

日本ばね学会 会報

# JSSE MAGAZINE

6

2020年6月号

No. 585



Japan Society of Spring Engineers  
日本ばね学会

◆巻頭言.....	3
東京電機大学 齋藤 博之	
◆技術トピックス.....	4
名城大学大学院 大槻 敦巳	
◆自由投稿.....	6
名誉会員 下関 正義	
◆自由投稿.....	8
名誉会員 山田技術研究所 山田 凱朗	
◆研究室紹介.....	10
立命館大学 助教 松野 孝博	
◆特許情報.....	11
◆自由投稿.....	12
東京電機大学 大沢 基明	
◆文献紹介／学会の動き.....	13

## ばねの自動熱処理・自動装置

◆ 日々厳しくなるコスト削減に対応した自動熱処理装置に挑戦!! ◆

コンベア炉



バッチ炉



ボックス炉



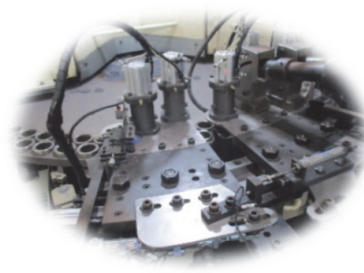
箱替え装置



自動投入装置



研磨機ばね自動投入装置



株式会社 三共

〒467-0835 愛知県名古屋市瑞穂区内浜町2番32号  
【TEL】 (052)819-5677  
【FAX】 (052)819-5679  
【URL】 <http://www.sankyo-japan.co.jp/>

## 大学で材料力学を担当して

東京電機大学 齋藤 博之

新型コロナウイルス「COVID-19」感染症の影響で7都府県に緊急事態宣言が出た状況の中で文章を書いております。昨今、当学会の「ばね及び復元力応用講演会」をはじめとして多くの学協会で国際会議を含む集会が延期・中止となりました。人々の健康や生命が最も重要ですから、延期・中止もやむをえないことかと思えます。多くの企業でもテレワークが導入されていると聞きますが、製造業では完全なテレワークは難しい面もあろうかと想像します。また、このことにより産業が停滞することもできるかぎり防がなければなりません。局地的に発生した新しい感染症が広がるのはグローバル社会だからという面があるのですが、現状が一日も早く収束することを願うばかりです。

私は大学に奉職しておりますが、この春は卒業式も入学式も開催することができませんでした。多くの大学も同様であり、小・中・高等学校でも卒業式や入学式をとりやめたり縮小したりした学校があったと聞いております。4月からであるはずだった新学期の授業も学生の健康確保を優先し、本学では2020年度(令和2年度)の授業は5月の連休明けから開始ということに変更となり、そこではICT(Information and Communication Technology)を活用した遠隔授業の手法も活用するということになっております。私自身が前職時代に銅線のISDN回線で学校と博物館や動物園を結ぶ遠隔授業を企画・開発していたことがあります。当時からみると光通信をはじめとするネットワークも進歩して高速化し、だいぶ授業がやりやすくなってきており、法制的にも整備されてきていると感じます。企業の方々には既に在宅での遠隔会議などを行っていると聞いていますので、大学教育の中でも今後は遠隔授業もより身近になっていくのかもしれない。そう思いつつ、感染症のまん延を未然に防ぐため、在宅で遠隔授業の準備をしております。

さて、大学での私の担当ですが、工学部機械工学科に所属し、材料力学と材料工学を主な分野としております。皆様ご存じの通り、材料力学では均質・等方・連続と仮定した材料の弾性変形の場合を取り扱いますから、ばねと密接に関係します。私自身の講義でも学生諸君には高等学校物理で扱うばねのことを思い出してもらって弾性の説明をしますし、ねじりの応用でコイルばねのたわみ量やばね定数を扱うこともあります。材料力学は機械工学の基本となる四力学のひとつで必修科目となっております。一方で材料工学は主に金属材料を扱いますが、多結晶体の弾性の話や原



子間の結合をばねで例えることをはじめ、ばね材料なども扱うわけですから、同じくばねと密接に関係があります。卒業研究・大学院研究などで引張り応力下で生じる水素脆化などを扱いたいといってくれる学生もおり、水素環境下での荷重-伸び関係などを報告してくれます。意欲ある学生たちに、さらに研究する場を与えるのが教員の仕事と思ひ、種々のアドバイスをしつつ、当学会の「ばね及び復元力応用講演会」などへのポスター発表などを奨励してきました。学生たちの就職先はいろいろな兼ね合いがありますので、金属・輸送機械・化学機械など様々な分野に分かれていきますが、それぞれの分野の中でばねや弾性の知識を生かしてくれているものと思います。私自身の経験でも、大学教育を終えた直後には通信業界に就職しましたが、いつの間にか通信機器のコンタクトスプリングや電柱のたわみなど弾性を扱う業務に就いていました。いろいろな産業の分野でばねや弾性の知識が生かせるし必要なことなのだというのを痛感しております。この経験は材料力学や材料工学の講義を通して学生たちに伝えているつもりです。

当学会において、現在の私は「ばね論文集編集委員会」に所属しばね論文集の編集に携わっております。ばねを設計・製造する側、解析する側の方々はもちろん、それを応用する方々にもぜひ参加して読んでいただきたく、ばね論文集編集を通じて学术交流に貢献したいと考えております。そのような交流がばね関連産業のますますの発展につながるものと思っております。皆さん、今後ともよろしくご指導のほどお願い申し上げます。



## ばねと免振/制振ダンパーの神秘 (Part 3 : 減衰を表すまぎらわしい用語)

名城大学大学院 大槻 敦巳

### 1. 減衰を表す係数の意味と求め方

「減衰」とは建物が振動するエネルギーを吸収/消散し、時間の経過とともに揺れが小さくなる事象のことであるが、よくわかっていないというのが現状で、そのため「こう設定するのが正しい」という決まったやり方がないのである。そこで、本稿(Part 3)では振動に関連して重要であるが、まぎらわしい用語について参考のため概説する。

#### 1.1 減衰係数(粘性減衰係数)

建物に限らず、物体の振動の状態は「加速度」「変位」「速度」で表され、建物に力が加わることによって揺れが生じるが、この「加速度」「変位」「速度」と力はどのような関係にあるのだろうか。まず、「加速度」とは「速度の変化率」であり、速度が急激に変化する、つまり急発進、急ブレーキをすると大きな「加速度」が生じる。「重さ」×「加速度」が建物に生じる力になるのである。次に、「変位」とは「元の場所から動いた距離」のことで、「剛性(ばねなどではばね定数に相当)」×「変位」が建物に生じる力になる。最後の「速度」は、「物体が動く速さ」のことである。では、「速度」が建物に生じさせる力は一体何に比例するのだろうか。それに関係するのが減衰であり、「減衰係数」×「速度」が建物に生じる力になるのである。

「減衰係数」とは、速度に応じてどれくらいの力を発揮するかという値で、「物体の動く速さに応じて生じる力を表す係数」、すなわち、力を速度で割った単位を有している。減衰振動の減衰特性を表す時、構造減衰や制振材料の減衰のような場合は、単に「減衰係数」でよいが、特に、「粘性」を利用している場合には「粘性減衰係数」が用いられ、「ダッシュポット」というモデルで表現される。

