

第5回 オフセットが発生するメカニズム

ワイド制御技術研究所 所長 広井 和男
ひろ い かず お

前回、P(比例)制御系ではオフセット(定常偏差)が発生し、制御量を目標値にピッタリ一致させることができないという限界があることを説明しました。今回は、引き続き加熱炉出口温度制御系を例にして、P制御ではなぜオフセットが発生するのかを考えて見ましょう。

1. 負荷増加時のオフセット

図1に、原料流量(負荷)が増加した場合に、加熱炉出口の原料温度 T にオフセットが発生するメカニズムを示します。図において、x軸は温度 T 、y軸は操作信号 MV (%)です。また、点線は負荷特性曲線、実線はP制御特性直線を示します。目標値 T_s と負荷特性曲線 L_1 の交点Aで、P制御特性直線が交叉するようにP制御のバイアス b を調整

して、その値を b_A とします。その後のP制御特性直線は(1)式となります。

$$MV = K_P \times e + b_A \quad \dots(1)$$

K_P : 比例ゲイン

e : 偏差(= $T_s - T$)

今、A点、つまり目標値 T_s 、負荷(原料流量) L_1 、バイアス b_A で、偏差 e がゼロのバランス状態にあるとします。この状態から負荷が L_2 に増加した場合にも、目標値 T_s を維持するためには、操作信号 MV はB点に相当する b_B になる必要があります。しかし実際には、(1)式で制御されるため偏差が出て、P制御特性直線と負荷特性曲線 L_2 との交点Cで安定し、オフセット($T_s - T_C$)が発生することになります。負荷が増加した場合には、目標値 $T_s >$ 制御量 T_C という関係となり、制御

量 T_C は目標値 T_s より低い値で安定することになります。つまり、負荷増加時のオフセットは目標値の下側に発生することになります。

比例ゲイン K_P を大きくしていきますと、交点Aを中心にしてP制御特性直線が急勾配になり、オフセットは小さくなっていきます。一般に、オフセットは小さい方が良いので、比例ゲイン K_P を大きくしたいと考えます。しかし、比例ゲイン K_P を大きくしていくと、オフセットは小さくなりますが、制御系がだんだん不安定になり、ついには振動してしまいます。制御系が不安定になったり、振動してしまったのでは制御をする意味がなくなりますから、比例ゲイン K_P を大きくすることには限界があります。したがって、P制御ではオフセットの発生は避けられないことになり、制御量を目標値にピッタリ一致させることはできません。

2. 負荷減少時のオフセット

詳しい説明は省略しますが、上記1項の負荷増加の場合を参考にしながら、作図して負荷が減少した場合には、オフセットが目標値の上側に発生することを確認してみてください。

3. 目標値上昇時のオフセット

図2に、原料流量(負荷)は一定状態で目標値を上昇させた場合に、

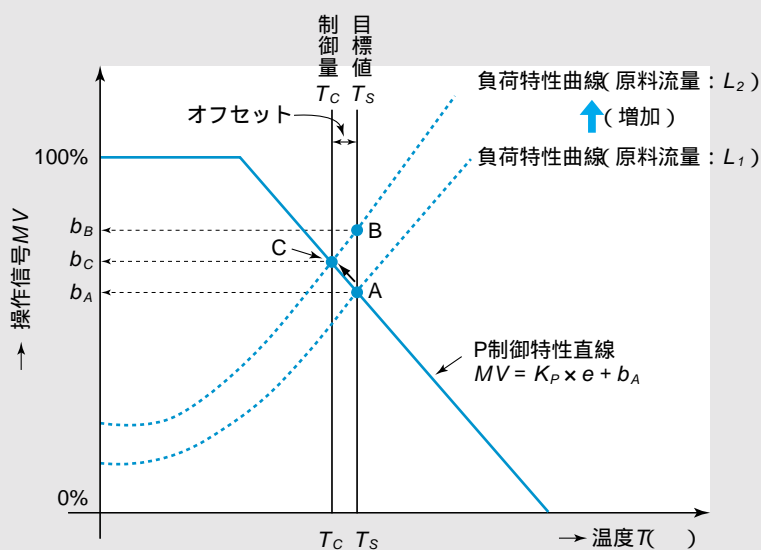


図1 オフセットが発生するメカニズム(負荷増加時)

