

音声入出力技術のファクトリーオートメーション分野への応用

Application of Voice Conversational Data Input System for Factory Automation

音声入出力技術は急速に進歩し、各分野で実施への応用が試みられているが、その中で最も早く着実な成果を挙げつつあるのがFAの分野である。

音声認識装置及び音声合成装置というハードウェア機器の性能と並んで、音声対話システムのソフトウェアの開発が今後の発展にとって重要な役割を果たす段階にきた。

音声入出力装置の応用システムは、経験工学的な側面をもっているので、日立製作所社内での実用例について紹介し、音声入出力システム導入のガイドとする。

各務真卿* Shinkei Kakami
田所富男* Tomio Tadokoro
津久井金雄* Kaneo Tsukui
稲葉谷暉樹** Teruki Inabatani

1 緒言

音声認識装置及び音声合成装置の進歩が急速に進んでおり、FA(Factory Automation)の分野への実用例も、試験的实施段階から本格的実用化の段階へ進んできている。

FA分野での音声入出力システムの応用に当たって、音声認識装置及び音声合成装置の性能が重要であることはもちろんであるが、それと同時に音声入出力装置を導入する職場全体として、トータルシステム的な能率向上と省力化効果を挙げられるようなシステム設計が大切である。

音声入出力応用システムが他の省力化システムと異なる点は、人間の官能と心理に深い関係をもっている点である。

マンマシンインタフェースとしての音声入出力応用システムの導入の企画、及び詳細なシステムのソフトウェア設計には、数多くの成功例と失敗例を経て得られた体験的ノウハウと、その上に立脚したシステム設計の知恵と工夫が必要である。

音声入出力システムの導入に際し、単にコンポーネントとしての音声入出力機器を購入しただけでは、高価なハードウェアを買っただけに終わりやすい。音声に応用したシステム作りのキーポイントを日立製作所社内の経験に照らして以下に明らかにする。

2 音声認識装置

音声認識装置には、話者ごとにあらかじめ音声を登録しておく必要のある特定話者方式と、音声登録の不要な不特定話者方式の2種がある。

特定話者方式のほうが音声認識率に優れており、情報の正

確迅速な入力求められるFA分野への応用例は、現在のところ特定話者方式に限られている。

話者1人ごとに数十から数百の単語を予備登録する手間はかかるが、予備登録した音声パターンをフロッピーディスクなどの補助記憶装置に保存しておけるので実用上の支障はない。

次に離散発声方式とは、「トウキョウ」、「オオサカ」、「ハッソウ」、「ウケイレ」などのように短い単語を区切って発声し、多音節の単語全体をひとまとまりの音声パターンにする方式であり、認識率と耐騒音性に優れており、FA分野での主流になっている。この離散発声方式で“573”のような数列を入力する場合は「ゴウ」、「ナナ」、「サン」のように区切って入力する必要があり、入力スピードが制約される。これに対し「ゴウナナサン」と連続的に一気に発声した音声を「ゴウ」、「ナナ」、「サン」に分解して認識し、“573”というような任意の組合せの数列とする方式が連続発声方式である。

連続発声方式は現在のところ耐騒音性にやや問題があり、この改良によって今後の主流方式となることが期待されている。

3 音声入出力装置応用システムの具体例

どのような用途に応用した場合に、投資に見合った省力化効果が挙げられるかが重要であるので、まず日立製作所社内での実用例について紹介する。FA分野への音声応用システムの実例を表1に示す。

表1 音声入出力装置応用システムの実例 FA分野への応用例は、特定話者方式に限られている。

システム名	システム概要	音声認識方式		周囲騒音(dB)
マシニングセンター無人運転	3台のマシニングセンターの加工情報と工程順の入力	特定話者 離散発声	音声ガイダンス付 アンサーバック付	60~85
立体倉庫入出庫管理	立体倉庫スタッククレーンから部品の入出庫の入力	同上	同上	60~85
ディーゼル機関車検査	機関車特性の調整と報告書の自動作成	同上	同上	60~115
資材入荷管理	資材入荷情報の入力	同上	同上	55~75
製缶部材管理	立体部材倉庫からの材料呼出しと加工情報の入力	同上	同上	60~85
電子顕微鏡検査	電子顕微鏡の画面の目視検査結果の入力	同上	音声ガイダンス不付 信号音付	55~75
鋳造品検査	鋳造品の外観検査結果のデータ入力	同上	音声ガイダンス付 アンサーバック付	60~85
コイル置場管理	5台のクレーン運転席から5人同時にコイル情報の入力	同上	同上	60~95

