

NACHI-BUSINESS Robots news

Vol. 1 B3
December/2003
創刊号

ロボット事業

■ 新商品紹介

小型垂直多関節ロボット

「VS05E-AXC」

Small-size "VS05E-AXC" Series Robot

〈キーワード〉 垂直多関節型ロボット・AXC制御装置・ティーチペンダント
オープン化・グラフィカルユーザインタフェース

ロボット事業部／ロボット開発部

伊東 輝樹

ロボット事業部／ロボット技術部 システム技術課

国崎 晃

要 旨

VS05E-AXCシリーズはローディング、バリ取り、組立工程等の自動化に貢献するため、新型コントローラAXCを採用し、性能向上のほか、操作・拡張・保全性をより一層向上させたロボットである。

性能的には、従来機比30%向上した高速性に、65%拡大した広い動作範囲と、大きな手首負荷能力を備えている。操作系はGUI(グラフィカルユーザーインターフェース)と電子マニュアル機能などより利便性を実現している。また、オープン化や最大制御軸数が9軸といった拡張性。さらには「オーバーホール周期予測機能」・「ロボット診断ツール」など保全作業を支援する機能も準備している。

Abstract

VS05E-AXC Series Robot is equipped with a new controller, AXC that allows the automatic movements such as loading, burr removal and assembly. Compared with the existing robot, the speed has been increased by 30 % and the range of movement has been expanded by 65 % with greater load capacity of the wrist.

In addition to these functions, the robot operation, extendability and maintenance capability have been greatly improved. It features user-friendly operation with the Graphical User Interface (GUI) and electronic operation manual. Extendability includes the open architecture and the increased number of control axes to the maximum of nine. Periodic Overhaul Scheduling Function and Robot Diagnostic Tool are installed to facilitate the maintenance work.

1. はじめに

ナチ不二越は軽量部品のハンドリング・精密組立用途に特化したロボットとして、VSシリーズを1997年から販売している。これまで同シリーズを用いたローディング、バリ取り、組立工程等の自動化は、多くのユーザから高い評価を受け、電機、建機、機械などの業種を中心に、多数の納入実績がある。

今回、本シリーズの中核機種である5kg可搬クラスに新型コントローラAXCを採用したVS05E-AXCシリーズを新たに商品化した。VS05E-AXCシリーズは多様化するユーザニーズに対応するため操作・拡張・保全性をより一層向上させた。

本稿では、VS05E-AXCの特長とそれを生かした適用事例を紹介する。



図1.ロボット本体外観



2. VS05E-AXCの概略

(概要)

VS05Eシリーズは可搬質量5kgの垂直多関節型ロボットで、その外観を図1に示す。また、最大リーチ850mmとVS05Eより200mm長いロングアームタイプVS05LEもラインアップし、さらに広い動作範囲の提供を可能としている。これら動作範囲を図2、図3に、また、ロボット本体の仕様を表1に示す。VS05Eシリーズは高速性、広い動作範囲、大きな手首負荷能力、周辺機器への接近性に優れたスリムな本体を特長とする。

表1.VS05E-AXCシリーズロボット本体基本仕様

項目	仕様	
ロボット型式	VS05Eシリーズ	VS05LEシリーズ
構造	関節型	
自由度	6	
駆動方式	ACサーボ方式	
最大動作範囲	J1 旋回	±2.97 rad
	J2 前後	-2.36~+1.75 rad
	J3 上下	-2.15~+4.10 rad
	J4 回転2	±3.32 rad
	J5 曲げ	±2.09 rad
	J6 回転1	±6.28 rad
最大速度	J1 旋回	4.58 rad/s
	J2 前後	4.19 rad/s
	J3 上下	5.24 rad/s
	J4 回転2	5.24 rad/s
	J5 曲げ	5.24 rad/s
	J6 回転1	8.37 rad/s
最大可搬質量	5 kg	
手首許容静負荷トルク	J4 回転2	11.9 N・m
	J5 曲げ	11.9 N・m
	J6 回転1	3.9 N・m
手首許容最大慣性モーメント	J4 回転2	0.295 kg・m ²
	J5 曲げ	0.295 kg・m ²
	J6 回転1	0.045 kg・m ²
位置繰り返し精度	±0.02 mm (ツール取付面中心) (注1)	±0.03 mm (ツール取付面中心) (注1)
設置条件	周囲温度	0~40℃
	周囲湿度	20~90%RH(結露無きこと)
	振動値	0.5 G以下
ロボットタイプ	床置・天吊	
本体質量	約28 kg	

