

【ワーキング資料】

PA用語のABC

－ PSE初級技術者のために －

承認／情報提供	作成
古川	西村



はしがき

どんな分野にも基本用語がある。その分野で生きているなら身に付けているのが当然で、わざわざ注釈されることのない用語が、基本用語に該当するといえよう。そして、身に付けねばならないのにも拘らず、わざわざ注釈して貰えないので、どうやって身に付けるかが悩ましい問題になる。世間の資料にある記述は、基本用語であるが故に手短な表層的な説明にしかになっていないことが多々ある。或いは逆に、踏み込んだ記述が長文となり過ぎて、核心の読み取れないことも見受けられる。人に聞こうものなら、コイツは素人との評価になり、相手をして貰えなくなる恐れがある。知ったかぶりをするのは、火傷が怖い。との状況を打破し、基本用語の会得を目指すことが、本稿の目標である。生きている分野の基本用語が身に付いていないなら、それは恥ずべき事態である。逆にいえば、基本用語を押えて会話を交わせるなら、その分野の一員として貰えるし、他分野の人からは一目置いて貰えることになろう。

西村昌浩

《 著者紹介 》

株式会社トクヤマ 生産技術部門 生産システムグループ リーダ

1987年徳山曹達(現トクヤマ)入社。以来、徳山製造所(山口県周南市)に勤務。計装、主にDCS実務を担当してきた。近年はMES領域の業務に軸足を移している。

-月刊誌「計装」記事-

1. 重合工程における微弱 γ 線利用によるスラリー密度計の計測と評価
1993年6月号 P40-43
2. 製造プラントへのダイナミックシミュレータの適用(上)／(下)
1998年9月号 P58-65／10月号 P72-77
3. "現場を知る" "プロセスを知る" そこから運転支援システムの着想は生まれた
1998年11月号 P72-77

-セミナー発表事例-MES 関連-

4. 2009年Y S L主催 第11回日本P I ユーザ会 : 2009. 2. 18日(水)-19(木)
ユーザ事例講演1 「製造所PI のシステム導入設計」
5. OSIsoft ジャパン主催 製造業向けIT活用セミナー : 2009. 4. 24(金)
ユーザ事例講演2 「トクヤマにおける製造所統合PIMS の考え方とPI システム導入に関する設計指針」
6. OSIsoft ジャパン主催 テクノロジーセミナー2011 : 2011. 10. 14(金)
ユーザ事例講演1 「システム統合メリット及び具体的利用例のご紹介」
7. 「現場-経営 直結ソリューションフォーラム 2011」 : 2011. 10. 28 (金)
「製造所全体最適に向けたMES階層の再構築」

-セミナー発表事例-最適配分関係-

「電力蒸気配分計算のシステム化による製造所発電ユニット総燃料の節減」

8. 2007 計測制御技術会議【第38回】 : 2007. 11. 29
9. SICE 中国支部計測制御シンポジウム 2008 : 2008. 9. 26



本稿の作成趣旨

ここでは、基本用語の会得を目指した本稿の特色を記しておこう。

1) 取り上げる分野：表題にあるPA (= Process Automation) 分野

「PA」の用語自体が基本用語の一つである。そこで、0. の1) PA として稿の最初の用語として加えてある。

2) 対象読者の想定

(1) PSE (= Process System Engineering：プロセスシステム技術) の初級技術者。

PSEも基本用語の一つと考える。その何たるかについても、0. の2) PSE として稿の最初に加えてある。また、初心者や中級者ではなく、その中間の初級者を念頭においている。ここで、習熟区分は以下の定義によった。

習熟区分	定 義
初心者	用語を初めて耳にするレベルの人。
初級者	用語を聞いたことがあり使用もしているが、部分的理解に留まり、その用語の応用はできない人。
中級者	用語のココロまでを身につけていて、内容を応用して結果を出している人。また、関係技術の中における文脈を掴んで、説明できる人。
上級者	ココロを囲む関連話題を含めて、蘊蓄までも語れる人。

さすがに初心者では、本稿を読み解くのは無理だろう。また、中級者には得る所は少なく、読む時間を無駄にするだけかもしれない。

(2) 計装技術者、プロセス担当の制御技術者、プロセス制御担当の化工技術者

一応応用動作ということで、これらについても対象読者として視野に入れている。

3) 用語の収録数

身に付けた基本用語は、頭に焼き付いていなければならない。あまり多くになると、記憶に残らず逆効果だろう。そこで、アルファベットのAからZまでを頭文字とする26個に用語数を限定してみた。ABCというのは初歩を指す意味でも使われることもあるので、語呂も丁度よい。しかして「PA用語のABC」と題した次第。(なお、同系統の姉妹企画として「計装用語のいろは」を夢想している。こちらは収録数が45個になるので、作成はかなり辛くなるのだが。)

4) 用語の選択

用語の相互連携は考慮せず、単発の一品物として選択している。即ち、各用語は基本的には独立している。とはいえ、各用語は同じPA分野に属するので、自ずとつながりは出てくる。本文中に出てくるつながり用語は、青太字で示してある(完璧とはいかず、漏れは多分にあるかも)。

また、用語の選択は、読者対象をPSE初級技術者としたことに左右された。即ち、PSEの関係する、プロセス、制御、情報、電気の分野から広く用語を収集している。傍目に見て、項目の選定が奇異と映ったなら、その理由はあくまでもこの趣旨に沿ったためであって、著者の奇異なる性格によるものではない(筈である)。乱択となっているので、興味に合わせて参照して貰えばよいだろう。どの項目からでもご自由に抓んで、拾い読みいただければと思っている。

5) 説明の分量とレベルの統一

基本用語なので、ともすれば長文の記述になりがちである。しかし、それでは本質がぼけてしまう。逆に、数行では表面的な説明に終わってしまう。そこで一項目を丁度一頁に納めることとした。項目によっては、一頁に収めるのが苦しかったり、逆に一頁分の内容を記述するのが大変なものもあった。また、丁度一頁の制約の上に、記述レベルを一定の品質に管理するのは悩ましいことであった。分量とレベルの統一に費やした努力の跡を読み取って頂けると、苦勞した甲斐もあったというものである。



6) 説明の趣意

- ①一項目を10分程ですっと読み切れて、
- ②痒いところに手の届く感じで、
- ③成る程そうかい、と爽快にスッキリ頭に入る。

との欲張った説明を狙っている。記述を図表でも再度表現し、視覚化もできる限り多用した。或いは、類義語の峻別、広義／狭義の相違、厳密用法と曖昧用法等、混同し易い似て非なる事項を区別できるように努めてみた。微妙な区別を知って、使い分けできるようになることも、初級者の証といえよう。

7) 参考資料の参照

一頁の記述に満足出来ず、更に踏み込んでの理解向上を望む人のために、参考資料を示した。当初は同一の一頁に参考資料情報を収めるつもりだった。でも、資料追加時に頁が溢れ、本文の分量調整の面倒となった。それで、同一頁は諦めて、稿末に集める形とした。稿末としたことで、分量の心配が無くなったので、文献の意義を書き加えることも可能となった。

8) 利用法

(1)興味に合せての拾い読みとしての活用

(2)初級者卒業の証明

分量の項で示したように、一項目を丁度一頁に納めることとした。即ち、基本用語に当たった時に、該当の一頁を取り出す利用の便にも配慮したつもりである。例えば、若手から用語についての質問を受けた時に、一枚ずつ資料を手渡し、26頁全部が揃ったら、初級者卒業の一つの証といえるだろう。実はこの利用法が、本資料作成を企画した時の一つの思惑となっている。

知識を身につけるには、適切なタイミングが伴う。用語が気になった時に、タイムリに応えるのがベストである。まとめて示しても食傷するだけで、身にはつかないものである。

9) 記述の特徴

色の無いありきたりの説明では酒肴不足？と考えて、個人の意見を大分盛り込んだ。とって、独創と呼べるような意見は全くもって伴っていない。個人の意見といえば格好いいが、拙者の性格による振れた、ひねくれた記述、と言う方が正しいかもしれない。(本テーマだと、拙者の性格を反映した毎度のような暗〜い陰の記述は、それ程目に付かない筈!) また、勤務先が中堅化学企業という環境が、多分に滲んだかもしれない。(部分的には、確信犯で意見を加えた所もあるけれど。)



目 次

0. P A (=Process Automation) と P S E (=Process System Engineering)
1. A d v a n c e d c o n t r o l : 高度制御
2. B a t c h : バッチ
3. C C R (=Central Control Room) : 中央制御室
4. D C S (=Distributed Control System) : 分散制御システム
5. E S D (=Eemergency Shut Down) : 緊急停止
6. F i e l d B u s : フィールドバス
7. G a i n : ゲイン
8. H M I (=Human Machine Interface)
9. I n s t r u m e n t a t i o n : 計装
10. J I T (=Just In Time)
11. K n o w l e d g e D a t a - B a s e : 知識データベース
12. L o g i c C o n t r o l : 論理制御
13. M o d e l : モデル
14. N o n l i n e a r : 非線型
15. O p t i m u m : 最適
16. P I D : 配管計装図、比例積分微分
17. Q C (=Quality Control) : 品質管理
18. R e a l t i m e : 実時間
19. S o f t s e n s o r : ソフトセンサ
20. T a g n u m b e r : タグナンバ
21. U B O (=Unit Base Operation) : ユニットベースオペレーション
22. V V V F (=Variable Voltage Variable Frequency) : 可変電圧可変周波数制御
23. W i n d u p : 飽和現象
24. X s p l i t : クロススプリット
25. Y Δ c o n e c t i o n : スターデルタ結合
26. Z N t u n i n g : ジグラ・ニコルス調整



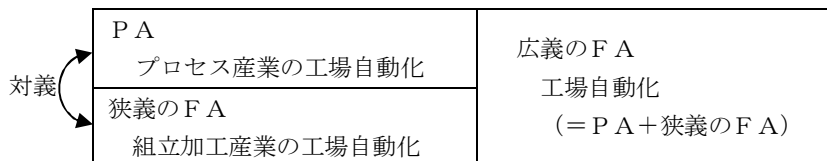
0. PA (=Process Automation) とPSE (=Process System Engineering)

二つの用語を解説する。

1) PA (=Process Automation)

PAは、プロセス産業、或いは装置産業と呼ばれる分野での工場自動化を意味する用語である。装置産業の典型例は、配管で繋がったプラントである。内容としては、現場遠隔化、自動制御、DCS運転、運転支援、等を含んでいる。

類似の用語にFA (Factory Automation)がある。直訳すると、工場自動化である。訳そのままの与えるイメージは幅広く、これは広義用法で、PAを含んだ工場自動化の意味になる。一方、狭義の意味では、通常は限定的に「組立加工産業の」工場自動化を指して用いられる。典型的な一例は、ライン作業のロボット化である。限定的意味としての狭義のFAは、PAの対義語となる。



他にも、以下の類義語がある。

OA=Office Automation HA=Home Automation BA=Bill Automation

ここで、類義語に共通する「オートメーション」についても補足しておこう。

<http://www.mirai.ne.jp/~suehiro/term/index.htm>

automation オートメーション

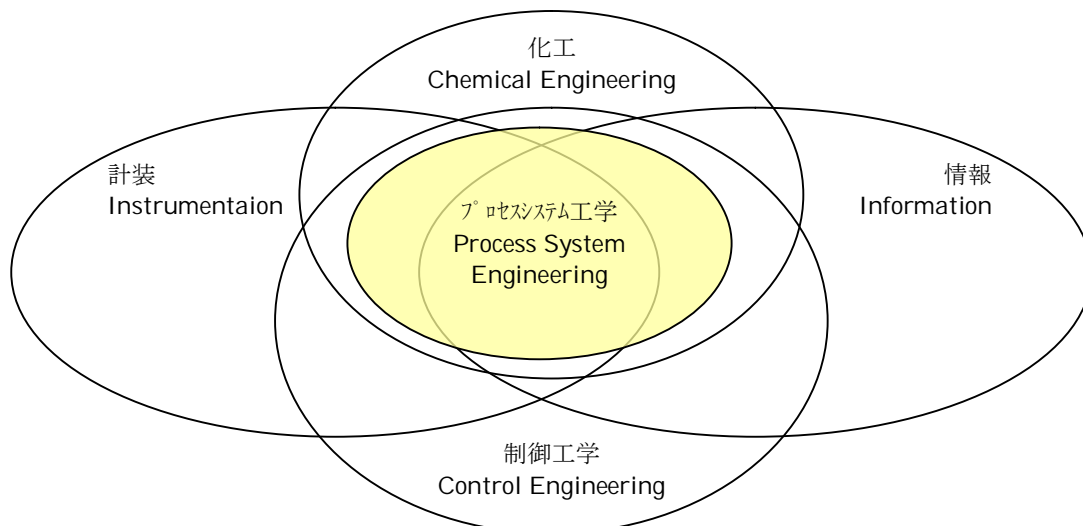
日本語では、自動制御を意味します。

automation は、古くからある英語の感じがありますが、戦後の言葉です。automatic + oration からできました。

automatic とは、自動的に、無意識にという意味の英語です。語源は、ギリシャ語で、「自分で動く」の意味があります。コンピュータ用語の、オートマトン(automaton 自動装置)も同じ仲間です。

2) PSE (=Process System Engineering)

化工、計装、情報、制御の重なりあった複合領域となる。モデリング、最適化、警報管理、PIMS、MES、プラントオペレーション、等、多岐に渡るテーマがある。「合目的的」や「システムバウンダリ」という独自思想の用語を持っている。なお、学術としてのPSE、大手化学企業のPSE、中堅化学企業のPSE、というように違ったPSEが存在してもよい。この柔軟性もPSEの懐の広さを示しているといえよう。



1. Advanced control : 高度制御

1) 高度の意味合い

Advanced=上級の、という意味で、「高度制御」の訳となろうか。ここで、何に対して高度なのか、が問題となる。比較の基準となるのはPID制御である。但し、一口にPID制御といっても多様な側面を持っている。どの側面に着目するかで、色んな意味での「高度」が出てくる。逆に見ると、高度制御の特徴を焙り出すことで、PID制御の有する特徴の明確化が図れるともいえる。

