

匠頭脳知の解明とオンライン大工育成システムの可能性について

松本多恵¹

概要：技能は人に内在するため、一度失われてしまうと容易に取り戻すことができない。熟練技術者に依存した高度なノウハウや技能には暗黙知が存在し、技術マニュアルが十分に機能せず、技術伝承・教育訓練に課題が生じている。暗黙知とは、熟練技術者個人の身体に染み付いているものや技能、長年の経験や勘、直観等に基づく知識であり、言葉で伝えることが難しい。暗黙知の解明無しに技術伝承は成立しない。暗黙知には、身体知・頭脳知がある。本研究の目的は、熟練技術者の技術伝承と暗黙知の解明である。そこで、本稿では、徒弟制度が色濃く残る大工に着目し、経験を積んだ大工（以下、匠と表記）の頭脳知の解明とオンラインを活用した大工育成システムの可能性について考察する。

キーワード：大工育成、技術伝承、頭脳知、暗黙知、身体知

Possibility of Online Carpenter Training System and solving Takumi brain knowledge

TAE MATSUMOTO^{†1}

Abstract: The skill cannot be easily recovered once it is lost, because it is inherent in the human. The tacit knowledge exists in advanced know-how and skill that depend on the skilled engineer, and the technical manual does not sufficiently function, and the problem arises in technology transfer and education and training. However, the technology transfer cannot be established without the solution of tacit knowledge. There are two types of tacit knowledge: embodied knowledge and brain knowledge. The purpose of this study is the solution of technology transfer and tacit knowledge of skilled engineers. Then, this paper focuses on apprentice carpenters, solving the brain knowledge of experienced carpenters (Takumi), and discusses the possibility of an online carpenter training system.

Keywords: Training Carpenters, technology transfer, brain knowledge, tacit knowledge, embodied knowledge

1. はじめに

我が国ではすでに人口減少が現実のものとなっており、少子・高齢化とともに、国内の従業者数は減少傾向にある。また、ものづくり産業における若年就業者（34歳以下）の就業人数及び比率も減少傾向にある。一方で、ものづくり産業において団塊世代（1947～1949年生まれ）の熟練技術者の存在はかけがえのないもので、その貢献度は非常に高い。団塊世代の熟練技術者が次々と60歳の定年を迎え、2007年に企業にとって不可欠な知識、経験や技能をもつ熟練技術者がものづくりの現場から大量にいなくなることに伴い、それまで彼らが培ってきた熟練技能が次世代に伝承されないことによってものづくりの現場に多大な影響が起ることが懸念された「2007年問題」、継続雇用により5年後に先送りとなった「2012年問題」などものづくり産業において人材の確保と熟練技術の伝承は喫緊な課題である。

技能は人に内在するため、一度失われてしまうと容易に復活することができない。

熟練技術者に依存した暗黙知（Tacit knowledge）が存在し、技術伝承・教育訓練に課題が生じている。暗黙知とは、熟練技術者個人が身体に染み付いているものや長年の経験や勘、直観で人間が長年の経験で身に着けた知識で、言葉で伝えることが難しい。

これまでの暗黙知の定義の多くは、暗黙知は一つのものとして扱われていたが、著者は、身体知（embodied knowledge）と頭脳知（brain knowledge）と分けて整理した[1]。本研究の目的は、熟練技術者の技術の伝承と暗黙知の解明である。そこで、本稿では、徒弟制度が色濃く残る大工に着目し、経験を積んだ大工（以下、匠と表記）頭脳知の解明とオンラインを活用した大工育成システムの可能性を考察する。

2. 大工について

2.1 団塊世代の匠の退職・引退

我が国の空き家は、増加の一途をたどっている。核家族化

1. 大学共同利用機関法人 人間文化研究機構 総合地球環境学研究所
Inter-University Research Institute Corporation, National Institutes for the Humanities, Research Institute for Humanity and Nature,

に加え、高齢者などの一人暮らし世帯が増えているため過疎地域の戸建てを中心に、空き家が急増している。しかし、空き家は地方都市や過疎地域だけの問題ではなく、大都市圏でも空き家が増加している。年々増加する空き家は、不審者侵入、火事、災害など空き家として放置される期間が長くなればなるほど、周辺地域への影響は大きくなる深刻な問題で、古い空き家ほど早期的な対策が必要で契機な課題である。しかし、課題は再生の担い手である。古い空き家の修復、さらには古きよきものを維持、保全する技術者が不足している。担い手不足の要因は、少子高齢化による生産労働人口の減少、匠の高齢化、引退が挙げられる。

