産業用ロボットの現状と将来*

赤 堀 寛**
若 松 清 司***

展 望

1. はじめに¹⁾

戦後、産業のいろいろな分野でオートメーションが採用された。とりわけ鉄鋼や化学などのプロセス産業では、オートメーション化が最も早く進行し、1970年代にはほぼ完成の域に達している。こうした装置産業では、基本的には生産システムの柔軟性がそれほどは問題とされないし、温度とか圧力の測定値に基づいてバルブなどを操作することなどがポイントとなるために、早期にオートメーション化が完成したものと考えられる。一方、自動車や電機などの加工、組立産業では、塗装や溶接といった熟練労働者の巧緻な手作業に頼る作業が多いために、自動化を進めるには、人間の動作を真似ることのできるさまざまなタイプの機械を開発する必要があったが、その実用化は技術的にも経済的にも簡単ではなかった。

組立産業の自動化を推進した主役が産業用ロボットである。我国に産業用ロボットが初めて登場したのは昭和42年であるが、その後オイルショックの一時期を除けば、産業用ロボットの生産台数は一貫して増え続け、とくに昭和54年以降の伸びが顕著である。昭和55年は、産業用ロボットの普及が本格化した年ということで、ロボット元年とも呼ばれている。このような産業用ロボットの普及は、以下に述べるような社会的要請および技術の進歩によることが大きい。

近年、我国の産業界では若年労働者や熟練労働者の不足が深刻化するとともに、単純繰返し労働や悪い環境下での労働を忌避する傾向が強まっていた。

このためロボット導入の経済性が向上すれば、それが爆発的に普及する下地が十分に醸成されていた。労働者1人当りの人件費が年々上昇するのに対し、産業用ロボットの価格は逆に低下し続け、その結果、ロボット平均単価が1人当り年間労務費とあまり変わらないところまできた。

熟練労働者の代役を果たすことのできるほどすぐれた産業用ロボットを低価格で供給できるようにした要因は、マイクロプロセッサを核とするマイクロエレクトロニクスの急速な発展である。たとえば、産業用ロボットは自身の行うべき動作内容を記憶したり、視覚や触覚などの感覚情報を処理したりすることが必要であるが、これらはマイクロエレクトロニクス製品の低価格化によって実用可能になったといえよう。

本稿では、まず産業用ロボットの現状について述べ、次いで産業用ロボットの高度化の方策について筆者らが属する電総研で行ってきた研究例などを挙げながら説明する。

2. 産業用ロボットの現状

2.1 産業用ロボットとは

「ロボット」という言葉にははっきりした定義がないというのが定説になっているが、「産業用ロボット」に限っていえば、「人間の四肢（腕や手）の動作機能に類似した自由度の高い動作機能を有するか、または感覚機能および認識機能によって自律的に行動できるもの」というあたりがその一般的な定義のようである。これとても国際的に統一された

* Today and Future of Industrial Robots.

** H. Akahori, 電子技術総合研究所 制御部 システム制御研究室長

*** S. Wakamatsu, 電子技術総合研究所 制御部長

ものではない。

ロボットを開発する目的は、人間に似た機能をする機械を作り、人間の命令どおりに動かして仕事をさせることであろう。そうであるならば、ロボットは少なくとも図1に示すような3つの機能²⁾、つ

図1 ロボットに必要な機能

まり人間の手や足に相当する運動機能、五感に相当する感覚機能、頭脳に相当する人工知能を持つことが望ましい。ところが現在の産業用ロボットの多くは、対象物をつかみ、移動させるための腕および手の機能のみを実現したものである。人間の足に相当する移動機構や視覚・触覚に相当する外界センサを備えたものはまだ少数であり、腕および手が産業用ロボットの基本要素である。したがって、以下では腕および手の機能の現状について説明する。

2.2 産業用ロボットの構成¹⁾

腕および手の機能に相当する部分はマニピュレータと呼ばれている。JISではこれをなぜか「マニピレータ」と呼び、「人間の上肢の機能に類似した機能を持ち、対象物を空間的に移動させるもの」と定義している。マニピュレータはいくつかの関節（自由度とも呼ぶ）から構成される。関節にはリンクが回転する型のものと伸縮する型のものがある。マニピュレータの先端が三次元空間内で任意の位置と姿勢をとることができるためには、最低6個の関節（自由度）が必要であるが、実際のマニピュレータの関節の数は4～7程度で用途に応じて決められる。どういう種類の関節をどういう順序で配置するかによって動きの形態が異なつたものになる。一般的に使われているマニピュレータの自由度構成を図2に示す。(a)の直交座標形は前後、上下、左右方向に直線関節を配置したものである。動作の指定を

