

「溶接技術」平成6年12月号別刷

可搬式汎用知能アームの研究室

大西 献・下山 公宏・林 嘉弘

1995年1月

三菱重工業(株)神戸造船所・西菱エンジニアリング(株)

特集

最近の溶接・切断のロボット化・システム化

可搬式汎用知能アームの研究室

大西 献*・下山 公宏*・林 嘉弘**

【1時間目】はじめの第1歩

博士●さて、今日は三菱重工業（神戸造船所）が新しく開発した可搬式汎用知能アーム（以下、汎用アームと略す）について説明したいと思うんじゃが、学君準備はいいかな？

学君●はい博士、でも本題に入る前にさっそく質問があるのですが……。

博士●何じゃ、言ってごらん。

学君●今、博士の言った言葉が難しくてよくわからなかったのですが、“かはしき”ってなんですか。

博士●“可搬式”というのは、読んで字の如くじゃ。

学君●読む！？……。

博士●冗談じゃ、“可搬式”と言うのは、このロボットの場合、人が手で持ち運びできるという意味じゃよ。

学君●えっ！、それって1人で持ち運びができるんですか？

博士●んー、ロボット本体の重量は35kgじゃから、1人でも大丈夫といえは大丈夫じゃが、わしのような年寄りには、ちょっとつらいのー、でも2人いれば楽々持ち運びができる。

学君●???、博士、それってすごいことなんですか？

博士●うん、最近では、小さくて軽いロボットが多くなってきたんじゃが、1つ欠点があつてな、ロボット自身重い物を持ってないんじゃ。ところが、このロボットは自重35kgに対して可搬重量10kgと、たいへんな力持ちなんじゃ。

学君●ふーん、すごい……。

博士●さて、本題に進んでもいいかな、学君。

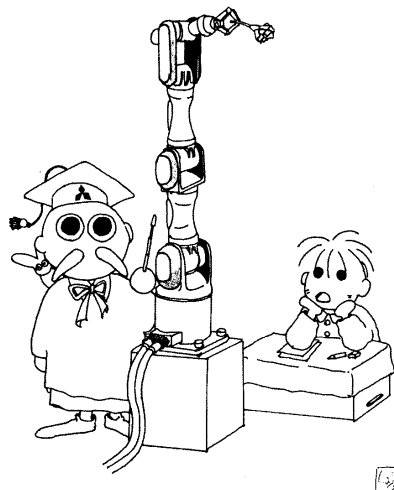


図1 博士と学君

【2時間目】汎用アームが見えてくる

博士●まず、汎用アームの特徴について説明しよう。このロボットの最大の特徴は、たいへん抽象的な言葉で申し訳ないが“汎用性”という一言でかたづけられる。

学君●“はようせい”???

