

MATERIALS and PROCESSING



Materials and Processing
Division Newsletter November 2017

NO.54



日本機械学会
機械材料・材料加工部門ニュースレター

巻頭言

伝統みらい学の創成



京都工芸繊維大学
濱田 泰以

技能と言うと、科学で裏付けされた技術にさらに何か足されたものという感覚がある。その何かがかうまく説明できないために、よくわからないものになってしまう。であるから、技能は理解しにくいものであり、それを伝え、伝承しなければならぬということになる。そして極めて高い技能を有する方を「匠」と呼ぶことが多い。長い工程を経て作られる製品の一部に匠の技能が大きく寄与している。それが「現場力」という言葉と同義かもしれない。匠の作り出す製品や部品には、様々な知恵が込められている。ものづくりの知恵である。さらに伝統産業の分野で活躍する匠には、その製品の歴史や文化というものがさらに付け加えられて、人に愛され続けているのである。

今のものづくりにおける匠の技能を如何に若者に伝えていくか。そのことに限定して技能の伝承を考えるのは、あまりにも狭義の解釈ではないだろうか。広く匠の技能を解釈し、理解し、そしてそれを今に活かすことを考える必要がある。この姿勢が新しい製品を産み生み出す力になるかもしれない。しかしながら匠の技能は、暗黙知である。伝えることが難しいのである。だから、師匠の背中を見て覚えなさいという教育の方式になってしまう。

そこで暗黙知を科学技術の測定方法で形式知に変換することが有効となる。これが、筆者らが提案している伝統産業工

学である。京都工芸繊維大学において伝統みらい教育研究センターを立ち上げ、京弓、京瓦、京壁、漆塗り、京金網の動作解析、眼球運動解析を行なうことをはじめ、それ以降も多くの伝統産業の匠たちの技や技能を解析してきた。そこにはものづくりにおけるヒントやコツ、そして愛情あふれる材料の使い方、理屈に合った構造の形成を知ることができ、それが伝統的工芸品として世の中で人々に愛される製品群を形成してきた。人々が愛して、そして使って、満足が得られる製品は高品位製品と呼ばれる。今の日本のものづくりを考える時に大いに参考になるキーワードであろう。

この手法は、現在の工場でのものづくりにおける匠の技能の解析をすることと繋がる。その時に安易なロボット化を考えることは危険である。まずは、匠の技を詳しく観察し、データを取得することが必要である。そして解析されたデータを匠に示してコメントを求めることが肝要であると、今までの経験から考えられる。勝手な解釈で匠のコツを理解することは、本質を見失う大きな要因となる。伝統みらいというセンター名にちなんで、我々は「オーラル伝統みらい」を提唱している。それは匠の言葉をすべて記録しておくことを意味している。オーラルヒストリーという学問分野に真似て命名された。その言葉のすべては、動作のデータ、眼球のデータ、力の入れ方などのデータとともにデータベースとして（ここではそのデータベースはものづくり玉手箱と呼ばれる）保存される。データへの思い込みがあると匠の言葉が活かされないことも多々あった。さらにインタビュアーを誰が担当するかが問題である。当然、職制上の匠の上司は全くに役に立たない。では、若い人が候補に挙がるが、あまりにも知識がない人には無理である。

さて、高品位をサービスの上に冠すると、新しいサービス像が見えてくる。特に介護のような技能と関連しているサービスには有効であり、高品位介護と称される。介護を受ける側はもちろんのこと介護する側も気持ちのよい介護である。技能の伝承のために、匠やエキスパートの動作を解析し、それを分かりやすい教材として提供してきている。

伝統産業の匠のものづくりを子供たちに展開していくこと、つまり伝統産業工学の教育への発展形が伝統みらい学である。すでに、いくつかの中学校で匠のお話と子供たちのものづくり、そしてそれを基に歴史を調べたり、英語で説明したり、物理量を検討したりと多くの教科に結び付く取り組みが実現してきている。その基礎は解析された形式知である。

さらに地方にある伝統産業の匠の技を解析していくことを最近提案している。京都には伝統産業が集積しているが、各地方においても地元の伝統産業が、もちろんある。それを対

象に解析を進め、広く市民に伝えていく。そしてできればその技術を中心に新しい技術が開発され、地元にあった製品が開発されていけばと願っている。また、教材を作成し、地元の子供たちが勉強していくのが理想である。

様々の方向に伸びていく伝統みらい学を、総合工学と位置付けて育てていきたいと考える。最後に伝統産業工学に返り、その目的を掲げてまとめとする。それは、匠すなわち高級技能者が尊敬される社会に基づく世界一の高品位部品・サービスの製造、提供国としての日本を創成すること。

■特集：技能の伝承

□ 特集1 熟練者の技と心を受け継ぐ □

大阪産業大学
後藤 彰彦

熟練者は、素材の状態を感じ取り、時には、道具を介して感じ取りながら作品を仕上げる技を有している。さらに、仕上げた作品を使う人やその対象物に対しての思いやりやこだわりがある。我々に気持ち良さ、あるいは癒しを与えてくれる。

京金網において、熟練者が作製する豆腐すくいには、繊細な食材である豆腐への優しさがある。豆腐すくいの亀甲形状には丸みがあり、厚さ方向にふくらみがある。豆腐に余計な負荷がかからないような構造を有している。一方、非熟練者が作製する豆腐すくいの亀甲形状は、角張って直線的であり、熟練者と比べて厚み方向にふくらみが少なく平坦な構造を有している。このため、熟練者の豆腐すくいに、豆腐を載せた場合、載せた豆腐の表面に亀甲形状の跡はわずかに残るだけである。しかしながら、非熟練者の豆腐すくいでは、豆腐の表面に亀甲形状の跡が深く広範囲に残る。そこで、高速度カメラを用いて、豆腐すくいに豆腐を静的に載せ、豆腐すくいの亀甲形状と豆腐の変形状態を観察した。熟練者の場合、豆腐すくいに豆腐が接触した際、豆腐が少し跳ね上がり、その後、豆腐すくいに受け止められた。一方、非熟練者の場合、豆腐すくいに豆腐が接触した際、豆腐は跳ね上がることなく、豆腐は局所的な変形を示した。熟練者の豆腐すくいは、豆腐に損傷を与えないよう配慮がなされた構造を有している。熟練者の豆腐に対する優しさへのこだわりがこの形状を見出したと考えられる。

さらに、熟練者と非熟練者の豆腐すくいにおいて、腐食の

進行速度が異なっている。塩水噴霧試験により観察した結果、熟練者の豆腐すくいは、腐食の進行が比較的遅く、針金表面には、亜鉛の腐食生成物が付着して盛り上がっていた。一方、非熟練者の豆腐すくいは、熟練者で観察された腐食生成物がなく、亜鉛めっきがほとんど溶出していた。これらのことから、熟練者は、必要最低限の力を針金に加えながら豆腐すくいを作製しており、針金表面へのクラックの発生や内部応力の発生を抑制していると考えられる。

