事例紹介

汎用ロボット PA10 の適用化事例

Variety Applications for which Adopts PA10 General Purpose Robot

辻

洋*

*三菱重工(株) 神戸造船所新製品・宇宙部ロボットグループ

Hiroshi Tsuji* *Robotics Group, NEW Products&Space Systems Department, Mitsubishi Heavy Industries, LTD.

1. はじめに

世界初の産業用ロボットが発表されてから 40 数年が経過しますが、現在でもロボットの主流は自動車の生産ラインに見られるスポット溶接ロボットや塗装ロボット等産業用ロボットです。産業用ロボット以外に商品化されているロボットとしては、人間が作業できない環境において使用する特殊ロボットやペット型ロボットがあげられますが、ロボット全体で考えるとごく少数です。

しかしながら、最近のペット型ロボットや人型 2 足歩行ロボットの報道のおかげでロボットの存在が一般の人々にも認知されつつあります。また、少子高齢化を受け、社会的な要望として、医療・福祉の分野で広くロボットが活躍することが期待されるようになりました。さらに、ロボットが人間のパートナーとして活躍するにはまだ多くの開発項目がありますが、いつかはロボットが身近な存在になるであろうと考えられています。

本稿では、上記の背景を踏まえ、弊社の汎用ロボット「PA10 シリーズ」の適用化事例を紹介します。

2. PA10 シリーズ開発・商品化

産業用ロボットのアプリケーションといえば、自動車生産ラインのスポット溶接ロボットや塗装ロボット等、工場内で用途を限定し、据置型ロボットが特定の動作を繰り返すイメージが一般的です。一方、弊社の開発するロボットアプリケーションは、プラントの保守点検、造船・土木現場での作業等に用います。ロボットへの使用環境条件・制限条件および要求作業が個別に異なりますので、市販の産業用ロボットでは対応ができず、一品一様に専用ロボットを開発してきました。特に、原子力分野では 1979 (昭和 54) 年検査・保守用ロボットから始まり、1988 (昭和 63) 年極限作業ロボットのような高度な国家プロジェクトに参画しロボット技術力を高め蓄積しました (図 1 参照)。しかし、

検査・保守用ロボット

極限作業ロボット

図 1 原子力用ロボットの例

そのつど専用ロボットを開発するには非常に多くのコスト (労力、資金、時間) を要します。そこで、専用ロボットに対し低コストでメカニカルな適用性が高く、ソフトウェアの開発が容易で、適応先に応じてソフトウェアを作り替え可能なロボットのニーズが生じ、原子力分野を中心としたロボット技術の蓄積を背景に、1991 (平成 3) 年ごろから一般市場をターゲットとした汎用ロボット「PA10 シリー

原稿受付 2004 年 12 月 16 日

キーワード: PA10, Robot, Open System, Manipulator, 7Axes

*〒 652-8585 神戸市兵庫区和田崎町 1-1-1

*Hyogo-ku, Kobe-shi, Hyogo

ズ」の開発商品化を推進しました。

なお、汎用ロボット「PA10シリーズ」の販売は1993（平成5）年から開始し、約400台を受注しています。

3. 汎用ロボット「PA10シリーズ」の特長

汎用ロボット「PA10シリーズ」は、表1に示す仕様のロボットです。外観を図2に示します。

汎用ロボット「PA10シリーズ」は高い汎用性を下記のような手法で実現しました。

(1) 軽量高可搬

動作速度を限定することで、軽量の自重に反し、高い可搬能力を可能にしました（自重40[kg]に対し可搬質量

表1 汎用ロボット PA10-6C/7C仕様

型式	PA10-6C	PA10-7C
関節数	6	7
最大関節間距離	930mm	
自重	38kg	40kg
可搬質量	10kG	
動作速度	根元 57°/s、肘 114°/s、手首 360°/s	
駆動方式	AC サーボモータ	
位置検出器	ブラシレスレゾルバ	
繰返位置決め精度	±0.1mm	
クリーン度	クラス1（機内吸引不要）	
保護構造	防塵・防滴（IP54）	
ユーザ配管・配線	アーム先端まで内蔵可能

