

Saikikai

埼機会だより

News Letter – No.15

目 次

1. 学科長挨拶

教 授 小原 哲郎 ……… (1)

2. プラスチックの寿命予測について

材料工学研究室 准教授 坂井 建宣 ……… (4)

3. 新任教職員のあいさつ

機械力学研究室 助 教 成澤 慶宜 ……… (11)

材料力学研究室 助 教 山田 典靖

機械工学・システムデザイン学科事務室

山口 容子 氏

4. 研究室紹介

計測工学研究室 准教授 原 正之 ……… (13)

専門技術職員 三木 将仁

5. 令和2年度会計報告

……… (16)

1. 学科長挨拶

機械工学・システムデザイン学科の現状と課題

機械工学・システムデザイン学科 教授 小原 哲郎

「埼機会だより News Letter」に原稿を書く機会を与えて頂いたので、学科を代表して本学科の最近の状況と課題について述べさせていただくこととする。

2018年に本学工学部は改組され、これまでの7学科が5学科に再編されている。環境共生学科および機能材料工学科が2018年3月をもって廃止となり、5学科に統合された形となった。機械工学科は本学部の中においても最も規模の大きな学科であることから、学科として再編されていないが、学科名が機械工学・システムデザイン学科に改名された。また、学科のカリキュラムにも変更が加えられ、大学院博士前期課程の2年間も含めて6年一貫のカリキュラムとなって再スタートしている。学科の専門科目は、「D1群 理工系基礎教育科目」、「D2群 工学部教養科目」、「D3群 学科専門基礎科目」、「D4群 学科専門科目」、および「D6群 イノベーション科目」といった5つの群に分類されており、工学に関連した教養と位置づけられる科目も含めて幅広く学ぶことを求めるカリキュラムに改編されている。例えば、理工系基礎教育科目には、必修科目として「理工学と現代社会」および「生物学基礎」といった科目が加えられた。機械の専門知識の修得に留まらず、機械工学と社会との関わりや職業倫理について理解すること、生物に関する知識についても修得することが求められるようになっている。また、イノベーション科目では修得された知識を応用することにより将来的にはイノベーションへと発展させることを目指した科目を履修することを求めている。最近では、学部4年次に卒業研究を行いながら大学院の科目を履修する学生が増えてきているように思う。これも学科を改組し、6年一貫のカリキュラムに変更したことの効果であると考えている。また、イノベーション科目には「ものづくり創造演習」といった講義があり、3年次後期から研究室に配属され、4年次で卒業研究を履修する前から研究を行うことが可能となっている。この科目を履修する学生についても年々増加傾向にあり、研究室当たり1～3名程度の学生が早期から研究を開始することにより、研究の引継ぎが行いやすくなっているように思われる。

2020年4月より学科長を仰せつかることになったが、2020年1月くらいからであったと記憶しているが、新型コロナウイルスの世界的規模での感染拡大が本格的となり、本学科における講義の実施についても2020年度当初より大幅に変える必要に迫られている。2020年4月の段階では、大学キャンパスへの入構については全面的に禁止の措置がとられており、現在に至るまで、ほとんどの講義がオンラインあるいはオンデマンド方式に切り替えられて行われている。大学の場合には、コンピュータやインターネット

の環境が教員および学生の双方で整っていることが多いことから、講義をオンライン方式に切り替えることが比較的容易に行えたのは幸いである。大学における教育レベルを下げることなく、教育がなされている。一方、講義をオンライン方式に切り替えるには、講義資料の作成と配付、演習の実施、出席の確認など、事前に準備しておく必要のある作業が膨大に増え、教職員が教育を行うための負担については飛躍的に増加していると言わざるを得ない。本学では、WebClass といった教育を支援するシステムが予め導入されていたが、このような状況下によりシステムの使用法については随分と詳しくなった。WebClass には便利な機能が多く含まれている。例えば、講義で行う演習については問題を作成し解答を事前に入力しておけば、採点も自動的に行う機能が備わっており、採点結果をダウンロードすることができる。出席についても学生が WebClass にログインして出席のボタンをクリックするだけで出席状況が一覧表となってダウンロードできる。このような機能については、コロナ禍が終息し講義が対面方式に戻ったとしても使用することのメリットの大きい機能である。本学ではオンラインで講義を行うため、2020 年 4 月前から Zoom が導入されている。私の担当している「熱力学Ⅰ・Ⅱ」といった科目でも Zoom を用いて講義を行っている。オンライン講義では、説明内容が一方向となることが懸念されるが、Zoom にはチャットの機能があり、チャットを用いて講義内容に関する質問を受け付ける機能がある。チャットによる質問は随分と増えたように思う。チャットで受けた質問については、受講者全員に質問内容および回答を説明するようにしている。対面で講義を行っていた際には周りの学生の目を気にすることもあり、講義終了後に質問を受けることは希であったが、チャットでは質問をよく受けるようになった。また、講義への出席率が上がったことも不幸中の幸いであるように思う。本学の学生は通学に電車などを利用する学生も多く、通学にかかる時間が節約できることが出席率増加の一因であるように思う。昨年度は期末試験を行うことが難しく、大部分の講義で課題を課すことによって評価を行っていたが、今年度については徐々に期末試験を行う講義が増えている。本学科では、「機械工作実習」といった科目があり、実地で旋盤やフライス盤といった工作機械を用いて加工を行わせている。この科目については、流石にオンラインで加工の様子を視聴させて済ませることはできず、夏季休暇期間を利用して集中講義として少人数にグループ分けして行った。また、「機械工学実験Ⅰ・Ⅱ」といった科目では事前にアンケート調査を行い、希望者については対面で実験を行い、その他の学生についてはオンラインで実験に参加させるようになっている。徐々にではあるが、コロナ禍前の状態に戻りつつある。完全に対面で講義を行うには今後の感染状況にもよるが、暫く時間がかかるように思っている。