オフセットが発生するメカニズムを示します。図において、今、A点、つまり目標値 T_{S1} 、負荷（原料流量） L 、バイアスが b_A で、偏差 e がゼロのバランス状態にあるとします。この状態から、負荷は一定で目標値を T_{S2} に上昇させた場合に、オフセットがどのように発生するかを追ってみます。制御量が新しい目標値 T_{S2} になるためには、操作信号 MV は目標値 T_{S2} と負荷特性曲線 L との交点 F に相当する大きさのバイアス b_F をとる必要があります。しかし、実際には、(2) 式に示す P 制御特性直線で制御されるため、目標値が T_{S2} になった瞬間には偏差 $(T_{S2} - T_{S1})$ が発生して、操作信号 MV はこの偏差の大きさに対応した P 制御特性直線の G 点からスタートすることになります。

$$MV = K_P \times e + b_A \dots (2)$$

K_P : 比例ゲイン

e : 偏差 $(= T_{S2} - T)$

この操作信号 MV を受けて、加熱炉出口温度は上昇を始め、偏差 $(T_{S2} - T_H)$ に対応する操作信号 b_H

と負荷特性曲線 L との交点 H で安定します。つまり、加熱炉出口温度は T_H で安定し、オフセットの大きさは $(T_{S2} - T_H)$ になります。このように目標値を上昇させた場合には、上昇前の目標値 $T_{S1} < \text{制御量 } T_H < \text{上昇後の目標値 } T_{S2}$ という関係となり、制御量 T_H は目標値 T_{S2} よりも低い値で安定することになります。つまり、目標値を上昇させた場合のオフセットは目標値の下側に発生することになります。

4. 目標値降下時のオフセット

詳しい説明は省略しますが、上記3項の目標値上昇時の場合を参考にしながら、作図して目標値を降下させた場合には、オフセットが目標値の上側に発生することを確認してみてください。

5. P 制御の使い方

これまでに得られた P 制御の使い方に関する知見をまとめますと、次のようになります。

通常運転範囲の中間点近傍で

著者紹介



広井 和男

ワイド制御技術研究所
所長

(TEL : 0426-51-2802)

E-mail: kazuo.hiroi@h8.dion.ne.jp)

偏差がゼロになるようにバイアスを調整し、比例ゲイン K_P は制御量が振動的にならない範囲で、できる限り大きい値に設定します。しかし、オフセットが発生して、制御量を目標値にピッタリ一致させることはできません。

現在出ているオフセットを所定目標値の反対側に移動するには、目標値をオフセットの反対側に大きくもっていったり制御し、制御量が所定目標値の反対側になったとき、所定目標値に戻します。

P 制御のみではオフセットが発生することから、P 制御が単独で使用されることは稀であり、次回説明する I (積分) 制御と組み合わせで適用されるのが一般的です。しかし、P 制御単独でなければならない場合もあります。それは積分特性をもつ制御対象を追値制御する場合で、代表的な例はボイラ蒸気圧力の変圧制御です。この場合、外乱 (蒸気流量) 変化によるオフセットを抑制するには、高精度のフィードフォワード制御を組み合わせで適用する必要があります。

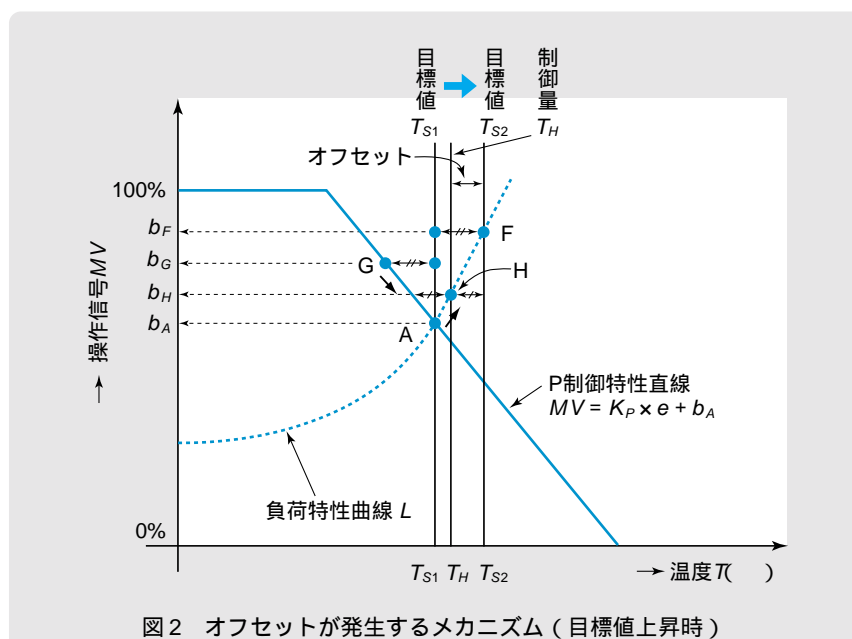


図2 オフセットが発生するメカニズム (目標値上昇時)