#### 1.2 対数減衰率

減衰振動や制振材料などの減衰特性を表すパラメータに「対数減衰率」が使用される。

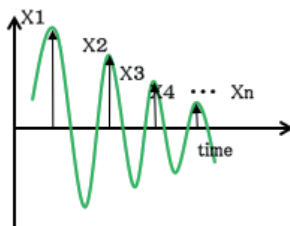


図1 減衰振動波形

対数減衰率 $\delta$ とは、図1に示すように減衰自由振動する波形の隣り合う振幅の比の自然対数をとったものをいう。時刻 $t_n$ における $n$ 番目の振幅を $x_n$ 、同様に $n+1$ 、 $\dots$ 、 $n+m$ 番目の振幅をそれぞれ $x_{n+1}$ 、 $\dots$ 、 $x_{n+m}$ とすると、対数減衰率 $\delta$ は

$$\delta = \ln\left(\frac{x_n}{x_{n+1}}\right) = \ln\left(\frac{x_{n+1}}{x_{n+2}}\right) = \ln\left(\frac{x_{n+m-1}}{x_{n+m}}\right) \dots\dots\dots(1)$$

$m$ 周期分を考えると

$$\ln\left(\frac{x_n}{x_{n+1}}\right) \times \ln\left(\frac{x_{n+1}}{x_{n+2}}\right) \times \dots \times \ln\left(\frac{x_{n+m-1}}{x_{n+m}}\right) = m\delta \dots\dots\dots(2)$$

したがって

$$\delta = \frac{1}{m} \ln\left(\frac{x_n}{x_{n+m}}\right) \dots\dots\dots(3)$$

$0 < \zeta < 1$ の不足減衰の場合は

$$\delta = \ln\left(\frac{x_n}{x_{n+1}}\right) = \frac{2\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}} \dots\dots\dots(4)$$

さらに、 $\zeta \ll 1$ (通常、この場合が多い)の場合は近似的に  $\delta \approx 2\pi\zeta$   $\dots\dots\dots(5)$

で表される。すなわち、「減衰比」 $\zeta$ に $2\pi$ をかけた値になる。

#### 1.3 減衰定数(減衰比)

減衰係数とよく似た言葉として「減衰定数」がある。「げんすいていすう」とも読めるが、専門家はおおむね「げんすいじょうすう」と呼ぶ。別称、減衰比ということもある。

減衰比は(粘性)減衰係数 $c$ を「臨界(粘性)減衰係数」 $c_c$ で割ったもので、次式(6)で表される。

$$\zeta = c/c_c \dots\dots\dots(6)$$

すなわち、減衰係数に対し減衰定数は、「臨界減衰」との大小関係を比べたものなので単位はなく、無次元である。

対数減衰率 $\delta$ を用いると、減衰比 $\zeta$ は次式(7)より求めることができる。

$$\zeta = \frac{\delta}{2\pi} \dots\dots\dots(7)$$

したがって、式(7)より減衰比 $\zeta$ を求め、さらに、式(6)で $c$ を算出するのである。

単純構造のダッシュポットを除いて、一般的にダッシュポットの多くは複雑な構造をしており、理論的に減衰係数 $c$ を求めるのは非常に難しく、実験的に定めることが多い。

建物が2棟ある時、減衰定数の大きい方が減衰が大とい

えるが、しかし減衰係数ではそうにはならない。同じ減衰係数であっても、建物の規模が違えば意味が変わってくる。超高層ビルにダンパーを1台設置するのと、戸建住宅にダンパーを1台設置するのでは効果が全く違うということである。減衰係数はダンパー1台の性能、減衰定数は建物1棟の性能を表すといってもいいかもしれない。

#### 1.4 臨界減衰(限界減衰)

減衰が大きければ大きいほど揺れがすぐに収まるが、極端に減衰が大きい場合はなにが起こるだろうか。通常は右、左、右、左、と繰り返しながら徐々に揺れ幅が小さくなっていくと思われるが、減衰がある値を超えると揺れが一往復することなく止まってしまうことがある。これを「過減衰」といい、減衰が大き過ぎて振動しない状態を指す。この過減衰になるかどうかというギリギリの減衰を臨界減衰という。これよりも減衰が小さければ普通に振動する状態が「不足減衰」で、減衰が大きければ振動しない状態の過減衰になるのである。この臨界減衰の状態は減衰係数でいえば「減衰定数 $\zeta=1$ 」となる場合である。

#### 1.5 制震(制振)ダンパーによる減衰

とかく減衰は難しい現象だが、しかし、人為的に追加した減衰であれば正確な評価が可能であり、それが制振ダンパーが付加された場合の減衰である。制振ダンパーの減衰係数はメーカーが保証し、ダンパーを設置した2点間の変位や速度の差によってエネルギー吸収量が決まる。しかし、注意が必要な場合もある。各階にバランスよくダンパーを配置する場合、ダンパー量を増やせば増やすほど減衰定数を大きくすることができるが、ただ、一部にダンパーを集中して配置する場合、ダンパーを入れ過ぎることで逆に減衰定数が低下する場合もある。ダンパーは「変形することでエネルギーを吸収」するので、ダンパーを増やすとその部分の変形がどんどん小さくなり、最終的にはほとんど変形しなくなってしまうのである。免震建物ではダンパーの適正量が存在する。免震は柔らかい免震層によって地面から切り離されていることに意味があり、ダンパーを入れ過ぎると地面との接続の度合いが強くなり、結果として免震効果を下げてしまうことになるのである。バランスよくダンパーを配置する分には、減衰定数は設置するダンパーの「減衰係数」に比例して有効性が増すといえる。

#### 1.6 地盤などとの構造的絶縁

狭義の免震では、地盤や床との絶縁のみを行うが、建物の場合には基礎部分に免震工事を行い、震動を吸収するためのダンパーと組み合わせるのが一般的である。

地盤などとの構造的絶縁には、鉛直方向に構造物を支持しつつ水平方向に柔軟に変位可能なアイソレータを設置することで、地盤の動きに追随しないで済むようにする。建築では、金属板とゴムを交互に重ねた積層ゴムアイソレータが広く使わ

れるが、他にもボールスライドレールなどで滑らかな移動を可能とするタイプもある。最近では空気圧を利用し建物全体を基礎の一部とともに浮かせることで、エネルギーを建物に伝えないAIR断震という技術が出ているが、建築基準法では構造上、免震とは認められていない。

## 2. 流体の粘度(粘性率、粘性係数)、動粘度(動粘性率)

### 2.1 粘度

水や空気などの流体には、単位面積当たり流速の位置による変化の度合い(速度勾配あるいは、せん断速度)に比例した摩擦力が働き(粘性に対するニュートンの法則)、その「比例係数」 $\eta$ を「粘度」と呼ぶ。英語ではviscosityと表され、業界によっては「粘性率」あるいは「粘性係数」と呼び、記号に $\mu$ を使うことも多い。粘度は(圧力)×(時間)の次元をもち、水の粘度はおよそ1mPa・s、空気の粘度はおよそ0.02mPa・s程度である。

### 2.2 粘性率

粘性の大きさを定量的に表すために粘性率(coefficient of viscosity)が定義される。たとえば、2枚の平行な平板の間に流体を入れ、一方の板を固定し他方を速度 $U$ で動かすと、流体は引きずられてずり運動を起こす。板の間隔を $h$ とすると、速度勾配は $U/h$ である。この場合、固定平板は流体によって引きずられ、運動平板は引き戻される方向に力を受ける。普通の流体では、その力の大きさは速度勾配に比例する。すなわち、板の単位面積当りに働く力を $\tau$ とすると、

$$\tau = \eta \frac{U}{h} \dots\dots\dots (8)$$

の関係が成り立つ。この比例係数 $\eta$ を粘性率という(粘度あるいは粘性係数ともよばれる)。板の表面のみならず流体内部の各点でも、板に平行な面の両側の流体部分は単位面積当たり $\tau = \eta U/h$ の大きさで面に平行な方向の力を及ぼし合っている。 $\tau$ を「ずり応力」という。一般に、流れの方向に $x$ 軸、それと直角に $y$ 軸をとり、流速を $u$ とすると、 $\partial u / \partial y$ は速度勾配で、

$$\tau = \eta \frac{\partial u}{\partial y} \dots\dots\dots (9)$$

の関係が成り立つ。

### 2.3 動粘度(動粘性率)

一般に物体の運動は、質量×加速度=力[ニュートンの運動法則]によって支配されるので、流体の運動には、質量に関連して密度 $\rho$ 、力に関連して粘性によるずり応力が重要である。しかし、運動そのものを支配するのは $\eta$ と $\rho$ の比 $\nu = \eta/\rho$ である。 $\nu$ を「動粘度」「動粘性率」: kinematic viscosity」という。なお、粘性の作用を無次元の形に表すためにレイノルズ数

$$R = \rho \frac{Ul}{\eta} = \frac{Ul}{\nu} \dots\dots\dots (10)$$

が使われる。ただし、 $U$ は流れを表す代表的な速度、 $l$ は代表的な長さである。

## ばねの原点・学会の原点(3)

名誉会員 下関 正義

ばねの主役はコイルばねでしょう。それも圧縮ばねがメインで、引張りばねとかねじりばねは、比較的少ないのではないのでしょうか。断面形状としては、圧倒的に円形が多いと思います。こうした理由から今回は円形断面の単純ねじり問題を中心に話を進めます。

