

CE 行列を用いたコントローラリコンフィギュレーション

(名工大) (学)濱口孝司*・(学)三浦秀都・神谷敏彦・草場毅・
(正)米谷昭彦・(正)橋本芳宏・(正)戸苅吉孝

はじめに

化学プラントは数多くのセンサーとアクチュエータの連動によって運転されている。例えば、製品流量を増加させるには、原料やユーティリティなどほとんどすべての流量を操作する必要がある。これらの操作は基本的には一つのセンサー信号により一つのアクチュエータを操作するシングルループコントローラの組み合わせにより実現されている。このセンサーとアクチュエータの組み合わせを適切に選択しなければ、コントローラをいかにチューニングしても良好な制御性能は得られない。この組み合わせをセンサー、アクチュエータの異常時にまで対応して考えようというのがコントローラリコンフィギュレーションという問題である。プラントワイドなコントロールを実現するためのループ構成を考慮する際に、動的シミュレータなどが利用されることはほとんどなく、定性的な情報を用いて人間が手作業により決定している。計算機にプラントワイドコントロールの設計を行なわせるためには、制御対象のどんな情報をどのように入力し、どのようにペアリング等を設計するかを整理しなければならない。本研究では、情報の流れを CE 行列で整理し、ブール代数によりペアリングの適切さを評価する手法を提案する。

実行可能な制御ループの判定法

基本的に、すぐに反応し、相互干渉があまりないペアリングを定性的に選択することを考える。へたにペアリングすると、図 1 に示すように他のコントローラにより情報が分断され、制御が破綻することもある。コントローラの設定値信号がプラントを通じ、該当センサーに届くことを確認するためには、プラントの CE 行列 G とコントローラ CE 行列 C を作成し、この二つの行列の積の無限級数 $(GC)^\infty$ を計算することにより、その伝達経路をチェックできる。

図 1 のシステムの CE 行列 G, C は次のようになる。

G	L1	L2	F1	F2	F3	F4	V1	V2	V3	C	L1	L2	F1	F2	F3	F4
L1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	L1	0	0	0	0	0	0
L2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	L2	0	0	0	0	0	0
F1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	F1	0	0	1	0	0	0
F2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	F2	0	0	0	1	0	0
F3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	F3	0	0	0	0	1	0
F4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	F4	0	0	0	0	0	1
										V1	1	0	0	0	0	0
										V2	0	1	0	0	0	0
										V3	0	0	0	0	0	0

図 1 のコントローラの CE 行列 C は、制御がかかって

いるものに対してはペアの情報を示し、制御対象でない変数に対しては、その列の自分自身の要素に 1 をつける行列にする。コントローラの CE 行列 C は基本的には各行ただ一つの 1 を持つ行列である。

この行列の積 GC はコントローラの設定値信号がアクチュエータを動かし、そのアクチュエータがプラントを通じてセンサーに影響するパスの存在を示す。

$(GC)^2$ は 2 回の伝播先を示し、 $R = \sum_{k=1}^{\infty} (GC)^k$ を計算すれば、到達可能性を論じることができる。 C 行列の対角要素を 0 とすることにより、コントローラでの情報の分断を表すことができ、被制御量に相当する変数の対角要素がすべて 1 であれば、制御が可能であると判断できる。 R の L2 の行の対角要素が 0 であり、図 1 のシステムは制御不可能であることがわかる。 \tilde{R} は LIC2 の MV に V3 を用いた場合の可到達行列で L1, L2 とともに制御可能であることがわかる。

R	L1	L2	F1	F2	F3	F4	\tilde{R}	L1	L2	F1	F2	F3	F4
L1	1	1	1	1	1	1	L1	1	1	1	1	1	1
L2	0	0	0	0	1	1	L2	0	1	0	0	1	1
F1	1	1	1	1	1	0	F1	1	1	1	1	1	1
F2	0	1	0	0	1	1	F2	0	0	0	0	0	0
F3	0	0	0	0	0	0	F3	0	1	0	0	1	1
F4	0	0	0	0	0	0	F4	0	0	0	0	0	0

本手法は、0 か 1 という定性的な情報しか利用していないが、伝播の回数で遅れの次数のようなものを考慮できるし、干渉する変数の個数も考慮できる。また、シングルループだけではなく、カスケードなどにも適用が可能である。従来、人間が行ってきたプラントワイドな制御系設計の基本的な部分もシステムティックに計算機でも検討でき、必要な制御対象の情報も容易にとらえられる本手法は、異常対応策の立案やフォールトトレラント・コントロールの設計にもつながるものと期待できる。

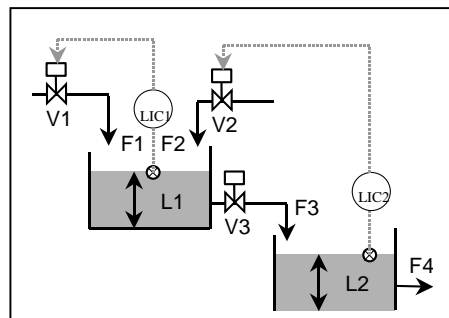


図 1 . 制御不可能なペアリングの例