UDC 681.322-181.4:628.12

マイクロコンピュータの産業制御システムへの応用

計測・水処理分野への応用

Application for Process Industries

黒岩重雄* Shigeo Kuroiwa・山本正昭** Masaaki Yamamoto・渡辺　稔*** Minoru Watanabe

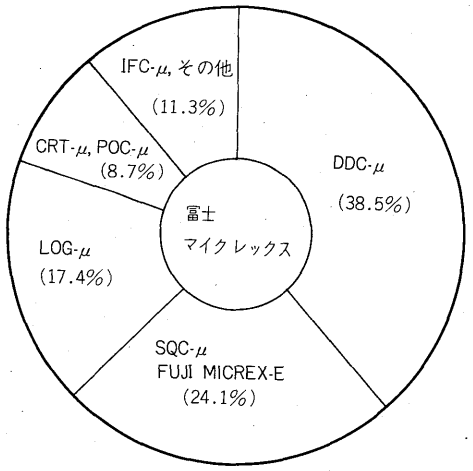
I. まえがえ

富士電機では，昭和50年10月にディジタルプロセス制御システム FUJI MICREX-P を発表して以来，上下水道設備制御用の FUJI MICREX-W，産業設備制御用の FUJI MICREX-E，データ伝送用の DISTA シリーズ，及びディジタル調節計の富士コンパクトコントローラと次々にマイクロプロセッサ応用製品を発表し，1ループからマルチループコントローラまでの統一された総合ディジタル計装制御システムのシリーズ化を完成させた。

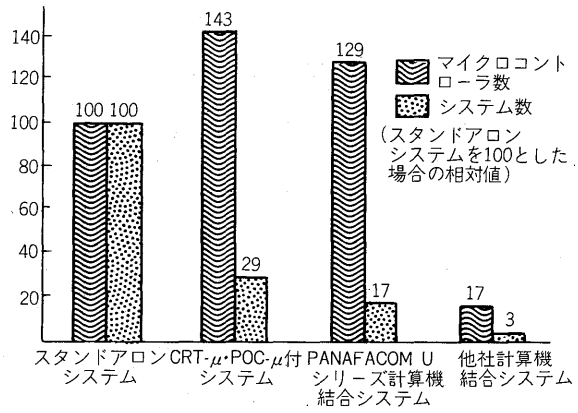
これらをプロセス制御の機能面から分類すると，次のように3種に大別される。

1) 制御用マイクロコントローラ
   - DDC 制御：DDC-μ，コンパクトコントローラ
   - シーケンス制御：SQC-μ，FUJI MICREX-E
2) マンマシン用マイクロコントローラ
   - オペレータコンソール：CRT-μ，POC-μ
   - データロガー：LOG-μ，コンパクトロガー
3) データ伝送用マイクロコントローラ
   - 上位計算機用インタフェース：IFC-μ
   - 遠方監視制御：DISTA シリーズ

以下に，富士電機が今まで計装制御の分野で，製作・納入してきた実績に基づき，マイクロコントローラの適用動向について述べる。また，マイクロコントローラの特長の一つとして，アドバンス制御による制御性の向上があげられるが，それらの適用例も述べる。



第1図　富士マイクレックスの機種別納入分類
Fig. 1. Supplyed set numbers of FUJI MICREX sub-system



第2図　富士マイクレックスのシステム形態分類
Fig. 2. System classification of FUJI MICREX

II. 適用の動向

1. 富士マイクレックスの納入分類

まず，FUJI MICREX-P/W/E の機種別納入分類を第1図に示す。

機種別の分類でみると，約40%が DDC-μ で，シーケンス制御の24%を加えると，制御用マイクロコントローラは，全体の2/3となる。

2. 富士マイクレックスのシステム形態

富士マイクレックスは，分散形の制御システムであり1システムにマイクロコントローラ1セットのスタンドアロンシステムから，多数のマイクロコントローラを複合した総合システムの形態が可能である。

