

自動制御 実習テキスト

目 次

1. 実習の概要	2
2. PID 実習セットの概要	3
2.1 機器構成	3
2.2 制御動作	3
2.2.1 水位制御	3
2.2.2 流量制御	4
2.2.3 カスケード制御	5
3. 制御方法の選択	6
4. 準備	7
4.1 変換器の調整	7
5. 自動制御の実習スタート(フィードバック制御)	8
6. 比例動作(Proportional Action)	10
7. 積分動作(Integral Action)	11
8. カスケード制御動作(Cascade Control)	12
9. PID 定数の調整手順(トライアンドエラー方式)	14
9.1 比例帯の調整	14
9.2 積分時間の調整	15
10. 制御対象の特性の測り方(ステップ応答法)	16
11. PID 定数の最適調整	17

1. 実習の概要

実習の順序は必ずしも以下の順序にはこだわりませんが、最初はこのテキストの順に実習を行うことをおすすめします。

このテキストでは、PID 実習セットの操作方法については記載していません。実習では Auto/Man 切替やチューニングパラメータを変更しますが、**設定方法については各操作取扱説明書を参照してください。**

また、PID 制御の理論については別冊の『PID 制御入門』を参照してください。

- (1) まず 5 項で、自動制御を開始します(フィードバック制御)。ここでは PID の PB(比例帯)、TI(積分時間)、TD(微分時間)のパラメータの値にはこだわらず、とにかく実習キットを操作して自動制御の概要を把握することに重点をおきます。

- ・水位または流量制御

まず水位制御の実習から始めます。次に流量制御の実習を同じ要領で行います。この順序が逆になっても構いません。

- ・水位ー流量のカスケード制御

カスケード制御の効果は二次側制御系に入る外乱(外乱発生装置の操作)に対しては、二次側制御系により吸収改善され、一次側制御系への影響を少なくします。

水位制御: 一次側制御系

流量制御: 二次側制御系

- (2) 6～8 項では、P,I,D の PB(比例帯)、TI(積分時間)のパラメータを変更して、各々の効果を観察します。
- (3) 9 項では P,I,D の PB(比例帯)、TI(積分時間)の調整手順の実習を行います。
しかし、PID 制御における PB(比例帯)、TI(積分時間)のパラメータの調整は、制御対象の特性と密接に関連があり、制御対象の特性がわからないと適切な調整ができません。
- (4) 10 項では制御対象の特性の測り方の実習を行います。
- (5) 11 項では、制御対象の特性から、PB(比例帯)、TI(積分時間)を求めてみます。これを最適調整といいます。

これでこの PID 実習セットによる実習は終わりです。後ほど PID 制御について疑問が生じたときに、対象の項だけを復習すればよいでしょう。

2. PID実習セットの概要

2.1 機器構成

この実習セットは、水位および流量を制御対象とし、水位または流量をシングルループコントローラ内の PID 制御ブロックにより一定値に制御するものです。

PID 制御ブロックの入力である水位・流量測定値(PV 値)、水位・流量目標値(SP 値)および制御出力値(MV 値)は、シングルループコントローラの画面にリアルタイムで表示されます。

