

匠の技を科学分析し、 新たなモノづくりに挑む

京都工芸繊維大学大学院教授
伝統みらい教育研究センター長

濱田 泰以氏に聞く

日本各地、とくに古都京都には世界に誇れる「匠の技」といわれる伝統工芸が数多く存在する。しかし、高度成長期の後半以降、伝統産業の規模は出荷額、事業者数とも縮小し続けている。さらには、伝統工芸の匠の技を習得するためには長い期間を要することから、後継者が不足し、匠の技の継承が危ぶまれているのが現状だ。

伝統産業を再生し、その技術在未来に引き継いでいくには何が必要か。京都工芸繊維大学の濱田泰以教授にうかがった。

「暗黙知」を科学の力で「形式知」へ

榎館 京都では長い時間をかけて伝統産業が集積されてきましたが、その規模が縮小を続け、しかも後継者が育たず廃業に追い込まれる工房も増えていると聞きます。先生はそうした伝統工芸の危機に対処した多彩な再生プランを提案されていますが、まず、その拠点となる京都工芸繊維大学「伝統みらい教育研究センター」を設立された経緯について、お聞かせください。

濱田 「伝統みらい教育研究センター」の前身が、当時の学長から教育プロジェクトとして認可をいただき、開設したのが2005年です。研究センターの目的は伝統産業の職人さんの中で浸み込んでいるコツや勘どころといった「暗黙知」を科学技術の力でデータ化し「形式知」にすることで、他の人やお弟子さんに説明できるようにすることです。暗黙知は匠にとつては当たり前のことでも、他の人に説明することができない。これが「親方の背中を見て」で表される修行方法の基になっています。

職人技の暗黙知を形式知化するには、まず、職人さんの腕や体の動き（動作解析）、眼の



Interviewer
京都総合経済研究所
取締役調査部長
榎館 孝寿

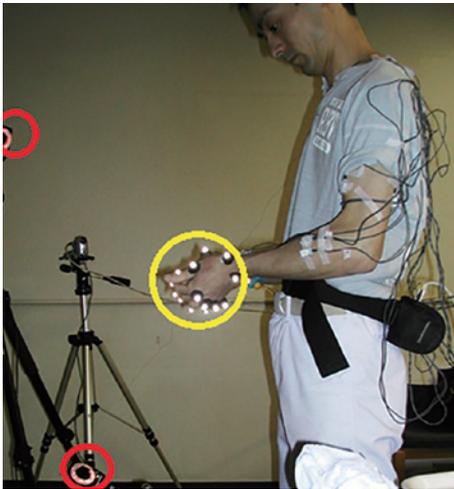
動き（「眼球運動解析」、力の入れ方（「把持力測定」）などからデータを取得することが必要です。こうしたモノづくりの勘どころや技を数値化し、「モノづくり玉手箱」と名づけたデータベースをつくり、伝統工芸の技を活かしたモノづくりを創生しようと考えました。

当初から予算を付けていただき、「モノづくり玉手箱」を構築するための機材などを揃えることができました。

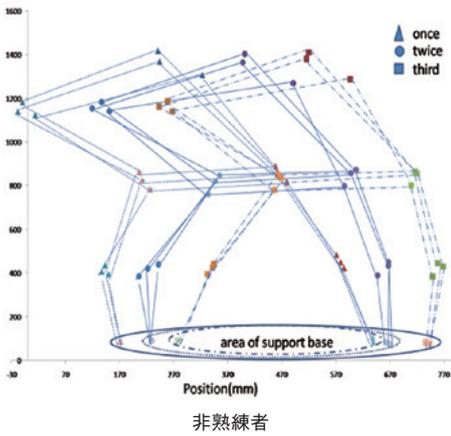
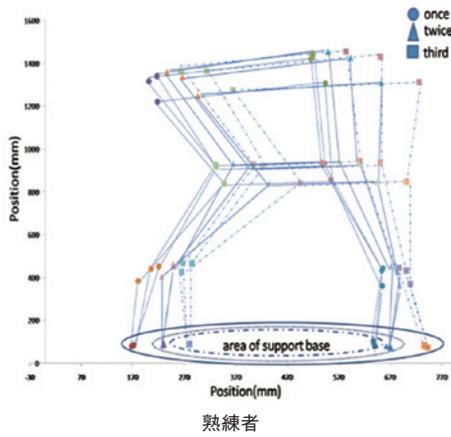
楢館 対象としてどのような伝統産業を選ばれ、どのように匠の技を測定されたのですか。