1 [rad] = 180 / π [°]、1 [N・m] = 1 / 9.8 [kgf・m]
(注1) 周囲温度一定時、X、Y、Z各方向

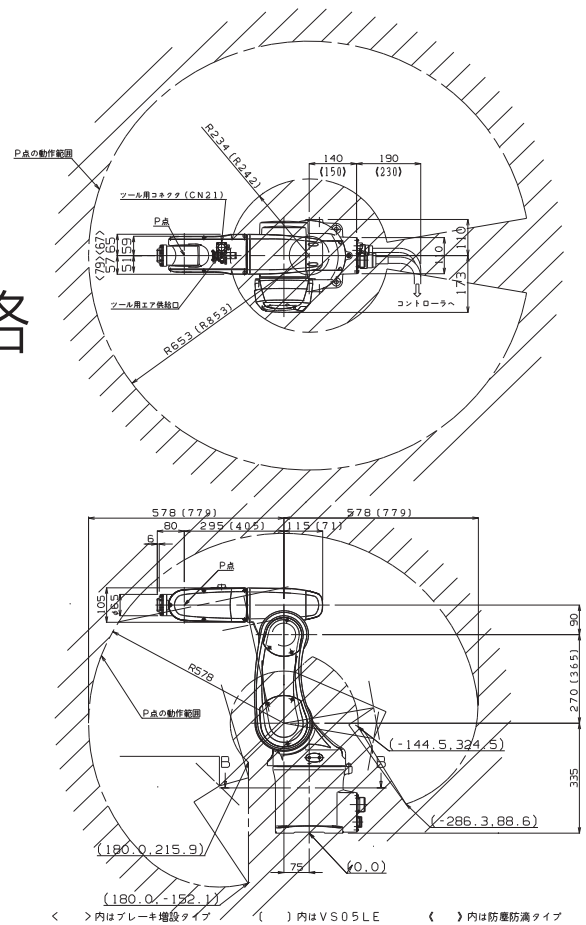


図2.VS05Eシリーズの動作範囲図

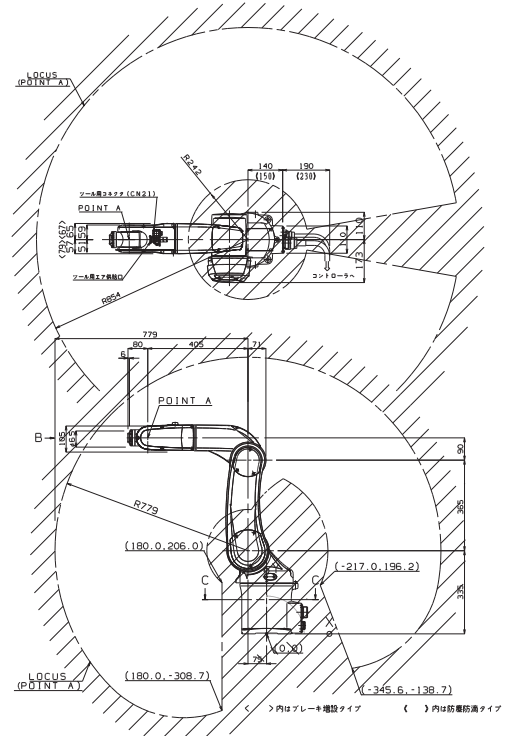


図3.VS05LEシリーズロボット本体基本仕様

AXC制御装置は新たに開発したAXC制御装置の小型版で、パソコンベースのハードウェアにWindowsNT embedded (組み込み機器用のWindowsNT)を搭載し、高性能化、高機能化とともに使いやすさと高い信頼性を実現した。図4に外形を、表2に仕様を示す。

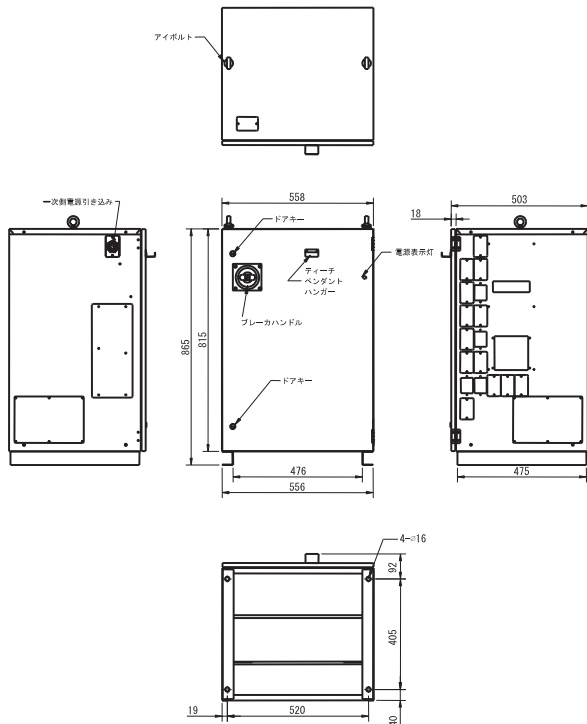


図4.AXC制御装置の外形図

(VS05E-AXCシリーズの特長)

(1) 高速化

ロボットの導入目的の1つとして生産性の向上があり、サイクルタイムの短縮が必要で、ロボットには高速性が求められる。図5に小型垂直多関節型ロボットにおける高速化の動向を示す。

