

水川 真  
MIZUKAWA Makoto尾崎 安男  
OZAKI Yasuo

(社)日本ロボット工業会において、国内の代表的なロボットメーカー各社の参加を得て、ロボットコントローラにおけるネットワークインタフェースの標準化活動を行っている。この成果は、1999年10月に国際ロボット展において、国内ロボットメーカー13社の異構造の産業用ロボットをネットワークで相互接続し、生産管理や稼働状況のモニタリングを行う接続実証実験として公開した。ここでは、その活動の背景、設計指針、公開実験の概要について述べ、標準化に向けての今後の計画に触れる。

Since 1999, the Japan Robot Association (JARA) has been implementing standardization of the network interface for robot controllers (ORiN: Open Robot Interface for the Network). At the 1999 International Robot Exhibition, industrial robots from 13 Japanese robot manufacturers, having different specifications and structures, were connected to each other via a communication network using the ORiN application programming interface (API), and applications for production system management and 3D robot motion monitoring were demonstrated.

In this paper, we introduce the objectives and an outline of ORiN technologies, the current activities, and the schedule and plan toward realizing a de facto standard.

## 1 まえがき

近年、パソコン(PC)の進歩やインターネットの急速な普及によるオフィス業務の大きな変革と同様に、産業用ロボットのような生産設備機器においても、PC環境の導入とIT(情報処理技術)の応用が強く望まれている。

すなわち、従来、ロボット作業システムを構築するにあたって、ロボットベンダー各社は独自のアーキテクチャにのっとり、それぞれの技術力を最大限に発揮できるサーボ系、コントローラ系を開発し、最大のロボット生産国として世界をリードし、これら優れたロボットシステムを用いて多種多様なユーザーの要求にこたえてきた。しかし、更に適用分野と対象作業を拡大しようとしたとき、システムの立上げ、教示、運用、保守などをロボットメーカー、ユーザーが個々に対応することが困難になってきている。

また、近年、OMAC(Open Modular Architecture Controller, 米国)、OSACA(Open System Architecture for Controls within Automation systems, 欧州)、JOP(Japan FA Open systems Promotion group, 日本)のような、FA(Factory Automation)コントローラのオープンアーキテクチャ化を推進する活動が盛んに行われるようになってきている。現時点では、これらのオープン化活動は、NC(Numerical Control)やPLC(Programmable Logic Controller)などを主なターゲットとしているが、ロボットコントローラにもオープン化の要請が出ている。特に、コントローラのPC化は世界的な傾向にあり、これとともにPCベースのオープン化の

メリットを積極的に活用する傾向が顕著である<sup>(1)</sup>。このなかで、情報のオープンインフラストラクチャとしてネットワークインタフェースの標準化は重要な技術の一つである。情報化の一環として、ロボットコントローラ内のデータ(ロボットの位置情報、組付数、不良品数、トルクデータ、など)をPC上に転送し、そのデータの解析を行い、生産管理、ロボット動作確認、設備診断などを行い、それにより、設備の生産性の向上、更にはノウハウのデータ蓄積による自動化適用範囲の拡大が期待される。

## 2 ネットワークのオープン化の要求項目

工場内におけるネットワーク化の主目的は、配線コスト、開発コスト、メンテナンス、教育といった運用コストなどのトータルコスト削減及びシステム変更に対する柔軟性の確保などが挙げられる。これらを実現するためにネットワークに求められる項目としては、次が挙げられる。

- (1) フレキシブルなネットワークであること
- (2) 安価であること
- (3) 手軽に使えること
- (4) 高い信頼性を持つこと

このような条件を満足させるためには、標準化されたネットワークであることが必要不可欠となる。

産業用ロボットにおいても、このオープンネットワークにいかに取り組みユーザーへソリューションを提供できるかが、今後のロボットシステム導入分野の拡大に重要不可欠となる。

### 3 (社)日本ロボット工業会における標準化活動

(社)日本ロボット工業会の産業用ロボット標準化調査研究専門委員会第4分科会では、主要な日本のロボットメーカーと大学、中立機関の技術者、研究者が集まり、これらロボットコントローラ内部データの利用のためのオープン化に着目し、ネットワークを介したロボット間の情報交換の開放を行うロボットアーキテクチャの概念及びロボットネットワークインタフェースの仕様(Open Robot Interface for the Network (ORiN))を提案する活動を実施してきた<sup>(2)</sup>。開発実施体制を図1に示す。