エンベデッドコントローラ (形式：R3RTU)

(株) エム・システム技研 企画室 村上 良明
むら かみ よし あき

はじめに

エンベデッドコントローラ(形式：R3RTU)は、エム・システム技研が『新計装システム『SCADALINX』^{注1)}の構想の下に鋭意開発を進めている高性能な多目的コントローラです^{注2)}。

エンベデッド(= Embedded)とは、「埋め込まれた」、「組み込まれた」などを意味する言葉であり、マイクロプロセッサが内部に組み込まれた機器やシステムを「エンベデッド-(製品名)」と呼んだり、組み込む技術のことを「エンベディング技術」ということがあります。R3RTUも高性能なマイクロプロセッサを搭載した(組み込んだ)R3シリーズの新ユニットとして「エンベデッドコントローラ」の製品名称を与えています。本稿では、R3RTUの概要とアプリケーション例についてご紹介します。

1. R3RTUの概要

R3RTUは、リモートI/O「R3シ

リーズ」におけるファミリーユニットとして位置づけられた製品であり、R3シリーズの他のユニット(ベース、電源、通信、I/Oカード)と組み合わせて使用します。

(1) R3RTUによるR3の構成

図1にR3RTUカードを実装したR3シリーズの外観を示します。R3RTUは、I/Oインタフェース部としてR3シリーズの各種I/Oカードを使用し、またオープンネットワークとの通信には各種通信カードを使用できます。つまり、R3RTUを実装することにより、リモートI/OとしてのR3シリーズがきわめて高性能な「頭脳」を得たことになります。さらに、R3RTUカード自体もLAN接続やシリアル通信のポートをもち、またCFカードスロットやビデオインタフェースも備えているので、コンパクトな現場設置形PCとしての役割を果たすこともできます。

(2) R3RTUの

主な仕様

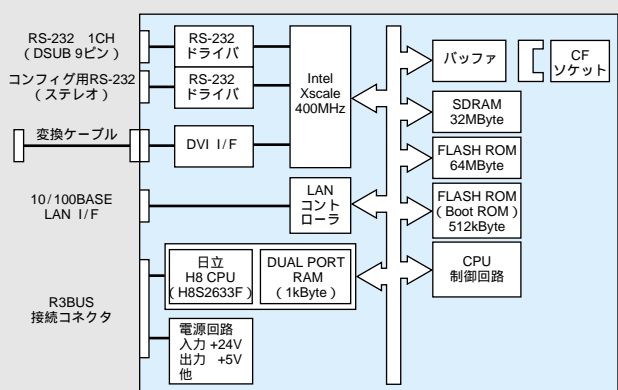
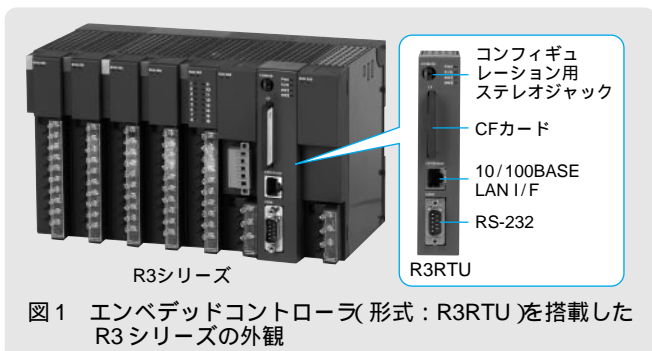
表1 R3RTUの主な仕様