研究についても、規模を縮小する形ではあるが絶え間なく進められている。研究室の面積などの状況にもよるが、半分以下の学生のみ研究室に来ることを認め、ローテーションにより実験などの研究活動を継続している。複数の研究室でコロナウィルスに感染した学生が生じた報告を受けているが、教職員の努力により消毒作業を徹底させていること、一定期間、当該研究室への入室を全面的に禁止としていること、日頃から三密に

配慮した研究室運営がされているため、現在までのところクラスターが発生するには至っていない。2022 年度には、コロナ禍が終息し通常通りに教育・研究が行えることを切に願っている。

本学科では、今後解決すべき問題をいろいろと抱えていると言わざるを得ない。まず、学生は機械に対して興味を持って入学している者ばかりではないことを前提としなければならない。入学当初より機械について学修することの動機付けを行うことに積極的に取り組まなければならない状況になりつつある。これをどのように行うのかについては難しい課題であるが、一方的な講義を行うのではなく、例えば実際の機械を分解するなど、手を動かすような講義を行い機械に対する興味を持たせることが必要と考えている。一方、大学院への進学率は昔に比べると増加傾向にある。4 年間の学士課程を経て就職するのは約 3 割程であり、約 7 割近くの学生は博士前期課程に進学している。他大学からの入学希望者も増加しており、昔に比べると大学院入試に多くの時間を割く結果となっている。博士後期課程に進学する学生、特に日本人学生の進学率が低い状況は昔から変わっておらず、これも解決すべき課題の一つである。学生が就職活動を行う中で、大学推薦により面接試験に臨んだ学生で内定をもらえない学生もかなり多くいる。内定がでない理由として、本学の学生は大人しいということを第一の理由に挙げる会社が多い。あるいは、入社を希望することに対する動機の説明が曖昧であるといった意見も多い。研究におけるプレゼンテーションなどを通してこのような能力については、修得されているものと思っているが、入学当初よりテーマを与え学生間において議論を行うようなカリキュラムが不足していることが原因かもしれない。このような課題を一つずつ解決することが、本学修了者のレベルを上げ社会からの要請に応えることに繋がるものと考えている。

最後に、埼機会における OG および OB の皆様におかれましては、本学科の卒業生あるいは修了生に対して温かい目で見守っていただき、もし本学の学生が就職などでお世話になる機会がありましたら、お力添えいただけますと幸いに存じます。不定期ではありますが、教員の定年退職時などの機会に併せ、埼機会を開催する活動も行っていますので、時間が許す場合には本学科のホームページなども閲覧いただけますよう、この機会にお願いしたいと思います。本学科における研究内容については、研究室のホームページを通して公表しております。この機会に共同で研究を行うなど、ご支援いただけることを願っております。OG および OB の皆様におかれましては、健康にご留意され、益々発展されることを祈念しております。

2. プラスチックの寿命予測について



材料工学研究室 准教授 坂井 建宣

最新型航空機、例えば Boeing 社 B787 や、Airbus 社 A380、A350 などは、新素材である炭素繊維強化複合材料（CFRP）の使用率を大幅に上げています。この CFRP は、最も強い繊維の一つである炭素繊維をプラスチックで固めた材料であり、鉄よりも強くとても軽いため、航空機だけでなく自動車などにも使用され始めています。

ここで、炭素繊維は最も強い繊維の一つである、と言いましたが、固めているプラスチックは日常で使われているようなプラスチックより少し強いぐらいの材料でしかありません。また、プラスチックは、時間が経過するとともに、だんだんと柔らかくなる性質があります。これは劣化ではなく、プラスチック自体が、半分液体のような物質であるためです。そのため、このようなプラスチックを使うためには、どれくらい時間がたったら柔らかくなる、ということを知る必要があります、すなわち寿命を知ることにつながります。

高分子材料は温めると柔らかくなり、冷たくなると固くなるというイメージをお持ちかと思いますが、そのメカニズムは、温めると早く柔らかくなる、冷たいとゆっくり柔らかくなる、という違いから起きている現象なのです。長時間かければ、最終的には柔らかくなりますが、この特性、柔らかくなる速度と温度の関係を利用することで、寿命予測までできてしまいます。実際には、高い温度で実験すれば早く変形するのですが、その変形は室温での実験時間の、10 倍、100 倍、もしくは 100000 倍以上の時間実験した、すなわち加速試験を行ったのと同じ変形をします。これはもちろん、温度と加速の関係を把握していないと実現できませんが、この関係がわかっているれば、いつどれだけ変形して、いつ壊れるかまでも予測することができるようになります。その方法として、時間－温度換算則があります。時間－温度換算則について、説明したいと思います。