## 1. つる巻きばね

弓の弦をクルクル丸めた姿に似ているから、「つる巻きばね」と呼んだのか、あるいは植物をつるを巻く姿に由来しているのか知りませんが、コイルばねのことを昔はつる巻きばねと呼ぶのが一般でした。そして私が住む町名は「弦巻」なのです。これは単なる偶然ですが、当学会の会員から、わざわざ町名にこだわったのかとやゆされることがあります。

さて本題ですが前回、糸とかゴムには引張り剛性しかないと話しました。ところがどうでしょう。コイルばねは、様々な外力に対応します。しかも

圧縮ばね : ねじりモーメント

引張りばね : ねじりモーメント

ねじりばね : 曲げモーメント

という具合に、ばねの呼び名と、特性を定める主要な内力成分とが異なるので厄介です。

もちろん圧縮ばねにねじりモーメントだけが作用するはずはありませんから、トーションバーとは違います。初等材料力学のテキストに記載されているように、トーションバーを丸めてコンパクトにしたのがコイルばねであるというのは大胆な近似です。座巻きに分布する外力に関して、

合力の作用点がコイル中心にある保証はない

のです。一般には偏芯した位置に斜めの荷重が作用していると考えるのが自然でしょう。「ワールの修正係数」をご存じでしょうが、これは前述の仮定を覆すものではなく、単に応力計算で「平面曲がりはり」の影響を考慮したにすぎません。しかしつる巻きは曲率とねじり率を合わせ持った立体らせんなのです。

近似や前提をどう設定するかは、解明すべき問題に応じて異なるわけですが、何をどう扱うかにせよ己の立ち位置を自覚しないことには解決は望めません。

## 2. 真直棒のねじり

話を簡単にするため、真直な丸棒を単純にねじる問題を取り上げます。ゴムホースの中が詰まったようなものを想定してください。前回の平たいゴム紐と同様、表面にマジックで正方形を描いてみます。ゴムホースをねじると軸線に対して、4辺が垂直と平行な正方形はひし形に変形します。45度傾けて描いた正方形は、長方形になります。つまり単軸引張りの場合とはちょうど逆のパターンになるのです。

正方形がひし形に変形するのはせん断変形ですから、軸に垂直な「タガ張り」方向にはせん断応力が生じていることを意味します。逆に45度方向には引張り応力が作用しているわけです。これは手拭いを絞ってみれば実感できます。繊維が引っ張られるのがテンションの証しであり、逆に圧縮方向の繊維は座屈しているわけです。

この状態をモール円にすれば、原点に中心を持つことになります。つまり

$$\sigma_{\perp} = -\sigma_{\parallel} = \tau_{\perp} = -\tau_{\parallel}$$

最大主応力と最大せん断応力が等しくなります。だから純粋な丸棒のねじり問題にあっては、強度評価を $\tau$ で表記するのが悪しき通例になっています。でも横断面で破壊すると勘違いしてはいけません。チェモシエンコの書籍にも写真が載っているように、斜め45度で切れるのです。引張り応力 $\sigma_{\perp}$ によって破断するので、破断面は $\sigma_{\perp}$ の面になります。

私がばねに携わっていた40~50年前は、ちょうど熱間コイルばねの硬度を上げて、高応力化するのが盛んな時代でした。当時、若造だった私は、ワールの修正係数からして、圧縮コイルばねが折損するのは内径側と思い込んでいましたが、実験に供された多くのばねが、不思議と外径側に折損起点があるのです。これは妙だと悩みましたが、高応力化でピッチ角が大きくなり、それによって曲げ応力の影響が無視し得なくなったと判明した次第です。このようにコイルばねの形状をモデル化するにしても、必要に応じて

真直棒→平面曲がりはり→立体らせん

といった具合に各段階があります。



### 3. 座巻きは曲者

今まではばねの有効部に関する初等材料力学的な解説をしてきましたが、難しいのは領域内ではなく、境界上の条件式の与え方にあります。

圧縮コイルばねを例にとるならば、外力作用点がコイル中心にあると仮定してしまえば話は簡単です。でもそれでは18世紀の職人のレベルでしょう。少なくとも21世紀の技術者が、このレベルに甘んじてはいけません。

個人的な話になりますが、私は当学会と同じ年齢です。今年で73歳になります。こうした長い人生にあって、ばね業務に携わったのは、ばねの設計に在籍した10年間だけです。だからあまりえらそうなことはいえないのですが、やり残した最大の心残りは「座巻き」です。連続体を解析する時、一番難しいのは境界条件だといわれています。

一口に座巻きといってもいろいろあります。座面研磨もあればテーパードエンドやオープンエンドなど各種あるわけですが、それぞれ界面との接し方は異なります。接触応力の分布パターン、接触面での滑り具合など様々な要因が関与するでしょう。

でも考えてみると、座巻きも含めて、ばね全体のひずみエネルギーを最小にするような接触パターンになるはずで、だとすれば、これを変分問題で解けそうだと推察したものの、はや半世紀、手付かずのままです。

### 4. 塑性こそが本丸

しかし昔から当学会に携ってきた者として、もっと気になるのは製造技術です。至極当たり前の話ですが

ばねを使用するのはユーザー

製作するのがばねメーカー

原料を供給するのが材料メーカー

という三者を関係づけるのは、

設計技術：ユーザーとばねメーカーの橋渡し

製造技術：ばねと材料のメーカー間をつなぐ

です。そしてそれらをバックアップする力学としては、図式的に

設計技術：弾性力学

製造技術：塑性力学

となりましょう。

さてそこで何がしたいかというと、当学会では塑性力学関連の研究発表が極端に少ないと思うのです。弾性域に

比べて塑性域が扱いにくいのはわかりますし、個人や一企業では手に負えない案件が多いのも事実です。だからこそ力を合わせての共同作業に意義があるのではないのでしょうか。

竹の子ばねを引き合いに出すならば、設計的視点からすると矩形断面の円すいコイルばねにすぎません。しかし実際にこのばねを作っている現場を見て驚きました。正方形に近い鋼板をバイアスに切断しているのです。材料歩留まりを考えれば、帯鋼を傾けて巻けば済むと思いますが、わざわざ斜めに材料を裁断しているのです。その理由を聞けば、鋼帯を使用したばねは、圧縮すると板が傾いて、板間摩擦が大きくなるそうです。おそらく圧延材は異方性が強いことから、圧延方向と応力の主軸の関係でそうなるのだと思われる。

