１０・４　制御器のパラメータの設定法

プロセスの動特性が伝達関数の形で明らかとなっている制御系では，その制御器のパラメータは次のようにして決定することができる．まずはじめに，比例制御のみの制御系を想定し，その安定限界の比例ゲインを決定する．もし，この限界ゲインでP-制御を行うと，ステップ状の外乱あるいは設定値変化に対し，制御系の応答は持続した振動を示す．この応答は，逆ラプラス変換法によって，あるいはデジタルシミュレーションによって求めることができる．ここで，**限界比例ゲイン**(*ultimate gain*)を K_U，この安定限界での持続振動の周期，**限界周期** (*ultimate period*) を P_U とする． *Ziegler – Nichols* らは，この二つの値を用いて，望ましいPID-制御の応答を得るために，次の表10·1ように制御器のパラメータを設定する方法を提案した．この方法を**限界感度法** (*loop tuning method, ultimate gain method*)と云う．

表 10·1　*Ziegler – Nichols* の限界感度法

controller	K_C	T_I	T_D
P	$0.5K_U$	—	—
PI	$0.45K_U$	$P_U/1.2$	—
PID	$0.6K_U$	$P_U/2$	$P_U/8$

上記のパラメータは，望ましい制御系の応答（ステップ応答のピークが1/4づづ減衰するような応答）が得られるように，経験的に設定したものである．この方法で決定したパラメータを基準にして，更にそれぞれの値を変化させて，本来の制御目的にかなうように，制御器の設定を行うことが望まれる．

プロセスの動特性が確定していない制御系に対しては，実験的な

方法で，制御器のパラメータを設定する方法が提案されている．

前記の$Z-N$法に準拠した方法として，制御系を比例制御のみで運転し，次第に比例ゲインを大きくしながら，持続振動が現れる限界を探索する．この時の，比例ゲインおよび持続振動の周期から，表10·1にしたがって制御器のパラメータを決定する．この方法は，制御系を安定限界まで持っていくため，また限界パラメータを探索するのに時間がかかるため，あまり都合の良い方法とは云えない．

次に示す方法は，**プロセス応答曲線法** (*process reaction curve method*)と呼ばれる方法である．実験手順を以下に示す．まず，図9·1に示した制御器の構成図中の，自動／手動切換部を手動に換えて制御ループを切断し，検出部からでてくる測定値を記録計に接続する．手動入力として，大きさがAのステップ状の入力を入れる．この入力は，制御系の操作部G_V，プロセス部G_Pおよび検出部G_mを通過したのち（図7·1を参照），図10·13のようなステップ応答となって記録計に描かれる．なお，この応答は制御ループが形成されていないのでフィードバックはなされない．

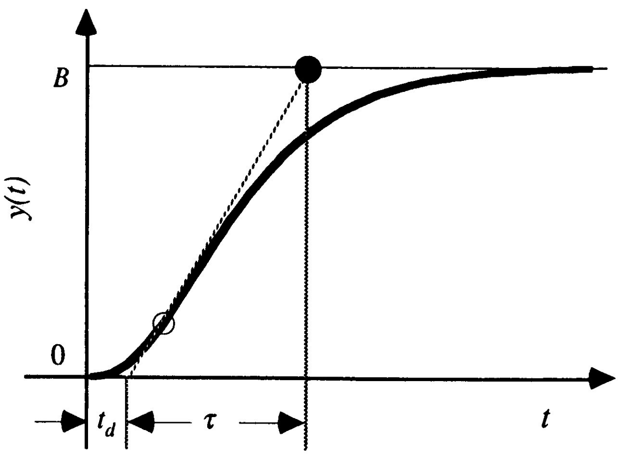

図 10·13　　ステップ応答曲線

この応答から，図10·13に示すような三つのパラメータ，B, t_d, τ を求める．ここで，Bはステップ応答の最終値で，Aに対する比を$K(=B/A)$とおく．応答の変曲点（図の白丸）で接線を引き，その線が時間軸をよぎる点を求めてt_dを定める．またこの接線の勾配（B/τ）からτを求める．ここで，図10·13に示されるＳ字形のステップ応答から，フィードバックループ中の操作部，プロセスおよび検出部の三つを合わせた動特性を，次のように近似する．

$$G_V G_P G_m = \frac{K e^{-t_d s}}{\tau s + 1} \tag{10·30}$$

この動特性を基に，*Ziegler – Nichols*らは，PID-パラメータを次のように設定することを提案した．

表 10·2 *Ziegler – Nichols*の方法（*reaction curve method*）

controller	K_C	T_I	T_D
P	$\tau/(t_d K)$	—	—
PI	$0.9\tau/(t_d K)$	$3.3t_d$	—
PID	$1.2\tau/(t_d K)$	$2t_d$	$0.5t_d$

*Cohen – Coon*らも，(10·30)式に準拠して，制御器のパラメータ設定法を検討した．彼らは，制御系が1/4減衰応答を示し，オフセットが最小になるよう，さらに制御誤差面積（設定値と応答との差の時間積分値）が最小になるようにと，総合的な検討結果から，表10·3のようなパラメータチューニング法を提案した．

表 10·3　*Cohen－Coon*の方法（*reaction curve method*）

controller	K_C	T_I	T_D
P	$\dfrac{\tau}{Kt_d}\left(1+\dfrac{t_d}{3\tau}\right)$	—	—
PI	$\dfrac{\tau}{Kt_d}\left(\dfrac{9}{10}+\dfrac{t_d}{12\tau}\right)$	$t_d\left(\dfrac{30+3t_d/\tau}{9+20t_d/\tau}\right)$	—
PD	$\dfrac{\tau}{Kt_d}\left(\dfrac{5}{4}+\dfrac{t_d}{6\tau}\right)$	—	$t_d\left(\dfrac{6-2t_d/\tau}{22+3t_d/\tau}\right)$
PID	$\dfrac{\tau}{Kt_d}\left(\dfrac{4}{3}+\dfrac{t_d}{4\tau}\right)$	$t_d\left(\dfrac{32+6t_d/\tau}{13+8t_d/\tau}\right)$	$t_d\left(\dfrac{4}{11+2t_d/\tau}\right)$

その他，*Cien－Hrones－Reswick* らの方法，高橋の方法などが提案されているが，ここでは省略する．