表2.AXC制御装置基本仕様

項目	仕様
制御軸数	同時6軸 (オプションにて同時9軸まで拡張可能)
サーボモータ	ACサーボモータ
位置検出器	アブソリュートエンコーダ
プログラム言語	ティーチングプレイバック
プログラム選択数	9,999種
メモリー容量	16MB (160,000ステップ相当)
ティーチペンダント	6.5"カラーLCD付 (640×480、バックライト付き、256色表示) 標準ケーブル長:10m、デッドマンSW 片手3ポジション標準
ロボット制御盤間ケーブル	標準ケーブル長:床置き・棚置き5m
入出力信号	入力32点 DC24V (入力抵抗 3kΩ 入力電流3mA以上) 出力32点 DC24V (電流シンクタイプ 出力耐圧 DC36V 出力電流100mA (1点毎))
記憶方式	フラッシュメモリ
外部記憶装置インターフェース	コンパクトフラッシュカードインターフェース
ユーザI/F	操作BOX、側面パネル有 (別紙参照)
構造	箱形密閉式
防塵防水	IP54相当
冷却方式	間接冷却方式
一時電源電圧仕様	AC200V / 220V ±10% (3φ 50 / 60Hz)
周囲温度	0~45℃ (50 / 60Hz)
周囲湿度	20~85% (結露無きこと)
消費電力	ロボット再生運転中のピーク電力 ・VS05Eシリーズ:約1kVA

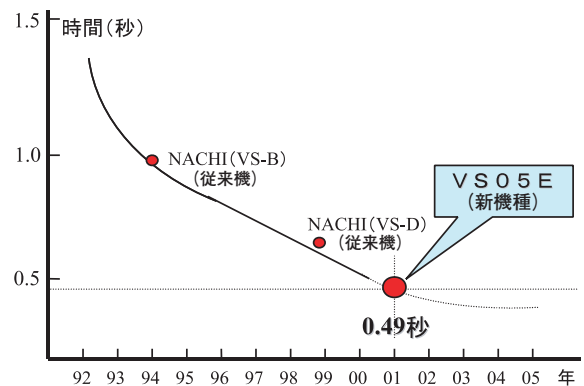


図5.小型ハンドリングロボットにおける高速化の動向

① ロボット動作時間

一般にハンドリング用途では長距離移動が多いことから加速性能よりも最高速の向上がサイクルタイム短縮に効果がある。しかし、小型ロボットでは動作範囲が小さいため短距離移動性能も無視できない。このため、サイクルタイム短縮には加速性能と最高速のバランスを考慮する必要がある。したがって、ここでは短距離移動性能も考慮した図6のパターンを用いて評価している。



図6.サイクルタイムの評価パターン図

今回開発したVS05E-AXCシリーズでは、

- ハイパワーACサーボモータの採用
 - 従来比10倍の処理能力を持つCPUの採用
 - ロボットの動作軌道計画部のアルゴリズム改良
 - トルクと慣性モーメント考慮加減速制御の採用
 - オブザーバー(状態観測器)を用いた制振制御の採用
- ※2
※3
※4
- などにより、従来機に比べ約30%のサイクルタイム短縮を実現させた。オブザーバーは、制御対象の状態量をセンサーを使用せずに状態方程式をリアルタイムで解くことによって推定できる。

② I/O通信時間

また、VS05E-AXCシリーズではロボット動作だけでなく、作業時間に影響を与えるI/O通信時間も以下の新規開発技術により短縮している。

- 高速CPUの採用
 - CPU間通信のオーバーヘッド削減
- などによりI/O通信時間を従来の25%で処理する。

(2) 広い動作範囲

搬送作業では、作業スペースをコンパクトにするため、天吊で使用することがある。従来機では、図7のように後方動作範囲が少ないため天吊時の作業範囲が狭くなり、使いにくいといった問題があった。

VS05E-AXCシリーズではJ2、J3軸の動作角度を大きくし、動作範囲は、従来機比で約65%拡大した。天吊時の作業範囲を図8に示す。

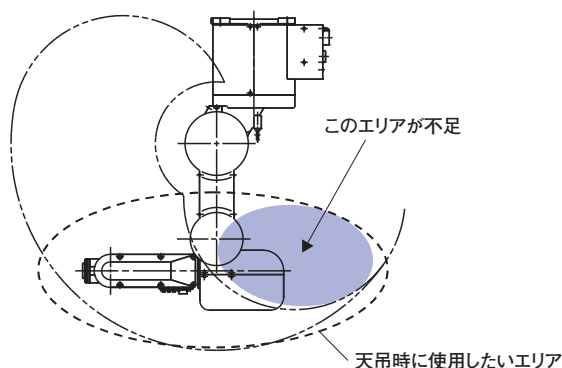


図7.従来機为天吊時作業エリア

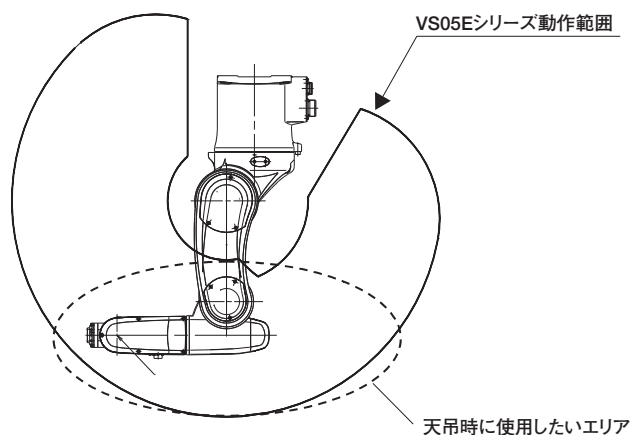


図8.VS05E为天吊時作業エリア

(3) 大きな手首負荷能力

ロボットには、ユーザーのアプリケーションに対応したハンド装置を装着すること（システムアップ）が必要なため、ハンド装置の設計・選定が容易なことが求められる。以下の仕様が大きいほどハンド設計が容易となる。