図2 汎用ロボット：（左）PA10-7C、（右）PA10-6C

10[kg])。これにより、設置場所の強度の制限を受けることが少なくなりました。また、持ち運んで使用することも可能になりました。

(2) 左右対称な動作範囲と冗長軸

左右対称の動作範囲を持つ関節構造としました。また、人間とほぼ同じ1[m]のリーチと通常の産業用ロボットより1軸多い7軸構成とし、冗長自由度を持たせました。このため、障害物がある環境でも作業ができるようになりました。また、人間とほぼ同じ動作範囲のため、作業の置き換えのイメージがつかみやすくなりました。

(3) システムの階層構造とI/Fのオープン化

システムを四つの階層に分割する階層構造を採用し、各階層間のI/Fを定義することで、階層ごとの機能の置き換えが可能となり、システム構築の自由度が高まりました。

また、各階層間のI/Fの仕様をオープンにしたことで、誰でも自由度の高いシステム設計を行うことができるようになりました。

階層構造の概要については図3を参照下さい。

(4) PCコントローラの採用

最上位のコントローラに市販PC（PA/AT互換機）と汎用OS（Windows, Linux）を採用することで、高級言語（C, BASIC等）を使用することができるため、開発の自由度と効率が一躍的に高まりました。また、市販の画像処

図3 階層構造

理ボードを組み込むことも容易なため、システム構築の自由度が飛躍的に向上しました。

4. PA10 シリーズの使われ方

PA10 シリーズは、原子力分野の作業ニーズを中心としたロボット技術の蓄積から生まれました。したがって、特殊環境や 3K 分野での作業を想定していましたが、「システムを階層化し各 I/F をオープンにしたこと」、「PC コントローラを採用したこと」という「システム構築の自由度の高さ」、「高い汎用性」が評価され、PA10 シリーズの半分以上が大学や研究機関で使用されています。

大学や研究機関での使われ方は様々で、まさに「百花繚乱」といった感じですが、次の大きく二つに大別されます。

(1) 道具としての PA10

例えば、PC に画像 I/F ボードを接続し、PA10 をビジョンサーボシステムの一部として使用する場合があります。このシステムの主眼は画像処理とそのアルゴリズムであり、PA10 は研究成果を分かりやすく表現するための手段として使用されています。

(2) 制御対象としての PA10

例えば、各種センサと組み合わせ、制御手法の研究題材として使用されています。

行列計算を行う運動制御ボードと PA ライブラリを使用される場合もありますし、行列計算部分を自作し、より自由度の高いシステムを構築される場合もあります。これは ARCNET という工業用のシリアル I/F をコントローラの I/F に採用したことにより、PC や EWS と手軽に接続できるようになっているからです。I/F 仕様をオープンにしても、汎用品が使用できないのであれば、その敷居は高くなってしまいます。

PC コントローラの採用と同様、できるだけ汎用品を使用するという考え方がシステム構築の自由度の高さに繋がっています。

また、PA10 シリーズでは大学の研究成果を大学のご了解のもと、製品に使用させていただいています。

多関節型ロボットには特異点という数式の解が一意に定まらなかったり、発散してしまう領域が存在します。この領域ではロボットが安定して動作できないため、ロボットを停止させるしか回避手段がありませんでした。

PA10-6C には、弘前大学の妻木教授の考案した「SC 法」という特異点回避手法を実装し、特異点の多くの領域でロボットを停止させることなく動作させることに成功しています。

5. ロボット技術の応用

5.1 汎用ロボット「PA10 シリーズ」技術の応用

汎用ロボット「PA10 シリーズ」の技術は汎用性が高いた

図 4 原子力防災支援ロボット

め、弊社のロボット開発において種々利用されてきました。

図 4 は、JCO の臨界事故を教訓に開発された原子力防災支援ロボットです。非常時に人間が作業できない環境で作業を行い、マニピュレータ先端のツールを交換することで様々な作業が行えるようになっています。マニピュレータ部分に汎用ロボット「PA10」が採用されているだけでなく、システム全体の考え方に階層構造が適用されています。このため、短期間で効率よく開発が行え、高い完成度の製品を作ることができました。