熟練者は、

素材である針金に損傷を与えない技を駆使して、豆腐すくいを作製する。

さらに、熟練者の豆腐すくいは、

豆腐に損傷を与えないような構造を有している。

このため、

熟練者の豆腐すくいは、錆びにくく長持ちするとともに、繊細な食材である豆腐を優しく取り扱うことができる。

熟練者の技を形式知化して学ぶことにより、早期に技を習得することが可能となってきた。そこで、さらに、優れた技術や技能に加えて、素材の応答や場の状態を感じ取り、人を癒し和ませる心とともに受け継ぐことが可能となる教授システムを目指している。

参考文献

「匠の技の科学 一材料編一」、京都工芸繊維大学 伝統みらい教育研究センター 編、日刊工業新聞社、2016年。

□ 特集 2 VR/AR/IoT/AI 技術を活用した新たな技能伝承 □

埼玉大学
綿貫 啓一

1. はじめに

日本の製造業においては、生産拠点の海外移転による産業の空洞化が産業集積地域に深刻な影響を与え、さらには、団塊の世代の熟練技能者の大量退職による「2007年問題」(法律の改正により、年金受給開始年齢が65歳に引き上げられ、多くの企業が60歳定年後の継続雇用が進んだこともあり、「2012年問題」とも言われているが、2017年時点でも問題は解決されていない)により、これまで製造業を支えてきた基盤的技術産業において熟練技能・匠の技の衰退が懸念されている。また、超高齢社会の到来、若者の製造業離れの社会現象により、基盤的技術産業では後継者難などが生じ、日本の製造業にとって喫緊の課題となってきた。今後も高付加価値製品設計・製造を行うためには、基盤技術や熟練技能の伝承、および知識の創出が不可欠となっている。また、日本の基盤的技術産業が、今後とも競争力強化を図るためには、これまでに蓄積された技術・技能をさらに研究開発により発展させ、独自技術の確立や強化、技術・技能の伝承、アイデアから新たな価値やサービスを創造するイノベーション (innovation)、情報通信技術 (Information and Communication Technology: ICT) 活用の人材育成、などを推進していくことが重要である。

本稿では、ものづくり基盤技術に必要となる形式知と暗黙知とを連携して設計・製造知識を伝承し、さらに新たな高付加価値製品の製造知識を創出するバーチャルリアリティ (Virtual Reality: VR) 技術、拡張現実感 (Augmented Reality: AR) 技術、モノのインターネット (Internet of Things: IoT)、人工知能 (Artificial Intelligence: AI) 技術を用いたバーチャルトレーニングシステムについて紹介する。

2. VR/AR/IoT/AI 技術を活用した技能伝承

著者がものづくり技能伝承や人材育成に本格的に取り組むを始めたのは、2000年のことである。以前から、ものづくりを支える工場を数多く見学する機会があり、日本のものづくり基盤技術産業における技術力の高さを感じる一方、若い世代の製造業離れや熟練技能者の高齢化などに伴う技能伝承や人材育成への危機感を強く感じていた。

著者の専門分野であるロボティクス、人間工学、CAD/CAE/CAM、バーチャルリアリティ、脳科学、感性認知、人工知能などの知見を融合して、ものづくり現場の技術者や技能者にとって安全・安心で、もっと働きやすい環境にするとともに、技能伝承や人材育成に取り組んできた。技術者や技能者がものづくりの暗黙知や身体知をうまく伝えたり、体得したりするため、図1に示すような技能伝承システムを開

発し、新たな技能伝承や人材育成の仕組みを現場の技術者や技能者の目線で構築してきた¹⁾。

バーチャルリアリティは、実物ではないが機能としての本質は同じであるような環境を、人間の感覚を刺激することにより人工的な環境を創り出すものであり、感性認知を拡張する技術である。

VR/AR 技術を活用したバーチャルトレーニングシステムは、ものづくり現場などにおける熟練技能を伝承し、さらに新たなアイデアを創出するイノベーション支援ツールである。ものづくり作業を文書情報や映像情報としてだけではなく、視覚や力覚などの五感により体験可能であり、異なった状況を時間や空間の制約を超えて体験したり、同一状況を納得いくまで繰り返し体験したり、OJT では経験が難しい失敗による学習ができ、そのような状況の中でコミュニケーションを促進し、イノベティブな活動を通じて、実践の現場で適切な判断をくだすことができる暗黙知、実践知、現場力を獲得できる。マイケル・ボラニーは、知識のうち、勘や直観、個人的洞察、経験に基づくノウハウのことで、言語・数式・図表で表現できない主観的・身体的な知のことを暗黙知と提唱した。

バーチャルトレーニングと OJT を組合せることにより、さらに効果的に技能伝承を行える。設計者も本システムを活用し、製造工程の体験やデザインレビューを行うことにより、製造コストの低減、製品のユーザビリティ向上、新たな価値やサービスの提供などを試行することができる。様々な技術・技能を体験し、問題解決やアイデア創出を行いながら、新たな技術・技能や生産方式を生み出し、新たな製品やサービスを提供することで、顧客に今までにない価値をもたらし、新規需要を創出するイノベーションを起こすことができると考えている。さらに、ものづくり技能伝承やデザインレビュー過程において、IoT ベースで生体情報計測や脳機能計測を行い、それらのデータをもとに脳科学的分析を行うとともに、AI の一手法である深層学習 (deep learning) などを活用することにより、提示情報や作業姿勢の最適化、新たなものづくり技術の創出などを行うことも可能である。深層学習とは、多層構造のニューラルネットワークであるディープニューラルネットワーク (deep neural network) を用いた機械学習である。機械学習とは、開発者が予めすべての動作を決めておく従来型のプログラムとは異なり、与えられた情報をもとに学習し、自律的に法則やルールを見つけ出す手法やプログラムのことである。機械学習を用いることで、過去の技能者の作業データやビックデータの中から共通する法則や有用な情報を見出すことが可能である。

3. おわりに

ものづくりにおける新たな技能伝承法、バーチャルトレーニングと OJT を融合した技能訓練法、技術・技能の伝承やデザインレビュー過程における脳科学的分析、AI の活用などについて紹介した。これらが、アイデアから新たな価値やサービスを創造するイノベーションにつながればと考えている。本稿がものづくりにおける技能伝承やイノベーションの

一助になれば幸いである。

文献

- 1) 例えば, K. Watanuki: A Mixed Reality-based Emotional Interactions and Communications for Manufacturing Skills Training, Emotional Engineering, Springer, (2011), pp. 39-61.

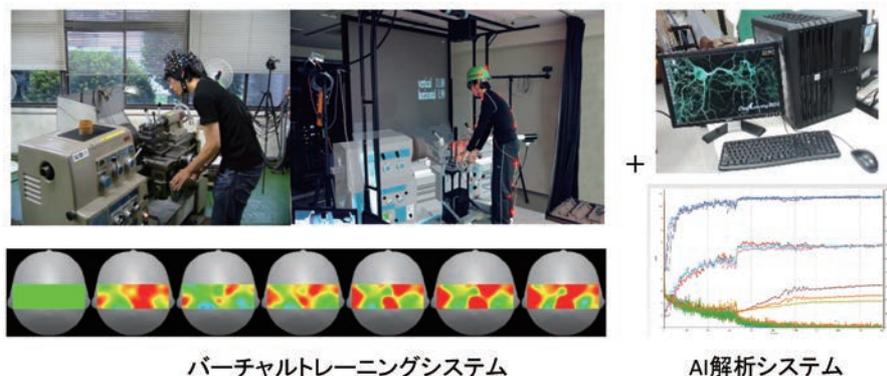


図1 AIバーチャルトレーニングシステム

□ 特集3 ヒトの動きと技能の伝承 □

京都工芸繊維大学
来田 宣幸

京都の三大祭りといえば「葵祭」, 「祇園祭」, 「時代祭」. 葵祭が公家や貴族の祭りであったのに対して, 祇園祭は町衆による祭りであった. この祇園祭の起源は貞観11年(869年), 当時京都で流行した伝染病を鎮めるために始められたといわれている. そのうち, 室町時代15世紀に起こった応仁の乱で京都市内は荒廃し祇園祭も一中断したが, 経済力をつけた町衆の力によって復活することになった. 絢爛豪華な装飾を施された山鉦が巡行する姿など現在でも観ることができるような形になったのは, この頃からといわれている. また, 祇園囃子と呼ばれるお囃子の原形となったのもこの頃といわれている.

