

Saikikai 埼機会だより

News Letter – No.14

1. 機械の安全・安心についての思い浮かぶこと

機械力学研究室 田中 基八郎

身近な科学に注目しよう。十分な観察とモデリングを行って。そして、新しくものごとを考えて、あるいは設計して、新しく、それを創り出してみよう！

最近、機械工学の分野の技術開発で気になることは、システムや製品の安全・安心ということである。人は人が作る文化につかり過ぎてしまったのか、いろいろと気が付かないことが多くなったように思われる。例えば、湯のみや、コーヒーカップの形にしても、湯を入れて持つときに伝わる、適度な熱は、与えられたものとして感じるが、洗剤で洗うときに、手からすべり落とすことはないかといったことには注意が回らなかったり、そうならないためには、どうあるべきかということ、いろいろな分野の各過程で、もっとしっかりした仔細な検討や実践試行が、必要ではないかと、いうことである。

哲学者ベルグソンは、笑いについての書物の中で、人は予想できたアクシデント、あるいは、経験したことがある事象に出会ったときには、安心して見ていられたり、笑うことができるが、未経験の事象や予想しなかった事象に出会ったときには、一瞬緊張が走ることを、述べている。このことは、常にわずかにおきることの事態を少しでも考えておくことにより、余裕を持った思考と生活ができることを意味している。

(1) 湯のみ、コップ、缶の形態

まず、茶を飲むときのことを思い起こすと、相手の身になって、そのときの状況、喉の渇き、身体の疲れなどを感じ取ってお茶を出す。戦国時代、森蘭丸が遠征帰りの信長に温めの茶を用意した。というエピソードが思い出される。また、その配慮を理解できる信長の存在も有った。そのときの湯のみは、大きなどんぶりのようなものではなかったかと。

手から落ちないように1つのくびれがあるデザインの湯のみ(図1)では、湯を飲みたい人、とくに、まさに薬を飲まなければならない病人には、湯のみの形態に問題を感じることもあるだろう。それは、この問題が、ジェットコースターの前方に乗った人たちが感じることに同じ感覚のものであろうと最近、気が付いた。これは、湯を飲むタイミングと湯が出てくるタイミングのずれを感じるかどうか、ということで、誰にとっても安全・安心が適うかどうかは、気付きの問題と思われる。安全・安心は、比較的平凡な思考の中にそっと忍ばせておくものかもしれない。その辺が機械の非常時の緊急停止ボ

タンの配置や形を考える場合などのリスク対応の問題とは異なる点ではなかろうか。非常時の人間の心理と行動挙動の分析と安心の分析は想定できるかできないかにかかっている。

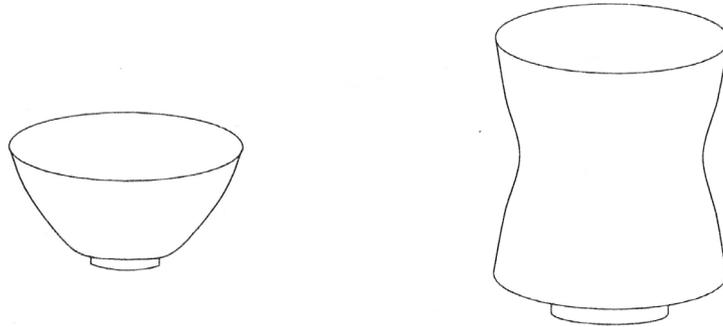


図1：湯のみの形

(2) 壁面座屈と屈服座屈

次は、安全な構造設計に関して、忘れがちな強度特性である座屈現象の一部について、述べる。座屈は、構造物の全体、局部やある部分に生じて本質的な剛性を支配している現象で、負荷によって、種々なる固有特性が存在し、製品の初期形状誤差に敏感なことが多いので注意が必要である。寸法効果もあり、設計試作段階では気付かないことも多いものである。なかでも、軸圧縮荷重を受ける円筒（ビールやジュースの空き缶の）薄肉缶の胴の部分には、構造寸法により、2種類（図2）、すなわち、ちょうちんベローズ状の波状の凹凸模様（円筒殻の中央面が伸縮する。曲げなし変形）とダイヤモンド形の凹凸模様（円筒殻の中央面が曲げ変形する。伸びなし変形。）が特徴的な座屈モードとして現れる。ベローズ形状のものは、厚手のセーターの袖にできるしわ模様と同じであり、ダイヤモンド形状のものは、Yシャツ、スーツなど薄く堅く織った布の袖にできるしわ模様と同じである。このように、しわの問題は、壁面座屈現象につながる身近な座屈問題である。

