

# 高度な装置計装を低価格で実現する ループコントローラとその適用事例

エスペック(株) 矢田 寛  
オムロン(株) 吉田 順一

## 1. はじめに

交通手段の発達やパソコンを中心とするネットワーク技術の劇的な進化は、規模の大小に関わらず、好むと好まざるとに関わらず、多くの企業をグローバル市場へと導いた。そのグローバル市場の競争の中で、企業が勝ち残っていくためには、生産設備や装置において、単純な大量生産によるコストダウンのみだけでなく、高い品質や生産性、多様化への対応などが同時に求められる。こうした環境の変化の中で、装置における制御の中心的役割を果たす PLC(Programmable Logic Controller)の果たす役割は、ますます重要となってきたといえる。つまり、PLC は単純なシーケンス制御のためだけでなく、モーション制御やループ制御、装置情報のデータロギング/監視までも担うようになってきており、その活用が不可欠となっている。とりわけ、温度制御に関しては、例えば、半導体・電気電子などの市場において、その製造過程における微細化技術が必要となってきたり、高精度化・高密度化を行うために、製造プロセスにおける温度制御が重要となってきたりしている。

オムロンでは、PLC を計装制御へ適用するため、PLC 用の高機能ユニットとして PID 調節ユニットや温調ユニット、PLC の命令語として PID 命令などを搭載した商品いち早く発売してきた。そして、更に超小型でありながら、高度な計装制御機能を搭載した PLC 用の CPU ユニットとして「SYSMAC CJ シリーズ ループコントローラ」を 2004 年に発売し、更にユーザーの要望を反映する形で機能強化を行っている。本稿では、装置計装に最適なループコントローラの概要と PLC

を活用している装置ベンダー、エスペックでの採用背景と評価を紹介する。

## 2. ループコントローラの概要

PLC が装置計装のコントローラとして適している理由は、その拡張性などが挙げられる。しかし、PLC を装置計装のコントローラとして活用するには、いくつかの制御機能やエンジニアリング面や専用品に比べてコスト面での課題があった。そこで、オムロンでは汎用の PLC をその用途に合わせて進化させている。つまり、

装置のサイズに適した小型化の実現

アナログ量を簡単に扱えるエンジニアリング環境

最適な制御を実行できる制御アルゴリズムの搭載

を実現している。以下にその特徴を述べる。

### 2.1 装置のサイズに適した小型化の実現

ベースとなるオムロンの PLC「SYSMAC CJ1」は、超小型サイズ(高さ 90mm、奥行き 60mm)でありながら、優れた通信機能や業界最高レベルのプログラム実行処理能力をもったコントローラである。ベースレスのビルディング方式を採用しているため、必要なユニットを組み合わせることで、必要な機能を最小サイズで実現できる。ループコントローラは、その CJ シリーズの CPU ユニットのバリエーションとして、ループ制御エンジン(後述)を合わせ持ったハイブリッドタイプの CPU である。CJ シリーズの汎用 PLC をベースとしていることで、CJ シリーズの持つ豊富な機能をそのまま活用することが出来る。例えば、Ethernet (FL-net 含む)、コントローラリンク、

DeviceNet など各種ネットワークへの対応もユニットの追加により可能である。また、アナログ入出力ユニット、温度センサユニット、高速カウンタユニット、モーション制御ユニットなど多くのユニットを品揃えしている。

## 2.2 アナログ量を簡単に扱えるエンジニアリング環境

ループコントローラには、通常のシーケンスプログラムを実行する CPU 以外に、ループ制御を実行する CPU を別に内蔵している。温度、流量、圧力などのアナログ量の制御はループ制御用の CPU で実行が可能である。独立した制御エンジンを採用することにより、ループ制御の負荷をシーケンス制御に与えることなく実行可能で、高速なシーケンス制御（20ks を 1ms で実行）とループ制御（10ms の PID 演算）の両立を実現している。

また、ループ制御のプログラムにはアナログ量の制御に適した計器ブロック方式を採用しており、PID 演算、開平演算などの必要な計器ブロックを選択して貼り付け、マウスで結線するというグラフィカルなエンジニアリングが可能である（図 1）。

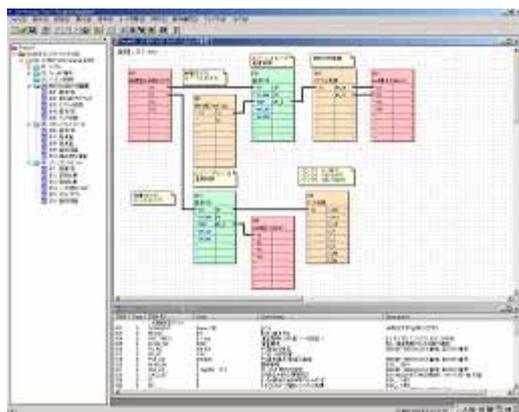


図 1 計器ブロックプログラミング  
(CX-Process ツール)

計器ブロック種類としては、通常の PID 制御に加えて加熱冷却制御、プログラム制御、PID バンク切り替えなどを実現する 70 種類以上の計器ブロックを搭載している。汎用の調節計を使用する場合に比べて、計器ブロックを組み合わせること

