事例紹介

ロボットによる短期自動化構築システムの手法

Rapid Deployment Automation for Robots

吉田 邦夫* *アデプトジャパン
Kunio Yoshida* *Adept Japan Co. Ltd.

1. はじめに

産業用ロボットが実用化され約 20 年が経過し、その進化スピードは目をみはるものがある。特に昨今では単なるハンドリング機能のみならず画像情報や各種センサと組み合わせたインテリジェント型のロボットが各産業で実用化され、大きな効果を上げている。

一方、今日の政治・経済は世界規模でめまぐるしく変化しており、多くの企業はかつて経験したことのないほどの、迅速な変化への対応が要求されている。短い製品のライフサイクル、高品質、低コストといったニーズに答えるため、世界規模で物作りの見直しが行われている。しかし、我々 FA メーカーにおいては従来のように単にハード面の供給だけでは市場の期待に答えることができなくなっている。商品の開発段階から生産性や初期流動を考慮した設計手法や効率的な生産システムを短時間に稼働させる仕組みが求められている。以下にこれらを効率よく構築できる新しい手法—Rapid Deployment Automation (短期自動化構築システムの手法) を基に画像処理ロボット、ネットワークについて述べる。

2. Rapid Deployment Automation

Rapid Deployment Automation は当社が提唱する「短期自動化構築システムの手法」である(図 1)。この手法は熟練した技術者のスキルと、高い品質、汎用性を実現し、加えて専用機の持つ経済性や高速性も併せ持つ新世代のテクノロジーであり、最新の自動化ラインの導入が迅速に、しかも容易にでき、これにより、頻繁に発生する品種切替の対応も柔軟に可能である。今までのロボットでは複雑なプログラムや旧態依然とした部品供給方法によることなどが原因で、様々な制限があったが「短期間自動化構築システムの手法」は、これらの制限を取り除くことができる。

この手法はロボットおよび制御装置、ソフトウェア、フィード、シミュレーションなどによって構成されている。複数ロボットのラインや生産履歴管理を必要とする商品の生産ラインではネットワークも重要な役割をする。

またこれらのハードウェアと同様に昨今ではシミュレーションの手法を駆使してその生産システムの経済性や稼働状況まで予測しながら、投資効率の良い生産システムの実現がなされている。しかし生産性の悪い製品を、最新鋭のロボットシステムで生産しても大きな効果は期待できない。生産性も以前は単に組み立て性を考慮すれば良かったが、最近では分解性も同時に考慮して製品設計を行う必要がある。本年より家電リサイクル法が施行され、従来以上に物作りを設計段階から考えることが重要である。従来からのハード優先の考え方から製品の設計段階から組立しやすい設計や、分解しやすい設計にすることがコストパフォーマンスにも優れ、ローコストで自由度の高い生産システムになるのである。これだけ多くの情報をすべて商品設計者にゆだねるのは限度がある。商品設計者が「どのように組み立てるか」情報を入力するだけで、組立性や分解性を簡単に評価可能である。組立性・分解性の評価ツールは(株)ソニーの開発した DAC (Design

図 1 短期間自動化構築システムの手法

原稿受付 2000 年 4 月 13 日

キーワード: Robot, Vision, Simulation, Network, Design for Automation

*〒 650-0033 神戸市中央区江戸町 104 トウセン神戸ビル 202

*Chuo-ku, Kobe-shi, Hyogo

図2 組立性評価ツール

図3 Pilot LINEによるラインシミュレーション

for Assembly/Disassembly Cost-effectiveness) を当社のシミュレーションソフト「Pilot Yield」に組み込んである。これにより組立性・分解性評価と同時にアニメーションで表示できるので専門的な見地から多くの意見を集約することが可能である。これらでまず商品の生産性について十分検討したうえで具体化することが望ましい。図2に評価例を示す。

商品の生産性を十分考慮した設計を行えば、機種切り替えや新機種の生産立ち上げについてもスムーズに行うことができる。また商品の構成が決まった後は、具体的な設備の検討を行うがライン全体の物流や経済性について図3に示す「Pilot LINE」で検討することができる。これは正確な生産能力や製造ラインを稼働するために必要となるリソース、人材、装置のすべてを追跡できる。各リソースには、初期サイクルタイム、平均故障間隔 (MTBF) データ、平均修復時間 (MTTR)、コスト、および表示許容値情報が関連付けられている。MTBF と MTTR の数値は、装置の修復に必要なダウンタイムのシミュレーションを行うため、ディスクリットイベントシミュレータによって使用される。また、パーツや組立途中の物がスクラップになるような装置故障についても検証される。このシミュレーションを実行して製造ラインシナリオごとに、コストの取得および比較を行う。これらのデータから、単純回収率、現在の純価額、内部収益率、投資収益率などの財務データが計算される。このように詳細の設計を行う前に事前にシミュレーションを行うことでよりスピーディに生産システ

