

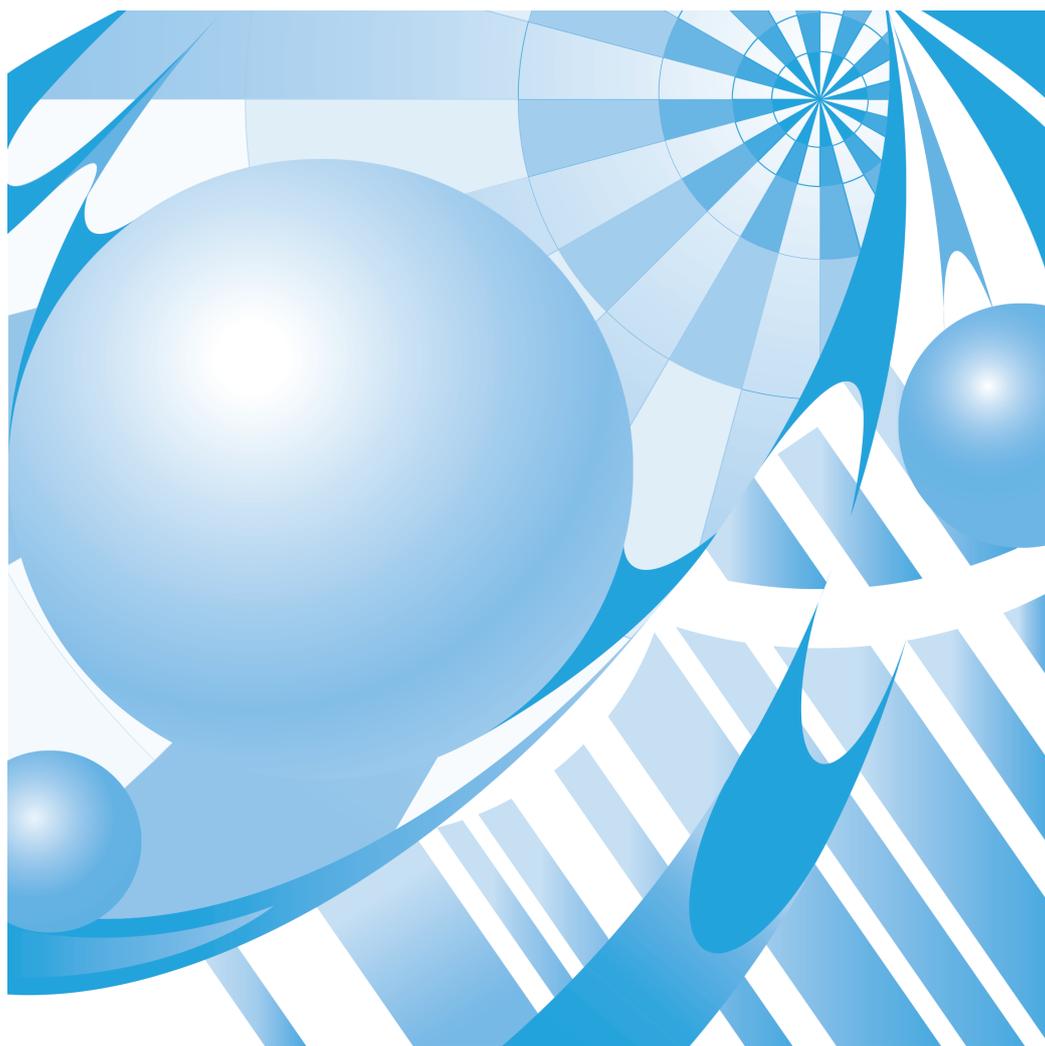
技能 と 技術

ISSN 1884-0345
通巻第286号

職業能力開発技術誌

4/2016

特集●「技能の伝承」と「新技術」



Vol.51

技能と技術

4/2016号

通巻No.286

特集●「技能の伝承」と「新技術」

この人のことば 技能・技術を科学する職業能力開発学に向けて _____ 1

圓川 隆夫／職業能力開発総合大学校長

特集① 暗黙知を人間科学の力で“見える化”する

—フライス加工技能に対する試み— _____ 3

不破 輝彦・池田 知純・岡部 眞幸・菅野 恒雄・寺内 美奈

二宮 敬一・繁昌 孝二・和田 正毅・古川 勇二

／職業能力開発総合大学校 平成25～27年度科研費基盤研究（B）（身体性認知科学）研究班

特集② 室内環境のパッシブデザインと化学

—ポリマーデシカント材を適用した調湿建材の開発およびノルボルナジエン(NBD)誘導体の光異性化反応を用いた蓄エネルギーシステムの研究— _____ 10

三浦 誠／北海道職業能力開発大学校

特集③ 身近なところに革新技术

～自然に学び・自然を活かすモノづくり～ _____ 16

木戸 規雄

実践報告 NHK学生ロボコンへの挑戦

～大学校の知名度アップに向けて～ _____ 24

中山 裕介・増田 征将・大岡 和弘・田中 賢一／九州職業能力開発大学校

渡辺 英俊／千葉支部

研究ノート① TIG溶接モーションキャプチャーの製作 _____ 30

鹿子 治廣／岐阜職業能力開発促進センター

研究ノート② フィールド調査の始め方！

～実践的調査方法について～ _____ 36

角本 邦久／建築都市研究室 K2

表紙デザイン選考会 選考結果 _____ 46

平成29年「技能と技術」誌 特集テーマについて _____ 48



技能・技術を科学する 職業能力開発学に向けて

技能と技術の違いは何か。これに対する興味深い考察として、本誌1996年通巻177号に掲載された本大学の前身、職業能力開発大学校指導科教授であった森和夫氏の調査報告がある。多くの定義が調査によってまとめられているものを総括すると、技能は人間がもつ“技”に関する能力であり、一方、技術は“技”を記録にし、伝えるように図面、数式、文章など何らかの表現に置き換えられたものを指す。したがって技能は主観的であり伝承なくしては消えてしまうのに対して、技術はその伝承や流通が容易でその速度も格段に速い。そして森は、体系的で実証可能な科学は、両者の存在を助ける存在だという。

このことを人類の歴史まで遡って考えよう。人間はホモ・ファール（工作するヒト）と呼ばれるように、技から道具をつくりだしそれを使うことから始まった。それは生きるための技能を道具という形にした技術に置き換え、さらに技術を使いこなす技能が生まれた。この進化を繰り返し、産業革命は道具を機械に変え、機械を使いこなす技能も求められるまでに至る。しかしながら、制御工学者である木村英紀によれば、この時期まで科学と技能・技術は無関係だったという。ちなみに紡績技術や蒸気機関の発明は、競争や労働力不足といった社会ニーズにより生まれたものであり、それを担ったのは科学者ではなく、職人であった（ワットも大学の技官だった）。

科学（サイエンス）の語源は、ラテン語のスキエント（Scient：知る）で、ホモ・サピエンス（知恵のヒト）を象徴するものであるが、哲学的な探究心に基づくものであり、自由民によって担われた。ニュートンの時代には、科学という言葉は存在せず