* 日立製作所水戸工場 ** 日立製作所システム事業部

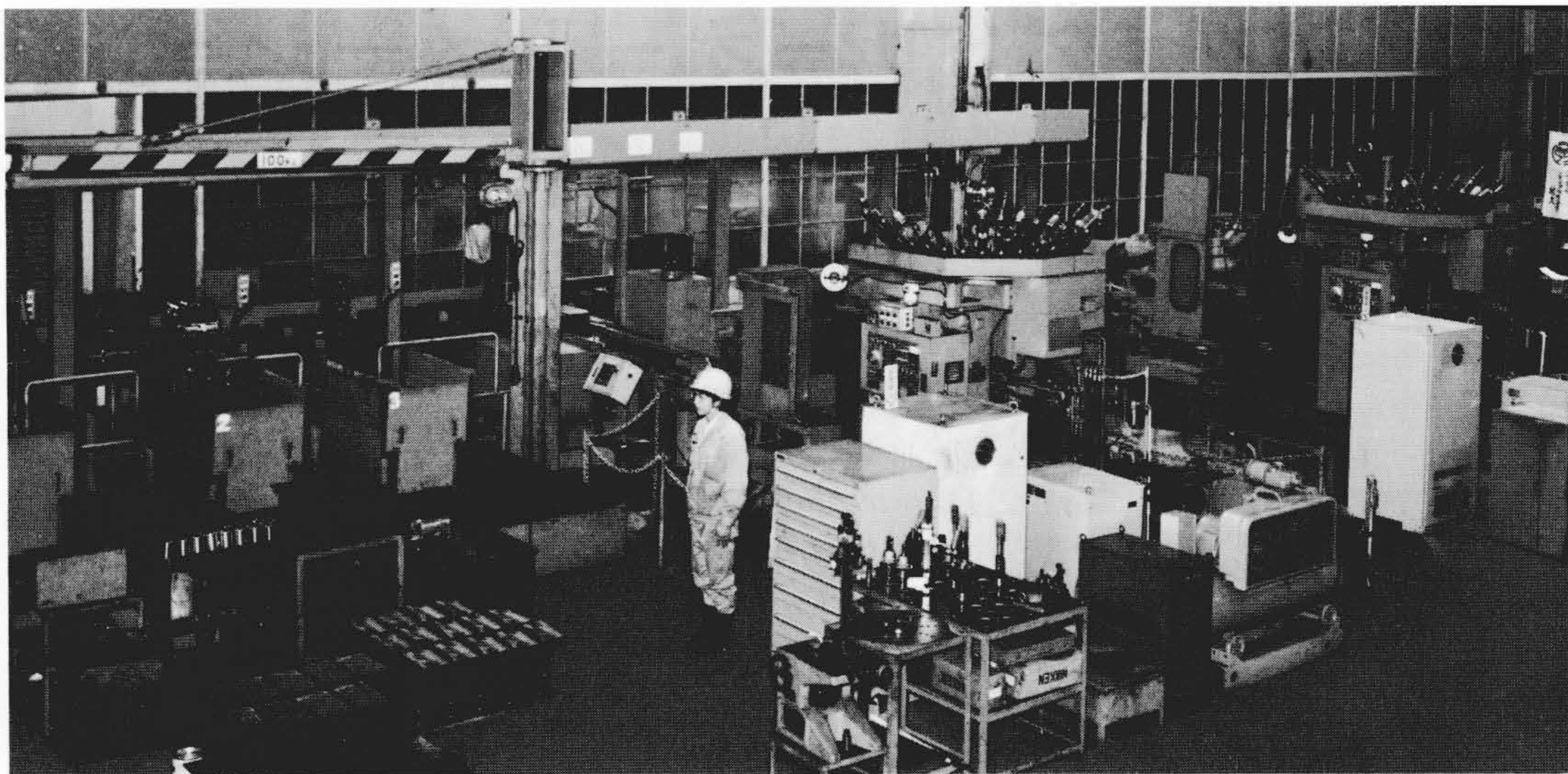


図1 音声対話形マシニングセンター無人運転システムの実例 音声入力によって3台のマシニングセンターの加工情報と、搬送ロボットの群管理制御を行なう。

3.1 FMSラインへの情報入力

機械工場のFMS(Flexible Manufacturing System)ラインへの応用例を図1に示す。これは3台のマシニングセンター、36個のストッカー及び1台の搬送ロボットを群管理するシステムである。