図2 マニピュレータの自由度構成

直観的に容易に行うことができるが、設置面積が大きくなるという欠点がある。(b)の円筒座標形は、上下直線運動、旋回運動、半径方向直線運動の組み合わせからなる。このタイプの産業用ロボットとしてはパーサトラン³⁾などがある。(c)の極座標形は、旋回と上下のあおりの回転運動、半径方向の伸縮運動の組み合わせからなる。このタイプのものとしてはユニメート⁴⁾などが知られている。(d)のスカラ形は、鉛直方向に回転軸を持つ2つの回転運動と上下の直線運動とを組合わせたものである。4自由度程度の簡易型マニピュレータに利用されている。(e)の多関節形は回転形の関節だけの組み合わせにより構成されており、人間の腕の構成と類似している。このタイプとしては、アセア⁵⁾やビューマ⁶⁾などが知られている。

マニピュレータを動作させるためには、関節ごとにアクチュエータ（駆動装置）が必要である。一般には、油圧、空気圧、電気が駆動源として使われている。油圧式は高速で大きな力が出せるのが特徴であるが、油もれ、油質の変化、油配管系のつまりなどのため保守が大変である。空気圧式は油圧式ほど大きな力が出せないが、取扱いが楽で小型高速のものが作りやすい。しかし、位置サーボの安定性に欠けるため用途に限られる。電気式は、油圧式や空気圧式のように圧力を発生させる機構や配管が要らない利点がある上、制御機能を備えたサーボモータが使用できるので、使いやすく保守性にも優れている。最近の傾向としては、モータや減速機の高性能化により電気式がよく使われ、また、モータ、減速機、関節軸を直結している例が多い。

マニピュレータを制御するためには、各関節の変

位置や変位速度の検出器が必要である。変位の検出器としてはポテンショメータ、エンコーダなどが用いられる。ポテンショメータの出力値はアナログ量であるため、精度的には限界があるのに対して、デジタル量で変位量を与えるエンコーダは高精度化の要求に応じられる。また、変位速度の検出器としてはタコジェネレータ、エンコーダなどがあるが、瞬間的に速度を検出できるタコジェネレータがよく用いられている。

2.3 産業用ロボットの制御

アクチュエータや検出器を備えたマニピュレータに作業を実行させるためには、マニピュレータの手先の位置と姿勢が必要な状態になるように各関節の回転量や伸縮量を制御しなければならない。こうした制御量をなんらかの形で情報として入力する必要がある。この入力情報と検出器からの情報とにより腕の正確な制御が実現される。

産業用ロボットを動作させるための入力情報の与え方にはさまざまな方法がある。表1は入力情報の与え方による産業用ロボットの分類を示す。

複雑な動作を実現できるプレイバックロボット

表1 産業用ロボットの分類 (JIS B 0134-1979)

用 語	意 味
マニュアル マニプレータ	人間が操作するマニプレータ
固定シーケンス ロボット	あらかじめ設定された順序と条件および位置に従って動作の各段階を逐次進めていくマニプレータで、設定情報の変更が容易にできないもの
可変シーケンス ロボット	あらかじめ設定された順序と条件および位置に従って動作の各段階を逐次進めていくマニプレータで、設定情報の変更が容易にできるもの
プレイバック ロボット	あらかじめ人間がマニプレータを動かして教示することにより、その作業の順序、位置およびその他の情報を記憶させ、それを必要に応じて読み出すことにより、その作業を行えるマニプレータ
数値制御ロボット	順序、位置およびその他の情報を、数値により指令された作業を行えるマニプレータ 例：せん孔紙テープ、カードやデジタルスイッチなどによるもの
知 能 ロ ボ ッ ト	感覚機能および認識機能によって行動決定のできるロボット

の導入が最近、増えつつある。これは、あらかじめ人間がマニピュレータを動かして教示することにより、作業の順序や手先の位置などに関する情報をすべて記憶させておき、後で実際の作業を実行する際に、記憶された情報を用いて教えられた通りの作業を繰返す（プレイバック）という方式のロボットである。教示の段階では、人間が手をとってマニピュレータを直接、動かすことは必ずしも必要ではなく、遠隔操作式の教示盤のボタンを操作して教示する方式もある。いずれもマニピュレータの複雑な動作をいちいちプログラミングする必要がないため、能率的で実際的な方法である。ただし、教えられた通りにしか動かないので、教示のときには熟練や経験が必要である。