（19世紀から）、自らの研究を自然哲学と呼んだと言われる。要するに言葉の問題は別として、技能・技術は道具を使うことから始まり人間の営みを豊かにするための術（すべ）として実学として発達してきたのに対して、それとは無関係に科学は“世界とは何か、自然とは何であるか”というような哲学的な知識に対する探究心から生み出されてきたものと言える。

この両者を結びつけた鍵が、科学・技術・技能の3本の柱をロゴマークとするPTU、職業能力開発総合大学の英文名称に使われているPolytechnic（ポリテクニク）にある。ポリテクニクとは、産業革命直後、1794年に創設されたフランスのグランゼコール（高等専門職業人養成機関）エコール・ポリテクニクに由来するもので、その教育は、それまで無関係であった科学と技術を結び付け、技術に合理的な基礎を与えるために自然科学と数学を取り入れた当時としては画期的なものであった。

18世紀までの大学には、工学を含めて技術に相当する学部や学科はなく、エコール・ポリテクニクの成功が工学教育のモデルになり、19世紀後半、スイス、オランダ、ドイツ、アメリカで相次いで工科大学、あるいは工学部が創設された。19世紀後半は、日本は西欧の科学と技術を輸入しようとした幕末から明治維新に相当する。そこで日本固有の技術主義的な文化と相俟って、日本では科学と技術の乖離が意識されず、その後設置された日本の大学では、科学と技術が一体となった工学部が最初から設立された。

そのため日本では、現在でも科学技術という両者を一体化した言葉が自然に用いられている。一方、西欧ではその後も科学と技術のギャップは残り、特

にヨーロッパの多くの古い歴史をもつ総合大学では、今でも哲学や科学中心で工学部はない、あるいは、例えばケンブリッジ大学に工学部が創設されたのは極最近のことである。

このように科学に基礎をおき実学としての技術を結び付けた日本の工学教育の歴史が、日本のものづくりの優位性や競争力を高めたことは間違いない。しかしながら、最近の工学部や工科系大学に限らず日本の大学での教育が、技能や実践的な職業能力育成と乖離してきたことが問題となっている。本来、実学としてのポリテクニクからの逸脱が、社会的に問題視されてきたとも言える。是非や実現可能性はともかく、最近、大学の専門職業大への転換が喧伝されているのもその一端ではないだろうか。

さて、技術と技能の両者の存在を助ける存在としての科学の具体的内容は何であろうか。日本の場合、物理学・化学・生物学などの自然科学が典型であるが、経済学・法学などの社会科学、心理学・言語学などの人間科学もある。また上述したように自然科学と技術と合体した応用的科学技術が機械・電気・材料などの工学と位置づけられる。しかしながら、技術の進歩によって作り出された機械やシステムのような人工物を対象とした科学あるいは工学も無視してはならないし、ますます重要になっている。技術や技能との関係で言えば例えば、制御工学、オペレーションズ・リサーチあるいはマネジメンツ、最近また話題となっているAIなどである。

伝承しなくては消滅してしまう技能を、科学を持ち込むことによって見える化することで技術とする

ことができる。そして技術は、科学とは異なり進歩することで逆に新たな複雑さや、不確かさを生み出す。例えば機械からその集合であるシステムへの進化により、新たな未知部分が増え、その克服が新たな技術課題となり、そこに技術が作り出した人工物を対象とした科学を必要とする。そして何より、技術は科学によって理論となったとき、はじめて普遍性を獲得する。

