

機械実装工程の稼働管理システム

Monitoring System for Machine Mounting Process

山 川 隆 史⁽¹⁾

Takashi Yamakawa

山 口 和 隆⁽²⁾

Kazutaka Yamaguchi

矢 野 弘⁽³⁾

Hiroshi Yano

磯 川 雅 人⁽⁴⁾

Masato Isokawa

要 旨

市場ニーズの多様化による変種・変量生産および労働環境の変化に対応するため、工場のFA化や情報システム化に取り組む必要がある。また、製品が高機能・高密度実装化し、機械実装工程への生産依存が進んでいる。そこで、少人数で数十台の実装機を効率良く稼働させるために、Q（品質管理）・C（稼働管理）・D（生産管理）など管理面の充実が鍵となる。

当社では、これらの内、管理の基本であるPDCAを即時かつ確実にまわし、工程の管理能力向上を図る道具として、稼働管理システムを開発した。本稿では、このシステムの機能である、機械の稼働情報をリアルに収集・分析し、管理基準に対する異常をアラーム化する手法について概要を論ずる。

Construction of factory automation and total information system is required to meet user's diversifying demands which bring us the various products and variable quantity production system.

In the circumstances of today's work force, high density of mounting devices and multi functional products have made the parts mounting process the key process.

Then the monitoring of the parts mounting process which contains Q (Quality control), C (Process control) and D (Delivery control), is the key of the solution to the problems of bringing out high performance in many mounting machines by a few workers.

FUJITSU TEN has developed the monitoring system of mounting machines, with which we can do the Plan-Do-Check-Action activities immediately and certainly and improve management ability.

This paper describes an algorithm of alarming which is a function of this system and indicates disorders of the machines automatically by collecting real time data and analyzing.

1. はじめに

当社のオーディオ製品は、高機能・高品質が要求されるようになり、部品点数や品種数が年々増大している。また、高密度実装化により現在では機械実装工程で80%以上の部品を実装することから、その管理項目や工数が増大し、複雑になっている。さらに、リードタイム短縮にはPDCAを速くまわし、的確なアクションが必要になる。

このような状況に対処するため、管理者に対して、迅速で正確な生産情報を的確に提供できるような「しくみ」づくりが必要である。

具体的には、

- 1) 生産の進捗状況を管理する生産管理
- 2) 実装機の稼働状態を管理する稼働管理
- 3) 製品の品質管理

の3系統の管理システムが必要である。

本稿はこの内、2) 稼働管理システムについて次の3点に重点を置いて述べる。

- ①実装機の時々刻々の稼働を検知・収集し、稼働履歴を即時に自動で記録できるようにしたこと。
- ②ネットワーク技術およびファイル操作技術により、複数の実装機からの情報を1カ所に集めながら、遠隔地の複数の端末からその情報を即時に集計・分析できるようにしたこと。
- ③実装機の異常をあらかじめ設定した基準と比較して検出し、音声によりアラームとして伝達できるようにしたこと。

2. 開発のねらい

本システム開発のねらいは、製造工程の情報収集スピードを上げることにより、管理者やオペレータなど人の作業所要時間を減少させることにある。

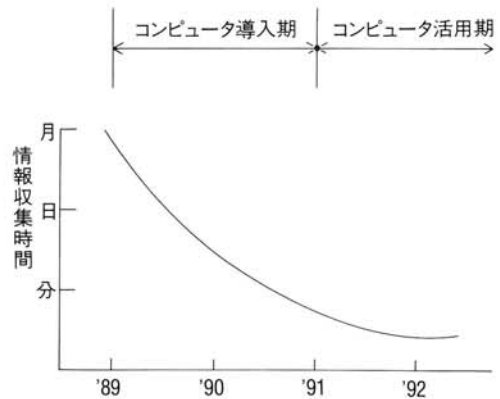


図-1 情報収集時間

Fig.1 Information collecting time

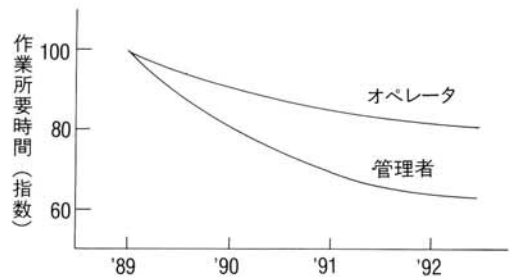


図-2 作業所要時間

Fig.2 Operation time(Index)

