



ロボット制御のための アイコンを使ったプログラミング環境の開発

木下 邦昭

ロボットというと、まずは多くの人々が人間型の知能ロボットをイメージするのではないだろうか。しかし、我々の身の回りでは、人間型ロボット以外にも産業用ロボットや介護支援ロボット、警備ロボットなど、たくさんの種類のロボットが、多くの分野で活躍している。また最近では、ペットロボットや玩具ロボットが登場し、更にはロボットを使った数々のコンテストが開催されるなど、ロボットの存在はより身近に感じることができるようになってきている。しかし、これらのロボットを自分自身でプログラミングして動かす、制御するという点については、まだ身近とは言いきれない。

OKI通信システムは、現在、福岡大学と「ロボット制御のためのアイコンを使ったプログラミング環境」について共同研究を行っている。本共同研究を通じて、本来難しいはずのロボットの制御をどれだけ「人にやさしく」できるかをテーマに取り組みしており、ロボット制御をより身近なものにするための活動をしている。本稿では、本共同研究の背景と研究の内容、研究外活動などについてご紹介する。

研究企画の背景

OKI通信システム福岡システムセンター（以下、福岡SC）が拠点を置く福岡地区では、組み込みソフトウェア関連の産業誘致を積極的に進める傍ら、産学官が一体となって人材育成や技術力の強化を行っている。福岡SCとしても、九州地区の組み込み関連団体に所属し、これらの活動に積極的に参画して人材育成等にこれまでも協力をしている。しかし、近年、学生や若い技術者が組み込みソフトウェア関連に見向かない傾向にあり、その背景として、プログラミング言語やハードウェア制御技術等の習得の難しさがあるのではと考えられている。

そこで、特殊なプログラミング言語やハードウェア制御の知識が無くても、ロボットを制御するためのプログラムを作成することができ、さらには、作成したプログラムの一部を別のプログラムに再利用することで効率的

な開発を行うことができるロボット制御用のプログラミング環境（システム）を、福岡大学の荒牧教授と共同で研究するこの企画がスタートした。目指す環境は現在普及しつつあるアイコンを使ったプログラミング環境であり、ロボットの位置や力の制御を行わせるためのプログラムを、アイコンを使って作成することができるシステムである。今回利用するロボットは市販の安価な作業用ロボット（ロボットアーム）キットをベースに使用し、プログラミング環境は小中学生にでも理解できる分かりやすいマンマシンインタフェースを目指すこととした。また、プログラムの構文には、荒牧教授が開発したIML言語の概念も導入した。

システムの構成

ロボット制御のためのアイコンを使ったプログラミング環境（以下、本システム）の構成を図1に示す。

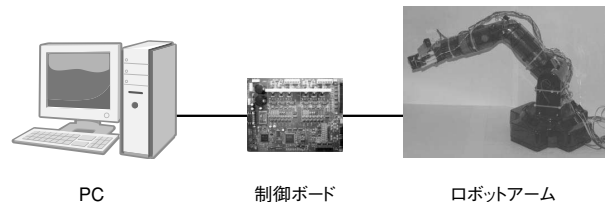


図1 システム構成

ロボットアームは4自由度のうち3つの関節にポテンシオメータをつけ、各関節の回転角度を検出できるようにした。また、ハンドの部分には物体の位置検出などに使用するためのマイクロスイッチを指先につけている。改造したロボットアームを写真1、写真2に示す。

PCにはアイコンでプログラムを作成できるソフトウェア（以下、アイコンソフト）を実装し、アイコンソフトで作成したプログラムを実行することで、制御ボードを経由してロボットアームを動かす。アイコンソフトと制御