表題に掲げた技能・技術を科学するとは、このような技能の見える化、技術の普遍化のために科学を持ち込むことを意味している。少子化による労働力不足が懸念される一方で、第4次産業革命が喧伝される中、日本の優位性を維持・強化するためには、匠の技や技能五輪入賞者の技に見える化し、“人から人”への伝承から、“人から組織・社会”への伝承、すなわち技術に置き換え、さらにマシンやAIと組み合わせることによってさらに高度な技術に進化させるような取り組みが喫緊の課題である。

このような技能・技術に科学を持ち込むことは、科学の定義である体系化であり実証可能な知識に向かうものであり、“職業能力開発学”という学問分野が形成されることに直結するものと考えている。今こそ、他の学問分野では存在しない技能を正面から対象とした、技術・技能を科学するという職業訓練あるいは職業能力開発の現場での探究心をベースとする職業能力開発学の設立が、時代の要請ではなかろうか。短い紙面での論旨で説得性に欠けるかも知れないが、これを本誌への期待も込めたメッセージとしたい。

えんかわ たかお

略歴

昭和63年 東京工業大学工学部教授

平成8年 東京工業大学大学院教授

平成12年 東京工業大学評議員

平成14年 東京工業大学理財工学研究センター長

平成15年 東京工業大学大学院社会理工学研究科長

平成17年 東京工業大学大学院イノベーションマネジメント研究科長

平成28年4月より現職

暗黙知を人間科学の力で“見える化”する — フライス加工技能に対する試み —

職業能力開発総合大学校 平成 25~27 年度科研費基盤研究 (B) (身体性認知科学) 研究班

不破 輝彦・池田 知純・岡部 眞幸・菅野 恒雄・寺内 美奈
二宮 敬一・繁昌 孝二・和田 正毅・古川 勇二

1. はじめに

職業能力開発総合大学校 (PTU: Polytechnic University。以下、職業大と略す。) では、平成24年秋から独立行政法人日本学術振興会の科学研究費助成事業に応募できるようになった。その初年度に採択された研究課題の一つが「身体性認知科学に基づくフライス加工技能の修得・伝承モデルの構築」(研究種目: 基盤研究 (B), 研究代表者: 古川勇二, 研究期間: 平成25~27年度) である。

この研究では、ものづくりの技能に対して人間科学的な計測および分析を行い、目で作業のようすを見るだけではわからないことを明らかにすることを目指した。将来的には、技能の定量的な評価や、効率的な技能習得方法の開発につながることを期待している。我々は、このような研究の推進は職業大の責務であるとの認識のもとで、研究を進めた。

本稿は、この研究成果を職業能力開発関係者だけでなく、広く社会・国民に分かりやすく説明することを目的とする。

2. 研究の背景と目的

2.1 技能と技術の考え方

本誌のタイトルは「技能と技術」であり、本稿の題名にも「技能」が含まれている。技能と技術に対する想いは、人それぞれであろう。“技能”と“技術”

の違いがはっきりしない方も多いと思う。一般的な意味を確認するために広辞苑^[1]を調べてみると、技能は「技芸を行ううでまえ、技量」、技術は「①物事をたくみに行うわざ、技巧、技芸。②科学を実地に応用して自然の事物を改変・加工し、人間生活に役立てるわざ」と説明されている。

これに対して、本稿では、森の考え^[2]に基づいて、技能と技術を解釈する。すなわち、技能については、(1)技能とは人間が持つ技に関する能力である、(2)技能は人に備わり、直接見ることができない、(3)人は体験や経験を通じて技能を習得できる、(4)人が技能を継承しなければ、技能を維持できない、(5)技能は人が持つものであるから、自然科学に加えて人間科学でもある、と考える。一方、技術については、(1)技術は、技を記録したり、伝えるように、何かに置き換えられたものである、(2)技術は、客観的に記述、記録、蓄積することができる、(3)技術は、論文やメモ、機械などによって、人に関係なく多くの人に伝達できる、(4)技術は自然科学である、と考える。

2.2 暗黙知の“見える化”と問題点

本稿の題名からわかるように、暗黙知は本稿のキーワードである。森^[3]に基づく、(1)暗黙知とは、表現が困難な知恵・知識や判断・処理・認識である、(2)暗黙知は、カン (感覚、感性)、コツ (要領、要点、ポイント)、ノウハウ (工夫、考え方、段取り) である、(3)暗黙知の多くは整理されていないため、

言葉で説明したり文で記述することは困難である、(4)暗黙知の多くは、科学的に検討・検証が困難である、(5)暗黙知を自覚できないことが多い、と考える。

このことから、技能は暗黙知であると言える。技能が暗黙知のままでは、技能を習得するためには経験やカンに頼ることが必要になり、訓練の効率を上げることは困難で、習得には多くの時間が必要だ。

この問題の解決策は、暗黙知の“見える化”=形式知化である。すなわち、暗黙知を特定し、図、表、数式、文章などで記述して、暗黙知の内容を明瞭にすることである^[3]。そのために、森らは暗黙知の4階層の仮説^[4]を立てて検討している。第1層は、外から観察可能で、記述が容易である。第2層は、観察は困難だが、言葉にできる。第3層は、作業者は自覚していないが、質問により引き出して言葉にできる。第4層は、作業者は無意識に行うもので、言葉にはできない。第1から第3層までは、記録者が熟練者を観察したり熟練者に質問することにより、形式知化できるだろう。しかしこのようなインタビュー形式では、第4層の形式知化は困難である。