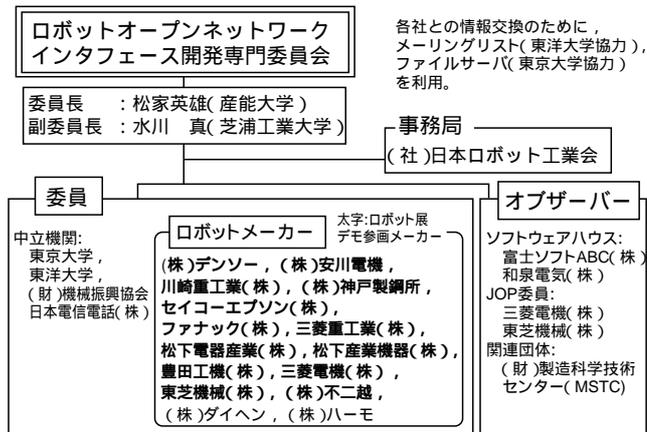


図1. ORiNの開発実施体制 (社)日本ロボット工業会における、ロボットオープンネットワーク開発専門委員会の組織構成を示す。ORiN organization

この活動の一部は、国際標準化を目的に、規約の具体的実証を含めた活動として、99年度の8月には、NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)から「新規産業支援型国際標準開発事業：生産システム等におけるオープンロボット通信インタフェースの標準化」の委託を受け、ロボットオープンネットワークインタフェース開発専門委員会に発展している。

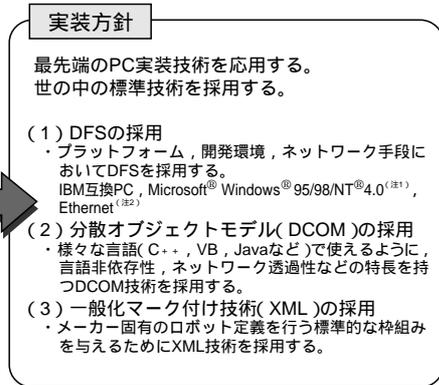
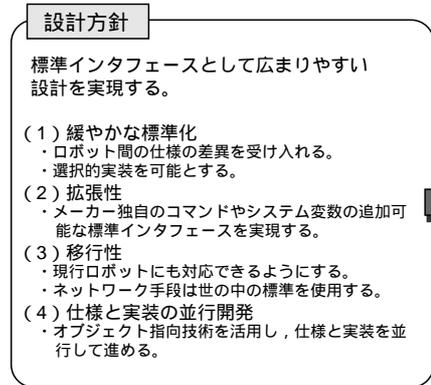


図2. 設計及び実装方針 ITデファクト技術の採用とベンダーを拘束しない拡張性のあるシステム設計方針のよって。 Design and implementation policy

### 4 ORiNの目的

ORiNは、PCとロボットコントローラ間通信インタフェースの標準化を行う。すなわち、PCのアプリケーションソフトウェアから呼び出すインタフェース仕様、データファイル仕様を共通化し、ユーザー(ソフトウェアハウス)は一つのソフトウェアを作れば、どのロボットともデータ交換を可能とするAPI(Application Programming Interface)を規定する。

これにより、次のメリットが得られる。

- (1) 異なるメーカーのロボットでも、PC上で統一的にデータ交換が可能
- (2) サードパーティによる多様なアプリケーションソフトウェアの開発が可能
- (3) マルチベンダーシステムの構築が容易
- (4) 最終的にISO(国際標準化機構)に提案することにより、世界標準として広く利用可能

ORiNの経済効果として、①製造競争力のアップ、②ロボット市場の拡大、③ロボット市場へのソフトウェア産業の進出、④ロボットエンジニアリング産業の創生、が期待できる。

### 5 設計と実装

多くのロボットメーカー、サードパーティの参加を容易にするため、設計方針としては、次の基本方針を立てた。

- (1) 緩やかな標準化
- (2) 拡張性を考慮
- (3) 現状からの移行の連続性を考慮
- (4) 仕様の検討と実装作業を並行させる。

その実装にあたっては、PC及びネットワークの技術の中で、既に世界に広く使われている技術をベースとした。具体的には、次の実装方針を採った(図2)。

(注1) Microsoft, Windows, 及びWindowsNTは、米国Microsoft Corporationの米国及びその他の国における登録商標。  
(注2) Ethernetは、富士ゼロックス(株)の商標。

- (1) デファクトスタンダード(DFS)となっている技術の使用
- (2) 分散オブジェクトモデルDCOM(Distributed Component Object Model)の採用
- (3) 一般化マーク付け言語XML(eXtensible Markup Language)の採用

