

# 論文 FAオープン化が自動車製造にもたらすもの\*

## The Impact of Open FA System on Automobile Manufacturing

犬飼利宏

Toshihiro INUKAI

榊原 聡

Satoshi SAKAKIBARA

We have developed a software platform for production information systems, ORiN (Open Robot / Resource interface for the Network). ORiN provides a general access means to a variety of FA equipment. Therefore, the generality and the versatility of the FA application become high. In this paper, we describe new demands for factory automation in DENSO, and how the new production information systems base on ORiN answer to them.

**Key words** : FA, Robot, Open architecture, Standard software interface, ORiN

### 1. まえがき

昨今の厳しい経営環境のなか、生産設備の稼働率向上・品質向上への要求がますます強まっている。稼働率や品質の向上を図るためには、設備の動作状況データを取得・分析し、適切な処置をタイムリに実施する必要がある。

従来、生産現場では簡便にこれらのデータを取得することが多かった。稼働状況に関しては生産ラインを構成する各々の設備ではなく、ライン全体の状況が管理された。また設備停止や不具合発生に関しては、発生の回数のみを記録するなどし、得られたデータを解析して対策がなされた。しかし、より高度かつ迅速な改善が求められるようになるに従い、詳細なデータをリアルタイムに取得・解析し、直ちに必要な処置を実施することが求められるようになっていく。

これに対応して、近年急速に発達しているネットワーク・コンピュータ技術を利用し、設備情報データをネットワークによって収集しコンピュータによって解析・利用するシステムが開発されている。しかし、生産ラインにはロボットやPLC (Programmable Logic Controller) を始めとした様々なベンダによる多様な機器が混在しており、これらの情報を統一的に収集・管理するソフトウェアシステムを開発することは従来困難であった。

そこで我々はFA機器用標準通信インタフェースであるオライン(ORiN: Open Robot / Resource interface for the Network)を利用することにより、これら多様な機器の情報を効率よく収集し、解析・利用が可能なシステムの開発をすすめてきた<sup>1)</sup>。本論文では、開発の背景としてデンソーにおける自動化技術と設備管理における新たな要求を簡単にまとめ、ORiNを活用して開発したシステムがそれに対してどのように応えたかを

を報告する。

なお、本論文ではデンソー社内でのシステム事例を中心に紹介する。他のアプリケーションやORiN自体の技術に関しては文献2)3)を参照していただきたい。

### 2. デンソーにおける自動化技術

新しい製品が次々と生まれるたび、それらを生産するための新しい生産技術・生産設備が必要となる。より多様化するニーズに対応し、様々な製品をタイムリーに顧客へ提供するためには、多種・多世代・量変動などに対応できる設備づくりが必要となる。

デンソーではこれらの要求に応えるため、情報系・生産系の高度化をすすめている。情報系では、生産・品質・技術の各情報管理システムを連携させ、生産品目・数量にあわせた最適生産システムを取り入れるなど高効率化を図っている。生産系では、製品の特性・生産量を考慮し、最適な自動化の推進を図るとともに、「品質は工程でつくり込む」との考えのもと、生産性と品質の高度なバランスの実現をめざしている。

デンソーにおける自動化技術はFig. 1のように発展してきた。現在では海外も含めた事業レベルでの合理化、生産量への柔軟な対応などが焦点となっている。

デンソーでの工場自動化の課題は、Q-C-Dで語られる。これらはそれぞれQuality-Cost-Deliveryの頭文字であり、各々を一言で表せば、Qualityは「不良ゼロ: Zero defects」、Costは「高生産性: Total automation」、Deliveryは「JIT: Just In Time」である。