技能は暗黙知のままではよいのだろうか。このままだと、技能の習得は従来どおりの徒弟的環境のなかで反復訓練に終始し、技能習得の効率の向上を革新することはできない。

2.3 技能と人間科学

2.1で述べたように、技能は人間科学でもある。人間科学の力を用いれば、暗黙知の第4層までを含む形式知化を実現できる可能性がある。20世紀末ごろから、人間科学のうちの身体性認知科学が発展してきた。1983年にラスムッセンは、人の行動を3階層（スキルベース、ルールベース、知識ベース）で表すモデルを提唱した^{[5][6]}。1999年にファイファーらは、身体、脳、環境が相互に関連して人が物事を認識するという『身体性認知科学』を提唱した^[7]。

はたして、このような人間科学は、技能に適用できるだろうか。

一口に技能と言ってもさまざまな種類があり、それによって習得の仕方も異なることを考えると、技

能の種類を考える必要がある。森^[2]は、技能のタイプを次の4種類—(1)感覚運動系技能：人間の手腕など、身体感覚機能と運動機能に主に依存、(2)知的管理系技能：人間の判断、推理、思考などの知的管理能力に主に依存、(3)保全技能：感覚運動系技能、知的管理系技能の両者を使用、(4)対人技能：人間に対する働きかけを行う—に分類した。

ものづくりの技能を考える場合は、感覚運動系技能が主体となるが、知的管理系技能も必要だろう。これらの技能のキーワード—身体・感覚・運動・判断—を見ると、前述の人間科学の説明と重なることがわかる。そこで我々は、人間行動の情報処理過程のモデルを、ものづくり技能に当てはめることにより、技能を人間科学で考えることができるのではないかと考えた。ものづくりの技能のなかで機械加工を例に挙げると、加工作業の流れは次のようになる。①指示書・図面・環境に基づき作業し、②工作機械の作用により、③工作物の形状が変化し、④それを知覚して脳が次の作業を指示する。この一連の流れは、まさに身体性認知科学の対象である。しかし、この理論に基づき技能習得過程を解明した研究は、ほとんどない^[8]。

職業大は、ものづくりに関するセンターオブエクセレンス（中核的研究拠点）であり^[9]、人材育成や職業訓練における効率的な技能習得方法の開発は、職業大の責務である。そのためには、技能を人間科学的に解明する必要がある。

2.4 研究の目的

本研究の目的は、身体性認知科学に基づき、暗黙知であるものづくりの技能を人間科学的に解明することである。人間行動の情報処理過程としてのラスムッセンの3階層モデルに基づいて、技能習得や技能伝承を考える。

具体的には、機械加工のなかでフライス加工を例として、①加工に伴い時々刻々と変化する工作物形状と知覚の関係、②知覚した結果に対応した動作と身体的ストレスとの関係、③知覚と動作を、スキル、ルール、知識ベースとして認知する階層について分析し、④これらを熟練者と中級者とで比較すること

により、フライス加工技能の情報処理過程モデルを構築する。

3. 研究の方法

3.1 概要

フライス加工業者を被験者として、人間科学に基づき、被験者の感覚や動作、神経について測定する実験を行った。被験者の技能レベルに応じた違いが測定結果にあらわれるかどうかを検証した。また、ラスムッセンの3階層モデルに基づいて、フライス加工作業の3階層モデルを作成し、測定結果と比較した。

実験は、大別して2種類ある。第一は、技能レベルの異なる被験者の測定結果を比較する実験で、これを比較実験と呼ぶ。第二は、被験者の聴覚の感性に関する実験で、これを聴覚実験と呼ぶ。

3.2 被験者

被験者の技能レベルは、中級者と熟練者に大別した。フライス加工の中級者として、職業大総合課程(大学学部相当の課程)機械専攻4年生、熟練者として、職業大機械系教員(機械加工職種(フライス盤作業)の技能検定1級相当)および技能五輪全国大会フライス盤職種入賞経験者とした。聴覚実験の被験者は、中級者のみとした。

3.3 使用した工作機械と作業内容

工作機械として、汎用立てフライス盤(2MW-V, 日立ビアメカニクス製)を使用した。作業内容については、比較実験では、あらかじめ六面体加工された機械構造用炭素鋼を被削材として、エンドミル加工を行った。聴覚実験では、各種の切削条件で正面フライス加工(荒加工)を行い、切込みを1mm, 3mm(安全教育における上限), 5mmとして、作業者の設定ミスや異常切削状態を想定した条件を意図的に与えた。

3.4 測定項目と評価方法

以下の各事項について、測定項目と評価方法を説

明する。なお、特に断りのない場合は比較実験の測定項目であるが、個々の実験目的や測定上の制約により、実験時の測定項目は適宜、選択した。

(1) 感覚

感覚のうちの視覚について、被験者の視線を測定した。被験者はアイマークレコーダ(EMR-9, ナックイメージテクノロジー製)を頭部に装着し、被験者が作業中にどこを見ていたかを評価した。

聴覚実験では、騒音計(SL-1370, カスタム製)を使用して、作業中に被験者が耳で感じる切削音を定量化し、後述するアンケート結果と組み合わせて被験者の感性基準を評価した。