もう一つ引き合いに出せば、皿ばねの残留応力が特性に及ぼす影響です。この件に関しては、当学会で発表した記憶もあります。見た目は同じでもプリセッチングの量によって、特性が大幅に変化することが判明したのです。ご存じの通り、飛び移りの判定基準はばねの高さと板厚の比で決まります。ところが飛び移りの基準値以下、すなわち

$$(\text{ばねの高さ}/\text{板厚}) < \sqrt{2}$$

であっても飛び移るといふ衝撃的な事件が起き、その真犯人を突き詰めたら、なんとプリセッチング時の残留応力であったと判明しました。これは弾塑性解析の一例です。

竹の子ばねとか皿ばねは、ほんの一例にすぎません。この連載の初回に取り上げた弾性係数にしても塑性加工のプロセスが重要なのです。線材の引き抜きや鋼帯の圧延が塑性加工であるのは当然ですが、ばねメーカーのばね成形も塑性域での加工です。

だから共同研究で、材料メーカーとばねメーカーが情報を共有しないことにはらちがあきません。

## 世界に貢献できる技術者をめざすために基本的に大切と思うこと Part 1

名誉会員 山田技術研究所 山田 凱朗

## 1. はじめに

タイトルにある「世界に貢献できる技術者」を強調するが、これは次のことに関係する。すなわち、1989年から1991年に、旧ソビエト社会主義共和国連邦(ソ連)を含む東欧の社会主義国が社会主義をやめて私企業を認めた結果、東欧諸国の企業が西側の自由経済圏に参入し、世界で経済活動を行うことになった。また、中国や韓国などの企業の工業製品の競争力も伸び、日本の多くの製造業は国際競争にさらされている。その結果、日本企業に勤める多くの技術者も国際的に活躍することになった。なお、高等工学教育を扱う日本技術者認定機構(JABEE)の認定基準1に、「地球的視点から多面的に物事を考える能力とその素養」を掲げている。

## 2. 日本敗戦後の南原繁総長の反省

第二次世界大戦後、東京大学の南原繁総長は日本の過去を振り返り、「大学で専門別の学部・学科の独立がなされ、大学の隆昌をもたらしたが、国の運営に失敗する人材を生み出し続けた」と述べた。すなわち、諸「科学」の学部・学科ごとの閉じた発展は大学の理念にとって破滅的であり、新制大学の教養教育が目指すところは異なる専門分野を総合する力であると考えた<sup>1)</sup>。

筆者の経験で、企業で実用化をめざす研究開発では、一般的に、複数専門分野の知識・経験を総合する必要があるように感じる。ただし、論文や報告書を書くだけで、実用化を目指さない仕事は、通常、一つの技術分野を専攻した技術者や研究者でも可能である。

企業の技術者は、大学で学んだ専門分野と異なる分野の知識が必要になる時は、それを学ぶか、その分野の専門家の協力を仰ぐ必要がある。ただし、前者の場合、数学・物理学・化学などの基礎的知識と和・英文読解力を常日頃から育成しておくことが役立つ。後者の場合でも、協力してくれる専門家の意見を大まかに理解するだけの力量を持っていることが望ましい。

## 3. 第二次世界大戦後の日本製造業の発展

日本が敗戦(1945年)した後、米国の進んだ品質管理技法の考え方をベル研究所のシュハート(Walter Andrew Shewhart)博士やデミング(William Edwards Deming)博士などに学んだ。一例として、米国から教えてもらった総

合的品質管理(Total Quality Control 略してTQC、現在のTotal Quality Management 略してTQM)を日本の品質管理の研究者たちが日本風に発展させた。トヨタのジャストインタイム生産方式とTQMは両方合わせて品質やコスト改善などに貢献したという。

日本のTQMの前提として、全員参加と人間尊重思想の思想がある。全員参加とは、たとえば、ある工場でTQMを実施する場合、工場のトップ(たとえば工場長)以下、作業員まで全員が目標と実施課題などを立案・計画して行う方針管理の実施がある。また、人間尊重思想とは、製品などの品質不適合を起こしたであろう人をただちに非難したり罰したりすることなく、品質不適合を起こす原因となった仕事の仕方やプロセスを、本人を含む関係者が明らかにして、その原因に対策をする考え方のことである。これにより、ミスを起こした人は自分の失敗内容を関係者に開示しやすくなるとともに、全員がやる気を維持することができるようになった(図1)。また、職場の地位の上下関係にとらわれずに、議論では自由に意見を戦わせることで、真によりチームワークに導くことができると認識されるようになった。

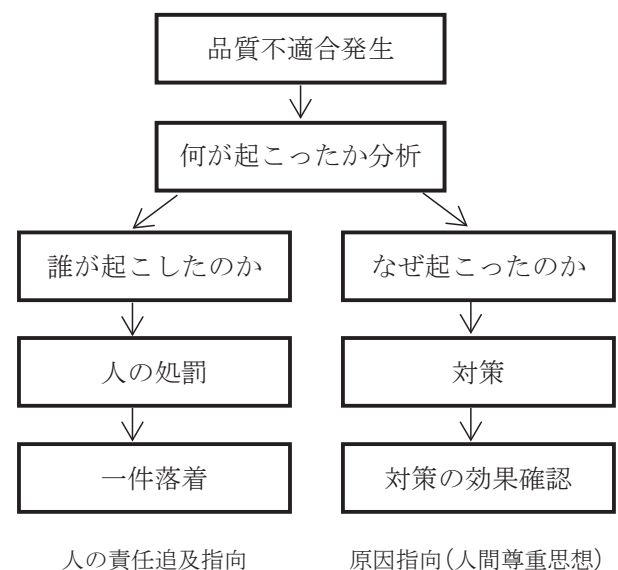


図1 品質不適合(不良)発生時の対応法  
(黒田勲著「信じられないミス」はなぜ起こる—ヒューマン・ファクターの分析—、中災防新書004、図12-1をもとに筆者が作成)



#### 4. 関係者が知識を広く共有することの大切さ

原子爆弾と原子炉(軽水炉)の開発に長年従事した米国の物理学者ワイグナー(Alvin M Weigner, 1915-2006)は1972年に「科学と超科学」(原題: Science and Trans-Science)という論文を発表した<sup>2)</sup>。この論文では、原子炉からの微量放射線照射による人体への悪影響が起こる限界被曝量や原子炉の安全性を科学によって明確化するのは困難と記している。そして、そのような問題は超科学(Trans-Science)の領域で扱うべきであるとし、政府関係などの権威ある組織に委ねるべきであると提案した。その理由として、(i)原子炉の各パーツの損傷確率を求め、それらの値を掛け合わせて求めた原子炉全体の損傷確率は異常に小さくなりすぎること、また、(ii)すべての損傷モードを事前に把握しているという証拠を得ることは不可能であることを挙げた。

政府関係者などの権威筋に原子炉の安全性を委ねるというワイグナーの発想は、現在の米国や日本の技術士会や諸学会などでうたっている「技術者は公衆の安全と衛生を第一義に考慮する義務を負う」という思考から、残念なことに後退してしまっていると思われる。

ワイグナー自身の経験に基づく見解で納得できる点は、原子炉の安全性確保を関係する科学者と技術者だけに委ねるのではなく、公衆に技術をよく開示し、彼らの疑問や意見を可能な限り多く聴取し、または提案してもらうことにより、より安全な状態に改善できると信じるとの見解である(筆者注: 公衆の中にも多分野の優れた科学者や技術者、法律家などがある)。

ワイグナーはさらに、旧ソ連では公衆への原子炉に関する技術開示をせず、公衆の意見を無視する(当時の)共産党政権のもとでは、原子炉の安全性は米国に比べて劣ると記した。不幸なことに、この言葉が暗示するかのよう1986年4月に旧ソ連のウクライナでチェルノブイリ原子力発電所4号炉が低出力操業試験中に爆発し、欧州やアジアに放射性物質がまき散らされ、多くの死傷者も出た。なお、この炉はワイグナーの指摘どおり、圧力容器も格納容器もなく、しかも、低出力運転をすれば炉は制御できなくなるのを政府は事前に把握していたのに、操業現場の運転員に前もって開示せず、秘密にしていたという。