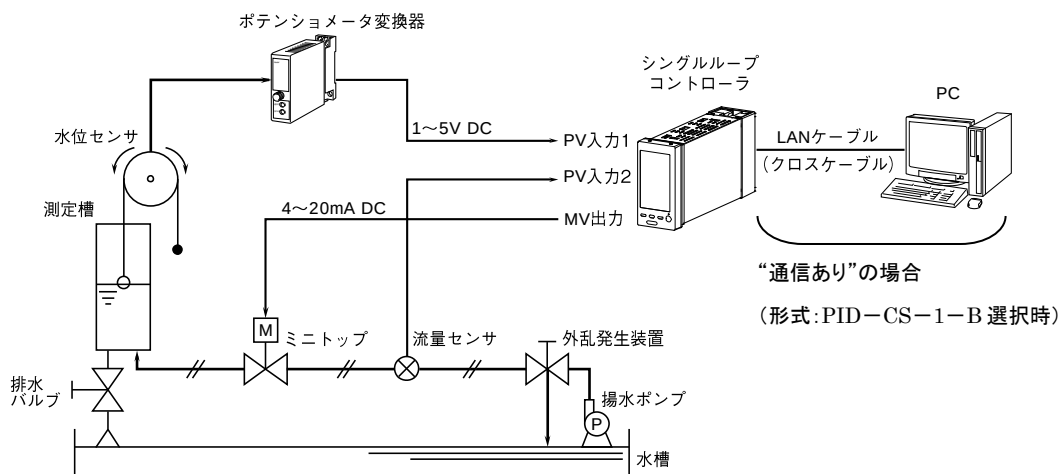


図 1 システム構成図

2.2 制御動作

2.2.1 水位制御

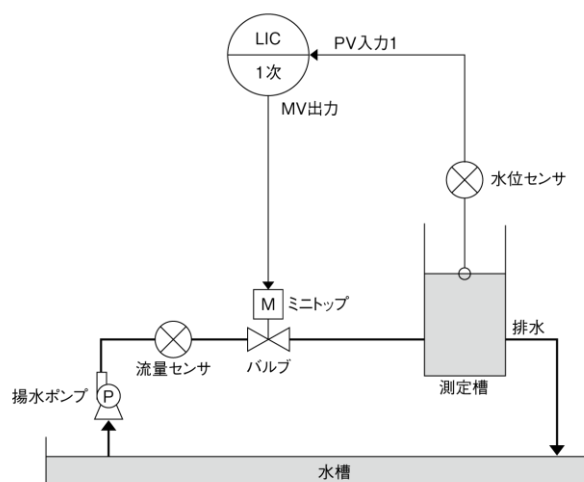


図2 水位制御ループ図

設定した水位の目標値と実際の水位が等しくなるように、揚水ポンプから吐出する水の流量をバルブで増減し、測定槽の水位が目標値に等しくなるよう制御します。

- ① 図 1 で測定槽に設置されたフロートが上下することにより、水位センサの滑車が回転します。滑車の回転に応じて滑車の中心に設置されたポテンシオメータの軸が回転することにより、水位(0～100%)に応じた抵抗値をポテンシオメータ変換器(形式:M2MS)へ入力します。
- ② ポテンシオメータ変換器は、抵抗値に応じた信号(1～5V DC)をシングループコントローラ(形式:SC100/SC200)の水位制御ブロック(LIC)に測定値(PV 入力 1)として入力します。
- ③ 図 2 で、水位制御ブロック(LIC)は、測定値(PV 入力 1)と設定した水位目標値(SP 値)との偏差をもとに PID 演算処理を行います。その結果を制御出力(MV 出力 4～20mA DC)に変換してミニトップ(形式:

MSP4) へ出力します。

- ④ ミニトップは、4～20mA DC の信号に応じてバルブを開閉し、揚水ポンプから測定槽への給水量を増減します。

2.2.2 流量制御

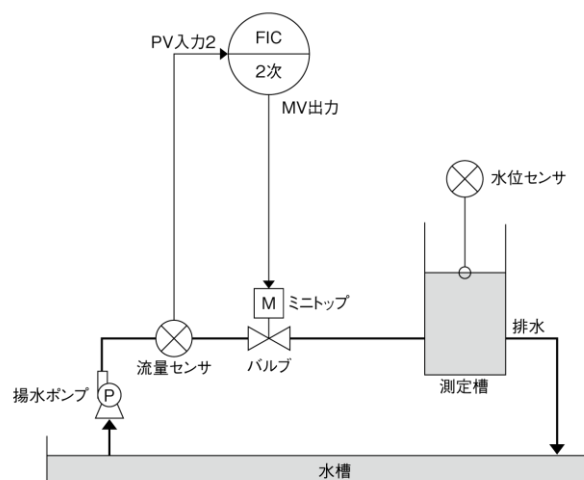


図3 流量制御ループ図

設定した流量の目標値と実際の流量が等しくなるように、揚水ポンプからの給水量をバルブで増減し、最終的に流量センサからの流量が目標値に等しくなるよう制御します。

- ① 図1で、水槽に設置された揚水ポンプが運転することにより、流量センサの中の羽根車が回転します。流量センサはその回転に応じたパルス信号をシングルループコントローラ(形式:SC100/SC200)の流量制御ブロック(FIC)へ測定値(PV 入力 2)として入力します。
- ② 図3で、流量制御ブロック(FIC)は、この測定値(PV 入力 2)と設定した流量目標値(SP 値)との偏差にPID演算処理を行います。その結果を制御出力(MV 出力):4～20mA DC に変換してミニトップ(形式:MSP4)へ出力します。
- ③ ミニトップは、4～20mA DC の信号に応じてバルブを開閉し、揚水ポンプから測定槽への給水量を増減します。