単機能のPID制御に対して云えば、補足的機能を付加したギャップゲインPIDやサンプルPIDですらもアドバンスト制御ということになる(モノはいいよう!)。ワンループ制御としてのPID制御に対しては、マルチループのカスケード制御、比率制御、フィードフォワード制御等がアドバンスト制御とみなせる。これらとは別に、連続制御であるPID制御に対するシーケンス制御をいう場合もある。更に、古典制御としてのPID制御に対すると、現代制御理論の最適制御になる。

このようにアドバンスト制御という用語はその指し示す内容が漠然としているが、響きは何とも心地よい。相手を煙に巻くには都合のよい便利な用語である。運転員のノウハウのシーケンス制御化により自動化した、というよりは、アドバンスト制御の採用で自動化が進んだ、と表現した方が格好いいもんね。裏を返せば、煙に巻かれ易い用語ともいえるので、内容をよく見るように注意したい。

以下にPIDの各種側面を挙げ、その側面に対応するアドバンスト制御の例を一覧表として掲げた。高度制御は、理論の難易度の方も高度なものが多い。全てを網羅的に理解するのは相当に骨が折れる。多様な制御手法を個々に理解して違いを簡潔明確に説明でき、更に直面課題に対して適切な高度手法を選択できるようになった時点で、初級者を卒業したPSE中級技術者になったといえよう。

No.	PID 制御の比較側面	対立概念	その時にアドバンストと呼ばれる制御
1	単機能	補足機能付き	ギャップゲイン制御、サンプルPID
2	ワンループ	マルチループ	カスケード制御、比率制御、フィードフォワード制御
3	連続	間欠	サンプルPID
4		切替	VSS オンオフ
5		断続(事象)	論理制御(イベント制御)、シーケンス制御
6	ゲイン固定	ゲイン可変制御	オートチューニング制御、セルフチューニング制御 適応制御
7	数値(定量)	記述(定性)	ファジィ制御
8	古典制御	現代制御	最適制御、 H_∞ 制御
9	ノンモデル	モデル	
10	現在過去	予測(将来)	モデル予測制御
11	習熟無し(実績反映無)	習熟有り(実績反映有)	学習制御、繰返し制御、反復制御
12		とにかく高度	ニューロ制御、インテリジェント制御

2) アドバンスト制御の導入課題

さて、PID制御を用いた現状の制御結果に不満が残る時、それはアドバンスト制御導入に進んで問題解決を図るべきことを意味しているだろうか? 一律の答はない。当り前のことだが、置かれた状況によって答は違ってくる。論点の幾つかを次に示す。(2)の投資回収に見合うマスプロプラント、(3)の陣容確保、(4)の有能な技術者については、大手企業でなければ難しい環境条件となろう。中堅は自身の身の丈をわきまえて、高望みしすぎないのが肝要であろう。

(1) PID制御のゲイン調整は万全か?

不適切なゲイン調整が原因で、制御性能が悪いだけの話、ということが往々にしてある。

(2) アドバンスト制御の導入や開発に掛かる投資を、制御改善効果で回収できるか?

企業実務では、費用対効果を問われる。優れた技術を誇ることが目的の、学術や基礎研究とは違うのである。高額を投資回収できるのは、大きなマスプロプラントに限られるだろう。

(3) アドバンスト制御に必要な開発、維持、保守の工数を確保できる陣容があるか?

ピンポイント条件に対してや一過的な効果では、投資回収できない。広範な運転条件に適用できて、しかも性能を維持し継続利用となることが求められる。

(4) アドバンスト制御に対応できる有能な技術者がいるか?

アドバンストの高度に呼応して、数学素養の高さが求められ、並の技術者では難しい。



2. B a t c h : バッチ

日常の会話ではまず使われない専門用語である。でも、**PA**世界では常識用語で、知らないようでは**PA**世界の住人としては認知して貰えまい。敢えてはまりそうな言葉を当てると「仕込」に近い日本語だろう。バッチは、プラント運転とIT(情報技術)という二つの異なる領域において、非なる側面に比重を置いて使用される。どちら領域の意味で使用されたのか、文脈から区別できないようでは、PAに関わる者としては失格であろう。

バッチの原義は「(パンや陶器等の) ひとかまど、ひと焼き分。一束、一群、一団」とあった。ここから、二つの領域での意味に派生して行ったのだ、と想像するものである。なお、バッチ制御と云えば、専らバッチプラントに対する制御の意味である。「一括一気方式による制御」の意味では、普通使われないことを知っておこう。

【1】プラント運転の世界

製品の生産形態は幾つかある。その中にフロー/バッチ/セミバッチという区分があり、バッチはその一つである。この意味でのバッチに対する日本語訳には「回分」が用いられる。対義語はフロー(flow)で「流通」である。バッチは、概念的には、連続生産方式に対する、釜仕込の生産方式と考えるのが分り易いだろう。また、セミバッチ(SemiBatch)は、フローとバッチの中間形態となることから、「半連続」、又は「半回分」と呼ばれることがある。

バッチは連続生産方式に比べると、切替の無駄により、生産性は落ちる。反面、少量多品種生産や、バイオ等の汚染の怖いプロセスでは、影響範囲を限定できるとのメリットがある。

(a)フロー

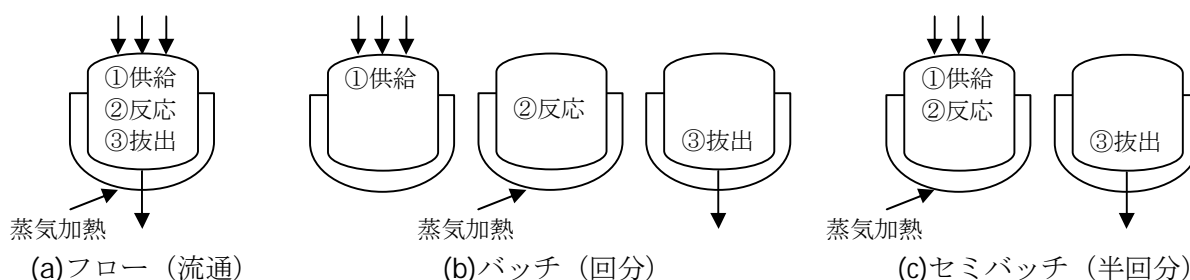
- ・反応させる物質を連続的に①供給しつつ、加熱し②反応させて、そのまま③抜出す。

(b)バッチ

- ・反応させる物質を必要量①供給する。その後、加熱し②反応させる。反応終了後に③抜出す。

(c)セミバッチ

- ・反応させる物質を連続的に①供給しつつ、同時に加熱し②反応させる。反応終了後に③抜出す。



なお、フローの形態を取りつつも、運転条件はバッチ的に周期変更する、との周期生産方式がある。上記3方式の中に分類するのか、或いは新たな第4方式と位置づけるのか、悩む所ではある。

【2】ITの世界

この場合のバッチに対する日本語訳には「一括」が用いられる。予め処理に必要な指示と要素とを与えておき、一気に処理する方式である。バッチ処理は、定期的な集計作業やバックアップ、メンテナンス等、大量のデータの一括処理に向いている。プログラミング言語では、一定期間貯めておいたデータをまとめて処理する方式を指す。また、一連の作業手順を登録して、作業を自動化できるようにしたプログラムをバッチファイルと呼ぶ。

さて、バッチ処理の持つ特性のどの側面に対するかで、**リアルタイム**処理とインタラクティブ処理が2つの対義語となる。

(1)処理時期の違い

まとめた一気のバッチ処理に対して、即時的処理を**リアルタイム**処理という。

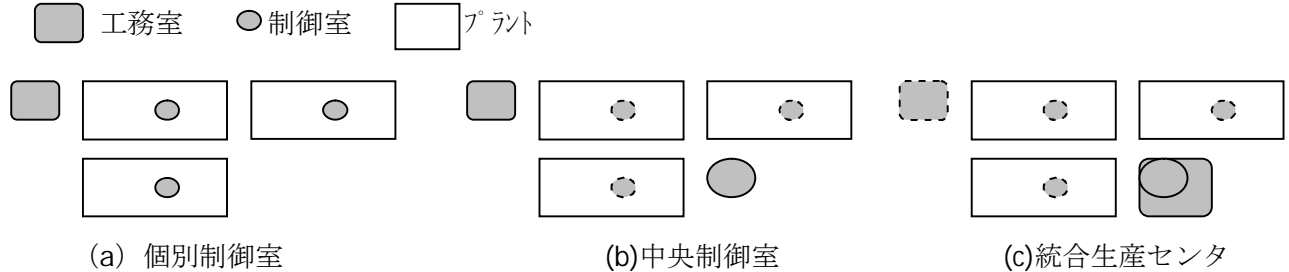
(2)データ用意方法の違い

予め与える方法に対して、利用者が入力結果を見て次の入力を臨機応変に変えるような処理を、インタラクティブ(interactive)処理という。インタラクティブは「対話的、双方向」の日本語訳となる。バッチ処理はスタートすると一気に終了まで実行するので融通がきかない。半面、インタラクティブな処理に比べて効率がよく、大量のデータ処理などに用いられる。

3. CCR (=Central Control Room) : 中央制御室

1) 意義と普及

日本語はしばしば略して「中制」と言うことがある。従来、プラント別に個別の制御室が配備されているのが、一般的な形態であった。その後、複数プラントの運転を中央の一箇所に集約した制御室で行なう形態に変遷している。これが中央制御室である。単に中央に位置するに留まらず、中枢との役割を担っている。なお、中制形態の普及には、人件費の高騰との時代背景もある。中枢の必要性というよりも、集約による運転人員削減が目的となった側面が色濃い。



中央制御室の実現に当っては、技術面での裏づけが必要となる。例えば、信号の遠隔化と複数プラントを担当できるような高度自動化が必要となる。そのような技術として、計装信号の電気化、及び新技術であったDCSの実用化が挙げられる。人員削減による投資回収効果が確実に上がったため、DCS導入と、ペアになった中制形態の普及は著しく、PA世界を席捲した感がある。

2) 統合生産センタへの発展

更に進んだ形態としては統合生産センタがある。これは、生産の直接人員である運転員だけでなく、間接スタッフも一箇所に集約するものである。直間統合という点で、間接人員の統合である中央制御室とは別次元となっている。但し、直間統合による投資対効果については、回収の悩ましい面がある。

以下に中制と対比させて、統合生産センタを説明しておこう。

- ・中央 制御 室 CCR

地理的な中央に位置する場所に、プラントの運転員（直接人員）だけが統合する場所（部屋）

- ・統合 生産 センタ IPC (= Integrated Production Center)

直接人員の運転員だけではなく、また運転員の複数部署統合だけに留まらず、複数部署の間接人員（スタッフ）も合せた生産に従事するもの全員が集まるので センタとの名称となっている。一体化の対象としては、直間、需給、情報、保安の4項目となる。

3) 知的統合生産センタを実現したダイセル方式

統合生産センタは、中制やDCS高度化の延長線上にはない。まさに次世代に位置づけられる。そのため実現例も限られる。成功例としては、ダイセル化学工業の知的統合生産センタがある。箱物のセンタだけではなく知的統合生産システムの実現をもって、統合生産センタを機能させている。IPCのIに、Intelligent（知的）の意味も加えられている。知的統合の難易度の高さを示すのに、以下の標語対比表を掲げる。知的統合はまさに次世代のレベルといえよう。

No.	標語	状 況
1	場の集合	<ul style="list-style-type: none"> ・複数の制御室を一箇所に合体しただけ状態である。 ・場所としては集まったが、機能は集まる前のままであり、単なる集合に留まっている。 ・組織の壁も、そのままである。
2	氣的連合	<ul style="list-style-type: none"> ・同一制御室に集う人員の間に意識としての一体感は芽生えている状況である。 ・しかし、運転技術面での相互乗り入れは不十分で、結合というレベルには至っていない。
3	思的融合	<ul style="list-style-type: none"> ・同一制御室での運用が数年を経過し、一体感が深まった状況である。 ・統合前の出身プラントだけでなく、未経験プラントにも対応できるようになっている。 ・但し、あくまで経験に依存しており、技術面での高度化は図られていない。
4	知的統合	<ul style="list-style-type: none"> ・少人化効果によって、運転員が知的作業に専念できるようになったシステムを指す。 ・複数プラントの統合（横軸）と、受注物流のサプライチェーンとの統合（縦軸）の両方である。 ・運転技術や操業業務の統合を、知的データベースや運転高度化により、実現している。

4. DCS (=Distributed Control System) : 分散制御システム

1) 用語説明

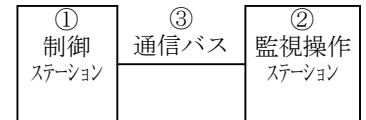
日本語訳は「分散制御システム」である。機能を分散することで、機器故障時の波及範囲を抑えよう、との発想こそがDCSを特徴付けている。分散化により価格は高くなるが、それでも割に合うだけの対象でないと導入できない。現実的ターゲットは、危険性を有する製造プラント運転用の監視制御システムである。それはまさにウインクの瞬時ですら、制御機能の停止が許されない対象である。

プラント運転という特殊な領域で使用されるDCSは、当然ながら独自の世界を作っている。門外漢には分りようもないので、(例えば、彼女かカミさんに説明するなら)一番近いイメージとして「コンピュータみたいな物」という外あるまい。DCSを一般のコンピュータと区別する端的な特徴を列挙すると、以下の点が挙げられよう。これらはDCSを特徴付ける要件定義の一部ともなっている。

(1)分散化：①制御と②操作監視とのステーション分離、③通信バス接続

(2)冗長化：①制御ステーションの複数CPU、②監視操作ステーションの複数台設置、③通信バスの2重化

(3)非言語系のエンジニアリング機能：フィルイン方式



2) メーカー各社のDCSラインナップ

DCSの概念が登場したのは1975年で、ハネウェル(TDC 2000)と横河電機(CENTUM)がそれぞれ独自に製品化した。その後、各社ともDCSの高機能化と低廉化によりラインナップの充実を図っている。数あるDCSの商品名(ブランド名?)を以下に一覧する。

(丸数字が計装メーカーの世界6強順。10~20%にひしめいて差が段々無くなり、順位も変動しそう。)