高分子材料の機械的性質には、時間および温度依存性、つまり時間や温度によりその機械的性質が著しく変化するという粘弾性挙動があります。粘弾性挙動は一般的に時間とともに応力が緩和する現象、例えばプラスチックのボルトにおいて時間の経過とともに緩んでいく現象（応力緩和現象）と、特に負荷を一定に保っても変形が時間の経過とともに増加する、いわゆるクリープ現象の二つに大別されます。このように時間に依存

した現象は、工業的な長期の利用やさらなる利用範囲の拡大を考慮した場合、把握が必要とされる現象です。しかし、高分子のような粘弾性材料の力学的性質を全て把握しようとすると、10年、100年後のクリープ挙動を調べるためには、それと同じ時間、また使用環境と同じ温度条件での実験が必要となりますが、実際には実施は不可能です。そのため、このようなクリープの長期的な変形には加速評価法として、多くの研究から確立された時間と温度の等価性を利用する時間－温度換算則が用いられています¹⁻⁵⁾。

また高分子基複合材料は母材に高分子材料を利用していることから、少なからずこの粘弾性特性の影響を受けます。そのため工業材料として利用するためには、このような応力緩和現象やクリープ現象を把握したうえで設計する必要があります。そこで本稿では、時間－温度換算則およびそれを応用し繊維含有率に適用した例を紹介します。

1.1 時間－温度換算則

高分子材料の力学的挙動におよぼす温度と時間には「等価性」が存在することが実験的に確認されています。すなわち、今ある温度での力学的現象が、異なる温度のもとでは異なる時間スケールで同一の現象として観察できるということです。具体的には、低温では長時間後に現れる挙動が、高温で短時間後に現れる挙動と同等になる、ということです。（図1参照：縦軸に緩和弾性率、横軸に時間を対数で示している）。

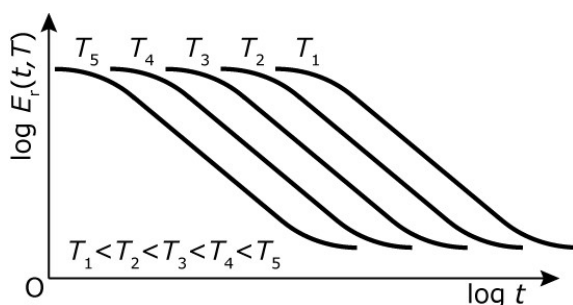


図1 時間－温度の等価性：様々な温度における応力緩和挙動。横軸を対数表示することで、温度が高いと左側、温度が低いと右側に同じ形の曲線が移動しているように見えます。

この現象を利用して、種々の温度のもとで測定された何本かの時間的変化曲線（応力緩和現象の場合は応力の時間変化、クリープ現象の場合はひずみの時間変化）を、あたかも任意の基準温度 T_R で測定したもののよう、なめらかな1本の曲線となるように対数時間軸上で平行移動して作成したものが、いわゆるマスター曲線です（図2：測定可能な時間範囲の応力緩和曲線とマスター曲線、図3(a)：クリープ曲線とマスター曲線）。

任意の温度 T における測定で時刻 t のときに観察される現象は、基準温度 T_R における測定では次式で表される物理時間 t' で観察されます。

$$a_{TR}(T) = \frac{t}{t'} \quad (1)$$

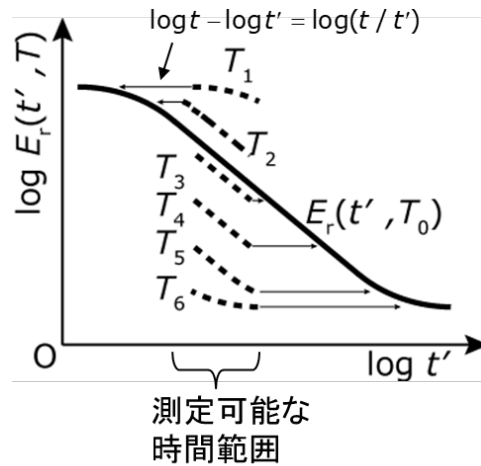
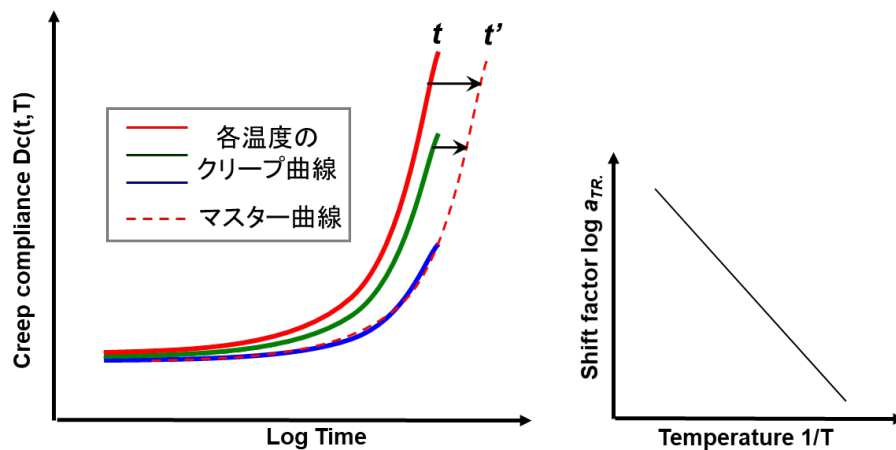


図2 測定可能な時間範囲と各曲線の時間軸方向への平行移動により得られる応力緩和マスター曲線。現実的な時間範囲はマスター曲線の一部でしかないが、実験から得られた曲線を横軸方向に移動することで、マスター曲線を得ることができます。