濱田 当初、伝統工芸の京弓の柴田勘十郎さん、漆・蒔絵の下出祐太郎さん、京壁の佐藤ひろゆきさん、京瓦の浅田晶久さん、京金網の辻賢一さんに協力を依頼し、快く引き受けていただきました。いずれの匠とも京都工芸繊維大学のセミナーで講師を務めていただいたことがご縁になりました。

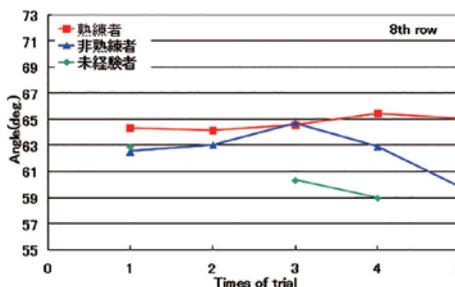
たとえば京壁では壁塗りの左官職人の動作を



○ 赤外線カメラ ○ 赤外線反射マーカー
赤外線マーカーを体に付け、職人の動きを撮影する



土壁塗動作の解析：マーカー点の三次元座標値を追跡し、作業の動作解析を行う



京金網職人の右肘の屈曲角度平均値の推移

科学的に解析・考察しました。近年、スポーツの世界では選手の動作をビデオカメラで撮影し、それをパソコンに取り込んで動作を分析するモーションキャプチャー技法が取り入れられています。そこで大学の体育の先生や情報系の先生、日本体育大学のポスドク（博士研究員）の方たちにご協力をいただき、モーションキャプチャーの三次元計測装置を導入しました。具体的には職人さんの体にマーカーを付け、周囲に置いた複数台の赤外線カメラでマーカーを撮影。マーカー点の三次元座標値を追跡し、腕や指などの動きの特徴を具体的にとらえます。この方法で、京壁の左官職人の佐藤ひろゆきさんと7年修業したお弟子さんを比較してみると、動作の違いが明確になりました。佐藤さんは肩を左右の足の幅より外に出さない姿勢で塗っているのに対し、お弟子さんは外に肩が出るために安定性が劣っている。つまり佐藤さんは重心を右足、左足に動かすことで腰を水平に移動し、絶えず

顔が塗っている壁の前に来ます。対してお弟子さんは肩が外にせり出すので、頭を傾けて窮屈な姿勢で塗ることになります。筋電図で測ると腰に負担がかかることがわかり、しかも膝の屈伸がスムーズにいかないので「手塗り」の状態になっていきます。佐藤さんは「コツは時なり」とおっしゃる。コツを覚えると作業時間を短くすることができ、「時は金なり」でいえば「コツは金なり」ということになる。左官のいちはんのコツは、じつは作業効率落ちないように疲れないように塗ることにあるというわけです。

また、京金網の辻賢一さんにも協力をいただき、豆腐すくいの網をつくる作業を三次元計測装置で動作解析しました。ここでは熟練者、未熟練者、未経験者の3人に豆腐すくいを5本ずつ作製していただきました。その結果、熟練者は5本目の作業でも右肘の屈曲角度に大きな変化が見られず、姿勢が安定している。一方、未熟練者と未経験者では本数が増えるにつれて右



濱田 泰以 (はまだ ひろゆき)

1955年大阪府東大阪市生まれ。1978年同志社大学工学部機械工学科卒業、1980年同大学工学修士、1985年同大学工学博士。1987年京都工芸繊維大学助手。助教授を経て、1998年同大学教授。2005年より伝統みらい研究センター・センター長。現在、京都工芸繊維大学教授、伝統みらい教育研究センター・センター長。専門は、複合材料、プラスチック成形加工、伝統みらい学。

最近では疲労度を数値化するために心拍数や脳波も測定しています。

植館 「背中を見て」だけではなく、科学的なデータで動作を解析できるといのは、伝統工芸を志す人には朗報ですね。後継者不足がいわれますが、弟子入りしてくる若い人たちにとっても、技術の習得以外にも、何か障害になっていること

肘の屈曲角度が小さくなるため、疲労によって姿勢が不安定になっていくことがわかりました。このように動作解析は1千年にわたって受け継がれてきた京壁や京金網の技術が、長年の勘と経験がものをいう職人の特殊な技術の世界で、経験年数の少ない若手が効率よく技術の習得をえる「勘どころ」を科学的に解明しました。もちろん技術を習得するには繰り返しの練習が必要ですが、今後の職人の世界においては、いかに少ない時間でその技術を自分のものにできるかが、重要な課題となると思います。

京瓦の技術を活かして、新製品開発にチャレンジ

濱田 この二つの例では動作解析の話が中心となりましたが、伝統工芸の技術の解析にはどこを見ているかという「眼球運動解析」、どこに力を入れているかという「把持力測定」を動作解析とシンクロして行うことが必要です。また、