でプログラム制御、カスケード制御、フィードフォワード制御などへの対応が可能である。また、立ち上げ調整にもチューニング画面などが用意されているなどエンジニアリング環境が整っている（図 2）。

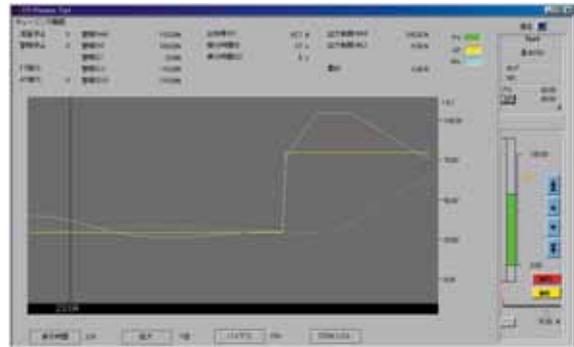


図 2 チューニング画面

## 2.3 最適な制御を実行できる制御アルゴリズムの搭載

温度制御などのアナログ制御を行うには、単純な PID 演算ができるだけでは上手く行かないケースもある。そこで、オムロンでは温調メーカーとして培ったノウハウを計器ブロックに搭載、設定可能にすることで課題を解決している。その一例を以下に示す。

### ファインチューニング (FT) 機能

従来、PID 演算をするときに、定数 P、I、D を決定するためにある経験則に基づいて調整する。FT ではこの 3 つの要素（オーバーシュート、速応性、ハンティング）の要求度合いを設定することで、P、I、D パラメータの適切な調整量が自動計算される機能をツールに搭載している（図 3）。これにより、PID 制御の経験が少ないエンジニアでも簡単にチューニングできるようにしている。



図 3 ファインチューニング (FT) 機能

## 外乱オーバーシュート抑制機能

炉にワークを投入するなど外乱が発生すると、設定値に復帰する際に、オーバーシュートを発生することがある。この機能は、そのオーバーシュートを抑えつつ、かつ短時間で回復させる機能である(図4)。この機能をPID演算のブロックのパラメータとして搭載している。

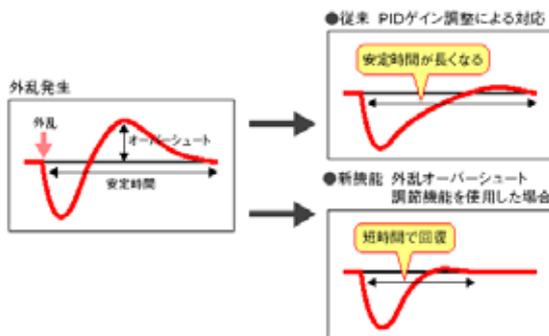


図4 外乱オーバーシュート抑制機能

## 2自由度PID制御パラメータ設定

ループコントローラのPID制御には2自由度PIDを採用している。2自由度PIDとは、外乱応答と目標値応答の2つの制御性能を両立させることができるPIDである。殆どのアプリケーションではそのまま良好な制御が可能であるが、

との2つの2自由度パラメータにより、目標値応答を好みの特性に調整することができる。偏差に対して微分動作がはたらき、SP変更に対する追従性が高い偏差微分型の制御や、比例先行型、測定値微分先行型などの制御も可能となっている(図5)。

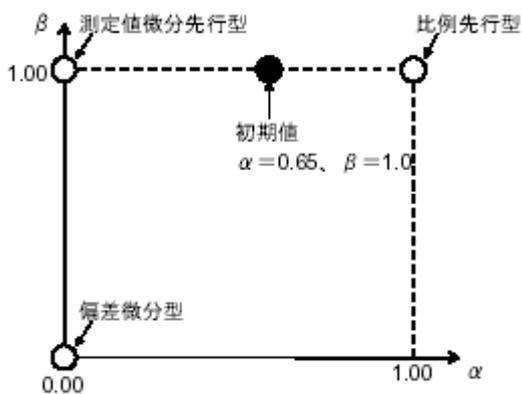


図5 2自由度PIDパラメータ

更に、今後、複数点間の干渉特性を考慮しながら、温度傾斜(温度差)を直接制御することで、均一な温度制御を可能にした傾斜温度制御アルゴリズムも計器ブロックとして搭載予定である。こうしたアルゴリズムの開発も継続して行っていく予定である。

このループコントローラは、その拡張性と使い易さから適用アプリケーションは広い。高速昇温やシーケンス制御との同期が必要な電子部品装置や半導体装置、パラメータやプログラムを頻繁に変更する試験装置、温度だけではなく圧力や流量制御も行う食品機械装置など多岐に渡る。そこで、実際にループコントローラを活用しているエスブックでの採用背景とその評価を紹介する。