多品種少量生産の機械部品を作業者が段取ステーションで屢に次々と取り付けながら、部品の図番、ストッカーの番号、作業の優先順位などを音声で入力すると、この指示に従ってシステム全体が24時間無人運転するものである。

3.2 立体倉庫の入出庫管理への情報入力

システムの構成機器の外観を図2に示す。このシステムは、立体倉庫のリフトに運転者が乗り、倉庫の棚へ人手によって多品種少量の小物部品の出し入れを行なうものである。

音声入出力システムの導入によって、いったん帳票に記入する手間及び帳票のデータを電子計算機に入力する手間が省略でき、また適正な在庫管理ができるようになった。

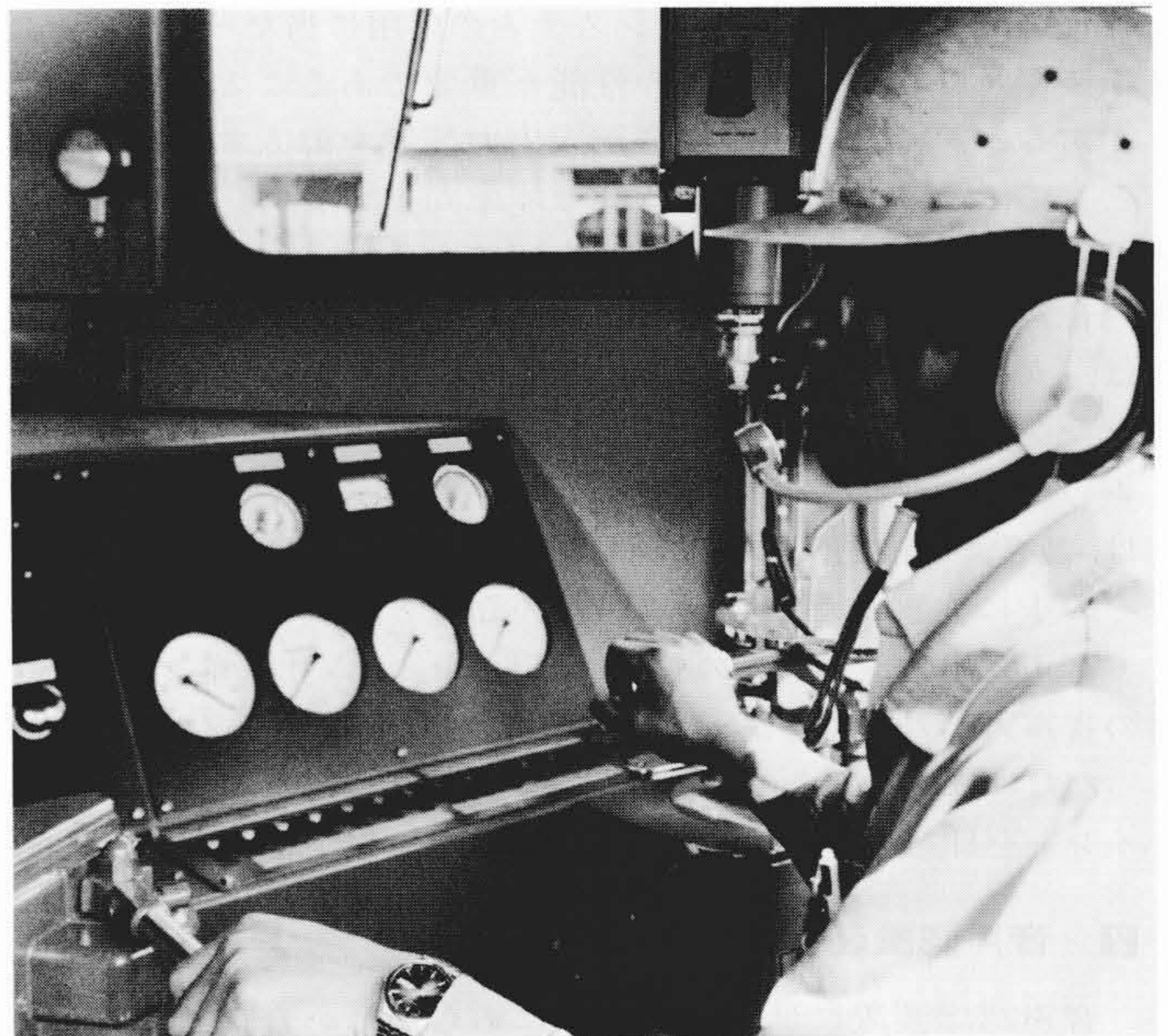


図3 音声対話形ディーゼル機関車検査システムによる機関車の運転操作状況 検査員が音声ガイダンスに従って、音声でデータを入力すると漏れなくスピーディに検査ができる。

3.3 ディーゼル機関車の音声対話形検査システム

検査状況とシステム構成を図3及び図4に示す。

このシステムはディーゼルエンジンの100dBを超す騒音の下で音声入力を可能としている画期的なものである。また、ここでは音声ガイダンスに基づき点検検査したデータを音声で入力し、検査成績表や特性図を作成するほかに、自動制御ループの中に判断力をもった検査員を組み込むという、特徴のある使い方もしている。

3.4 電子顕微鏡の製品検査

日立製作所の工場で電子顕微鏡の製品検査のデータ入力に用いたもので、FAからLA(Laboratory Automation)への音声応用の展開を示唆しているものである。電子顕微鏡を両手で操作しながら、画面を監視しつつ検査用の読み取りデータを音声で情報入力する。高度な判断能力を要求される目視検査の省力化の一例である。