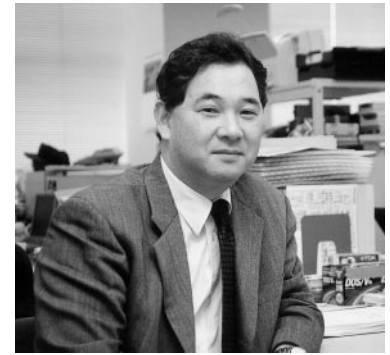
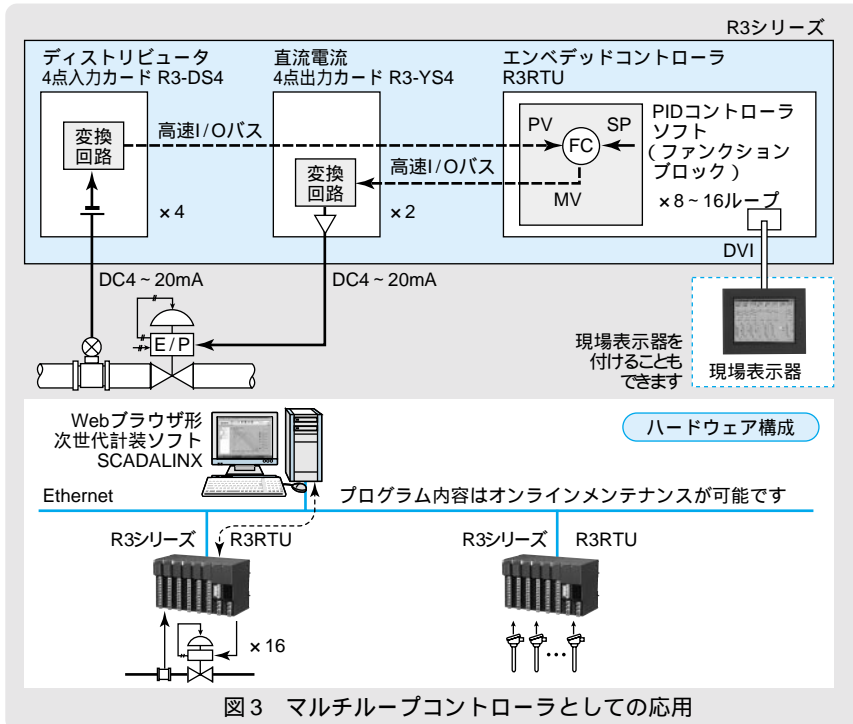
OS	Windows CE.NET(4.2)
CPU	Intel Xscale(PA255) 400MHz フラッシュROM 32MByte
メモリ	起動用ROM 512kByte RAM SDRAM 32MByte
外部 インタ フェース	<ul style="list-style-type: none"> シリアルインタフェース : ステレオジャック : Dsub 9ピン Ethernet : 10BASE-T / 100BASE-TX 1CH メモリカード : CFカードスロット Type1、1スロット DVI(Digital Visual Interface) : VGA(640 × 480) 256色 RTC(Real Time Clock) : バッテリバックアップ付
LED表示	電源、RUN、異常1、異常2
外形寸法	W28 × H130 × D120mm

表1にR3RTUの主な仕様を、図2に機能ブロック図を示します。R3RTUでは、クロック速度が400MHzという高性能なCPUを採用していますが、同時に現場設置の環境で連続稼働が可能な高い信頼性も確保しています。

2. R3RTUの応用

R3RTUは、搭載するソフトウェアの内容によって様々な機能を実現できるため、多様なアプリケーションを目的として使用することができ



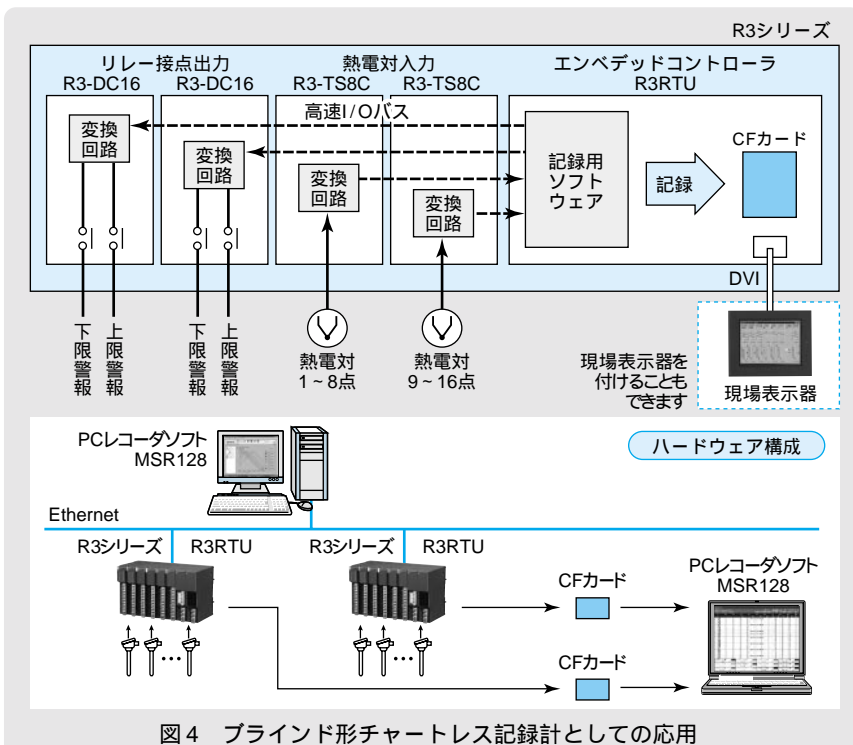


した例です。データは、R3RTUのCFカードメモリに蓄積され、これをオフラインのPCレコーダソフト(形式: MSR128)にアップロードして表示、解析することができます。また、LANに接続されたPCレコーダソフトからはリアルタイムでデータを監視、記録することができます。