ORiNは、図3に示すように、プロバイダー部、エンジン部、アプリケーションロジック部から構成される。プロバイダーは、各社ロボットコントローラデータ表現やプロトコルの違いを吸収し、エンジン部に転送する。エンジン部は、RAO(Robot Access Object)とRRD(Robot Resource Definition format)から構成されている。RAOは、分散オブジェクトモデルDCOM技術を適用し、ネットワーク透過性とロボ

ットの統一的なアクセスメソッドを提供する。RRDは、XMLを用いてロボットの機能属性及び構造モデルを拡張性をもって定義するファイルを提供する。これにより、ORiNはロボット個々の違いを許容しつつ、将来にわたって適用することが可能となる。

## 6 ORiN アプリケーション

PCとロボットを連携させた想定される具体的なアプリケーションを表1に示す。これらはロボットデータの読み込み、書替えに大別でき、それぞれ項番(1)~(4)、(5)~(7)に該当する。(1)(5)はロボットだけでなく、PLCなど他の工作機械も接続した工場内で統合化された生産管理システムの構築が考えられる。したがって、今後他の標準化活動にあわせ、その対応を検討していく。

## 7 99年度国際ロボット展における実証試験

99年10月26日~29日間、東京ビッグサイトで開かれた99国際ロボット展では、ORiNプロジェクトで検討・開発してきた規約と実装効果を実証し、その目的とオープン化のメリットをわかりやすくするために、ORiNを利用した各社共同の公開接続実証試験を実施した。13社の展示ブースでのロボットの実演状態、及びISDN回線を経由したテレビ電話及びRAOアクセスによる神戸にあるロボットの稼働状態をも含め、ネットワークを介して、ロボット工業会展示ブース及びISR(International Symposium on Robotics)講演会場で、個別にあるいは相互乗り入れをして、Java<sup>(注3)</sup>を用いてロボットの動作を実時間・三次元グラフィックスで表示した(図4, 5, 6, 7)。ロボット動作のライブ映像も比較のために同時に表示したが、三次元グラフィックス技術が監視システムに対して十分に実用的であることを示した。また、共通アプリケーションとして、コントローラから送られてきたデータを処

(注3) Javaは、米国SunMicrosystems社の商標。

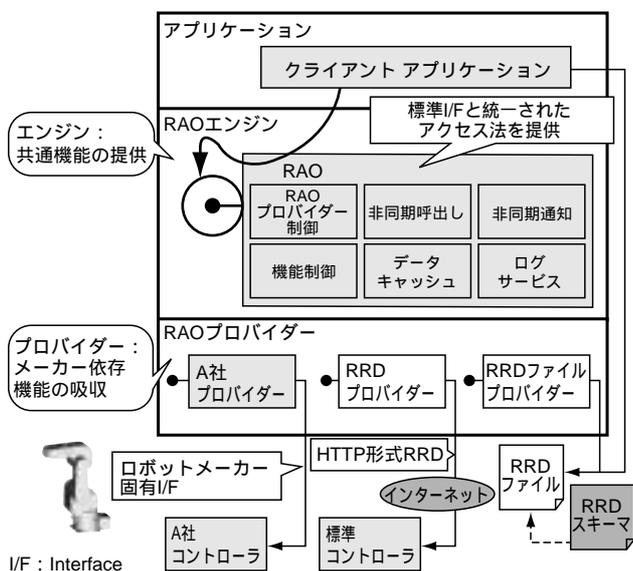


図3. ORiNのシステム構成 アプリケーションに対する統一インタフェースを提供するRAOエンジンと、各社の違いを吸収するRAOプロバイダーから構成される。システムの違いは、XMLで記述されたRRDを参照する。  
ORiN system model

表1. ORiN アプリケーション  
Classification of ORiN applications

	NO	アプリケーション	概要	効果
データ読み込み	1	生産管理システム設備稼働管理	設備の生産性の状態(生産個数, 稼働時間など)を表示	その設備の問題点を定量的に解析して,改善点を検討する。
	2	ロボット動作モニタ(簡易シミュレーション機能)	ロボット動作, I/O(入出力)動作をPC上で視覚化	ロボット動作の事前検討, 確認 遠隔地からの動作確認
	3	設備保守システム 設備診断システム	異常発生時のロボット制御(現在値, 電流値)のデータ収集, 解析	異常原因を迅速に調べあげ, 設備の復帰時間を短縮
	4	加工/組立データ解析	外部センサデータ(精度, 製品のばらつきなど)などの測定と解析	生産性, ノウハウの定量化と蓄積
データ書替え	5	ロボット動作切換え	プログラム起動, 変数・I/O変更をPCから行う。	PCを中心とした教示システムの構築
	6	動作命令送信	PCから直接動作命令が送られてくる。	PCが設備セルの統合コントローラとして ユーザーカスタマイズ可能
	7	自動ユーザープログラム更新	必要ときに, PCからユーザープログラムが自動的にダウンロード	多種少量生産システムにおけるプログラムデータの増大に対応

