975 12,084	146	644 989	27,598 29,790
	2006 6,733										190		29,790

(出所) 日本ロボット工業会 (1999, 2002, 2004, 2007)

付表 2. 日本ロボット産業から欧州諸国への輸出台数と輸出額

	イギリス	イスラエル	オーストラリア	オランダ	スイス	アイルランド	デンマーク	ベルギー	ドイツ	フランス	イタリア	フィンランド	スウェーデン	ノルウェー	スペイン	その他	合計
輸出額	1989	3,707		55	2,011	222	32	158	95	3,991	2,152	1,002	1,470		612	3,482	18,989
(百万円)	1990	4,568		98	1,951	198	181	16	768	3,264	2,543	652	985		988	4,594	24,819
	1991	5,634	92	253	2,166	390	1,707	313	302	9,045	3,037	178	1,344	29	1,209	2,467	29,976
	1992	5,098	318	749	2,465	367	321	459	1,113	9,550	3,156	606	1,444	139	584	3,355	33,177
	1993	9,255	234	322	2,131	183	257	129	181	7,185	2,662	1,238	1,620	58	259	3,851	32,061
	1994	5,500	378	700	317	807	272	516	332	7,371	3,200	2,688	2,189	202	907	5,534	33,470
	1995	7,286	52	36	4,352	1,096	1,268	678	729	11,392	3,411	2,300	3,015	106	799	3,322	45,661
	1996	5,564	216	341	3,181	1,372	220	208	419	15,482	1,576	1,449	525	152	1,246	2,577	36,783
	1997	8,776		120	5,925	1,404	1,355	406	155	16,643	4,309	2,228	2,113		1,035	4,183	51,963
	1998	6,999		392	5,747	1,909	239	845	806	16,161	5,131	2,508	3,932		757	4,173	53,320
	1999	4,821		205	6,471	1,196	1,512	553	17	15,416	2,938	3,374	4,522		1,138	3,807	48,494
	2000	4,539		76	8,016	2,351	2,371	81	209	18,515	5,097	2,900	596		585	3,481	54,629
	2001	1,988		307	3,729	815	190	54	56	14,435	787	2,271	595		223	1,233	31,134
	2002	1,755		81	1,496	223	7	46	102	13,412	647	894	13		186	1,452	23,665
	2003	2,064		324	1,364	94	7	28	8	14,333	456	1,350	113		430	4,128	28,786
	2004	4,364		4	1,851	594	55	37	64	14,925	768	1,410	114		419	5,153	35,117
	2005	2,828		198	633	110	218	152	174	19,431	1,274	1,393	1,273		443	7,131	42,649
	2006	2,120		652	432	164	170	90	238	22,849	1,824	1,870	1,535		507	18,001	55,132
輸出台数	1989	289		2	242	49	5	24	2	334	280	109	215		49	194	1,794
(台)	1990	312		9	307	37	11	39	18	593	401	378	179	1	68	267	2,657
	1991	327	2	13	234	43	43	7	10	1,394	233	536	19	2	92	186	3,337
	1992	255	8	26	292	53	8	26	24	1,570	293	659	37	3	78	162	3,646
	1993	203	5	6	352	22	5	35	4	1,215	176	469	68	1	63	236	3,038
	1994	260	7	12	27	88	7	24	5	1,309	204	427	100	5	59	394	3,116
	1995	291	5	2	377	111	26	28	19	2,208	374	470	515	2	180	173	4,897
	1996	315	5	5	407	138	5	12	9	3,406	106	467	31	5	65	215	5,694
	1997	618		1	800	114	26	9	5	3,123	305	769	785		62	277	6,950
	1998	404		10	652	158	5	21	16	3,211	317	818	973		89	152	6,930
	1999	478		38	586	104	51	38		3,969	198	677	1,047		90	190	7,587
	2000	551		1	759	222	87	16	6	5,631	497	650	1,547		33	138	10,155
	2001	223		7	322	81	9	3	3	4,424	301	374	1,551		9	143	7,469
	2002	340		21	149	32	3	5	3	4,396	76	203	1,314		21	306	6,871
	2003	220		18	133	13	1	2	1	4,901	31	455	1		40	673	8,037
	2004	599		5	186	66	6	6	4	4,948	90	589	3		34	574	8,876
	2005	316		9	103	12	20	48	5	5,935	74	642	34		25	660	10,731
	2006	211		13	120	4	14	10	8	6,553	82	591	93		19	1,682	10,963

(出所) 日本ロボット工業会 (1999, 2002, 2004, 2007)