地震到来時には、タンクの下面近くに生ずる象の脚（エレファントレッグ）に似た形の座屈モード（ベローズ形）がよく現れる。

生物、特に植物を見ていて出会うのは、断面形が荷重とともに変化する屈服座屈現象である。これは、金の巻尺や庭に水をまくホースに生ずる断面形の変化による急激な剛

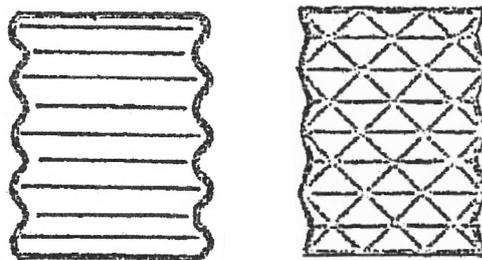


図2：薄肉円筒殻の座屈

性低下の現象である。

葉の断面形はV形（図3）をしていて、葉の幹から付け根に近いほど、V形の角度を小さくして屈服座屈剛性が大きくなっている。

中空断面の麦や稲の穂では、曲線状の中空棒ではなく、折れ線状（図4）の中空棒になっている。これは、中空の曲がりはりでは、断面形が変化して屈服座屈剛性が低下してしまうからである。折れ線状の直線部では、剛性は、ほぼ断面不変の剛性が維持され折れ曲がる剛性の弱い断面では、節を設けて剛性増加をはかっている。この技術は、中空断面を持つ節足類の昆虫や蟹の構造にも活かされていることだろう。配管系の固有振動数計算では、欠かすことのできない留意点である。