博士●ちがう！“早うせい”じゃなくて“汎用性”じゃ。もっとわかりやすく説明すると、次の4点があげられる。

- ① オープンシステムの採用
- ② パソコン一体型の制御コントローラ
- ③ 冗長自由度を持つ7軸構成
- ④ 自重35kg（可搬重量10kg）

学君●あれ、博士、④はさっきの“可搬式”っていう意味じゃないんですか？

博士●そう、学君、いいところに気がついたね。これはロボットを組み込んだ装置やシステムを設計する際、

*オオニシ ケン・シモヤマ キミヒロ/三菱重工業(株) 神戸造船所

**ハヤシ ヨシヒロ/西菱エンジニアリング(株)

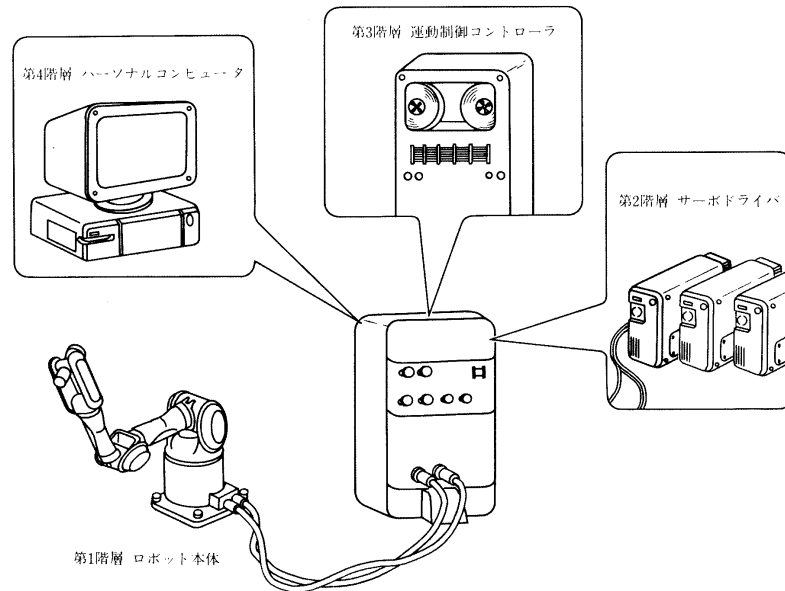


図2 階層型オープンシステム

今までのロボット固定の概念を一新し、ロボットに移動機構をつけるなどして、積極的にシステムや装置にアクセスできるんだよ。さらに、3次元的な天吊りも自在に実現できるんじゃない。だから、“可搬式”も立派な“汎用性”の1つなんだよ。

学君●へー、“可搬式”って持ち運ぶのに便利なだけじゃないんですね。

博士●さて、それでは①から順に説明しよう。まず学君、オープンシステムって何かわかるかい？

学君●システムをオープンにすることですね！？

博士●そのとおりじゃ、オープンシステムは計算機の分野でよく使われているが、基本的には異なった2つのシステムを接続する際、そのプロトコルを公開する方式を言うんじゃない。

学君●プロトコルって言葉はよくわからないけど、とにかくこのロボットは、他のシステムと簡単に接続できるんですね。

博士●そう学君、今、いいことを言ったね。他のシステムと簡単に接続できるんじゃない、その具体的な方法をこれから説明していくぞ。

【3時間目】オープンシステムってなに？なに？なに！

博士●汎用アームでのオープンシステムとはロボットの

システムを階層的に分解し、ユーザが利用しやすい階層のインターフェイスやプロトコルを公開しているんじゃない。学君●えっ！、1箇所を公開しているだけじゃないんですね。

博士●そのとおり、それでは低階層から順に説明してゆこう。階層の底辺（第1階層）を構成しているのは、“メカ”すなわちロボット本体のところ、ACサーボモータ、電磁ブレーキ、ブラシレスレゾルバと、大変シンプルにできているんじゃない。

学君●たったそれだけでできているんですか！

博士●いや、いや、もちろんネジも何本かついておる。

学君●……！……？

博士●その他、防塵防滴はもちろん、オプションで防爆仕様や水中仕様も用意されているんじゃない。

学君●へー、いろいろあるんですね。それで、その第1階層のロボット本体だけでも購入できるんですか？

博士●もちろんできる。でもロボット本体だけだと、ちょっと動かすのにも苦勞しそうじゃから、次の第2階層も一緒に考えてほしいのお。第2階層はサーボドライバといって、ロボットの各関節の速度やトルクを制御する場所じゃ。これは、今回とくに汎用アーム用に開発され、2軸1体型で、全軸分でも4個構成で済むんじゃない。

学君●サーボドライバは、どこがオープンなんですか？

博士●サーボドライバは、それぞれアークネット（AR

CNETはデータポイント社の登録商標)によるLANの一部として構築されており、市販されているアークネットの通信ボードとそれを接続できる計算機があれば、その計算機からロボットをコントロールすることができるんじや。

学君●ということは、自分の計算機でロボットを制御することができるんですね。

博士●それだけじゃない、アークネットのメリットは、ネットワーク方式なので、計算機とサーボドライブ間の通信がケーブル(同軸、またはツイストペア)1本で済む。さらに通信速度も5Mbpsで、制御するには十分な速度といえる。

学君●それって、簡単に手に入るんですか？

博士●もちろん、VMEBUSやPC98に対応したアークネットのボードが沢山ある。

学君●それで、実際にアークネットをどのように使用しているのですか。

博士●基本的な通信方法は、データが常に“コマンド+パラメータ”という構成になっており、通信の無駄を省くため、コマンドによってパラメータのサイズを変化させるようにしておる。サーボドライブ側は、1度データを受け取ると必ずデータの返信を行うように設計されているので、通信チェックが容易になるだけでなく、各種インターロックも備わっているんじや。

学君●それだと安心して使用できますね。でも、アークネットもボンネットもよくわからない僕には、うまくできないかもしれない。

博士●学君、安心したまえ、そのために次の第3階層が、存在するんじや。今、学君が言った、アークネットの通

信や、その他逆キネマティクス、軌道補間、教示再生を何も考えずに、この第3階層が勝手にやってくれるんじや。ちなみにこの部分を運動制御コントローラとよんでおる。

学君●へー、ということは、この運動制御コントローラというのが、7軸全部制御してくれるんですか？

博士●そうじゃ、7軸制御の詳しい説明は、また後でするぞ。

学君●ここもオープンシステムなのですか？

博士●ここはIntel社の486DXというCPUを用いたCPUボードを使用し、しかもそれがVMEBUSにつながっているんじや。要するに、この運動制御コントローラをVMEBUSにセットすれば、他の計算機からこの運動制御コントローラに“動け”、“止まれ”を指令することができるんじや。