メーカー	DCS 商品名	現場計装品	メーカー	DCS 商品名	関連企業
⑤横河電機	計装 YEWPACK CENTUM	工業計器、分析計 バルブ(Vaitek)	①ABB スイス (バーレー)	System 800xA Network-90 Infinity-90	
山武	計装 TDCS APS、DEO Harmonas	工業計器、分析計 バルブ			
東芝	総合 TOSDIC CIEMAC	工業計器	③インベンシス Invensys 英		Wonderware Foxboro SimSci-Esscor
日立製作所		工業計器、分析計			
富士電機	電機 MICREX	工業計器	④エマソン Emerson 米	DeltaV	Rosemount Micromotion Fisher、ASCO
三菱電機		MELTAS (MACTUS)			
三菱重工業	DIASYS		⑥シーメンス Siemens 独	Simatic PCS7	(安川)

3) DCSの今後

(1)存在理由の確保

上述の3つの特徴を有していないマシンは、もはやDCSとは呼ぶべきではあるまい。簡易DCSが取り沙汰されているが、この特徴を満たさないのであれば、DCSの単語を冠すべきではあるまい。また、ポストDCSが模索されているが、この特徴を有する限り、DCSの存在理由は引き続きに違いないと考える。

(2)標準化の方向性

DCSを利用する業界は狭く、販売台数も自ずと限られてしまう。数社メーカーがDCSを販売しているが、標準化を目指すメリットはないとの意識が見受けられる。各社が独自の世界を作っており、ヒューマンマシンインタフェースやソフトウェアのプログラミングは、メーカー毎にそれぞれとなっている。従って、悲しいかな、特定DCSの専門家になったって、潰しは効かない。

(3)システム連携

DCSはプラント運転の生命線に位置づけられる。アドバンスト制御、運転支援機能、ESD用途の安全計装システム等との分担の切分けや連携が、システム設計において重要となる。また、DCSの収集するプラント運転実績情報は、生産管理や経営の基盤情報となる。コンピュータネットワーク技術の発展に伴い、基盤情報を如何に適正迅速に利用できるかという重要性が増している。



5. ESD (=Emergency Shut Down) : 緊急停止 (非常停止)

プラント運転では、DCSを基本とした通常時の安定運転やアドバンス制御による最適運転ばかりではなく、緊急時の安全運転にも等しく目を向けなくてはならない。

1) 用語の由来

プラントの停止 (シャットダウン) には、次の二つのケースがある。一つは、計画による通常停止である。こちらは、NSD又はSDと略称される。もう一つは、重大な異常の発生によりプラントを緊急停止するケースである。ESDは、この緊急停止の英語頭文字を取った略語である。なお、緊急停止は、非常停止と呼ばれることもある。

ケース	停止要因	略号	英語
①通常停止	計画	NSD又はSD	Normal Shut Down
②緊急停止	重大異常	ESD	Emergency Shut Down

2) 二種類の停止比較

①ノーマルシャットダウン (NSD、又はSD)

点検・定修等の目的で、策定された手順に従って計画的にプラントを停止する場合をいう。通常運転を行っている制御システムを使い、オペレーターの介在操作により徐々に状況を変化させるものであり、特別なシーケンスを用意することは稀である。

②エマージェンシー・シャットダウン (ESD)

プロセスに発生した異常が重大災害に到ることを防止する目的で、プラントを緊急 (かつ強制的に) 安全確実に停止する場合をいう。緊急ということから一連の処理を自動シーケンスで実行する。

3) インタロックの定義連鎖錠

ESDと似て異なる用語にインタロックがある。両者は本来別の意味を持っている。ただ、PA分野では、インタロックの用語をESDと混同して同義語のように使用することがある。インタロックは、以下のように定義されている。

・安全装置の一つで、一定の条件が整っていないと制御・機械等が動作しないようにする機構。

少し解説しよう。装置の稼動に必要な所定条件が不成立の状態において、起動を掛けても直ちに装置異常となるだけである。そこで所定条件を予め確認し、その条件が満足されなければ起動が掛けられないようにプロテクトする。以上は、停止状態から稼動状態への起動の場合のインタロックの内容を説明したもので、起動インタロックと呼ばれる。ところが、上述の定義は、停止から稼動に移行させない場合を述べているだけ、と受け止められるようなニュアンスの表現となっているように思える。実際には、異常発生により安全運転 (という「一定の」) 条件が整わなくなった場合の条件不成立ケースで、稼動から停止 (=「動作しないようにする」) に移行する場合もある。そう思って読むと、稼動から停止に至るケースも含めて考え得る表現となっている。本ケースが停止インタロックと呼ばれる。「停止条件が整わないと停止できないようにする」の意味では使われないことに注意! このように、インタロックには起動と停止のケースがある。

4) PA分野における用法

(1) インタロックの用法

PA分野では、停止インタロックを殊更に停止とは冠せず、単にインタロックと呼ぶことが多い。これは(狭義の)インタロック=停止インタロックの語用法となっている。この場合、起動停止を合せた意味でのインタロックは、広義用法となる。厳密に区別すると、インタロックについて以下の使い分けとなる。

(広義の)インタロック	起動インタロック
	停止インタロック、又は(狭義の)インタロック ≒ ESD (曖昧用法)

(2) ESDとインタロックの曖昧用法

さて、重大異常によって、安定運転のための一定条件が保てなくなると、ESD処理が必要となる。この状況は停止インタロック処理と同じ内容となる。それで、ESD=(停止、或いは狭義の)インタロックとなる。しかも括弧 () 内をあえて省略することが多い。これがインタロックの曖昧用法である。PA分野では、曖昧用法がかなり広く一般化しているようでもある。



6. Field Bus : フィールドバス

計装現場信号といえば、古くは20~100kPaの空気信号、現在の大勢は4~20mAの電気信号である。いずれもアナログ信号であり、また計器と1対1の関係であった。最近の技術進歩により、計装現場信号にもデジタル多重伝送が実現されるようになった。この技術がField Busと総称されている。

1) 規格

フィールドバスは、当初多くの規格があり、混乱状況となっていた。その後、業界内での統一化が図られ、状況はデファクトに収斂しつつある。といっても、まだまだ多様な仕様の林立となっている。ControlNet、CAN (Controller Area Network)、CAN Open、FL-net、Modbus、Modbus Plus、Device Net、PROFIBUS-DP(Decentralized Periphery)、PROFIBUS-PA(Process Automation)、CC-Link、Interbus、Foundation Fieldbus、AS-I(AS-Interface)、EC-NET 等

2) 普及動向

世界動向としては、フィールドバスの普及方向が公表されている。以下のようなセールストークとなっている。

- ・建設コストの削減
- ・診断技術の活用による保全コストの削減
- ・異常の予兆診断

しかし、日本国内においては、普及が進んでいない。理由は幾つかある。

(1)プラント新設機会の少なさ

フィールドバスはインフラである。よって、既存設備との兼ね合いがある。国内景気により、日本ではプラント新設が進まず、既存プラントの増改造までとなっている。そのために、導入を進める機会があまりないことによる。

(2)プラント面積の狭さ

効果についても日本の事情がある。フィールドバスでは配線が削減される。そのためにはプラント面積が広い方がより有利となる。日本の国内プラントは、面積が左程広くない。

(3)診断保全技術の未確立

日本国内の技術者は、経験を生かして保全を進めてきた。それに勝るようなレベルの診断技術は未確立である。

(4)防爆仕様

フィールドバスと組合せ容易な規格が、日本国内では十分に法整備されていない。

3) 導入コンセプト

従来の枠組を超えて、初めて生まれる優位な効果を訴えることが鍵となろう。

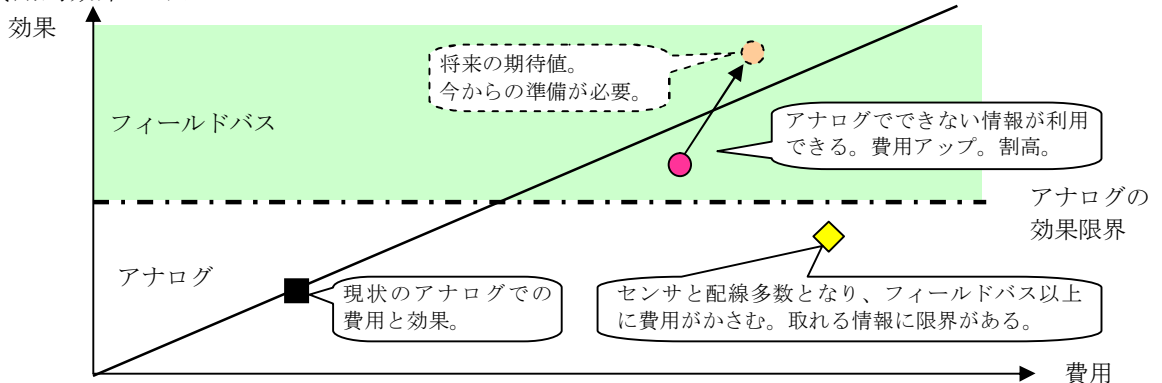
●計器自体の状態情報の活用

- ・従来計器の信号=プロセス測定値のみ
- ・フィールドバス計器の信号=プロセス測定値 + **計器自体の状態情報**
(オンラインの定量データ)

★ (従来できなかった、次世代の) プラント内部の兆候把握と最適設備管理の実現

- ①計器から機械設備への兆候把握の展開 (見える化)
- ②計器異常原因のオンライン表示: トラブル原因の早期究明
- ③計器状態の定量的把握
- ④システム化による情報収集作業の効率化

●費用対効果のイメージ



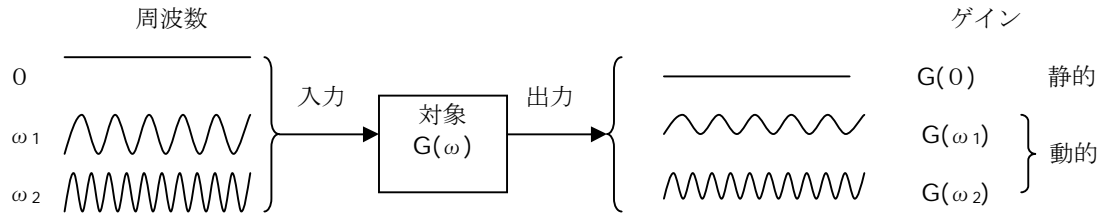
7. Gain : ゲイン

ゲインの意味は、経済、電気、制御等の分野によって、色合いが違っているようだ。ゲインの訳の一つに「利得」がある。経済分野では、対義語はロスで損失である。他方、制御やPA分野では、そのままに「ゲイン」と呼んで、以下の意味で日常的に使われる用語となっている。

1) 用語定義

「JIS B0155 工業プロセス計測制御用語及び定義」には、次の定義とある。

正弦波が入力されている定常状態の線型系において、入力とそれに対応する出力との振幅の比。ある周波数での周波数応答の係数（絶対値）である。現実的な使い方として、周波数が0の静的ゲインと対比して、0以外の周波数のゲインは通常動的ゲインと呼ばれる。



2) PIDゲイン

下式に示すように、PID制御の比例、積分、微分の各要素に対する係数がPIDゲインである。PIDゲインは、良好な制御性能が得られるように調整すべきパラメータとなっている。他方、対象のゲインは与えられる固定値である。PID/対象のゲインが調整/固定と相違する点は認識しておこう。

$$\underbrace{K_p e}_{\text{比例要素}} + \underbrace{K_I \int edt}_{\text{積分要素}} + \underbrace{K_D \frac{de}{dt}}_{\text{微分要素}} \quad \text{ここで、} e = PV - SV \quad PV: \text{測定値、} SV: \text{設定値}$$

K_p : 比例ゲイン、 K_I : 積分ゲイン、 K_D : 微分ゲイン

なお、PID制御の表現式には次の別形式もある。次式は比例要素を括り出した表現式となっている。どちらかといえば、本表現式の方が多用されているようだ。

$$= K_p \left\{ e + \frac{1}{T_I} \int edt + T_D \frac{de}{dt} \right\} \quad \text{この時、} K_I = \frac{K_p}{T_I}, \quad K_D = K_p T_D$$

PIDゲインの調整は、ZN調整法を手始めとして多数が提案されている。ここで、DCSのPIDパラメータは、各要素のゲインなのか、時間定数なのか、はたまた（次項で述べる）比例帯なのかをよくよく確認して設定しよう。パラメータの意味を取り違えてパラメータ設定すると、制御を不安定とするような大火傷になりかねない。

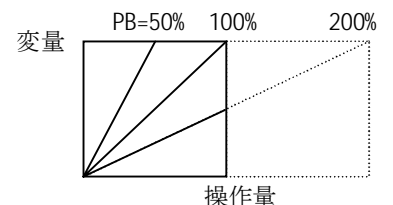
さて、「PID制御が不調なので、ゲインを調べてみるように。」を聞き誤って、原因を調べに走るようだと、まだまだ素人である。

3) ゲインの関連用語

ゲインに関わる用語を、幾つか挙げておく。

(1) 比例帯 (プロポーションナルバンド)

比例動作において、変量が0~100%を変化するのに要する操作量の変化幅(%)。無次元化した比例ゲイン K_p の逆数(%)に相当する。



(2) 対数ゲイン

対象のゲイン $G(\omega)$ に関して常用対数を取り、20倍したものである ($20 \log_{10} G(\omega)$)。dB (デシベル) という単位が付される。信号や音の分野で多用される。

(3) ブースタ : booster

信号ゲインが1であるようなパワー増幅器。

8. HMI (=Human Machine Interface)

1) 用語の由来

従来はMMI (=Man Machine Interface) と言われていた。その後、男女平等思想のジェンダフリー(性差無し)の一環で、性差を含む表現を回避する用語が利用される時代となってきた。MANという男性を示す用語が Human に変わっている。MMI と呼ぶのは初心者であって、プロはHMI と呼ぶのである。余談だが、ジェンダフリーの日本語例として、看護婦から看護師を挙げておこう。

2) HMI の必要性

全てを機械が全自動で行ってくれる無人化工場なら、人の関与を考慮する必要は無くなる。しかし、人の介在があるなら、機械とのやり取りを考慮しなくてはならない。その部分がHMIである。ここが不十分だと使い勝手が悪くなり、全体として不出来なシステムとなる。極端すぎる事例だが、停止釦が用意されていなければ、止めようにも止められない。全自動処理が自分で止まるまで、止まらないシステムになる。常識的には、任意のタイミングで人の介入を可能とするHMIを持ったシステムであることが必要とされる。さもなくば、地蔵ならぬ「泣く子と自動には勝てぬ」状況に陥る。