また、高精度で大きな荷重を担う産業用ロボットの設計では、メインアームと局部の高剛性化が、屈服座屈剛性の低下に依存して問題となる。

ここで述べてきたように壁面座屈や屈服座屈が構造物の崩壊や拡大につながることも多いということに注意すべきである。

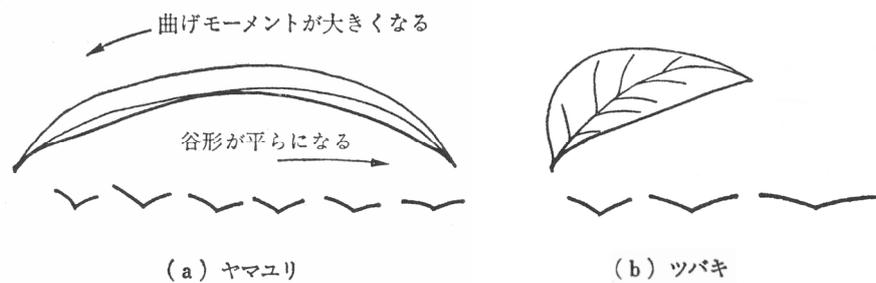


図3：葉の断面

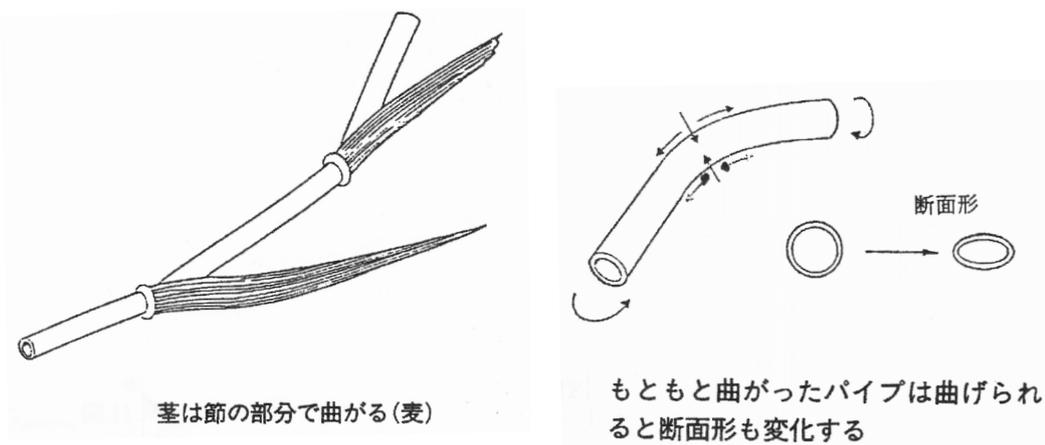


図4：中空曲がりはりの断面形の変化

(3) クレーンの事故

ダブルリンク式引き込みクレーン（図5）のメインブームの折損事故について、構造設計の安全性の配慮から、基本設計を忘れて大事故となった例について紹介する。可動リンク式の駆動点固定の構造であり、テーパつき円筒殻からなるメインブームに曲げ変

形が生ずる構造である。このメインブームには可動部の点検用のさる梯子（本来、さる梯子とは、1ステップにC字型に曲げた部材の両端をブームに溶接しただけのもの）が取り付けられていた。しかし、この機種的设计では、さる梯子に手すりを設けて、点検者の安全を図っていた。そこで、問題が発生した。はりの曲げ変形で、最大の垂直ひずみを取り付けた手すりに生じ、手すりの拘束応力が、手すりを溶接で取り付けた円筒に大きな局部応力となって現れて、円筒殻の周方向にクラックが発生し、ブームの折損落下という事故となった。

事故の原因は、はっきりしている。低サイクル疲労の証明実験の裏付けも行っている。安全性にばかり、気を取られて、材料力学（構造設計）の基本への配慮が抜けてしまった例であろう。また、当時、箱型ブームから円筒型ブームへの溶接部分の縮少が流行し始めのときで、材料強度設計の経験不足のこともあったのだろう。この事故から、殻構造にはクラックの進展を止める余裕がないことが認識されようになった。この破損事故の例は、鉄道車両の窓ガラスはめ込み部材のコーナ部に生ずるクラックと同じ問題である。

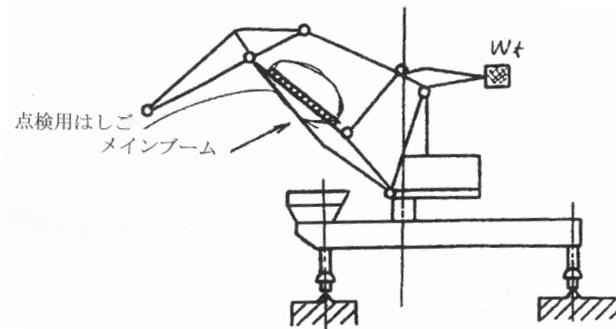


図5：ダブルリンク式引き込みクレーン

(4) 避共振設計

固有振動数と振動する外力の振動数が一致するとき、一般に共振と呼ばれ、構造物の振動振幅が非常に大きくなる。振動エネルギーが消散するメカニズムが、系の中に存在しないときは、さらに、振動振幅は大きくなり、構造物は破壊する。振動振幅だけでなく、発熱も大きくなり、音が大きく機械の性能も悪くなり、いつ壊れるかと心配になる。そこで、避共振を考えることとなる。避共振では、まず、固有振動数が変えられる場合は、外力の振動が力強制ならば、固有振動数を外力の振動数より大きくなるように変え、変位強制ならば固有振動数を外力の振動数より小さくなるように変えることが原則である。

しかし、それだけで良いのだろうか。機械の設計では、固有振動数を外力の振動数に一致させないことは多くの静粛に駆動される機械の場合、重要なことである。良い機械と普通の機械とは、ここで分かれる。振動振幅や音が振動数特性で大きくなるのは、今日の動力学設計では当たり前のことである。この静粛性を通して構造物設計の特徴