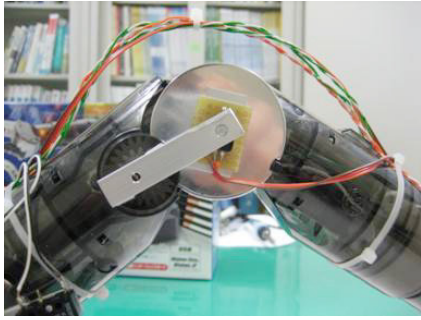


写真1 ロボットアーム（関節部）

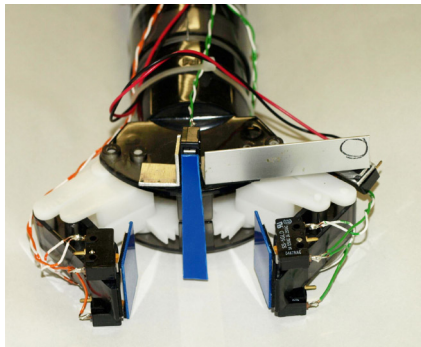


写真2 ロボットアーム（ハンド部）

ボードはRS232C制御にて接続され、独自の通信プロトコルで動作命令等を送受信する。また、本システムは、複数のシステム間でネットワークを介して通信することができるため、複数のロボット同士で同期しながら動作させたりすることも可能である。

アイコンソフトの概要

ここでは、アイコンを使ってロボットの制御プログラムを作成する、アイコンソフトの概要について説明する。図2はアイコンソフトの機能ブロックを示した図であり、7つの機能ブロックからなる。

ユーザーは、「①プログラム編集モジュール」を用いて、ロボットへの制御命令を、アイコンとして並べることにより、ロボットの作業をプログラミングすることができる。編集されたプログラムは「②プログラム翻訳モジュール」で、プログラム実行形式の命令セットに翻訳されるが、この時、順運動学／逆運動学モジュールにより指先位置と関節角度の変換が行われる。翻訳されたプログラムは「③プログラム実行モジュール」により実行制御される。ロボットへの制御命令の実行に際しては、「④プロトコル変換モジュール」で、アイコンソフトと制御ボード間の通信プロトコルに変換されて制御ボードに送信される。また、他のロボットとの協調作業を行う場合など、ネットワーク

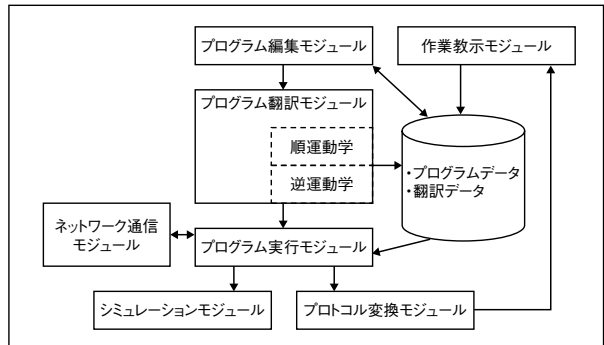


図2 ブロック図

を用いて通信する場合は、「⑤ネットワーク通信モジュール」がその通信を管理する。「⑥作業教示モジュール」は操作画面を通してロボットアームを動作させてポイントごとに位置を記憶させるか、指定時間内でロボットアームを直接動かしながらその軌道を記憶させることで教示した動作をアイコンプログラムに変換するモジュールである。「⑦シミュレーションモジュール」は、作成された作業プログラムの動作を仮想空間上で安全に確認するためのものである。

アイコンソフトの特長

アイコンを使ってロボットの制御プログラムを作成する場合、どのようなアイコンが用意されているかが、重要な要素となる。本アイコンソフトでは、ロボットアーム制御に必要な以下の基本的なアイコンを用意することとした。

- ①関節絶対位置指定アイコン
- ②関節相対位置指定アイコン
- ③指先絶対座標指定アイコン
- ④指先相対座標指定アイコン
- ⑤ハンド開閉アイコン
- ⑥位置記憶アイコン
- ⑦上記位置への移動アイコン
- ⑧ネットワーク出力アイコン
- ⑨条件分岐アイコン