3) 人間工学の活用

人間の特性を洗い出した工学が、学問体系の一つとなっている。視覚的な図記号や配置、身体特性にあった寸法、更には赤が危険/黄が注意/青が安全、という日常的な事例も人間工学の一つである。一瞥で概略の感覚的把握に適したアナログ表示、確実な読取りに適したデジタル、との特性もある。

3) 画面設計

当然、CUIではなくてGUIとすべきであろう。

- ・CUI (=Characteristic User Interface : クイ)

行おうとする操作を、文字指令で与える方法である。文字を正しく打込まなくてはいけないし、ましてや指令を忘れたら打込むことすらできなくなる。CUIは、GUI普及以前の技術である。

- ・GUI (=Graphical User Interface : グイ)

視覚的な図形をポイントする方法。今や汎用技術となったマウス、ペン、タッチパネルの利用が妥当である。プルダウンによるメニュー選択も妥当な手段である。



4) 安全設計

機械と違って、人は間違える動物である。それを前提としたHMIの安全設計も必須である。例えば、①フールプルーフと②フェールセーフの2つの方式がある。両者は似て異なる概念となっている。以下に対比表を示そう。

①フールプルーフ (fool proof)	②フェールセーフ (fail safe)
ポカよけ	失敗安全
ヒューマンエラーに対する防護策を施すこと。 (馬鹿なことをしても大丈夫)	機器または装置が故障したとき、その状態が予め定められた安全側になるようにすること。(失敗しても大丈夫) ・駆動源がなくなる: 計装エア断、電源断、... ・情報がなくなる: 断線、カード異常、システムダウン等
事前の処置。 不具合が発生しないようにする。	事後の処置。 不具合発生で、安全状態に遷移する。
起動インターロック	停止インターロック (=ESD)
マイナス入力を受け付けない	マイナスが入力された時に、直前の状態に戻す。

幼児玩具は、①口に入らない大きさ ②角なし ③舐めても大丈夫な材質 ④落としてもよい軽さ等の典型的なフールプルーフな仕様となっている。

5) ユニバーサル設計

従来の設計発想は、大多数の標準的な利用者との一般性が基準となっていた。今日では、数は少なくても弱者を基準とする発想に変わってきている。弱者が利用できれば、一般人は当然困らない。弱者設計とマイナスイメージに呼ばず、ユニバーサル(普遍)設計と呼ぶのは好感が持てる。

技術進歩の恩恵を受けて、音声入力、聴覚表示等のHMIも現実のものとなってきている。

9. Instrumentation : 計装

英語の「インストレーション」を口にして、聞き返されずに会話の成立する場面は稀だろう。ドキュメントの計装範囲を示す略語がIとなることに対して、元の英単語を問われる時に口にされる位だと思える。その日本語訳は「計装」である。計装にしてもこれまた、日常会話されない用語である。軽装？珪藻？と聞き返される位が関の山であろう。残念ながら計装は、世間一般で認知度の低い分野となっている。(悲しくも、PSEの認知度は輪を掛けて低そうだ。)

1) 用語の由来

以下の引用を示しておこう。(<http://www.creight.co.jp/control/index.html> より抜粋、一部改変。)

■1946～1960年頃 (国内)

戦後それまで対戦国であった米国を始め諸外国からの技術導入によって国内の復興が始まる。

重化学工業を中心とする様々なプラントが海外より輸入され、同時に当時の最先端の計装機器が付帯して輸入された。当時“計装”という言葉は無く、自動制御を研究していた東京大学の深井善三郎教授が“計装”の用語を提案しその後定着した。これは“Instrumentation”の語源より命名されたものとする。

《工業計器 (instrument) を装備してプラントの監視や制御を行う事》

なお、同語源の instrument については「(工業)計器」の日本語訳となっている。

2) プラント建設における職種

プラント建設では、多くの職種の技術が総合されて初めて完成に漕ぎ着ける。代表的な職種は、化工 (プロセス)、土木建築、機械、電気計装、情報、等である。この中で、計装だけが学業において独立した一学科となりえていない。何とも淋しいことである。

さて、化工屋 (プロセス屋)、土建屋、機械屋、電気屋、と同列で、計装屋との呼び方がある。同じ意味で計器屋という呼び方もされる。計器屋だと「お菓子作りのケーキ屋がご職業ですか？」と聞き返されることになるだろう。

建設図書の文書管理体系は、職種の区分に沿うことが多い。ここでは、計装として独立した区分になることがよくある。独立区分は計装の存在感を示すともいえ、嬉しいことである。

3) 人体での喩え

土木建築、機械、電気が仕事といえ、世間話は通じるだろう。化工 (プロセス) になると、大分辛そうである。計装となると、まず通じないだろう。これはもう仕方の無いことなので、少しでも状況改善を期待して、人体に喩えてみたりもする。カミサンや彼女に説明したら、果たして分って貰えるだろうか。改善の程は、あまり期待できないのだけれど。

機能集団		英語	人体に喩えると	計装との接点
プロセス		Process	遺伝子 (設計図)	PID、運転方案、等
土木建築			体 (骨格)	制御室、コンピュータ室の建屋、等
機械		Mechanical	器官	機器レイアウト、材質、等
電計	電気	Electrical	血液 (エネルギー)	電源、接地、コントロール信号、等
	計装	Instrumentation	神経	
			脳 (小脳)	
	システム		顔、頭	
製造部	運転		脳 (大脳)、魂	試運転、等

4) 計装の範囲拡大

計装の担当範囲は拡大方向である。制御つながりでDCSへ、更にDCSソフトとの情報つながりでアドバンス制御、最適化、モデリング、ソフトセンサ、プラント情報システム、と範囲が広がっている。にも拘らず、計装品の低廉化のために、範囲増でも計装費用はアップせず、職種別比率は殆ど変わっていないようである。仕事が増えたのに、金額から見た存在感は従来のまま、という淋しい状況になってはいないだろうか。存在を自ら適切に語ることも、大切なことだと考える。



10. J I T (=Jit In Time)

日本発のビジネス**モデル**と言えよう。

1) 用語説明

まずは、インターネットに見つけた説明を2つ程抜粋。

- ・「必要なものを必要な時に必要な量だけ生産する」システム/方式のこと。この意味を表す英語としては本来 just on time が正しいが、誤りである jit が普及し固有の名詞化している。カンバン方式とも言う。
- ・**ジャストインタイム生産システム** (Just In Time : JIT) は、経済効率を高めるための技術体系(生産技術)である。トヨタ自動車の生産方式(トヨタ生産方式)の代表的な要素としてよく知られている。カンバン方式とも言われる。“必要な物を、必要な時に、必要な量だけ生産する”こと。アメリカの自動車業界でも JIT (ジット) といえはこのことである。

2) トヨタ生産方式

そして、本家本元のトヨタホームページより、以下を抜粋する。

(http://www.toyota.co.jp/jp/vision/production_system/just.html)

トヨタ生産方式 ジャスト・イン・タイム——— ムダを徹底的に排除するという思想

「ジャスト・イン・タイム」とは、「必要なものを、必要なときに、必要なだけ」という意味です。自動車のように3万点にもぼる部品から造られている製品を、大量にしかも効率良く生産するためには、部品の調達などのために、ち密な生産計画を立てる必要があります。その、生産計画に応じて「必要なものを、必要なときに、必要なだけ」供給できれば、「ムダ、ムラ、ムリ」がなくなり、生産効率が向上します。

なお、トヨタ生産方式は J I T だけでなく、多くの他の手法と一体となって構成されるものである。見える化、カンバン、アンドンなどの日本語読みの一連の手法が体系化されている。

3) J I T の課題

J I T 方式は、在庫を抱えることで発生する費用、場所の確保といったデメリットを解消することで競争力向上を図る方式になっている。反面、方式の欠点として批判されているのは、部品メーカーに皺寄せが回されている、部品入手が困難となった途端に生産不能に陥る、といった点である。

また、ともすれば J I T の方式論が関心の的となるが、実際には方式を使いこなす企業風土の醸成の方が鍵である。方式を形式的に取入れても、成功は覚束無い。

4) 装置産業における J I T

トヨタの商品であるクルマは、代表的な組立加工品である。そのために J I T は組立加工業種での手法と考えられてきた節がある。別の業種であるプロセス産業(装置産業)では、見込生産の形態を取る商品の性質上、J I T 方式は難しいとみなされてきたようにも考える。

近年、プロセス産業を対象とした J I T 手法が、ダイセル化学において生まれた。組立加工業種とはまた別の独自方式となっている。生産性2倍、3倍の成果に注目が集まっている。ダイセル化学が中心となって産官学の研究会も立ち上がり、日本のプラント産業における今後の理想像を示している。今や、組立加工産業のトヨタ方式に対する、プラント産業のダイセル方式、との評価を勝ち得ている。(本家のトヨタがダイセル化学を訪問し、ダイセル独自方式を認知したとの話も聞く。)

5) モデリングにおける J I T

「必要なものを必要な時に必要な量だけ」との観点には、生産方式以外にも応用されている。モデリング分野もその一つである。実績データは留まることなく生み出され、多量の蓄積データとなる。増加するデータを単に蓄積しているだけでは、何らの有用情報となり得ていない。そこで、最新情報まで含めて、必要となった時点で必要な最新の数式**モデル**を適宜構築する手法が、J I T 方式のモデリングと呼ばれている。コンピュータのデータ処理能力の限られていた時代には、実現性のない手法であった。I T の技術発展により、高速多量のデータ処理が可能となったことで初めて生まれた手法といえよう。



11. Knowledge Database : 知識データベース

1) 知識の重要性

「人類の叡智」との言葉が示すように、人の経験は貴重な財産である。人間社会が発展できるのも、過去に経験してきた情報を次世代に伝承することができるからである。もし伝承されなければ、毎回最初からのスタートとなり、進歩は望めまい。継承すべき経験を蓄積する仕組が知識データベースである。また、財産は単に溜め込んでいるだけでは、効果が薄い。財産の知識を希望通りに取り出せることが重要である。

蓄積された「経験則」の活用、ではごくありきたりに聞こえる。でも、同じ事を横文字で「ヒューリスティックルール」と呼ぶと、何かしら高級なふうなことに聞こえる。ま、横文字によって、さも素晴らしそうに誘導してみたり、或いは逆に、誘導されたりしないように注意することである。

2) 知識データベースの要件

ITの技術進展により、世の中では各種のデータベースが利用されている。その中で、知識データベースは独自の特徴を持ち、またその特徴に相応しい要件がある。

(1) 手入力のし易さ

知識データベースで扱われるのは、自動収録できない種類のデータが中心となる。即ち、データが手入力されない限り、データ蓄積は進まない。データベースは蓄積あってこそである。宝箱となるか、はたまた「た」の一文字少ない「空箱」となるかは、データの量と質の両方の充実次第といえる。ここで、手入力のし易さが重要となってくる。面倒だとそこでつまずき、データ入力が進まなくなる。

(2) 検索のし易さ

折角データが蓄積されて宝箱となっても、必要とするデータを取り出し難いと利用は停滞する。地中深くの埋蔵品相当となってしまう。特に知識データベースは、多彩なデータとなりがちである。求める情報に辿り着くには、強力な支援機能の装備が期待される。記憶に頼る以外に、キーワードや曖昧等での検索機能が要るだろう。所謂利便性を充実させることが大切となる。

(3) 情報の鮮度維持、データ更新の体制

過去データは時代を越えて価値の有ることも、陳腐化することもある。また、新たな活動に伴って知識はどんどん増えていく。使える情報のデータベースに新鮮度を保つことが、利用活性化の前提となる。充実とは初期データ投入の時だけ、ということが得て多い。知識データベースでは、新鮮度の維持と、データ更新体制の確保が鍵となる。

(4) ノウハウデータの利用

ともすれば、どうやったか、とのノウハウ (KnowHow) が知識データベースの対象になる。しかし、ノウハウは前提条件の変化した新たな環境の下では、そのまま適応できない。それに答えられるのは、ノウハウである。ノウハウ (KnowWhy) 知識のデータベース化も期待となる。

3) プラントに関連する知識データベースの事例

プラントの運転技術向上において、知識データベースの充実が重要と考える。ともすると高度制御や運転支援の技術に目が向きがちである。これらの技術を否定するものではない。しかし、これらを継続して実行できるのは、厚い陣容を有する大手企業に限られる気もする。その一方で、知識データベースの充実が、一般的な技術の応用にすぎない。適切なテーマを洗い出して、入力の労力を惜しまなければ、陣容の手薄な中堅企業でも取り組めるように考える。

(1) PA領域

PAの領域でいうと、以下の内容が知識データベースとして有用だろう。

- ・運転実績トレンド、起動停止履歴、操作警報履歴、トラブル事例、ベスト運転履歴、運転要領書、PID、オペラビリティスタディ、…

(2) 交替申送り

日々のプラント運転を通して、直面した運転知識が蓄積される。但し、手書きノートであることが多く、知識データベース化の進み難いテーマであった。

(3) 設備保全領域

生まれの安さもあるが、ライフサイクルコストを考慮する必要がある。その意味では、保全情報の利用意義は大きい。



12. Logic control : 論理制御

「論理制御」と訳される。論理制御は断続的な実行形態となる。その一側面だけの対比で見ると、PID制御に代表される連続制御形態と対比して、論理制御は断続制御の形態となっている。

1) 用語説明

(1)論理

ここでまず、論理とは、堅く言うと命題、更には組合さった命題の真偽を定めることである。数学では真偽は1と0として表現される。という物々しいが、平たく表現すると、事象（イベント）の成立不成立を判別する記述、ということになる。しばしば利用される IF Then ルールによる記述を連想いただくのが分かり良いだろう。

(2)論理制御

次に、論理制御とは、事象（イベント）の発生に合わせて制御動作を行う方式である。事象の発生有無の判定に論理が利用されることから、論理制御と呼称される訳である。言い換えてイベント制御との言い方が、人によっては分かりやすいかも。IF Then ルールによる記述を捉えて、ルールベース制御との表現もされている。事象発生で動作する点の類似する制御方式に、シーケンス制御（Sequence Control : 順序制御）がある。ロジック（論理）とシーケンス（順序）ではその意味する側面が別である。しかし、曖昧に両者を混同して、意識的に同意として扱うこともよく見受けられる。