#### 5. リスクを予測し対策を考えること大切さ

2011年3月11日に起きた福島第一原子力発電所事故では、地震により受電用送電鉄塔がすべて倒壊して受電不能となった。しかし、震源に最も近かった東北電力女川原子力発電所は過去の津波を調査し、敷地高さを14.8m高さとしたが、それにとどまらず、地域住民とのコミュニケーションを積極的に進めるなど、安全のための幅広い改善活動を進めていたという<sup>3)</sup>。その成果であるのか不明であるが、大地震当日、女川原子力発電所では受電用の鉄塔が1本だけ倒

壊せずに生き残ったため、所内の全原子炉に電力を送り続けることができたとのことである。

日本では、原子力発電は絶対に安全という話が昔から報道されていた。しかし、人間の作った装置が絶対安全であると考えてしまうと、リスク(将来起きる可能性のある危険な事象)を発掘・予見して改善活動をする根拠が失われる。その結果、安全化のための設備や操業の改善活動の動機を失い、リスクが放置される。

日本では、過去には戦場などで、一旦決定したことは断固実行すべしという思考法があったように感じる。このような考え方は、迅速かつ複数部署への同時通信連絡手段がない時代にはやむを得ないが、現在は、過去の事故事例や現在進行中の現象などをインターネットで時々刻々追跡しやすくなったので、臨機応変に対応策を変更・実施できるはずである。

また、福島第一原子力発電所の事故のように事故直後に事故現場の炉心へ近づく手段がないような場合は、事故状況の把握が困難なため対策しにくいので、理想を申せば、より改善した構造の設計を技術者は創作すべきといえるだろう。

#### 6. 高等教育での教養(リベラル)教育が果たす役割

専門分野の知識は最新ののものであっても、次第に時代遅れになる。あるいは、自分の仕事の分野が変わったり広がったりすることがある。そのため、技術者は生涯学び続けることを求められる。このときに役立つのは比較的基礎的な知識(大学などでの教養教育にほぼ該当)であり、米国や英国では、特にこれを重視しているようである。たとえばオックスフォード大学では、高等教育の目標はリベラル教育(教養教育)を通じてクリティカル・シンキング(批判的思考)能力を涵養することにあり、それによって生涯学び続ける能力と複数のキャリア形成を可能にすると報告している<sup>4)</sup>。

(つづく)

編集部注 本稿は筆者が執筆した書籍<sup>5)</sup>の要点をまとめたものである。

#### 参考文献

- 1) 吉見俊哉, 大学とは何か, 岩波新書2011 pp187-193.
- 2) Alvin M. Weigner: Science and Trans-Science, Minerva, X2(1972) April pp. 209-222(インターネットで参照可能).
- 3) 芳仲一行, 女川原子力発電所の事例に学ぶ 技術士PE, No.611(2017)11月号 p.12.
- 4) David Palfreyman, The Oxford Tutorial: 'Thanks, you taught me how to think' 2nd edition, OxCHEPS 2008 p.3.
- 5) 山田凱朗, 世界に貢献できる技術者をめざそう 技術者にとって基本的に大切なことを考える (株)インプレス R&D(POD出版)2019年10月.

# 立命館大学 理工学部ロボティクス学科ソフトロボティクス研究室

立命館大学 助教 松野 孝博

## 1. 研究室紹介

私は2019年度から、立命館大学理工学部ロボティクス学科ソフトロボティクス研究室(平井・松野研究室)に、助教として所属しております。立命館大学のロボティクス学科は、1996年に日本で初めて設立されたロボット専門の学科で、そのロボティクス学科の設立当初から平井研究室は活動しております。当時は研究室名を集積機械知能研究室としており、実にさまざまな研究を重ねられたそうです。その中でも平井先生は早い段階で「ソフトロボティクス」に着目しており、弾性体のモデリングや柔軟物を用いたアクチュエータなどの研究実績があります。

ソフトロボティクスとは従来のロボットの概念をくつがえす研究内容です。従来のロボットは剛体の部品で構成され、その手先位置や力などを複雑な制御理論で厳密に制御していました。しかし、この従来手法の限界点も近年指摘されています。たとえば剛体のロボットハンドで破損しやすい物体を把持する場合、把持計画や制御則を厳密に設定する必要があり、そのパラメータに一つでも誤差があれば把持に失敗してしまいます。一方でソフトロボティクスの場合、柔らかい材料でロボットを構成し、その材料が持つ柔軟

性や減衰性を積極的に活用します。例としてソフトロボットグリッパの場合、適切な形状を設計さえすれば、複雑な制御をせずとも非常に高い把持の安定性とロバスト性を誇ります。把持対象物の位置や形状に多少の誤差があっても、材料特有の柔軟性と減衰性でこれらの誤差を吸収することができます。そのため、従来の剛体ロボットでは難しかった食品のハンドリングや人と接触するロボットの構築がこの分野で可能になります。平井研究室ではソフトロボティクスで多くの研究成果を残しており、日本食品機械工業会や各種学会から多くの評価を得ています。詳しくは平井研究室のホームページ「Soft Robotics Lab」<sup>(注)</sup>の研究実績をご確認ください。現在では、平井研究室はソフトロボティクスとそれに関連する要素技術の研究をメインテーマとし、研究室の名前も「ソフトロボティクス研究室」となりました。

## 2. 研究テーマ

私が担当している研究の一つが跳躍ソフトロボットです。このロボットは、ばね鋼などの弾性外郭で構成され、その外郭を変形させることで跳躍移動が可能です(図1)。従来、不正地走破ではクローラ機構や脚機構が多く用いられてきました。一方で自然界に目を向けると、昆虫などは跳躍

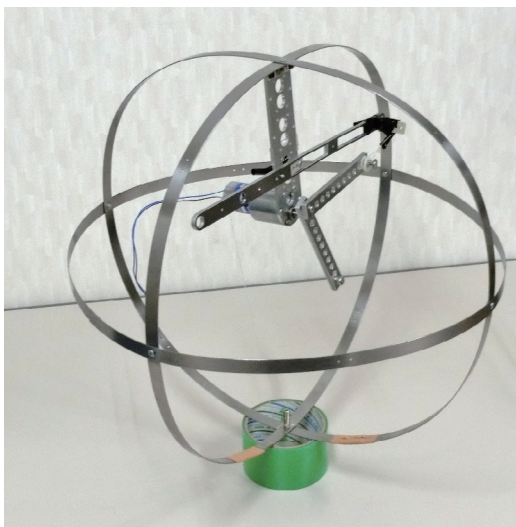


図1 跳躍ソフトロボット試作機

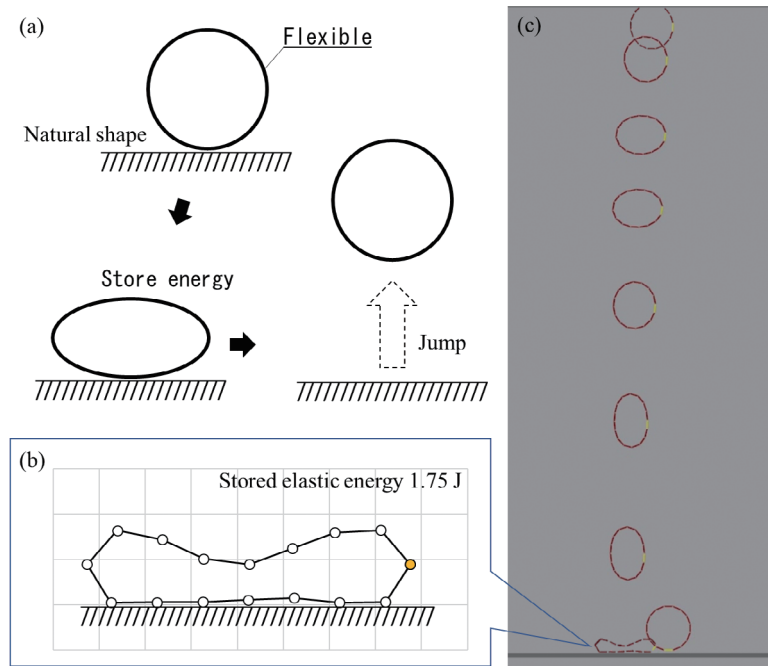


図2 ソフトロボット跳躍動作

(a) ロボットの跳躍原理 (b) 遺伝的アルゴリズムによる変形状の最適化結果 (c) ロボットの跳躍動作のシミュレーション結果

による不整地を走破しており、これらの昆虫は軽量でありながら跳躍による高い走破性を有していることが確認されています。本研究の跳躍ソフトロボットは、従来のクローラ機構や脚機構とは異なる、軽量かつ高い走破性を有するロボットの実現を目指しています。

