

新連載 ポイントを押さえて実機的设计に活かす

# 力学の考え方

基礎と応用

米屋技術士事務所  
金友 正文\*

\*かねとも まさふみ：代表 技術士（機械部門、情報工學部門）  
URL：https://www.kbtkomeya.com/

## 第1回 力のベクトル表示、 つり合いとクランプ力

はじめに

顧客の要求する機能やプロセスを機械要素の組合せて設計する装置は、転がり軸受、エアシリンダなどの汎用的な機械要素と真空、加熱などその分野特有の機器からなっている。設計業務は、候補となる機械要素を組み合わせた構造案を次々と考え出し、これを検討し、選定するカットアンドトライとなる。この一連の作業は、機械要素のテキスト、カタログと経験で得た知識をもとに、仕様を実現する方式を決める基本設計、決められた尺度で組み立てた状態の図面を書く詳細設計を経て具現化される。

この作業を進める過程で、4大力学が取り扱う材料の変形、機械の運動、熱の移動、流れによる力の発生などの知識が設計者に要求される。重い部品の保持構造、除震のためのばね構造などを検討するにあたり、力学は機械設計を志す技術者が最初に手に入れなければならない技術である。設計者が使用する技術のレベルは、表1に示すような「聞いたことがある」から「トラブルシューティングできる」まで、5段階に分類できると筆者は考えている。設計作業は、「設計に使える」の第4段階の知識で対応できるが、装置づくりを行った

際、技術者が避けては通れない「トラブルシューティング」に要求される知識は、設計の次の段階の第5段階となる。この知識は、トラブルが発生した機械要素のメーカーの設計技術者と同程度の知識である。

力学は、大工の鑿、鉋<sup>のみ かな</sup>に相当する機械設計における道具で、これを使用する達人の大工である装置設計のベテランとなるには、次の2ステップがポイントである。最初のステップは、力学の規則について「知っていること」で、この原点は、原理を考案したニュートンの時代までさかのぼる。次のステップは、この原理を担当する装置に使うことである。これはまさに現在進行形の内容となり、設計者が担当する装置固有の問題となる。力学の技術を磨くには、その知識を実機的设计に使うことで、これを続ければその道の名人となることは自明である。逆の言い方をすれば、いくら力学の知識を仕入れても設計などの実務に使用しなければ、忘れ去られることになる。したがって、本連載に記載した力学の規則を理解し、使用することをお勧めする。力学の技術を使用するキーワードは、考えて悩むことである。

本連載の構成は、前半で題目の規則を説明し、後半で事例を説明する。取り上げた題目は、筆者

表1 知識の種類と内容

項番	項目	内容
第1段階	聞いたことがある	機械専門雑誌の記事などを読んで、興味を引く内容として記憶に残っているもので、質問者への説明が、多くても100文字以下となる知識である
第2段階	説明できる	その技術について、ポイントを説明し、質問者に理解を促すことが可能で、800字詰め用の紙に余白を残さず起承転結に従って、解説が記載できる知識である
第3段階	例題が解ける	テキストに示されている練習問題を解くことが可能で、対象となる問題の背景にある原理を定量的に理解している知識である
第4段階	設計に使える	仕様を実現する装置に必要な定量的な知識と、装置を構成するほかの機械要素との関係を評価して、これを使用することができる知識である
第5段階	トラブルシューティングできる	期待通りの性能を発揮しないトラブルが発生したとき、ほかの機械要素との関係を検討し、この機械要素を目的に沿って動作させる対策作業ができる知識である

が多くの装置を設計した経験を通して、必要と実感した項目となっており、全12回のシリーズで読者の皆さまにお届けする予定である。本連載で解説する内容は、力のベクトル表現に始まり、回転運動の直線運動への変換、回転不つり合い、ばねによる除震、ねじの緩み問題などを計画している。特に若手の設計者向けとしているが、中堅技術者にとってもその事例の説明は、興味あるものとなっているはずである。

本連載では、規則の説明は丁寧に行い、事例の説明は実用的なものとした。事例の中には的を得ていないものがあるかもしれないと気がかりもある。筆者のホームページ (<https://www.kbtcomeya.com/>) では、筆者とコンタクトが可能なので、記事に関しての疑問点、意見などを聞かせていただきたい。読者の皆さまとのコンタクトは、次の記事を書く原動力となる。

関連する分野の練習問題を広く解き、力学の実践的な技術を入手したい技術者の方にお勧めの本を次にあげておいた。このテキストには、よく考えられた問題が数多く掲載されており、力学を業務に自在に使用したいと考える技術者が、その技術を手に入れる過程の「例題が解ける」能力を身に付けるために最適である。

[筆者が推薦する力学のテキスト]

・「メリアム 機械の力学-質点の力学」、「メリアム 機械の力学-剛体の力学」 上下2巻 著者：J.L.MERIAM、訳者：浅見敏彦、丸善出版、特徴：練習問題が豊富で1,526題を収録。カラーの図版で理解しやすく記述されている。

## 力の表現、使用に関する規則

### 1. 力のベクトル表現

力は、大きさや方向をもつ量として示すことができる。これらをまとめて表現するために広く使用されている方法として、ベクトル表示がある。この方法は、機械部品に力が作用した場合、その変形、運動を検討するとき、見通しを良好なものとする。回転している物体の上で直線移動する部品に作用する力を見積もる場合など、複数の力が作用する運動で、この表現方法が有効になる。力を示すベクトルに対して、大きさのみを表す表記法にスカラーがある。

ベクトルは、大きさを矢印の長さで、方向をその向きで示すもので、図1に示すように表現できる。ここでは、力 $F$ を2次元空間で表す場合について説明している。2次元空間は $x$ 方向と $y$ 方向の直角に交わった2本の直線を基準とする $xy$ 座標、またはその原点を回転の中心として、半径の長さや基準線からの角度で示す $r\theta$ 座標系を用いるのが一般的な方法である。

図1は、左側に直進座標系、右側に回転座標系でその値を示している。両座標系で示す力の向きと大きさは同じである。直線座標系では、その力を $xy$ 方向に沿ったベクトルを用いて示す。このベクトルは単位ベクトルと呼ばれ、 $xy$ 座標系に沿った大きさ「1」のベクトルで、 $(i)$ 、 $(j)$ を用いる。ここでは、単位ベクトルは $( )$ 付きで表現する。ある方向に向いた力のベクトルをそれぞれの座標系の成分としてこれを用いて表す。力ベクトルの始点を図1に示すように直角座標系の原点に一致