(3)ハイブリッド制御

論理制御とPID制御とは、別方式の制御である。とって、どちらかの択一を意味しない。両者の両立や共存は普通に可能である。複数方式の併用は「ハイブリッド」と呼ばれる。ここで、ハイブリッドの原義は、異なるものを組合せること。ハイブリッド車とは、エンジン駆動にガソリン燃料と電気を組合せるクルマのことである。ハイブリッド車の普及のお陰で、ハイブリッドの意味が広く知られるようになってきた。制御分野では、ファジィ制御、制約付モデル予測制御がハイブリッド制御の例となっている。論理+PID制御も（殊更明言されないが）当然ハイブリッド制御の一つである。

2) FAとPAの両領域における、論理制御の搭載と利用の違い

(1)FA領域

論理制御は、電気（電子）回路で実現されることが多い。1と0で表す数学の真偽を、電気のONとOFFとして扱えられる、との都合のよさも手伝っている。機械電気式のリレーにより電気回路を構成する方法が基本である。今日では電子機器のPLC（Programable Logic Controller）が普及している。論理をソフトウェアで構築できる点が、大きなメリットとなっている。組立加工産業における（狭義の）FA領域では、論理制御が中心となる。その実現を代表するのがPLCである。

(2)PA領域

一方、今日の装置産業におけるPA領域ではDCSが広く利用されている。DCSではPID制御と論理制御とを組合せて利用している。この柔軟な組合せがDCSの真骨頂ともいえる。単純な論理であれば、監視操作作業の代替となって、運転員の負担軽減につながる。更に進んで、オペレータの行う複雑な操作を抽出し、論理制御として実行できると、自動化が著しく進展する。

生物に喩えられる化学プラントの運転は、熟練技能を求められる。時々の状況判断は、経験がモノをいう。その経験をロジックに置き換えれば、運転員に代わる高度な自動制御とまでもできる。但し、あくまでもプログラムに従った制御動作が実行されるだけのことである。少し早く、少し緩める、といった気の利いた動作はない。人に代わっての万能とはなり得ないので、思い違えないことである。

3) 学術理論との土俵の違い

論理制御の学術理論に、ペトリネット理論がある。但し、現場実務ではその知識はまず要らない。膨大なオペレーションノウハウを論理制御として完成し、省力化を達成できるケースが確かに存在している。その成果は、高度理論の制御に勝るとも劣らないものである。ただ、そこにあるのは地道な取組であって、何らの高度理論もない。そのため学術報告とはならない。他の例で、プラントのモデリングには、優れた技術と理論の裏づけを確かに必要とする。とって、モデリングに拠らない成果が評価対象としてあまり取り上げられない傾向は残念な気がする。ともすれば、高度な学術理論を用いた結果のみが評価される傾向にある。しかし、現場成果の評価とは土俵を違えているように考える。



13. Model : モデル

1) 定義

「モデル」という単語は、世間一般の日常会話においても色々な使われ方をしている。例えば、新作ファッションを身に纏った魅力的な人物や、流行雑誌の表紙や紙面を飾る美しい人物が「モデル」と呼ばれる。あるいは、ノンフィクション小説の登場人物に対し、その原型となった実在人物が「モデル」と呼ばれる。その他にも、モデルケース、プラモデル、モデルガン、モデルルームのように数多の多様な使われ方がある。「モデル」の日本語訳に「模型」が当てられるのは、プラモデルからの連想として、モデルを訳す場合であろう。今日では、ビジネスの業務形態をパターン化した「ビジネスモデル」の用語も広まっている。PAの世界でモデルという場合、専ら学術専門用語としての以下の意味での利用となる。また、モデルを作成することは「モデリング」と呼ばれる。

複雑な対象のある一面を取上げ、できるだけ単純化した形でその本質を描いたもの

2) プラント数式モデルの効用

PA世界におけるモデル例として、プラント数式モデルがある。プラント数式モデルを確立できれば、プラント挙動のシミュレーションが可能となる。その効用として、以下のような利用が図れる。

- ・ 将来のプラント挙動の事前予見
- ・ 予見結果の制御利用：モデル予測制御
- ・ **最適運転**
- ・ 教育訓練用途

3) モデル精度

効用の発揮となるのは、当然プラント数式モデルが良い精度を有していることである。もし、精度が悪ければ、間違ったシミュレーション結果となり、弊害を生むことすらある。

現実を近似する数式モデル、と一言でいうが、実態はピンキリで大違いである。特に、現実対象が複雑である程、差は大きく開く。生物に喩えられる位に複雑なプラントの例でケース比較してみる。典型として想定する事例の中に、技術と工学研究とを当てはめて比較対照している。

表-1 プラントモデリングでのケース比較

比較項目	ケース		
	A : 机上	B : 適用	C : 実効
数式モデルのレベル	低	中	高
モデル例	線形補間モデル 1~2次遅れモデル	ツボだけは外していない、誤差が許容範囲の、それなり精度の妥協モデル	広範囲で高精度を持つ有効性大モデル
モデル化作業	やっつけ?	適度な?努力	長期間の労力の積重ね
想定した典型事例	やっつけQC活動 共同工学研究もどき	低級技術、技術もどき、似非技術 (拙者!)	化学大企業の真の技術

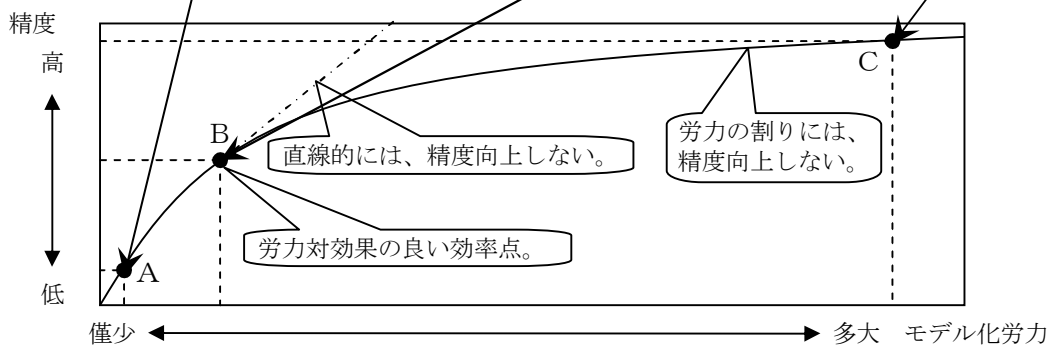


図-2. モデリング労力と精度の関係模式図

4) モデルに拠らない取組

精度あるモデル構築に要する労力の大きさが、一つの課題となる。そこからモデリング不要を利点とする取組が生まれてくる。モデルレス、モデルフリー、モデル駆動に対極するデータ駆動や事例駆動、のように表現される取組が知られている。



14. Non Linear : 非線型

線型でないこと。世の中は、あれもこれも非線型だらけ。よって世間を見渡せば、非線型が分かる。と、これでは説明になってまい。非線型を説明するには、線型の説明が先立つ必要がある。

1) 線型の本質

線型の本質を一言で言えば、以下の重合せ原理の関係式が成立することである。

$$\text{【重合せ原理の関係式】 } F [x + y] = F [x] + F [y]$$

ここで、関係式として連続関数 $f(x)$ を取り上げると、その解は $f(x) = ax$ というまさに線型そのものの比例関数として求まる。(余談だが、連続関数の条件を省くと、比例関数以外の別解があるとの予想外の結果が得られているような。)

2) 非線型が一杯

世の中は、重合せ原理の関係式が成り立つような単純な線型世界ではない。例えば、A氏とB氏という技術者がいて、協力して仕事を進める場合がある。その時に、人間関係により異なる事態となる。

- ・強力な協力関係が構築されると、大きな力となる。

二人の協力による仕事 > A氏の能力での仕事 + B氏の能力での仕事

- ・逆に不仲で足を引っ張り合うような状況になると、以下の図式となる。

二人の引っ張り合いによる仕事 < A氏の能力での仕事 + B氏の能力での仕事

或いは、中国の蝶の一羽ばたきが、日本での強風の源になる、とのバタフライ効果の喩えは、非線型現象を端的に表している。(因みに「アメリカがくしゃみすると、日本の風邪になる。」というのは経済現象を喩えた、別の行間。これも非線型には違いないけれど。)仕事の協力でも中国蝶にしても、単純な重合せ原理の関係式とはなっていない。因果応報としても、そこでの因果関係は摩訶不思議な非線型関係となることの多いのが、この世の習いである。

3) PA分野での非線型

(1)対象の非線型モデル

- ・ $ax + b$ と定数項あるだけでも、また無駄時間があるだけでも、非線型である。他にも、不感帯、ヒステリシス (履歴効果) 等、現実世界には様々な状況がある。
- ・ 幾つかの有名な汎用形式の非線型モデルがある。化学プラントに対しては、その適用は一筋縄にいかない。

観測部分の非線型：ウィーナタイプ 操作入力部分の非線型：ハマージュタイプ

(2)非線型制御則

- ・ 対象の非線型性は多様である。よって、制御則も非線型の形式に相応しい各論となる。一律に有効となるような非線型制御則はない。
- ・ 対象とは独立して考えられる非線型制御則がある。①ファジィ (Fuzzy)、②AI (=Artificial Intelligent : 人工知能)、③ニューロ (Neuro)、④GA (Genetic : 遺伝子)、⑤カオス等である。①②③を合せてFAN、①~④を合せてFANGと、一まとめに表現されることがある。

4) 線型化の手法

複雑な対象を単純化して近似するのが、線型化である。色々な手法が存在している。

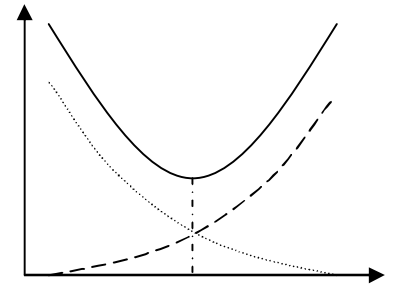
手 法	内 容
(1)簡単な式変形による線型化	①定数項 $ax + b$ の定数項 b を一旦外すと、 ax と線型化できる。線型関係を求めた後で、定数項を付け加える、という手段がある。 ②指数関数の対数化 指数関数は非線型関数。だが、その対数を取ると、線型に変わる。
(2)折線近似 (区分線型化)	部分毎に線型と見なす。
(3) (線型+外乱) 近似	外乱項として、非線型の全てを押込める発想である。
(4)多変数線型近似	さすがに一変数での線型近似では、近似不足が殆どであろう。しかし、多変数線型近似は、当然といえども遠からずのこともある。PA分野で成功事例のあるモデル予測制御は、まさに多変数線型近似を利用している。



15. Optimum:最適

1) 用語

最大(Maximum)或いは最小(Minimum)とは一味違って、最適(Optimum)である。最適には相反する複数項目を調整する、との語義が含まれよう。特に、本来両立し得ない複数項目に対して妥協点(落とし所)を見出すのが高難度のケースである。解を見出すのに、哲学ではヘーゲルの弁証法にいう正反合の止揚(アウフヘーベン)や、論語儒教にいう中庸となっている。また、学術では多目的最適化の分野へも深化を遂げている。



最適は響きのよい言葉である。最適に類似した用語を列举すると、適切、適正、適当、最良、最尤、最善、妥当、等がある。これらの中で、「最適」の響きが最適だろう！単に何かを改善しただけの場合でも、最適化できたかのように表現されることが往々にして見受けられる。言葉に踊らされず、何をもっての最適なのかをしっかりと見極めることが肝要である。響きにつられて、軽々しく最適を使うのは避けたい所である。アドバルーンでは、最適を貶めることになる。

2) 最適の階層構造

最適にも階層がある。ある階層で複数項目が個別に最適を果たしても、それらを足し合わせたその上位階層での最適とならないことがある。A製造部が赤字となっても、そのお陰で別のB製造部の利益が一層拡大するケースでは、A製造部に赤字の出ることが全社としては最適ということもある。赤字を嫌がるA製造部が生産をやめたら、B製造部の利益は上がらなくなる。別の例で、豊かさを目指すある一国の発展による生産拡大で、地球環境の悪化が加速し、人類滅亡の危機となるようだ困る。

3) 最適化における2つの重要事項

大切な事は、より広い視野に立って、問題の範囲(システムバウンダリ)を見定めて最適を目指すことである。最適化するに際しては、そこに何らかの評価基準が存在する。その評価基準自体が不適切であれば、求めた最適解の意義が薄れてしまう。評価基準が目的に叶っているかという「合目的的」の確認が先決問題である。「システムバウンダリ」と「合目的的」はPSE提唱者である京都大学高松先生の哲学の一端をなしている。

4) 現代制御理論での最適制御

最適制御は、使用する操作エネルギー総量と、目標値との偏差2乗面積をバランスさせる制御である。操作エネルギーを幾らでも利用出来ると目標値への追従を早められる。しかし、エネルギー多消費となる。

- ・線型システムに対する最適解は、線型状態フィードバックとして求まる。

非線型やフィードフォワードを含めた全ての方法の中で、線型状態フィードバックとなることは、何とも美しい。

- ・安全余裕が、必ず一定以上確保されている。

本性質は、最適制御問題を定式化し解決したカルマン自身が、批判に答える形で最適制御の優位性として見出している(R.E. Kalman "When is a Linear Control System Optimum?")。この論文も画期的と考える。単に最適制御問題の解という以上の優れた性質を兼ね備えている訳で、この点が最適制御の素晴らしい点である。

但し、最適解の保証は、あくまでも与えられた状態空間モデルに対してでしかない。それ以上でも以下でもない。モデルが不適当だったら、最適解の意味は薄くなる点を心したい。

5) 最適化理論

変数の連続/離散、線型/非線型、制約の等号/不等号、範囲の凸/非凸、静的/動的、及びこれらの混合、といった多様な理論がある。問題設定と合わない理論を適用したら、大火傷になる。適切な理論を選定適用できるよう、理論を知って見極められるだけの目を持つことが肝要であろう。

最後に、オプティミスト(Optimist)の日本語訳は、最適家ではなくて、楽道家！いや、人生では楽天なのが最適だ、というのが真実で、実は名訳なのかもね。

16. P I D (=【1】Piping and Instrument Diagram) : 配管計装図 (=【2】Proportional Integral Differential) : 比例積分微分

頭文字を取った略語は同じだが、元々は全くの別用語である2語を取り上げている。どちらも等しく重要である。どちらの意味かを、文脈から直ちに判別できないようでは、素人である。

