



## 効率への挑戦

—— 高橋(宏)研究室 ~ 電気・電子工学科 ——



高橋 宏治 教授

「システム」と名の付くものは多い。例えば、エアコンのことを「空調システム」と呼ぶことがある。エレベータは人を運ぶ搬送システムだともいえる。

それらのシステムを、その置かれた状況にもっとも適するように対応させる。これがシステム制御の目的である。十分に恵まれた状況なら、簡単に制御を行うことができる。だが、使える電力が限られたら、あるいは十分な設備がなかったら、どのように動作させるのか。また、設備を効率よく使うためにはどうしたらよいのだろうか。

ここ高橋(宏)研究室では目標の一つに「よりよいシステムの制御」を挙げて、この問題の解答を考えている。



## システム制御の身近な応用

「システムの制御」という言葉は、一見日常生活には関係ないように思える。ところが、この考え方はすでに身近なところにも利用されており、さらなる応用も考えられている。そのうちの一つを見てみよう。

3つの部屋をそれぞれクーラーで冷やす場合について考えてほしい。電源の容量が十分にあるならば、すべてのクーラーを同時に働かせればよい。しかし、さまざまな制約のために十分な電力を確保できないことも多い。そのような場合はどうし

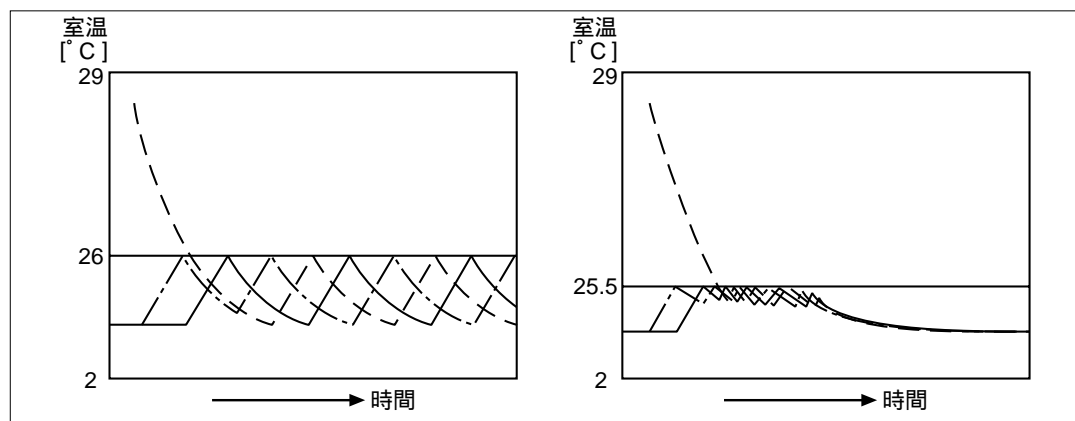


図1 室温の変化

たらよいだろうか。

たとえば、時間で区切るというのも一つの方法だろう。30分ごとに交代で使う、などと決めれば公平ではある。ところがこれでは待ち時間の間に室温がかなり上がってしまい、快適ではない。図1の左側のグラフはある一定の時間間隔で切り替えた場合の室温変化の様子であるが、この場合室温が安定しない。

ここで少し考えてほしい。クーラーが最も電力を消費するのは、どんなときだろう。室温を下げる時には大きな負担がかかり、多くの電力が必要になる。ところが、いったん下げた室温を維持するだけならば、電力消費は少なくてすむ。

それではこの特性を生かし、室温と消費電力、電源容量を考慮してクーラーを制御してみよう。

最初はもちろん切り替えが必要であるが、一定の時間ではなく、室温があまり上がらない範囲で切り替える。すると、「3歩進んで2歩戻る」ような繰り返しで全体の温度が下がってゆき、必要電力が減少し、最後には全機を同時に連続して稼働できるようになる。その結果、図1の右側のグラフが得られた。一見して分かるとおり、最終的に全ての部屋が涼しく保たれている。単純に時間ごとに区切る方法では、これに比べて非効率的で安定しない。

「よりよいシステムの制御」の考え方は、限られた資源や施設を最大限に生かして効率よく仕事をする、ということでもあり、これを利用することで今よりずっと便利になることが身の回りにも数多くある。



## 作業の流れを制御する

システム制御の考え方は身近なことにも応用できる一方で、工業の分野でも利用されている。工場で行われている作業の流れをコントロールするために、この考え方が必要不可欠なのだ。

ロボットを用いて、多種類の作業を行い工場を機械化することをファクトリーオートメーションという。種別分けされた仕事をそれぞれロボットが受け持ち、それらを搬送ロボットやベルトコンベアなどの搬送システムによって結びつける。その結果、複数の作業を同時に効率よく進めることができるのだ。