をだすことを考えるべきである。

例えば、超高精度に静粛回転するスピンドル系を設計したい場合、設計者がその目的を達成するための方法や評価基準を提案することになる。このためには、ロータの振動モードにおけるひずみエネルギーの分布状態を計算し、軸受系に蓄えられるひずみエネルギーとロータ系のそれを比較して動剛性を評価し、従来の設計機種の特徴を上乗せしたり、新しい特性を付与して、安全で信頼性の高い機械を生み出すこととなる。

(5) 開かれた設計基準

本稿に述べてきたように、機械工学の長い歴史は、我々の道具の使用要素技術の確立と基準の制定、材料の有効利用に多大な寄与をしてきている。しかしながら、機械システムとしては、まだまだ、進歩発展の余地が有り、まだ検討と注意、アイデアが足りない。この段階で設計、製作の基準を固めて留めることはできない。とくに、荷重の評価の問題が大きい。

此度の震災原発の事故は、その象徴である。大自然の変化に対応して生きていくためには、従来の現象の観察や利用の失敗から得た力学や材料特性の真理、技術の革新、新しい方向と考え方を生み出して、あるいは、選択して行かねばならない。その基準となるものは、やはり、エネルギーとその把握と管理であろう。

開かれた設計基準という言葉がある。これは、原子力機器の設計にあたり、我々の知らない、経験のない現象の利用技術を少しでも安全・安心なものにしていくための信念について述べたものであるが、一般の機械の開発、設計においても、従来からの基準に従うことは当然であるが、さらに、新しい魅力を持った機械を考えていかねばならないということを述べたものと思う。

また、そうあり続けねばならない。

この度の東日本大震災（地震、津波）では、3万人を超える人命を失うとともに、原子力系発電設備、生産設備が脆くも壊滅的打撃を受けた。アジアの工業技術のリーダーとしての地位も信頼も失墜してしまった。日本がアジアの工業技術のリーダーとして立ち直ることは皆様の努力と考え方次第である。

本稿では、身近な構造設計の観点から気がつくままに書かせていただいた。

2. 定年退職に当たり



実習工場 山田幸男

平成 23 年 3 月 31 日をもちまして定年退職することになりました。前職は国鉄大宮工場で昭和 62 年 2 月まで勤務をしていました。そこでは旋盤職場で車両部品の加工、検査職場に移り車輪の検査、ディーゼル機関車 DE10、DD51(東日本巨大地震のニュースで送電線が使えないため、救援物資であるガソリンのタンク車を運んだ車両)、ディーゼル車キハ 28、40、キハ 58、電源車(ブルートレインの照明や冷暖房をまかなう車両)の検査及び試運転を行ってきました。機械職場に戻った時は民営化の渦中で、指導者研修、管理者研修と追いまくられるのが嫌になった事。5 種類の部活動を行っていたのと、レクリエーションが盛んでソフトボール、バレー、サッカー、テニス、卓球、柔道、剣道、囲碁、将棋等飲み会が頻繁にあり、酒量をわきまえず醜態をさらしたこともあり民営化による転職、退職の奨励で回覧された求人情報の中から埼玉大学を選び、昭和 62 年 3 月 1 日付けで工学部実習工場に着任しました。

配属当時、実習工場は 4 名の職員で運営されており、私と入れ替えて 1 名が機械科の研究室に異動と成りました。作業現場を見てみると資材が崩れ落ちそうな棚、工作機械の間や加工作業をしている人の後ろを通らないと管理室に辿り着けないといった安全に対する配慮不足。管理室もアングルに金網やベニヤ板を張った倉庫の 2 階にあり、歩くと床がギシギシと音を立てて沈む所もあり環境の悪さに唾然としました。

下の画像は細井さんから頂いた物です。



管理室



機械配置

環境を改善するために棚の整理を手始めとし、安全通路の確保、機械の配置換えを行いました。また、機械も「動く博物館」同様で良い物は数台でしたが、実習工場の担当教官である河西先生を初めとする機械科の先生方の支援を頂き、新規工作機械が次々に導入され、利用者が気持ち良く利用できるようになりました。機械の方は良くなったのですが、建物は早急に対処して貰う必要があります。機械科の先生方に配慮頂いていますが、大学から予算が下りずに改善されないのが心残りです。