① 手首許容静負荷トルク

この仕様が大きいほど、手首軸芯からのハンド・ワークの重心位置のオフセット量を大きくできる。図9に可搬質量5kg時の手首負荷の重心位置の配置可能なエリアを示したものを示す。従来機に比べ4倍のエリアを有しており、ハンド設計をより容易にした。

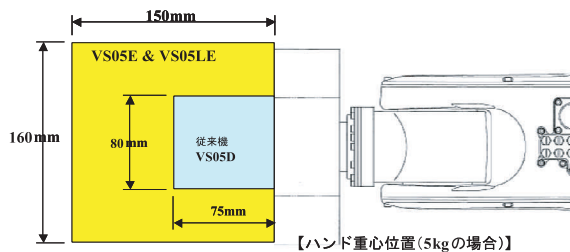


図9.可搬質量5kg時のツール重心位置の配置可能図

② 手首許容最大慣性モーメント

慣性モーメントとは、回転のしやすさ、止まりにくさを示すもので、直線運動系の質量に相当する。この仕様が大きなものは、より大型のハンドやワークに対応できる。図10にはJ6軸における取付け可能な最大負荷形状を従来機と比較したものを示す。従来機のハンド

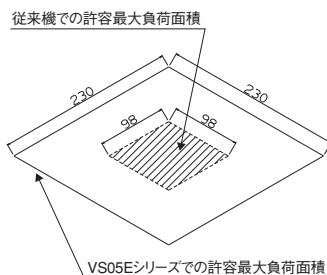


図10.取付け可能な負荷形状の比較図

面積は最大□98mmまでであった。

VS05E-AXCでは最大□230mmと面積比で5.5倍に拡大し、大型ハンドやワークへの適用を向上させた。

(4) スリムな本体

VS05E-AXCは図11に示すように、ロボットアームをスリム化した。スリム化により以下のような特長が得られた。

① 据付面積やロボット横幅のスリム化

据付部寸法が200mm×200mmと省スペース性が向上。また、横幅は突出した部位を減少させ、278mmと従来機の約20%減となり、より周辺機器をロボットに接近させて設置できる。これらより、床面の有効利用が可能となり、機器配置の自由度が高く、システム設計が容易となった。

② アーム幅のスリム化

図12のような狭い間口への進入が容易になるなど、周辺機器への接近性が向上。

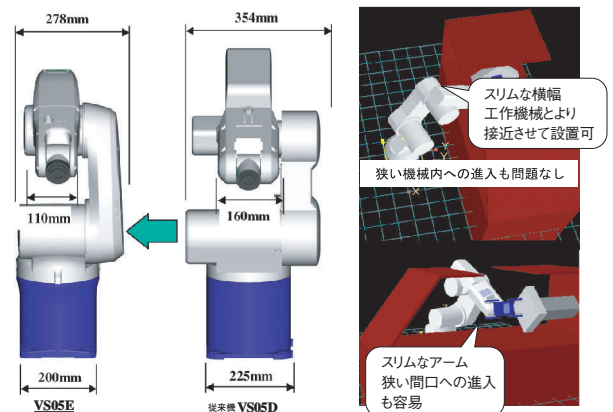


図11.ロボット本体のスリムさ比較 図12.狭い間口への進入例

また、主用途である工作機械の周辺環境は、クーラントの飛沫、オイルミスト、金属粉塵などが発生する悪環境の場合が多い。特にロボットの手首は、ワークの着脱作業で工作機械のカバー内に侵入するため、防塵・防滴の保護構造が求められるが、VS05E-AXCシリーズでは防塵防滴仕様の手首もラインアップしており、悪環境への適用も可能とした。