図-1と図-2にその関係を示す。実際に人手では不可能なスピードで正確な情報を収集し提供することで、人が不可能だった作業量をこなせるようになる。

3. システムの構成

図-3に稼働管理システムの構成を示す。サーバを中心に、規格設定端末・実装機端末・モニタ端末・アラーム端末をLAN (Local Area Network) を介し接続している。

これらの端末は、すべて富士通製FMRパソコンにアプリケーションソフトを実行させて実現した。次に各端末の機能を解説する。

3.1 実装機端末

実装機の稼働状態は実装機の各機能ブロックごとにマルチインターフェイスを通じて、実装機端末に取り込む。ここで実装機とは、縦型・横型・チップ実装機などを指し、機能ブロックとは、ローダ・基板反転部・接着剤塗布部・実装部・乾燥部・アンローダなどを指す。また、マルチインターフェイスは図-4に示すような回路構成である。

実装機の稼働状態は、D I/O (Digital Input/Output) を通して作動中/停止中などの情報を取り込み、GPIB (General Purpose Interface Bus) によって実装機端末で読み取る。RS232C (シリアル通信) は実装機の実装プログラムを実装機端末との間で転送する時に切り換えて使えるように付加したものである。

実装機端末は、このようなインターフェイスを介して1秒に1回実装機の作動状態を読み取り、その変化点で時刻情報とともに、ネットワークを



図-4 マルチインターフェイス
Fig.4 Multi-interface

介してサーバに書き込む。書き込む内容は、実装機の機能ブロックごとの作動中/停止中と、その結果から生成した稼働履歴である。稼働履歴とは「何時何分何秒から何時何分何秒まで実装機がどのような状態にあったか」を示す。