(2) 自律神経系

被験者の心電図、皮膚コンダクタンスを測定した。NeXus-10 MarkII(キッセイコムテック製)による無線(Bluetooth)計測を使用し、被験者胸部には心電図用の電極2個を装着し、左手中指および薬指に皮膚コンダクタンス計測用の電極を装着した。

各測定項目から、次のことを評価した。心電図から心拍変動(心拍数の時間的変化)を算出し、心拍変動からLF/HFの時間変化を算出した。心拍数やLF/HFは交感神経活動の程度を表す指標であり、値が大きいくほど、交感神経活動が高い(精神的な緊張度が高い、身体の活動度が高い、など)と評価できる。皮膚コンダクタンスの値が大きく上昇すると、一過性の精神的動揺がおきていることがわかる。

(3) 中枢神経系

被験者の前頭前野の脳血流量変化をHEGセンサー(NeXus-10接続用, キッセイコムテック製)によるHEG値として測定した。HEGセンサーは1か所のセンサー部(LEDと受光部)を持ち、センサー部を被験者の額の左側に当てるように頭部に装着する。

HEG値は、被験者の大脳のうち前頭前野の脳賦活反応の指標と考えることができる。前頭前野では、感覚の情報や記憶などが統合されて、思考や検討、判断などが行われる。したがって、HEG値を用いることにより、思考、検討、判断などの脳活動がどの程度、活性化しているかを評価できる。

(4) 身体動作

被験者が作業中、どのように動作したかを評価す

るために、MAC3Dsystem（ナックイメージテクノロジー製）を用いてモーションキャプチャを行った。MAC3Dは赤外線方式で、被験者には作業着の上から反射マーカを関節部分などに装着し、マーカ三次元座標から、三次元動作分析を行った。

(5) アンケート調査

これまで述べた(1)～(4)の事項は、すべて客観的なものである。しかし実験対象が人間の場合、客観的評価だけでなく、主観的評価も必要だ。

比較実験では、作業終了後に、作業中の感覚（視覚、嗅覚、聴覚、ハンドルの重さ感覚）に対する意識の度合い、緊張度、難易度、頭を働かせた作業内容などのアンケートを実施し、被験者の主観を評価した。

聴覚実験では、作業中の切削音に対する正常/異常の主観的判断に対する水準判断アンケートを実施し、被験者の感性基準を定量的に評価した。

4. 研究成果

4.1 フライス加工作業の3階層モデル

フライス加工作業を身体性認知科学で検討するために、ラスムッセンのモデルをもとにしたフライス加工作業の3階層モデルを作成した(図1)^{[8][10]}。

各階層の行動は、次のように解釈できる。技能レベルの低い中級者あるいは入門者や、熟練者であっても不慣れた作業を行う場合は、簡単な作業でも確認や判断、動作の計画を行うと考えられる。このような行動が、知識ベース行動である。一方、熟練者が慣れた作業を行う場合は、五感で感じた状況

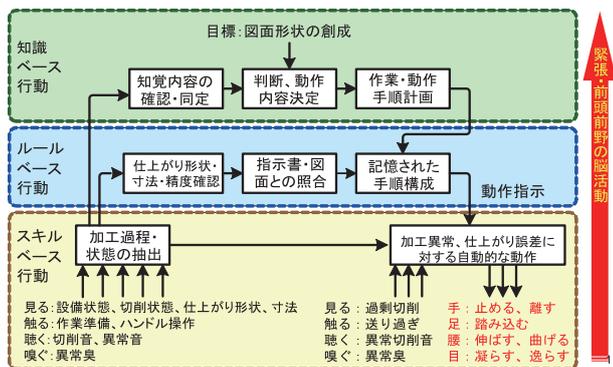


図1 フライス加工作業の3階層モデル^{[8][10]}

(環境)に対して条件反射的に適切な対応動作を行うと考えられる。これがスキルベース行動である。知識ベース行動とスキルベース行動の中間に位置するルールベース行動では、すでに記憶された行動の手順にしたがって行動する。

我々の3階層モデルの特徴は、神経系の活動傾向を追加したことである。行動の階層が知識ベース行動に向かうにしたがって、作業者はより多くのことを考え、確認・同定し、判断することになるため、自律神経系としての緊張度、中枢神経系としての前頭前野の脳活動が高まることを予想できる。この予想については、次で述べる比較実験の各種結果により評価する。