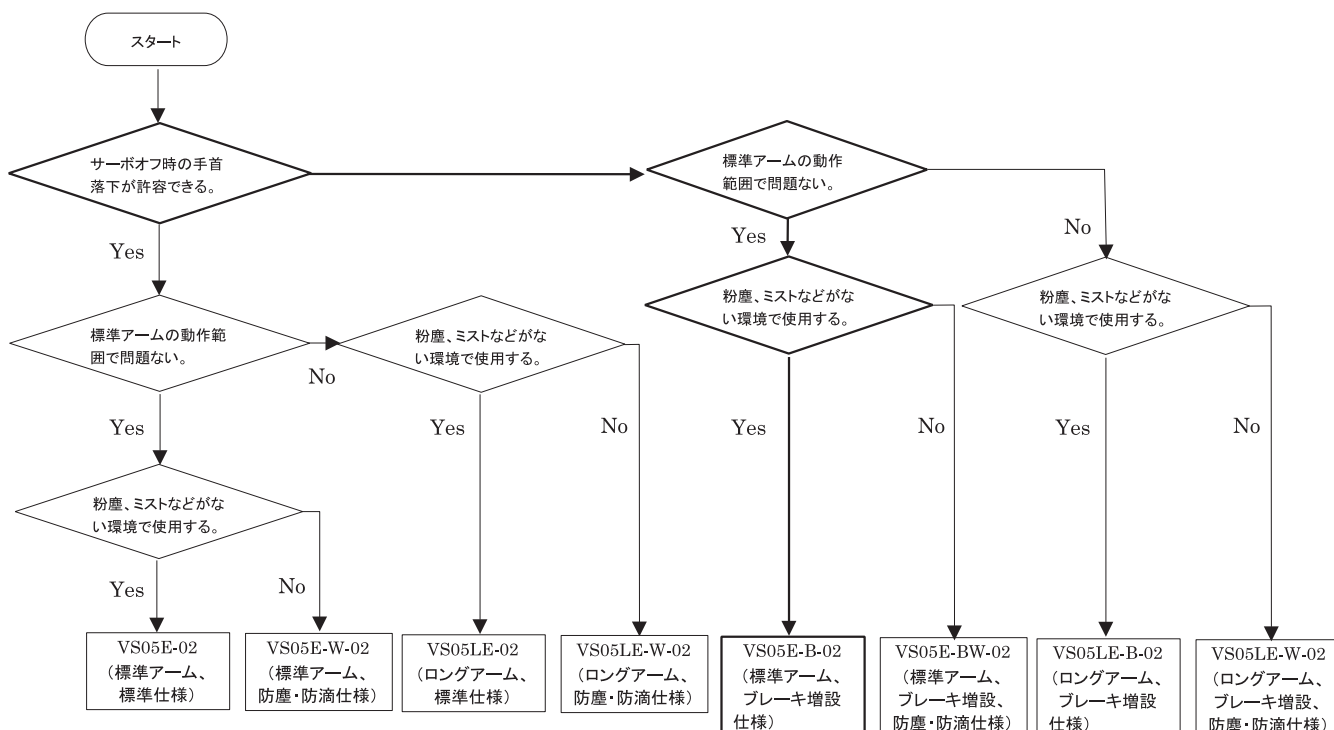


図13.ロボット本体仕様の選定例

(5) 充実したシリーズ構成

VS05E-AXCシリーズは、アーム長・ブレーキ増設・防塵防滴仕様など、お客様のニーズに最適なロボット仕様を選択できることも特長としている。具体的なロボットの仕様選択例を図13のフローチャートに示す。

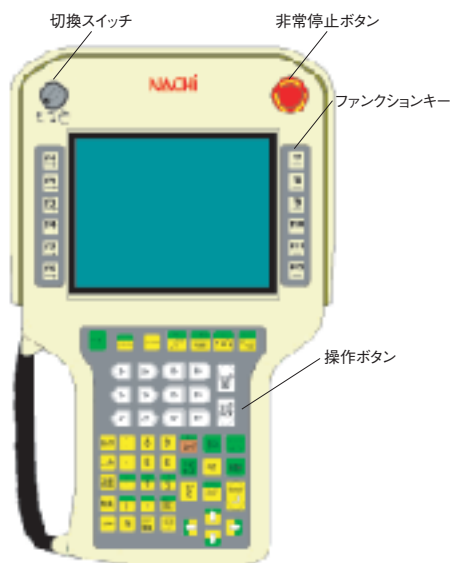


図14.ティーチペンダントの外観

(6) 操作性

①ティーチペンダント

AXC制御装置のティーチペンダントは、従来から好評を得ているAW制御装置のティーチペンダントに対し、さらに操作性を向上させている。向上した点を以下に示す。

- GUI(グラフィカルユーザインタフェース)の拡張
- 256色表示のリアルな絵文字で操作性向上専用キーを配置。また、3ポジションデッドマンスイッチを標準装備することにより安全性を向上。^{※5}3ポジションデッドマンスイッチとは、所定の位置に継続的に保持されるときのみロボット動作を許可するもの。スイッチを離したり所定の位置より強く押したりしたときには停止する機能。図14にティーチペンダントの外観、表3に従来品との仕様比較を示す。

表3.ティーチペンダントの従来比較

項目	AW制御装置(従来機)	AX制御装置
両面サイズ	6.5インチ 640×480画素	同左
表示色	16色	256色
操作スイッチ	再生/教示選択 非常停止	再生/教示選択 非常停止 運転準備入り 起動 停止
デッドマンスイッチ	2ポジション (3ポジションはオプション)	3ポジション
タッチパネル(オプション)	アナログ式	デジタル式
キースイッチ	54個	同左

②グラフィカルユーザインターフェース

従来から、ナチ不二越のロボット制御装置はカラーのGUI(グラフィカルユーザインターフェース)を搭載しており、更に使い勝手を向上させたGUIを提供する。図15に示す画面例のように、Windowsの