このような高度な自動化を支える一つの柱として、ロボットが各所で活躍している。デンソー社内だけで累計で約1.3万台のデンソーロボットが導入されてきた。

その結果、売上高あたりの人員数は自動化により約

\* (社)自動車技術会の了解を得て、「自動車技術」Vol.58, No.5, 2004より一部加筆して転載

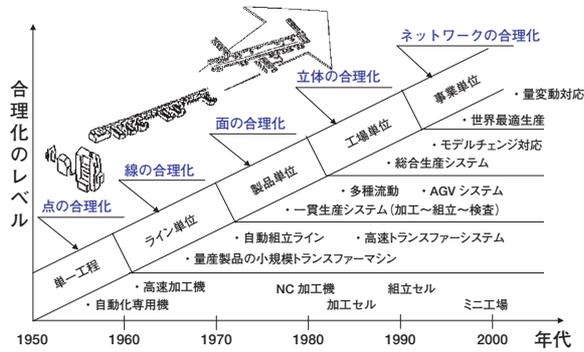


Fig. 1 History of automation in DENSO

1/2まで減るなどの成果を取めてきた (Fig. 2). しかしその内訳をみると、ライン内で生産に従事する直接作業者が減っているのに対し、それ以外の間接作業数はほとんど変わっていない。つまり、さらなる生産性向上のためには、“管理・間接作業の自動化”が必要である。次章では、この管理・間接作業の自動化を実現するために必要な機能について述べる。

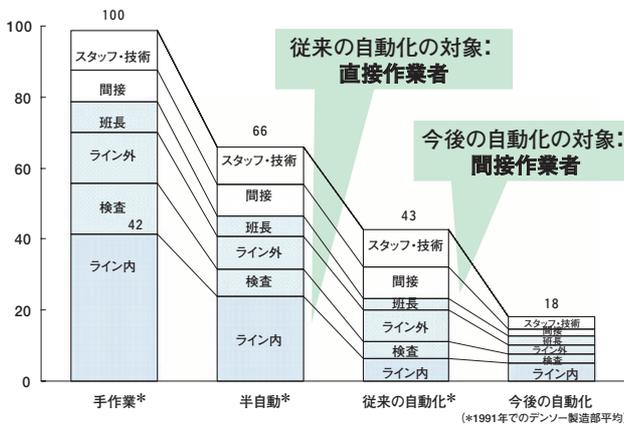


Fig. 2 Number of persons per total sales

### 3. FAにおける情報システム

FA向けの情報システムを三つの層に分割すると Table 1 のようになる。計画層・制御層は自動化が進んでいるが、実行層の品質管理や稼働管理は多くを人手に頼っている。また、下位層から上位層への情報伝達・利用があまり進んでいないことも、人手に頼る一つの大きな要因となっている。

このうち実行層に相当する部分で従来用いられてきた設備管理手法を「品質管理」と「稼働管理」の二つに分けて簡単に述べる。

「品質管理」は、(a)生産技術のレベルで、規格幅に対して十分高い工程能力 (工程能力係数  $C_p=1.33$  以

Table 1 Information system hierarchy for FA

階層	構成システム	キーワード	普及度
計画層	業務計画システム 生産管理	MRP, ERP	○
実行層	製造実行システム 稼働管理・品質管理	MES	△~ ×
制御層	設備制御システム 設備動作管理	Field bus	○

上) をもつ設備を開発し、(b)製造現場レベルでは、それに基づき日常は簡便な中心値管理を実施する (Fig. 3), という手法をとってきた<sup>4)</sup>

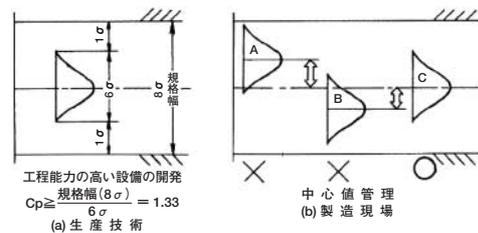


Fig. 3 Typical quality control<sup>4)</sup>

一方、「稼働管理」は主にライン稼働状況管理、設備停止低減、保守管理の三つに分けられる。

- (1) ライン稼働状況管理では、ライン単位で稼働率、サイクルタイムなどを管理する。
- (2) 設備停止低減は、ラインの停止要因・回数を集計し、重要度の高い要因から順次改善を図る。
- (3) 保守管理は、定期的なメンテナンスと故障時の修理対応が主となる。

このような品質管理と稼働管理を日常業務として実施しているが、近年このような従来手法では対応困難な問題がでてきた。例えば品質管理面では、極めて微細・複雑な加工や組立が増加し、工程能力を十分に確保することが困難な場合には、全数検査を実施することもある。また、迅速な不具合対策が要求され、統計量としてではなく、個別データレベルでの問題解析、品質情報管理が求められつつある。そこで、品質管理のためには「全数管理」と「履歴管理」への対応が必要となってきた。