があるのでしようか。

濱田 伝統工芸を志す若者はたくさんいますが、問題は給料です。何とか食べられるというレベルではダメで、普通の仕事並みに給料が出なければ、なり手はいません。そのためには当たり前ですが一定の売上げをあげて、利益を出さなければいけません。たとえば京瓦の製造を京都市内で今も手づくりで行っているのは、浅田晶久さんのところ一軒しか残っていませんが、工程が複雑なので価格も高くなる。そこに東京勢の瓦屋さんが入ってきて、低価格で落札し、浅田さんのところは苦戦しているのが現状とお聞きしています。相手は大量生産ですから、瓦だけに固執しては勝負になりません。そこで、瓦をつくる技術を活かして、他のマーケットを狙った製品を創りだしていく必要があります。

浅田さんのところでは今、京瓦の技術を活かして、シルクスクリーン技法を使った「高意匠瓦」という新製品を開発しています。謄写版と同じで瓦の表面にシルクスクリーンを載せて刷



京瓦の技術にシルクスクリーン技法を加えて作った新製品・「高意匠瓦」

ると土の上に土のインクがのり、それをそのまま焼き上げると繊細なデザインを印した瓦ができあがります。たとえば人物の写真を撮って、それをシルクスクリーンで瓦に刷り込んで記念品にするなど、新たなニーズを発掘できる製品展開も考えているようです。さらに最近、浅田さんが研究しているものに、古い文献にしか載っていない「本ウス」という瓦があります。もの凄くきれいな超高級な瓦らしい。「らしい」というのは誰も見たことがないからです(笑)。浅田さんがうちの大学で博士論文を書かれていた研究過程で、「本ウス」ができるかもしれないと考え、現在、土を工夫したりして「本ウス」づくりに取り組んでいます。もし浅田さんが私と一緒に暗黙知を形式知にするというテーマに取り組んでいなかったら、単に文献上にこんなものがあるで終わっていたかもしれない。少しはお役に立てたかなと考えています。もし「本ウス」ができれば、その技法を使ってさらに新しいものが開発できる可能性もあります。

それから、もう一つ後継者の育成を難しくしているのが、せっかく若い人が入ってきてても、親方とそりが合わずに辞めてしまうケースが多いことです。だから、弟子入りしてうまく親方とマッチングしない場合に、人材派遣みたいに違う親方のところに配置転換できるような仕組みが必要ですね。そこでうまくいけば食べていけるような。

「板金プレス工場の息子として生まれ、工場を遊び場にして育ちました」

榎館 そもそも先生は大学時代に複合材を専攻されていたとうかがっていますが、なぜ、伝統産業のモノづくりに興味を持たれたのですか。

濱田 私は同志社大学の機械工学科の出身で、博士論文の課題がバスタブの材料・複合材に関連したものでした。バスタブというのは飛行機などにも使われている複合材から作られていて、しかも2千トンもの圧力でプレス加工するので、製品を開発するには圧力のかけ方でどう変形するかを数値計算して、解析する必要があります。現在でも複合材に関連した研究を続けていますし、私のゼミには複合材を専攻する中国の留学生が7人、射出成型を専攻するタイの留学生在が7人と日本人の学生よりも多く在籍し、プラスチックの成形技術などを研究しています。また、複合材と伝統工芸を組み合わせた研究も行っています。たとえば、伝統工芸の組みひもの技術を取り入れて炭素繊維で組んだパイプを考案しています。組みひもは組む角度によって、曲がりやすくなったり曲がりにくくなったりします。

その性質を活用し、たとえば従来は硬さの違うパーツを組み合わせて作っていたゴルフクラブのシャフト部分を組みひも式にすると、硬さの境目がなしなやかなシャフトが作れます。

モノづくりということでは、もともと私は東大阪で、叔父が社長、父が工場長の板金プレス工場の息子として生まれ、プレス機械が並ぶ工場を遊び場にして育ちました。従業員は多いときで250人ぐらい。中学を卒業して集団就職で地方から出てきた従業員が多く、みんな会社の寮に住んでいました。昭和36年から38年、私が小学生のころです。工場で木箱に入った製品があり、工員のお兄さんにこれはなんだと聞くと、シンガポールに輸出する自転車のチェーンケースだという。自分の作ったものが海外に輸出されて、人の役に立つ。誇らしげでしたね。創立20周年を祝う会では、うれしかったのでしよう、父親が飲み過ぎて歩けなくなり、背負って帰ったこともありました。そうした環境でモノづくりの良さを体感しながら育った。何よりも働いている人たちがみんな楽しそうでした。