ここで、 $a_{TR}(T)$ は時間－温度移動因子(シフトファクター)と呼ばれ、任意の温度 T での現象を、基準温度 T_R の現象と一致させるときの時間軸上での平行移動量であり、 T と T_R のみによって決まるものです。また、式(1)から明らかのように、温度 T における現象は温度 T_R における現象の $a_{TR}(T)$ 倍の時間スケールの現象であることを示しています(図3(b)：時間－温度移動因子。アレニウス型時間－温度換算則では横軸は温度の逆数)。



(a) クリープ曲線とマスター曲線

(b) 時間－温度移動因子

図3 クリープ曲線、マスター曲線および時間－温度移動因子(アレニウス型)。クリープ曲線を時間軸方向に移動させることによりマスター曲線を作成します。その際の移動量が(b)の時間－温度移動因子です。

実際に重量ガラス繊維含有率 16.8wt% (G30) のガラス繊維強化ポリカーボネートに対してクリープ試験を行った結果を用いて、時間-温度換算則を適用した例を図 4 に示します。図 4(a) は、各温度におけるクリープコンプライアンス曲線、図 4(b) は図 4(a) を用いて作成したマスター曲線、図 4(c) は 4 種類の重量繊維含有率:(0、5、10.6、16.8 wt% (G0、 G10、 G20、 G30)) においてマスター曲線を作成した際に得られたシフトファクターです。マスター曲線は、全ての繊維含有率において、きれいな 1 本のマスター曲線となりました。またシフトファクターは 130℃以上では 1 本の直線となりますが、130℃以下では繊維含有率毎に異なる結果が得られました。これは繊維の存在により樹脂の割合が減少したこと、またクリープ挙動が抑制されたことによる影響だと考えられます。

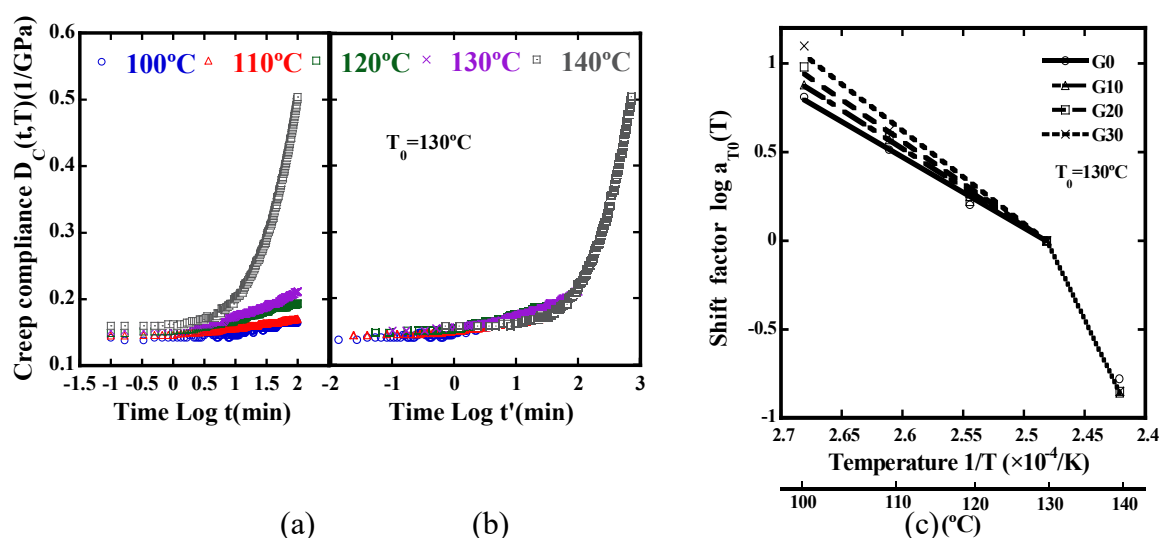


図 4 (a) ガラス繊維強化ポリカーボネートのクリープ試験結果および(b) マスター曲線、(c) 時間-温度移動因子

1.2 時間-温度換算則の繊維含有率への応用^{6, 7)}

前節において複合材料を用いた時間-温度換算則を説明しました。ここで複合材料において繊維含有率が異なると力学的な挙動が変化することは周知の事実ということで、本稿で扱う時間-温度換算則についても、繊維含有率が異なると長期予測結果は異なった結果を示してしまいます。そのため、繊維含有率を考慮した予測方法が求められています。これまでに宗宮ら、坂井らによって繊維含有率を考慮した時間-温度換算則の提案がされてきました。本稿ではガラス繊維強化ポリカーボネートを対象とした結果を示します。

各繊維含有率において作成されたガラス繊維強化ポリカーボネートのマスター曲線を図 5 (a) に示します。これらのマスター曲線を比較すると、得られたマスター曲線の形状が類似していることがわかんと思います。そこで樹脂単体のマスター曲線を基準にして ($V_{FR} = 0\%$)、縦軸方向および横軸方向に平行移動して重ね合わせを試みます。縦