本アイコンソフトの大きな特長として、上記の基本的なアイコンに、ロボット間で通信が行えるアイコンや位置を記憶させるアイコンを用意したことが挙げられる。これらのアイコンを使うことで、複数台のロボットアームを協調して動作させたり、環境の変化に応じた動的な位置をアームに指定したりすることができる。なお、通信機能の具体的な使用例については、別途記載している「通

信機能の具体例」の項を参照していただきたい。

また、一般のプログラム言語にマクロ機能があるように、本アイコンソフトにも、複数のアイコンを1つのアイコンとして定義し、マクロ化できる機能を用意した。これによってプログラムのスキルに応じて階層的にプログラミングが可能になる。たとえば、小学生などの初心者に対しては「物をつかむ」などの直感的な表現のアイコンを準備しておくことで、ロボットの動作イメージに基づいてプログラミングをすることができる。一方、上級者は基本的なアイコンからなる特定の動作をマクロ化して登録し、その部品を別のプログラムで再利用したり、さらに改造したりすることができる。これも、本アイコンソフトの特長のひとつである。

その他の特長としては、「アイコンソフトの概要」の項でも記述したが、直接作業教示した内容が、アイコンプログラムに変換されるため、大まかな動作を直接教示して、詳細な動作をアイコンソフトで編集してプログラムを完成させることができるという点も挙げられる。

ロボット言語IMLの概念の導入¹⁾

ロボットの制御プログラムを作成する場合、そのプログラム言語は一般の計算機言語と同様に構造の簡明さ、概念の統一性、機能の拡張性などが要求される。また、実際の現場では作業者がロボットを操作する場合、言語が対話性にすぐれていること、初心者にとってその言語が学びやすいことも重要である。動作記述型ロボット言語IMLは、関数型言語を持つ会話型プログラム作成の高生産性を導入しており、この言語の次のような特徴を本システムにも導入した。

- (1) ロボットや作業対象物の位置を教示しながら作業プログラムを作成できる。
- (2) 教示した軌道（手先の位置のベクトル列）を定義でき、プログラムの中に組み込むことができる。また、座標変換によって教示したときと異なる位置でその軌道を再生できる。
- (3) 作業空間に設定した作業座標系で動作を記述できる。

通信機能の具体例

ここでは、本システムが有している通信機能について具体的にどのようなことができるのか、簡単に触れておくこととする。たとえば、2台のロボットアームが連携してひとつの荷物を運ぶ場合、1台目のロボットが荷物を置いてから2台目のロボットが荷物を受け取りに行く必要が

ある。それぞれのロボットが単独で非同期に動いているとアーム同士が衝突したり、まだ荷物が置かれていないのに荷物を取りに行ったりするケースも出てきてしまう。本システムのアイコンソフトにはネットワークからの入力待つのアイコンが用意されており、それぞれが図3に示すようなプログラミングをすることで2台のロボットアームを連携させることができる。

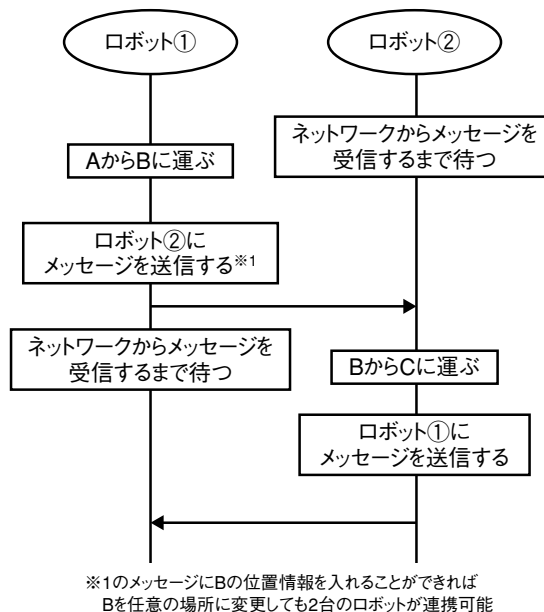


図3 通信機能の具体例

その他の具体例として、ロボット①側のシステムでセンサ情報の取得と取得した位置情報をロボット②側に送信する処理を繰り返すようなプログラミングを行い、ロボット②側のシステムではネットワークからの受信と受信した位置情報を再生する処理を繰り返すようなプログラミングをした場合、ロボット②はネットワークを介してロボット①と同じ動作をすることになる。