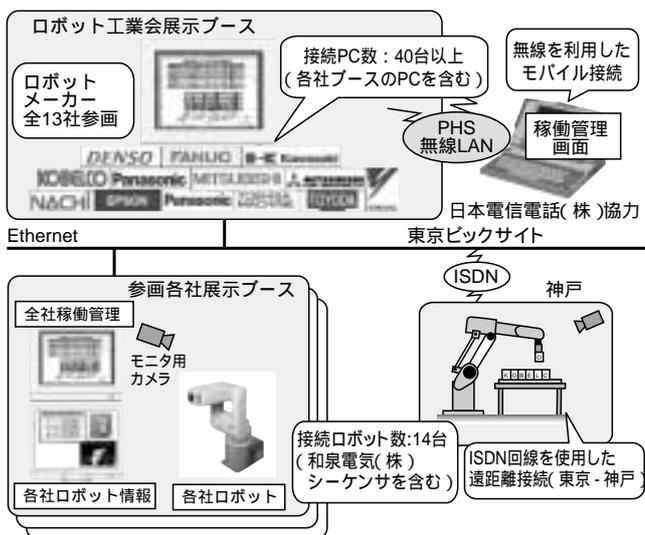


図4 . 99 国際ロボット展における接続実証試験の環境( 図中商標は各メーカーに帰属) 遠隔地を含む14社のロボットをネットワーク接続し、ORiN APIを用いて、共通アプリケーションである稼働管理、動作モニタなどを実証評価した。

ORiN demonstration at 1999 International Robot Exhibition

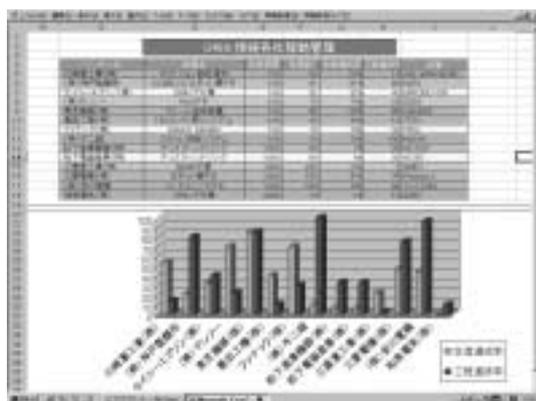


図5 . ロボット稼働モニタ画面 表計算ソフトウェアのセルに、各社ロボットデータを取り込み表示した。

Robot operation monitoring application

理して、工場全体の設備稼働状況として表示した。実時間で各社のロボットに依存することなく稼働状態を監視し、種々の生産設備機械の稼働データを集約できることにより、多くの新しい業務の可能性を提示することができた。

また、実証デモ期間中には、多くの関係者の注目を浴び、特にアメリカロボット工業会(RAA)やヨーロッパのロボット企業からコンタクトを受けている。

## 8 2000年度の活動

上記公開接続実験では、多くの機能実証が確認できたが、一方で実用に供するための課題も抽出できた。この結果を

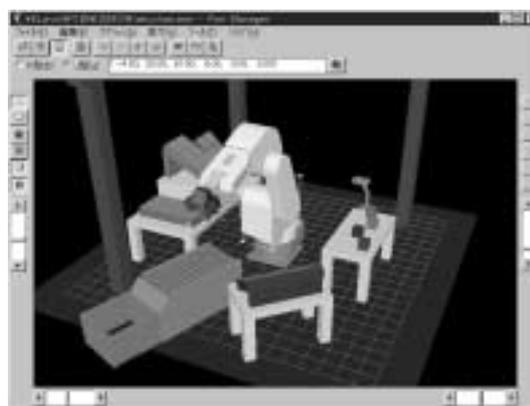


図6 . 三次元動作モニタ JavaとVRML(Virtual Reality Modeling Language)を用いて、遠隔地でロボット動作状況を三次元アニメーションで確認した。