軸方向への移動は、それぞれの材料の弾性率の違いについて複合則を考慮して行い、その結果を図 5(b) に示します。横軸は樹脂単体のマスター曲線を基準に移動させた物理時間 t'' を対数で表示しています。同図より、繊維含有率の異なる 4 本のマスター曲線が 1 本の曲線に重ね合わせることができ、繊維含有率に関するグランドマスター曲線を得ることができました。また、このときの縦軸方向の移動量をモデュラスシフトファクターと称し、繊維含有率の関係を、横軸方向の移動量をタイムシフトファクターと称し、繊維含有率の関係を図 5(c) に示します。それぞれの移動因子は二次曲線で表すことができるプロットを示していました。以上より、時間－繊維含有率換算則が成立することが明らかとなりました。

重ね合わせから得られたグランドマスター曲線およびマスター曲線、モデュラスシフトファクター、タイムシフトファクター、シフトファクターを用いることで任意の時間、温度、繊維含有率の長期クリープ変形予測が可能になります。

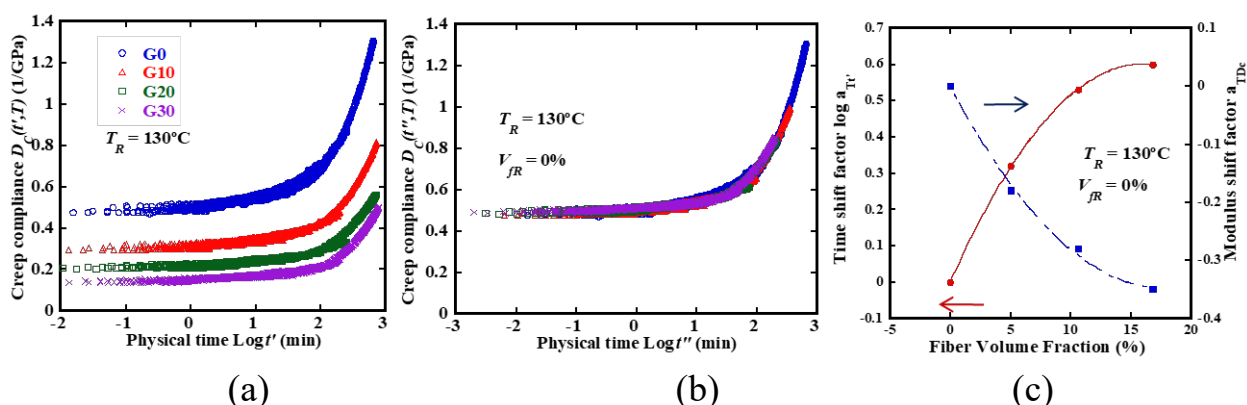


図5 ガラス繊維強化ポリカーボネートの繊維含有率を考慮した型時間－温度換算則の応用事例（時間－繊維含有率換算則）(a) 各繊維含有率におけるマスター曲線、(b) グランドマスター曲線、(c) タイム・モデュラスシフトファクター。

1.3 時間－温度換算則を用いた長期変形予測⁶⁾

マスター曲線は、ある基準温度における長期試験結果と同じ挙動を示しています。また、シフトファクターは、試験温度と基準温度との間にある、試験時間の加速割合を決定することができます。この2つを用いることで、任意の温度における長期挙動予測が可能となります。同様に前章で述べた時間－繊維含有率換算則についても同様に、シフトファクターによる繊維含有率の違いを考慮することが可能です。

そこで、グランドマスター曲線と各種シフトファクターを用いて実験値との比較を行うことで妥当性を検討しました。試験温度 120°C 、試験時間 10000 分（約 1 週間）、重量繊維含有率 16.8wt%の試験条件において実験及びクリープ解析を行いました。その結果を縦軸にクリープたわみ量、横軸に試験時間を用いて図 6(a) に示します。この結果より、実験値と予測値が良い一致を示していることが確認できます。これまでの一連の流れを図にしたものを図 6(b) に示します。