知能ロボットは最も高いレベルの産業用ロボットである。現在では、知能ロボットと呼べるものはまだ少ないが、今後はこのタイプのものが増加していくものと思われる。

2.4 産業用ロボットの普及状況⁷⁾

現在、産業用ロボットのほとんどは製造業において、適用範囲の広い省人化、生産性向上の有力な手段として利用されている。中でも、自動車製造業および電気機械器具製造業が産業ロボットの納入実績（金額ベース）で群を抜いている。

自動車製造業では、溶接用、切削加工用、組立用、プレス加工用などが台数的には多く用いられている。スポット溶接およびアーク溶接のための溶接用ロボットの利用が他の業界と比べて圧倒的に多いのが特色である。1台の自動車で、2 500～4 000もスポット溶接点があること、溶接作業が高熱、紫外線などを受ける悪環境下での作業であること、などによりロボット導入の要請が強かったからであろう。また、台数的には少ないが、塗装用ロボットの活躍も目立つ業種である。

電気機械器具製造業では、主として樹脂成型加工用、組立用、切削加工用、プレス加工用などに導入されている。他の業種に比べて、組立用ロボットの利用が著しく多いのが特徴である。プリント基盤へコンデンサ、抵抗、ICなどを挿入して電子部品を組立てるなど、最も人手を要する組立て工程を自動化したいという要望が強かった分野である。

その他では、合成樹脂成形加工業では樹脂成形加工用ロボット、金属加工機械製造業では切削加工用ロボット、非鉄金属製造業ではダイカスト用ロボットが数多く導入されている。

表1に示した産業用ロボットの分類別の導入台数

に関しては、固定シーケンス ロボットが最も多く、全体の約半分を占め、次いでプレイ バック ロボット、可変シーケンス ロボットの順になっている。最近では、プレイ バック ロボットや数値制御ロボットの導入が著しく増加する傾向にある。今後は、知能ロボットの比率が増加していくものと思われる。

3. 産業用ロボットの高度化

3.1 マニピュレータの高機能化

現在実用されているマニピュレータのほとんどは、従来から使ってきた機械を改善し発展させたもの、すなわち機械の動作自由度を増し、それを自動化したものであり、基本的には位置決め装置としての性格が強い。言換えれば、従来のマニピュレータの多くは位置制御に基づいており、位置の精度を高めることにより種々の作業を正しく遂行しようとする考え方がとられている。溶接や塗装のように、対象物（溶接トーチやスプレー ガン）を指定された通りに忠実に移動させることが基本になる作業に関しては、位置制御だけで容易に実現できる。ところが、他の機械やロボットとの協調作業、道具を使う作業、組立作業などの場合には、手先の位置を忠実に精度よく移度させる機能だけでは実行困難な作業も多い。

こうした作業を特別なアダプタを使わずプログラムの操作だけで容易に実施できるようにするには、汎用的な力の感覚または力の制御機能が不可欠である。逆に、力と位置が自由に制御できればほとんどの作業は実行可能になる。これからの産業用ロボットには、各関節の位置だけでなく、この力（トルク）をも正確に制御できるタイプのマニピュレータ（トルク制御マニピュレータ）が利用されるべきである。

このような考えのもとに、ダイレクト ドライブ および減速駆動方式によるトルク制御マニピュレータが研究開発されている。ダイレクト ドライブ方式とはマニピュレータの関節回転軸に直接モーターを はめ込む駆動方式である。この方式によると、力を増幅させるための減速機を用いないので、減速機によるガタ、摩擦、ヒステリシスを排除することができ、その結果、関節トルクを正確に制御することが可能になる。また、動作の高速化や位置制御の高精度化にも適している。

図3は当所で開発されたダイレクト ドライブ マニピュレータの骨格図である⁸⁾。腕の部分の関節は6個あり、第1関節、第2関節、第4関節および第

図3 ダイレクト ドライブ マニピュレータの骨格図

6関節においてダイレクト ドライブ方式が採用されている。また、第3関節には1：4の減速ギヤ、第5関節には1：4のチェーン ドライブを用いている。力制御精度 $\pm 100 \sim 200$ g、位置制御精度 ± 0.5 mm、可搬重量5 kg、最大速度3 m/sec、自重90 kgという仕様が実現されている。