祇園囃子も長い歴史の中で引き継がれてきた伝統のわざの1つということができるであろう. 伝統工芸や伝統産業など, 伝統的な価値には有形の価値と無形の価値がある. 特に, 「ものづくり」の領域では, 職人が丹精込めて作り上げた「もの」にこそ価値があり, これは有形の価値といえる. 一方で, ヒトの動きは, それ自体は「形のないもの」, すなわち, 無形の価値である. 伝統文化には, まさに無形文化財と呼ばれるように無形の価値が多い. ただし, 伝統の職人が作り出すもの自体は有形であるが, 職人のわざやヒトの身体の動きは無形の価値であり, このような無形の価値を定量的に評価することは非常に重要な取組であるといえる. そこで, 本稿では, 実際の「ものづくり」場面とは少しかけ離れるものの, ヒト

の動きのたくみさに関する伝統的な文化である祇園囃子に関する研究を紹介しつつ, 「技能の伝承」に関して, 身体科学・身体デザイン工学の観点から起稿していきたい.

祇園囃子では, 山鉦ごとに曲目が異なり, 多くの曲目が存在する. 祇園囃子を演奏する者は「囃子方」と呼ばれ, 祇園囃子は各町内の子弟やその地縁者の中で囃子方によって継承されてきた. 祇園囃子は, 太鼓(たいこ)と笛(ふえ)と鉦(かね)の3種類の楽器で構成される. 太鼓はリズムを刻み, 曲をリードし, 笛と鉦が曲のメロディを奏でる. 10歳前後の小学生から囃子方になり, 囃子方は曲目を覚えるために, まずは鉦方を10年以上担当し, そのうち, 太鼓や笛の楽器を演奏していくのが一般的な流れである.

市街地人口の減少や地縁者の減少などによって, それぞれの町内では後継者確保に必死になっている. まさに技能が伝承されるか, されないかの瀬戸際にあるといつてよい. 祇園囃子には鉦を叩く譜面はあるものの, それ以外にはいわゆる楽譜と呼ぶことのできるものがないことが多い. これは楽譜にしても読むことが困難であり, かえって伝承には使えなかったためとも考えられる. 太鼓を打つ太鼓方は先輩たちのバチさばきを目で覚えて, リズムや太鼓を打つ強弱・バチを振り上げる大きさを体に染み込ませていく.

祇園囃子の太鼓方の技能を伝承するためには, 実際の演奏曲を打叩(うちたたき)している動作の分析が必要となる.

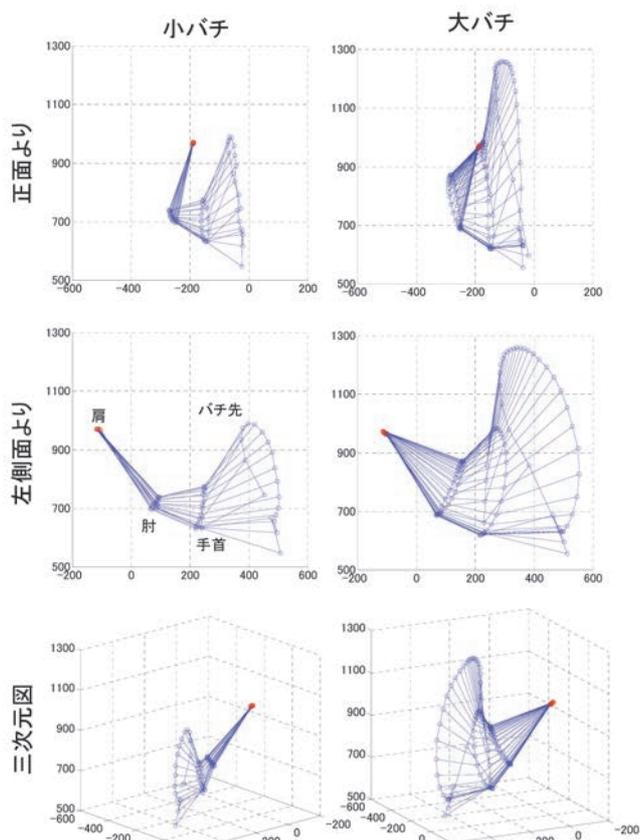


図1 太鼓叩き時の右手とバチの軌跡

そこで、函谷鉦保存会および函谷鉦囃子方の協力を得て、熟練者と非熟練者との太鼓の打ち方についての動作解析を行い、比較検討を行うことで、熟練者と非熟練者との違いなどを分析した¹⁾。具体的には、太鼓方の頭部と左右の肩、上腕、肘、前腕、手首、脚の付け根の計17カ所のほか、バチや太鼓にマーカーを取り付け、モーションキャプチャ装置を使用して囃子方6人のデータを収集した。函谷鉦の囃子の中で一般的であり、太鼓のバチさばきの基本動作が全て含まれている「若葉」という曲目を対象とした。