【1】配管計装図

P & I D、或いは短くP & I と呼ぶことも多い。これらの呼称を使うと、P I D制御とは明示的に区別できる。配管計装図はプラントの基本設計図で、人体の設計図である遺伝子に喩えられよう。その設計の出来次第で、プラントの生まれ、更にはプラント運転が左右されるといっても過言ではない。P & I D設計は、化工技術者の存在理由の第一義といえよう。

P & I Dには、以下のような情報が記載される。

- ・設置機器、機番
- ・配管構成の接続、配管の径、材質、保温、ラインナンバ
- ・計器の検出器、バルブ、ループ構造、伝送信号、タグナンバ

図中には現場と一対一対応する情報が記入される。手動弁全数を始めとして、逆止弁、ドレンノズル、バージノズル、起動停止作業でのみ使う置換用配管、サンプリング用配管、等も全て記入される。類似用語に以下がある。いずれもP & I よりも情報量が少なく、それに先立つ設計資料である。

- ・E F D (=Engineering Flow Diagram) : エンジニアリング系統図
- ・P F D (=Process Flow Diagram) : プロセス系統図 (このPはPipeではなくてProcess!)
- ・U F D (=Utility Flow Diagram) : 用役系統図

P & I を展開すると、次のような図となる。

- ・Layout Drawing : 配管組立図
- ・Isometric Drawing : アイソメ図

【2】P I D制御

P I Dは以下の3つを表している。これらの要素を組合せたものがP I D制御である。

・P (=Propositional) : 比例 ・I (=Integral) : 積分 ・D (=Differential) : 微分
フィードバック制御の一種であり、測定値と設定値との偏差、その積分、及びその微分、の3つの要素によって、入力値の制御を行う方法である。

$$K_p e + K_I \int e dt + K_D \frac{de}{dt} \quad \text{ここで、} e = PV - SV \quad PV: \text{測定値、} SV: \text{設定値}$$

モデリングを経ずに、経験則によるゲイン調整も可能である。制御則の分かり易さと運用保守の容易性も手伝い、化学プラントの連続制御では、現在も9割程がP I D制御である。P I D制御の成否は、各要素に対するゲイン調整が鍵となる。有名なゲイン調整法が幾つかあり、例えばZ N調整がある。今もって調整則が提案されている。また、幾つかの変形や応用形があるので、列挙しておこう。

①不完全微分P I D

微分に1時遅れを加えたもの。「不完全微分」ではなく「実用微分」と呼びたい、との提案がある。

②I-P D : 比例微分先行形P I D

設定値変更に対して積分動作だけが働き、設定値の急変に対しても安定した制御特性となる。

③P I-D : 微分先行形P I D

設定値変更に対して、比例と積分動作が働く。設定値変更の追従性を求めるケースで利用される。例えば、2段構成のP I D制御であるカスケードの下位(2次)側ループ。

④ギャップゲインP I D

制御の中立帯を設けるもの。

⑤サンプルP I D

制御動作のタイミングを間欠とするもの。

⑥偏差二乗動作P I D

利用信号を偏差から、偏差二乗としたもの。pHのような非線型対象を想定している。

⑦ブレンドP I

測定値と設定値の差を0とするのではなく、差の積算値を0とするように調節する。複数流体のブレンドを行うに際して、流量積算値の比率(混合比)を一定に制御する場合に利用される。

⑧2自由度P I D

パラメータを増やして、設定値変更と外乱の各々に対してそれぞれの動作ゲインと出来るもの。



17. QC (=Quality Control) : 品質管理

1) 用語定義

QCは広く普及し、多様な広がりとなっている。ここで、QCにおいては Control が制御の語義ではなく、専ら管理の意味となっている。一般に日本語の「管理」は Management と対にされることが多い。しかし、品質管理では、広義／狭義の意味と対にして、Management /Control を使い分ける用法が定着しているようである。以下は、ウキペディアによる典型的な解説の一例である。

品質管理には、広義・狭義の品質管理がある。広義の品質管理は、マネジメントとしての品質管理のことを指し、品質マネジメント (Quality Management) として知られ、JISでは「品質要求事項を満たすことに焦点を合わせた品質マネジメントの一部」と定義している。狭義の品質管理は、コントロールとしての品質管理 (Quality Control) のことを指し、JISでは「品質保証行為の一部をなすもので、部品やシステムが決められた要求を満たしていることを、前もって確認するための行為」と定義している。生産現場で「品質管理」と言えば、一般に狭義の品質管理を指していることが多い。

さて、以下はQCを冠した各種の用語である。

2) QC手法

(1)QC七つ道具

管理を行うにあたり、現象を数値的、定量的に分析するための技法。いずれも、視覚的に表すことで誰でもすぐに問題点が分かったり、説明を容易にしたりすることを狙っている。

- ①パレート図 ②ヒストグラム ③管理図 ④散布図 ⑤特性要因図 ⑥チェックシート
⑦グラフ (グラフと管理図をまとめて一つとカウントし、7番目に「層別」を入れる場合がある。)

(2)新QC七つ道具

QC七つ道具が定量的な現象分析を狙うのに対し、新QC七つ道具は定性的な分析を狙う。問題の構造を早期に明らかにすることが狙いである。

- ①関連図法 ②親和図法 (KJ法の別名) ③系統図法 ④アローダイアグラム法
⑤マトリックス図法 ⑥マトリックスデータ解析法 ⑦PDPC法

3) QCサークル

QCサークルとは、同じ職場内で品質管理活動を自主的に小グループで行う活動のことである。全社的品質管理活動の一環として自己啓発、相互啓発を行い、QC手法を活用して職場の管理、改善を継続的に全員参加で行うものである。

なお、QCサークルが単に「小集団」の代名詞ともなっている場合がある。この場合、QC活動と無関係にも関わらず、QCサークルが小集団と呼ばれることになる。

4) QCストーリー

元々は、QCサークルのための問題解決手法として、QCストーリーと呼称されたように考える。今では、QCに無関係な小集団活動にもQCストーリーが活用されている。

QCストーリーとは、問題解決に関して、「テーマ」「取り上げた理由」「現状の把握」「解析」「対策の立案」「対策の実施」「効果の確認」「歯止め」「残された問題と今後の進め方」という構成要素に基づく活動、または発表の手順をいう。構成要素に「目標の設定」を含めることもある。

5) QCの展開

(1)TQC/TQM

日本では製造部門に止まらず、サービス部門や管理部門等全社的にQC活動を広げた活動を、TQC (Total Quality Control) と呼ぶ。TQCが発展したものがTQM (Total Quality Management) である。

(2)SQC (=Statistic QC)

品質管理の方法の中で統計的手法を用いるもの。製品個々の品質ではなく、生産工程全体 (材料・機械装置・作業・製品) を対象として品質特性を測定し、その分布 (ばらつき) を見て管理を行う。品質特性が規格に対する適合／不適合として設定されている場合は、良品率／不良率で表現される。xR線図、管理図法、抜取検査法、実験計画法、ベイチ図といった手法がある (らしい)。



18. Realtime : 実時間

リアルタイム処理との対照として、オフライン処理、オンライン処理と比較を行う。これら三者に画一的な定義はないようだ。イメージとしては、オフラインよりもオンライン、更にリアルタイムと、この順に技術が進化する、との感覚である。で、リアルタイムと冠した用語が格好良くなる。但し、そこで冠されるリアルタイムの定義を見極めて、騙されない？ことが肝要であろう。

1) PA分野でのリアルタイム

PA世界の時間感覚としては、オフライン/オンライン/リアルタイムの各処理が、数十分、数分、1秒、のように区別される。

リアルタイム処理の実現に関しては、コンピュータ技術の進展が大きく寄与している。今日、コンピュータ技術が高度に発展し、処理能力の飛躍が今もって進行中である。コンピュータの出現当初は限られた処理能力であり、処理に一定時間を要していた。そのため、処理を順番に片付けていくオフラインの**バッチ**処理形態であった。その後、処理能力の向上に伴い、処理時間を分割して複数処理を一定時間に少しずつ順に進める時分割方式が現れた。これにより、処理遅れは幾らかあるもののオンライン感覚が得られるようになった。

その他、下表に掲げた項目で、三者を整理してみた。

No.	項目	オフライン	オンライン	リアルタイム
1	時間オーダー	・数十分程度	・数分程度	・1秒以下
2	分析	・ラボ分析	・自動分析	・直接測定 ・ ソフトセンサ
3	調整	・現場手動	・遠隔手動	・自動制御
4	プラント運転	・手順書確認 ・操作指示	・運転支援システム ・ガイダンス	・ DCS ・監視制御
5	コンピュータ	・ バッチ 処理	・時分割処理	・インタラクティブ (対話的)
6	データのシステム連携	・手入力での打直し	・定周期のファイル転送 (疎結合)	・データベース連携 (密結合)
7	OS	・時刻管理無し	・時刻管理有り	・OSが時刻変更への対応を標準搭載 (戻り時刻の処理が不実行で、抜け時刻の処理は実行される。)

2) 基幹 (ERP) 階層のリアルタイム性

会計に関わる基幹階層では、従来リアルタイムの発想はなかった。理由の一つは、会計情報は月単位で十分で、また日や月でしか入手できない情報があり、日締めや月締めの処理を必要としたためである。この考えに立つ限り、リアルタイムの発想には成り得ない。そこで、夜間バッチ処理というような仕様が普通に搭載されていた。しかし、世の中の動きは早くなる一方である。迅速に情報を入手できる方が優位となる。現在ERPのデファクトパッケージとなりつつあるSAPは、リアルタイム会計を謳っている。ここにいうリアルタイムとは、新情報が一つ獲得される都度に、会計の仕分け処理を瞬時に実行するとの意味である。実際にはデータ入力のリアルタイム性が伴わなければ、会計の仕分け処理だけがリアルタイムになってもしょうがないように考えるのだが。(リアルタイムに会計情報を得られるとのイメージを与えて、経営者にパッケージ導入を決断させようとしている、と書くと思意に過ぎるだろうな。)

※番外) リアルタイム運転支援システム

運転支援の定義は確定したものとなっていない。人によって異なる意味で使われている。但し、リアルタイムのDCS制御とは区別されるニュアンスは含まれている。例えば、運転支援機能の一つにガイダンスがある。現実には、複雑な状況に対する判断で百点満点のガイダンスは難しい。そこで通常は、運転員の最終判断を介在させている。もし満点となるのなら、一々のガイダンスとするまでもなく、リアルタイムの制御とすればよい。ガイダンスの例が示すように、運転支援はオンラインまでであって、リアルタイムではない、と区別して考えるべきだろう。だから、リアルタイム運転支援という表現は、組合せが不適切に思える。響きの良さでリアルタイムを冠してはみても、実体を伴えない気がする。



19. Soft sensor : ソフトセンサ

1) ソフトセンサの名称由来

ソフトセンサとは、ハードセンサに対比する意味から称されるようになった、新たな用語である。ハードセンサとは、文字通りに現場に設置され、変量を実際に測定するセンサで、通常のセンサである。これに対し、実際には測定できない変量を計算により推算し、あたかもハードセンサが設置されているかのように表示するものがソフトセンサである。推算による点をもって「ソフト」の用語を冠したセンサとして呼称されている。ソフトセンサの用語が生まれたことで、逆に通常のセンサに対して、対義のハードが冠された訳である。ソフトセンサ適用の典型例に、次の2つのケースがある。

①オフラインによるラボでの手分析

②オンラインの測定装置があっても測定に長時間を要し、**リアルタイム**測定とはできないということであり、グニャグニャした使い勝手の柔らかいセンサの意味ではないので、お間違えなく。

2) ソフトセンサの構築

ソフトセンサは、推算したい対象変量を、関係のある他変数の関係式として表現するのが普通である。そのような関係式を見出すことが、ソフトセンサ構築の核心である。プラント運転を日夜担当する熟練の運転員は、変量間の関係についてかなりの知見を有している。但し、定量性には課題を残している。定性的な関係把握から一歩進める意味で、ソフトセンサには定量性を補う役割がある。

ソフトセンサの構築が、そんな運転員をもってして見出し難い相関関係の発掘、という対象になると、構築のハードルは相当に高くなる。

3) ソフトセンサ構築における適用理論

データ解析の基礎となるのは、統計学理論である。最小自乗法に始まって、主成分分析 (PCA = Principle Component Analysis)、更にはケモメトリクス分野を起源とする部分最小自乗法 (PLS = Partial Least Square) が多用されている。これらは、ある意味で静的関係を見出す理論である。制御理論で一般的に利用される動的理論を利用することがあるのかは、寡聞にして知らない。

4) ソフトセンサの限界

ハードセンサは、プラント運転状況による特別な利用制約のないのが普通である。一方、ソフトセンサは利用可能な範囲が限定されることがある。その見極めを誤って推算値を信じ込むと大事になりかねない。例えば、ソフトセンサがあるマスバランスに基づくものだった場合、プラント起動停止の非定常状況では、推算の根拠となるマスバランス自体が不成立となる。そのため、推算値は狂った数値となってしまふ。ソフトセンサが必要とされるのが、プラント起動停止時であれば、その存在意義は半減してしまふ。また、プラントの運転条件が変更された場合、往々にして関係式も変わる。ソフトセンサの再構築が必要となるが、都度の対応作業が大変となることは一つの課題である。

このような限界に鑑みて、特殊計器の利用を伴ったり、高額や保守の手間を要することになったりしても、実測の魅力には敵わない、ということになる。

5) ハードセンサとの併用

計装技術者にとって、以下のような実測に関わる取組は、やりがい大きなテーマの一つである。

- ・従来計測不能であった変数の実測
- ・サンプリングによるオフライン手分析のオンライン、更には**リアルタイム**実測
- ・特殊原理から汎用手法による実測への代替

もし実測が可能ならば、ソフトセンサは不要となるだろうか。答は否である。一般に難しい実測は高額装置の設置になる。そんな装置は、保守工数も得てして多くなりがちである。計算で済ませられるソフトセンサで代用できるなら、費用面のメリットが出てくる。また、測定周期の面で、オンライン、**リアルタイム**というソフトセンサの効果が出るケースもある。或いは、実測とソフトセンサの併用とすれば、両者の差異が出た時に、早期の異常認知になる効果もある。