4.2 自律神経系の評価

図2は、中級者(左側)と熟練者(右側)について、

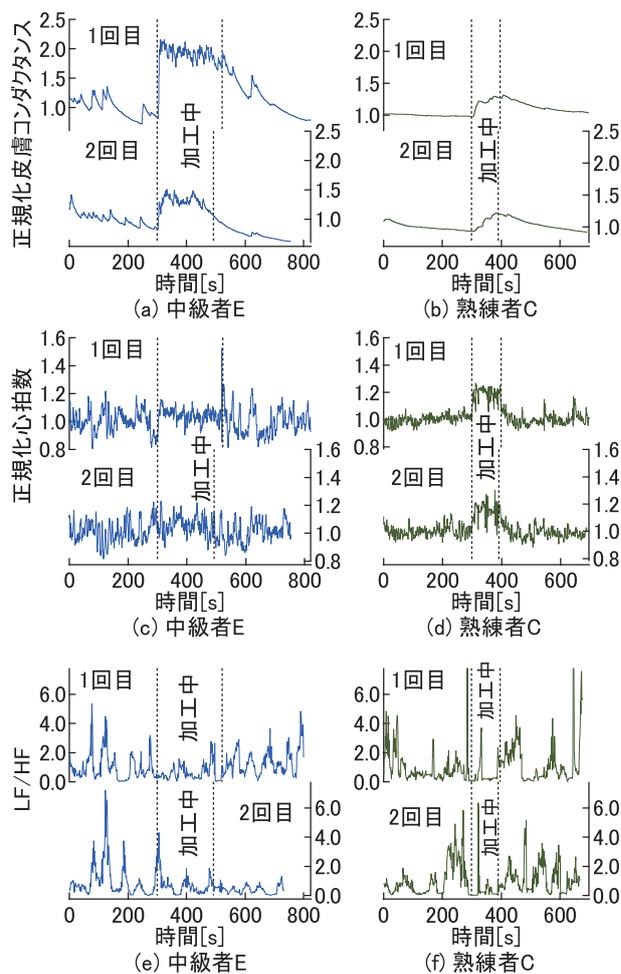


図2 自律神経系の測定結果例^[10]

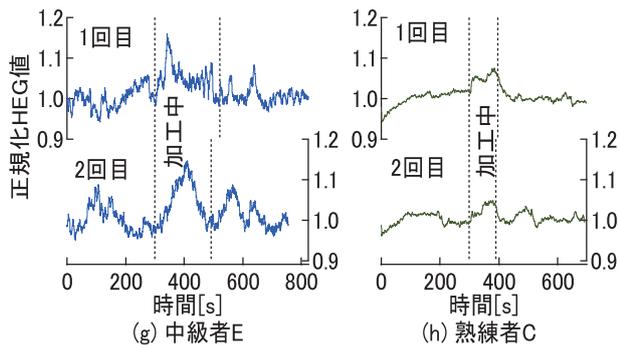


図3 中枢神経系の測定結果例^[10]

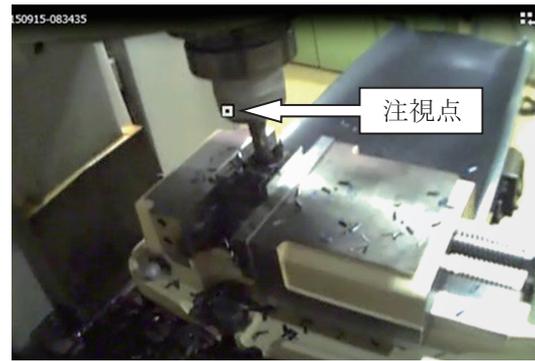


図5 アイマーカーレコーダ映像の一例



図4 自律神経系、中枢神経系の各種センサと無線計測・送信装置を腰部に装着した作業中の被験者の一例

各種の自律神経系の生体信号の時間変化の測定例である^[10]。加工作業を行った期間を点線で区切り、「加工中」と表示した。加工作業の前後各5分間は安静状態とした。同じ加工作業を2回（「1回目」、「2回目」と表示）、10分の間隔をおいて実施した。生体信号は、上から、皮膚コンダクタンス、心拍変動、LF/HFである。LF/HFを除き、作業前5分間の時間平均値で正規化した。

この例で中級者と熟練者を比較すると、加工中の皮膚コンダクタンスは中級者の方が変化が大きいことから、中級者は熟練者よりも作業中の精神的動揺・情動が大きいと考えることができる。加工中のLF/HFも中級者の変化の方が大きい。総合すると、中級者は熟練者よりも作業中の交感神経活動が高い傾向がみられた。

図2の測定と同時に行ったアンケート調査による主観評価では、中級者は「加工中に違和感があった」

のポイントが高く、熟練者は「作業を楽に感じた」のポイントが高かった。

以上の結果を図1の3階層モデルにあてはめると、熟練者はスキルベース行動寄り、中級者は知識ベース行動寄りで作業をしたと考えることができる。ただし、被験者数が少なく、統計学的有意差は示されなかった。

4.3 中枢神経系の評価

図3^[10]は、HEG値について図2と同様に示したものである。加工中のHEG値は中級者の方が熟練者よりも大きく、熟練者4名（職業大教員）、中級者5名のt検定では、有意水準10%で統計的有意差が示された。

この結果は、熟練者が中級者よりも加工中の前頭前野の脳血流量変化が小さく、3階層モデルにあてはめると、熟練者はスキルベース行動寄り、中級者は知識ベース行動寄りで作業したと考えられる。

作業内容の難易度をみると、熟練者3名（技能五輪経験者）の作業内容とHEG値をみたとき、荒加工時より中・仕上げ加工時の方がHEG値が大きい傾向があった。このことから、難易度が低い作業ほど、3階層モデルにおいてスキルベース行動寄りで作業している可能性が考えられる。

中枢神経系の測定は、自律神経系の測定と同時に行っている。図4は、各種センサを装着した作業中の被験者の様子である。センサ類からのコードの取り回しには、フライス作業の支障とならないように配慮した。