しかし、こういったシステムはあまりに複雑であるがゆえに、特に既存の施設を自動化する場合は問題を引き起こすことがある。図2(a)はその例の一つ、デッドロックだ。これはシステムの一部が機能しなくなってしまう状態のことを言う。例えば図のような通路に物資が集中すると、Aが進むためにはBが動かななくてはならず、逆もまた同じ状態になり、結果としてこの部分は完全に「死んで」機能しなくなってしまう。

また、ボトルネックという問題も発生する。一部の作業が遅れているために関係ない部分に影響が及んでしまうことだ。図2(b)はその例である。デッドロックほどではないが、システムの効率を著しく低下させていることは間違いない。

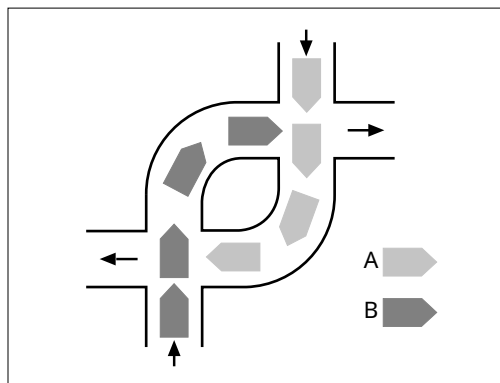


図2(a) デッドロック

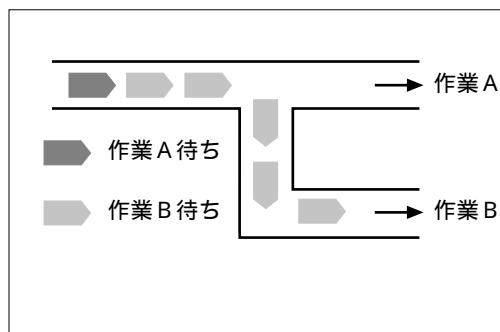


図2(b) ボトルネック

これらの問題を回避するには、どうしたら良いだろうか。もちろん、工場を最初から設計して問題を起こさないようなシステムを作ればいいのだがその設計が難しい。また、既存の施設を利用する場合は何らかの解決策を考える必要がある。

もう一度図2(a)を見ていただきたい。この場合適度に隙間が残っていれば、物資を移動させることによって通路を空けることができるので、デッドロックにはならない。そこで、この部分が混み合うことが予測できたらそれ以上の物資の流入を抑制する、という制御を行うことで問題を回避で

きる。

図2(b)のようなボトルネック問題の場合なら、遅れそうな工程にバッファという待ち領域を作って余剰の物資をそこにためておけば、他の部分に及ぼす影響を少なくできる。

この様に、問題を解決するためにはまずシステムがどのように働き、どのような特徴があるのかを把握しなくてはならない。その上で、問題が発生すると思われる部分に対処していくのだ。



## 与えるルールが性能を決める

ファクトリーオートメーションに限らず、「よりよいシステムの制御」には多くの問題や課題がついてまわる。これらを解決するためのルール作りこそが、システム制御の鍵となる。

クーラーの例を思い出していただきたい。時間ごとに区切って動作させる場合も、室温と消費電力と電源容量を考慮する、というのも、どちらもシステムに対して与えるルールである。

また、ファクトリーオートメーションでは、様々な問題を解決するためのルールも決定する必要がある。デッドロックを起こさないためには、物資の流入量をどの程度にすべきか。あるいはボトルネックに対するバッファは、どの程度必要なのか。これらのことはすべてシステムに与えられるルールによって決まる。どのようなルールが与えられるかでその制御の性能が決定してしまうといっても過言ではない。

ルールをつくるためには、まず制御の対象となるシステムの働きを把握した上でその特徴を考えなくてはならない。しかし複雑に入り組んだシステムの様子を、そのまま把握するのは難しい。特に複数の作業を並行して行うシステムの場合はさらに困難である。図3は二つの作業が行われているシステムの例であるが、いかに複雑であるかがわかるだろう。

この様に入り組んだシステムを表現するために現在用いられている手法の一つに、ペトリネットというものがある。システムのモデルの書き方の一種であるが、これを利用するとシステムの働きを図にして表現することができる。図を用いるこ