実習工場の業務は、機械工作実習の実施をメインとし、試作加工、利用者に対する安

全指導、機械加工に関するアドバイス、機械・設備の保守管理等を行ってきました。機械工作実習は機械科3年次生を対象に工作機械を操作してものを作る事により、各種材料の切り屑発生状況や加工精度の到達を知り、各種部品、装置類を製作する過程がより一層明確にすることにあります。「テーマ」は2年ごとにフルモデルチェンジを行うこととし、加工後に組み立てを行い、機能する完成品を目指したものです。機械毎に単品を作るのとは異なり、寸法公差、平行度、垂直度等の重要性も認識出来るようになっていきます。しかし、テーマを考えるのは大変なことなので、他大学を調査に行きましたが、機械別の単品の加工ばかりなのであまり参考にはなりませんでした。幸いにも、実習工場スタッフ及び機械系技術職員の協力により何とか続けてこられた事に感謝をしています。実習のテーマについては、鳥取大学で行われた第1回の実験・実習研究発表会に参加し発表を行いました。また、実習工場のアピールのために、大学の行事でもあるオープンキャンパス、オープンラボ等に毎年参加し、昨年より地域貢献の一環として大学近隣の小学校高学年生を対象に体験教室を行っています。これらの活動は機械系技術部職員全員の努力により、さらに良い方向に進むものと期待をしております。

最後に24年間の長きにわたり過ごすことができ、無事定年退職を迎えることができましたことは、諸先生方や技術職員の方、事務職員の方々の温かいご指導、ご支援のおかげと思っております。心からお礼申し上げます。ありがとうございました。

3. 新任教員の挨拶



中村匡徳准教授

平成23年4月1日付けで流体力学研究室の准教授を拝命いたしました。前任は大阪大学であり、これまで生体に関連する流れや変形に関する研究を行ってまいりました。もとより浅学菲才の身ではありますが、これまでの生体分野における流れの研究を発展させるとともに、工業的な流体分野についても研究の幅を広げられるよう努力する所存です。また、何ごとにも志、情熱、チャレンジ精神を持ち、次世代の機械工学を担う人材の育成にも注力していく決意ですので、今後とも一層のご指導・ご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。

4. 世界還流プログラム

材料力学研究室 B4 用田貴紘

訪問先 Imperial College London, United Kingdom

期間 2010年10月1日～2010年11月28日

私は平成22年度の10月から11月の約2ヶ月間、埼玉大学の国際交流センターが理工系の学生に海外の大学に訪問する機会を与えてくれる世界還流プログラムでイギリスのインペリアルカレッジロンドン(Imperial College London)に滞在しました。私はもともと英語に興味があり将来国際的に働きたいと考えているので、還流プログラムで海外の大学で英語の環境の中で研究を体験できるということで指導教員である荒木稚子准教授に紹介していただきました。

インペリアルカレッジは国際色が強い大学で全生徒の半数以上が留学生ということに非常に驚きました。実際に大学構内を歩いていると欧米系の生徒だけでなくアジア系の生徒が多数見られました。しかしその中では、日本人学生の数は少ない印象を受けました。また、全生徒内での大学院生が占める割合が3分の1以上と高く、研究に力を入れている大学でした。

