

## 9/10 連携講義第 5 回は 神戸高の先輩 貝原俊也先生、今回のみ 神戸高校 視聴覚室だ！ システム工学入門の講義ですが、システム工学とは何なの？

システム工学とはどういう研究分野なのだろうか？人間を題材にシステム工学について分かりやすく説明してみよう。人は食べ物を多くとると体重が増える。運動をすれば消費エネルギーが増えてダイエットにつながる。誰でも知っていることだが、次に示すケースでは体重が増えるのだろうか、減るのだろうか？

### ダイエット成功の秘訣もシステム工学を理解することで・・・

理想のダイエットは「沢山食べて、運動にも励む」になるだろう。このダイエット効果は、それぞれの量の過多により決まる。しかし、個人毎の基礎代謝量は異なる。同じ人でも体の組織（筋肉量）に依存するから基礎代謝量が変わる。無理なダイエットの後、筋肉量減少による基礎代謝減少で、摂取エネルギーが少なくても体重が増える体質に変化する「ダイエット後のリバウンド」が起こる原因だ。

このように、体重が増減の根底には多くの原因が存在する。また、各要素が相互に複雑な影響を及ぼしあうことの結果として「体重の増減」が決まる。各要素の関連から全体の仕組みにどのように影響・効果が現れるか。それを研究するのが「システム工学」の考えなのだ。ダイエットの話だけでなく、システム工学の範囲は「社会構造」、「国際関係」などの政治学、社会学、経済学の分野にまで広がるのだ。

### システム工学の手法を紹介：ダイエットをシステム工学する（筆者の私見）

システム工学の研究の手順は次のようになる。

- ① どのような要素が元になって全体の動きにつながっているのかの相互関係を分析する。
- ② 無駄な要素を取り除き、最小限の必須の要素を選び出すこと。 ※ これが大変難しい！
- ③ 互いの要素の影響を数量化（方程式化）すること。 ※ これが大変難しい！
- ④ 要素全体の仕組みをコンピュータ・プログラムし、シミュレーションすること。 ※ これは簡単！
- ⑤ コンピュータの計算結果を実際の事象と対比して数量化（方程式化）にフィードバックする。

このような手法でダイエットを分析することが出来る。「ダイエットシステム」に対する非常に簡単なモデルを作ってみよう。要素は摂取エネルギー、運動量、筋肉量の3つだけとする（少し乱暴な論議だが）。

時刻  $t$  における体重を  $W(t)$ 、筋肉量を  $M(t)$ 、摂取エネルギーを  $F(t)$ 、運動量  $A(t)$  とする。基礎代謝量は  $B(t) = B_0 + k \cdot M(t)$  ( $B_0$  は基礎代謝のベース定数、 $k$  は筋肉量に対する比例定数) と考える。筋肉量は運動により増減するので筋肉増加量は  $\Delta M = k_A \{M(t) - M_0\} \Delta t$  ( $M_0$  は基準運動量: これ以下になれば筋肉減少、以上なら増加) だ。体重増加量は摂取エネルギーと消費エネルギーの差だから  $\Delta W = k_W \{F(t) - B(t) - A(t)\} \Delta t$  である。具体的な定数の値（実験などから求めることができる）を当てはめ、次の数式をコンピュータで計算すればよいことになる。次の微分方程式をコンピュータで計算すればよいのだ。（相互影響の関係を1次式で扱うのは乱暴な論議だが）

$$\text{筋肉量変化} \rightarrow \frac{dM}{dt} = k_A \{M(t) - M_0\} \quad , \quad \text{体重変化} \rightarrow \frac{dW}{dt} = k_W \{F(t) - B(t) - A(t)\}$$

具体的な数値を入れて計算すれば、体重変化を計算しグラフ化できる。各要素の仮定が正しければの話だが、現実には多くの要素が関与し、より複雑な関係（例えば筋肉量の変化は運動量だけに比例するような単純な関係だけでなく、食事内容も要素となる）が関与している。なお、コンピュータでの計算において、このような複雑な計算処理も可能だから、現実のケースについても十分にシミュレートすることができるのだ。シミュレートの結果からどの要素が重要ファクターかが分かってくるのだ。このように、数学の「微積分学」が利用される分野は多い。なお、講義の内容はどのようになるのかは不明ですが...（志）