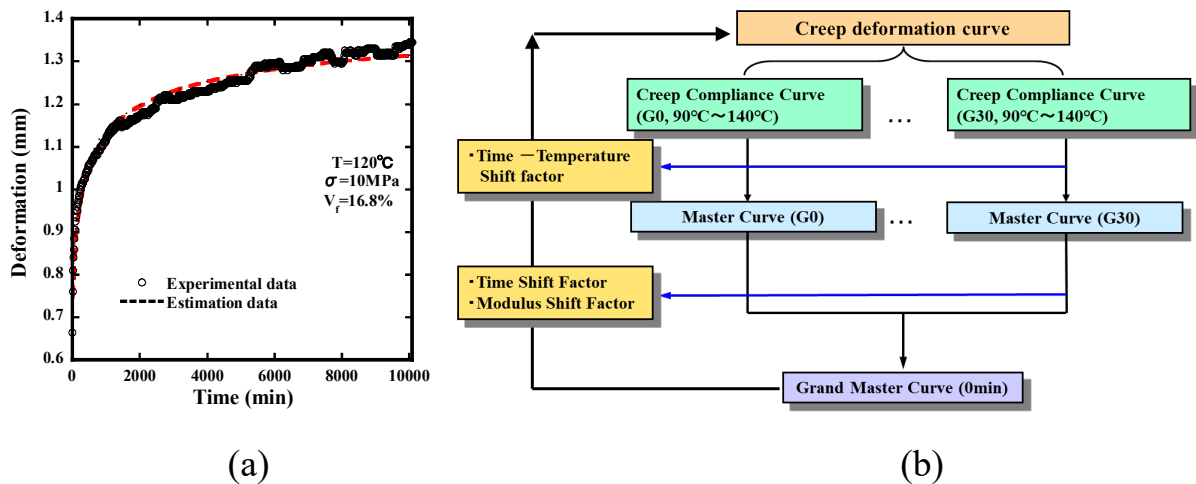


図6 (a) ガラス繊維強化ポリカーボネートの繊維含有率を考慮した変形挙動予測結果と、(b) 変形挙動予測方法

1.4 まとめ

本稿では時間－温度換算則およびそれを応用した、時間－繊維含有率換算則に関する解説を行いました。複合材料の粘弾性挙動（応力緩和挙動・クリープ挙動）は母材樹脂の影響のみを受けるため、繊維含有率などによって整理することが可能です。ただし、このような長期予測を行ったとしても高分子材料、特に複合材料ははばらつきも大きく、概ね10%程度の誤差が生じることは理解しておく必要があります。

また、筆者らが行ったように、時間・温度・繊維含有率以外の影響因子（例えば結晶化度・フィジカルエージング）についても、時間－温度換算則を用いて整理することが可能な場合も多く、様々な影響を考慮した変形の予測が可能になるため、試す価値はあると思います。

なお、現在は分子の動きの観点からこの時間－温度換算則を再現し、評価することにより、時間－温度換算則のメカニズムを明かにするため、分子動力学シミュレーションによる研究を行っています。

<参考文献>

- 1) Lakes, R.: Viscoelastic Materials. Cambridge University Press, New York (2009).
- 2) Popelar, C.F., Popelar, C.H., Kenner, V.H.: Viscoelastic material characterization and modeling for polyethylene. Polym. Eng. Sci., 30 (1990), 577-586.
- 3) Miyano, Y., Nakada, M. and Sekine, N., Accelerated Testing for Long-Term Durability of FRP Laminates for Marine Use., J Compos Mater, 39, 1 (2005), 5-20.
- 4) Williams, Malcolm L.; Landel, Robert F.; Ferry, John D.: The Temperature Dependence of Relaxation Mechanisms in Amorphous Polymers and Other Glass-forming Liquids, J. Amer. Chem. Soc., 77, 14 (1955), 3701–3707.
- 5) Carfagni, S.P. and Gibson, R.J., A review of Equipment Aging Theory and Technology, EPRI

Report, NP-1558, Sept. (1980).

- 6) Sakai, T. and Somiya S., Analysis of creep behavior in thermoplastics based on visco-elastic theory, *Mech. Time-Depend. Mater.* 15 (2011), 293-308.
- 7) Sakai, T., and Somiya, S., Estimating Creep Deformation of Glass-Fiber-Reinforced Polycarbonate, *Mech. Time-Depend. Mater.*, 10, (2006) 185-199.

3. 新任教職員の挨拶



機械力学研究室 助教 成澤 慶宜

平成 31 年 4 月 1 日付けで機械力学研究室の助教を拝命いたしました。私は本学の卒業生でもあり、育ててもらった母校に教員として奉仕する機会を頂けたこと、大変嬉しく思います。

前職では信州大学の研究員として、野菜の自動収穫ロボットの開発に携わり、ロボティクス・メカトロニクスに関するシステムの設計や評価を行って参りました。学んできた機械工学の知識を社会に生かす手段として、農業分野への計測制御技術の応用を主として研究に励んでおります。まだまだ至らぬ点多々ございますが、全力で研究教育活動に取り組む所存ですので、今後ともご指導・ご鞭撻のほどよろしくお願い申し上げます。

材料力学研究室 助教 山田 典靖

平成 30 年 4 月に材料力学研究室の助教として着任いたしました。生まれは新潟、大学入学から博士課程の修了まで山形におり、その直後にこちらに来ましたが、埼玉の温和な気候に緊張が和らいだとともに、大きく変わった新しい生活に胸が膨らんだのを記憶しております。大学院では 5 年一貫の博士課程教育リーディングプログラムというものに所属していたため、研究テーマは複合領域開拓に合わせた「プリンタブル圧電高分子」という、機械科の中では少し毛色の違う研究をしておりました。至らない点多々あると思いますが、よろしくお願いいたします。



機械工学・システムデザイン学科 事務室 山口 容子

令和3年4月より、江田さんの後任として機械工学・システムデザイン学科事務室で事務を務めております、山口です。10年前に埼玉大学の非常勤職員となってから理学部で5年過ごし、工学部で5年目を迎えます。緑の多い大学の構内を歩くのが大好きで、昔訪れたドイツを思い出すリンデンバウムやポプラの木々と四季の移り変わりを日々気持ちよく感じています。

この学科でフルタイムで勤務する人間の中でおそらくただひとりの文系出身者である私には、生まれ変わったら「リケジョ」になりたいという理系女子へのあこがれがあります。研究室で昼夜を問わず実験に没頭し、今の私には理解し難い「高等数学が好き」という感覚を味わってみたいのです。

ところで、女子にのみ「リケジョ」という名がつけられたのは、社会的に男子が理工系、女子が文系という固定観念があったからです。しかし、理数系能力が男性の方が高く女性の方が低いとされているのは生物学的性差ではなく、女性らしく男性らしく、といったジェンダー規範により学ぶ機会が不均衡である影響が大きいといえます。私が普段接している女性研究者や女子学生たちは、そんな理工系を選び取りづらい今の世の中で自分の興味や好きなものをまっすぐに追求して、特に女性比率の低い機械工学科に入ってきたのでしょう。私が「リケジョ」として生まれ変わるころに、機械工学科が女子にとって今よりも入りやすい門戸になっているよう道を切り開いてくれている最中なのかもしれません。そう思うと、より一層の敬意を持って、私の仕事が少しでも役に立つようにと業務に励んでいます。