図1は、右手で太鼓を叩いたときのスティックピクチャー

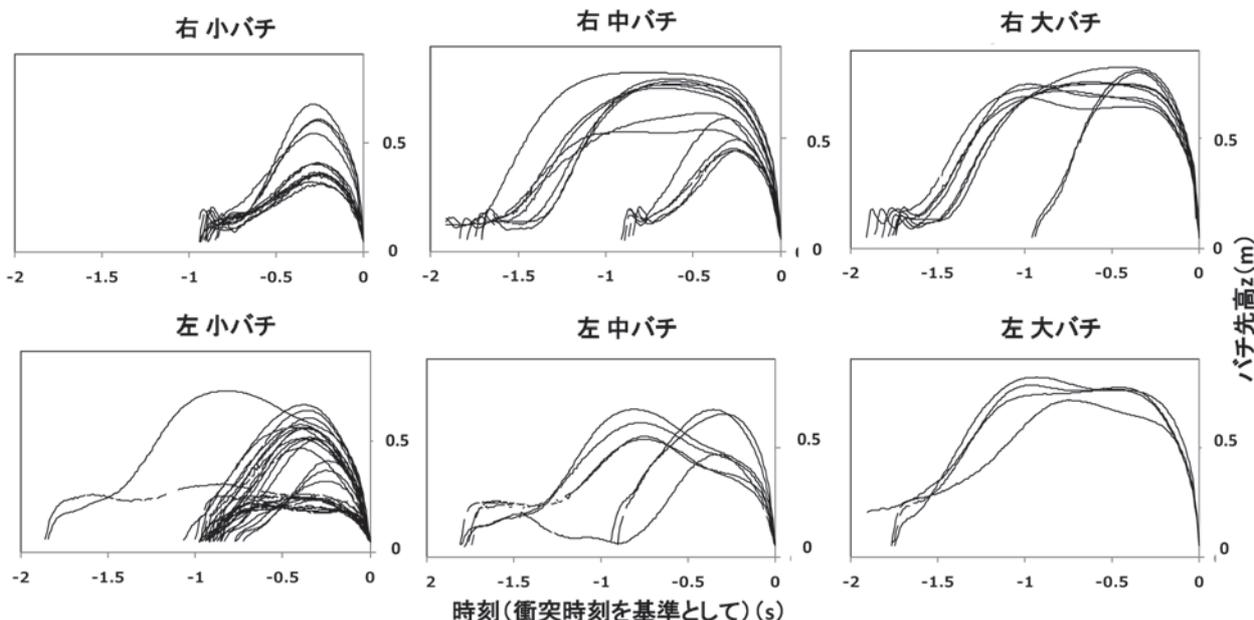


図2 太鼓面に対するバチ先端の高さ

図である。太鼓の叩き方には、バチ先を肩より高く振り上げる「大バチ」、太鼓面よりこぶし2つ程度まで上げる「小バチ」、そしてその中間の「中バチ」の3種類の叩き方があるとされている。そのうちの小バチと大バチの典型例を示している。小バチも大バチもバチ先の軌跡は弧を描いていて、直線的な動きではないことが分かる。また、小バチは肘と手首を中心とした動作に対して、大バチでは肩から大きく動かしている。

若葉の打叩を分析すると、小バチが45打、中バチが20打、大バチが13打であった。これらの打叩について、太鼓を打つ時刻を基準にしてバチ先の高さ(z座標)の時間推移を示した(図2)。大バチや中バチには太鼓面を打つ1秒以上前からバチを大きく振り上げていることが理解できる。一般的に、大きな力を出そうとする場合、反動を効果的に使うことが必要となる。しかし、1秒間もバチを上にはげているのでは、反動をうまく使うことは難しい。なぜ、このような動作が得られたのか。その理由についてヒアリングを通して検討したところ、祇園祭の山鉦巡行のスタイルが関係している可能性が明らかになった。

京都市内を練り歩く山鉦巡行では、観衆は鉦の上で演奏する太鼓方の姿を下から見上げる形になる。また、太鼓方のまわりには豪華な装飾などがあるために、腕の振りが小さいと太鼓方の姿は観衆の目に届かない。すなわち、祭り囃子は耳で聴かせるだけでなく、囃子方の所作を見せることも、重要な要因であるといえる。しっかりと腕を上げ、メリハリをつけた動作を見せつつ、太鼓と笛と鉦の協調的なハーモニーを奏でることが重要なのである。このように、ヒトの動きを定量的に評価することで、技能の伝承に繋がるヒントが得られると考えられる。しかし、技能の伝承に関する研究を今後さらに深めていくためには、「ばらつき」や「環境との相互関係」に着目する必要がある。

熟練した職人は、いつでもよいものを作ることができる。すなわち、これは「ばらつきが小さい」ことを意味する。し

たがって、熟練のプロセスは「ばらつきが減少すること」と捉えることもできる。実際、祇園囃子の太鼓方のバチさばきについても、熟練者の動きは非熟練者と比較してばらつきが小さな値であった。しかし、注目すべき点は、このばらつきがゼロになることが最終ゴールといえるか、という点である。熟練者の動きにも必ずばらつきが存在している。むしろ、超熟練者になると、ばらつきが大きくなる傾向の指標もみられる。

図1をみると中バチや小バチの中にも高く上げる叩き方や低い叩き方があると理解できる。このことが技能を口伝のみで伝承する難しさの一要因といえ、単に「中バチで叩け」という表現だけでは伝わらない「行間」があるといえる。中バチだけど、少し大きく叩く必要がある、あるいは、反対に大バチのような中バチ、といった具合である。また、山鉦が巡行するスピードは毎年同じというわけではなく、年によって異なる場合もある。山鉦巡行の見せ場の1つである辻回しや観衆の多い通りなどでは、この曲のこのフレーズを演奏したい！という思いも強い。すなわち、毎年の進行速度に応じて、曲の長さを変える必要が出てくるのである。同じ動きし

かできないのであれば、このような対応は不可能である。見せ場にあわせて、うまく対応する身体操作の技法、これこそが技能の伝承で一番難しく、かつ重要な要素であろう。

これは、祇園囃子以外にもあてはまるケースが多い。京壁の土は、その日の気温や湿度など様々な環境要因が変化することで、最適な水分量や混ぜ具合を作り出す必要がある。まさに、環境にうまく合わせて変動することが技能の本質といえる。すなわち、伝統の本質とは、単に「変わらない」というものではなく、むしろ環境などに応じて変化することで素晴らしい価値を生み出していくものといえるのではないだろうか。このような視点でさらにヒトの動きを研究していくことが、技能の伝承に少しでも貢献できるのではないかと考える。

参考文献

- 1) 古川貴士, 来田宣幸, 後藤彰彦ほか: 祇園囃子の太鼓における熟練者と非熟練者との動作の比較について, スポーツ・アンド・ヒューマン・ダイナミクス講演論文集, 2012, 371-376.

□ 特集4 日本独自の鉄の製法：総火造り □

大阪市立大学

中谷 隼人

1. はじめに

1853年の黒船来航時に日本に持ち込まれた洋鋏がその原型といわれ、吉田弥吉が1892年に完成させた日本独特の鋏(はさみ)の製法である総火造りは、熔融した鉄を型に流し込む鋳物ではなく、極軟鉄を熱して鋤で叩いて形を形成していく鍛造である。また日本古来の作刃法に従い、地金に鋼をつける着鋼造りであることから、総火造の鋏は、鋏全体が鋼で作られている舶来鋏とは根本的に異なる。この総火造りの技術は、親方から弟子へと暗黙的な方法で伝承され、弥吉を頂点とした最大23の系統に広がった。しかしながら、その系統も徐々に少なくなり、現在活動されている唯一の匠を最後に、この日本独特の裁ち鋏の製作技術は途絶えようとして

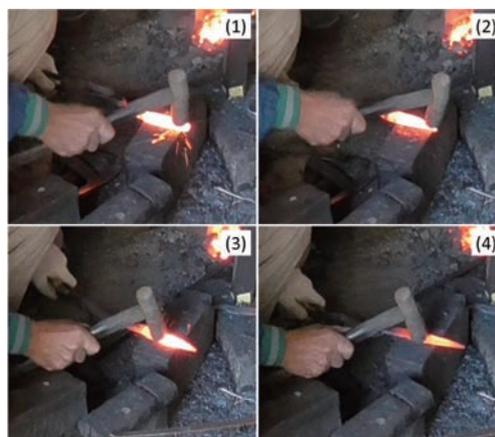


図2 穂のべ(叩きの位置に注目)