図6 3次元動作分析装置用のマーカー、およびアイマークレコーダを装着した被験者

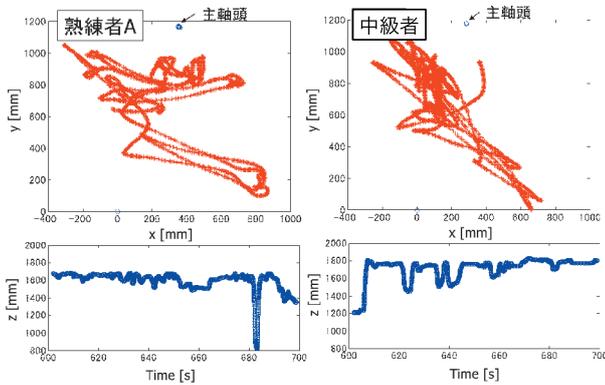


図7 仕上げ加工時の頭頂部の軌跡（一例）^[11]

4.4 視線の評価

図5(一例)のようなアイマークレコーダ映像から、熟練者3名（技能五輪経験者）と中級者1名で作業時の注視点を比較した^[11]。荒加工時は、技能レベルにかかわらず切削点を注視していて大きな差異は認められなかった。一方、仕上げ加工時のテーブル送り中では、中級者の注視点は切削点近傍にあったが、熟練者では、工具入り口では切削点近傍にあり、その後は作業台や測定器に移動し、注視範囲が広がる傾向がみられた。

これは、熟練者は仕上げ加工中に次の工程を意識していたことを示唆するものである。同時に、3階層モデルで考えると、仕上げ加工中は知識ベース行動寄りと考えられ、中枢神経系の評価とも矛盾しない。

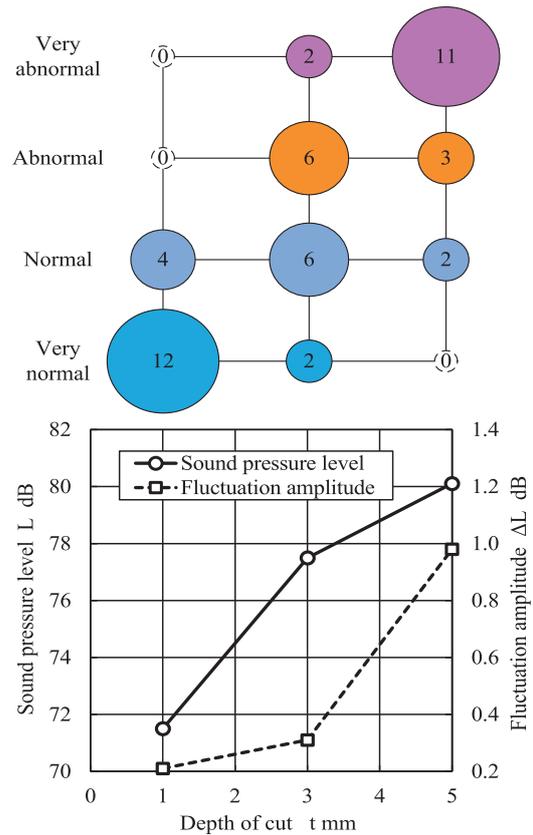


図8 聴覚実験の結果^[12]。上：切込み（Depth of cut）時の切削音に対する被験者の判断結果（円内数字は判断者数）。下：切込みに対する切削音の音圧レベル（左）と音圧変動振幅（右）。被験者は中級者16名。

4.5 身体動作の評価

図6は、モーションキャプチャにより身体動作を三次元で測定中の様子を示す。被験者の肩、肘、手首、腰、頭頂部、帽子のつばに見える小さな球状のものは、赤外線を反射するためのマーカーである。図7は、熟練者（技能五輪経験者）と中級者において、作業中の頭頂部の軌跡を解析した結果^[11]である。熟練者は中級者よりも移動量は小さかった。これは、熟練者の多くの経験が、作業に対する不安感を取り除き、作業効率を高める行動をとっていると推察できる。熟練者に無駄な動きがないとすれば、無駄な動きを生成するための動作手順計画が不要となり、熟練者はスキルベース行動寄りで作業したと推定できる。

なお身体動作の測定は、視線の測定と同時にを行ったが、神経系の測定とは別に実施した。理由は、モーションキャプチャの赤外線ストロボが脳血流量計測

のHEGセンサと干渉するためである。

4.6 聴覚の評価

聴覚実験では、作業者の聴覚が加工異常をどのように聞き分けているのか、切削音に基づいて評価した^[12]。図8下をみると、切込み (Depth of cut) の増加とともに音圧レベル (Sound pressure level; L) も増加し、切込みが3mmから5mmになると、音圧変動の振幅 (Fluctuation amplitude; ΔL) が急激に上昇した。このとき、中級者の88%が「異常切削状態」と判断した。この中級者は、日常の訓練において最大切込みは3mmが上限であるとの安全教育を受けており、被験者の安全に対する、および加工状態の正常/異常に対する感性基準を定量評価できることを示唆した。

この実験における被験者は中級者のみだったため、熟練者との比較は実現できていない。しかし今後、フライス加工における聴覚の感性基準を示したことで、3階層モデルにおける、聴覚と自律神経系、中枢神経系との関係を議論できるようになることを期待できる。

5. おわりに

本研究を以下にまとめる。フライス加工中の被験者に対して多様な計測 (自律神経系, 中枢神経系, 三次元動作分析, 視線解析, 聴覚解析, 主観評価) を行い、中級者と熟練者を比較することにより、フライス加工の3階層モデルにおける3行動 (スキルベース, ルールベース, 知識ベース) と技能レベルとの関係を考察した。このような多様な計測と検証は、これまでの国内外の従来研究にはなく、本研究は、技能習得や技能伝承を考えるうえで、貴重な示唆を与えるものである。