図4 デジタルワークセル

ムを構築できるのである。

実際に最適なシステムの案が認証され、実際の設計を推進していくが、従来ややもするとシステム制御のスタートは機構系の開発が先行し、制御系の開発は遅くなることが多かった。そのため、十分な検討時間が取れず最終段階で制御の完成度が日程を左右することが多い。短期間でシステム開発を行うときには従来以上に制御の完成度を向上させておく必要がある。そのためロボットシミュレータなどを使用する事例が自動車業界などでは見受けられるが、これは適用検討つまり主に干渉チェックや、サイクルタイム予測に使用されている。これらのシミュレーションソフトで実際のシステムソフトの検証を行うことは

- 1) 実際の I/O との関連が困難 (タイミングなど)。
- 2) シミュレーション言語と実際のロボット言語の差異。
- 3) 現状プログラムの実行不可。

などの問題がある。当社の場合、これらの課題を解決するため「デジタルワークセル」を開発した。実際のコントローラで実際のプログラムを実行すると、従来は物理的デバイスとしてロボットメカニズムや周辺機器がコントロールされるのであるが、今回物理デバイスの代わりにネットワークで PC に接続し物理デバイスの代わりに PC 内の仮想空間で実現したものである。これにより従来の制御システムソフト開発の手法が大きく変革して、短期間でシステム構築を行うことができる。図4にデジタルワークセルの概要を示す。

短期間に自動化システムを構築するためにはこのように商品設計段階から組立しやすい設計や分解しやすい設計を行い、各種のシミュレーションなどで検証を行いそのプランの検証を行って実際の開発に移行することがポイントである。またデジタルワークセルなどの新しいコンセプトのツールを駆使して開発を行うことと、ロボットのソフト

ウェアや視覚システム，ワークセル全体の制御といった高度な自動化システム構築を複雑なプログラミングをすることなしに実現することが重要となる。

3. ソフトウェア

最近の各種制御のほとんどは PC がベースになっている。いかに高性能のハードウェアを持ってもその性能を最大限に引き出すのはソフトウェアである。当社では操作の簡易化に努力を続け AIM (Assembly Information Manager) を開発した。AIM とは、ロボットやマシンビジョンのアプリケーション開発の作業を簡単に設計・製作・実行するデータベース・マネジメントシステムである。AIM はカスタムインターフェイスなどを作るために必要な複雑なツールを作成する機能やそれらを実行する機能を備えており、カスタムアプリケーションをユーザレベルで簡単に開発することが可能である。GUI (Graphic User Interface) 環境でアイコンを操作しツリー構造のプログラムが構築できる AIM では、独自のデータベース構造を持ち、アプリケーションのプロセス知識のデータベース化を図っている。これによって今までの C 言語、Basic 言語によるプログラムに比べ、プログラム開発工数も大幅に削減できる。これは単に開発期間の短縮ができるだけでなく、今まで必要としていた専任のコンピュータプログラマーが不必要となることで、ソフトウェア開発およびサポートの費用を大幅に削減することが可能になったのである。AIM のねらいはプロセスの工程熟知者すなわち現場の人たちによってプログラミングが可能になることである。アイコンによるプログラミングはプログラムする人に要求される技術レベルの引き下げや開発期間の短縮化を可能にする。これにより、二重に開発コストを押し下げることが可能となる。AIM を使うことによって、ファミコン感覚でロボットのプログラミ

ングや操作を行うことが可能である。図 5 に GUI の例を示す。

4. マシンビジョン

画像処理付きロボットの最大の特徴は、マシンビジョンを使用するのでシンプルな部品供給装置の設計が可能になることである。ランダムに流れてきたパーツを認識し、ハンドリングすることによって従来必要としてきた治具や専用のトレイ、ボールフィーダも不必要になった。昨今では生産機種の多用化とあいまって画像処理付きのロボットニーズが高まってきている。フレキシブルな自動化システムを実現するためには画像処理が多用されることはいうまでもない。画像処理付きロボットはパーツを認識したり、位置検出や外観検査を行うことが可能である。従来は検査工程は最終工程で実施されることが多かったが、少ロット生産を実現するには各工程で組立作業を行った後にすぐ検査を行うことで、より高品質な生産システムを構築できる。

しかし、人間に比べて時間による疲れがなく安定して同質の作業が期待できる反面、現状の技術レベルでは、到底人間のレベルに到達していないのは周知のことである。学術的に人間に近づく研究が行われているが現段階で明快な回答はない。我々メーカーサイドでは性能もさることながら、より使いやすくするように

- 1) 照明の影響を受けにくくする。
- 2) ロボット座標系と画像座標系の合致 (キャリブレーション) の容易化。
- 3) 低コスト化。
- 4) 高速化。

というアプローチを行ってきた。しかし一部には単に画像処理装置とロボットを接続しただけで、画像処理付きロボットとして販売している物もあり、実用レベルで多くの課題を抱え、結果として「画像処理は難しい。」とか「画像処理ロボットは使えない。」といった声さえ聞こえてくる。なぜそのようなことになったのであろうか？