一方、稼働管理面でも多品種・多世代対応などのために設備が複雑化し、それに伴ってラインの停止要因も複雑化している。ライン停止などに迅速に対応するためには、その要因を分析するため“粒度”の高い多量のデータ収集と、データを活用するための集計に多

くの工数が必要になる。そこで、稼働管理ために「高粒度化」と「集計自動化」が必要になってきた。

以上のように、従来の手法では対応困難な高度な要求への対応するため、FA向けの情報システムが必要になりつつあり、その実現のために今回ORiNを導入した。

#### 4. ORiNとは？

ORiNは日本ロボット工業会での標準化活動の一環としてスタートし、1999年より3年間にわたりNEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）より援助を受け、本格的に開発を開始した。そして、2002年10月にORiN協議会<sup>5)</sup>を設立し、現在も普及・機能向上活動を推進している。

ORiNを一言で表すと、「FA機器を対象にしたソフトウェアインタフェース規格」であり、ハードウェアのインタフェースを規定するものではない。ORiNは次の三つの技術、

- (1) RAO — 標準プログラムインタフェース
- (2) RRD — 標準データスキーマ
- (3) RAP — 標準プロトコル

から構成されている (Fig. 4)。

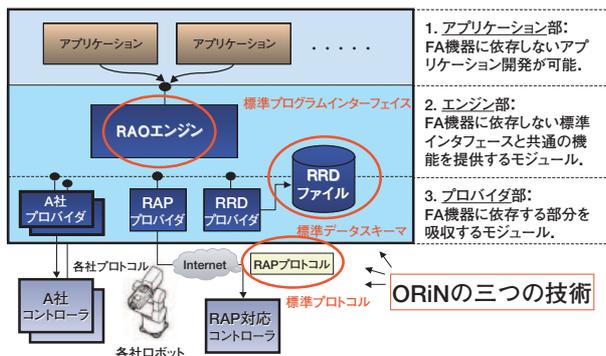


Fig. 4 ORiN technologies

RAO (Robot Access Object) はネットワーク上に接続された機器間で容易にデータ交換を可能とする、分散オブジェクト技術をベースとしている。RRD (Robot Resource Definition) は各社ロボット固有データを記録するとともに、各種情報システムとのデータ交換に活用可能なXML技術をベースとしている。RAP (Robot Access Protocol) はファイアウォールで保護されたイントラネット内の設備とも通信を可能とする、SOAP技術をベースにしている。

これらは、設計思想は統一されているが仕様は独立

しており、単独で使用することができる。

ORiNは当初、ロボットを対象にしたプログラムインタフェースであったが、その汎用性の高さからロボットと同様のリソース(変数・I/Oなど)を持った様々なFA機器にもORiNの適用範囲は広がっており、現在では様々なFA機器がORiN経由でコントロールできる。

RAOを使ったシステムは、アプリケーション部、エンジン部、プロバイダ部の三つの層に分けられる (Fig. 5)。下位層のプロバイダ部は、メーカーや機種の違いの依存部分を吸収するために用意され、基本的にはFA機器メーカーが提供する。エンジン部はORiNの汎用的な機能を提供し、これが唯一のプログラムインタフェースを与える。エンジン部とプロバイダ部の分離はRAOの一つの特長であり、プロバイダ実装を容易にしている。

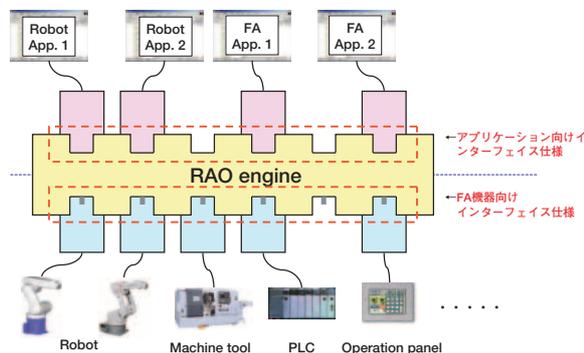


Fig. 5 RAO connection model

アプリケーション部は、エンジン部が提供する機能を用い、特定の目的を達成するモジュールである。後述するが、各FA機器に依存することなくアプリケーション部を開発できることがORiNの大きな特長である。