近年では、COVID-19等の影響で短期的な人材の需給バランスが変わり、以前は、建築現場は人手不足であったが延期や中止になった現場も多く待機状態の労働者もいる。しかし、中長期的には建設業も人手不足が見込まれる。NRIの調査によれば、2000年には、約65万人いた大工人数が、2015年時点で35万人の大工の人数が、2033年には21万人になる予測している[2]。平成22年国勢調査抽出詳細集計によれば、大工の平均年齢は50.4歳で、全体の4割の大工が60歳以上を占め、10代、20代合わせても全体の1割も満たないのが実情で、次世代の確保・育成が喫緊の課題である[3]。

2.2 徒弟制度

日本の建築大工技能の領域には、現代住宅を仕事の中心とした町場の大工技能の領域と、歴史的様式を重んじる建築を仕事の中心とする伝統的宮大工技能の領域の大きく分けることができる。それぞれ技能習得には、大工2年、宮大工は8年かかると言われている[4]。木造建築物工事に必要な技能資格として認められている資格「建築大工技能士」を受験するために必要な実務経験から概略すると、1級建築技能士「実務経験7年以上」、2級建築技能士「実務経験2年以上」、3級建築技能士「実務経験6ヶ月以上」と大工になるためには長い期間が必要であるといえる[5]。その方法として、匠に弟子入り（徒弟制度）し、技能を習得する手法で行われていた。弟子が匠と寝食をともにし、技や知恵や勘、仕事に対する心構えなどを身につけるといったものであった。職人を育てる方法として徒弟制度がとられてきたのは、この方法によってしか技を伝えることはできない、と考えられてきたからである。しかし、若手にとっては将来の見通しが立ちづらく、待遇が不安定な場合もある。大工のなり手不足が深刻化する一因となっている。

3. 技術伝承

3.1 技術と技能の定義

本節では、「技術」と「技能」との違いについて概覧する。

森は「技」という言葉は技術と技能の両面が統合的に構成されたものとしてとらえ、技の企画・管理・方法の側面を「技術」と呼び、技の実行・実践・行為の側面を「技能」と呼んでいる[6]。また、森が行った調査によれば、「技術」とは、方法・手段であり、それは科学的裏付けを持っているもので、「技能」は、能力であって、これには勘・コツ・感性を含み、方法やノウハウ、実際の・実践的なものも含むと報告している[7]。柴田らは、「技術」を何がしか一般的なし普遍的に汎通的でありうる、「技能」とは、一定の制約情報を備えた環境（ないし状況）において特定の目的意思をもって遂行される実践的行為およびその能力と定義している[8]。

ここでは、「技術」は、論理的、科学的な裏付けがあり習得できるもの、「技能」は、経験等により体得した個人がもつ技に関する能力と定義しておく。

3.2 模倣と反復による技能の習得について

初心者、未経験者が「技能」を身に付けるには、その前提として「技術」を学んでおかなければならない。初期の段階においては、基礎、基本の定着は、手本の模倣とその反復を通してフォームや形の模倣とその反復による体得が重視される。模倣とその反復は、自分の身体を一定の形にはめこんでいく訓練・練習を行ない、その積み重ねによって身につく、つまり身体で覚えこむのである。

技能が実践的に機能するようになって「身に付いた」と言えるのであって、ここで「身に付く」というのは、文字通り身体知として身体が覚えることを意味している。つまり、身体が知っていること、身体で覚えていること、身体化された知識である。その技術、技能がどのようにして達成できたのかを言葉で表現、説明することが難しい。技能の習得・継承には、より長い時間を必要とすることが一般的である。そして、人に内在する能力であるため、継承されずに失われた技能は容易に取り戻すことができない。

4. 暗黙知の解明へ

4.1 暗黙知について

本節では、暗黙知の概念について概略する。知識には「形式知」と「暗黙知」という2つの次元がある。「形式知」とは、文章、図表、数字などによって説明・表現・共有できる知識を指し、言語化・数値化されているので共有しやすく、コンピュータで処理できる。一方で「暗黙知」とは、言葉で直接表現できない知識と、物理学者・科学哲学者のPolanyiが提唱した概念である[9]。「暗黙知」を自分は気がついていなくとも、身体が知っている知識で、語ることはできない（we cannot tell）知識としての技術的および認知的スキルと定立した[10]。また、野中は、日本企業の競争優位