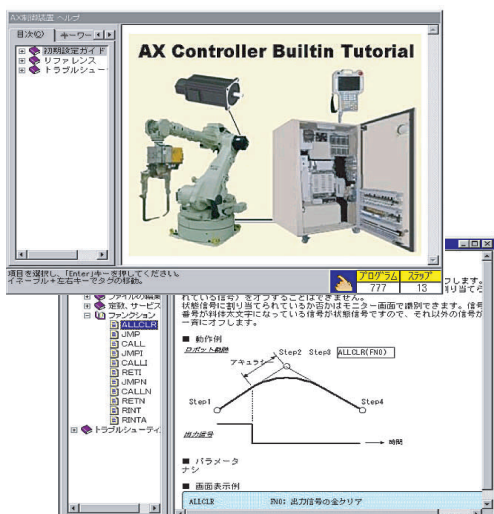
ヘルプ機能を利用した電子マニュアル、ツール設定画面にあるような設定に関する図解、インターフェースパネル(オプション)などである。

インターフェースパネルとは、タッチパネルを用いた操作パネルのことで、ユーザがティーチペンダント上に操作スイッチやランプを並べ、独自の操作パネルをソフト的に構築できる機能である。

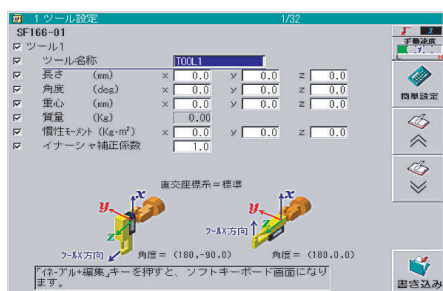
図16に画面例を示す。操作は、タッチパネルを手で触れることで押し画面上的のボタンスイッチやセレクトスイッチを操作することができる。従来の操作パネル

はハードで構成されており、ユーザ独自の操作パネルの構築や変更はコストや設置面積などにより困難であった。

本インターフェースパネルでは、8画面まで登録できるので、図17のように予めアプリケーション毎に操作画面を作っておき、アプリケーションが変わったときはワンタッチで操作画面を変更することもでき、操作性が向上した。



電子マニュアル

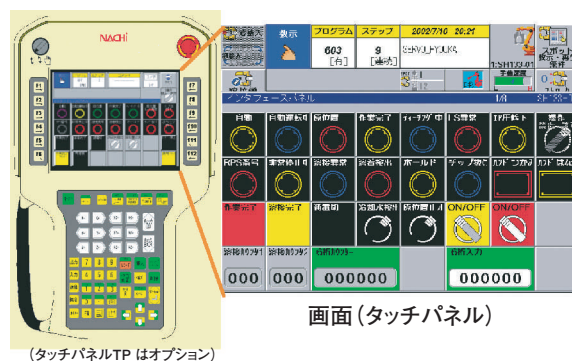


ツール設定画面



インタフェースパネル

図15.GUIの画面例



画面(タッチパネル)

図16.インタフェースパネル

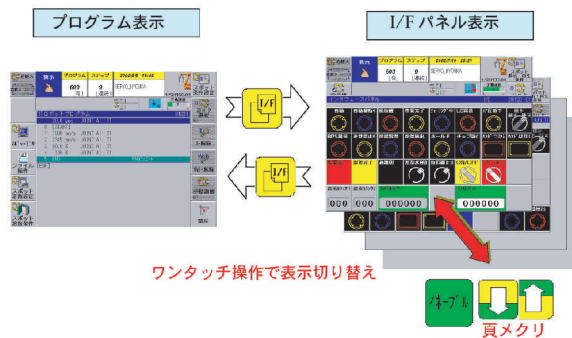


図17.インタフェースの操作例

③電子マニュアル

表示されているメニューが何かわからない、専門用語がわからない、という場合に参照するリファレンス説明書を、AX制御装置のティーチペンダントで直接表示できる「電子マニュアル機能」を開発

した。これにより、マニュアルをひらく手間が省けるばかりでなく、HTMLブラウザの利用による閲覧・検索ツールは操作性を向上させている。図18にその画面例を示す。



図18.電子マニュアルの画面例

(7) 拡張性

① オープン化

※7
※8
フィールドネットワークにはDeviceNet, Profibus-DP, Interbus-S等の国際標準規格が数多く存在する。市販のPCIバス用ボードと付属のドライバソフトを利用すればフィールドネットワーク機能を容易に使用することができる。パソコンベースのオープン化は単に物理的な接続ができるだけでなく、機能としての拡張が容易であることが大きなメリットである。

② 制御軸数

サーボアンプは標準仕様7軸であるが、制御装置としては最大9軸まで拡張制御できる構成になっている。制御軸数の増加は走行装置やポジショナーなどの外部メカニズムを用いたアプリケーションが増えてきたことを考慮した。

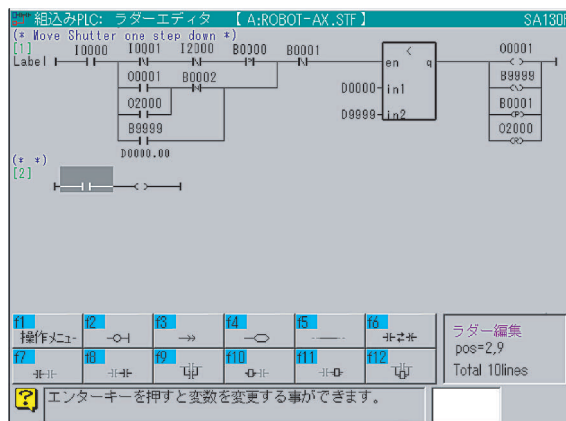


図19.T/P上のラダー編集画面

(8) ソフトウェアPLC (オプション)