#### 5. ORiNを活用した工場内管理システム

工場内の管理システムとしては、生産管理・生産指示を目的としたものが従来開発されてきた。これらのシステムは、設備計画時に必要とされるデータ条件が特定され、また情報としても品番情報など定型のものが多いため、システム仕様も比較的容易に決定することができた。

一方、実際の生産ラインでは、これら定型の情報のほか、設備のチョコ停(設備動作異常に伴う、およそ5-10分以内の設備停止)に関する発生状況や対策に必

要なデータ収集、あるいは設備を効果的に保守・点検するための情報収集なども行われている。しかし、チョコ停や保守に関連する情報は、実際に設備が稼働し問題が顕在化して初めて収集すべき情報が判別すること、発生する問題に応じて収集すべき情報が変わること、さらに具体的な成果をあげるためには様々な機器から情報を収集しなければならないこと、などのために、監視を自動化することが従来困難であり、人手にたよった作業が中心となっていた。

また、従来も設備管理・保守管理を目的としたシステムは開発されてきたが、対象とする工程・設備を構成する機器とも開発ケースごとに様々であり、その都度ソフトを開発することが多かったため、開発に多くの工数を要すると共に、ソフトの信頼性や使いやすさの向上を図ることも困難であった (Fig. 6)。

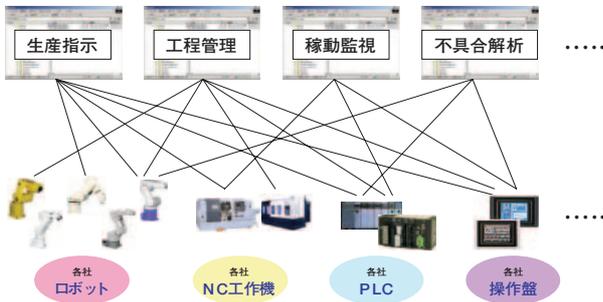


Fig. 6 Current FA information system

以上をふまえ、特に設備管理・保守管理などを目的とした工場内監視システムに求められる要件をあげると下記のとおりである。

- (1) 接続性：情報を収集する対象機器のベンダ・機種などに関係なく、容易に接続することが可能なこと。
- (2) 汎用性：機器の機種や物理的な所在に関係なく、監視アプリケーションからの統一されたアクセスが可能なこと。
- (3) 信頼性：生産に支障を与えることなく安定して監視が可能なこと。

我々は、管理システムに対するこれらの要件を満たすため、ORiNをベースにシステムを構築した。構築にあたっては、ORiNの持つ次の特徴を活用している。

・プロバイダ作成の容易性

ORiNでは、前述したように各種機器との通信接続部分に関してプロバイダと呼ばれる機構を定義し、必要とされる最低限の機能を実装するのみで接続を可能

にしている。また、SDKにより自動的にプロバイダのスケルトンが作成されるので、開発者はORiNの内部構造に関する詳細な知識を必要とせず、通信接続機能のみをコーディングすればよい。

工場内管理システムでは、必要に応じて適宜接続する機器を増やす必要があるが、ORiNを用いればプロバイダ機構により容易に機器を接続することが可能となる (Fig. 5)。

・接続機器の抽象化

ORiNでは、ロボット・FA機器に共通する情報について標準的なオブジェクトモデルを用意し、接続される機器にかかわらず統一された手順でアクセスすることが可能である。また、ORiNは特定のネットワークなどに依存しないよう仕様が定義されており、工程内で使用される様々なFAネットワークなどの接続形態に関係なく、すべての機器を同一レベルで管理することが可能である。これにより、ソフトウェアからみた機器の抽象化が実現され、ソフトウェアの汎用化が促進される。つまり、アプリケーションソフトウェアから見ると、同じ意味の情報があれば、それがどの機器と関連付けられていようが構わないのである。このことは管理システムの開発コスト低減と再利用促進を通じた信頼性向上に貢献する。