図2 音声対話形立体倉庫の入出庫管理システムの実例 立体倉庫のリフトの運転者が、リフトの運転を行ないながら音声入力を行なう。

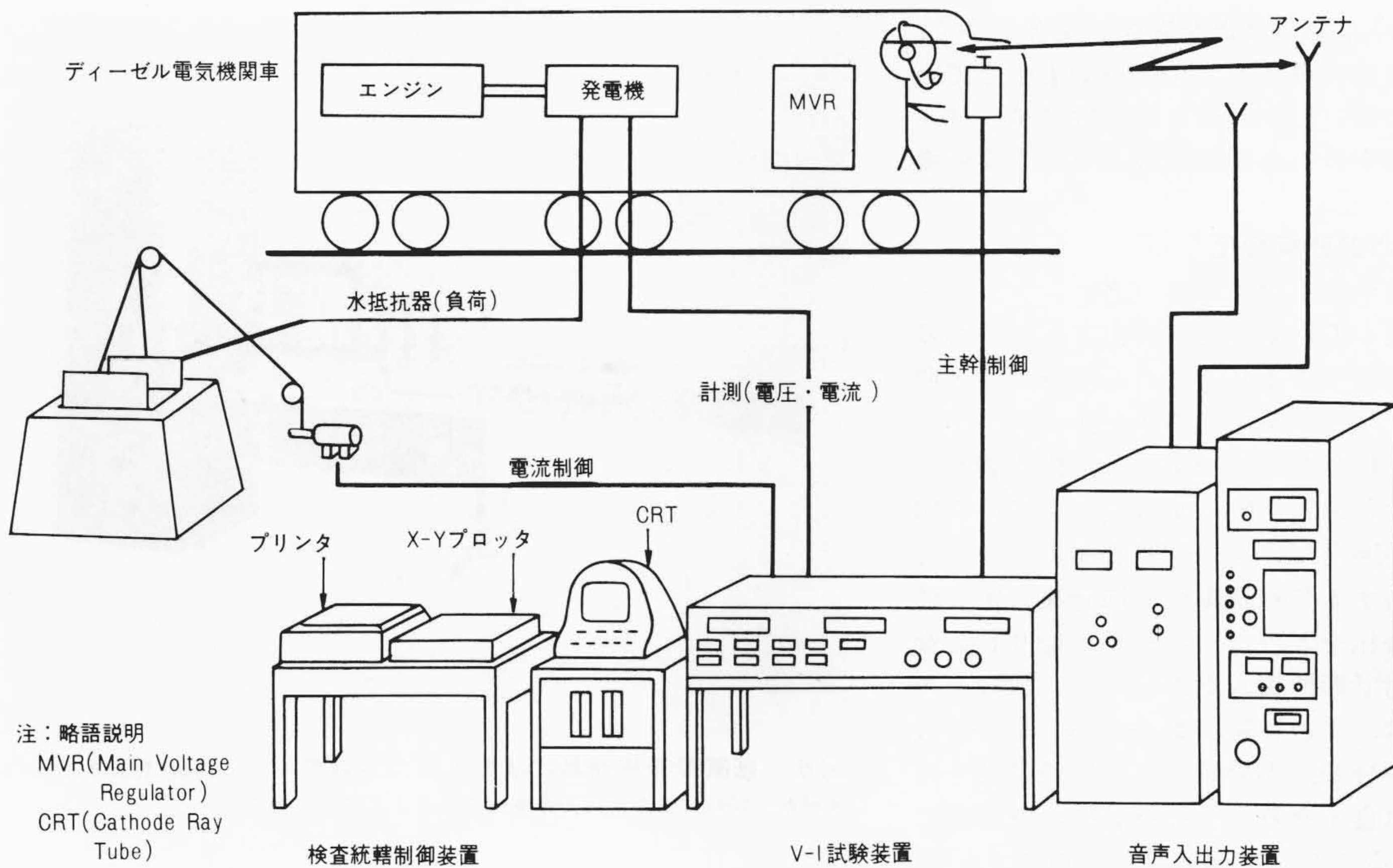


図4 音声対話形ディーゼル機関車検査システムのシステム構成 無線機を介して音声でデータを入力すると、特性曲線や検査報告書が自動的にプリントアウトされる。

3.5 鋳造品検査のデータ記録

装置の外観を図5に示す。

このシステムは、ポータブル形の音声入出力装置を検査現場へ持ち込んで、鋳造品の検査情報を音声対話形式で入力するものである。まず作業手順を事務所のパーソナルコンピュータとデータ入出力装置で作成して、カセットテープにとっておく。このカセットテープを音声入出力装置に挿入して、検査現場へもってゆく。携帯無線機を介して自由に移動しな

がら、音声ガイダンスに従って検査情報を音声で入力する。検査結果はカセットテープに記録され、これを事務所のデータ入出力装置とパーソナルコンピュータで検査報告書のプリントアウトなど、検査結果処理や統計処理を行なう。このポータブル形は今後エレベーター、エスカレーターの法定定期点検に応用する計画である。

以上述べた応用例の成功の要因は、次に述べるような効果を存分に発揮している点にある。

- (1) 両手を作業に使用しながら情報入力ができること。
- (2) 移動しながら点検作業をしつつ情報入力ができること。
- (3) 暗い場所、窮屈な場所でも情報入力ができること。
- (4) 音声ガイダンスと対話しながら作業や点検を進めるため、作業漏れや点検漏れがなくなること。