付表 3. 日本ロボット産業から米国とカナダへの輸出額と輸出台数

	米 国	カナダ	合 計
輸出額 (百万円)			
1989	45,318	619	45,937
1990	37,187	1,326	38,513
1991	47,551	502	48,053
1992	43,208	3,488	46,696
1993	64,730	974	65,704
1994	63,139	1,050	64,189
1995	73,450	1,705	75,155
1996	57,842	2,067	59,909
1997	77,097	2,014	79,111
1998	73,361	1,364	74,725
1999	80,471	1,634	82,106
2000	94,716	1,721	96,437
2001	40,120	752	40,872
2002	43,676	1,364	45,040
2003	53,357	2,436	55,792
2004	56,767	811	57,578
2005	65,670	967	66,637
2006	75,978	815	76,793
輸出台数 (台)			
1989	5,219	78	5,297
1990	4,374	68	4,442
1991	5,070	41	5,111
1992	4,911	392	5,303
1993	7,089	68	7,157
1994	7,582	57	7,639
1995	9,446	173	9,619
1996	8,943	154	9,097
1997	11,978	121	12,099
1998	11,160	80	11,240
1999	13,734	47	13,781
2000	14,733	139	14,872
2001	8,094	151	8,245
2002	10,788	337	11,125
2003	12,590	234	12,824
2004	16,143	175	16,318
2005	17,429	127	17,556
2006	17,592	127	17,719

(出所) 日本ロボット工業会 (1999, 2002, 2004, 2007)

付表 4. 学歴別新規卒業者の 1 ヶ月当たり賃金率

年	男				女			
	大	卒	高専・短大卒	高 卒	大	卒	高専・短大卒	高 卒
企業規模計	千円	(%)	千円	(%)	千円	(%)	千円	(%)
1976	94.3	(.)	82.2	(.)	76.9	(.)	81.0	(.)
1977	101.0	(7.1)	87.9	(6.9)	81.9	(6.5)	86.6	(6.9)
1978	105.5	(4.5)	93.0	(5.8)	85.9	(4.9)	90.7	(4.7)
1979	109.5	(3.8)	95.8	(3.0)	88.6	(3.1)	93.0	(2.5)
1980	114.5	(4.6)	100.7	(5.1)	92.8	(4.7)	97.4	(4.7)
1981	120.8	(5.5)	106.5	(5.8)	98.4	(6.0)	102.6	(5.3)
1982	127.2	(5.3)	111.2	(4.4)	103.4	(5.1)	106.9	(4.2)
1983	132.2	(3.9)	116.8	(5.0)	106.2	(2.7)	109.7	(2.6)
1984	135.8	(2.7)	120.0	(2.7)	108.8	(2.4)	113.0	(3.0)
1985	140.0	(3.1)	123.6	(3.0)	112.2	(3.1)	117.0	(3.5)
1986	144.5	(3.2)	126.5	(2.3)	115.4	(2.9)	120.5	(3.0)
1987	148.2	(2.6)	128.3	(1.4)	118.1	(2.3)	122.7	(1.8)
1988	153.1	(3.3)	132.3	(3.1)	120.3	(1.9)	125.8	(2.5)
1989	160.9	(5.1)	138.4	(4.6)	125.6	(4.4)	131.7	(4.7)
1990	169.9	(5.6)	145.4	(5.1)	133.0	(5.9)	138.1	(4.9)
1991	179.4	(5.6)	155.1	(6.7)	140.8	(5.9)	146.5	(6.1)
1992	186.9	(4.2)	160.9	(3.7)	146.6	(4.1)	152.4	(4.0)
1993	190.3	(1.8)	165.1	(2.6)	150.6	(2.7)	155.6	(2.1)
1994	192.4	(1.1)	166.6	(0.9)	153.8	(2.1)	157.7	(1.3)
1995	194.2	(0.9)	165.1	(-0.9)	154.0	(0.1)	158.7	(0.6)
1996	193.2	(-0.5)	166.8	(1.0)	154.5	(0.3)	158.7	(0.0)
1997	193.9	(0.4)	168.9	(1.3)	156.0	(1.0)	161.0	(1.4)
1998	195.5	(0.8)	168.8	(-0.1)	156.5	(0.3)	161.8	(0.5)
1999	196.6	(0.6)	170.3	(0.9)	157.6	(0.7)	162.2	(0.2)
2000	196.9	(0.2)	171.6	(0.8)	157.1	(-0.3)	163.6	(0.9)
2001	198.3	(0.7)	170.3	(-0.8)	158.1	(0.6)	163.8	(0.1)
2002	198.5	(0.1)	169.5	(-0.5)	157.5	(-0.4)	164.3	(0.3)
2003	201.3	(1.4)	169.8	(0.2)	157.5	(0.0)	163.5	(-0.5)
2004	198.3	(-1.5)	170.7	(0.5)	156.1	(-0.9)	164.2	(0.4)
2005	196.7	(-0.8)	170.3	(-0.2)	155.7	(-0.3)	164.2	(0.0)
2006	199.8	(1.6)	171.2	(0.5)	157.6	(1.2)	166.8	(1.6)
2007	198.8	(-0.5)	171.2	(0.0)	158.8	(0.8)	166.9	(0.1)
					191.4	(0.3)		

(出所) 厚生労働省 (2008)