・高信頼性

ORiNは、その開発過程においてソフト開発会社の協力などを得ながら十分な品質テストが実施された。更に開発と並行して一部工程に試験導入することにより、実ラインでの様々な使用状況における動作確認も行っており、当初から高い信頼性を確保している。今回開発したシステムについても、複数製造ラインにまたがる厳しい条件下での実地検証を重ねており、その中で1ヶ月間にわたる無停止動作を実現するなど、高信頼性が実証されている。

6. 工場内管理システムの構築

6.1 システム全体構成

今回開発したシステムの全体構成をFig. 7に示す。191台の機器から構成され、イーサネットや、既存のフィールドネットワークをそのまま活用している。これらのシステムで扱われる情報項目は約13,000項目あり、それらは8ミリ秒～30分の範囲でサンプリングされている。前述したような問題の「改善」につなげるためには、このレベルの情報量が必要となる。

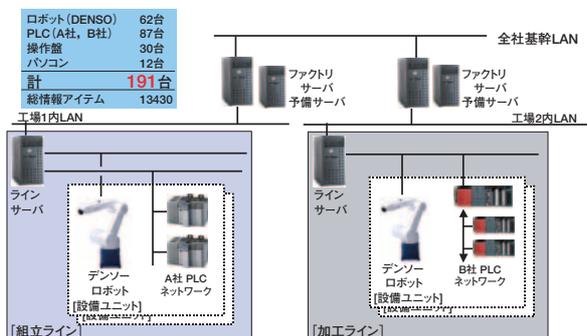


Fig. 7 System overview

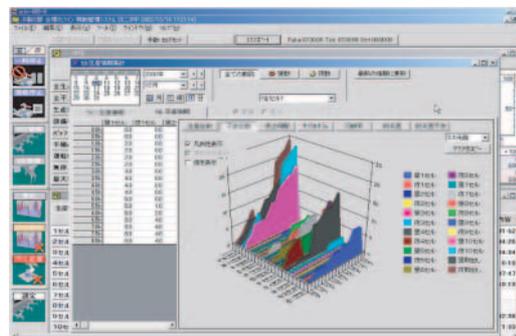


Fig. 8 Operation management system

以下の節では、このORiNプラットフォーム上に開発した各種のアプリケーションを簡単に紹介する。品質管理・設備管理を多面的にサポートするため、下記アプリケーションを開発した。

- ・設備稼働中の常時監視：設備稼働管理システム
- ・異常の予知：シリンダ劣化監視システム
- ・異常発生時の迅速な対処：モバイルモニタ，ロータリラック監視システム
- ・異常の根本原因究明：ロボット制御ログアナライザ，イメージロガー
- ・設備データ保守管理：ファイルマネージャ

### 6.2 設備稼働管理システム

これまでの稼働管理システムというところ、ライン全体で稼働率を表示する、各工程の操作盤に簡単な情報を収集して表示する、など形式的な情報提供にとどまっております、それを改善につなげることは難しかった。

本システムは、大きく分けて下記の三つの機能を提供する。

- (1) 生産ライン工程毎のリアルタイムモニタ機能
- (2) 生産情報収集と集計機能 (Fig. 8)
- (3) エラー情報収集と集計機能

これらの機能により、これまで人手に頼っていた管理業務を半自動化することができ、さらに詳細なレベルでの管理が可能となった。

本システムは当初組立工程を対象に開発したが、その後加工系工程へ展開した。機器構成、情報収集方法などに相違があるが、プロバイダ開発により新機器へ対応した。またアプリケーションソフトは取得情報の定義変更程度で新工程へ対応できた。このことはORiNを使用したソフトウェアの汎用性・転用性の高さを示している。

### 6.3. シリンダ劣化監視システム

本システム導入工場では、数千本のエアシリンダを使用している。本数が多いため、グリス塗布などの定期的なメンテナンスはできず、“壊れるまで使って、壊れたら迅速に交換する”という方法しかないのが現状である。一見リーズナブルなようではあるが、“壊れるまで…”では適切にメンテナンスされず本来の寿命以下で壊れるであろうし、“壊れたら迅速に…”も、結局は大停止を免れない。壊れる前に異音等に気が付けば処置可能だが、工場の騒音の中でそれに気がついた時点では既に破壊は始まっていると考えるべきである。