3.2 モニタ端末

モニタ端末は、複数の実装機端末が書き込んだ最新情報を元に、その時点の実装機の状態を表示するものである。表示モードとして次の2種がある。

- 1) 全実装機の作動状態を一括または特定の实

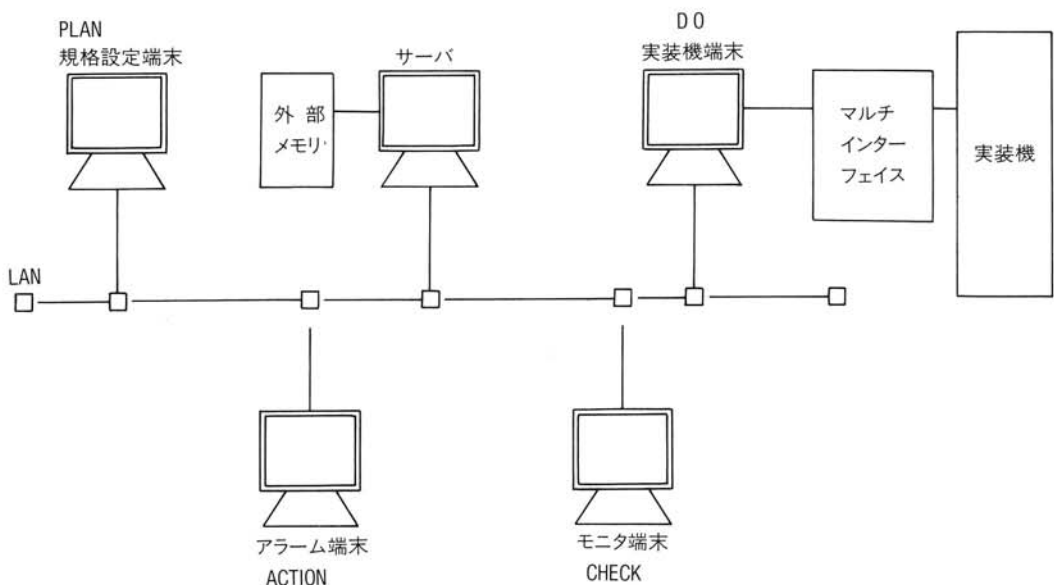


図-3 システム構成
Fig.3 System configuration

装機に関して機能ブロックごとに作動状態を表示する（グラフィックを使って実装機の設置場所や形や作動状態が直観的に連想できるようにしたもの）。

- 2) 稼働履歴を元に実装機ごとの稼働率・停止回数・MTBF（平均作動時間）・MTTR（平均停止時間）などを集計しグラフ表示する。

つまり、実装機と離れた場所にある1台の端末で全実装機の現在の状態がモニタできるものである。（図-5・図-6参照）

3.3 アラーム端末

アラーム端末は、実装機端末およびモニタ端末が集計して書き込んだデータを元に、異常状態を

検出して管理者にアラームを発する端末である。あらかじめ規格設定端末で設定した管理基準と現状を比較し、異常を検出する。

アラームは次の3種を設定した。

- 1) 状態アラーム：機能ブロックごとに異常状態になった時に発するアラーム
- 2) 時間アラーム：実装機が基準時間以上連続して異常停止している時に発するアラーム
- 3) 集計アラーム：モニタ端末が集計した結果によるアラーム

これらのアラームを「必要な人に的確なアラーム」の考え方で、課長・係員・職長・リーダー・オペレータなどの管理階層別に、音声合成装置と小電力無線機を使用して直接音声で伝えられるようにした。

3.4 規格設定端末

アラーム端末がアラームを発する時の管理基準を設定する端末である。

3. 3で述べた3種のアラームのそれぞれに関して、異常の度合い・伝達者・伝達内容を複数設定できるようにした。これによって、例えば実装機が1分間異常停止すればオペレータに「10号機が1分以上停止しています。復旧して下さい」と伝え、その後5分間異常停止が続けばリーダーに「10号機が5分以上停止しています。調査の上処置して下さい」といったアラームを発することができる。

このように、規格設定端末で管理基準を設定し（Plan）、実装機端末で稼働状態を収集し（Do）、モニタ端末で稼働状態を集計し（Check）、アラーム端末で異常を検出する一処置につなげる（Action）という風に、4つの端末が連携してPD

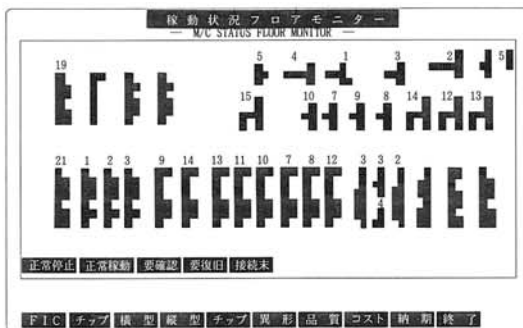


図-5. 稼働状態モニタ 1

Fig.5 Operation status monitor 1



図-6 集計結果モニタ 1

Fig.6 Totalized results monitor 1

CAサークルをリアルタイムでまわすネットワークシステムを構築した。

また前述のように、これらの端末はすべて一般のパソコンにアプリケーションプログラムを実行させることで実現しており、ネットワーク上のパソコンならばモニタ端末として機能させることが可能であり、必要な場所に複数台設置することもできる。

4. システムの特長

4.1 基盤技術

このようなリアルタイムネットワークシステムを実現させるために、共有領域であるサーバ上のファイルアクセス（書込および読込）がキーになる。具体的には、

- 1) ファイル排他
- 2) レスポンス

が十分に機能する必要がある。ファイル排他とはあるファイルに対してある処理系がアクセス（書込または読込）をしている時は他の処理系はアクセスできないようにすることを言う。排他処理を実現する一般的な方法として次の2つがある。

- ①タイム・スタンプ
- ②アトリビュート

このうち、②はアクセスする側がファイル属性をアクセスしている間だけ一時的に変更することで「ファイル使用中」を宣言して、他は宣言が解除されるまで待つ方法である。しかし、2者が同時にファイルが未使用であることを確認し、属性変更を行おうとする可能性がある限り、完全ではない。実際に本システムでもこの方法を採用していた時は、1日1回程度同時アクセスが発生していた。（共有違反エラー）