システム形態による分類を第2図に示す。

スタンドアロンシステムは，LOG-μ 1台のシステムが多く，約半分である。

CRT-μ 付システム，POC-μ 付システム及び上位計算機結合の複合システムが多いのは，総合ディジタル計装制御システムの特長を表しているといえる。

3. 富士マイクレックスの入出力点数分布

富士マイクレックスの各マイクロコントローラごとに，プロセス入出力点数の分布を次に示す。

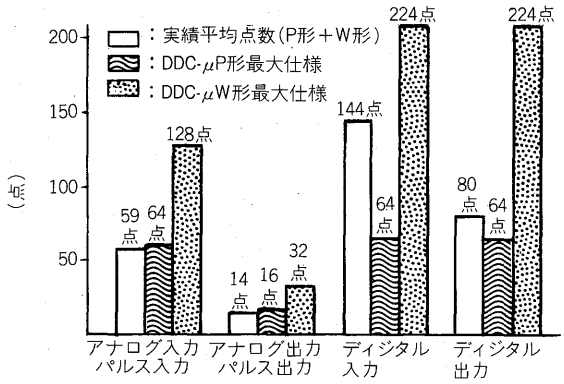
1) DDC マイクロコントローラ (DDC-μ)

第3図に DDC-μ のプロセス入出力点数の比較を示す。

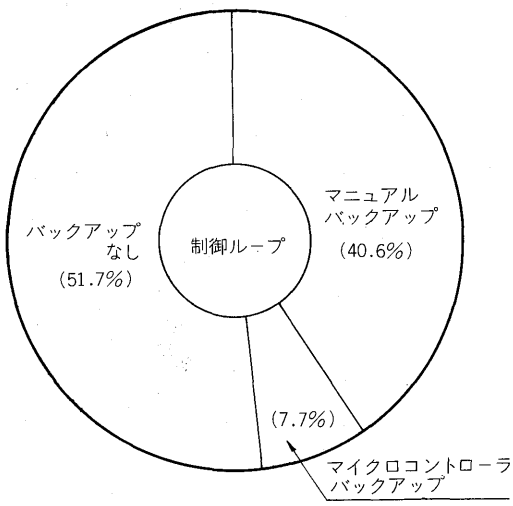
* 電子・制御技術センター 情報システム技術部　** 水処理事業部 技術部　*** 富士ファコム制御(株)業務部

制御関係の入出力の平均はDDC-μPの最大仕様と大体一致しており，P形，W形の2形態の必要性がわかる。

第4図には，DDC-μの制御ループに対するバックアップの割合を示す。約半分の制御ループは，バックアップなしで動作させている。



第3図　DDC-μのプロセス入出力点数
Fig. 3. Process input-output numbers of DDC-μ



第4図　DDC-μのバックアップ方式
Fig. 4. Back up method for DDC-μ system failure

2）マイクロシーケンスコントローラ（SQC-μ/FUJI MICREX-E）

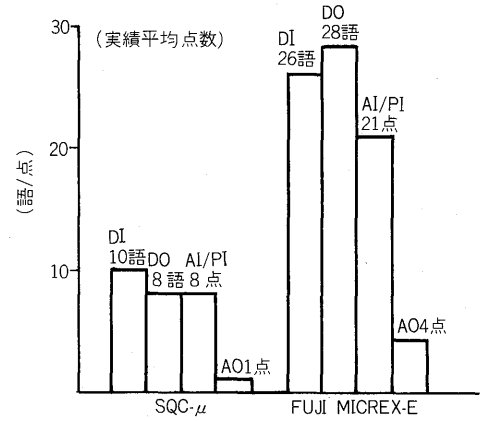
シーケンス制御用のマイクロコントローラは，SQC-μとFUJI MICREX-Eの2種類あるが，第5図の入出力点数分布からもわかるように，DI/DOが10語ぐらいではSQC-μ，20語以上はFUJI MICREX-Eと適用分野が分かれる。