シリンダの劣化は、シリンダの移動時間の遅れ・進み・乱れを引き起こすので、“シリンダの移動時間をモニタして劣化を予測する”システムとして、「シリンダ劣化監視システム」を開発した (Fig. 9)。

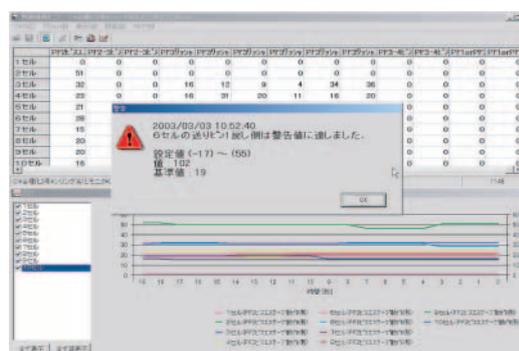


Fig. 9 Cylinder monitoring system

シリンダの中には、その移動時間の遅れが設備の稼働率低下に直接つながるものもある。このシステムは、シリンダの寿命を延ばす手助けをするだけでなく、このような目に見えない稼働率低下の要因も検出するこ

とができるのである。

#### 6.4 モバイルモニタ

様々な設備異常停止対策を実施しても、なお異常が発生する場合、発生後の迅速な対応が重要となる。特にバッファなどを使っている場合、バッファが完全に空になるまでに処置を講じないと大きな稼働率低下を招くため、適切に異常発生箇所・原因を把握し処置しなければならない。

そこで、ORiNを使用して異常発生を迅速に保全担当者に電子メールなどで通知するツールを構築した (Fig. 10)。このツールは、エラーレベルなどに応じて適切な担当者へメッセージを送信することができるため、効率的な異常処置が可能となった。

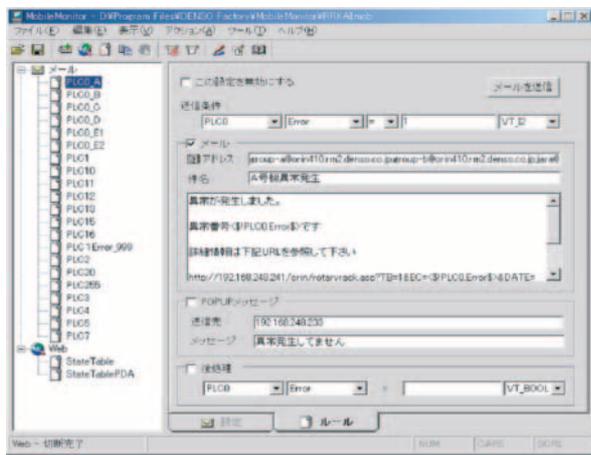


Fig. 10 Mobile monitor

#### 6.5 ロータリラック稼働監視システム

本システム導入工場では、「欲しい時に、欲しい物を、欲しいラインに届ける」設備として、直線になると数キロメートルにもおよぶ長大なロータリラックが稼働している。部品工程と組付け工程を直結しているので、停止が5分を越えると全体の生産性を低下させてしまう重要な設備である。そこで、5分を越える設備停止を検証してみると、処置・復帰は10秒足らずなのに、異常原因の把握に7分近く要していることが分かった。このうち、作業者が監視盤へ移動する時間や、エラー番号から地図で異常箇所を特定する時間などが支配的であった。

「ロータリラック稼働監視システム」 (Fig. 11) は、作業者が持つPDAに無線で、エラー番号や異常発生箇所の地図などをエラー発生とほぼ同時に送信すること

ができる。そのため現場作業者は異常発生箇所へ直行できる。また、処置内容はそのままPDAから記録することができるので、これまでのように後で作業報告書を作成する必要もなくなったばかりでなく、集計作業なども簡単に行えるようになった。

また、本システムはメール送信やWEBサイト自動更新の機能を前述の「モバイルモニタ」を使って実現している。このこともORiNを使用したソフトウェアの汎用性・転用性の高さを示している。



Fig. 11 Rotary-rack monitoring system

#### 6.6 ロボット制御ログアナライザ

ロボット制御ログアナライザ (Fig. 12) は、ロボットの制御情報 (モータ負荷やエンコーダ値など) をリアルタイム (8ms) で記録し、その情報をその他の生産情報 (品番やツール番号やパレット番号など) と関連づけて記録するツールである。