5.2 PA10 階層構造のアクチュエータへの応用

「PA10 シリーズ」の階層構造の考え方を、アクチュエータ部分まで展開したアンプ一体型モータを開発しました。これはモータとエンコーダ、アンプ、コントローラを一体化し、外部とシリアルネットワークによって接続するものです。適用例としては、CMU（カーネギーメロン大学）と CBS（米国 3 大テレビネットワーク）で開発されたカメラシステム（EYE VISION™）のパンチルトシステムに ARCNET を I/F とし、モータにアンプと位置制御機構まで組み込んだアンプ一体型モータが採用されています。

EYE VISION™ は約 30 台のカメラをマスターカメラに同期させ、全方位から撮影した画像を処理し、360° の画像を得るというシステムです。ARCNET を使用することで、各カメラの同期も主制御装置から容易に行え、スタジアムの広さなどに応じてカメラの台数を容易に増減できるという自由度の高さも実現することができました [5]。

図 5 に、アンプ一体型モータを適用したパンチルトシステムを示します。

6. 今後のロボット開発

現在、少子高齢化を背景に社会的な要望として、医療・福祉の分野などで広くロボットが活躍することが期待されています。

図5 パンチルトシステム

図6 wakamaru

例えば、過疎地域での医療充実に向け遠隔手術ロボット、人工関節のインプラント等高度医療手術の支援を行うロボット、要介護者の介護を手助けし、介護者の負担を軽減するロボット、少子化社会の進展により不足する労働力熟練者の不足を補うロボット、さらに生活を便利で豊かにするロボットなどです。これらは現在主として工場ラインで活躍する産業用ロボットに比較し、別次元の仕様が要求されます。

弊社はパートナーロボット「wakamaru」(図6参照)を開発しています。このロボットは、人間に似た体型で身長1[m]、体重30[kg]の人との親和性を高めるデザインを採用しており、一般家庭で人と一緒に暮し、生活のパートナー

となることを目標としています。wakamaruにもPA10で培った技術と知見を適用する予定です。

7. ま と め

ロボットが注目されることによって、今までロボットにまったく関心のなかったメーカーもロボットに関心を持ち始めています。ロボットの適応できる範囲が広がり、ロボット産業の裾野が広がれば、自ずと様々な技術が生まれてくると考えられます。それらの技術を活用し、ロボットが家電並みに認知された社会が到来するよう今後も開発を継続していく予定です。

参 考 文 献

- [1] 下山, 大西: “PC コントローラを用いたマニピュレータシステム”, 日本ロボット学会誌, vol.16, no.8, pp.1050-1052, 1998.
- [2] 大西, 時岡, 大西, 弘津, 大道, 白須: “可搬式汎用知能アームの実用化”, 日本ロボット学会誌, vol.18, no.1, pp.55-56, 2000.
- [3] 大西: “工場ライン以外の製造現場へのロボット適用を目指して—専用ロボット vs 汎用ロボット—”, 日本ロボット学会誌, vol.18, no.4, pp.491-495, 2000.
- [4] 樋口, 河村, 貝漕, 村田, 川口: “プラント検査からクリーン搬送まで三菱クリーンルーム用ロボット”, 重工技報, vol.40, no.5, 2003.
- [5] 川内, 宮内, 大西, 大道: “ロボット機体内省配線システム—アンブ一体型モータの開発とその適用—”, 第19回日本ロボット学会学術講演会講演論文集, pp.79-80, 2001.
- [6] 光畑, 大西: “ロボットの実装技術”, エレクトロニクス実装学会誌, vol.6, no.6, 2003.
- [7] 三菱重工業株式会社: 汎用ロボット PA10 ホームページ, <http://www.robot-arm.com>

辻 洋 (Hiroshi Tsuji)

1982年東京理科大学工学部機械工学科卒業, 同年4月より三菱重工業(株)神戸造船所にて原子力プラント自動検査装置開発に従事, 以来各種メカトロニクス製品設計に携わる。現在同社新製品・宇宙部ロボットグループ長, 日本機械学会会員。