跳躍ソフトロボットを跳躍・移動させるためには、ロボットの外郭を図2(a)のように変形させる必要があります。また、ロボットの走破性を上げるためには跳躍高さの向上が不可欠であり、そのためには跳躍直前の変形形状の最適化が必要です。本研究では、単位エネルギー当たりの跳躍高さを最大にする跳躍姿勢を、遺伝的アルゴリズムを用い

て導出しています。計算結果は図2(b)と(c)に示す通り、ロボットの底面を地面と沿わせて平らにし、ロボットの上面を凹ませることで、単位エネルギー当たりの跳躍高さが最大になることを確認しました。この形状でロボットの跳躍高さの向上を実機実験でも確認しています。現在は、ロボット跳躍の力学的な解析と、移動跳躍ロボットとしての実機開発をしており、将来的には、跳躍ソフトロボットを探索ロボットなどへ応用していくことを検討しています。

(注)Soft Robotics Lab ホームページアドレス  
<http://www.ritsumei.ac.jp/~hirai/>

## 特許情報

### 特許公報の閲覧方法

- ・特許情報プラットフォーム「J-PlatPat」にてご覧になれます。
- ・ホームページアドレス <https://www.j-platpat.inpit.go.jp/>
- ・このページの「特許・実用新案」のタグをクリックし、「特許・実用新案番号照会 /OPD」で、検索対象「文献」、入力種別「番号入力」を選択し、発行国は「日本 (JP)」、番号種別で「特許番号」または「公開・公表番号」を選択し番号を入力してください。その後「照会」で特許明細が表示されます。
- ・会報を電子媒体でPDFのままご覧の場合は、登録番号、公開・公表番号をクリックすると、特許の明細書が直接ご覧いただけます。
- ・出願人が2名(2社)以上ではね関連メーカーが出願人の場合には、優先して記載します。

### 登録公報一覧(2020年3月4日～3月26日)

出願番号	登録番号	出願人	発明の名称
2015-239176	6662626	株式会社CFCデザイン	炭素/炭素複合材製コイルスプリング
2016-544708	6663853	グリーン リフリジェレーション イクイップメント エンジニアリング リサーチ センター オブ チューハイ グリー カンパニー リミテッド	板ばね、板ばね群および圧縮機
2019-157204	6669333	有限会社沖田工業技術開発	免震装置
2016-051508	6669391	特許機器株式会社	プレキャストコンクリート防振ベースプレート
2016-057077	6669546	中央発條株式会社	セッチング装置
2016-059476	6670649	三菱日立パワーシステムズ株式会社	回転機械翼、回転機械及びダンパ装置
2018-516153	6671467	メティスモーション ゲゼルシャフト ミット ベシュレンクテル ハフツング	パネユニット、パネアキュムレータおよびアクチュエータ

### 公開公報一覧(2020年3月6日～3月26日)

出願番号	公開・公表番号	出願人	発明の名称
2018-160284	2020-034068	日立オートモティブシステムズ株式会社	流体圧緩衝器
2019-203429	2020-038010	三菱製鋼株式会社	中空ばね
2018-174427	2020-044080	株式会社共進	接続構造体及びその製造方法
2019-542630	2020-509324	レイセオン カンパニー	クライオクーラー及び他のデバイスに対する高い動的安定性を有する非回転フレクシャ・ベアリング
2019-519482	WO2018/216317	住友電気工業株式会社	斜め巻きばねおよびコネクタ
-	WO2020/013175	日本発條株式会社	圧縮コイルばねおよびその製造方法
-	WO2020/026716	中央発條株式会社	コイルばねの加熱方法、座巻部加熱装置、およびコイルばね
-	WO2020/027231	日本発條株式会社、大同工業株式会社	テンショナ
-	WO2020/027232	日本発條株式会社、大同工業株式会社	テンショナ



## 講義の雑談(30)－興味のおもむくままに－

東京電機大学 大沢 基明

このコラムも30回になりました。マンネリ化している、材料工学の雑談ではなくなっている、など心配しながら書いています。多くの学生は講義や教科書はあまり面白く感じていません。少しでも興味を持ってもらうために講義の始めに雑談をします。このコラムはこの雑談を整理してまとめたものです。なぜ教科書は面白くないのでしょうか。それは、教科の内容を200～300ページに凝縮させるために、その背景や歴史などが記述できず、エッセンスだけの無味乾燥な内容になってしまうからでしょう。その教科の周辺も述べ、興味を持たせるのが講義であり、副読本なのでしょう。

塩野七生さん(作家、「ローマ人の物語」など)が高校の同級生だったノーベル賞を受賞した利根川進さんと「なぜ東大に落ちたか」を語り合ったことがあったそうです。そこで、二人の結論は「学校の先生の講義内容を聴いていると、それが元になってあれこれと連想が働きすぎるのが原因」となったそうです。疑問が疑問を生んで、興味が広がって受験勉強ができなかったようです(NHKテレビ2020年2月24日「塩野七生と高校生の対話」)。常に疑問や興味を持つことが、新しい発想や開発につながるのでしょう。

ちょうど、雑誌「金属」2020年4月号の特集が「若い技術者・研究者に薦める書」ですので、私の面白かった本を挙げてみることにします。広く理系の本を紹介した書籍に、2018年に出版された松岡正剛「理科の教室」(角川ソフィア文庫)があります。松岡氏の書評を載せている「千夜千冊」(<https://1000ya.isis.ne.jp/top>)の理系本をまとめたものです。また、松岡氏と理化学研究所は「科学道100冊」(<https://kagakudo100.jp>)をまとめています。その中でも真っ先に紹介されているのがM.ファラデーの「ロウソクの科学」(<https://www.genpaku.org/candle01/>)です。昨年ノーベル賞を受賞した吉野彰さんも、若い人に読んでほしい書籍として「ロウソクの科学」を挙げています。「ロウソク」は「蠟燭」と書きます。「燭」は「燭台(しょくだい)」のように「しょく」と読みますので、「ろうしょく」から「ろうそく」に変化したのでしょう。この本はファラデーが王立協会を退く前年の1860年暮れの6夜連続のクリスマス講演の記録です。ファラデーは電磁誘導や化学、さらにはFe-Cr合金(ステンレス鋼)の研究を行っています。ただ、Fe-Cr合金の研究は途中でやめてしまったようで、耐食性がよいとは述べていません。「ロウソクの科学」第6夜の講演の最初には聴講者の女性から贈られた日本のロウソクについて一言紹介しています。洋ロウソクの原料は動物の脂ですが、和ロウソクの原料は植物性で燭の実を使っています。芯は和紙やイグサ、綿が使われ、中空の換気構造になっています。ファラデーはこの中空構造に感心しています。「ロウソクの科学」のように身の回りのものを科学的に解説した本はそのほかにも出版されています。大正時代の児童