おわりに

本稿でご紹介したR3RTUの応用例はほんの一部に過ぎません。前述のように、R3RTUが実現する機能は、ソフトウェアの内容に応じて様々な可能性を秘めています。たとえば、「現場設置形のWebサーバ」や「ソフトPLCのプラットフォーム」などの用途は、R3RTUの特性を活かした有効なアプリケーションとして期待できます。

これらについては、今後稿を改めて順次ご紹介していきたいと考えています。



ます。以下に、その代表的なアプリケーション例をご紹介します。

(1) マルチループコントローラ

図3は、R3RTUにMsysNetのファンクションブロック相当の機能を組み込み、マルチループコントローラとして応用した例です。R3シリーズがネットワーク分散型

のDCSと同等な機能を獲得し、PID制御をはじめとする連続制御やシーケンス制御を実現します。

(2) ブラインド形チャートレス記録計

図4はR3RTUにデータ記録用のソフトウェアを組み込み、ブラインド形チャートレス記録計として応用

注1 本誌2004年3、4月号の「新計装システム「SCADALINX」(その1)(その2)」参照。

注2 本製品は2004年8月末に発売する予定です。

* MsysNet、SCADALINXは、エム・システム技研の登録商標です。

価格改定のお知らせ

R3シリーズの発売開始に伴い、デジタルI/Oの価格を改定しました。

- フォトカプラ接点入力 16点(絶縁)
形式: R3-DA16 40,000円 **22,000円**
- リレー接点出力 16点
形式: R3-DC16 48,000円 **26,000円**

Web ロガー (形式: TL2W) の ユーザー仕様 Web 画面

(株) エム・システム技研 開発部

川 島 康 樹 / 中 山 文 雄
かわ し ま やす き なか やま ふみ お

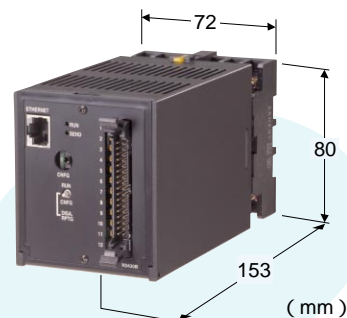


図1 TL2Wの外観と寸法

はじめに

Web ロガー (形式: TL2W) は、管理者が駐在する中央管理室から離れた遠隔現場で稼働する諸設備 (たとえばマンホールポンプ、配水池、ダムの水門...など) に付帯設置され、設備の稼働監視と管理データの収集/編集を行います。現場設備群の遠隔集中運転管理および設備ごとの遠隔保守管理を可能にします。このためには、中央の管理コンピュータや管理者の携帯電話などとの間での通信機能が基本要件の一つになります。TL2W では、通信機能について以下の基本方針を採用しています。

インターネット、イントラネット、構内 LAN、CATV 網、地域 IP 網、公衆電話回線、ISDN、PHS、DoPa など、普及した様々な通信インフラを活用する。

Web 画面方式と E メール方式をとることによって、管理コンピュータや携帯電話側には標準的な Web ブラウザやメール受信ソフトさえあればよく、ユーザー固有のアプリケーションソフトを必要としない。

TL2W には標準機能として 7 つの Web 画面が組み込まれていて、ユーザーは導入後直ちに利用することができます。さらに必要に応じて、ユーザー固有のグラフィック Web 画面 (Java アプレット) を簡便に作成して併用することができます。本稿では、このアプリケーション画面の作成手順と機能の実現方法を例題画面図 2 と表 1 によってご説明します。

1. Web 画面開発環境

図 3 に Web 画面の開発環境を示します。Web 画面は Java 言語で記述された Java アプレットの形を取ります。Java IDE (Integrated Development Environment) は一般的なプログラム統合開発環境です。IDE を使う利点は、準備された部品を目的に応じて使うことで Java 言語の知識、経験を必要とせず、いわゆる GUI (Graphical User Interface) 方式だけでも Java プログラムが作れる点です。TL2W では、IDE としてサン・マイクロシステムズ社の Sun ONE Studio シリーズか、オープンソースとして無料で配布されている NetBeans

IDE (<http://www.netbeans.org/>参照) を使用します。これに加えて、エム・システム技研が無償で提供する TL2Beans 部品群を用いて目的の画面を作ることができます。IDE を操作して、画面上の目当ての場所に部品を選択して貼り付け、その部品の属性 (プロパティ) を選択定義する形になります。表 2 に TL2Beans の一覧を示します。