以上のように、ハードセンサがあっても、ソフトセンサは有用とできる。どちらか一方を選択するのではなく、適宜、両者の併用とするのが上手い利用法といえよう。

20. Tag number : タグナンバ

1) 記号の利用意義

製造プラント内には、様々な装置が設置されている。その一つを指し示すのに「言葉」を用いると、例えば一々以下のように表すことになり、煩わしい事この上ない。

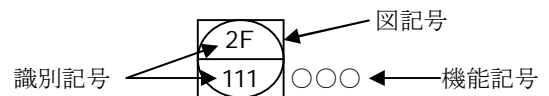
- ・第3系列の精製塔の炊上げ用熱交換器
- ・第2系列の第1反応槽への原料供給流量

その煩わしさを避けるために、普通は各装置に対して「記号」を割付け、常日頃からその記号で用を足すとの簡便な手段が取られている。上述の例でいえば各々、3H621、2F111のような記号を割付ける訳である。(何故こんな記号が付くのかは、ここでは詮索しないこと。こんな感じの記号が付くということだけを認識頂きたい。)

2) タグナンバとは

このような記号は、機器用に割付けられるものと、計装用に割付けられるものとに大別される。各々は機番、タグナンバ (Tag は「札」の意を持つ英単語) と区別して呼ばれている。タグナンバは、プラントの個別計器や計装ループを特定するために用いられる識別記号である。図記号や機能表示と一体となって、計装用記号を形成している。

識別対象	機器	計装
記号の呼称	機番	タグナンバ



3) 記号の効用と欠点

「簡便性」に加えて、記号を用いる利点として「識別性の高さ」が挙げられる。一般に系列が複数ある場合、各系列に同用途で使われる機器が設置されることが多い。この時、2F111、3F111のような記号を使えば同じ用途であること、及びそれらが各々第2系列と第3系列に設置されるものであることが確実に識別できる。ただ、記号にも欠点はある。それは指し示す実体との対応付けが出来なければ、記号化は意味を失う点である。上で例として挙げた 3H621、2F111 の二つの記号は、関係者以外には意味の無い文字の羅列としか映らないだろう。

4) 命名体系の重要性

個別計器や計装ループの特定との目的だけであれば、単に数字の連番を採番すれば済む話である。しかし、プラントでの実践運用となると、そんな単純な話ではなくなる。タグに意味を持たせて、どんな計器や計装ループかという情報を、タグだけからでも読み取れるような意味づけの工夫が必要となる。その途端に、命名体系策定の苦悩に直面することとなる。

タグの利用者は多岐に渡っている。それらの関係者に配慮した命名が重要となる。もし一旦制定したタグナンバ命名体系を変更すると、その影響たるや甚大膨大である。タグはPA分野に広範に関わる事項である。ざっと示すだけでも、次のような利用箇所があり、変更への対処が発生する。

- ・PID図面修正、DCSソフトの再検査、計装図面修正、計器銘板変更、配管行先表示の変更、機器台帳修正、運転要領書修正、各種上位システムの改造、...

独り善がりの命名ルールとしてしまったら、関係者が綿々と煩わしさを託つこととなる。将来を支配するという意味で、適切な命名ルールを策定することの重要性は大である。下手な体系策定は、変えるに換えられないとの取り返しのつかない状況を産む。

5) 命名体系の重要性

計装用記号についてはJIS規格が制定されている。しかし、規格がありさえすればそれで実務がこなせる訳ではない。例えば、法律についても、大きな法令だけでなく、細かな規定の告示や規則、更には通達による解釈をもって全体として運用されている。これと同様にタグナンバ命名においても、汎用的なJIS規格を知っているだけでは実務はこなせない道理である。

しかして、タグナンバ命名モデルという訳である。策定されたタグナンバ命名体系を見ただけでは、何の事はないように受け取られかねないが、実はタグナンバはオペレーション上の重要事項となる。ゆめゆめ疎かたせず、その重要性を肝に銘じるべきである。

21. UBO (=Unit Base Operation) : ユニットベースオペレーション

1) オペレーションベースの概念

プラント運転のオペレータ人員数は、少数精鋭の少人数へと向う。(なお、少数普通の少人数という独自発想も存在する。これは、特別な技能を要求しないプラント運転システムの構築を目指した別のコンセプトである。) 少人数化に反比例して、オペレーター一人の受け持つ対象装置範囲は増加の一途である。加えて、少人数を補うために、監視制御ループ数は増加しつつある。受け持ち範囲とループ数との相加による増加負担を、オペレータに求めるだけでは、早々行き詰る。対策の一つはDCS内部で情報集約を行い、オペレータの管理すべき情報を少なくすることであろう。管理すべき情報の括りは、オペレーションの基準単位と捉えることができる。これまで取上げられた基準単位には、ループ、ユニット(装置)、プラントがある。三者に対するオペレーションが、ループベース、ユニットベース、プラントワイド、を各々付して呼ばれている。名称の示すとおり、括りはこの順に大きくなり、管理すべき情報はこの順で少なくなる。少人数化に対応していくために、情報集約を進め管理情報を少なくするオペレーションベースの進展が求められている。ここにいう基準単位やオペレーションベースの概念は、プラント運転における一つのオペレーションモデルを与えているともいえよう。

2) オペレーションベースの各論

(1) ループベースオペレーション

元々のオペレーションベースの形態である。管理対象は、個別の計装ループ1つずつであった。DCSオペレーション以前のパネル計装においては、1つのループは1つのパネル計器と1対1に呼応するものであった。DCSのCRTオペレーションにおいても、基本発想は継承されている。即ち、1ループがCRT画面の1計器図として表現されている。

(2) ユニットベースオペレーション

管理対象は装置である。例えば、1つの反応槽、蒸留塔、加熱炉、等になる。本オペレーションを実現するために広く採用されている手法は、モデル予測制御である。モデルに基づき、複数ループ間の同時制御が実行される。しかし、目的はユニットベースオペレーションでできることにあるのだから、モデル予測制御以外の方法でも良い訳である。シーケンス制御を高度に組み込む方法でもよいだろう。③下位の多ループを司る制御目標値によって、関連する複数ループの目標値が同時に変更されるイメージである。

なお、ユニットベースオペレーションは、運転員の負担軽減の一翼を担うことから、運転支援機能の一つにも位置づけることもある。

(3) プラントワイドオペレーション

オペレーションベースを更に拡大し、プラントで一つの設定を監視操作するものである。ここでも、モデル予測制御が有効利用されている。オペレーションベース単位の装置処理量を最適設定するオペレーションといえる。

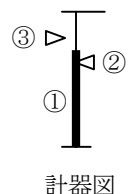


表. オペレーションベースの比較対照

No.	オペレーション名	オペレーション対象	設定量	実現技術	計器図の表現量	詳細図
(1)	ループベース	ループ	ループ変量	PID	①ループ変量の測定値 PV ② " の目標値 SV ③ " の操作量 MV	計器7アイテム
(2)	ユニットベース	装置	装置処理量	モデル予測制御 高度シーケンス 運転支援	①装置生産量の測定(計算)値 ② " の目標値 ③下位の多ループを司る制御目標値	複数計器 のアイテム
(3)	プラントワイド	プラント	目標生産量	装置処理量の 最適設定	①プラント生産量の測定(計算)値 ② " の目標値 ③下位の多ループを司る制御目標値	

ループベースオペレーションは基本の方式であり、技術は確立している。ユニットベースオペレーションは、モデル予測制御の技術が利用されることが多く、実績も上がっている。但し、モデル予測制御技術の敷居の高さがあり、汎用的な利用には未だ到っていないと思われる。プラントワイドオペレーションは、ごく限られた事例となっている。プラントワイドオペレーションを実現するような技術は、一朝に完成できるものではない。また、完成できるのは有能な技術者を多数有する最大手の企業だけかもしれない。それでもプラントワイドオペレーションは、追求し続けたい高い目標像である。

22. V V V F c o n t r o l : 可変電圧可変周波数制御

以下に説明するように、V V V F 制御は可変速駆動制御としての一面を持つ。P A分野では、この点を全面に出して、V V V F 制御が可変速駆動制御の代名詞的に使用されることも多いようである。V V V F は電気分野の技術である。その技術詳細を理解するのは電気技術者以外にはしんどいだろう。P A初級技術者としては、代名詞の利用としての意味合いまでの理解で、まずは十分だろう。なお、対義語はC V C F (=Constant Voltage Constant Frequency) で、P A分野では固定速駆動の意味となる。

1) 用語説明 [Wikipedia より抜粋、一部編集]

可変電圧可変周波数制御とは、インバータ装置などの交流電力を出力する電力変換装置において、その出力交流電力の実効電圧と周波数を任意に制御する手法である。

日本では、鉄道車両の交流モータ駆動方式として、可変電圧可変周波数を英語に直訳した"Variable Voltage Variable Frequency"の頭文字をとって、V V V F 制御 (ブイブイブイエフせいぎよ、もしくは、スリーブイエフせいぎよ) と呼ぶが、鉄道分野以外で一般に「電動機の可変速駆動制御」などと呼ばれるものに含まれる。家電分野ではインバータ・エアコンなどと使われる。なお、V V V F の同義語としてA V A F (=Adjustable Voltage Adjustable Frequency)も使われる。

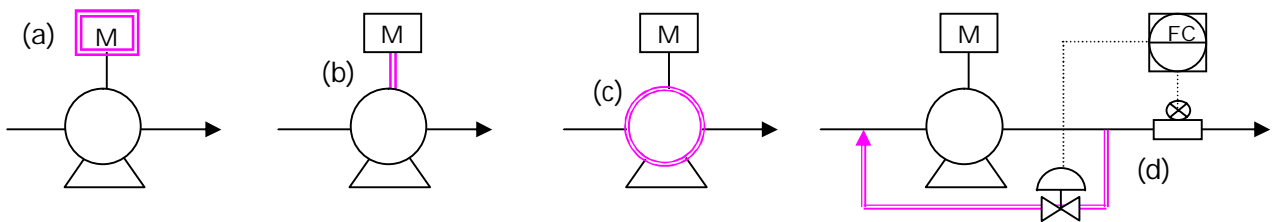
2) プラントにおけるV V V F 制御の利用

プラントには、ポンプ、ブローア、コンプレッサ (圧縮機) 等の回転機器が多数設置される。その能力は回転数で決まってくる。しかし、プラントの生産量は一定不変ではないので、能力を変える必要がある。能力変更の一つの手段がモータの回転数変更である。V V V F 制御は電気によるモータ回転数変更の一手段である。

3) 他の能力調整方式

機器能力の変更方法は、(a)電気のV V V F 制御を用いた回転数変更以外にもある。例えば、以下の方式が知られている。

- (b)伝達機構：ギア、Vコーン、サイクロ、流体継手、
- (c)容量：ストローク、ベーン開度、ロード／アンロード制御
- (d) (機器ではなくて) 配管：ミニマムフロー制御



No.	分類	方式	内容	変化	省エネ
1	(a)電気	V V V F	回転数変更	連続	○
2	(b)伝達機構	ギア	歯車の山の数を変える	離散	×
3		Vコーン	コーンの摺合せ面を動かす	連続	×
4		サイクロ	独特な機構	連続	×
5		流体継手	滑りの程度を油圧で調整する	連続	×
6		(c)容量	ロード／アンロード	複数弁の開閉台数で、逃がし量を調整	離散
7	ストローク		容積を調整する	連続	×
8	ベーン開度		風量を調整する	連続	×
9	(d)配管	ミニマムフロー	戻しラインを設置する。	連続	×

4) V V V F の優位性

他の能力調整方式と異なり、V V V F には省電力効果のある点を押えておきたい。但し、初期の投資負担は大きくなる。



23. Wind up : 飽和現象

ワインドアップは、制御に伴うある現象を表す専門用語である。同じ制御の範疇に属した専門用語が幾つかある。その幾つかを以下に列挙して説明を加える。(主に「JIS0155 工業プロセス計測制御用語及び定義」が情報源。) PSE 初級者であれば、これらを身に付けていなければなるまい。

(1) ワインドアップ (wind up) : 飽和現象

積分動作 (リセット動作) に関わる現象として、通常はリセットワインドアップ (reset windup) 又は積分飽和現象 (integral windup) と一語にして使用される。内容は、以下である。

偏差大状況でPID制御を開始した時や、操作量の上下限制約による偏差回復の遅れで、積分量過大の事態が引き起こされる現象である。(積分が巻上げられた状況!) この支障への対処法は、アンチリセットワインドアップ (anti reset windup) と呼ばれる。次のような各種の対処法が知られている。

- ・積分動作の切離し (積分分離)、積分演算の停止、速度形式での積分実行、積分要素の外出し、自動整合制御系 (操作量が上下限制約値に達した時点で、それを越える方向の積分機能を停止する方法)

(2) オフセット (off set) : 残留偏差、定常偏差

あるデータの位置を、基準点からの差(距離)で表した値のこと。「offset」は英語で「差し引き計算する」という意味で、そこから転じて、必要なデータの位置を基準点からの差(距離)で表した値のことをオフセットと呼んでいる。

制御分野では「系が定常状態に達した時点で、一定値に落ち着いた制御偏差の値」を指す。制御分野では、専らこの意味だけに特定して利用されている。比例動作のみの場合に発生する。積分動作があれば、オフセットは0と出来る。

(3) バイアス (bias) :

偏ること。転じて、偏差のあること。同じ偏差でも、オフセットは残留や定常のケースに限定され、バイアスとは峻別して使われる。

(4) ランプ (ramp) :

一定速度での変化。

(5) バンプレス (bumpless)

バンプとは飛び上がること。飛び上がらないのがバンプレス。バンプレスの対象は、モード切替時の操作量である。AUT 切替時はSVのPVトラッキング、CAS切替時は1次ループMVの2次ループSVトラッキングによりバンプレスが実現されている。

(6) チャタリング (chattering) : チャタる

オンオフの振動現象。

(7) ハンチング (hunting) : 乱調

連続する、振幅の減衰しない振動現象。順調の時はサイクリング。

(8) ダンピング (damping) : 制動

エネルギーを失って、振動の振幅が時間とともに減少する状態。なお、減衰 (attenuation) は、振動せずに単調に減少する状態。

(9) ヒス、ヒステリシス (hysteresis) :