向け文芸雑誌「赤い鳥」に寺田寅彦がペンネーム八條年也で執筆した「茶わんの湯」(寺田寅彦の随筆は青空文庫([https://www.aozora.gr.jp/index\\_pages/person42.html#sakuhin\\_list\\_1](https://www.aozora.gr.jp/index_pages/person42.html#sakuhin_list_1))で読める)も茶碗の湯気を面白く、子供にわかるように書いています。私が学生の頃、科学雑誌「自然」(現在は廃刊)に掲載された「物理の散歩道」(現在は「ちくま学芸文庫」に収録)も身の回りの物理学で面白い本です。身近なものを扱ったものに、ギャヴィン・ブレイター=ピニー「雲の楽しみ方」(河出書房新社)があります。雲を科学だけでなく、歴史、宗教、地理などのいろいろな面から書かれています。著者は「雲を愛でる会」を主宰し、ホームページ(<https://cloudappreciationsociety.org>)にはきれいな雲の写真を載せていますので楽しくなります。同じように風について書いた杉本憲彦「風はなぜ吹くのか、どこからやってくるのか」(ベレ出版)があります。シャンパンの泡について書いたジェラルド・リジエ=ベレール「シャンパン 泡の科学」(白水社)は泡が発生し、浮上し、はじける様子を写真で科学しています。工学分野では、吉田武「呼鈴の科学 電子工作から物理理論へ」(講談社現代新書)も、呼鈴を理解するために電磁気学から原子物理へと話が広がっていきますので、工学から物理学まで楽しめます。その本の中で、「常識を越えるための常識」として、「若者は常識にしばられない」といわれていますが、若者は「若者という名の常識」にしばられ、「常識にしばられないぞ」という考えにしばられています。常識を敵視している間は、常識を乗り越えることはできません。物理や数学では歴史的にも「若者」が大活躍してきましたが、彼らもまた、その当時の学問的因習から遠ざかったというだけで、学問そのものの常識である基礎に関しては、その若さに似合わぬ年齢まで、これを習得していた人たちがほとんどです。やはり、基礎が大切です。また、トーマス・トウエイツ「ゼロからトースターを作ってみた結果」(新潮文庫)はトースターから広い周辺の工学が見えてきます。また、ピーター・J・ベントリー「家庭の科学」(新潮文庫)も楽しい本です。

材料関連では、サム・キーン「スプーンと元素周期表」(ハヤカワ文庫)も読んでいて楽しい本です。本のタイトルにある「スプーン」は温かい紅茶をスプーンでかき混ぜるとスプーンが茶碗の中に消えてしまうという奇術用のスプーンです。低融点金属のガリウム製だそうです。ただし、14世紀の日本で、ある刀鍛冶が鉄にモリブデンをふりまいて作ったとの記述(「スプーンと…」p. 119)があるのは誤りだと思います。常に疑問を持って読みましょう。同じように、オリヴァー・サックス「タングステンおじさん：化学と過ごした私の少年時代」(ハヤカワ文庫)も面白い本です。もっと紹介したいのですが、このページが一杯ですので、次の機会にします。

File No 215	題目	クラッド・めっき技術を応用した複合材料線材
	著者、誌名	八木洋光、山崎和郎、太田肇、SEIテクニカルレビュー、No.196、pp26-31(2020).
	概要	複合材料線材は、機能の異なる金属相を合わせ持つことで比較的安価に複数の特性を同時に成立させることができる。クラッドあるいはめっき技術を用いて製造された複合材料線材の製品群と応用例が紹介されている。クラッド線製造方法は芯材をパイプ状の被覆材中に入れるダイレクト法とテープ状の材料を芯材の周りに連続溶接で被覆する連続溶接法の2種類に大別される。どちらも芯材と被覆材を合わせた状態でダイス引きすることで密着させ、線材として一体化させている。銅クラッド鋼線は強度に優れた低炭素鋼の芯材に熱・電気伝導性のよい銅を被覆したクラッド線である。銅よりも強度や耐疲労性が求められる部位に使用される。例えば電子部品用リード線である。その他のクラッド線として軽量ハーネス用の銅クラッドアルミ線や熱膨張率がガラスと近い鉄ニッケル合金に銅を被覆することでガラス封止性と導電率を両立させた銅クラッド鉄ニッケル線などが紹介されている。めっき線は母材となる線材に対してニッケルや銅、銀、錫などをめっきにより被覆した線材である。主に電気めっき法が用いられる。錫に関しては熔融めっき法も適用される。クラッドに比べて外層を薄くしやすいため、表面性状のみを改良したい場合などに用いられる。ニッケルめっき銅線は銅線をニッケルでめっきすることで、70%IACS*以上の導電率と500℃までの耐熱性を両立している。自動車のエンジン周りのような高温環境下で使われるリード線などに用いられる。銀めっき銅線は銀の耐酸化性を持ちつつ純銀線より安価である。また、電気抵抗が全金属中で最も小さい銀が表面を被覆するため高周波特性が良好である。錫めっき銅線は表層の錫がはんだ付けとの相性がよいので抵抗器やコンデンサーなど実装部品のリード線に使用されるほか、摩擦抵抗が小さいことを活かしてコネクタ用ピンにも使用される。新製品としてニッケル基超合金クラッドニッケル線、ニッケルクラッドアルミ線、めっきアルミ線が紹介されている。

\* %IACS：国際標準軟銅線(International Annealed Copper Standard, 293Kでの比抵抗 $1.7241 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ )の導電率を100%IACSとし、これに対する比率で対象の導電率を表す。

## 学会の動き

行事名	開催日時、場所、出席者	主な内容
会報編集委員会	2020年4月10日(金) メールでの校正による編集	会報5月号の校正
庶務・会計担当理事会	2020年4月16日(木) メール審議	総会議案の確認
会報編集委員会	2020年4月28日(火) メールでの校正による編集および Web編集会議 9:00~10:30 出席者8名	1. 会報5月号の再校 2. 会報6月号の割付

## 編集後記

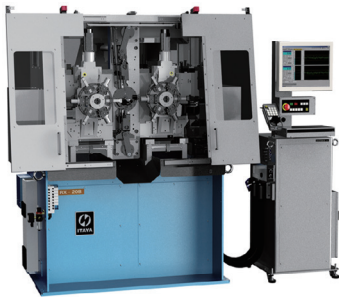
インターネットで「ばね」という単語を検索すると、「ハダカデバネズミ」というネズミの仲間が引っかかってきた。無毛で、歯が長いネズミである。たまたまバネという字が入っていたのだ。このネズミはただ者ではない。寿命が普通のネズミの約7倍で約30年と非常に長く、しかもがんにかかりにくいという特長がある。感染症にはどうであろう。新型コロナウイルスの感染者が減少するのを切に望みたい。(K.U)

機械・コンピュータ・サービス・ネットワークを統合し、  
幅広いラインナップでお客様のニーズにお応えします。

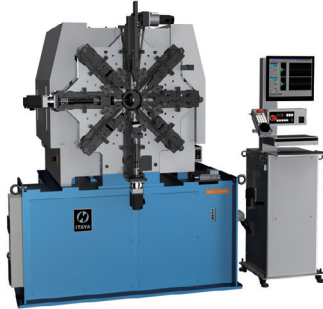
板屋製作所の製品は、常に独特なアイデアと最新の技術に基づいて設計され、最新のNC工作機械と、熟練した組立技術によって生産されています。

また、研究、開発、設計、加工、組立、調整、販売、アフタのすべてを社内で一貫して行っています。

板屋製作所は「機械・コンピュータ・サービス・ネットワーク」技術を統合した自動機械を提供し、お客様の成功に貢献いたします。



RX-20B



MX-20B



PCX-20A



CX-8B

## 株式会社 板屋製作所

〒270-2214 千葉県松戸市松飛台504 TEL:047-394-7272 FAX:047-394-7273 ホームページ <http://www.itaya.co.jp/>

# Standard Blocks for Hardness

日本産業規格準拠



JIS,ISO 準拠  
高精度

## 硬さ基準片



www.ystl.jp

株式会社 山本科学工具研究社  
YAMAMOTO SCIENTIFIC TOOL LABORATORY CO.,LTD.