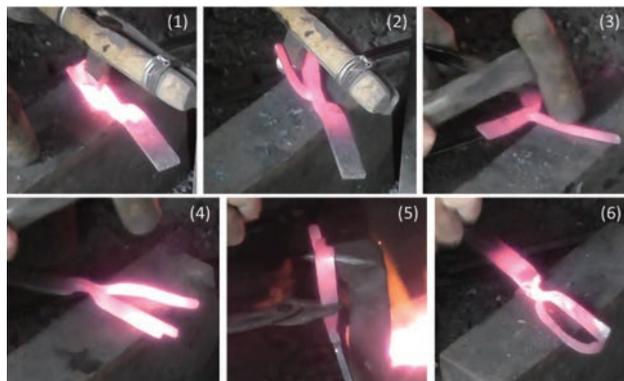


図1 輪拵(下指)¹⁾

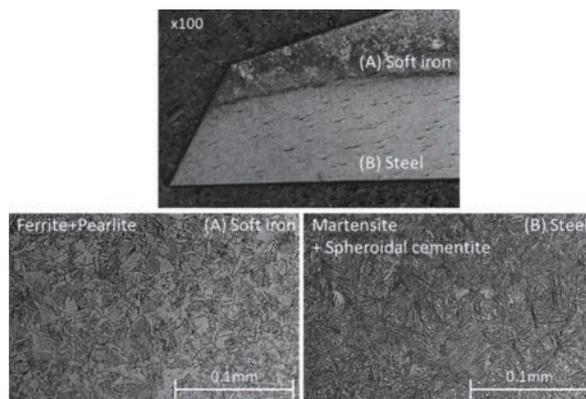


図3 刃の金属組織

いる。我々はこの製作技術に関する匠の暗黙知の形式知化に取り組んでいる。総火造りの工程は大きく分けて、1.火造り(材料の切り取り、輪拵、鋼付け、穂のべ、首曲げ、ならし)、2.荒仕上げ、3.焼入れ、4.研ぎ・調整・仕上げ、の4つに分類できる。ここでは、これまで実施してきた火造りと焼入れの工程における匠の動作観察、匠へのヒアリングやこれに基づく工学的評価の結果について紹介する。

2. 火造り

火造りの始めの工程である輪拵(わごしらえ)では、材料の極軟鉄を熱し鋸で叩くことで、4本の指を通す下指(上刃)の輪と、親指(下刃)の輪を成形する。図1のように下指の輪は一度極軟鉄を二股に割り、これを接合させて輪を形成する。一方、親指の輪はエボと呼ばれる横棒を含む複雑な形状を叩き出す必要がある。匠は叩きの土台を2種類使用し、土台の平面部や角部、曲面部を使い分け、鉛細工のように自由自在に成形していく。

輪拵の次は、鋸の刃となる部分に鋼を付ける鋼付けの工程となる。地金にホウ酸、ホウ砂および鉄のヤスリ粉の混合物をバインダーとしてふりかけ、その上から鋼をのせた状態で全体を熱しこれを叩いて鋼を付ける。これと同時に、鋸の刃の形状に叩き延ばしていく(穂のべ)。刃の形状となるよう、匠は材料を延ばしたい方向によって、土台の端や中央など叩く位置を変えている(図2)。例えば、刃の長手方向に材料を一方方向に延ばすための叩き方について、「土台の端で叩くと鉄が逃げる場所があるからその方向に延びていく」と匠は説明する。また、穂のべの工程では、極軟鉄と鋼を重ねたものを鋼側から叩くが、この叩きによって鋼より柔らかい極軟鉄が鋼の上側まで回り込もうとする。匠は鋼付けの前に極軟鉄と鋼において刃と峰となる部分の厚みを叩きで変えて各々の延びしろを調整することで、極軟鉄が回り込む「かぶり」が発生しない穂のべを実現している。

3. 焼入れ

火造りの後、鋸全体を荒研磨で整える荒仕上げの工程を経て、焼入れの工程にうつる。刃の部分に粘土の一種である荒木田土を塗り、これを加熱した後、水に浸し急冷することで、刃である鋼に焼きを入れる。図3に切断面より観察した総火造りの鋸の刃の金属組織を示す。図中の(A)で示す軟鉄部ではフェライトに一部パーライト、(B)で示す鋼部では微細で均一なマルテンサイトとその粒界に分散する球状化セメントイトが確認できる。このような鋼部の焼入れ組織を得るための適切な焼入れ温度に達したことを、匠は加熱された刃の色の変化より見極めている。また、均一な焼入れ構造を得るためには、厚みの分布がある刃全体を均一に冷却する必要がある。加熱された刃と水が直接接触することで発生する



図4 (a)刃の表面に荒木田土を塗る、(b)急冷中に鋸を容器に押し付ける

水蒸気の影響等により冷却が不均一になることを、刃の表面に荒木田土を塗る(図4(a))ことで防いでいるものと思われる。急冷時に地金が想定以上に反ることを防ぐため、匠は水の中で鋸を容器に押し付けながら焼入れをしているという(図4(b))。これは現在でいう Die Quench や Press Quench といった冷却後の変形を小さくし、形状を安定させる今日の技術に相当するものである。さらに匠は焼入れの際、冷え切らないうちに水から出し、余熱を利用して焼き戻すことにより、硬度だけでなく靱性も付与している。刃の鋼部の硬さは848.8~1007.3 HV 0.3であり、これは標準的な焼入れ硬度(800~850 HV)と比較して著しく高い値であった。これは総火造の工程が鍛造と焼入れの組み合わせであることにより実現していると考えられる。匠の叩きは、鋸の寸法調整だけでなく鋼部への圧縮残留応力の付与も同時に行っているものと推察される。

4. おわりに

火造りの工程では材料の加熱状態、叩きの力加減、叩き中の視線、再加熱のタイミング、仕上がりの判断、焼入れの工程では焼入れ温度の判断、焼入れ中の動作などの様々な暗黙知があると考えられる。しかしながら、現時点ではその多くが未解明のままであり、我々は未だに匠の技に驚くばかりである。匠が「理由は知らないがこうやるとうまくいく」、「言葉では表現できない」と説明する工程ひとつひとつに隠された暗黙知を形式知化することでこれを工学的に理解し、さらにデータ化していくことによって、これら伝統技術の工業分野への応用や、将来における伝統技術再現に貢献できると信じている。

参考文献

- 1) 京都工芸繊維大学伝統みらい教育研究センター編, "おもしろサイエンス匠の技の科学—解析編—", 日刊工業新聞社, (2017年3月)。

□ 特集5 製図スキルの学習支援 □

電気通信大学
結城 宏信

1.はじめに

機械工学の教育で欠かせない内容の一つに製図がある。製図の学習では製図規格を理解するという「知識の修得」と、図面の読み書きのスキルを身に付けるという「技能の習得」が求められる。後者は学び手が自ら考えて図面を作成し、教え手から講評を受けて修正を加えたり書き直しを繰り返すことによって成されることが従来は多かったが、大学等の教育現場では授業時間や教員数などの制約からきめ細かい指導が難しくなっている。ここでは製図スキルの獲得を支援するシステムの実現を目指して筆者らが取り組んでいる内容を紹介する。