また，シーケンス制御にもアナログ信号の処理が若干混在するのがわかる。

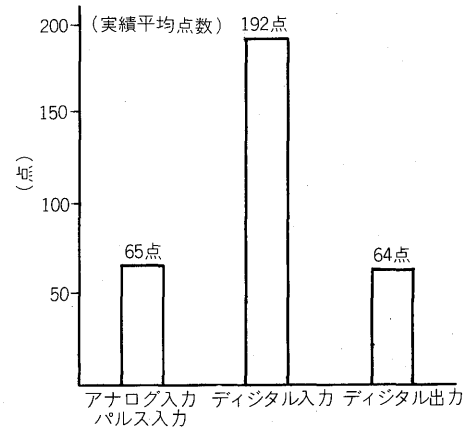
3）マイクロデータロガー（LOG-μ）

第6図にLOG-μの入出力信号点数を示す。ディジタル入力点数が多いのは，コード入力信号やプロセス状態入力をDI信号としているためである。

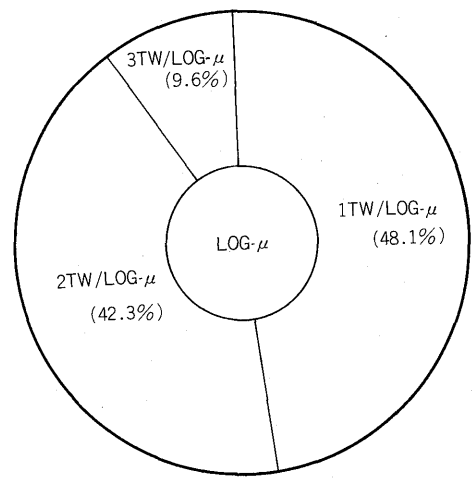
第7図には，LOG-μ1セットに対するロギングタイプライタの台数を示す。タイプライタ(TW)が1台と2台



第5図　SQC-μ/FUJI MICREX-Eのプロセス入出力点数
Fig. 5. Process input-output numbers of SQC-μ/FUJI MICREX-E



第6図　LOG-μのプロセス入出力点数
Fig. 6. Process input-output numbers of LOG-μ

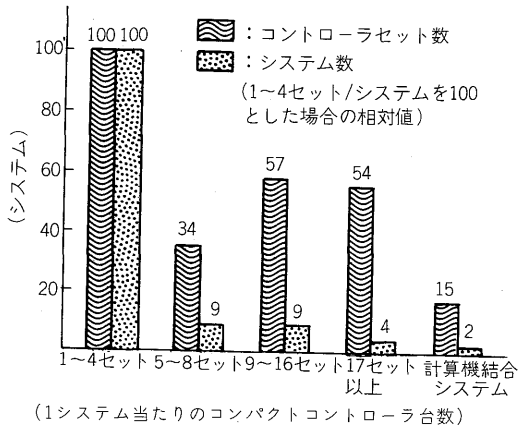


第7図　LOG-μのロギングタイプライタ台数
Fig. 7. Numbers of logging typewriter in LOG-μ

で90%を占めており，3台の場合は特殊ケースといえる。

4. 富士コンパクトコントローラの納入分類

昭和54年8月から出荷開始したコンパクトコントローラは，マルチループDDCに対して，1ループコントローラという手軽さを特長に，広い計装分野に採用されている。第8図にも表れているように，1システム当たり4セット以下の小規模DDC計装に利用されている例が



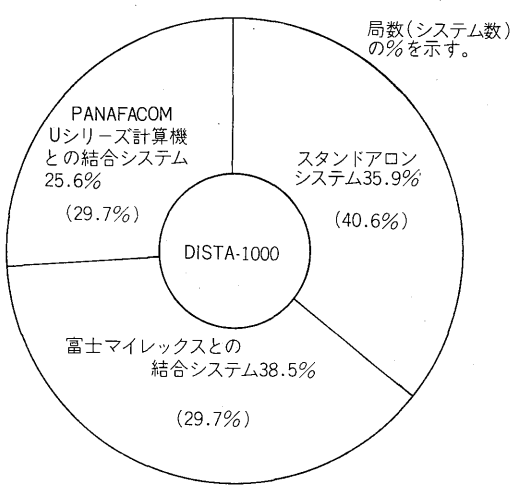
第8図　富士コンパクトコントローラの納入分類
Fig. 8.　Supplied set numbers of Fuji compact controller