学君●えっ、“動け!”、“止まれ!”って言うんですか？

博士●いや、ちょっと違う。正確にはロボット言語に似たC言語のライブラリ(PAライブラリ)が、たくさん用意されており、それを用いて指令するんじや。

学君●あっ、そうか。博士、C言語なら僕も少し知っています。でも、その指令を出す計算機が限られるんじやないんですか。

博士●うん、そのために、このライブラリはソースプログラムをすべてオープンにしているんじや。しかも、もっともオーソドックスな形のC言語で作られているので、移植も簡単じゃ。学君、何となく汎用アームのオープンシステムが理解できたかな。では、さらに第4階層へと話を移すが、実はこの第4階層は“汎用性”のころの③パソコン一体型コントローラの説明になるんじや。

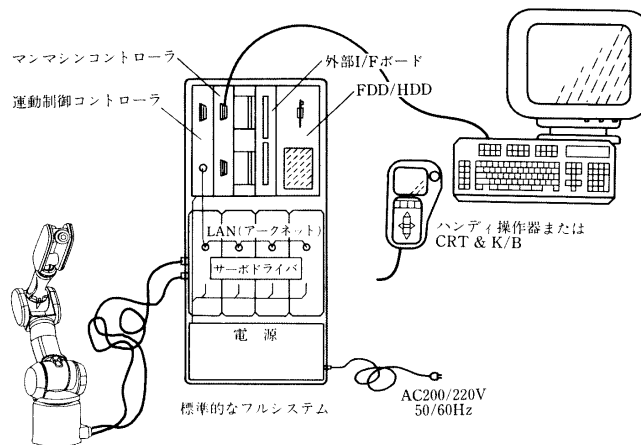


図3 汎用アームフルシステム

【4時間目】 パソコン一体型コントローラ！？

博士●なんと、コントローラとパソコンが、1つになったんじゃ！

学君●オーっ！……………？

博士●これを使用するには、オプションのターミナルとキーボードが必要じゃが。

学君●まだよくわかりませんが……………。

博士●要するに、制御コントローラ内部にパソコン(DOS/V)が入っていて、コンパイラとメモリを買って、そこでPAライブラリを用いて、C言語プログラムを開発することができるんじゃよ。

学君●自分の計算機じゃなくて、はじめからパソコンがついているんですね。

博士●そうなんじゃ、実はターミナルとキーボードがないとき、専用の操作器(ハンディターミナル)でロボットを操作できるんじゃが、この操作器のプログラムもPAライブラリが用いられているんじゃ。

学君●なんでもPAライブラリなんですね。

博士●これは秘密じゃが、操作器のプログラムはPAライブラリのサンプルプログラムとして、これまたソースが公開されているんじゃ。

学君●ということは、自分で使いやすいように操作器のプログラムを変更することもできるわけですね。

博士●そうじゃ、だからユーザは自分の使いやすいように操作器のプログラムを作成できるだけでなく、何らか

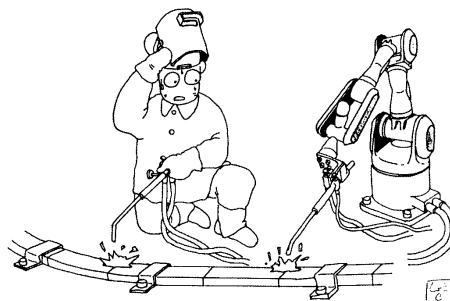


図4 溶接作業への展開

の専用マンマシンも作成できるんじゃ。

学君●それにDOS/VマシンとC言語だから、今までの資産もそのまま利用できますね。博士、僕もなんとなくオープンシステムについてわかったような気がします。

【5時間目】 自由工作

博士●学君、溶接をしたことがあるかね？

学君●と、突然ですね、博士。一度だけアルバイトでしたことがあります。でも、溶け具合を見て電流、電圧を調整したり、手の速度やウィーピングが微妙で、うまくできませんでした。それにスパッタが飛んでたいへんです。