2.手書き製図で描かれる線の AE 法による濃淡評価

製図教育では基本を確実に習得させるため手書き製図をはじめに行わせることが多く、その指導の場面で図面中の線の

濃淡について教員と学生のあいだで主観的な議論が起りがちである。このような議論に双方が納得して終止符を打てるよう、筆者らは作図におけるシャープペンシルの芯の磨耗によって発生するアコースティック・エミッション (AE) に注目した線の濃淡評価を試みている^{1),2)}。

図1は濃さが異なる線をシャープペンシルで描いたときに発生する AE を作図に使用する三角定規に取り付けたセンサで計測した例である。線の濃さによって振幅の大きさや変化に違いがあることがわかる。シャープペンシルで線を描くとは意図的に芯を磨耗させることであり、濃淡は磨耗すなわち破壊の大小に起因した結果と解釈できる。したがって、AE パラメータによる濃淡の評価が期待でき、複数の特徴量から決定されるマハラノビスの距離によって注目データと単位空間との類似性の程度を評価するマハラノビス・タグチ (MT) 法を適用する。図2は最大値で正規化した AE 信号

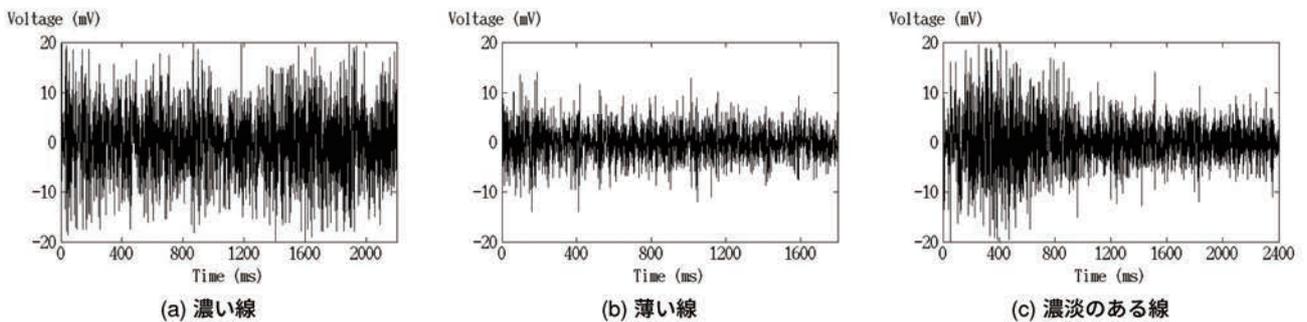


図1 シャープペンシルで線を描いたときに計測した AE 信号

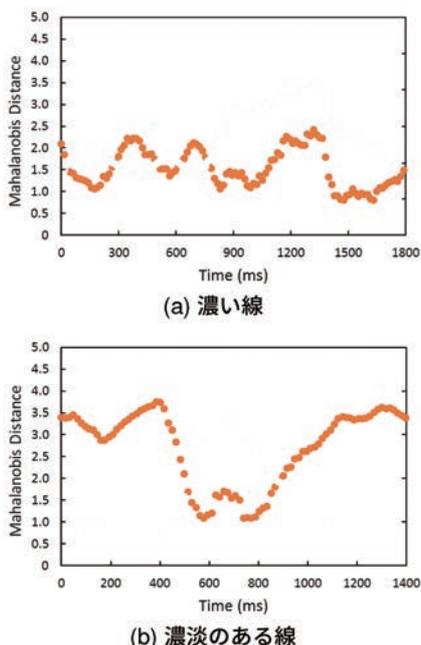


図2 マハラノビスの距離の時間変化

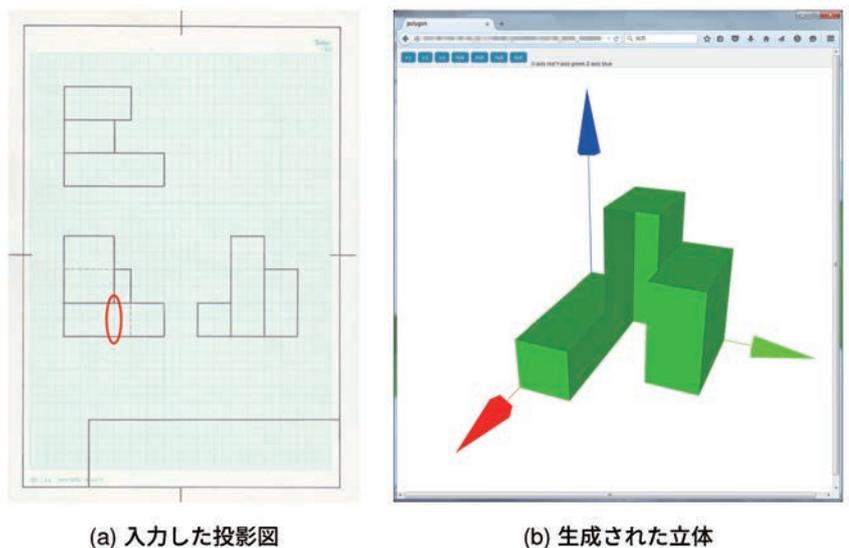


図3 かくれ線が欠落している投影図とその誤りを反映した立体

の振幅の平均値、標準偏差、実効値を特徴量に用い、一定時間ごとのマハラノビスの距離を調べた結果である。ここで、単位空間は均一に濃く線を描いたときの AE 信号によって作成している。図からマハラノビスの距離は濃い線では 0.7～2.5 前後になるのに対し、濃淡のある線では 2.5 を超える領域があることがわかる。このように AE 信号の解析によって線の濃淡の良否を客観的に評価することができるので、これをシステム化することで効果的な学習に繋がれるものと考えている。

3. 第三角法による投影の能動的な学習

立体を投影図で表現したり投影図から立体を想像することができるようになるには、様々なモデルに対して一方から他方へ変換した結果を実際に描いてみるのが有効である。このとき正解を目指して試行錯誤を繰り返すことが訓練としては大切である。筆者らは指導者が行う講評の一部をコンピュータで代替することで、単独で能動的な学習が行える製図学習支援システムの開発を進めている³⁾。

イメージスキャナを用いてデジタル画像に変換した投影図をユーザが入力すると、システムはそこに表現されている情報にできる限り忠実にサーフェスモデルを生成する。投影図に不備があれば誤りの内容を反映した不自然な立体が表示されるので、正解を見たり指導者の指摘を受けなくても、注意深く立体を観察することで投影図中の誤りの有無や箇所を調べられる。そのため、ユーザの視点や立体の表示倍率は任意に変更でき、実物を手にするのと同じように様々な角度や距離で立体の観察が行えるようにしてある。図 3(a)はかく

れ線が一部欠落している投影図の例で、正面図の赤丸で囲った部分に存在すべきかくれ線が描かれていない。ユーザににかくれ線が足りない箇所を直接指摘したのでは図面の修正はできて製図能力の向上に繋がるかは疑問の余地がある。本システムでは図 3(a)の投影図から図 3(b)の立体を生成して提示するので、ユーザは中央の直方体が内部のない状態になっていることから投影図の誤りに気が付き、さらに面が張られていない部分に注目し投影図のどの箇所に問題があるのかを考えて修正するというステップで学習を進めてゆけるであろう。

4. おわりに

学び手と教え手の双方に心と時間のゆとりがあれば、ここに紹介したような手法を用いなくても製図の学習は十分に行える。しかし、それが難しくなっている場合、研究で培ってきた計測評価技術やコンピュータ技術を積極的に活用したアプローチを試みても意味があるであろう。ここに紹介したものは研究レベルのプロトタイプを構築して有効性を示す段階にまだとどまっているが、近い将来これらを取り入れた授業が行えればと考えている。

参考文献

- 1) H. Yuki and Y. Honjo: Proc. Int. Conf. Adv. Technol. Exp. Mech. 2015, p. 92, (2015).
- 2) 結城宏信, 川嶋勇輝: 日本機械学会 2017 年度年次大会講演論文集, No. 17-1, S 2020105, (2017).
- 3) 結城宏信, 山崎陽介: 日本機械学会 2015 年度年次大会講演論文集, No. 15-1, S 2020204, (2015).