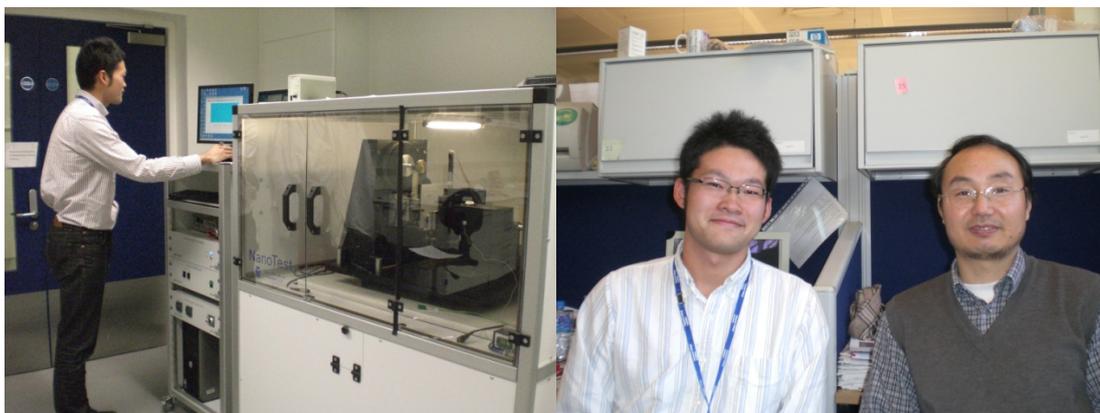
私は埼玉大学での卒業研究として燃料電池の一種である固体酸化物形燃料電池を対象とした研究を行っていたので、インペリアルカレッジでは材料工学科の固体酸化物形燃料電池研究グループに混ざり研究を行わせていただきました。インペリアルカレッジで主にお世話になったのはAlan Atkinson教授、Xin Wang 研究員です。2ヶ月の間の私の役割はXin 研究員が行っている研究のサポートをするというものでした。Xin 研究員とともに実験・話し合いを行い、その結果についてAlan 教授と話し合いをするというように研究を進めていきました。研究を進めていくなかでXin 研究員とのコミュニケーションはもちろん英語でしたが、その中で自分の考えをきちんと伝えられることやうまく伝えられないことがあり自分の英語能力を知ることが出来ました。

研究グループ内では私の滞在中に2回の研究報告会があり他の学生や教授が行っている研究を聞く機会がありました。研究報告会では報告に対する意見の交換が活発に行われており私にはとてもよい刺激になりました。しかし、私は発表の内容があまり理解できておらず話し合いに参加することはできませんでした。

今回の留学では単身で2ヶ月間海外の大学で研究を行うという大変貴重な経験をさせていただきました。研究では実験装置の確保があまり出来ず、当初に設定した目標は達成できませんでしたが、海外の環境で研究を行ったという体験を今後につなげていきたいと思います。また、私の現在の英語力では1対1の話し合いではある程度のコミュニケーションがとれるが、複数での話し合いや英語での発表を理解することがまだうまく出来ないということが分かりました。将来国際的に活躍できるように今後も英語の勉強は続けていきたいと思います。

最後となりますが、還流プログラムで今回の留学を支援していただいた埼玉大学機械工学科、国際交流センターの関係者各位には深く感謝しております。今回経験したこと

を今後の研究活動に活かせるよう努力していきたいと思えます。



実験を行っている様子

お世話になった Xin 研究員

5. 平成 22 年度機械工学科賞 佐藤和希君

この度は機械工学科賞をいただき、大変光栄に思えます。

この賞に恥じぬよう今後も研究活動に全力で取り組みんでまいりますので、ご指導ご鞭撻のほどよろしく願いたします。

6. 平成 23 年度埼機会会社説明会

平成 23 年度の第 2 回進路指導説明会にあわせて、会社説明会を開催しました。埼玉大学機械工学科の卒業生に来校頂き会社での業務内容など具体的な話をさせていただきました。

ご講演いただきましたのは

1. 株式会社 小松製作所 丸田様
2. スズキ株式会社 関本様
3. 三井金属株式会社 針谷様
4. 東日本旅客鉄道株式会社 國眼様
5. THK 株式会社 平山様
6. 日産自動車株式会社 新堀様

でございます。ご協力ありがとうございました。



会社説明会の様子

編集後記

埼機会便り No.13 がでて1ヶ月程で東日本大震災に見舞われました。余りに大きな災害であり、悲しみと共に多くの教訓を私達は学んだのではないのでしょうか。また、身近な人との絆も大きく見直されることになりました。まだまだ、復興の途に着いたばかりです。一日も早い復興がなされますようお願い申し上げます。また、今後とも埼機会の発展のため、ご協力の程よろしくお願い申し上げます。

平成 23 年 12 月 長嶺拓夫、小島一恭

Saikikai News Letter No.14 2011 年 12 月 13 日発行
編集 埼機会・広報委員会 発行者 埼機会