これはネットワークで接続された複数の端末側

が共通領域ファイルに対し、それぞれに制御権を持っていることに起因する。これを解決するため、サーバ側を親・端末側を子（クライアント）と位置づけ、親に制御権を一任できるようなくみが必要である。（サーバ・クライアント処理）

当初、ネットワークソフトとして「LAN MANAGER」を使用していたが、完全なサーバ・クライアント処理ができなかった。そこで「Netware」を採用し、併せてファイル操作ユーティリティである「Btrieve」を使用することで、完全なファイル排他および高速レスポンスが可能となった。レスポンスはあるファイルの所定場所にデータを読み書きするスピードで、採用前に比べ平均20倍の高速化を実現した。

このような、基盤になる技術検討をベースに本システムは成立している。

4.2 自動収集化

当社は実装機を含む自動機の稼働状態としてアンドンを用いて基本的には、①正常稼働（緑点灯）、②異常停止（赤点灯）、③部品切れ（黄点灯）、④正常停止（全消灯）の4つの状態を定義している。これが前述した実装機の機能ブロックごとに配備されているので、このアンドンのランプの接点信号をDI/Oで直接取り込んで稼働状態を検知することとした。

ただし、電圧レベルの違いや実装機メーカーによっては上記の定義外の点滅をさせるものもあるため、どのような実装機にでも対応できるように標準インターフェイス回路を開発した（図7）。

これにより、実装機の稼働状態の変化を正確にリアルタイム収集することができる。収集したデータ（変化点）をサーバの所定エリアに書き込むことで、モニタ端末が読み込んで表示する。

また、稼働履歴を生成するに当たり、実装機の



図-7 稼働状態検知標準インターフェイス

Fig. 7 Standard interface for detecting operation status



図-8 オペレートボックス

Fig. 8 Operating box for entering stop time

稼働モードそのものを定義する必要がある。当社では、本システムを導入する前はオペレータ（人手）による自己申告制で稼働記録を残していた。その際に調査・分析の上22種の作業区分（モード）を定義している。今回についてもこれで必要十分と考え実装機の稼働モードとして採用した。これを図-9に示す。

しかし、アンドンの接点信号からは、前述の4種の状態のみしか判別できない。そこで、実装機が停止した時の停止理由がわかるよう図8のようなオペレートボックスを製作し、オペレータが停止理由を入力することとした。これには図-9で示した稼働モードの内、段替時間以下すべてのキースイッチを配置し、選択して押せば端末が稼働モードとして認識できるようにした。

以上により、稼働モード情報に端末の内部タイマによる時刻情報を付加して、稼働履歴の1レコー

ドとして、サーバに書き込む。（図-10）

稼働履歴のサーバ書き込みは、稼働状態の変化点（アンドンの点灯状態の変化またはオペレートボックスのスイッチ操作）にてレコードを生成した直後に実行する。この作業が複数台の実装機端末から同時に行われる可能性がある。すると、書き込み処理がサーバ上で衝突する。そこで排他処理が必要になる。4. 1で述べた通りである。

4. 3 リアルタイム処理

前述のように、複数の実装機端末は、実際の実装機の状態変化を1秒以内に端末が検知して、サーバに書き込む。この最新データが情報として展開されなければ意味を持たない。市場には1日分の履歴をフロッピーやICカードなどの媒体に記憶させ、あとになってそれを処理するようなシステムが販売されている。これでは不具合が発生している、それが次の日にわかる「死亡診断書」システムになる。生きものである工程を常に監視し、「今」の状態を情報として伝えられる「健康診断」システムでなければならない。

そこで、モニタ端末およびアラーム端末はサーバの最新データを常に読み込み、集計・分析するようにした。アラーム端末については後述することにして（4. 5）、ここではモニタ端末の集計処理について述べる。

集計の基本単位として、日集計と月集計の2種とした。日集計は、その日の稼働開始から集計時点までの最大12時間を範囲とし、主にオペレータへの情報伝達を目的とする。また月集計はその月の1日から集計時点までを範囲とし、主に管理者への情報伝達を目的とする。