PLC (Programmable Logic Control) 機能は従来よりソフトウェアで実現していたが、AX制御装置ではパソコンコントローラの利点を最大限に生かし、市場で広く受け入れられている市販PLCエンジンISaGRAF)を搭載した。国際標準言語IEC1131-3の5言語 (SFC,FBD,LD,ST,IL) をフルサポートした本格的PLCで、編集可能なプログラムサイズ、内部リレーなど従来比約4倍とした。表4にその詳細を示す。また、ティーチペンダントでもラダー図 (シーケンサ (PLC) の制御言語) の表示編集が可能であり、ロボットのティーチング修正と同じ感覚でラダーを編集することができる。図19にティーチペンダント上の編集画面を示す。

表4.ソフトウェアPLCの従来比較

項目	AW-PLC (従来機)	AX-PLC
入出力制御方式	サイクリックスキャン方式	サイクリックスキャン方式
基本命令種類	12種類	12種類
応用命令種類	49種類	83種類
プログラム容量	8kワード	32kワード
I/O点数	104点 (固定入出力40点含む) 最大530点	112点 (固定入出力48点含む) 最大304点
内部リレー	標準512点 (1024点) 1536点 (補助リレー)	4096点 (論理入出力) 1500点 (BOOL変数)
キーブリレー	512点	500点 (BOOL変数)
タイマ	512点	500点
リンクリレー	1024点 (フィールドバス)	4096点 (フィールドバス)
データレジスタ	512ワード	100ワード (実数変数) 500ワード (整数変数) 100ワード (短整数変数) 10ワード (文字変数)

(9) 安全性

① オーバーホール周期予測機能

ロボットは汎用性を特長としており、ロボットごとに負荷や動作が違うため、ロボットごとのオーバーホール時期が異なる。また、ロボット単体においても関節軸ごとに減速機のオーバーホール時期が異なる。このため、定期保全だけでは過不足が生じ、以下の問題がある。

- 過剰保全・修理による保全費用と廃棄物増加
- 保全不足による寿命低下や故障
- 点検やオーバーホール時期の集中

したがって、保全周期の予測を行ない、必要な時と箇所に保全を行なう予防保全が求められている。しかし、個々のロボットに応じた保全周期の予測は困難である。

そこで、モータの速度と電流をリアルタイムのサンプリングすることで、減速機の負荷を逐次計算し、このデータを蓄積することでオーバーホール周期到達までの残時間を算出する「オーバーホール周期予測機能」を開発した。本機能により保全周期の予測が行える環境ができた。

② ロボット診断ツール(オプション)

ロボットの予防保全活動のひとつとして、決められた動作パターン of 各軸速度や実電流を定期的に計測しその推移を観察することがある。これには、通常、デジタルオシロスコープ等の計測器を用意し、サーボアンプ等から出力されるアナログ電圧を観測する。AXC制御装置ではこれをソフトウェアで実現することによって計測器を不要としたばかりでなく、これまで出来なかったモーション制御データや I/O データの同時計測、またエラー発生を計測開始トリガと出来るなど、多彩なデータ計測を可能とすることで高度なロボット診断が可能となった。図20は起動信号、ロボット移動速度、モータ電流を表示した例を示す。

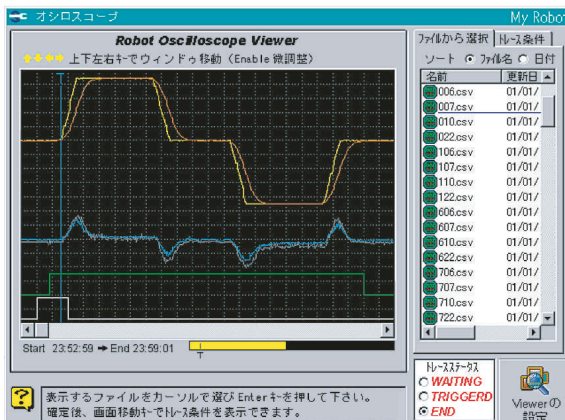


図20.ロボット診断画面

3. 適用事例

図21は、バリ取り工程における適用事例である。ロボットは架台上に設置され、先端にバリ取りツールを搭載している。同架台上にワークを固定する治具があり、ロボットはこの治具上のワークをバリ取りする。本システムは、ダイカスト部品やプラスチック部品のバリ取り、機械加工後のカエリ取り用途に最適である。制御装置は架台下に設置されている。この事例では、1,150mm×800mmの設置面積に全ての装置が納まり、設備の省スペース化に大きく寄与している。



図21.バリ取り工程における適用事例

4. まとめ

今回開発した小型垂直多関節VS05E-AXCは、これまでのVSシリーズの適用事例をもとに、ローディング、バリ取り、シーリングなどへの適用性を拡大させることを狙いとして、操作性、拡張性を向上させたものである。これによって、自動化のためのロボット導入が一段と容易なると考える。