従来の自動化機械や産業用ロボットでは自動化できなかった作業のほとんどは、作業者に柔軟性及び適応性を要求するものである。これらの作業もトルク制御のマニピュレータを基本とする知能ロボットにより実行可能になり、生産工程の自動化が一層、推進されるものと期待される。

3.2 センサ情報の利用による知能化

従来の産業用ロボットは、自動機械の汎用化された程度のもが多く、感覚機能を持つものは少なかった。したがって、外界に対する適応能力の乏しい位置決め装置にとどまるものであった。

しかしながら、最近では、産業用ロボットの知能化の必要性が認識され、知能ロボットの開発が盛んに行われるようになってきている。表1に示した定義からも明らかなように、知能ロボットは人間の五感、とりわけ視覚や触覚に相当するセンサを備え、センサからの情報を利用して外界に適応しつつ作業を行えるロボットである。

実用レベルの産業用ロボットの進展とは別に、それと併行して知能ロボットの基礎的な研究が各方面で行われてきた。当所でも1970年にマニピュレータと視覚とを組合わせたハンド アイ システムを構成し、視覚フィード バックを利用した はめ合わせ作業を実行させた。また、知能ロボットのための視覚の研究なども各方面で行われてきた。こうした知能ロボットの基礎的研究で得られた成果が今後、次第

に実用レベルの産業用ロボットに取り入れられていくものと考えられる。

知能ロボットのためのセンサとして最も重要なものは視覚センサであるが、産業用ロボットにとっては作業の目的に合った、安価、小型で高速処理可能な視覚センサが望まれる。必要な外界情報だけを能率よくリアルタイムで取入れることができればよいという場合も多いと思われるからである。こうした目的に適した視覚システムの開発がいろいろと試みられているが、ここでは一例を紹介する。図4のように、物体にスリット光を当てて得られる物体の

図4 距離プロフィール ビジョン

距離断面像（距離プロフィール）に基づき、作業に必要な物体の情報を得る方式である²⁾。この方式では、距離プロフィールをあらかじめ作成しておいた物体のモデル（物体の見え方の構造的記述）と照合することにより、作業に必要な物体の部分と同定し、その位置や姿勢などの特徴量を見出すことができる。このような方式は、入力された外界のシーン全体を二次元的に処理する一般の視覚システムに比べて、はるかに高速に必要な情報を獲得できるのが特徴であり、産業用ロボットの視覚としての行き方を示すものである。

3.3 マン ロボット インターフェイス機能の拡充

高機能なマニピュレータを基本とし、視覚を備えた知能ロボットが実現したとしても、それがSFの世界のロボットのように完全自律的に行動できるわけではなく、どういう作業を行うのか人間が指示しなければならない。

繰返し作業が基本である工場の生産ラインでは、作業内容を伝えるのにプレイバック方式でも十分に合うが、作業の柔軟性や環境への適応性を考慮すれば、計算機におけるプログラミングと同様にロボットにも環境の変化に対応するプログラムも組込んでおけば汎用性が得られて有利である。この場合、ロボットに作業を行わせるプログラムを容易に作成

できることが望ましい。ロボットの作業をプログラムするための専用の言語（ロボット言語）も数多く開発されているが、言語の水準あるいは取扱える機能などの点でまだまだ満足できる状況には至っていない。また、現在のロボット言語は個別の産業用ロボットのために開発されたものも多く、「言語」ということばの本来持つべき普遍性が乏しいようである。いずれは、ロボット言語の標準化が必要であるが、現在はまだ高水準なロボット言語の研究開発を進めていく時期である。

さまざまな機能構成を持つ複数台のロボットを使って1つのまとまった作業を実行させるというようなことも将来は必要になると予想される。こうした場合には、単に1台のマニピュレータの動作を記述するだけの言語を用意するだけでは不十分である。複数台のロボットが協調して動作し、衝突などの問題が生じることなく作業を実行させられるプログラムを開発するには、ロボット言語よりもっと広い概念のソフトウェアによる支援が必要である。こうした考え方に沿ったロボットオペレーティングシステムが行うべき作業内容に関しては、ロボットの開発も進められている。