2.2.3 カスケード制御

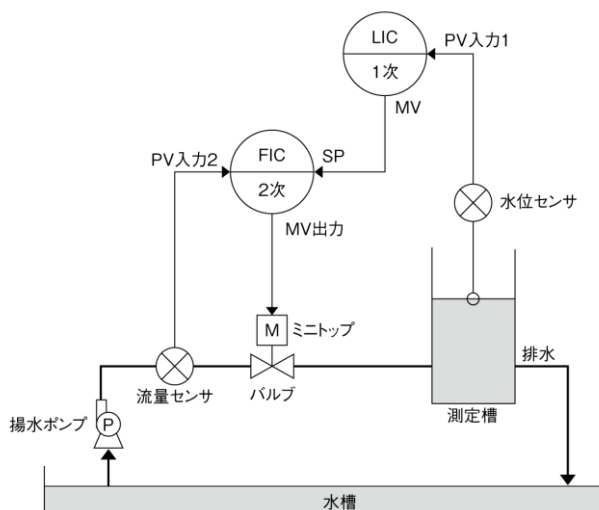


図4 カスケード制御ループ図

カスケード制御ループとは、プロセス変数の異なるループ間をマスタ調節計とスレーブ調節計で結合し、マスタ調節計の出力をスレーブ調節計の設定に接続するループをいいます。カスケードは小滝の意味で、スレーブ側調節ループのプロセス応答はマスタ側調節ループより速いのが基本です。流量の変化などスレーブ側の外乱に対し、素早く修正できます。

カスケード制御のときは1次側の水位制御ブロック(LIC)のPID演算処理の結果が、シングルループコントローラ内部で2次側の流量制御ブロック(FIC)の流量設定値(SP値)として扱われます。

- ① 図1で、測定槽に設置されたフロートが上下することにより、水位センサの滑車が回転します。滑車の回転に応じて滑車の中心に設置されたポテンショメータの軸が回転することにより、水位(0～100%)に応じた抵抗値をポテンショメータ変換器(形式:M2MS)へ入力します。
- ② ポテンショメータ変換器は、抵抗値に応じた信号(1～5V DC)をシングルループコントローラ(形式:SC100/SC200)の水位制御ブロック(LIC)へ測定値(PV入力1)として入力します。
- ③ 図4で、水位制御ブロック(LIC)は、この測定値(PV入力1)と設定した水位目標値(SP値)との偏差にPID演算処理を行います。その結果を2次側の流量制御ブロック(FIC/2次)の流量設定値(SP値)として入力します。
- ④ この設定値(SP値)と流量測定値(PV入力2)との偏差に、同じくPID演算処理をして、その結果を制御出力(MV)の4～20mA DCとしてミニトップに出力します。
- ⑤ ミニトップは、4～20mA DCの信号に応じてバルブを開閉し、ポンプから測定槽への給水量を増減します。

3. 制御方法の選択

この PID 実習セットは、水位制御・流量制御・カスケード制御の 3 種類の制御方法を選択できます。

制御ユニットのシングルループコントローラには 2 つの PID 制御ブロックが内蔵されており、1 次側制御ブロック(1st)が「水位制御」に、2 次側制御ブロック(2nd)が「流量制御」に割り当てられています。

水位制御:水位制御側(1st)の MV(制御出力)でバルブをコントロールします。

流量制御またはカスケード制御:流量制御側(2nd)の MV(制御出力)でバルブをコントロールします。

どちらの PID 制御ブロックでバルブをコントロールするかは、流量制御側の Cascade/Local 切替(以下 Cas/Loc)または、Auto/Manual 切替(以下 Auto/Man)により自動的に選択されます。

モード 制御	水位制御側(1st)		流量制御側(2nd)	
	Cas/Loc	Auto/Man	Cas/Loc	Auto/Man
水位制御	Loc	Auto	Loc	Man
流量制御	Loc	Man	Loc	Auto
カスケード制御	Loc	Auto	Cas	Auto
手動操作	Loc	Man	Cas	Man

表 1 制御方法一覧表

例えば、表 1 で流量制御側(2nd)の Cas/Loc が Loc モードで Auto/Man が「手動操作(Man)」のときは、水位制御側(1st)を「手動操作(Man)」から「自動操作(Auto)」に切り替えることにより、水位制御側の出力でバルブがコントロールされるようになります(水位制御)。この状態は、流量制御側(2nd)を Cas モードか「自動操作(Auto)」に切り替えるまで維持されます。