もちろん、温かく寛容な先生方、頼りになる技術職員や秘書の方々、その他大勢の心優しい男子学生たちにも感謝の気持ちを忘れてはいません。皆さま、機械工学科棟4階事務室にいらした際にはどうぞ気軽にお声掛けください。いつでもお待ちしております。

4. 研究室紹介

計測工学研究室



准教授 原 正之



専門技術員 三木 将仁

(概 要)

計測工学研究室は、機械工学・システムデザイン学科で唯一の半講座研究室になります。教員 1 名、技術職員 1 名、学生 10 名程度、研究室の面積 140m² と規模は他の研究室の半分で小ぢんまりとしていますが、逆に他の研究室よりもより近い距離で学生と議論できるというメリットがあります。一般的に計測工学は、「あるモノの物理量を正確に測定・計測するための計器開発」や「測定誤差の検証・補償」などを行う学問ですが、当研究室では主にヒトの主観・感覚・運動の定量的計測・評価を基礎として、ヒトの身体認知・自己認識などの主要因・基本メカニズムの解明を試みています。現在、国内外の異分野（認知神経科学、脳科学者、実験心理学、神経生理学、理学療法など）の研究者と推進する学際研究を通して、ロボティクス・ハプティクス・XR（仮想現実（VR）、拡張現実（AR）、複合現実（MR）の総称）技術を取り入れた新しいアプローチにより、“ヒトの身体認知／感覚を賢く騙す”方法論の創成を行っています。また、その知見・技術を利用した感性認知支援システムの創出により QOL（生活の質）の向上も試みています。以下に、計測工学研究室で行っている研究の一部を紹介します。

1) 工学技術を用いたヒトの身体認知／感覚の実験的操作・制御

目の前に置かれたゴム手と衝立などで隠された自分の手が他者に絵筆などで同時に刺激されると、ゴム手をあたかも身体の一部であるかのように認識するようになります。この体験はラバーハンド錯覚と呼ばれるヒトの身体認知／感覚に関わる錯覚の 1 つで、従来研究では実験者による視触覚刺激提示で実験的に引き起こすのが一般的でした。これに対して、リーダー・フォロワロボットシステムと力覚提示装置を用いて、研究参加者の身体と人工／仮想身体に与える触刺激を研究参加者自らが管理できるようにしており、この技術をアクティブセルフタッチ（図 1）と名付けました¹⁾。現在は XR 技術による視覚フィードバック、運動主体感、触力覚フィードバック、内受容感覚などの操作も加えて、新たな観点から身体錯覚の発生メカニズムについて研究しており²⁾、脳科学や認知神経科学分野に新たな方法・議論の場を提供するとともに、最終的にはその知見をマルチメディアサービスなどで利用することを試みています。



図1 アクティブセルフタッチ

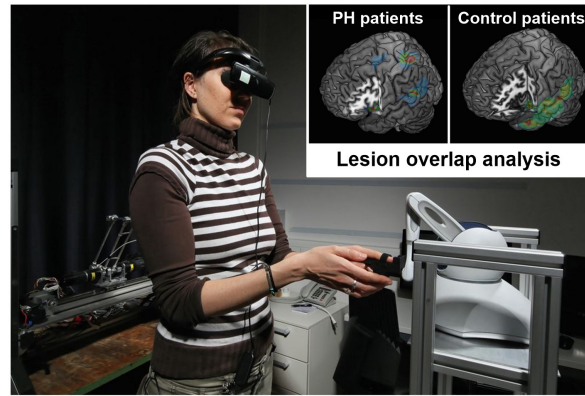


図2 幽霊体験の実験的誘起

2) 幽体離脱体験・幽霊体験の実験的誘起

幽体離脱体験や幽霊体験と聞くと超常現象あるいはオカルト現象の類と考える方が多いと思いますが、統合失調症や認知症、パーキンソン病などの患者ではよく報告される体験であるため、精神医学や認知神経科学分野では脳機能の劣化・変異などがその原因であると考えられています。これらの特異な体験ですが、実はアクティブセルフタッチ技術を応用してヒトの感覚運動システムを混乱させることで健常者にも実験的に引き起こすことができます。これまでの研究では、幽体離脱体験や幽霊体験をシステムティックに制御可能なシステム(図2)を開発して健常者でその主要因の特定しており¹⁾³⁾、現在はスイスの認知神経科学者と共同で健常者およびパーキンソン病患者を対象とした認知神経科学実験により、これらの体験に関わる脳内ネットワークの特定を試みています⁴⁾。

3) 新しいニューロリハビリテーションシステムの開発

リハビリテーションは、病気やケガ、加齢などにより生活をする能力が低下したヒトのQOLを向上するのに必要な行為で、近年ではヒトの脳のメカニズムや認知機能にも目を向けた治療が研究・実践され始めています(このような脳科学や認知神経科学の知見を利用した試みは、ニューロリハビリテーションと呼ばれています)。これに対して当研究室では、現在、国内の理学療法学研究者と共同で、ヒトの身体認知特性(特に、身体所有感や内受容感覚)とハプティクス・XR技術を融合した新しいニューロリハビリテーションシステムの開発を行っています。例えば、バーチャルハンドの身体化を利用した心拍駆動型身体認知変容システム(図3)やVR/ARリーチングシステムの開発などを行っており⁵⁾、理学療法学研究者と共同でその有効性の検証を科学的に行っています。