の源泉は暗黙知と形式知の相互変換にあるとし、経営分野に導入したことは広く知られている。暗黙知を経験や勘に基づく知識のことで、言葉などで

表現が難しいが未だ語られない (we have not yet told) 知識としての一部コンテンツ (思い, 信念) をも包含するものと指定している[11]。野中は、熟練職人の技能に代表される技術的身体知 (熟練, ノウハウ) と知覚や直感的判断力に示される身体知に加え、形式知の一部をも包摂している。つまり暗黙知概念に包摂される形式知とは、創出過程にある形式知もしくは明示化されざる形式知を意味すると定立した[12]。

4.2 AI を活用したリモート古民家再生

我々は、2020 年 8 月から (AI を活用したリモート古民家再生) は、「博物館・展示を活用した最先端研究の可視化・高度化事業」の一環として、一級建築士の暗黙知の解明に関する研究を実践している (図 1)。



図 1 プロジェクト概要

Figure 1 Project Overview

経験豊富な一級建築士 (以下匠と表記) の監督の下、島根県にある古い空き家の改修・リフォームといった作業を撮影し、匠の技の定量化を図り、AI モデルの開発を行っている [13]。また、これらのデータをもとに、匠とそうでない者の比較検証動画など大工育成のためのコンテンツを開発し、学習システム (Learning Management System, 以下 LMS と表記) に格納・保存した。

4.3 オンライン教育を活用した技術伝承

本研究の目的は、匠の技の技術伝承と暗黙知の解明である。技術伝承として本研究はオンライン教育を用いた大工

育成システムを目指した。人間の行う行動や動作を匠とそうでない者の動作を撮影した動画を並べて比較検証したコンテンツを作成した。隙間時間やいつでも学習できる環境として、スマートフォンやタブレット端末での学習環境を想定し、効率的、効果的な学習手法として Microlearning (マイクロラーニング) と学習意欲を継続させる仕掛けとして gamification を取り入れた。

Microlearning とは、1~5 分、長い場合でも 10 分程度のコンテンツを学習する手法で、gamification とは、ゲームの要素を他の分野に応用、転換する手法で教育現場でも導入されている手法を取り入れ継続して学習できる環境を整えた。

初学者や未経験の段階においては、基礎、基本の定着は、手本の模倣とその反復を通してフォームや形の体得には有益な手法であり、このように熟練者とそれ以外を比較検証した取り組みは、頭部運動解析、動作解析、眼球運動解析、筋活動解析などを様々なセンサー等を用いて人間行動を可視化し、伝統産業、工業分野、医療、福祉分野等で熟練技術者の黙知値を形式知が行われている [14][15][16]。

しかし、熟練技能がモデル化されることによる技能流出への危惧もあることを念頭に行わなければならない。

4.4 身体知と頭脳知

前述したが、人間の行う行動や動作を匠とそうでない者の動作を撮影した動画を並べて比較検証したコンテンツは、初学者や未経験の段階においては、基礎、基本の定着有益である。それ以上を体得するには、「身体知」以外の新しい切り口が必要であると痛感した。例えば、ドライバーやくぎ打ちなどの技能や技術は「見て学ぶ」ことができるが、作業中の、頭の中で行われる判断、情報入手作業は見えるが判断作業は見えないことが多く、匠と意思疎通するのに障壁あると感じた。そこに暗黙知を解明する糸口があるのではないかと推察する。

我々は、古民家再生を通して、匠の暗黙知には見える動きだけではなく、頭の中で行われる作業動作、情報入手作業は見ることはできるが、判断作業の状況は頭の中にあり見えない暗黙知があるのではないかと推定し、ここでは、経験や訓練で身体に染み付いた判断動作を IoT 機器やセンサー等で可視化、見える化できる暗黙知を身体知とし、頭の中で行われる判断、情報入手作業は見えるが判断作業は見えない、見えない暗黙知を頭脳知と指定する。頭脳知とは、意匠デザイン、材料選別、見積もり作業が考えられる