流量制御側(2nd)を「Cas モード」に切り替えた場合は、流量側の SP(目標値または設定値)は水位制御側の出力(MV)に接続され、水位制御→流量制御のカスケード制御となります。

一方、流量制御側(2nd)を「自動操作(Auto)」に切り替えたときは 1 次側制御ブロックである水位制御側(1st)の Auto/Man の状態により制御方法が異なります。水位制御側(1st)が「自動操作(Auto)」であれば水位制御のままですが、「手動操作(Man)」であればバルブのコントロールが水位制御側の出力から流量制御側の出力に切り替わり、流量制御となります。

バルブを手動操作したいときは、流量制御側(2nd)を Cas/Loc を「Cas モード」、Auto/Man を「手動操作(Man)」にしてください。

水位制御での注意点

排水バルブを全開にすると水位が上がらなくなり、制御ができなくなることがあります。このような場合は排水バルブを少し閉じてください。

流量制御での注意点

水位制御とは反対に排水バルブを全開に行ってください。これは排水バルブを少し閉じたままにすると水位が上昇し、その水圧により流量が変化して、制御に影響が出るためです。

流量制御で PID 制御がうまく行えたら**カスケード制御**を試してください。カスケード制御を行うときは、流量制御の PB(比例帯)、TI(積分時間)、TD(微分時間)のパラメータの値はそのままにしておき、水位制御側の最適な PB(%), TI(min), TD(min)の定数を求め、単独の水位制御を行ったときとその動作などを比較するとよいでしょう。

4. 準備

最初に、同梱している取扱説明書を参考に組立、配線してください。

次に、制御ユニットにあるポテンショメータ変換器のゼロ・スパンの調整を行います。

4.1 変換器の調整

測定槽の目盛に水位が合っているか確認します。

本実習セットは工場出荷時に調整済みですが、水位がずれている場合はポテンショメータ変換器の再調整が必要です。

なお、調整を行う前に制御ユニットに 10 分以上電源を投入しておいてください。

- ① 制御方法を「**水位制御**」にします。
- ② 水位制御の **PB(比例帯)**を 50%に、**Tl(積分時間)**を 0.5min に、**TD(微分時間)**を 0min にします。
- ③ 排水バルブを半分くらいに絞ります。
- ④ 水位制御の **SP 値**を 0%にします。
- ⑤ **PV 値**が 0%に安定するまで待ち、測定槽の水位が 0%目盛りの幅(太さ)以内に入っているか確認します。
ずれている場合は目盛にあうようにポテンショメータ変換器のゼロ調整で調整します。※1
- ⑥ 水位制御の **SP 値**を 100%にします。
- ⑦ **PV 値**が 100%に安定するまで待ち、測定槽の水位が 100%目盛りの幅(太さ)以内に入っているか確認します。
ずれている場合は、目盛にあうようにポテンショメータ変換器のスパン調整で調整します。
- ⑧ ゼロ、スパンを調整した場合は、水位制御の **SP 値**を再度 0%にし、**PV 値**が 0%に安定するまで待ち、測定槽の水位が 0%目盛りの幅(太さ)以内に入っているか再確認してください。入っていなければ⑤～⑧を繰り返して目盛りの幅以内に調整します。

以上で調整は終了です。

それでは、実習のスタートです。

なお、PID 実習セットは、周囲の条件(気温、電源など)により特性が変わります。そのため、実習の結果得られたデータにはばらつきがあることをお含みおきください。

※1 水位が 0%より低い(=ポテンショメータ変換器の出力が 0%(1V)のときの水位がマイナス)場合、実際に水位 0%のときはポテンショメータ変換器の出力が 0%より大きくなっているため、ゼロ調整トリマは小さくなるように(反時計回りに)回します。逆に水位が 0%より高い場合は、ゼロ調整を大きくするように(時計回りに)まわします。

5. 自動制御の実習スタート(フィードバック制御)

水位制御側(1st)、流量制御側(2nd)のいずれかで確認します。

揚水ポンプの締切り運転防止のため、揚水ポンプの電源は **OFF** にして、外乱発生装置は少し開けておいてください。

(1) Auto/Man 切替を「**手動操作(Man)**」にして、MV(制御出力)の値を **10%**に設定します。

(2) 揚水ポンプの電源を **ON** にします。下記のチューニングパラメータを設定します。

PB(比例帯)	200	%
TI(積分時間)	1	min
TD(微分時間)	0	min

(3) SP(目標値または設定値)を **30%**に設定します。(60mm)