- (5) 帳票類の持ち歩きが不要になること、及び帳票処理の手間が省けること。

一方では下記のような制約条件を無視すると、音声入出力システムは成功しないことも経験済みである。

- (1) 人間が話す以上のスピードで情報入力できないこと。
- (2) 多量の音声入力を長時間続けると、のどが疲れること。
- (3) 音声ガイダンスを長時間緊張して聴取しようとする、耳と神経が疲れること。

キーボードやバーコードリーダで十分間に合う職場にまで音声入出力システムを導入しようとする、上記の制約条件に抵触しやすいので注意を要する。

4 FA分野への音声導入のキーポイント

4.1 耐騒音性

音声認識装置の需要予測によると、需要量の主体はOA(Office Automation)とHA(Home Automation)にあり、市場の音声認識装置はOA、HA向きのものが多い。

FA分野での応用は一般的に80dB以上の騒音が避けられない所が多いので、音声認識装置の機種を選定に当たっては特に注意を要する。ちなみに、日立製作所ではFA用の音声認識装置はOA、HA用とは機種を分けて開発を進めている。

生産現場の騒音の周波数分析を行なうと、人間の声の主要



図5 音声対話形鋳造品検査システムの実例 ポータブル形音声入出力装置を、現場へ持ち込んで作業を行なう。

周波数帯域(500～3,000Hz)と環境騒音が異なる場合が多く、また、特定の狭い周波数帯域に騒音エネルギーが集中している事例が多いので、騒音の強い特定の狭い周波数帯域にフィルタをかけても、音声認識率にあまり悪影響を及ぼさない場合が多い。