京都工芸繊維大学に来る前には大阪市立工業研究所に就職して、中小企業の方を相手に実験や研究をしていました。その方たちが生き生きとモノづくりを続けていけるような環境を実現するような仕事がしたいと考えていました。

職人技を解析するというテーマについても前から温めていました。しかし、ずいぶん前から、職人のモノづくりの現場をビデオで撮影するデジタルアーカイブという試みが行われており、当初はやる必要はないかなとも思っていました。国立民族学博物館にはそうしたモノづく

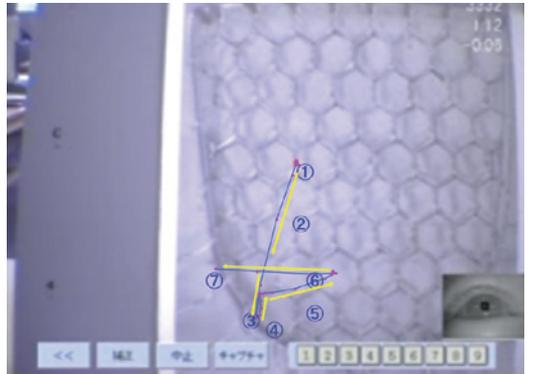
りのビデオがたくさん収集されていますよね。ところが、民俗学の資料としてはいいのですが、モノづくりの資料としてみるとデータが不足している。私が作りたい「モノづくり玉手箱」は、10年経っても20年経っても、玉手箱を開けると「ここに力をいれなさい」、「肘はこの角度に曲げなさい」と全部のデータが入っているものです。そうしたら、大学が私のやりたいということを後押ししてくれるという。しかも文科省が予算をつけてくれて、玉手箱を作れることになったのです。

伝統工芸にとどまらず、介護からお辞儀、祇園囃子まで動作分析

榎館 現在は伝統工芸にとどまらず、他の分野でも暗黙知を形式知へ転換する試みを広げられているとお聞きします。

濱田 いちばんのターゲットは介護ですね。たとえば、私は日本の中学生・高校生が6年間に一度でもいいから、車椅子↓ベッド↓車椅子という移乗介助を経験したらいと思っっています。というのは自分が介護について完璧に初心者で、92歳で亡くなった父親を生前うまく移乗介助することができなかった。一回経験しておけば、いざというときに役に立つはずですよ。

車椅子からベッドの移乗介助では患者を抱きかかえる動作が腰痛を誘発することがわかっています。看護学生をモデルに26か所にマーカーを添付して、三次元動作解析を行いました。解析によると学生は立ち上がる前に腰部と膝関節を屈曲させ、立ち上がる時には体幹を伸展



眼球測定の様子と、捉えられた視線の動き

位に保っていました。ベテランの介護者は腰を落とし、膝を曲げることで下肢筋群を利用して、腰を酷使することなく介助できるのです。また介助では眼球運動解析により、眼の動きが重要なことも解明されています。眼の動きを解析する機材もどんどん改良されていて、昔はゴーグル型の機材を使っていましたが、最近ではウェアラブルカメラを利用しています。よくウェアラブルカメラを付けたスキーヤーが雪上を滑走し、前方の風景をとらえた映像を見ることがありますよね。介護のときにもそのカメラを付けて、その画像を画面に出し、介護士がどこを見ているか解析します。すると食事の介助のときにベテラン介護士と新人介護士の眼の動きが違っていることがわかりました。ベテランの介護士の視線をカメラでとらえると、食べ物や口に入れた後、必ず喉の動きを追って見えています。しかし、アンケートをとると口元しか見ていな

いと答えています。まさしく暗黙知で、本人も気づいていないのです。じつは父親の死因は誤飲による肺炎だったもので、もう少し早くこのことがわかっていればと思いましたが。

東京五輪・パラ

リンピックの開催を控え、どのようなサービスが「おもてなし」であるか議論されているなか、お辞儀の動作分析も行いました。お辞儀の指導経験がある熟練者がお辞儀をする際、その腰を曲げる動作を撮影したところ、頭・肩・腰の角度はほぼ真つすぐの180度に保たれ、肩・腰・膝は30度の変化となっていました。また、お辞儀から受けた印象をアンケート調査したところ、きれいなお辞儀をするコツは、腰から折れ曲げ、適切な角度を保つことがポイントであることがわかりました。お辞儀に関してはこんな話もあります。私のところにいたタイの女性留学生がタイの大学で「伝統みらい教育研究センター」を創ると頑張っていますが、帰国して最初に取り組んでいるテーマが「タイのお辞儀」の動作分析でした。