博士●学君の場合、アーク溶接じゃな。この汎用アームのオープンシステムを使ってアーク溶接ロボットが、は

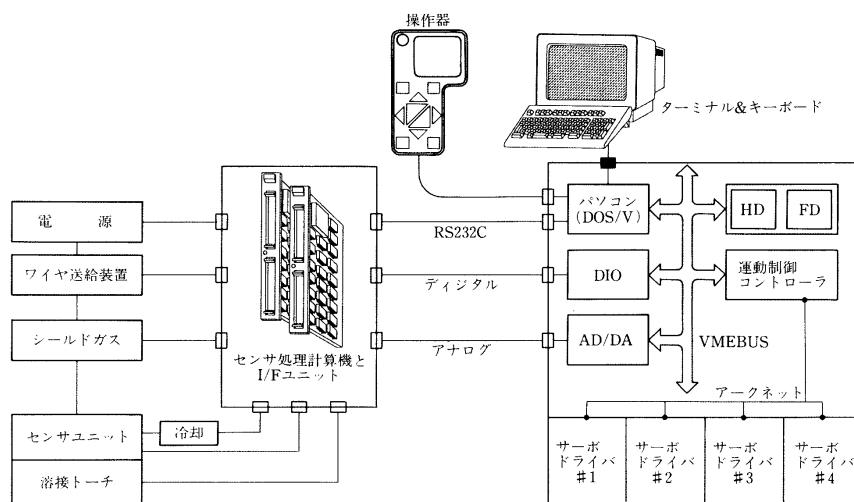


図5 溶接ロボットシステム構成

たしてできるかどうか、それが今日の問題じゃ。

学君●全体のシステムはどんな感じですか？

博士●図5にそのシステム構成を示しておく。構成は大きく分けて以下の4つの装置からなる。

- ① 汎用アーム全階層
- ② センサ処理計算機
- ③ 先端工具(センサ, CCDカメラ含む)
- ④ 電源やシールドガス装置, ワイヤ送給装置

学君●えっ, こんなに沢山の外部機器や計算機と, 汎用アームが接続できるんですか？

博士●もちろん。デジタル入出力は標準で8チャンネルずつ, 増設すると24チャンネルずつ使え, それらを用いることにより, 工具やスイッチのオン/オフを教示データに設定することも, PAライブラリで完全に独立して行うこともできるんじゃ。

学君●その程度なら普通のロボットでもできるんじゃないんですか？

博士●まだまだ, 制御ができるのはデジタル信号だけじゃない。内部のパソコンを用いれば, しっかりアナログ信号も扱えるんじゃ。

学君●あっ, これって勝手にAD/DAボードなんて入れていいんですか？

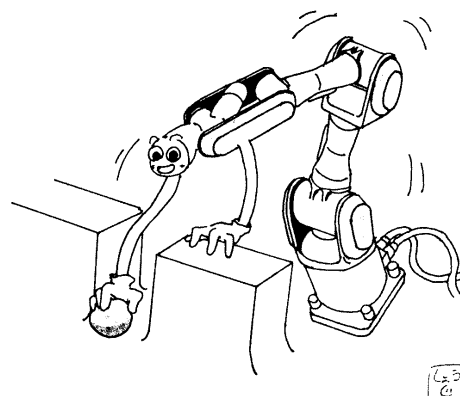


図6 障害物回避

博士●気にしない, とにかくVMEBUSなので, 好きに使えばいいんじゃ。

学君●博士, もう一つ気になるのですが, センサ処理計算機とは, 何で接続されているのですか？

博士●制御コントローラ内部のパソコンにRS232Cが2ポート装備されていて, 1つは操作器, もう1つは自由に使えるようになっておるんじゃ。

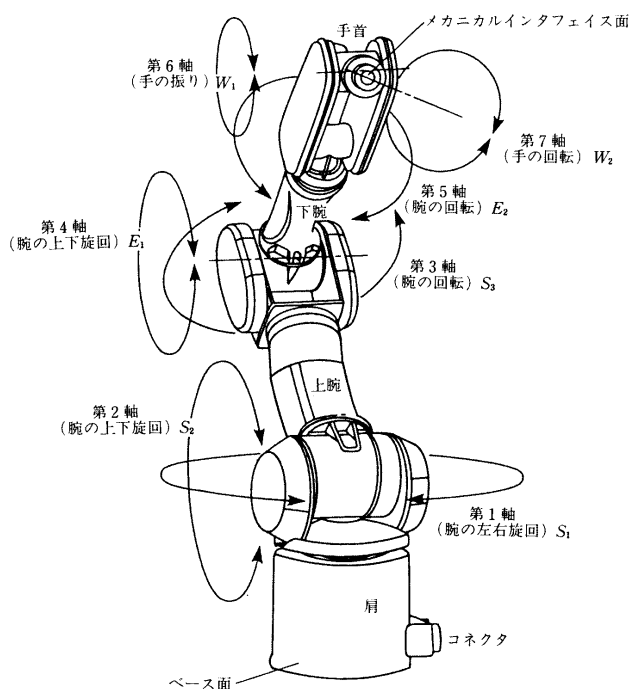


図7 ロボットの軸構成

学君●ということは、センサ処理計算機もRS232Cが使用できれば、どんな計算機でもかまわないんですね。

博士●そのとおり、システムにもっとも適していると思える計算機を使用すればいい。それにさっきも言ったようにVMEBUS対応じゃから、RS232Cではなく専用の通信ボードを使用することもできるし、通信するのが面倒だというなら、別のCPUをもう1つVMEBUSに入れたってかまわない。