多い。しかし一方，1システム50セット以上という大規模計装に納入した実績もあり，また，計算機システムと結合した複合システムも，出始めている。

5. DISTAシリーズの納入分類

DISTAシリーズは，マイクロプロセッサを応用した「DISTA-1000シリーズ」とワイヤドロジック形の「DISTA-100シリーズ」の2種類がある。

第9図では，DISTA-1000のシステム形態別の分布を示す。DISTA-1000は富士マイクレックスやPANAFACOM Uシリーズ計算機と複合した総合システムがかなりのウェイトを占め，DISTA-1000の特長である富士マイクレックスとの統一性が生かされている。



第9図　DISTA-1000のシステム形態分類
Fig. 9.　System classification of DISTA-1000

III. アドバンス制御の適用

応用プログラムの作成方法として，富士マイクレックスは問題向き言語（POL）とテーブル空欄記入方式言語（FIF）の組合せ方式を，また，コンパクトコントローラは演算ウェハの接続という方式を採用し，制御機能の実現の容易さとループ制御，シーケンス制御を含む各種アドバンス制御の実現を可能としている。

今までの適用例として下記がある。

1）非線形ゲイン・可変ゲイン制御
- ・不感帯付PID制御
- ・偏差自乗PID制御
- ・非線形ゲイン制御
- ・アダプティブゲイン制御

2）PIDパラメータのオートチューニング

3）むだ時間補償制御
- ・サンプリング制御
- ・間欠PI(D)制御
- ・スミスの方法

4）バッチ制御，スタートアップ制御

5）フィードフォワード制御，多変数制御，非干渉制御

以下では，極めて長いむだ時間を含む制御系を，テレメータを含む複合システムでループ構成をした例を示しこのような方式も可能であることを例示する。

1. 長い導水路を含む制御系への応用

水道などで遠く離れたダムや貯水池から取水し，自然流下方式の導水路を経由して，浄水場などに導水する場合がある。導水路は数千mに及び，取水地点で取水流量を変更したときに，その結果が浄水場入口に到達するまでの時間は数十分から数時間かかる。このような系の取水制御を従来のアナログ計装計器で実現するのは無理があるが，FUJI MICREX-Wシステムでは容易に実現できる。

2. 制御方式の検討

制御の対象となる設備は山間部にある貯水池，取水ゲート，開水路式の導水路，沈砂池，揚水ポンプ及び配水池である。（第10図）

この系の制御目的は，配水流量の変動に対して，配水池水位が大きく変化しないように取水流量を制御することである。この系の制御上の問題点は，

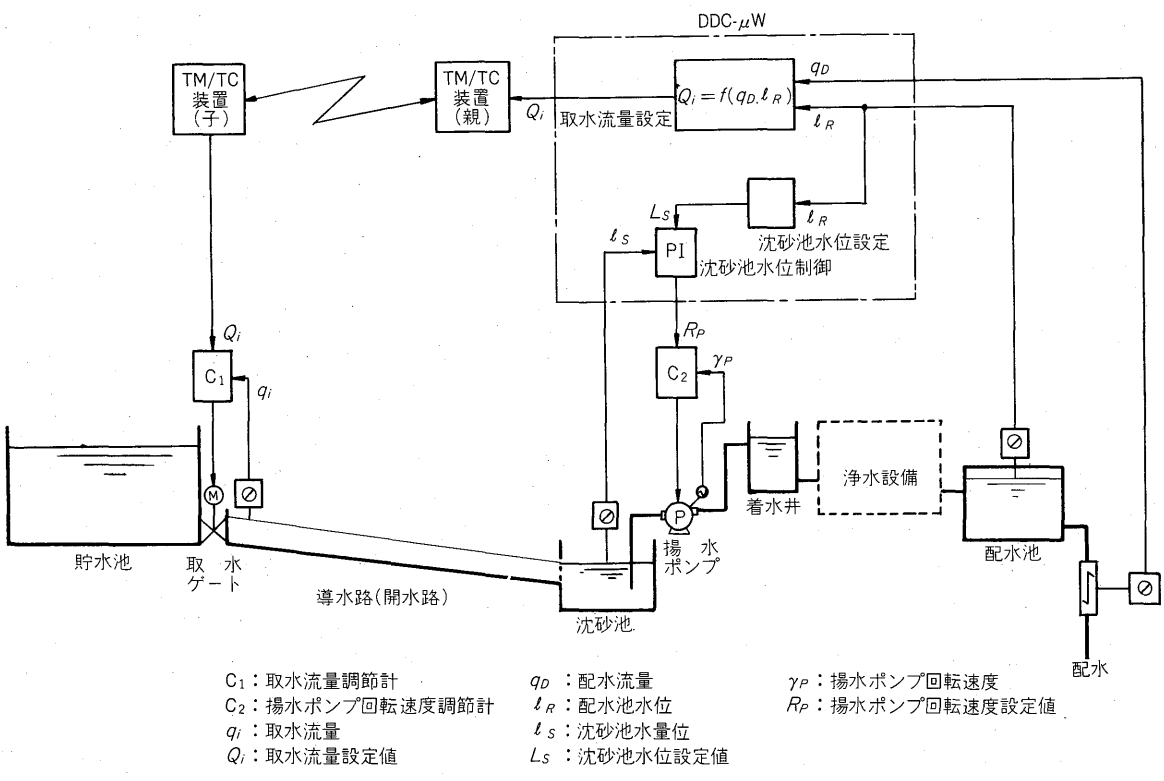
(1) 開水路の流量伝達時間が非常に長い（数十分以上）。
(2) 沈砂池水位が下限以下になる可能性がある。
(3) 配水池水位が大きく変動しすぎる可能性がある。