4.5 オンライン見積もり

我々は、頭脳知の一つである見積もりに焦点を当てて匠頭脳知の解明を試みる。古民家の状態は千差万別である。古民家のリノベーション・改修時の見積もりは、建物の構造

(連棟式建物)、耐震、シロアリによって劣化した土台や柱などを交換、地盤沈下や図面がない、築年数が不明など古民家ごとに現況の調査方法や測量などが異なる。見積もりは一番重要な作業であり、かつ経験が必要な作業で、言葉で伝えるのが難しい匠技術で頭脳知である。匠は長年の経験と様々な建築の知見から、異なる古民家の状況であっても、匠は古民家の外観、室内の状況などの視覚による情報、たたく・測るなどの触覚、聴覚などの現場の情報と匠技術により調査方法等を判断することができる。しかし、見積もり作業の多くは無料で行われている。古民家の所有者の多くは複数の業者から見積もり等を依頼しその中で業者を決めるためである。この工程を遠隔で行うことにより、現場に行かずとも日本国内、世界中に点在する古民家の改修・リフォームを行うことができる。本研究は様々な ICT/IoT 機器、Web 会議システムを活用し、複数のオンライン見積もりを行った(図2、図3、図4、図5)。

図2は、基礎の状況や柱の駆逐状況を匠につたえるために撮影を行った。図3は建物が崩壊する危険な状態で、改修するための見積もりと足場の組み立てが行われている状況を撮影したものである。図4は、空き家の内情を天井や柱の状況、部屋の奥行や広さ等を匠に伝えるために撮影したものである。図5は、図4の部屋の詳細が分かるようにズームして撮影したものである。



図2 オンライン見積もり
Figure 2 Online estimation



図3 オンライン見積もり 2
Figure 3 Online estimation No2



図4 オンライン見積もり 3
Figure 3 Online estimation No3



図5 オンライン見積もり 4
Figure 3 Online estimation No4

4.6 撮影から匠頭脳知の解明へ

我々は、ICT/IoT 機器等を活用し、オンライン見積もりをするために現地に出向き撮影を行った。Web 会議を通して追加撮影などをリアルタイムに行った。匠からどの箇所が見たい、基礎が見たい瓦屋根などを上空から撮影するためにドローンを用いた撮影など様々な要望に対応して撮影を行ったことで、匠が見積もり作業をするとき、「どのような情報が欲しいのか」、「どのような角度で見せるとその情報が得ることができるか」など何度も撮影を繰り返すことで、匠の見積もり作業をするときの重要なポイントが可視化することができた。蓄積された撮影手順をマニュアル化することでより共有化することが可能となり、このマニュアルを用いたオンラインコンテンツを開発することで現場に行かずともリアルで臨場感がある現場体験が可能になる。

4.7 対話から匠頭脳知の解明へ

本節では、可視化した動作データと、匠が作成した見積書を見ながら、自身の行動への客観的な意図を、対話を通して検証した結果を述べていく。

対話を WEB 会議システムで録画し、AI ツールを用いて音声データを、時間軸と対話者にわけて文字起こしを行った。その一例を紹介する。オンライン見積もり Web 会議で録音した音声データを AI 文字起こしツールを用いての時系列、対話者ごとに整理した。さらに、撮影シーン（屋根を見る、基礎を見る）ごとにワードクラウドで可視化した。

5. おわり

熟練技術者の高齢化、引退でさらに技術不足が加速する。熟練技術者がもつ高度なノウハウや技能は、人から人へ継承され、継承するのに長い時間が必要である。また、技能は人に内在するため、一度失われてしまうと容易に復活することができない。暗黙知とは長年の経験や勘、直観で、言葉で伝えることが難しい。身体知として観察できる場合の事例は比較的容易であるが頭脳知として多くの頭脳内プロセスは観察が難しい。

本研究は、徒弟制度が色濃く残る大工に着目した。徒弟制度には利点もあるが、若手にとっては将来の見通しが立ちづらく、待遇の不安など、徒弟制度だけでは立ち行かない。一方で、団塊世代の熟練技術者の引退・退職は今後も避けて通れない。別の育成方法の提案が必要であると考えた。我々は経験が浅く未熟な技術者に、継承していくためには、個人のもつ暗黙知を形式知に変換し、いつでも、だれでも利用できるシステムとして、オンラインを活用した大工育成システムの開発を目指した。