Beans の完備度によって、できる画面の機能性、操作性が支配されます。エム・システム技研は Beans の改良、充実に継続して行います。完成した Web 画面 (アプレット) はネットワークを介して TL2W に書き込んで保持します。

2. Web 画面実行環境 1

図 4 に Web 画面実行環境 1 を示します。PC 上の Web ブラウザで目的の Web 画面を指定すると、TL2W の Web サーバによってその Java アプレットが PC に読み出され、Java VM (Virtual Machine) によって解釈、実行され、画面が表示、実行されます。Java VM も

- 配水池と送水ポンプの監視と運転を行う。
- 操作盤で手動運転が選ばれている場合、起動指令釐でポンプ起動、停止指令釐でポンプ停止する。
- 自動運転が選ばれている場合、水位がポンプ停止水位を上回るとポンプ停止、ポンプ起動水位を下回るとポンプ起動を実行する。
- その他、ポンプ/配水池の監視、管理に必要な現場情報の表示と運転パラメータの設定を行う。
- 高水位異常/低水位異常検出時、携帯電話に E メール異常通報を発信する。

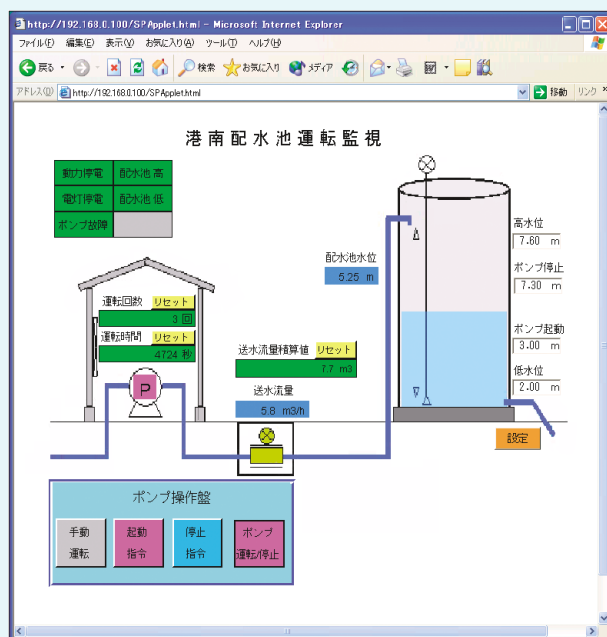
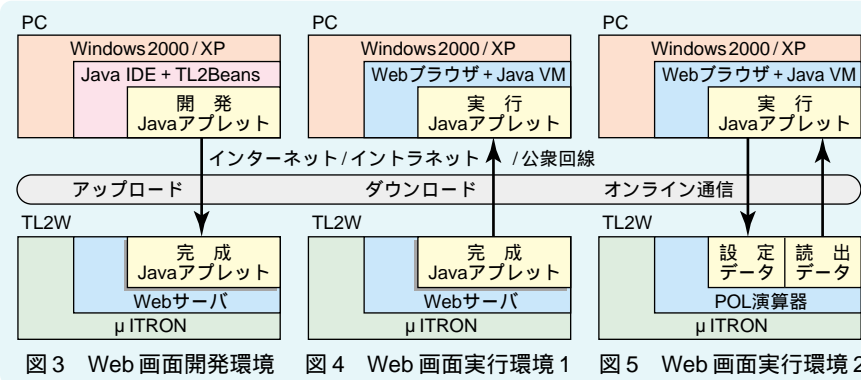


図2 画面と機能概要



通常はPCに標準的に搭載またはプラグインとしてプリインストールされていますから、ユーザーは特に意識する必要がありません。通常のインターネット上でのホームページ閲覧とまったく同様です。