このような通信機能を利用することで、手元のロボットを操作しながら、離れた場所にあるロボットを操作することができ、同構造マスタスレーブによるロボットの遠隔操作をプログラミングすることもできる。

ロボット操作体験イベントの様子

本研究企画で開発するプログラミング環境は、小中学生でも理解できるレベルを当初目標としてきた。そこで、2009年3月25日に福岡大学にて地域の小学生を対象にした操作体験イベントを計画し、実施した。イベントでは

関節位置指定、絶対座標指定、ハンド開閉が可能なアイコンソフトのプロトタイプを使用した。イベントの様子を写真3、写真4に示す。

今回は、約20名の小学生が2～3名のグループに分かれ、それぞれが順番にアイコンソフトの操作体験を行った。事前に作成されたアイコンのプログラム（ある位置にある箱を別の位置に移動するプログラム）について、アイコンごとに意味を説明しながら、プログラム通りに実行されることを見てもらい、その後、途中に置かれた障害物を避けて箱を移動することができるようにプログラムの一部を変更してもらった。



写真3 イベントの様子1



写真4 イベントの様子2

ほとんどの児童が、ロボットをプログラムによって動かしていることを理解してくれたが、プログラムの変更においてはパラメータである座標値のどの数値をどのくらい変更すればいいのかがよく分からず、試行錯誤していた。やはり、小学生に座標を使ってロボット制御のプログラミングをさせるのは難しいようだ。

なお、当日のイベントの様子は、地元テレビ局2社と新聞社1社で報道されたほか、福岡市の市政だよりにも紹介記事が掲載され、また、引率者からは「今後も子供が科学に触れる機会を増やして欲しい」との要望があるなど、

子供たちの理科離れを背景とした教育面における周囲の関心の高さを感じた。

今後の展開

今回のプロトタイプでは、簡単なDCモータとポテンショメータを使用して関節の位置を制御したが、このモータの特性により、関節駆動誤差が大きく発生してしまった。そのため、次期バージョンであるプロトタイプⅡでは関節駆動用の動力としてサーボモータを使用し、より正確に関節を駆動させることを検討している。また、小学生対象の操作体験イベントでも直交座標系を指定してロボットアームの動作プログラムを変更するが難しかったと答えた児童が多かったこともあり、プロトタイプⅡではロボットアームの指先を現在位置からの相対的な方向で指定できるようなアイコンの実装を目指したい。そのためにも、「どの方向に」「どのくらい」というパラメータを小学生でも理解できるような形でどうやって指定させるのかを検討する必要があると考えている。今後はこれらのアイコンだけに止まることなく、ソフトウェア製品としてのマンマシンインタフェースにおいて、あらゆる人に使いやすいインタフェースを追求し、本システムをソフトウェアの導入教育として使用できるレベルにまで高めたい。さらに、本研究を通して検討された、人にやさしいインタフェースを当社の他の製品にも応用することや、当社が得意とする通信技術をさらに組み合わせることで、ロボットを利用した新しいサービスの創造を目指したいと考えている。◆◆

参考文献

1) 荒牧重登, 長沢勲 : 会話型ロボット言語 IMLのセンサ機能, 日本ロボット学会誌, 第3巻, 第3号, pp.16-23, 1985年

筆者紹介

木下邦昭 : Kuniaki Kinoshita. 沖通信システム株式会社 第二ネットワークグループ システム開発第二部