それぞれの範囲で、次の管理項目を集計して、別のファイルに書き込む。

①可動率（%）

時間区分			項 目	意 味
操 業 時 間	稼働時間	直接時間	実装時間	実際に製品に部品を実装して生産した時間
			復旧時間	リペア・部品補給に要した時間
	間接時間	準備時間	段替時間	段取り替えにより停止させた時間
			印刷準備	クリームはんだの補充および室温放置等により停止させた時間
			調整修正	プログラム修正・品質確保のための調整で機械を停止させた時間
		点検時間	日常点検	始業点検・終業点検で機械を停止させた時間
			週間点検	週間点検などで機械を停止させた時間
			定期点検	定期点検・品質確保のための点検で設備保全課が停止させた時間
	無作業	故障時間	簡易修理	簡単な修理で機械を停止させた時間
			機械修理	品質確保のための調整修理・故障修理等を設備保全課が行った時間
		手待時間	部品欠品	基板・部品等の欠品で機械が停止した時間
			部品探し	部品の
			指導書無	
停止時間	除外時間		休憩時間	
			其他時間	
	計画中断		看板無し	
			初期流動	
			実装試験	

図-9 実装機の稼働モード

Fig.9 Operation mode of mounting machine

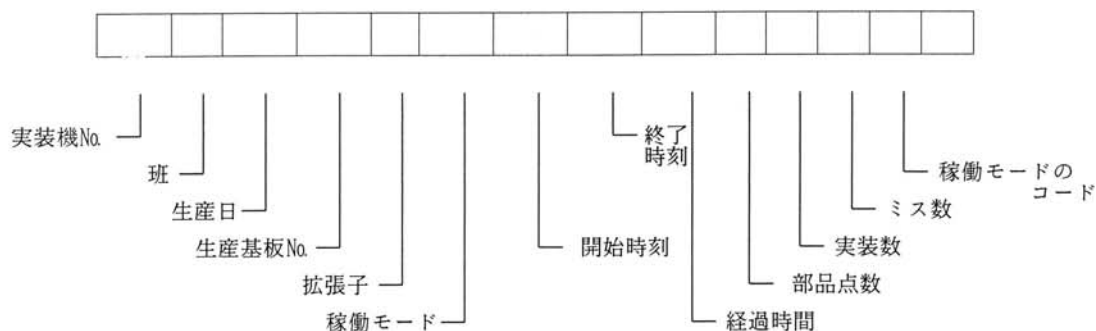


図-10 稼働履歴のレコード

Fig.10 Operation history data

- ②稼働率 (%)
- ③直接率 (%)
- ④使用効率 (%)
- ⑤故障率 (%)
- ⑥挿入装着率 (%)
- ⑦MTBF (分)
- ⑧MTTR (分)
- ⑨直接時間点数 (点/時間)
- ⑩可動時間点数 (点/時間)

これは、実装機端末が書き込んだ稼働履歴ファイルを実装機ごとに最新レコードから順にさかのぼり、稼働モード別の経過時間および生産数などを累計し、その結果をそれぞれの計算式にあてはめて算出する。ただし、履歴は現在の状態から他の状態に変化したところで完成するので、現在できつつあってまだ履歴化されていないものは対象

外になる。

この集計処理を連続して実行させることで、常に「今」の工程の状態を数値で表現された情報ファイルとして時系列的に生成できる。出力内容を図-9に示す。これは図-4で示した内容の次画面で表示できる。付加機能として、この画面上で簡単なキー操作により、時間をさかのぼって集計値を検索し変化点を自動検出することができる。異常を発見した時にいつからそのような状態になったのか検証するための支援機能である。

4.4 モニタリング

履歴を元にした集計と同じく、実装機端末が検知している最新の稼働状態もネットワークを介して読み込める。これは図-12のようなデータで、状態は1/0のデータである。また、1台の実装機が稼働しているか否かを決めるのは実際に部品をプリント板に実装しているマウンタである。従って、マウンタを中心に機能ブロックごとの関係を考えると、次の4状態に帰結する。

- ①正常稼働
- ②異常稼働 (稼働しているがマウンタより前工程のブロックが異常である)
- ③異常停止
- ④正常停止 (非生産中)