機械材料・材料加工部門「部門賞・一般表彰」公募のお知らせ

第 3 技術委員会委員長
品川 一成 (九州大学)

機械材料・材料加工部門では、第 95 期部門賞および部門一般表彰候補を下記の要領で公募します。自薦他薦を問わず奮ってご応募下さい。

*公募締切: 2017 年 11 月 30 日 (木) 厳守

*推薦書類: 推薦・申請用紙を部門ホームページよりダウンロードしてお使い下さい。

*被推薦者資格: 各賞とも日本機械学会会員であることが受賞資格となります。

*書類提出先: 日本機械学会機械材料・材料加工部門 (担当者 野口明生)
下記宛に郵送ならびに電子メール (PDF) にてご提出ください。

〒160-0016 東京都新宿区信濃町 35 信濃町煉瓦館 5 階

電話 (03) 5360-3506, E-mail: noguchi@jsmeor.jp

推薦された候補者は第 3 技術委員会で審査され、部門運営委員会で受賞者を決定します。結果は今年度中に本人に連絡し、次期 (2018 年度) のニュースレターに掲載するとともに、受賞者を 2018 年度年次大会開催時に表彰する予定です。なお、本件に関するご質問・お問合せ等は、第 3 技術委員会委員長 (品川一成, E-mail: shina@mechkyushu-u.ac.jp) までお願いします。

各賞の概要

- (1) 功績賞: 機械材料・材料加工分野に関する学術、教育、出版、内外の交流など諸般の活動において、本部門の発展と進歩に積極的な貢献または顕著な業績のあった者に授与する。
- (2) 業績賞: 機械材料・材料加工分野に関する研究または技術開発において、顕著な業績のあった者に授与する。

- (3) 国際賞：機械材料・材料加工分野における学術、教育、出版などに関する国際的な活動を通し、本部門の発展と進歩に積極的な貢献または顕著な業績のあった者に授与する。
- (4) 部門表彰（優秀講演論文部門）：当該年度に開催された本部門企画、担当、主催または共催の講演会において発表された機械材料・材料加工分野の講演論文中、学術・技術の進歩発展に寄与したと認められる論文の著者を対象とする。
- (5) 部門表彰（奨励講演論文部門）：当該年度に開催された本部門企画、担当、主催または共催の講演会において発表された機械材料・材料加工分野の講演論文中、将来当該分野の学術・技術の進歩発展に寄与すると期待される若手講演登壇者（2018年4月1日現在において32歳以下の者）を対象とする。
- (6) 部門表彰（新技術開発部門）：機械材料・材料加工分野において本部門企画、担当、主催または共催の集会、出版物等において発表された新技術、新製品の開発者中、工業技術の進歩発展に特に貢献した者を対象とする。
- (7) 部門表彰（国際貢献部門）：本部門の国際会議や国際交流に関し、特に優れた貢献のあった者を対象とする。

2017年度年次大会『120年の伝統と革新の調和～より広く、より深く、より豊かに』in 埼玉開催報告

第95期第1技術委員会（年次大会）

坂井 建宣（埼玉大学）

2017年度の年次大会は、2017年9月3日（日）～6日（水）の4日間、埼玉大学（さいたま市桜区下大久保255）にて開催されました。機械材料・材料加工部門では、以下の講演と特別企画が行われ、会場が満員となる多数の方にご参加をいただきました。

部門同好会は4日に鉄道博物館にて開催され、写真（1,2）のように参加者の皆様の笑顔を見ることができ、開催側としては大満足な同好会でした。同好会では部門賞の表彰式（写真3）もとり行われました。皆様に大会を無事に終えることができましたことをご報告いたしますとともに、厚く御礼申し上げます。

基調講演 モアレ法による変形・損傷計測—ナノからメートルまで—

基調講演 鉄道車両に適用されている溶接・接合技術

先端技術フォーラム M&P 最前線 2016（6件）

先端技術フォーラム 知的材料・構造システム分野における研究開発動向（5件）

先端技術フォーラム 金属 AM 技術を支える設計・プロセス技術（7件）

ワークショップ 減災・サステナブル工学（6件）

[G 040] 機械材料・材料加工部門一般セッション（23件）

[S 041] 粉末成形とその評価（4件）



写真2 転車台前での集合写真（上から）。



写真1 転車台前での集合写真。列車のマークがJSMEになっています。



写真3 授賞式の様子

- [S 042] セラミックスおよびセラミックス系複合材料 (10 件)
 [S 043] 実験力学, 数値解析を連成させる高品位皮膜創生技術 (6 件)
 [S 044] 減災・サステナブル工学 (8 件)
 [S 045] 伝統産業工学 (16 件)
 [S 046] 次世代 3D プリンティング (12 件)
 [J 041] 工業材料の変形特性・強度およびそのモデル化 (15 件)
 [J 042] 超音波計測・解析法の新展開 (19 件)
 [J 043] 知的材料・構造システム (14 件)
 [J 044] 先端複合材料の加工と力学特性評価 (16 件)
 [J 045] 自己治癒材料・システム (9 件)
 [J 046] 異種材料の接合プロセスと接合部・界面の強度・信頼性評価 (10 件)
 [J 047] ソフトマター・イノベーション (22 件)
- G: 一般セッション, S: 部門単独セッション, J: 部門横断セッション

第 3 回日本機械学会イノベーション講演会 (iJSME 2017) 開催報告

実行委員会 幹事
 櫻井 淳平 (名古屋大学)

機械学会イノベーションセンター学科発イノベーション推進委員会では、戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) /革新的設計生産技術での採択を受け、革新的な設計、生産、加工技術などのものづくりに関する潜在的なシーズ、ニーズの発掘や、多様なプレーヤーの参集と交流など、ものづくりのイノベーションに資する新しいスタイルの日本機械学会イノベーション講演会 (iJSME) を開催しております。

第 3 回目の iJSME 2017 が 2017 年 10 月 7 (土), 8 (日) の日程で、名古屋大学東山キャンパスにおいて開催されました。過去 2 回は機械材料・材料加工部門会と併催で開催していましたが、今年度から単独開催で行われました。新しい試みとして 10/7 は 11 件の基調講演のみのプログラムで行いました。M&P 部門の方々を含め多数の方にご参加をいただきました。皆様には大会を無事終えることができましたことをご報告いたしますとともに、厚く御礼申し上げます。

基調講演 (11 件)

- ・フェムト秒レーザ還元直接描画法を用いた Cu の 3D 微細積層造形と応用
- ・レーザー金属積層造形法における溶融金属ダイナミクスの観察とスパッタリングの抑制