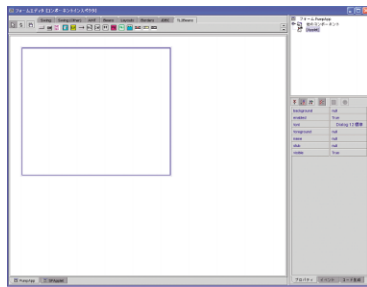


図6 アプレット初期画面

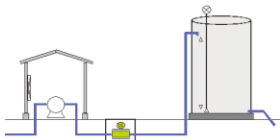


図7 配置済み画像部品

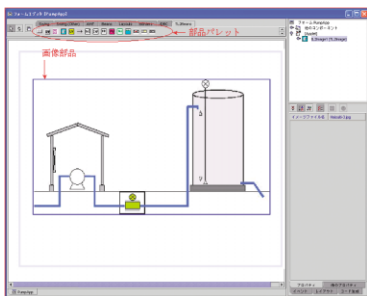


図8 アプレットに画像部品を貼り付けたところ

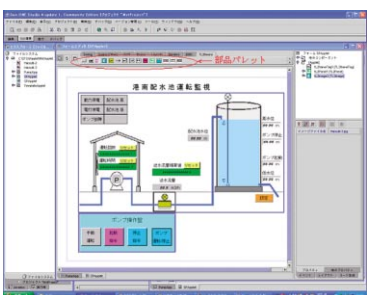


図9 図8に必要な部品を貼り付けたところ

3. Web画面実行環境2

図5にWeb画面実行環境2を示します。Web画面においては、現場のTL2Wが掌握/算出する現場データを画面に表示し、時々刻々更新する必要があります。また画面からの指示(押し釦指令/パラメータ設定など)をTL2Wに伝えて、リアルタイムにTL2Wの動作に反映させる必要があります。このためにTL2W上で動作してWeb画面と連携、支援するPOL(問題向き言語)機能が準備されています。POLとWeb画面はオンライン通信で常時情報交換する仕組みに



図10 部品のプロパティ設定画面

なっています。表3にPOL演算器の一覧を示します。

4. 例題画面作成

例題画面の作成手順を説明します。

IDEを起動し、新しい画面アプレット作成を指定します。フォームエディタが起動して、図6の外枠が表示されます。白紙のアプレットです。以後このフォームエディタでアプレットにTL2Beansの部品を貼り付けて画面を完成させていきます。

図7に示すように、この画面の固定図形要素とそれらを配置したものを描画ソフトで作ります。Word、Excel、Visioなどの手馴れたツールで作れます。これを1つの画像部品(jpg/gif形式画像データ)として前準備します。

図8は、図7で準備した画像部品をIDEフォームエディタで白紙のアプレットに貼り付けたところです。

図9(主要部は図2と同じ)は、この上に部品(Beans)を貼り付けたところです。部品の候補一覧がフォームエディタの上部に表示されています。ここから選択してアプレット上の目当ての場所に貼り付けます。アナンシータ5個、配水池の水位バーグラフ、配水池水位表示器、高水位限界表示/設定器、ポンプ停止水位表示/

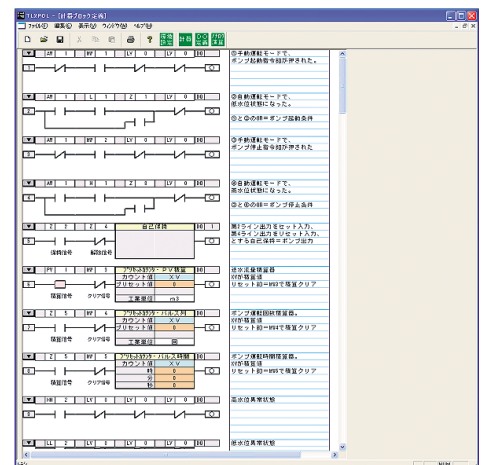


図11 POL設定

設定器、ポンプ起動水位表示/設定器、低水位限界表示/設定器、送水流量表示器、送水流量積算値表示器/同リセット鈕、ポンプ運転時間表示器/同リセット鈕、ポンプ運転回数表示器/同リセット鈕、ポンプ操作盤上の手動/自動モード選択オルタネイトSW、起動指令モーメンタリSW、停止指令モーメンタリSW、ポンプ運転状態表示器、などが貼り付けられていることが分かります。部品は貼り付けるとともにその属性(プロパティ)を選択設定します。

図10は、における属性設定操作内容を示します。部品ごとに準備された属性一覧が表示されますから、各属性項目について必要な選択/設定を行ないます。TL2W がもっているどのデータを表示するのかなど、多くのユーザーの要求仕様を満たすのに必要十分な属性項目が各部品に対して準備されています。部品の貼り付けや設定の都度、IDE内ではJava言語で記述されたソースプログラムが更新され、必要に応じてそれらを見たり編集することができます。ただしTL2Wの通常用途ではその必要はありません。

