

# フィードバック制御とフィードフォワード制御



東京大学生産技術研究所  
教授  
堀 洋  
Yôichi Hori

## Preface

### — Feedback and Feedforward Controls —

サーボ系には目標値応答と外乱応答という二つの重要な特性があり、それぞれをほぼ独立に設計できる2自由度制御系は、下図に示すように、フィードバック制御とフィードフォワード制御の組合せとして、分かりやすく説明することができる。フィードバック制御器は脳、フィードフォワード制御器は小脳にも例えられ、小脳にはおおまかな運動のパターン（すなわち逆システム）が学習によって形成されていくともいわれる。

ところで、電気屋はフィードバック志向であり、機械屋はフィードフォワード志向であると思われる。その一つの証拠は、電気屋は何ごともしフィードバック制御から出発し、目標値応答への不満は「フィードフォワード補償」で解決する。機械屋はフィードフォワード制御を基本とし、残る定常誤差などは「フィードバック補償」で改善する。行き着くところは両者の適切な組合せであっても、自分の本分でない方を「補償」と呼んで一段さげすんでいるのは興味深い。

更に、この思考（志向）パターンは、電気屋と機械屋の人生観や生活態度を形作っていることも珍しくなく、少し話せば、その人が電気屋か機械屋かを見分けるのはかなり容易である。そして、このアイデンティティをクリアに持っている人の方が、概して優秀なことが多い。大学で電気とも機械ともつかないような教育を受けた人は、どうも根がはつきりせず、結果大成しないように思う。

さて、ここ数年、電気系は人気凋落の著しい工学部の中でも更に人気がなくなり、とうとう文字通りの最低人気学科になってしまった。一方、かつてどん底を経験した機械系は今はかなり調子がよい。機械はロボコンで復活したとか、自動車は機械だと思っている学生が多いためだとか言われる。また、電気は目に見えないことに魅力がありチャレンジングであったが、最近は「可視化」が流行し過ぎて、目に見えないものを学生が不安がるせいだという。それもああるかもしれない。

しかし筆者は、電気系不調の原因は、「とりあえずやってみて、出た結果を原因に戻す」という、フィードバック制御の手法が不真面目に見えるためではないかと考えている。一方、「様々なケースを考えながら考えて評価し、間違いのないように慎重にやる必要のある」フィードフォワード制御は、真摯で真面目なアプローチに見える。今世の中は妙に真面目である。フィードフォワード制御のモデル作りなどを一所懸命やっている方が安心である。一方、フィードバック制御の形をとっていても、「結果を原因に戻す方法」を真面目に考えず、妙な探索法に頼ったりしているとかえって事態を悪くしてしまうことも少なくない。これではフィードバック制御が不真面目に見えても仕方ない。学生も馬鹿ではないから、自分の人生をちゃんと考えて、真面目に見える方を選んでいく。

結果を原因に戻す戻し方や直し方を真剣に考えないと、良いフィードバック制御は成立しない。やみくもに前向きのトライアルと評価だけやって、修正をおろそかにしては何にもならない。世の中の仕組みにも通じるようなところがあるように思う。フィードバック制御は制御ループを閉じてこそ意味があり、これは実は大変難しい問題なのである。

もうお気づきだと思うが、制御ループを閉じるこの意味や難しさをサーボ技術者はよく知っている。

すなわち、パラメータ変動に対するロバスト性やノイズの除去など、システムの重要な特性を根本から変えることができるのはフィードバック制御である。見栄えのする目標値応答の方に目を奪われることなく、体質改善を行うことの重要性を知っているのである。そのセンスが再認識されるときには、電気系の人気も復活しているだろうと考えている。