(4) PV(測定値)が一定になった時点で Auto/Man 切替を「**自動操作(Auto)**」にします。
PV は SP にゆっくり近づきます。

(5) TI を **0.1min** にし、(1)～(4)項と同じ操作を行います。
PV の SP に近づく速さが(4)項より速くなります。

(6) PB=**100%**、TI=**0.1min** にし、(1)～(4)項と同じ操作を行います。
PV の SP に近づく速さが(5)項より速くなります。

(7) PB=**20%**、TI=**0.05min** にし、(1)～(4)項と同じ操作を行います。
PV の SP に近づく速さが(6)項より速くなります。MV は、発振気味(波を打つ状態)になります。

(8) SP と PV がほぼ一致したときに、「**自動操作(Auto)**」→「**手動操作(Man)**」→「**自動操作(Auto)**」の切り替えを行っても、MV はほとんど変化しません。偏差がなく積分動作が入っている状態では、切り替えても MV は変わりません。

【この実習でわかること】

- ・ 自動制御(フィードバック制御)では、積分動作があっても MV(操作出力値)は一定速度で変化するとは限りません。
偏差がなくなるまで PV(測定値)は変化しますが偏差が減るにつれ、その速度はゆっくりしたものになります。
- ・ 偏差がなくなるまでの経過は比例帯、積分時間の大きさに変わります。比例帯が小さいほど、また積分時間が小さいほど、PV は速く変化します。
- ・ 偏差がない状態では、自動と手動を相互に切り替えても出力は変化しません。

【参 考】

- 実際の制御対象に適用するときは、一般的に下記の方法で自動制御のスタートを行います。
- ・ 操作方法を「手動操作」にし、出力を低い値から少しずつ上げて行き PV が SP(目標値または設定値)に近づくまで操作します。
- ・ 自動に切り替えます。

- ・この方法では、大きな出力が急に制御対象に加えられる恐れがないので安全です。
しかし、やや時間がかかりますので、本実習では、本稿 6～7 項の方法で行います。

6. 比例動作 (Proportional Action)

水位制御側 (1st)、流量制御側 (2nd) のいずれかで確認します。偏差に比例した出力を出す動作です。

揚水ポンプの締切り運転防止のため、揚水ポンプの電源は OFF にして、外乱発生装置は少し開けておいてください。

(1) Auto/Man 切替を「**手動操作 (Man)**」にして、MV (制御出力) の値を **10%** に設定します。

(2) 揚水ポンプの電源を ON にします。下記のチューニングパラメータを設定します。

PB (比例帯)	300	%
TI (積分時間)	0	min
TD (微分時間)	0	min

(3) SP (目標値または設定値) を **30%** に設定します。(水位制御 60mm) (流量制御 45 l/h)

(4) PV (測定値) が一定になった時点で Auto/Man 切替を「**自動操作 (Auto)**」にします。

MV は一時増加し、次にゆっくり減少し、いずれ一定になります。

PV は SP に近づきますが、一致はしません。

PV と SP の差を**オフセット (定常偏差)**といいます。

この画面を記録しておきます。

(5) PB を **100%** にし、(1)～(4)項と同じ操作を行います。

MV は一時増加し、次にゆっくり減少、いずれ一定になります。

PV は、(4)項より速く変化し、オフセットは減ります。

この画面を記録しておきます。

(6) PB を **20%** にし、(1)～(4)項と同じ操作を行います。

MV は一時増加し、次にゆっくり減少し、いずれ一定になります。

PV はゆっくり変化し、オフセットは減ります。

この画面を記録しておきます。

(7) PB を **3%** と小さくして、(1)～(4)項と同じ操作を行います。

だんだん MV が発振 (大きく波を打つようになる) してゆきます。

この画面を記録しておきます。

【この実習でわかること】

- ・ 比例動作だけでは、偏差はなくなりません。この偏差をオフセット (定常偏差) といいます。
- ・ 比例帯を小さくするとオフセットは小さくなります。
- ・ 比例帯を小さくしてゆくと、いずれ出力が発振します。このとき、PV も同じ周期で発振します。

7. 積分動作 (Integral Action)