4.2 照合する登録語集合の部分集合化

音声認識装置は、登録済みの用語と音声パターンマッチングを逐次行なっていく、最も近い単語を選び出すものであるため、登録単語の全体と照合するよりもこの一部分だけと照合するほうがマッチングスピードが速く誤りが少ない。

点検検査や機械への作業指令などの用途では、作業者が発声する段階ごとにどの群の登録語を使うかは決まっている場合が多いので、その狭い範囲内だけを比較照合することが可能である。このことを照合する登録語集合の部分集合化と呼んでいるが、この部分集合化をどのように刻々と切り替えながら運用するかが、音声対話形情報入出力システム設計のキーポイントである。例えば、この登録語集合を部分集合に分割するに当たり大分類、中分類、小分類のように段階数を増すほど各段階での認識率は良くなるが、最終目標の登録語に到達するまでの手間は増えるので、この兼ね合いが重要である。

音声認識装置及び応用システムの両方について、長年にわたり幅広い経験をベースにシステム設計を進めることが重要である。

4.3 誤認識語のマスキング

一つの単語の発声が、登録時とある程度以上異なると別の単語に誤認識されることがある。この誤認識が発生したときには、音声で例えば「テイセイ」のように訂正コマンドを入力して、再入力を行うことが一般的にできる。しかし、誤認識の発生したときは話者の心理的緊張もあって、ますます誤認識しやすくなり、同一の誤認識を何回も反復して機械に対する話者のアレルギー反応を助長しやすい。この防止には誤認識語が二度と出てこないようにするマスキングの機能が極めて有効であり、この手法によって同じ誤認識の連続発生を完全に防止できる。

4.4 用語の選択

用語は「テイセイ」、「クリカエシ」、「カキコミ」などのような音声コマンドと「イチ」、「ニイ」……「トウキョウ」、「オオサカ」のような音声データとに分けることができる。この音声コマンドは、音声データよりも発声と認識が容易で、他の用語がこの重要な音声コマンドとして誤認識されないことが重要である。この重要な音声コマンドとして、どんな用語を用いたらよいかということは、使用する音声認識装置の種類や業務の種類のほか、使用環境騒音によっても変化する。実際に綿密な音声入力の予備試験を行なったうえで、用語を選択する必要がある。また、数字の「イチ」と「シチ」は発音が類似しているため、例えば「シチ」を「ナナ」と言い替えるような用語の訂正作業を進めてゆく際、従来の慣用語を尊重して訂正を最小限にした用語の組合せを求めようとする、更に綿密な予備試験が必要となる。実際の問題として、この予備試験には多大な時間を要するので、その解決策として日立製作所では、この予備試験を容易に実行できる予備試験用モニタプログラムを準備している。