3D robot motion monitoring application



図7 . 99 国際ロボット展における実証デモの状況 (社) 日本ロボット工業会ブースにおける展示状況。延べ3,000人以上が熱心に参加した。

Demonstration at JARA booth

反映し、2000年度はRAOの改良設計を行ったRAO Ver0.9仕様を策定した。大きな改良点は以下のとおりである。

- (1) RAO インタフェースの見直し
- (2) RAO エンジンの機能強化
- (3) 他業界標準OPC(OLE(Object Linking and Embedding)for Process Control)との接続用プロバイダーの実装

更に、ロボット仕様記述フォーマット(RRD)を拡張し、以下を実現した。

- (4) ロボットコントローラに存在していない、あるいはコントローラから取り出せない情報を各ベンダー共通のフォーマットで表現できる。
- (5) ロボットベンダーに依存しない共通のアプリケーションの構築が可能となる。

また、インターネット透過を実現するためにHTTP(HyperText Transfer Protocol)+RAOを利用した標準プロバイダー(RAP: Robot Access Provider)の仕様・実装を行った。RAPは、現在各社ごとに別々となっているプロバイダーに対し、HTTPサーバを実装可能なコントローラにおける標準プロバイダーとして位置づけることができる。

上記、ORiN Ver.0.9を用いた複数のサイトで実証試験を行った。

- (1) CORBA(VisiBroker)を介したアプリケーション工場生産管理システム(OpenMES)との接続実証試験 - IMS(Intelligent Manufacturing System)-MISSIONデモンストレーション((財)機械振興協会)にてOpenMESからCORBA(Common Object Request Broker Architecture; VisiBroker)を介しRAO Ver.0.9を経由し、移動ロボットと無線接続を行った。
- (2) 実生産ラインのその他のデバイスとの接続実証試験  
実生産ラインにおいて、RAO上で稼働する稼働管理システムを実現するために、ライン上のロボットコントローラ、操作盤、PLCと接続した。

標準化提案活動として、ISO/TC184/SC2国際会議において「新規作業項目提案として期待される本研究開発継続を奨励する」という決議を得た。更に、ORiN Ver.0.5仕様書の英文を作成しWWW(World Wide Web)により全世界に広く公開した。

2001年度は、ORiN Ver.1.0の仕様決定、その国際ロボット展における公開実証試験、国際標準提案のためのドキュメント整備を予定している。

## 9 あとがき

ロボットのオープン化の活動として(社)日本ロボット工業会を中心としたORiNロボットオープンネットワークインタフェ

ース標準化活動を紹介した。ロボットオープンネットワークインタフェースは、PC、ロボットコントローラ間の通信におけるAPIレベルの標準化であり、マルチベンダーでロボットシステムを構築する場合のロボットアクセス手段の標準化を実現することである。そのアプローチとして、通信媒体、通信プロトコルやネットワーク周辺技術などはDFSを採用し、情報インフラストラクチャとして整備されてきている技術を有効に利用する。このアクセス手段の統一により、ソフトウェアハウスによる多様なロボットアプリケーションの開発が可能となり、幅広い産業分野でのロボットの活用が期待される。そして、今後ユーザーインタフェースの統一などの更なるロボットオープン化を促すことが期待される。

## 謝辞

この活動は(社)日本ロボット工業会の“ロボットオープンネットワークインタフェース開発専門委員会”の活動であり、委員の方々及び関係者のご協力に謝意を表します。また、活動の一部は、NEDOの新規産業支援型国際標準開発事業の援助によるものです。ここに記して感謝の意を表します。

## 文献

- (1) 水川 真,ほか.産業用ロボットの教示方法の現状と展望.日本ロボット学会誌.17,2,1999,p180-185.
- (2) Mizukawa, M., et al. "De-facto Standard API for Open and Networked Industrial Robots". Proc. of 30th Int. Symposium on Robotics. Tokyo, Oct. 1999. p.455-462.



水川 真 MIZUKAWA Makoto, Ph. D.

芝浦工業大学 工学部 電気工学科教授, 工博。NTT-HI研究所を経て, 2000年度から現職。ヒューマン ロボットインタラクションの教育・研究に従事。日本機械学会, 日本ロボット学会, 計測自動制御学会, バイオメカニズム学会会員。

Shibaura Institute of Technology



尾崎 安男 OZAKI Yasuo

東芝機械(株)制御システム事業部 技術開発部ソフトウェア開発担当グループマネージャ。数値制御装置, ロボットの研究・開発に従事。

Toshiba Machine Co., Ltd.