水位制御側 (1st)、流量制御側 (2nd) のいずれかで確認します。偏差の積分に比例した出力を出す動作です。

揚水ポンプの締切り運転防止のため、揚水ポンプの電源は OFF にして、外乱発生装置は少し開けておいてください。

(1) Auto/Man 切替を「**手動操作 (Man)**」にして、MV (制御出力) の値を **10%** に設定します。

(2) 揚水ポンプの電源を ON にします。下記のチューニングパラメータを設定します。

PB (比例帯)	100	%
TI (積分時間)	1	min
TD (微分時間)	0	min

(3) SP (目標値または設定値) を **30%** に設定します。(水位制御 60mm) (流量制御 45 l/h)

(4) PV (測定値) が一定になった時点で Auto/Man 切替を「**自動操作 (Auto)**」にします。

MV はゆっくり変化します。

当初、オフセットが出ますが、これも積分動作 (I 動作) がはたらき少しずつ減少してゆきます。

この画面を記録しておきます。

(5) TI を **0.5min** にし、(1)～(4)項と同じ操作を行います。

オフセットの減る速度が(4)項より速くなります。

この画面を記録しておきます。

(6) TI を **0.5→0.05→0.01min** と小さくし、(1)～(4)項と同じ操作を行います。

MV が発振 (大きく波を打つようになる) してゆきます。

この画面を記録しておきます。

「6. 比例動作」の(7)項、比例帯の発振状態と比較します。

【この実習でわかること】

- ・ 積分動作を加えると、オフセットをなくすことができます。
オフセットをなくす速さは、比例帯が小さいほど、また積分時間が小さいほど速くなります。
- ・ 積分時間を小さくしてゆくと、いずれ発振します。このときの発振の様子は比例動作だけの場合とはやや異なり、振動の周期は長くなります。

8. カスケード制御動作 (Cascade Control)

この実習では、測定槽の水位を制御対象とし一定とします。水位制御 (1st) の下位に流量制御 (2nd) を組み合わせたカスケード制御を行うことで、外乱発生装置の外乱に対する影響力の違いを学びます。

揚水ポンプの締切り運転防止のため、揚水ポンプの電源は OFF にして、外乱発生装置は少し開けておいてください。

- (1) 水位制御側 (1st) の Auto/Man 切替を「**手動操作 (Man)**」にして、MV (制御出力) の値を **10%** に設定し、測定槽に水を貯めてゆきます。
- (2) 流量制御側 (2nd) の Auto/Man 切替を「**手動操作 (Man)**」にして、MV (制御出力) の値を **10%** に設定します。
- (3) 揚水ポンプの電源を ON にします。下記のチューニングパラメータを設定します。

① 水位制御側 (1st)

PB (比例帯)	100	%
TI (積分時間)	0.15	Min
TD (微分時間)	0	Min

② 流量制御側 (2nd)

PB (比例帯)	80	%
TI (積分時間)	0.10	Min
TD (微分時間)	0	Min

- (4) 水位制御ブロック (LIC) の SP (目標値または設定値) を **30%** に設定します。測定槽水位の PV (測定値) が **20%** を超えたら、「**自動操作 (Auto)**」にします。
- (5) 流量制御ブロック (FIC) の Loc/CAS を CAS モードにして、Auto/Man 切替を「**自動操作 (Auto)**」にします。
- (6) 「LIC → FIC」へのカスケード制御による水位制御が行われている状態で、外乱発生装置を急変 (全閉 → 全開) させ、流量の増減を起こしループの挙動を観察します。

「FIC」が流量の変動を吸収して、「LIC」の PV (測定値) は、ほぼ **50%** で一定のままであることが確認できます。

次に、カスケード制御から水位制御へ変更して、外乱に対するループの挙動の違いを確認します。

「3. 制御方法の選択」を参照し、

水位制御 Cas/Loc を Loc モード、Auto/Man を「**自動操作 (Auto)**」

流量制御 Cas/Loc を Loc モード、Auto/Man を「**手動操作 (Man)**」

に切替えます。

(7) (6)と同様に外乱発生装置を急変させ、ループの挙動を観察し、カスケード制御の場合と比較します。

【この実習でわかること】

- ・カスケード制御を加えると、流量の変動に対して影響をなくすことができます。2次側の流量制御が外乱を吸収して水位制御は安定した制御ができます。
- ・カスケード制御から水位制御へ変更すると、カスケード制御ではなく水位のフィードバック制御になり流量の変動に対し水位制御ループは影響を受けることになります。