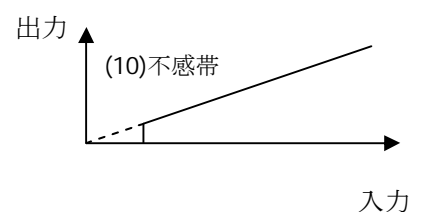
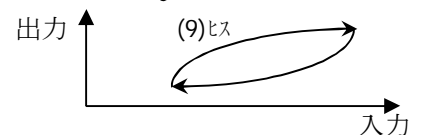
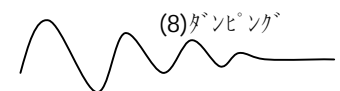
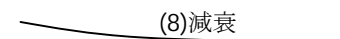
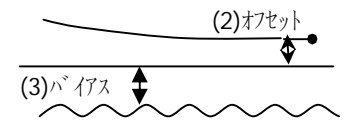
印加された入力値の方向によって、出力値が異なる機器の特性

(10) 不感帯 (dead band)

出力値の変化として感知できる変化を、全く生じることのない入力変化の有限範囲。この特性を意図して使う場合、「中立帯」と呼ぶことがある。

(11) サチる (Saturate) : 飽和する

英語から来た俗語。



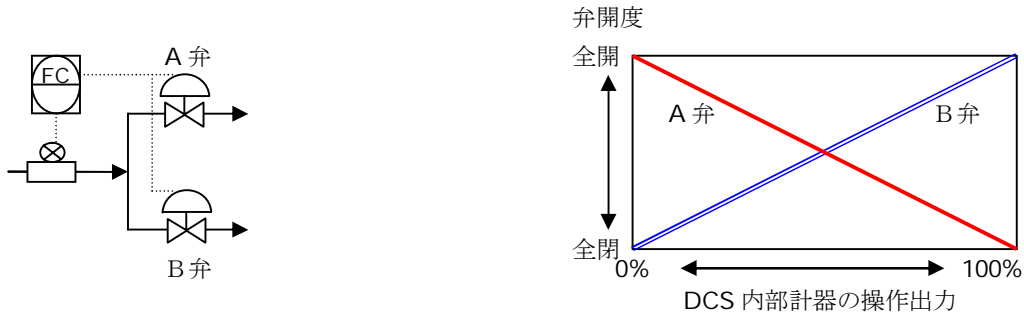
24. X Split : クロススプリット

「エックススプリット」と読む初心者を脱して、「クロススプリット」と呼んでPAのプロらしい箔をつけよう。で、読み方だけでは偽のプロで、直ぐに化けの皮が剥がれるだけである。以下の内容の方もしっかり押えよう。同類の2つと合せて、スプリット3点セットで頭を整理するのが良いだろう。

なお、ここでの例示はスプリットの原理説明までである。実際にはバルブのエアレスやエレキレス仕様も考慮する必要がある。実務は単純な原理通りでは済まぬのが普通なので、その点留意されたし。

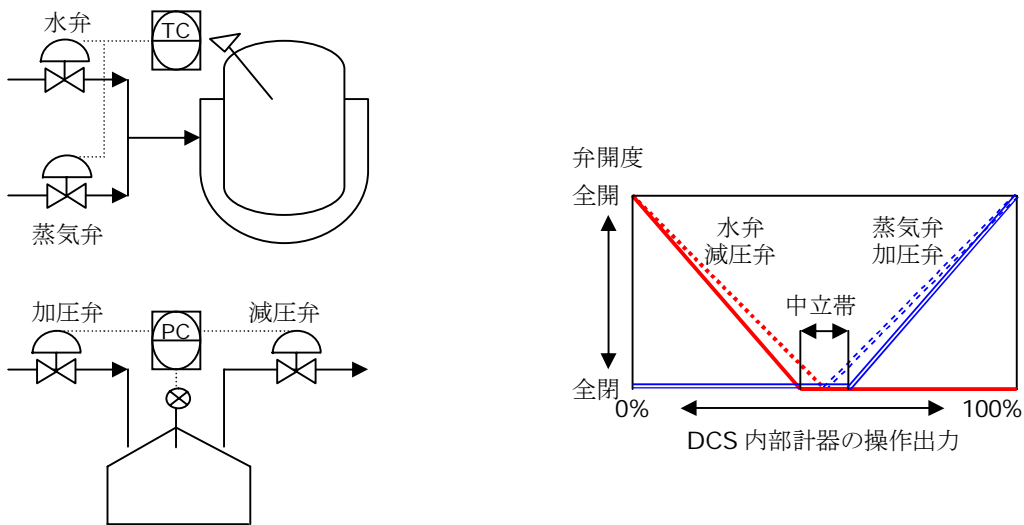
(1) Xスプリット

例えば、2台の弁を連携させて、流量を保ちながら行先を変える場合に利用される。2台の弁設定におけるクロス格好がXに模されるので、このように呼ばれている。



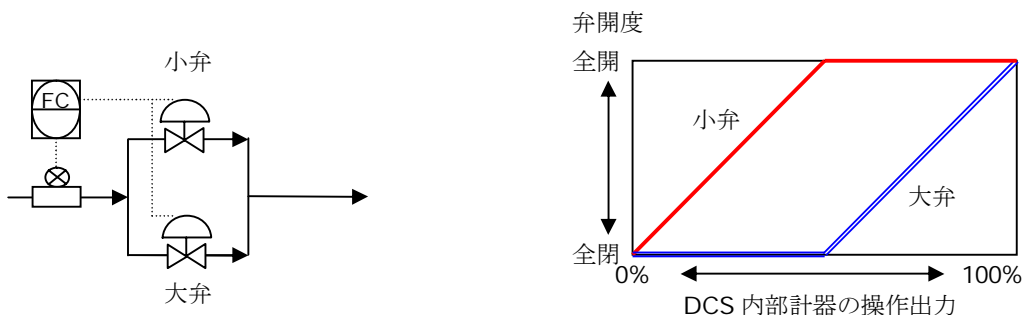
(2) Vスプリット

例えば、温度調整における冷却と加温を、水と蒸気という2つの流体で行う場合に利用されるスプリットの形態である。もう一つの例として、タンクの圧力調節における加圧と減圧の2台設置がある。2台の弁設定におけるVの格好から、このように呼ばれている。なお、スプリット点をぴったりとすると、弁の僅かな調整ずれによって、両方のラインが同時に開く恐れがある（点線ケース）。そこで、若干の中立帯を挿入することが、普通となっている（実線ケース）。



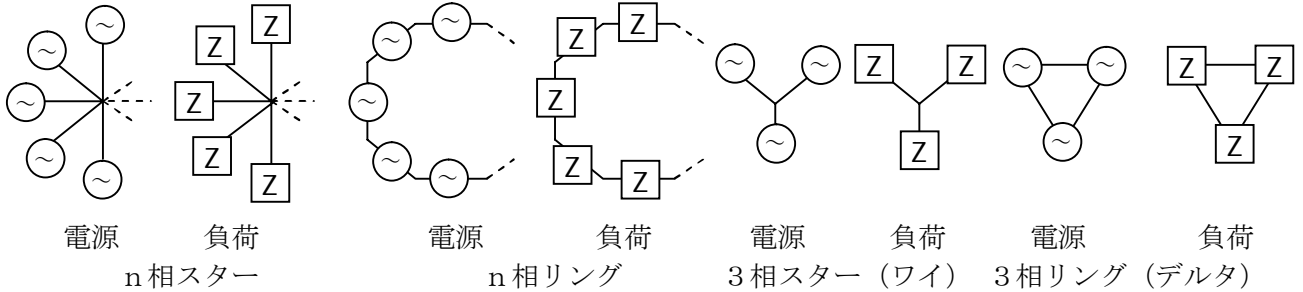
(3) パラレルスプリット

流量制御の範囲が広く、1台の調節弁では制御しきれない場合がある。その場合に小大の複数台の調節弁を組合せて、小流量から大流量までをカバーすることがある。



25. YΔ Connection : スターデルタ結線

Yを普通に英文字読みしてワイと呼ぶことも勿論あるが、スターと呼ぶ方がプロらしい箔がつくだろう。n相交流に対する一般的な星形(スター)と環状(リング)との2種類の結線方法が、起源である。それを3相交流に当てはめると、YとΔの形状になる訳だ。3相交流を明示する意味合いからは、ワイデルタが妥当である。スターデルタの呼び方は、一般と3相の組合せとなり、むしろ不整合である。但し、起源を知っているぞとばかり、スターの方を口にするると箔がつくのであゝる。



さて、事は3相交流に関わる電気理論であり、電気技術者でなければ、その深みには近寄り難い面がある。PSE初級技術者としては、全電圧始動(別名直入れ)に対する、高負荷装置の起動時の対策である。という認識だけでよいだろう。

プラント機器の中には、回転機器や加熱器等のように、電気を動力源とする電気機器が多数ある。電気機器の起動時は、安定運転時と状況が異なっている。大きな始動トルクを要し、一時的な突入電流も流れる。全電圧始動(別名直入れ)とは、特別な回路を組まず、そのまま全電圧を掛ける方式である。一方、スターデルタ結線は、回路を工夫した方式の一つである。

探せば色々な対照表となっていると思う。比較的素人分かりする一例を掲げておこう。この表の掲載にて責任を果たしたことにして、説明を投了するものである。

(※ http://www.de-denkosha.co.jp/product_01_c_06.htmにあった表の表現を改変)

始動方法	内容	諸特性			適用等
		始動電流	始動トルク	加速性	
全電圧始動	モータに直接電源(定格)電圧を印加する。	1	1	・加速トルク最大 ・始動時ショック大	電源容量があれば最も一般的
減電圧始動	スターデルタ始動	1/3	1/3	・トルク増加小 ・最大トルク小	・一般に5.5KW以上のモータで、無負荷または実負荷始動できるもの ・減電圧始動方法では最も一般的 ・工作機、クラッチ付荷役機械など
	始動補償器始動	$(m1/100)^2$	$(m1/100)^2$	・トルク増加、やや小 ・最大トルクやや小 ・円滑な加速	・始動電流を特に抑えるもの ・大容量モータ ・ポンプ、ファン、ブロワ遠心分離機など
	リアクトル始動	$m2/100$	$(m2/100)^2$	・トルク増加大 ・最大トルク大 ・円滑な加速	・2乗低減トルク負荷 ・紡績機械等の緩始動用など
	一次抵抗始動	$m3/100$	$(m3/100)^2$	・トルク増加大 ・最大トルク大 ・円滑な加速	・2乗低減トルク負荷 ・小容量モータ(7.5kw以下)

注) 1. m1: 単巻変圧器のタップ電圧(%) m2: 始動リアクトルのタップ電圧(%) m3: 始動抵抗のタップ電圧(%)
 2. 始動補償器の始動電流は励磁電流を無視している(実際には10~20%程度増大する)。



26. ZN (=Ziegler and Nichols) tuning : ジグラ・ニコルス調整

PID制御は、ゲインを適切に調整してナンボである。PID制御での制御結果が不調な場合、その原因はPIDの制御則自体が不十分な訳ではなく、PIDゲインの調整が不適當だっただけ、ということはある話である。とはいえ、PIDゲインの適切な調整は、それ程簡単な作業ではない。闇雲に試行錯誤的に調整したのでは、多大の労力となってしまふ。そんな事態を回避すべく、PIDゲイン調整に関して一つの指針を与えるものがZN調整法である。勿論、万能な指針ではあり得ない。

1) ZN調整法の現実

ステップ応答法と限界感度法の2通りがある。どちらにしる応答テストが必要であって、ステップ応答法は設定値のステップ変化、限界感度法は安定限界となる振動変化、を対象に与えなくてはならない。対象が化学プラントの場合、これらのテストは往々にして困難である。ZN調整法は汎用的指針の一つと言えても、現場では自由に採用できない。ま、基礎知識として知っておくべき内容だろう。

2) 化学プラントに対する調整法の諸相

汎用性を意図して、対象を限定しない調整法が提案されている。しかし、現実の調整では、汎用性よりも目の前の対象が関心の的である。その意味で、メカトロニクス系かプラント系かによって、調整法は区別されてしかるべきと考える。調整法の妥当性が話題となることがあるが、対象の違いを論点の一つとすべきだろう。ここでは、化学プラントに特化した調整法の諸相を列挙する。

(1) 手順体系化

大体のゲインを試行錯誤で手早く求めて済ませる、との略式手段も現場ではしばしば採用される。その試行錯誤過程を、ノウハウの調整ルールとしてフローチャート手順書に体系化する、とのユーザ発想である。現状ゲインからフローチャートに沿って進めば、再調整を完了できる。大手化学企業の社内ノウハウとなっている事例があり、ユーザの現場的発想が特徴の一つの手法といえよう。

(2) エンジニアの提案法

長年の経験に裏づけされたエンジニアの提案した調整法が知られている。シンスキー氏、SICE計装塾での紹介手法(元横河電機富田殿)、小河法(元三菱化学、山武)が有名である。

(3) 理論追究

大学からの提案は現在でも多数ある。但し、研究の域を出ないものもまた多数である。メーカ提案では、横河電機のfPRIDE、東芝のMd-PID(重政殿提案)があり、供用されている。

3) 具体的手法例

幾つか有名手法がある。三菱化学エンジニアリング殿の販売しているツール製品(PID-Tuning Tools Ident/Tuner)には、次の12種類の調整方法が搭載されている。

(三菱化学エンジニアリングカタログ <http://www.s-momo.com/product/pid-tuning/pid-tuning.html>)

- ①Ziegler and Nichols法 ②北森法 ③IMC法
- ④CHR (=Chein, Hrones and Reswick)法 外乱0%行過ぎ ⑤CHR法 外乱20%行過ぎ
- ⑥CHR法 目標0%行過ぎ ⑦CHR法 目標20%行過ぎ ⑧Cohen and Coon法
- ⑨高橋法 ⑩Hazebroek and Waerden Wolf法
- ⑪小河法 [1999年度計測自動制御学会論文賞 I-PD アルゴリズムのロバストPID調整法]
- ⑫均流液面制御(オプション) [特許番号第2811041号]

4) 可変ゲイン

1ループに対するPIDゲインを固定とするのではなく、条件による可変ゲインとする手法もある。可変となる分、制御性の向上が期待できるが、可変ゲインの調整は一層悩ましくなる。

(1) セルフチューニング、オートチューニング

適宜、ゲインの再調整を自動的に行う方法である。再調整となってみないと、結果は分からない。万一不適切なゲインとなったら、プラントへの支障となる心配がある。

(2) ゲインスケジューリング

状況別に予めゲインを用意しておく方法である。どんなゲインとなるかを事前に把握できている点が(1)とは異なっている。