用語解説

- ※1 WindowsNT embedded
米国マイクロソフト社の登録商標。
- ※2 慢性モーメント
回転運動系の慣性を示す物理量。
- ※3 オブザーバー
状態方程式を解くことにより制御対象の状態量を推定する手法。
- ※4 オーバーヘッド
処理を行うためにかかるシステムの負荷。
- ※5 3ポジションデッドマンスイッチ
スイッチを所定の位置に保持した場合にのみ、ロボットの動作を許可するためのスイッチ。2ポジションデッドマンスイッチに比べて、より安全となる。
- ※6 インターフェースパネル
タッチパネルを用いた操作パネル。
- ※7 オープン化
メーカーや機種が異なるものでも相互に接続が可能な環境。
- ※8 フィールドネットワーク
FA機器間の制御に関するデータ通信。
- ※9 PLCエンジン
シーケンサの制御に特化したソフトウェア。
- ※10 ISaGRAF
仏国Alter Sys社の登録商標。
- ※11 ラダー図
シーケンサの制御言語。
- ※12 I/Oデータ
入出力信号の状態を示すデータ。

本 社	本社・富山事業所	富山市不二越本町1-1-1	〒930-8511	Tel.076-423-5111	Fax.076-493-5211
	東京本社	東京都港区東新橋1-9-2 汐留住友ビル17F	〒105-0021	Tel.03-5568-5111	Fax.03-5568-5206
http://www.nachi-fujikoshi.co.jp/					
生産拠点	富山事業所	富山市不二越本町1-1-1	〒930-8511	工具	Tel.076-423-5100 Fax.076-493-5221
				マシナリー	Tel.076-423-5140 Fax.076-493-5242
				ロボット	Tel.076-423-5135 Fax.076-493-5251
				ベアリング	Tel.076-423-5120 Fax.076-493-5231
東富山事業所	富山市米田町3-1-1	〒931-8511	マテリアル	Tel.076-438-4411 Fax.076-438-6313	
			油圧機器	Tel.076-438-8970 Fax.076-438-8978	
滑川事業所	富山県滑川市大掛176	〒936-0802	プレジジョン	Tel.076-471-2101 Fax.076-471-2630	
			カーハイドロリクス	Tel.076-471-2320 Fax.076-471-2324	
			クリーンサーモ	Tel.076-471-2981 Fax.076-471-2987	
			コーティング	Tel.076-471-2985 Fax.076-471-2989	
			精密成形	Tel.076-471-2991 Fax.076-471-2992	
水橋事業所	富山市水橋伊勢屋193	〒939-3524	ベアリング	Tel.076-478-2098 Fax.076-479-1081	
営業拠点	東日本支社	東京都港区東新橋1-9-2 汐留住友ビル17F	〒105-0021	Tel.03-5568-5280	Fax.03-5568-5290
	北関東支店	群馬県太田市下浜田町1087-7	〒373-0821	Tel.0276-46-7511	Fax.0276-46-4599
	北海道営業所	札幌市東区本町1条10-4-10	〒065-0041	Tel.011-782-0006	Fax.011-782-0033
	東北営業所	福島県郡山市桑野2-33-1 ワン・ブリッジビル2F	〒963-8025	Tel.024-991-4511	Fax.024-935-1450
	中日本支社	名古屋市名東区高社2-120-3 ナチ名古屋ビル	〒465-0095	Tel.052-769-6811	Fax.052-769-6830
	東海支店	浜松市砂山町353-3 大協土地ビル7F	〒430-0926	Tel.053-454-4160	Fax.053-454-4845
	北陸支店	富山市石金2-3-60 ナチ北陸ビル	〒930-0966	Tel.076-425-8013	Fax.076-493-5215
	西日本支社	東大阪市本庄西2-73-14 ナチ大阪ビル	〒578-8522	Tel.06-6748-2510	Fax.06-6748-1955
	中国四国支店	岡山市西古松2-2-30	〒700-0927	Tel.086-244-0002	Fax.086-243-4346
	広島営業部	広島市安佐南区西原8-25-10	〒731-0113	Tel.082-832-5111	Fax.082-832-5114
九州支店	福岡市博多区山王1-10-30	〒812-0015	Tel.092-441-2505	Fax.092-471-6600	
海 外	国際営業部	東京都港区東新橋1-9-2 汐留住友ビル17F	〒105-0021	Tel.03-5568-5240	Fax.03-5568-5236
生産拠点 Overseas Manufacturing Companies	AMERICA	Indiana, Michigan / U.S.A. BRASIL			
	EUROPE	SPAIN CZECH			
	ASIA and OCEANIA	SINGAPORE THAILAND TAIWAN KOREA CHINA			
営業拠点 Overseas Sales Companies	AMERICA	U.S.A. CANADA MEXICO			
	EUROPE	GERMANY SPAIN U.K. ITALY			
	ASIA and OCEANIA	SINGAPORE VIETNAM MALAYSIA INDONESIA PHILIPPINES CHINA TAIWAN THAILAND KOREA AUSTRALIA			