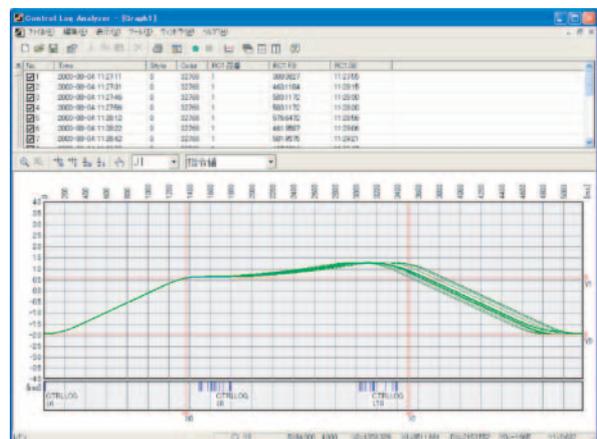


Fig. 12 Robot control log analyzer

このツールにより、ロボット自体の劣化予測・予防

保全や、ロボットの組付け不良の原因推定が可能となる。

### 6.7 イメージロガー

散発的かつ、まれにしか発生しない設備の不具合・チョコ停・組付け不良などに対して、その真因を追究するのは容易ではない。数週間、数ヶ月に1回というようにまれにしか発生しないので、不具合発生状況を誰も見ていなく、不具合に至る過程が分からないのである。したがって、的を射た対策がなかなかできず、不具合結果などから推測で対策を練るしかない。

この問題の解決は単純に設備の動作状態を常にカメラで撮影すればよいように思えるが、実はそれほど単純ではなく下記のような問題がある。

- (1) そのような長時間の記録を効率よくできるものがない。
- (2) 画像データだけでなくI/Oや品番やツール番号といった周辺情報とリンクして記録しなくては後で解析できない。
- (3) 撮影したいポイントは品番毎やタスク毎に違うので複数のカメラの切替えや、パン・チルト・ズームの制御を行わなくてはならない。
- (4) 撮影のタイミングを決める条件は単一ではない。例えば、「ある品番に、ある部品を、あるツールを使って組付けている」ときに撮影したい場合など。

これらの課題を解決したのが、分散型デジタル画像記録装置イメージロガー (Fig. 13) である。イメージロガーはORiNの技術を主に(2)(4)の課題を解決する手段として活用した。

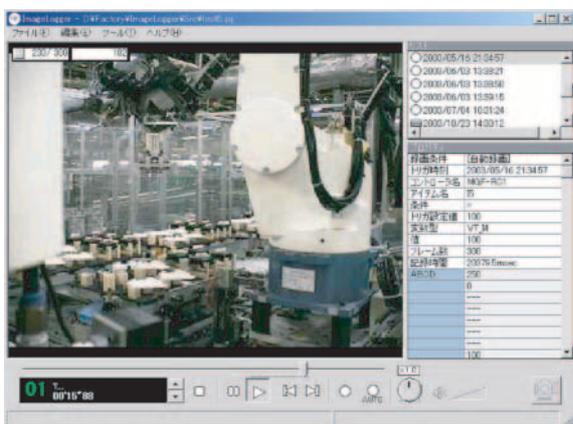


Fig. 13 Image logger

### 6.8 ファイルマネージャ

本システム導入工場のように、多様な機器を使っている設備では、それぞれの制御プログラムソースの管理も重要な保全業務の一つである。このファイルの管理を効率よく行うために開発されたのがこの「ファイルマネージャ」(Fig. 14)である。一見するとMicrosoft Windowsのエクスプローラと同じように見えるが、実はORiNアプリケーションで、ロボットやNC加工機などに接続してファイル(ロボットであればロボット言語、NCであればG-CODEのファイルなど)をドラッグ&ドロップで操作することができる。このツールと市販のソース管理システムと組み合わせることで効率的なソース管理が可能になった。