## 3. エスブックの提供する装置

1961年に日本で初めて環境試験器を開発したエスブックは、環境試験器市場において、国内60%、世界30%と圧倒的なシェアを誇る世界No.1メーカーである。環境試験器(写真1)は、半導体・自動車・通信その他電子部品などにおいて、温度や湿度、その他環境因子が製品に及ぼす影響を分析・評価する装置であり、秒進分歩と言われるほど早い半導体の技術革新における研究開発、信頼性・品質管理、検査などに活用されている。また、同社は急拡大する液晶ディスプレイ市場において、フラットパネルディスプレイ生産ラインにおける熱処理装置などを提供し、国内で30%のシェアを保有している。

これらの装置には、温度や湿度といったアナログ量の制御が重要となるが、従来はその制御には市販のPLCや調節計では、制御機能やコストの面から判断し採用することは少なかった。しかし、PLCの低価格化が進み、また制御機能としても充実してきたことから装置により活用が出来ると考えている。今回は、ある装置にオムロンループコントローラを活用したが、その採用背景とその評価を紹介する。



写真1 環境試験器

### 3.1 ループコントローラ採用の経緯

当社では、この装置には、温度制御用に自社開発ボード（プログラムタイプ温調計）を使用し、シーケンス制御が必要な場合は PLC と組み合わせて使用していた。しかし、自社製のボード温調はコストが抑えられる反面、今回の装置では以下のような内容を課題として捉えていた。

専用ボードであるため、拡張性やカスタマイズ対応力が低く、レシピ機能の追加など顧客の要求仕様を満たせない場合がある。しかし、市販の高機能なプログラム調節計を採用するとコストが合わない。

搬送装置とのシーケンス処理が必要な場合、PLC を採用しているが、自社製ボードとの通信が必要となる。自社製ボードは独自の通信体系を持っていたため、市販 PLC との通信には変換器が別途必要になってしまう。

汎用性、拡張性を持たせた装置にする必要があり、将来的に Ethernet にも対応できるようにしておきたいが、専用ボードは対応していない。

ユーザーからは使い勝手の向上を求められており、従来ある市販のプログラム調節計を使用した場合の使い難さを改善した HMI をお

客様に提案していく必要がある。

これらの要求する条件を満たすコントローラとして、高いループ制御機能を持ったオムロンの PLC を採用することにした。今回、PLC メーカーを選定するにあたっては、それぞれの商品機能は勿論のこと、温度制御、シーケンス制御、HMI のすべてをサポートできること、要求仕様を迅速に行える体制を構築できることを重視した。何故なら、温度制御とシーケンス制御を融合する必要がある、それらを短期間で開発する必要があったためである。

また、一方で要求する機能をすべて満たしたとしても、要求するコストが実現できなくては市販品を使用する意味がない。その点、PLC は、性能が以前に比べてかなり向上してきており、温度制御などもできるようになってきたことや、一般的に広く普及していることからコストも安くなってきている。今回の装置では、メーカーであるオムロンと代理店である因幡電機によるサポート体制や商品の機能とコストを十分に検討し採用することにした。

### 3.2 採用結果と要望

今回の開発では、開発期間短縮と共に、装置の拡張性やメンテナンス性の充実を図ったが、概ね満足できる結果が得られた。まず、開発期間に関しては、HMI、機器制御、温度制御などのプログラムを行う担当者を分けて複数人で開発を行うことで開発期間を短縮した。また、保有する資産（既存の HMI 画面設計）を流用し効率的な開発を行った。結果として、従来、1 年かかっていた開発期間が、約 1 / 6（約 2 ヶ月）で行うことができた。

また、拡張性、メンテナンス性については、汎用品を採用したことで、PLC の持つ拡張性が活用できると同時に、海外での調達も可能となった。特にこの装置は、台湾、中国、韓国のお客様が多く、海外でのメンテナンス性や入手性は非常に重要である。

一方で、PLCの魅力である拡張性については今後、エンドユーザーの使い勝手を考慮した商品の開発を望んでいる。PLCは装置メーカーの立場としては、エンジニアリング環境を含めて、非常に使いやすくなってきたと考えているが、装置としてのユーザビリティを向上するためには装置オペレータの操作性向上が必要である。例えば、今回の装置は、自動運転状態で使用されることが多いが、不良品発生時などにデータ解析をするために温度データを保存しておきたいという要望も多い。PLCにはデータロギングの機能が充実してきているが、装置のオペレータが欲しいデータを簡単に取り出せるようにするためには、制御盤内にあるPLCからデータを取り出すのではなく、HMI部分のあるフロントパネルから取り出せるようにしておきたい。こうした要求にも応えられるような周辺機器の充実があれば更に使用できるケースが増えてくると考えている。

#### 4.最後に

装置計装へのPLCの適用は、今後、ますます増えていくと考えている。オムロンでは、センシングから調節計やPLCなどを提供する総合制御機器ベンダーとして、保有するノウハウを融合し、装置ベンダーやエンドユーザーの課題を一緒に解決できるパートナーとなるべく品揃えを強化していきたいと考えている。

ヤタ・ヒロシ

エスベック(株) ディスプレイ・デバイス装置事業部  
システム技術部 制御設計グループ  
マネージャー 矢田 寛

ヨシダ・ジュンイチ

オムロン(株) インダストリアルオートメーションビジネスカンパニー  
コントロール機器統轄事業部 アナログコントローラ事業部  
事業企画部