ロボットが行うべき作業内容に関しては、ロボット言語を高水準化することによって比較的容易に伝えることができるようになると思われるが、作業環境をロボット言語だけを用いて教示するのは簡単ではない。人間の教示を得て能率的に環境をモデル化する手法を開発することが必要である。この開発に当っては、どのようにして実環境からデータを獲得して計算機に入力し、どのような構造でモデルを構成していくかということが課題となる。人間がロボットシステムと会話をしながら、適当な教示コマンドを与えて計算機内部に対象物のモデルを構築していくシステムが開発されている⁹⁾。全体のシステム構成を図5に示す。これは三次元位置計測機能を持ったレーザポインタ、実際の環境を映している

図5 作業環境教示システムの構成

モニタ画面にそのモデルの線画表現を同時重ね合わせ表示可能なスーパーインポーズディスプレイなどから構成される。人間が作業環境に立入る必要がないこと、生の数値データをほとんど取扱わなくてもよいこと、実際の環境と内部モデルとの関係を常時監視しつつインタラクティブにモデルを生成できること、などの特徴を持つ。

産業用ロボットの活動分野は、将来、工場の生産工程に限られることなく、もっと広範な世界に広がると考えられるが、そうした場合には人間がいかに容易にロボットに作業を指示できるかが一層重要になり、マン・ロボット・インターフェイスの拡充がますます必要になろう。このためには、ロボットに対する環境指示手法の開発、作業の記述を容易にするための高水準ロボット言語やロボット・オペレーティング・システムなどの支援ソフトウェアの開発のほかにも、人間の意志の最適な伝達手段である音声の利用など、多くの課題がある。

3.4 ロボットの知的遠隔制御

これまで実用化された産業用ロボットのほとんどは、製造業における生産ラインで活動するものであった。こうした生産ラインでは、作業環境をロボットにとって都合のよいように整備することが可能である。また、そうすることに特別の問題はなく、むしろ生産能率の点で最適な設備を人為的に用意することが当然である。

ところが、工場以外の一般の場所では、環境をロボットに都合のよいように設定することはむずかしいし、作業現場の状況も事前に十分にはわからないのが普通である。また、そこで必要となる作業も単純な繰り返しというわけにはいかず、その場ではじめて行わなければならないものも含まれるであろう。このような状況で活躍できるロボットには、人間なみの高度な環境認識能力、判断能力、作業能力が要求されるが、現在とはより将来においても、こうした能力をロボットに完全に持たせることはきわめて困難であると考えられる。

整備されていない環境で多様な作業を実行させるための現実的な方法は、人間とロボットとの協調システムを構成することである。このシステムでは、ロボットには期待できない高度な状況判断や認識などは人間にまかせ、細かい作業の計画・立案といっためんどうな仕事や実際の作業の実行はロボットに受持たせればよい。つまり、人間の高度な能力を一部取入れることによって人間とほぼ同等の能力を確保しようというものである。

このようなロボットは、作業現場から離れた安全な場所にいる人間の指令、あるいは操作により作業を実行できることが望ましい。また、その際に、ロボットの周囲の状況や行うべき作業内容を逐一克明に教え込むのではなくて、人間の大局的な環境指示と概括的な作業命令を受けるだけで、あとは自律的に、器用に、正確に作業を行いうるものであることが望ましい。さらに、このロボットは可能な限り自律的に作業を行うべきであるが、作業の遂行が困難な状況になったときには人間に援助を求めたり、あるいは人間の方から容易に介入したりすることができるような体制を備えていることが望ましい。

人間とロボットとが協調して作業を行うシステムを構成するためには、人間とロボットとの情報交換の手段が重要な要素になる。また、作業手順を自動生成する方法に関する知識とか、作業のやり方についての知識（技能）、あるいは作業環境に関する知識など、さまざまな種類の知識を集積し、必要に応じてこれらを活用することが必要である。集積される知識を質、量ともに豊富にすれば、人間の負担は軽くなり、ロボットは使いやすいものになる。

近い将来、こうした知的遠隔制御の概念を具体化した産業用ロボットが、人間にとって危険な環境下での作業が必要な分野を初めとして広範な分野で活躍するようになると考えられる。このような考えのもとに、我々は最も重要な課題として知的遠隔制御技術の研究開発に取り組んでいる。図6は知的遠隔制御による作業システムのイメージを描いたものである。