我々は、隙間時間やいつでも学習できる環境として、本研究はスマートフォンやタブレット端末での学習環境での

効率的、効果的な学習手法として Microlearning（マイクロラーニング）と gamification を取り入れた。Microlearning とは、1～5 分、長い場合でも 10 分程度のコンテンツを学習する手法で、Gamification とは、ゲームの要素を他の分野に応用、転換する手法で教育現場でも導入されている手法を取り入れ継続して学習できる環境を整えた。また、匠とそれ以外を比較検証したコンテンツは本初学者や未経験の段階においては、基礎、基本の定着は、手本の模倣とその反復を通してフォームや形の体得には有益な手法でありであるが、それ以上を体得するには、「身体知」以外の新しい切り口として頭の中で行われる判断、情報入手作業は見えるが判断作業は見えない「頭脳知」に着目した。

匠の頭脳知とは、意匠デザイン、材料選別、見積もり作業があり、本研究では、見積もり作業に焦点を当て匠頭脳知の可視化を試みた。その手法として、Web 会議システムを用いたオンライン見積もりの実験を行った。複数のオンライン見積もり作業現場の撮影を行うことで、匠が頭の中で描く欲しい情報が判断できるようになった。撮影の蓄積データが次世代の大工育成のコンテンツとして活用することができると考える。

また、匠の頭脳知を、匠とそれ以外の者の対話データを可視化することで解明の一口を見出した。

本実験では匠の頭脳知として定義するにデータが少ないが、今後も様々な古民家の見積もり作業を繰り返し行うことで、検証データを増やすことで精度の高い検証を行い、匠頭脳知の解明を行っていく。

謝辞

本研究は、人間文化研究機構 総合地球環境学研究所 令和 2 年度、令和 3 年度「博物館・展示を活用した先端研究の可視化・高度化事業の AI を活用したリモート古民家再生」の一環として行った。

参考文献

- [1] 松本多恵. AI を活用したリモート古民家再生～匠の暗黙知（身体知、頭脳知）の可視化と技術伝承～, MPS 研究会発表予定 2022 年 10 月
- [2] 中島正夫, 神山幸弘. 宮大工の技能修得過程の分析: 宮大工の技能に関する調査研究その 1. 日本建築学会計画系論文集. 1995, 60 巻, 476 号, p. 91-100.
- [3] 2030 年の住宅市場～人手不足の深刻化により、飛躍的な生産性向上が求められる建設現場～(株式会社野村総合研究所)”. <https://www.nri.com/jp/knowledge/report/1st/2018/cc/mediaforum/forum266>, (参照 2021-9-17).
- [4] “平成 22 年国勢調査抽出詳細集計（総務省統計局）”. <http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2010/index.html>, (参照 2022-2-7).
- [5] “建築大工技能検定試験の 試験科目及びその範囲並びにその細目”. (厚生労働省人材開発統括官).

<https://www.mhlw.go.jp/content/11800000/000609322.pdf>,(参照
2022-2-7).

- [6] 森和夫.熟練技の特性と次世代への継承, 育成における課題.
- [7] 森和夫.「技能」と「技術」に関する 93 人の定義 調査報告.技能と技術,1996, p. 59-64.
- [8] 柴田庄一, 遠山仁美. 技能の習得過程と身体知の獲得 -主体的関与の意義と「わざ言語」の機能 -.言語文化論集 2002,4,2, p. 77-93.
- [9] Polanyi, Michael. Personal Knowledge, Chicago: University of Chicago Press.1958.
- [10] Polanyi, Michael. The Tacit Dimension, London: Routledge & Kegan Paul.1966.
- [11] 野中郁次郎.知識創造の経営.日本経済新聞社,1990
- [12] 野中郁次郎,竹内弘高,梅本勝博訳.知識創造企業,東洋経済新報社,1996
- [13] 松本多恵.リモートによる古民家再生と e ラーニング教材の開発. CIEC 春季カンファレンス論文集.2021, Vol.12 p.93-97
- [14] 岡泰央.匠の技の定量化に関する研究.人間工学. 2016, 52 巻 Supplement 号 p. S78-S79.
- [15] 布引雅之,山崎由佳,川西港,奥田孝一.きさげ作業の熟練度の定量化手法に関する研究ーリズム感に基づく熟練度の定量化ー.精密工学会学術講演会講演論文集, 2019,S(0), p.69-691.
- [16] 松吉健太,結城敬介,谷口敏代,横田一正.介護・看護学習における動画比較教材を用いた学習支援システムの構築.情報処理学会データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム論文集,2010.