4.5 話者の訓練

現段階の音声認識装置の性能では、話者の発声訓練が重要であり、熟練した話者と未熟な話者では認識率に大きな差が出るのが実状である。

日立製作所ではこの発声訓練用ソフトウェアを準備している。

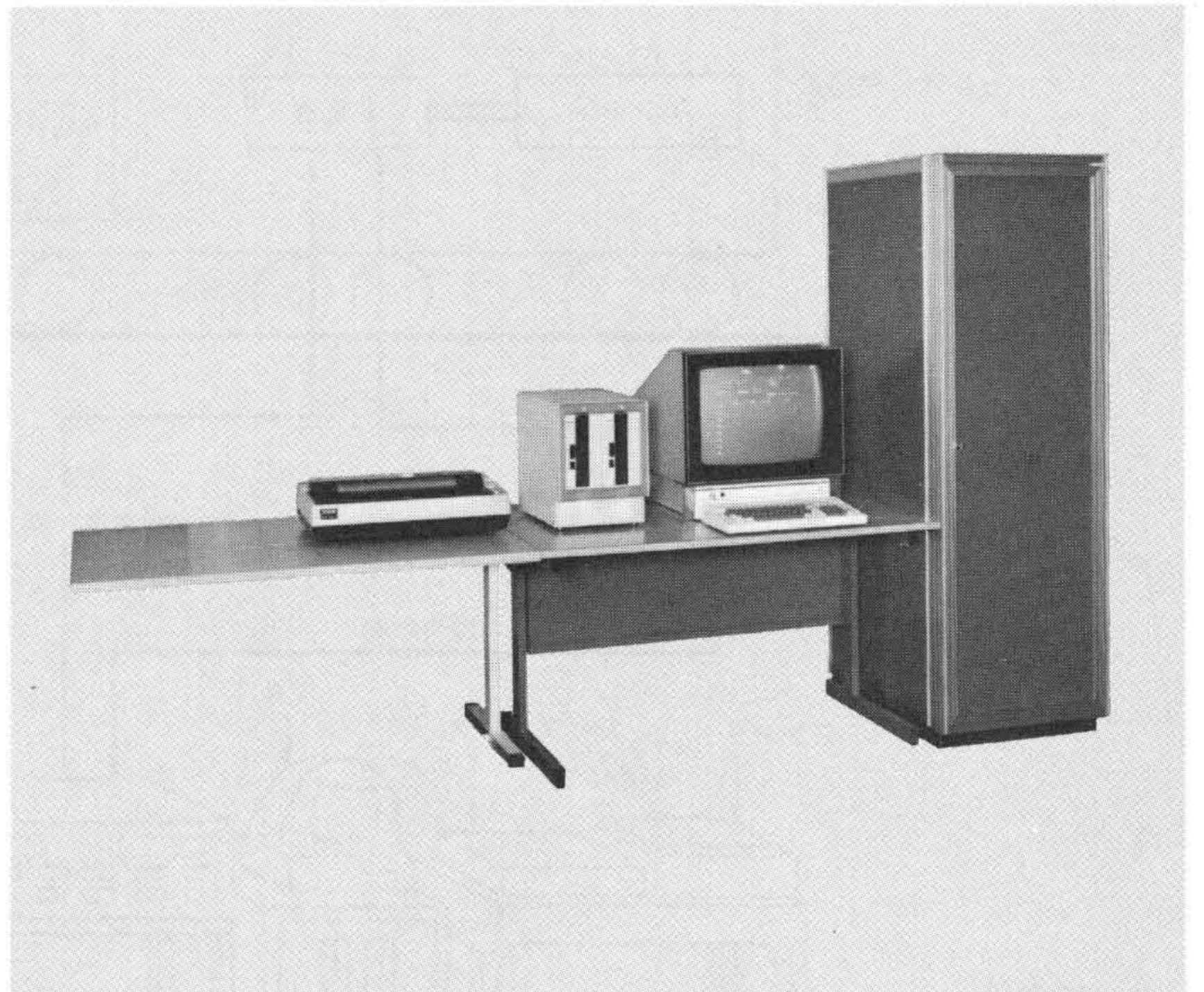


図6 据置形音声対話式情報入出力システム 複数(最大8人)の作業員が、同時に音声対話で作業ができるようにしてある。

5 音声入出力システムの機器構成

日立製作所では音声入出力システムとして、図5に示すポータブル形システムと、図6に示す据置形システムの2種類を自社内で実用しているとともに顧客に提供している。

いずれのシステムでも、日立製作所が提供する音声入出力システムのユーティリティをベースとして、応用分野ごとのアプリケーションプログラムを高級言語で作成できるようになっており、顧客側でアプリケーションプログラム作成が容易になるように配慮してある。

6 結 言

音声入出力システムは、認識装置、合成装置などのハードウェアの小形化・高性能によって、今後大きな発展が予想され、FA分野には、いろいろの環境下での入力の容易さ、電子計算機との対話による作業の効率化などの特徴を生かして、急速に導入されるものと思われる。本稿では主として機械工場での実例を挙げたが、このほかにも多くの応用が考えられる。その応用に当たっては、以上述べたキーポイントのほかに、個々の応用現場ごとの問題へのフレキシブルな対応と検討が必要である。

成功へのいちばんの近道は、最も似ている実用成功例を調査し、そのノウハウを基にしてシステム設計を行なうことである。この点で日立製作所は数多くの実用例をもっているとともに、音声入出力装置だけでなく音声入出力応用システムにも製品として提供しているので、顧客に役立つものと信じる。

参考文献

- 1) 市川, 外: 最近の音声認識技術, 日立評論, 63, 12, 843～846 (昭56-12)
- 2) 姫路, 外: 音声入力応用官能的検査情報処理システム“VOCAL”の開発と適用, 日立評論, 63, 12, 835～838 (昭56-12)
- 3) 秋本, 外: 音声入力システム用問題向き言語の開発, 日立評論, 63, 12, 831～834 (昭56-12)