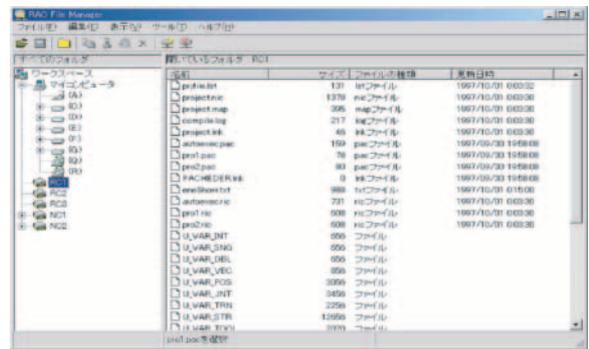


Fig. 14 File manager

### 6.9 設備WEB管理システム

ここまでに紹介したアプリケーションは現場の担当者が比較的に詳細な設備情報を効率よく扱えるように独立したアプリケーションとして開発したものである。

しかし近年、それらが収集・解析したデータのサマリ情報に監督者がWEBブラウザで簡単にアクセスしたいという要求が高まってきた。

この設備WEB管理システム (Fig. 15) はそういったサマリ情報に加えて、それらに関連するドキュメントなども一括管理する製造ポータルサイトとなっている。

以上、一とおり簡単に紹介したが、これら以外にも現場から様々なアイデアが出ており、その中のいくつかは既にも実験を開始している。アプリケーションとそのプラットフォームを分離できるORiNの技術によりそのような現場のアイデアを短時間で具現化できることが最大のメリットと感じている。

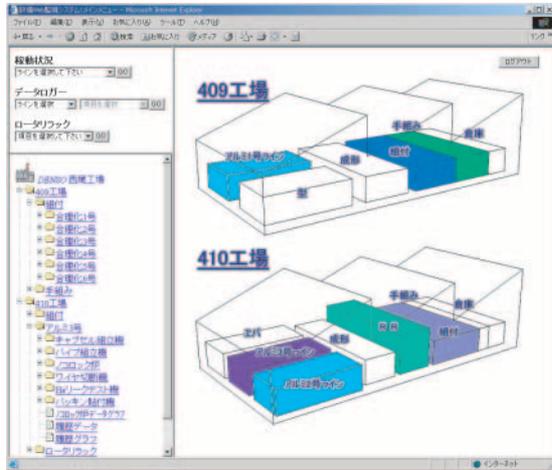


Fig. 15 Facility WEB management system

## 7. おわりに

生産ラインの機器内に収められた情報を収集・分析することで生産ライン全体の生産性や品質の向上を可能とするシステムを開発した。ORiNの優れた接続性・汎用性・信頼性などの特性を活用することにより、多様な機器の情報を収集・分析可能で、再利用性の高いシステム構築が可能となった。これがFAオープン化によってもたらされたものである。

現在ORiNはversion 2.0の開発に入っており、本論文で紹介したアプリケーション開発などから得られた様々な知見を集約させより完成度の高い仕様になる予定である。

今後とも、生産活動に寄与する機能開発を進め、ロボットを始めとするFA機器の有効活用を可能とするシステム開発を推し進めていきたい。

## 謝辞

本論文を終えるにあたり、日頃から有益な助言をくださったORiN協議会メンバーに感謝します。

## <参考文献>

- 1) 犬飼：ORiNの開発と生産システムへの応用，ロボット，153号(2003)，pp.23-28.
- 2) SICEシステムインテグレーション部門講演会2002，ORiN標準化プロジェクト OS (2002)，pp.51-52.
- 3) SICEシステムインテグレーション部門講演会2003，ORiNプロジェクト OS，1A1-1A2 (2003)
- 4) 青木勝雄：生産技術発展の道 —ローコストオートメーションへの指針—，日本能率協会
- 5) 大寺：ORiN — FA機器向けオープンネットワークインターフェイス，オートメーション，Vol.48, No.5 (2003)，pp.46-49.
- 6) <http://www.orin.jp/>



## <著者>



犬飼 利宏  
(いぬかい としひろ)  
(株) デンソーウェーブ  
FA事業部  
ロボットソフトウェア開発に従事



榊原 聡  
(さかきばら さとし)  
(株) デンソーウェーブ  
FA事業部  
産業用ロボットのシステムソフトウェア開発，アプリケーション技術開発に従事