9. PID定数の調整手順(トライアンドエラー方式)

水位制御側(1st)、流量制御側(2nd)のいずれかで確認します。

9.1 比例帯の調整

(1) Auto/Man 切替を「手動操作(Man)」にします。

(2) 下記のチューニングパラメータを設定します。

PB(比例帯)	300	%
TI(積分時間)	0	min
TD(微分時間)	0	min

(3) SP(目標値または設定値)を 30%に設定します。(水位制御 60mm)(流量制御 45 l/h)

(4) Auto/Man 切替を「自動操作(Auto)」にします。
PV(測定値)が一定になった時点で、SP を 50%に設定します。
この画面を記録しておきます。

(5) PB を 300→100→20→3%と小さくし、(1)～(4)項と同じ操作を行います。

(6) (5)の操作から図のような経過が得られます。

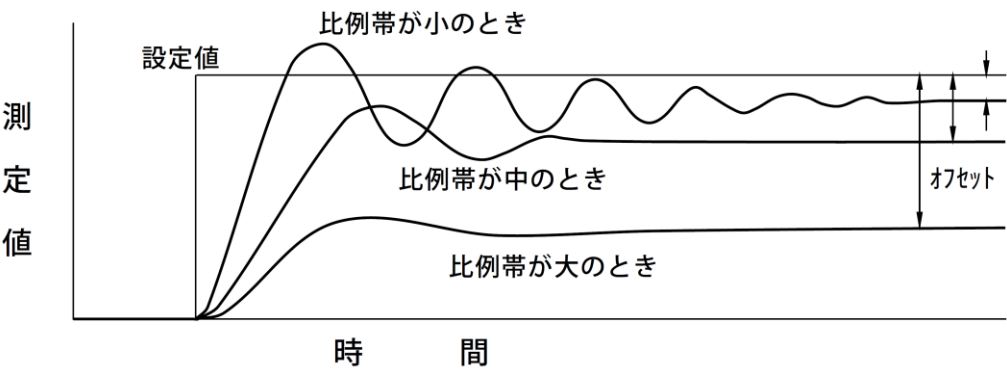


図 5 比例動作による制御経過の変化

(7) PB(比例帯)の値として、図 5 の「比例帯が中のとき」の波形になる値を採用します。

9.2 積分時間の調整

(1) Auto/Man 切替を「**手動操作 (Man)**」にします。

(2) 下記のチューニングパラメータを設定します。

PB(比例帯)

%

↑ 「9.1 比例帯の調整」の(7)項で得た値

TI(積分時間)

min

TD(微分時間)

min

(3) SP(目標値または設定値)を **30%**に設定します。(水位制御 60mm)(流量制御 45 l/h)

(4) Auto/Man 切替を「**自動操作 (Auto)**」にします。

PV(測定値)がほぼ一定になったところで **SP**を **50%**に設定します。

この画面を記録しておきます。

(5) TIを 2.0、0.1、0.01min と小さくして(1)～(4)項と同じ操作を行います。

(6) そのうちに PV にやや長い周期の振動が現れます(図 6)。

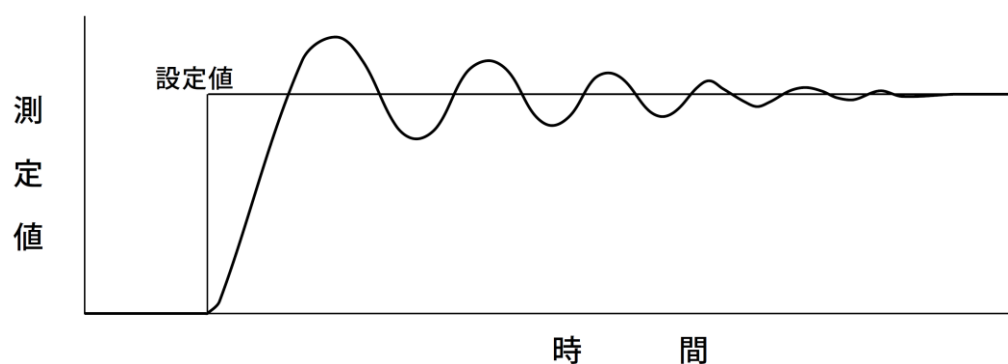


図 6 積分動作による測定値の振動

(7) TI(積分時間)の値として、**振動が現れる直前の値**を採用します。

10. 制御対象の特性の測り方(ステップ応答法)