〒273-0018 船橋市栄町2-15-4  
TEL 047(431)7451 FAX 047(432)8592  
2-15-4, SAKAE-CHO FUNABASHI, CHIBA JAPAN  
+81-47-431-7451(TEL) +81-47-432-8592(FAX)



日本ばね学会 会報

## JSSE MAGAZINE No.585

■発行元 日本ばね学会  
〒101-0038 東京都千代田区神田美倉町12  
TEL(03)3251-5235  
FAX(03)3251-5258

ホームページ <http://www.jsse-web.jp>  
e-mail [jsse@spring.or.jp](mailto:jsse@spring.or.jp)

■印刷 第一資料印刷(株)

■2020年6月1日発行  
■編集責任 会報編集委員会  
齊藤 浩明、増田 享哉(日本発条)、  
中山 恭平(大同特殊鋼)、内堀 勝之(日本ばね学会)、  
山本 英樹(三菱製鋼)、安齊 真也子(スミハツ)、  
磯貝 一秀、伊藤 由紀子(事務局)



ばねの測定の事なら何でもご相談ください！ 最適な試験機をご提案いたします

## ばね試験／横力測定／ばね選別／校正点検／JCSS校正



### 自動圧縮引張ばね試験機 PROシリーズ

ばね試験機の最高峰。  
簡単操作で1～3段荷重・  
ばね定数・自由長など  
高精度に試験できます。  
卓上・門型 1N～100KNまで。



### 自動トーションばね試験機 PRO-Tシリーズ

多彩な機能と高信頼性を実現。  
極小ばねにはトルクセル採用の  
PRO-TTをお勧めします。



### サスペンションばね選別機 SSTシリーズ

長年培ったばね試験機の  
横力ユニットが更に進化。  
上下の重心位置をはじめ  
横荷重、ねじりモーメント  
等を一度に測定します。



### 手動ばね試験機 ECOシリーズ

低価格なのに高機能。  
手動のハンドル式で  
精度も備わっています。



### 現場向けばね試験機 JOBシリーズ

お客様のニーズから生まれた、  
低価格で精度の良いばね試験機。



### 高速全自動ばね選別機 ACE-Fシリーズ

最大毎分50個選別、100N～1KN  
まで対応。セッティングユニットや  
パーツフィーダーの搭載も可能です。

# JISC

日本ばね機械工業会・日本試験機工業会々員

## 日本計測システム株式会社

☎ <http://www.jisc-jp.com>    ✉ [sales@jisc-jp.com](mailto:sales@jisc-jp.com)

■ 本社・工場 奈良県桜井市大西 526-1    ☎ 0744-46-5521

■ 関東(営) ☎ 045-482-3885    ■ 大阪(営) ☎ 06-6325-8261

その他  
試験機

荷重試験機・トルク試験機・ねじ締付試験機・ウレタンフォーム試験機  
ハンディフォースゲージ等 お取り扱いございます。詳しくは弊社 HP まで。

## 我々は品質とは「繰り返し精度」だと考えています

### SPC-50

高精度・ハイスピードコイラー



対応線径：2.0～5.0mm

### 精度・耐久性を細部まで丁寧に設計

- ・各加工ユニット構造のシンプル化  
(送り・コイリングスライド・切断・ピッチ・芯金)
- ・2本のコイリングスライド角度の最適化
- ・送りギアのオイルバス一体設計による  
耐久&静音化
- ・ボックスフレームによる振動対策



標準的弁ばね（ビーハイブ型・展開長500mm）

分間180個の加工速度を実施



## 新興機械工業株式会社

〒547-0001 大阪市平野区加美北3-17-25

TEL (06)6792-7388 (代表)    FAX (06)6794-1025

E-mail [info@shinko-mach.co.jp](mailto:info@shinko-mach.co.jp)    URL <http://www.shinko-mach.co.jp>

# 天才エンジニアの設計による 革新的なフォーミングマシン

PLUSSPRINGS MACHINERY

ASADA



- セットアップ時間の大幅短縮
- 複雑な加工にも最大限に対応
- 効率的な生産性と柔軟なセットアップライン
- 多様な目的に適し、力強く、信頼できるパートナー

NX-500F

線径2.0-5.0mm  
板厚2×幅18mm



## コンパクト、シンプル、スピーディーな ワイヤーベンダー

Automat of Industrial Machinery, Inc.

ASADA

- コンパクトながら並外れた作業性を発揮
- 無制限に回転するZ軸アームはより複雑な加工も可能にします
- 使い易いインターフェースで誰でも容易に操作ができます

AFC6D

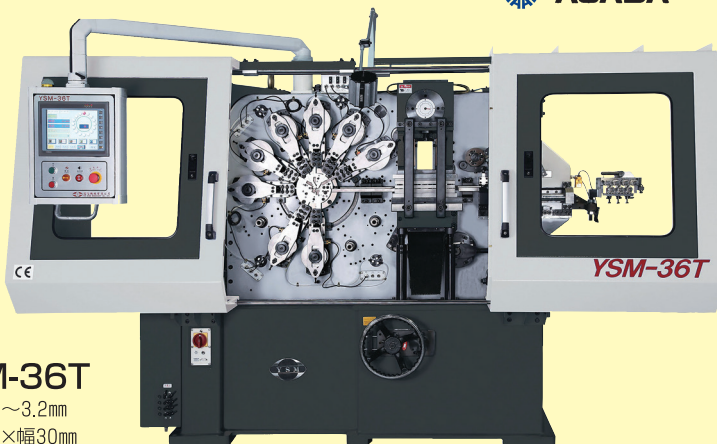
線径:2.0~6.4mm

YIH SHEN MACHINERY CO., LTD.

ASADA

## 高性能にして圧倒的な 低コストのフォーミングマシン

- 多くの他社マシンとツールの共用が可能です
- 大手バネメーカーに多数の納入実績があり安心です。



YSM-36T

線径:0.6~3.2mm  
板厚:1.5×幅30mm

今まであきらめていた「製品」の自動化ができるかも!?

メンテナンス関係は菊地機械製作所が行ないますのでご安心ください  
重要部品は日本、ドイツ、オーストリア、イタリア等の信用あるメーカー製の物を使用しております

豊富な在庫と柔軟な提案力で業界に貢献する

特殊鋼線帯総合センターのASAグループ ISO9001:2015認証取得

線材製品 板・帯製品 加工製品 ばね関連製品



ASA

■本社 東京都墨田区押上2-14-1 ☎03-3621-4111 FAX03-3621-0300 〒131-0045  
■野田事業所 千葉県野田市山崎1908-4 ☎04-7123-9111 FAX04-7123-9100 〒278-0022  
【E-mail】 order@asada-metal.co.jp http://www.asada-metal.co.jp



ASA大阪

■大阪府大阪市阿倍野区阪南町5-14-6 〒545-0021  
☎06-6625-4111 FAX06-6623-1100  
URL http://www.asada-osaka.co.jp  
E-mail info@asada-osaka.co.jp



ASA名古屋

■三重県鈴鹿市下箕田4-10-13 〒513-0052  
☎059-395-3955 FAX059-395-3956  
URL http://www.asada-nagoya.co.jp  
E-mail info@asada-nagoya.co.jp