図6 知的遠隔制御による作業システムのイメージ

4. おわりに

これまでに産業用ロボットは製造業における生産ラインの自動化に大きく貢献しており、夜間無人で操業する工場もすでに現われている。産業用ロボットの知能化が進めば、自動化できる工程がさらに増えるため、工場から人間の姿がますます減っていくことは間違いないだろう。

産業用ロボットが実際に導入されたのは、ほとんど製造業においてであったが、それ以外でもロボットの導入を待ち望んでいる分野は多い。農業や林業などの第一次産業、流通・サービス業などの第三次産業を含む産業全般でロボットの普及が期待されている。とりわけ、原子力施設、海中、災害現場のように、人間にとってさまざまな危険が伴う環境下での作業を人間に代わって行うことのできるロボットに対するニーズが強い。こうしたニーズに対応して、通産省のプロジェクトである「極限作業ロボットの研究開発」が昭和58年度より進められている。極限作業ロボットは整備されていない複雑な環境下で多様な作業を実行できなければならないが、このようなロボットを実現するには知的遠隔制御の概念を取り入れるのが最も現実的であると考えられる。すぐれた人間ロボット協調システムを開発できれば、ロボットの適用分野が一段と拡大されていくだろう。

将来、産業用ロボットは特定の職域に限らず、我々の身近なところへも導入されるようになるだろう。医療・福祉に関しては、すでに多くのロボットが研

究開発されつつあるし、一般のオフィスや家庭への普及も予想される。急速に高齢化社会に入りつつある我国では、こうした種類のロボットの需要が今後ますます強まるものと予想される。ロボットが我々の身近なところで利用されるようになるときには、その使いやすさということが重要な要素になり、その結果、高度なマン・ロボット・インターフェイス機能を開発することの必要性が一層強まるものと考えられる。

ロボットの語源であるロボタ (robota) は奴隷労働を意味しているが、人間にとってのロボットの理想像は奴隷ではないだろうか。人間の命令を完全に理解する程度の知能をもち、人間に絶対に服従するような奴隷ロボットを我々すべてが使えるようになることを期待したい。人間は道具を使うことによって人間たりえたわけであるが、ロボットも人間にとって究極的な道具として位置づけたいと考えるものである。

参考資料

- 1) 若松, 赤堀, 柿倉共編; 知能ロボット読本, 日刊工業新聞社 (1984)
- 2) 若松, 佐藤共編; 知能ロボット, オーム社 (1984)
- 3) 米国, AMF 社
- 4) 米国, ユニメーション社
- 5) スウェーデン, アセア社
- 6) 米国, ユニメーション社
- 7) 中小企業ロボット技術講座テキスト, 日本産業用ロボット工業会 (1982)
- 8) 電総研ニュース, 403号 (1981)
- 9) 電総研ニュース, 374号 (1981)

第10回 日本繊維機械学会染色仕上機械教室 修了者

第10回染色仕上機械教室 (59年9月1日~12月15日) において下記33名が所定の全科目を習得し、修了した。受講者35名。

赤松 明 浩 (東洋繊維工業)
 伊吹 均 (大阪ニット染工)
 飯田 次 郎 (飯田染色)
 遠藤 三 郎 (関西帆布化学防水)
 小原 秀 司 (関西帆布化学防水)
 岡崎 治 雄 (和歌山鉄工)
 金子 隆 幸 (帝人)
 窪田 邦 生 (マルサン染工)
 小泉 義 典 (山東鉄工所)
 洪山 利 国 (市金工業社)
 鈴木 謙太郎 (艶金興業)
 角田 康 則 (NBCグラス工業)
 田中 道 男 (艶金興業)
 田中 涼 一 (義済堂)
 高井 完 喜 (遠州染工)
 高橋 克 己 (市金工業社)
 竹内 浩 己 (大和川染工所)

竹内 正 昭 (西陣染色)
 竹迫 定 (日本蚕毛染色)
 谷田 幸 成 (西陣染色)
 月見 政 治 (NBCグラス工業)
 筒田 秀 樹 (ワコール)
 仲松 敏 夫 (住友化学工業)
 初田 隆 生 (和歌山染工)
 日比野 隆 (艶金興業)
 藤田 正 久 (細川機業)
 堀尾 博 文 (東洋紡績)
 松田 良 文 (日清紡績)
 水野 敏 之 (艶金興業)
 森 敏 明 (旭化成工業)
 山口 純 弘 (日本毛織)
 山本 和 彦 (平野金属)
 雪本 政 志 (雪本染工所)
 (五十音順)