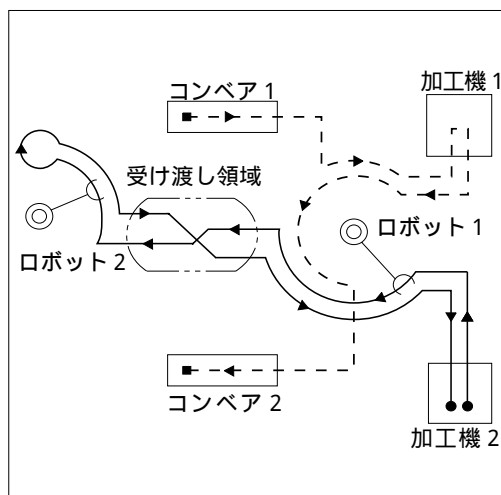


図3 ファクトリーオートメーション

とでネットワークのコントロールや物資、材料の搬送システムの管理が容易になり、並行して行われている処理や作業も無理なく表現できる。

この手法をもちいることで、システムの特徴を把握しやすくなる。クーラーの例でいえば室温と消費電力、電源容量の関係が解る。ファクトリーオートメーションの場合であればデッドロックやボトルネックなどの問題の起こりそうな部分を知ることができる。こうしてシステムの特徴を把握し「よりよい制御」のためのルール作りを進めていく。

システムの特徴をつかみ、それにあったルールを考える。この作業が、「よりよいシステムの制御」のためには欠かせない。



## 立場が変われば、評価も変わる

「よりよいシステムの制御」のためにはルール作りが欠かせない。だがもう一つ忘れてはならないことがある。それは、そのシステムをどのように評価するのかということである。場合によってはクーラーのように、すべての部屋が涼しくなればよい、などという単純な評価もあるが、様々な要素を考慮する場合もある。

たとえば、受付の窓口とその前に並ぶ順番待ちの人々、という状態を想像してほしい。このときどのように並べば良いだろうか。並んでいる列が短いほどいいという考え方もあるだろうし、待ち時間を短縮したいこともある。人件費を考えるなら受付の係が常に働いているのがいい。

唐突なたとえだと思うだろうか。それでは、「受付の窓口」を「工作機械」に、「順番待ちの人々」を「加工される材料」と読みかえてみよう。これは立派な工作システムであり、先程と同じことが言える。つまり、待ち時間が短いほど良いのか、列を短くしたいのか、機械をいちいち止めずにすむ方が良いのか。何を中心に考えるかによって、同じ状態でも評価が異なるのだ。

最近の高層ビルのエレベータにはシステム制御

の考え方が応用され、利用者の全体の効率を最優先するようになっている。図4はその例である。今エレベータAは10階にあって40階まで行く人がおり、Bは15階にあり20階へ行く人が乗っている。また18階には上へ行きたい人が、21階には下へ行きたい人が待っている。このときBの方が先に18階まで行くのだが、通過してしまう。こうすることによって、Aはそのまま上へ、21階で折り返したBは下へ行くことになる。もしもBが18階に止まると、エレベータが2台とも上に行ってしまう、21階にいる下に行く人に対して仕事ができないので効率がよくない。18階で待っている人の評価は低い、利用者全体の評価は高い。

視点を変えれば、与えるべきルールも変わる。したがって、「よりよいシステムの制御」のためには、何を中心に考え、どのような評価がなされるのかを把握しなくてはならない。

何を目的とし、どのような評価をするのか。そして、高い評価を得るためにはどんなルールを与えればいいのか。システム制御の研究とは、これらの問いに対する挑戦である。その解答の上に「よりよいシステムの制御」は成り立っている。

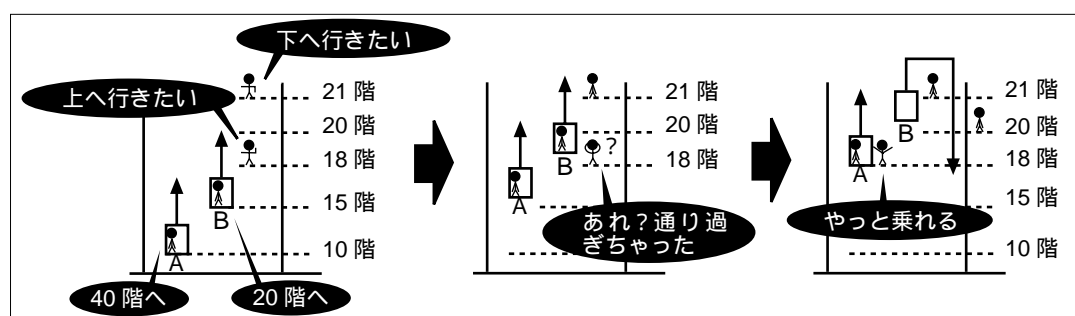


図4 通過するエレベータ

「うまく行っている間は誰も気付かない。でも何かトラブルがあると目立ってすぐに分かってしまう」。先生は、システム制御についてそうおっしゃった。

今や、電話回線などの管理にもシステム制御の考え方は欠かすことができない。そして、実際のそのトラブルによって電話が使えなくなるような事

態も過去何度か起こっている。あまり身近でないと思える「システム制御」という言葉も、これから頻繁に耳にすることになるだろう。

最後に、お忙しい中快く取材を受けてくださった高橋先生に、心からお礼を申し上げます。

(白根 一登)