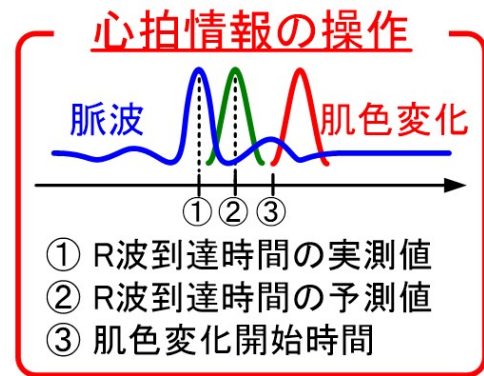
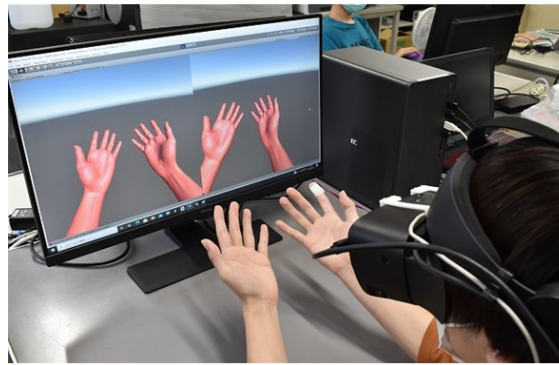


図3 バーチャルハンドの身体化を用いた
心拍駆動型身体認知変容システム

<参考文献>

- 1) Hara, R. Salomon, W. van der Zwaag, T. Kober, G. Rognini, H. Nabae, A. Yamamoto, O. Blanke, and T. Higuchi, "A novel manipulation method of human body ownership using an fMRI-compatible master-slave system," *Journal of Neuroscience Methods*, vol. 235, pp. 25-34, 2014. DOI: 10.1016/j.jneumeth.2014.05.038.
- 2) M. Hara, P. Pozeg, G. Rognini, T. Higuchi, K. Fukuhara, A. Yamamoto, T. Higuchi, O. Blanke, and R. Salomon, "Voluntary self-touch increases body ownership," *Frontiers in Psychology*, vol. 6, article 1509, pp. 1-12, 2015. DOI: 10.3389/fpsyg.2015.01509.
- 3) O. Blanke, P. Pozeg, M. Hara, L. Heydrich, A. Serino, A. Yamamoto, T. Higuchi, R. Salomon, M. Seeck, T. Landis, S. Arzy, B. Herbelin, H. Bleuler, and G. Rognini, "Neurological and robot-controlled induction of an apparition," *Current Biology*, vol. 24, pp. 2681-2686, 2014. DOI: 10.1016/j.cub.2014.09.049.
- 4) F. Bernasconi, E. Blondiaux, J. Potheegadoo, G. Stripeikyte, J. Pagonabarraga, H. Bejr-Kasem, M. Bassolino, M. Akselrod, S. Matinez-Horta, F. Sampedro, M. Hara, J. Horvath, M. Franza, S. Konik, M. Bereau, J. A. Ghika, P. R. Burkhard, D. Van De Ville, N. Faivre, G. Rognini, P. Krack, J. Kulisevsky, and O. Blanke, "Robot-induced hallucinations in Parkinson's disease depend on altered sensorimotor processing in fronto-temporal network," *Science Translational Medicine*, vol. 13, no. 591, eabc8362, 2021. DOI: 10.1126/scitranslmed.abc8362.
- 5) Y. Takeo, M. Hara, Y. Shirakawa, T. Ikeda, and H. Sugata, "Sequential Motor Learning Transfers from Real to Virtual Environment," *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, vol. 18, no. 1, 107, 2021. DOI: 10.1186/s12984-021-00903-6.

5. 令和2年度会計報告

(支出の部)

摘要	金額	合計
データ管理契約	¥33,000	¥33,000
上記振込手数料	¥660	¥33,660
工学部同窓会負担金+70周年記念品不足分	¥199,400	¥233,060
上記振込手数料	¥100	¥233,160
名簿(2021年3月追補版)印刷代	¥58,300	¥291,460
送別記念品	¥8,980	¥301,320
機械工学科賞記念品代	¥8,197	¥309,517
名簿作成アルバイト代	¥8,800	¥318,317
支出合計		¥318,317

編集後記

10年ぶりの埼機会便りの発行となり、その間社会も日常生活も様変わりしました。この度のコロナ禍と呼ばれる事態に直面し、不安な日々を過ごされている皆様に心よりお見舞い申し上げます。一年半のコロナ禍を経て、人に会えないことがいかに辛いか、人との繋がりが元気の源であることに改めて気づかれた方も多いのではないのでしょうか。埼機会が少しでも皆様の情報交換の場としてお役に立てますれば幸いです。今後とも埼機会発展のためご協力のほどよろしくお願い申し上げます。

2021年11月30日

編集担当

Saikikai News Letter-No. 15 2021年12月6日発行

編集 埼機会、発行 埼機会