図-11 集計結果モニタ 2

Fig.11 Totalized results monitor 2

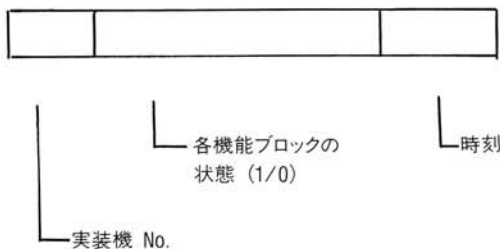


図-12 稼働状態データ

Fig.12 Operation status data

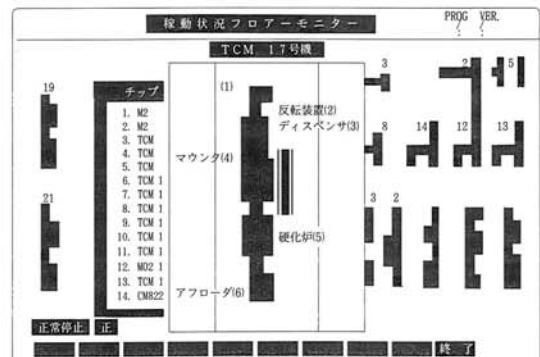


図-13 稼働状態モニタ 2

Fig.13 Operation status monitor 2

これに、①緑・②黄・③赤・④青の色を設定しフロア上の配置に合わせて端末のディスプレイにグラフィック表示することで、管理者が直観的に状況把握できる。(図-5)

また、1台の実装機の詳細も同じ色構成で機能ブロックごとに拡大表示できる。(図-13)

画面表示に関しては、マンマシンインターフェイスおよび開発工数を考慮し、市販の画面制御ユーティリティである「トリプル・アイ」を使用した。

4.5 アラーム

3. 3で述べたように、本システムは3系統のアラームを発することができる。通常、モニタ端末で工程の状態を一括して表示することができればよいという考え方が多い。しかし、管理者がモニタ端末を一日中凝視し、異常を発見したら適切な人にそれを伝える必要がある。これでは、PDC Aが自動的にまわらないことになる。そこにアラーム化の価値がある。

状態アラームは、機能ブロックの中で異常状態になると生産に重大な影響を与えるものについて発するアラームである。チップ部品実装機におけるUV(紫外線)硬化炉が高温異常になるなど、すぐに復旧を要する場合が対象となる。これは前述の稼働状態データの1/0を約5秒周期で読み込んで判定し、アラームとする。

時間アラームは、実装機の異常状態が基準時間以上続いた場合に発するアラームである。特に、生産中にマウンタの停止が続いた場合が対象となる。

集計アラームは、4. 3で述べた集計結果が異常となった場合に発するアラームである。稼働率が連続7回下降したような場合が対象となる。

実装機のアオペレータに対するアラーム自体は、

これまでもあった。アンドンがそれである。ランプの点灯に併せてブザーを鳴らす場合もある。しかし、オペレータは常にランプが点灯していないかを確認するかブザー音が届く範囲内におらねばならない。ある程度の騒音の中で、1人で複数台をオペレートしたり、外段取りをしている現状では有効なアラームとは言えない。アラームが処置すべき人に確実に届き、改善されるまで所定期間で発し続けることが必要になる。

その方法として、図-14に示すように端末に音声合成装置と無線機(親局)を接続して、アラーム内容を音声として伝達する方式を採った。オペレータや管理者は、無線電波を受信するための無線機(子局)を携帯する。子局はそれぞれ個別のチャンネルを設定し、親局が特定チャンネルに対して発信する。

またアラーム端末は1分周期で異常チェックを繰り返すため、改善されない限り発信し続ける。

これによりアラームを受信した者は処置へと移れ、逆にアラームを受信しない限り異常は発生していないので、効率的な作業配分が可能となる。

4.6 異常状態の抽出

3系統のアラームの内、ここでは連続時間アラームの規格設定について詳細に述べる。規格設定端末では、図-15に示すように特定実装機の特定稼働モードごとに規格を設定できる。内容は、その