これは単に画像処理装置とロボットを接続して画像処理付きロボットになると消費者に錯覚を起こさせているのである。一般的には画像処理系で検出した位置の補正量をロボットに伝えるためには、画像処理系とロボット系の座標を合わせる必要がある。この両者の座標を合致させる作業を「ビジョンキャリブレーション」と言う。これをベクトル計算といった専門的な知識がなくても簡単に実行できる必要がある。図 6 に検査結果表示例を示す。また、各画像処理装置は別装置の場合が多く、ロボット制御装置と通信してそれらの結果をロボット制御装置側で計算を行う必要がある。このシステムでは、専用コマンドが用意されているとともに、ロボット位置データベースにおいて、画像処理の結果を反映するための項があり、ユーザーはク

図 5 GUI の例

図6 画像検査結果表示

リックするだけで簡単に画像による位置補正結果をロボット座標に反映できる。特に当社のロボットでは、ロボット制御部と画像処理部が同じ制御装置内にあるコンピュータバスでつながれているため、通信速度が速くプログラミングも共通化を図っている。最新の製品では DSP を搭載して CPU とは専用バスで接続されている。これらにより従来品に比べて 5 倍の高速化が図れている。

今後は、三次元カメラや AI 機能付きにより、三次元処理装置開発が行われるだろうが、精度・スピードで実用には今一步である。

現状での技術で画像処理をうまく利用していくには対象部品や装置の設計上画像を利用しやすい考慮が必要である。例えばロボットで製品を掴んでカメラによって位置補正をする場合、精度よく位置検出を行うには、ロボットの振動が収まってから画像を取り込むが、製品と同一画面内に基準となる穴などがあると振動していても高精度に位置補正を行うことができる。同様に画像にて位置補正を行う場合、基準は誤差の発生しにくい形状にすることも必要である。これらは、組立やすさと同様に製品設計段階や装置設計時に考慮する重要項目の一つである。

5. オープン化とネットワーク

最近 PC によるオープン化やオープンアーキテクチャとして PC をベースにしたロボット制御装置が販売されている。本来オープンアーキテクチャとはインターフェイス仕様が公開されているアーキテクチャであるが、しかし現在では PC および Windows を採用しているだけで「オープンコントローラ」と呼んでいるものもある。本来のオープン化のためには PC を使うことだけでなく、ユーザのためにオープンである必要がある。また現状の Windows をベースとした PC は、リアルタイム性や信頼性（産業用口

図7 ネットワーク構成例

図8 Smart Amp のブロック図

ットとしての安全性—CE など）についてまだ十分なレベルに達していないが今後の進展を期待したい。

当社では PC を MMI の機能として利用し、ユーザが簡単に拡張できるように DDE や Active-X が使用できるようにしている。またネットワークについてもイーサネットが標準装備されており、NFS でユーザ手持ちの PC に接続可能になっている。また、下位の入出力制御などにはデバイスネットも標準装備されている。これらによってリモートメンテナンスなども簡単に行える。

しかし昨今、より高速に、低コストにというユーザーニーズに応えるため、IEEE-1394 を採用したネットワークシステムの実用化を行った。IEEE-1394 は家庭用のビデオカメラやデジタルカメラや PC を接続する高速で低コストのネットワークである。当社はこの低コストと高速性に着目しこれに単に入出力の制御だけでなく、サーボネットワークと画像情報ネットワークに対しても優位性に着目し、開発を進めてきた。仕様としては

- 1) 通信速度 400 [Mbps]
- 2) リアルタイム性 125 [μ sec/Cycle]
- 3) 最大クライアント数 63 チャンネル

またこのネットワークの採用と同時にサーボアンプを機構

部に内蔵したものも開発中である (SmartAmp)。図 7 に構成図を示す。図 8 に SmartAmp の構成を示す。

これらのネットワークを基幹としてより低コストで高速なネットワークを実現するとともに、家庭用で大きく普及するネットワークと相互乗り入れすることで、今後大きな変革が期待される。第二世代になると通信速度が現在の 4 倍である 1.6 [Gbps] になるとのことであり、こうなると画像情報も高速に同一ネットワークにて共有可能となり、量的にも質的にも応用範囲が広がると期待されている。

6. 結 べ り に

今日のグローバル化した経済構造において、制御装置のグローバル化は効率を高める意味でも重要な課題である。世界的に PC をベースにした家庭用ネットワークや、最近ではゲーム機を核としたネットワークやホームオートメー

ションも実現されつつある。これらの家庭用ゲーム機に代表されるように、ハードウェアは大きく進化して高速化、低価格化が実現されているがそれとあいまって GUI 操作性は我々 FA 業界とは大きく技術レベル差があり、比較対象にならないのも周知である。

今後システムが高度になればなるほど、よりユーザにやさしいソフトと同時に提供できるよう努めることが、ロボットメーカーに課せられた大きな課題である。

吉田邦夫 (Kunio Yoshida)

1956 年 11 月 11 日広島県生まれ、1977 年国立呉高専機械工学科卒業、同年日本ビクター(株)入社、生産技術研究所で各種自動化機器開発、1998 年 Adept Technology Inc と合併でアデプトジャパン設立と同時に代表取締役就任、現在に至る。