表1 画面要素説明

項 目	種 類	機 能
動力停電	アナロジエータ	設備が発信する運転状態信号で表示
電灯停電		
ポンプ故障		
配水池 高		
配水池 低		
配水池水位	表示器	配水池の現在水位を表示
高水位	表示器/設定器	水位監視上限値。これを超えるとEメール通報を発信
低水位	表示器/設定器	水位監視下限値。これを超えるとEメール通報を発信
ポンプ停止	表示器/設定器	自動運転時、この水位を上回るとポンプ停止
ポンプ起動	表示器/設定器	自動運転時、この水位を下回るとポンプ運転
設定	押鈕(モーメンタリSW)	上記4項目のパラメータ設定実行指令
送水流量	表示器	ポンプ送水流量を表示
送水流量積算値	表示器	ポンプ送水流量積算値を表示
同リセット	押鈕(モーメンタリSW)	送水流量積算値のリセット
運転回数	表示器	ポンプ起動回数を表示
同リセット	押鈕(モーメンタリSW)	起動回数積算値のリセット
運転時間	表示器	ポンプ運転時間積算値を表示
同リセット	押鈕(モーメンタリSW)	運転時間積算値のリセット
P	表示器	ポンプ運転状態。緑=停止中、ピンク=運転中
ポンプ操作盤	複合機能	ポンプ運転管理/操作
自動運転/手動運転	押鈕(オルタネイトSW)	ポンプ自動運転/手動運転のモード選択SW
起動指令	押鈕(モーメンタリSW)	手動運転モード時これを押すとポンプ起動させる
停止指令	押鈕(モーメンタリSW)	手動運転モード時これを押すとポンプ停止させる
ポンプ運転/停止	表示器	ポンプが発信する運転状態信号で表示 ピンク=運転、青=停止

が終わったら、IDEのJavaコンパイラでコンパイルします。その結果、実行可能なアプレットが生成されます。このPC上に完成したJavaアプレットをFTP通信でTL2Wに書き込みます。この操作はアップロードといいます。アップロードツールが用意されているので、それに従うだけでアップロードは実行できます。

図11に、この画面と連携してTL2W上で動作するPOLの設定を示します。10個の演算器でこの画面要求機能をカバーしています。

以上の開発環境と手順によって、習熟すれば約3時間でこの画面を完成させることができます。

おわりに

以上ご説明したWeb画面開発環境を「Web画面ビルダー: TL2Beans」POL開発環境を「Web計器ビルダー」と呼んで、それぞれ取扱い説明書を準備しています。ご関心をおもちの方はエム・システム技研担当営業またはホットラインにご要求ください。

また、エム・システム技研内には、TL2WをADSLで常時接続した公開デモサイトを開設しています。エ



川島 康樹



中山 文雄

ム・システム技研のホームページ(<http://www.m-system.co.jp/>)からTL2Wデモサイトに入って、TL2WのWeb標準画面、アプリケーション画面例、日報、月報例などを見ていただくことができます。さらに、エム・システム技研本社あるいは東京支社にお立ち寄りいただければ、担当者が実機ベースで詳しくご説明します。

表2 TL2Beans 一覧

初期設定値	PV、LVの状態色を定義。PVはアナログ入力、LVは接点入力を意味する
枠つきパネル	枠つきパネルを表示。パネル内に任意のパーツを複数個設置可能
LVランプ	LVの状態を表示色を変更して表示
PVランプ	PVの状態を表示色を変更して表示
シンプル表示フィールド	PV値、PV上下限値の数値表示
入力フィールド	PV値、PV上下限値、アナログ設定値の数値入力実行
名前タグ表示フィールド	PV、LVのサービス名称や固定文字列などの表示
SW鈕	スイッチ鈕を表示
スケルトンバーグラフ	背景が塗りつぶされたバーグラフを表示
画像データ	ユーザーが用意した、jpg、gif形式画像データを表示
サブミット鈕	TL2に対する要求をする鈕を表示
数値表示器(複合パーツ)	名称タグと数値表示を組合わせて表示
積算値表示器(複合パーツ)	名称タグ、SW鈕、数値表示を組合わせて表示
上下限値入力フィールド	PV上下限値の表示と設定を行う
ライン表示	単純な線描画を行う

表3 POL 演算器一覧

リレーラダー	任意論理演算
自己保持	セット、リセット信号によるフリップフロップ
立上り検出	接点信号のOFF ON変化検出
立下り検出	接点信号のON OFF変化検出
コンパレータ	PV値と設定値の大小比較
遅延タイマ	条件成立後指定時間遅延
経時タイマ	条件成立後指定時間検出
周期タイマ	指定周期検出
定刻タイマ	指定の日、時、分、秒検出
オン/オフタイマ	指定時間ON 指定時間OFF繰り返し
プリセットカウンタ: PV積算	PV流量実量積算
プリセットカウンタ: パルス列積算	パルス数実量積算
プリセットカウンタ: パルス幅積算	パルスON幅実量積算
プリセットカウンタ: パルス時間積算	パルスON時間積算
偏差警報器	PV値と設定値の偏差監視
アナログ数値演算	任意数値演算