測るべき制御対象の特性としては、等価むだ時間、等価時定数およびプロセスゲインがあります(『PID 制御入門』4・4 項参照)。

- (1) Auto/Man 切替を「**手動操作(Man)**」にし、MV を 10%にして PV 値が一定値になった時点を読みます。
- (2) MV をステップ状に 30%に変更して、PV 値が一定値になった時点を読みます。
- (3) この値をグラフ化します。時間－PV 曲線の勾配が一番急なところに接線 AB を引き、これにより L と T を求めます(図 7)。
L が等価むだ時間、T が等価時定数(遅れ時間)です。

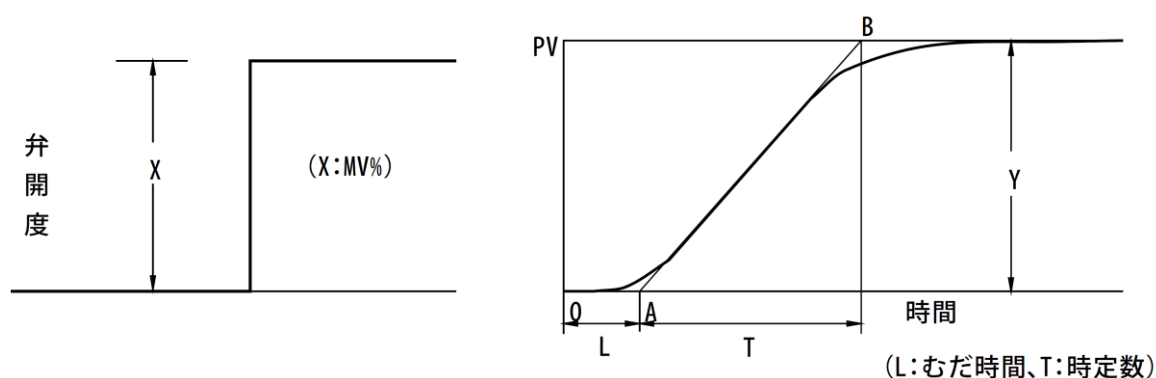


図 7 制御対象の特性の測り方

- (4) プロセスゲインは下記の式より計算します。これは PV 値の変化を%で表し、これを制御出力 (MV%) で割ったものです。

$$\text{プロセスゲイン}(K_P) = \frac{Y}{X} \times \frac{(MV30\% \text{ 時の PV 値}) - (MV10\% \text{ 時の PV 値})}{200\text{mm(PV 値スパン)}} \times 100\% \div (30 - 10)\%$$

- (5) なお、MV を 10%から 30%ではなく、30%から 10%または 10%から 40%などとして実験すると、上記の値は変わります。できればこれらの実験も行ってみてください。

11. PID定数の最適調整

9 項で紹介した『PID 定数の調整手順(トライアンドエラー方式)』を使って「PID 実習セット」の PB(比例帯)、TI(積分時間)、TD(微分時間)の各パラメータを求めてください。

10 項で得られた値を使って、最適調整の PB(比例帯)、TI(積分時間)、TD(微分時間)の各パラメータを計算します。

9 項で説明した方法はトライアンドエラー方式であるのに対し、本項の方法は制御対象の特性から計算で求めるものです。そのため前の方法より時間はかかりませんが、近似的な方法なので、いつもぴったりと適合するとは限りません。

- (1) 10 項で得た値を表 2 に入れて、PB(%）、TI(min)、TD(min)の値を計算します。ここで、表の L は等価むだ時間、T は等価時定数(遅れ時間)、 K_p はプロセスゲインです。
- (2) 網掛けにした欄の計算式によって PB(%）、TI(min)、TD(min)を計算し、これを 9 項で得た値と比較してください。

表 2 最適調整の PID 定数

提案者	タイプ*1	制御動作	PB(%)	TI(min)	TD(min)	ガイドライン
Ziegler Nichols	A,B	PI	$110K_pL/T$	3.3L		減衰比 25%
		PID	$83K_pL/T$	2L	0.5L	
Chien Hrones Reswick	A	PI	$167K_pL/T$	T		20%の行き過ぎの 最短応答
		PID	$105K_pL/T$	1.35T	0.47L	
	B	PI	$143K_pL/T$	2.3L		20%の行き過ぎの 最短応答
		PID	$83K_pL/T$	2L	0.42L	
	A	PI	$286K_pL/T$	1.2T		行き過ぎなしの 最短応答
		PID	$167K_pL/T$	T	0.5L	

*1 タイプ A:制御目標変更の場合、タイプ B:外乱対応の場合