学君●そこまですると、もとの汎用アームの制御コントローラじゃないみたいですね。

博士●うん、これは汎用アームが、非常に標準的なインターフェイスを持つことによって授かったオープンシステムとしての真の姿じゃ。

【6時間目】海より深いわけあって7軸構成

溶接機と溶接

博士●いよいよ、大詰めじゃ。

学君●7軸にすると何か利点があるのですか？

博士●もちろんじゃ。7軸の場合、ある手先の位置姿勢に対して、各軸のとれる値が無限に存在し(冗長性)、それをうまく利用することによって障害物の回避が行えるんじゃ。

学君●でも、ロボットには障害物があるなんてわからないですよ！？

博士●もちろんそれは、教示するときに教えてあげる必要がある。

学君●で、利点はそれだけでいいですか？

博士●いやいや、実はこのロボットが力持ちなものこの7軸構成のおかげなんじゃ。やはり重い物を持つためには減速比を上げて、速度を遅くしてやる必要があるんじゃが、そうするとロボットの先端の動きまで遅くなってしまふんじゃ。でも7軸じゃと各軸の速度が低速でも、先端の合成速度は速くなるから力持ちで、速いロボットができたんじゃ。

学君●それでは、逆に欠点はあるのですか？

博士●もちろんある。ある目標位置姿勢に対してアクセスする経路が異なると、先端は目標位置姿勢に到達するが、各軸の角度が違うという、いやな現象が起こる。しかし、これを解決するためのアルゴリズムが、第3階層に装備されているんじゃ。

学君●具体的にどんなことですか？

博士●たとえば、教示データを生成するとき(再生中ではない時)は、その冗長性を利用して先端位置姿勢を動かすことなくロボットの形態(全体姿勢)を変更できるんじゃ、さらにそうしてできた教示データを再生する場合、極力、教示データを生成したときの形態をロボットが再

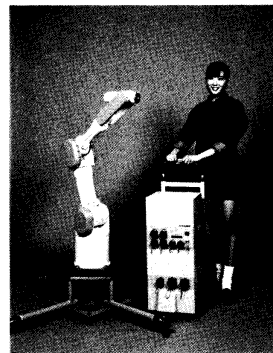


写真1 可搬式汎用知能アームPA-10

現するよう工夫されているんじゃ。

学君●これも1つの“汎用性”なんですね。

【ホームルーム】広がる分野

溶接機と溶接

博士●最後にまとめてみると、オープンシステム、7軸構成、軽量化、防塵防滴とさまざまな要素を取り入れたロボットであるが、そのままでは専用ロボットに比べ、使いやすさといった点では数段劣るに違いない。しかし、土木、建設、造船など、これまで専用ロボットをとうてい持ち込めようになかった分野(3K職場)に、新たな道を開くロボットが誕生するべきときにきていると思われる。

この汎用アームが1つのシステムの中で活躍するとき、それは、まさに汎用アームから専用ロボットへと生まれ変わる瞬間である。こんな“ロボットの素”がみなさまの聡明なご意見で、数多くの専用ロボットになっていくことを心から願っております。

学君●おや？博士、急に人が変わったような話し方ですね。それから“3K”というのは、博士のことですか。

博士●ん？、なんじゃ？

学君●高血圧、高血糖、高たんぱく！

博士●こっ、こらっっ！！

参考文献

- 1) 大西：“三菱重工の提案する汎用ロボットの新しい展開”日本産業用ロボット工業会誌、No.98(1994)
- 2) 大西：“New Industrial World created by Portable Manipulator”, 24th, ISIR(1993)
- 3) 大西他：“可搬式汎用知能アーム—オープンロボットの提案—”, 日本ロボット学会誌、VOL.12, No.8(1994)
- 4) 濱田他：“可搬式汎用知能アームの開発”, 自動化技術第26巻第1号(1994)
- 5) 時岡：“可搬式汎用知能アームについて”, 電気学会産業応用部門全国大会(1993)
- 6) 田中：特集“ロボット溶接はどう進むか”, 日本溶接協会誌、VOL.42(1994)