そのほか、祇園祭の山鉾巡行では祇園囃子の太鼓の叩き方の動作解析も行いました。京都市

ではそれぞれの町内で後継者確保が課題となっています。そこで、函谷鉾の保存会および囃子方に、うちの大学で笛、鉦、太鼓のお囃子を実演していただき、コンコンチキン、コンチキチンと大々的な実験になりました(笑)。

檜館 介護から太鼓の打ち方まで、ずいぶん応用範囲が広いですね。

濱田 これから、次のステップとして計画していることがあります。それは、伝統産業の製品に「玉手箱」の形式知のデータを付けた販促活動の展開です。特に海外の人に、伝統工芸品がどういう工程で作られるのかという形式知を知ってもらえれば、興味を持ってくれるのではないかと。その第一弾が京都府の事業である「京都文化ベンチャーコンペティション」のフランスプロジェクトです。同賞は今年度で11回目になりますが、歴代の受賞者の作品をピックアップして、パリのエッフェル塔の横にあるパリ日本



下田拓太郎さんの漆・時絵を紹介する「京都文化ベンチャーコンペティション」フランスプロジェクトのリーフレット



昨年出版した「匠の技の科学—材料編」(日刊工業新聞社)に続き、今年「動作編」を刊行

文化会館で紹介しようという試みです。パリ日本文化会館のショップに形式知のデータを示したパンフレットを置いてもらうことになりました。あわせて受賞者の博士論文もホームページ上に公開する予定です。さらに来年3月16日には京瓦の浅田さん、京金網の辻さんと私が渡仏して、セミナーを開催します。

それから注力している最近の取り組みとして、堺市からのオフアールをいただいて、堺市の伝統産業の後継者育成教育マニュアルを作成しています。現在、包丁の砥ぎ屋さん4社、桶屋さんが1社、高周波の焼入れ屋さん1社、それに手拭などを染める「注染」工房が1社で、計7社のデータを探っています。

全国の包丁メーカーが包丁の砥ぎの工程を堺の砥ぎ屋さんに依頼しているケースも多いと聞きます。砥ぎの匠は「堺は包丁を生むだけではなく、包丁砥ぎという技術も生むのだ」と。それで、「欧米で作った洋包丁でも堺で砥いだら、切れるようになるのか」と聞くと、「洋包丁でも送ってくれば、切れやすくして送り返します」と言うのです。だから、包丁というモノを

売るだけではなく、砥ぐ技術を売ったらい。ここで砥いだら良い包丁になると、うまく世界に宣伝したらいのです。そのためにも教育マニュアルを整備して、人を育てていかなければいけません。

それから注染法という染色の技術も、凄い技術です。もともと大阪の泉州地域はかつて木綿栽培がさかんで、泉州と消費地の中間にある堺には布の上に染料を注いで着色する多色染めの注染業者が集積しました。

注染とは折りたたまれた布地の染色する部分に防染糊で「土手」をつくり、その土手の中に染料を注ぎ込み、染料を布の下に配置された真空ポンプで吸い出します。注ぎ込む染料の量と真空ポンプの操作により、染料の浸透度が決まるのです。染料が布の上に載るのではなく通過するので、空気を通して涼しいし、汗をかいてもすぐ乾くのが特徴で、剣道の防具などにも使われています。いま地元では、この注染をブランド化して売り出そうという意欲が高まっています。実際にハンカチにすると乾きやすいし、使いやすい。中国の留学生を連れていったら、中国の自分の会社向けにハンカチをデザインして注文していました。

私たちはこうした匠の技の形式知化を「伝統みらい教育研究事業」と名づけて進めてきましたが、じつはこうした方法はいま全国で展開されている地方創生にも寄与することができます。地方の伝統産業のデータを採り、集めていくと、そこから新製品のヒントも得られます。地方を創生するには単発のイベントなどを開催するのではなく、継続的に地域に根差した伝統産業の



伝統みらい教育研究センターの概要

データを採り、形式知化していく。そうすることで、たとえば外国人にも、科学的に製品や技術の特性を、「ここが凄い」ときちんと説明できるようになる。

日本の各地にはさまざまな伝統産業が集積されています。各都道府県の工業研究所が核になり、そうした産業の技を科学データ化し、そのデータを世界に発信したり、ビジネスマッチングしたりする機会を設けていく必要があります。そうなれば、外国でもやはり高品位な日本製品は高くても当たり前との認識が広まり、新たな市場への可能性が広がります。

植館 たしかに伝統産業の科学技術による解析は地方創生を後押しする力になれるそうですね。本日は貴重なお話をありがとうございました。