- ・インクリメンタルフォーミングとその最新動向まで
- ・3D バイオプリンティングのコンセプトと未来への挑戦
- ・臓器チップによる創薬支援技術の開発
- ・トポロジー最適化に基づくデバイス・材料の革新的構造設計
- ・次世代ものづくり技術を支える機能製原料粉末の開発
- ・「次世代型産業用 3D プリント開発」プロジェクトの報告
- ・3D デザイナブルゲルで地域に特色ある産業を育てる
- ・デライトものづくり AI ネットワークプラットフォーム (PLANET AIDeA)

口頭発表

- [OS] マルチスケール・マルチマテリアル製造技術 (5 件)
- [OS] 実用 3D 微細造形 (12 件)
- [OS] 金属 Additive Manufacturing, Laser Additive Manufacturing の機能性付加技術への応用展開合同 OS (6 件)
- [OS] ソフトマター 3D 技術と社会実装 (4 件)
- [OS] 新材料, 3D 加工用材料 (5 件)
- [OS] 板材ダイフリー成形 (11 件)
- [OS] 一般講演 (4 件)

第 6 回 JSME/ASME 機械材料・材料加工技術国際会議 (ICM&P 2017) 開催報告

ICM&P 2017
 大会委員長 浅沼 博 (千葉大学)
 実行委員長 岸本 哲 (物質・材料研究機構)

日本機械学会機械材料・材料加工部門では、第 6 回 JSME /ASME 機械材料・材料加工技術国際会議 (The 6 th JSME /ASME 2017 International Conference on Materials and Processing ICM&P 2017) を、2017 年 6 月 4 日 (日) から

8 日 (木) まで、アメリカ合衆国カリフォルニア州ロサンゼルス市の南カリフォルニア大学において主催しました。

これまで第 1 回 (2002 年 10 月, ホノルル) および第 2 回 (2005 年 6 月, シアトル) を米国機械学会 (ASME) の



レセプションの様子



ランcheonセミナーの様子



M&P Division Award 表彰



プレナリー講演



ポスターセッションの様子

協力を得ながら部門単独で、第3回（2008年10月、シカゴ）を米国機械学会・製造工学部門国際会議（MSEC）と合同で、第4回（2011年6月、オレゴン）、第5回（2014年6月、デトロイト）および今回は、MSECに加えて製造技術協会・北米製造技術会議（NAMRC）と併催で開催しております。発表総件数は600件あまりと材料とその製造、加工およびそれらシステムに関連する研究者・技術者間の国際的交流の場として世界最大スケールの国際会議になりました。JSME サイドからも92件の口頭発表と11件のポスターセッションの参加がありました。

6月4日のレセプションはカリフォルニア・サイエンスセンターのスペースシャトルエンデバー号の下で行いました。写真にありますようにエンデバー号とは耐熱タイルの番号まで読み取ることができる距離でした。翌5日には昼食時にJSME M&P Division Award の表彰と近畿大学の京極先生によるプレナリー講演を行いました。6日の夕刻には大学内のTown & Gown Roomにおいてポスターセッションを、7日の午前には京都工繊大の濱田先生、千葉大学浅沼先生によるプレナリー講演を行いました。

本スタイルの国際会議は実施が容易でないにもかかわらず、実行委員の皆様方、ASME 側委員の皆様方（特にレンセラー工科大学のSamuel先生（Technical Program Chair）、会場校のChen先生（Conference Chair）、事務局始め多くの皆様方に、多大な御指導、御協力を頂き、無事開催できました。沢山の皆様方の御参加と高いレベルの御発表により多大な成果を収めることができました。また、日立造船（株）の仲保様、Sanrio, Inc. の村上様には、スポンサーとして多大な御支援を賜りました。最後に、この場をお借りし各位に心より御礼申し上げます。



2018年度年次大会のご案内と特別企画のご提案のお願い

第1技術委員会（年次大会） 佐藤 知広（関西大学）
坂井 建宣（埼玉大学）

2018年9月9日（日）～9月12日（水）の4日間〔ただし、9日（日）は市民開放行事を予定〕にわたり関西大学（大阪府吹田市山手町3-3-35）を会場として標記大会が開催されます。

2018年度年次大会は、『多様化する社会・技術への機械技術者の挑戦』というキャッチフレーズおよび「情報と機械の融合」、「社会構造変化への対応」、「革新技術への新展開」の3テーマに基づく幅広い企画を募集します。

当部門では、以下の17件（他部門との共催含む）がオーガナイズドセッションとして予定されています。

- ① 次世代3Dプリンティング
- ② 超音波計測・解析法の新展開
- ③ マイクロナノ理工学：nm から mm までの表面制御とその応用
- ④ ソフトマター・イノベーション
- ⑤ 先端複合材料の加工と力学特性評価
- ⑥ 実験力学，数値解析を連成させる高品位皮膜創成技術
- ⑦ 工業材料の変形特性・強度およびそのモデル化
- ⑧ セラミックスおよびセラミックス系複合材料
- ⑨ 減災・サステナブル工学
- ⑩ 知的材料・構造システム
- ⑪ 異種材料の接合プロセスと接合部・界面の強度・信頼性評価
- ⑫ 伝統産業工学および工学／技術教育
- ⑬ 材力・機械材料・材料加工とバイオエンジニアリング
- ⑭ 交通・物流機械の自動運転
- ⑮ マイクロ・ナノ機械の信頼性

- ⑯ エネルギー材料・機器の信頼性
- ⑰ 粉末成形とその評価

また、下記の①～④の特別行事の企画を募集しております。できれば複数部門にまたがる部門横断企画をご検討頂ければ幸いです。

- ① 基調講演の企画
- ② 先端技術フォーラムの企画
- ③ ワークショップの企画
- ④ 市民フォーラム他（市民向け行事，子供向け行事等）の企画

市民向け，子供向け行事は9月9日（日）開催

部門内の締め切りは、2017年12月20日（水）です。奮ってご提案下さい。多くの皆様のご参加をお待ちしております。

特別行事企画申込み・問合せ先：第1技術委員会
委員長 坂井建宣 (sakai@mechsaitama-uac.jp)
副委員長 佐藤知広 (tom_sato@kansai-uac.jp)



関西大学千里山キャンパスの様子

編集後記

機械材料・材料加工部門ニュースレター No.54 を発行するにあたり、ご多忙の中、記事をご執筆いただきました先生方に心より感謝申し上げます。世の中で人工知能や機械学習が大きな注目を集めるなか、今号ではヒトの有する技能の伝承をテーマとして取り上げました。6名の先生方にご協力いただき、ヒトの技能をセンシング、形式知とする手法から、伝承・教育する手法に至るまで、技能の伝承に纏わる幅広く興味深い特集となりました。古来、匠の技術であった材料加工に携わる部門会員の皆様のご活躍の一助となれば幸いです。
(広報委員会幹事 青野祐子)

発行 発行日 2017年11月27日

〒160-0016 東京都新宿区信濃町35 信濃町煉瓦館
一般社団法人 日本機械学会 機械材料・材料加工部門
第95期部門長 小林 秀敏
広報委員会委員長 長谷川 収
Tel.03-5360-3500 Fax.03-5360-3508