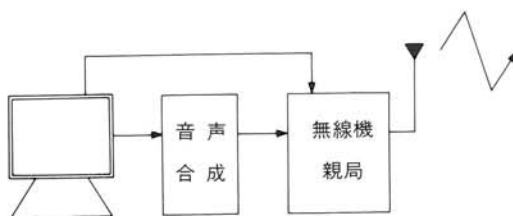


図-14 アラーム伝達手段

Fig.14 Alarm communicating method

稼働モードになってからの連続経過時間とその時のアラーム内容および伝達者である。

この例では、CM8220という実装機が連続1分以上復旧時間モードであった場合は、01というIDコードを持つ人に「CM8220の復旧時間が1分経過しました」というアラームが発せられることになる。そのまま5分経過すれば、02という人に伝わることになる。以上経過時間によって伝わる人が代わってゆく。通常は経過時間が長くなる程、管理階層が上になるよう設定する。

一方、実装機端末は状態の変化点で時刻を付加してサーバに書き込んでいる。(図-12) アラーム端末でそれを読み込んで、現在時刻と変化点の時刻の差を求め、規格の経過時間より大きい場合、アラーム内容を所定ファイルに書き込む。このファイルはアラーム待ち行列として、音声合成装置から無線機への出力を待つデータ群となる。アラーム端末では、この抽出プログラムと出力プログラムを交互に実行するようにし、アラーム発信を可能にした。

5. 有効性

このシステムを成立させた最もベースにある技術は、4.1で述べたネットワーク技術およびファ

イル操作技術である。これは、本稼働管理システムに限らず、生産管理システムなどいくつかの共有ファイルをネットワーク上で複数の端末からアクセスする場合には必須の技術である。実際、現在開発中の生産管理システムでも同じ技術を利用して進めている。本システムはC言語で開発したが、ネックとなるファイル操作に関する標準のライブラリ関数を作成して、今後のシステムでも利用できるようにした。ソフトウェア中心のシステムでは、ランブラリ関数のような信頼性があり再利用可能なパーツを整備・拡充してゆくことが肝要である。

本システムは機械の稼働情報をインターフェイスを介して収集し、他の場所で一括監視するものである。これは、実装機に限らず後工程である組立ラインの自動機群にも十分に適用できる構造である。従って、将来は全製造工程に展開しトータルシステムとして発展できる。

また、実装機からの情報は現在アンドンに依存している。これは汎用性の有る方法ではあるが、本来実装機そのものがさらに詳細な情報を持っている。これを取り出すことで、より確実に詳細な管理が可能になる。実現へ向けて現在実装機メーカーと折衝中である。

さらに、稼働履歴を製造原価の計算など経理処理の正確なデータとして利用できるよう検討中である。

6. おわりに

これまで、製造工程を対象とした自動化はFAの分野であった。また、情報処理はOAの分野で、それぞれ個別の技術で成長してきた。その結果、FAは技術職、OAは事務職といった役割分担が生まれ両者を融合させることは、むずかしかった。

M/Cステイタスアラームパラメタ設定画面
M/C STATUS ALARM PARAMETER ENTRY

状態項目名	機械No	工程	履歴
復旧時間 (01)	CM8220	C	OFF

経過時間	メッセージ内容 (そのまま音声合成されます)	出力先	設定
0時間 1分	1分経過しました	ID01	ON
0時間 5分	5分経過しました	ID02	ON
0時間10分	10分経過しました	ID03	ON
0時間20分	20分経過しました	ID04	ON
0時間30分	30分経過しました	ID05	ON
0時間45分	45分経過しました		ON
1時間 0分	1時間経過しました		ON
時間 分			
時間 分			
時間 分			
時間 分			

上変換 書き込み 反転 終了 辞 R英小

図-15 規格設定画面

Fig.15 Standard entry screen

このような状況下でFA（信号）とOA（情報処理）を融合させ、ネットワーク・コンピューティングにより管理者に的確な情報を提供することで、製造工程を「面」の単位で管理できるようになったことは意義深い。

今後は、これらをベースに機械実装工程の情報化をさらに充実させていきたい。

今回のシステム構築に多大な支援を頂いた㈱富士通ビジネスシステムの皆様に厚く感謝の意を表したい。