などである。

このような系の制御方式は，シミュレーションによる検討を行って決定する必要がある。ある系についてシミュレーションした結果は次のとおりである。

(1) 配水池水位一定制御：配水流量が急激に増加した場合，沈砂水位が下限以下になるので制御方式として適当ではない。

(2) 取水流量設定値は配水池水位及び配水流量の関数，沈砂池は水位一定制御：配水流量変動が±20%程度以内であれば制御結果は良好，配水流量が急激かつ大幅



第10図　取水制御系統図
Fig. 10.　Control flow diagram of water service system

に変動するときは，配水池水位が上下限値を超える可能性がある。

(3)　取水流量設定値は(2)と同一，沈砂池水位設定値を配水池水位により段階的に変更：配水流量が急激かつ大幅に変化しても，制御結果はほぼ良好である。

したがって，設備の内容や運転状況に応じて(2)または(3)の方式を採用する。

3.　制御システムの例

第10図は上記(3)の制御方式をFUJI MICREX-μにより構成した例である。

制御装置DDC-μWの主な機能は次のとおりである。

1）　取水流量設定値演算

取水流量設定値Q_iは次式により計算する。

$$Q_i = K_1(L_R - \ell_R) + K_2 \cdot q_D$$

ただし，L_R：配水池水位設定値

K_1，K_2：定数

Q_iの演算に配水流量q_Dを加味することにより，取水流量の伝達遅れを補償している。この演算は2～10分間ごとに行う。演算された設定値はテレメータ・テレコントロール（TM/TC）装置を経由して，取水流量調節計に与えられる。

2）　沈砂池水位設定値演算

沈砂池水位設定値L_Sを配水池水位ℓ_Rに対応させて段階的に変更する（3段階程度）。この演算はヒステリシス特性をもたせて，設定値L_Sが頻繁に変化することを防止する。L_Sを変更することにより，配水池水位の変動は約半分に低減される。

3）　沈砂池水位制御

沈砂池水位のPI制御を行う。制御結果は，揚水ポンプ回転速度設定値として，回転速度調節計に与えられる。これらの制御を実施することにより，配水流量が25%程度変動したとき，配水池水位は50cm程度の変化でおさまることが確認されている。

IV.　あとがき

以上，富士電機のマイクロコンピュータ応用・ディジタル計装制御システムの計測・水処理分野への適用の動向，及びアドバンス制御の適用例を示した。具体的な応用については，参考文献(1)，(2)を参照されたい。

計装制御システムの適用技術は，そのシステム化・多様化とますます発展が期待されるが，本稿がシステム計画の一助になれば幸いである。

参考文献

(1)　水のシステム技術特集，富士時報**53**，No. 4（昭55）
(2)　プロセス制御システム特集，富士時報**53**，No. 8（昭55）

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。