

5.1 セルフチューニングPID制御

(1) セルフチューニングコントロール (STC : Self-Tuning Control)

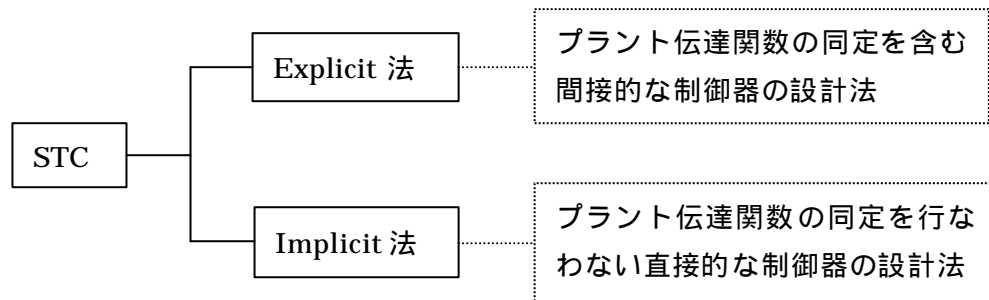


図 5.1 STC 手法

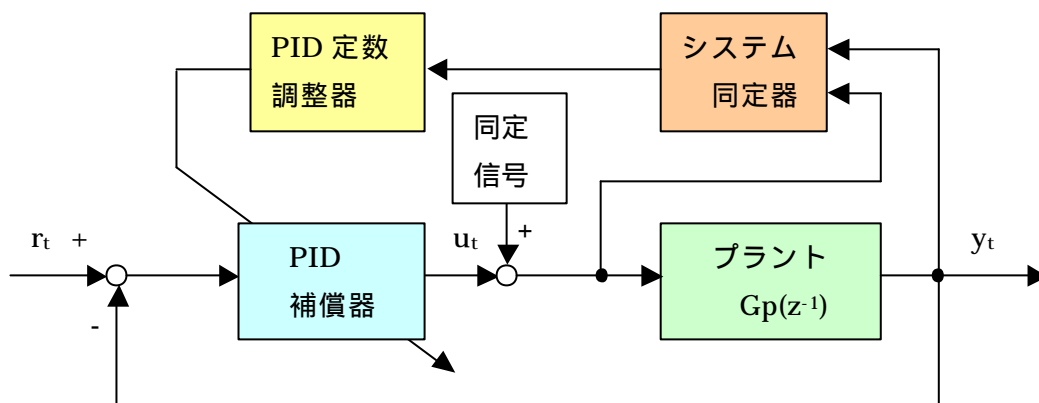


図 5.2 セルフチューニングコントローラ

(2) 同定信号

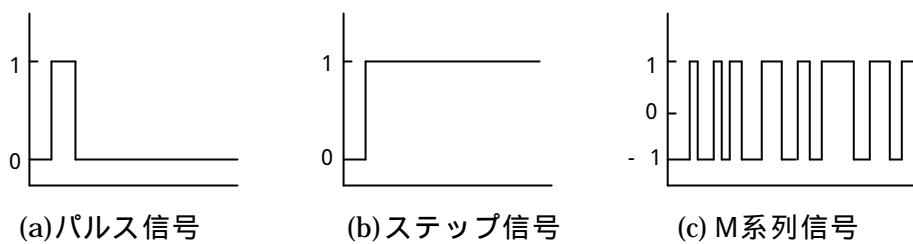


図 5.3 同定信号の例

(3) STC の制御則

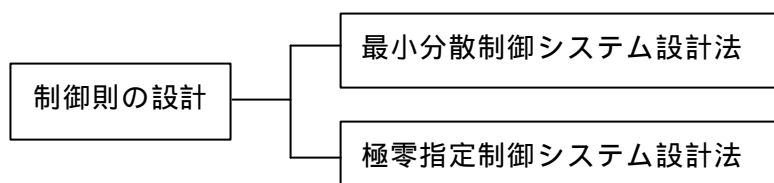


図 5.4 STC 制御則の設計法

これまでの説明による PID 制御はプラントの伝達関数が既知であり、環境の変化があっても PID 定数を一定に固定する制御方法である。現実のプラントは環境の変化により動特性も変動し、伝達関数も不確かな場合が多い。満足のいくセルフチューニング制御系の設計は事前にできるだけ多くのプラントの情報を得ることである。制御対象の装置（制御系）の物理・化学的な法則に基づいた制御系の同定や 4 章で述べた入出力信号に基づいたシステム同定を行ない、制御系の近似的な伝達関数を求めておくことがセルフチューニングを成功させるコツである。

このような状況の中、セルフチューニングのメリットは、制御パラメータの試行錯誤がいらぬこと、多少の環境変化、変動に応じた制御パラメータが算出されること、などがあげられる。デメリットとしては汎用的なプラントの制御が困難であり、制御対象の装置それぞれにカスタマイズ化が必要であること、計算量の増大による制御器のコストが高くなること、などである。

（１）セルフチューニングコントロール

セルフチューニングコントロールは図 5.1 に示すようにコントロールパラメータの調整方法の違いによって Explicit 法と Implicit 法に分類される。Explicit 法はプラントの伝達関数の同定を行ない、同定パラメータに基づいて制御パラメータを決める間接的な制御系の設計方法であり、Implicit 法はプラントとモデルの出力誤差を最小にする制御パラメータを決定する直接的な制御系の設計方法である。

PID セルフチューニングコントローラの基本的な概念図を図 5.2 に示す。その構成はシステム同定器、PID 定数調整器および PID 補償器の 3 つの部分から構成される。まず、システム同定器では、プラント伝達関数の構造、次数が分っているものとして、プラントへの入出力信号を用い、そのパラメータを推定する。同定器は今まで説明してきた逐次最小 2 乗法や拡張最小 2 乗法を用いてプラントを同定する。つぎに、パラメータの推定値を真値とみなし、PID 定数を逐次計算する部分が PID 定数調整器である。さらに、計算された PID 定数を PID 補償器の制御則アルゴリズムに逐次代入して、操作量を計算することで、オンライン制御を行なうことができる。

（２）同定信号

また、ここで同定信号はオフラインで使用し、オンライン制御前に、プラント伝達関数の構造、次数を決定するために使用され、プラントの事前情報を収集する。同定信号としては図 5.3 に示すようなパルス信号、ステップ信号および M 系列信号などを用いることが多い。また事前の同定パラメータを用いてオンライン制御の初期値にすることでより収束性のあるセルフチューニングコントロールが可能になる。Excel では M 系列信号を次式により発生させている。

M 系列信号： `=if((rand()-rand())>0,1,-1)` rand() は 0 から 1 の間の乱数を返す。

（３）評価規範

図 5.4 は STC 制御則の分類である。最小分散制御システム設計法は一例として ström らによって代表される評価規範の最小化に基づく最小分散制御則があり、下記の J を最小にする操作量が計算される。

$$J = E \left[\{y(t+k) - r(t)\}^2 \right] \quad \dots\dots (5.1)$$

ここで $y(t)$ は制御量、 $r(t)$ は目標値を示し、 k はむだ時間、 $E[]$ は空間平均を表わす。また、極零指定制御システム設計法は制御系の極のみ (AR モデル) を指定する極配置制御法が安定である。ここでは、詳細は精書にまかせるとしてセルフチューニングの数値シミュレーションに力点を置く。