最後に、本研究の問題点、および今後の展望について述べる。現時点において、被験者数が不十分である。統計的検証を行って技能習得過程を定量的に実証するためには、より多くの熟練者、中級者を被験者とする測定を重ねる必要がある。そのうえで、熟練者の暗黙知を形式知化し、初級者や中級者が熟

練者の域に達するための、より効率的な訓練技法の新たな開発を実現できることを期待したい。また、熟練者相互の違いを検証し、技能の“流儀”についても、定量的な検証を試みたい。

謝辞

本研究はJSPS科研費25289018の助成を受けたものです。ここに記して感謝します。

<参考文献>

- [1] 新村出編, 広辞苑 (第五版), 岩波書店, 1998.
- [2] 森和夫, 技術・技能伝承ハンドブック (初版第5刷), JIPM ソリューション, 2010.
- [3] 森和夫, 暗黙知の継承をどう進めるか, tokugikon, no.268, pp.43-49, 2013.
- [4] 森和夫, 森雅夫, 3時間でつくる技能伝承マニュアル, JIPM ソリューション, 2007.
- [5] J.Rasmussen, Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, Vol.SMC-13 (3), pp.257-266, 1983.
- [6] ラスムッセン (訳:海保博之, 加藤隆, 赤井真喜, 田辺文也), インタフェースの認知工学, 啓学出版, 1990.
- [7] ファイファー, シャイアー (監訳:石黒章夫, 小林宏, 細田耕), 知の創成—身体性認知科学への招待—, 共立出版, 2001.
- [8] 古川勇二, 他, 身体性認知科学に基づくフライス加工技能の修得・伝承モデルの構築—第1報 全体構想と予測される効果, 2014年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, pp.1041-1042, 2014.
- [9] 雇用・能力開発機構の廃止について, 平成20年12月24日閣議決定, 2008.
- [10] 不破輝彦, 他, 身体性認知科学に基づくフライス加工技能のユーザモデルと生体計測との関係, ヒューマンインタフェースシンポジウム2015 DVD-ROM論文集, pp.821-824, 2015.
- [11] 池田知純, 他, 身体性認知科学に基づくフライス加工技能の修得・伝承モデルの構築—第3報 身体動作と視線動向の計測, 2016年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, pp.571-572, 2016.
- [12] M.Okabe, T.Tomiya, K.Yoshiura, M.Nakamura, Evaluation of sensibility criteria of milling workers for assessing normal or abnormal operating state based on cutting sound. Proceedings of the 2014 International Conference on Machining, Materials and Mechanical Technologies, 112, 2014.

室内環境のパッシブデザインと化学

一 ポリマーデシカント材を適用した調湿建材の開発および ノルボルナジエン(NBD)誘導体の光異性化反応を用いた蓄エネルギーシステムの研究 一

北海道職業能力開発大学校 三浦 誠

1. はじめに

建築物は古来より風雨や外敵から身を守り、暑さ寒さを緩和するシェルター（避難所）の役割を担ってきた。それは現在も変わらないが、人間の生活様式が多様化し高度化するにつれて、室内で生活する時間は長くなり、室内の快適性が求められるようになってきた。そして、室内の温湿度の快適範囲は狭くなり、暖房機やエアコン、加湿器・除湿器、換気設備などの設備技術を活用する「アクティブな手法」が用いられるようになってきた。一方で、これらアクティブな手法は、多くの場合、化石燃料の消費により支えられているのが実情である。

そこで、太陽からの日射や日照、通風などを利用する「パッシブな手法」が見直されている。これらパッシブな手法は、自然界の持つポテンシャルを活用するが、そのポテンシャルを蓄積する材料も天然素材を選択するが多い。パッシブな手法を志向する方は、環境配慮や健康に対する意識が高いためと推察できる。しかし、天然素材であるがゆえの不安定性や機能の限界もある。そこで、筆者らは室内環境のパッシブデザインの機能向上と持続性を確保するため、機能性ポリマーなど化学合成された材料を検討し、従来よりも省エネルギーで快適な室内環境の構築を目指している。

本稿では、当大学校の共同研究で得られた成果であるポリマーデシカント材による調湿建材の開発についてと、ノルボルナジエン（NBD）誘導体の光異性化反応を用いた蓄エネルギーシステムの開発に

ついて紹介する。また、これらの研究は当大学校の専門課程建築科2年生の総合制作実習の課題でもあり、その実践報告でもある。

2. ポリマーデシカント材による調湿建材の開発

2.1 背景

室内の快適な湿気環境は、相対湿度が40%~60%とされている。これよりも湿度が低い場合はインフルエンザウイルスなどの感染や呼吸器系の疾患が多くなり、高くなれば真菌類やカビなどの発生が問題となる。そこで近年、調湿建材を使用したパッシブ調湿が注目されている。これらの方法は天然素材である珪藻土に代表される無機系の多孔質材による水蒸気の物理吸着を利用した方法が主流となっている。しかし、吸放湿量には限界があり、繰り返しの吸放湿においては、履歴による放湿量の減少が報告されている。

一方で天然素材よりも高い吸放湿性と繰り返しの安定性が期待できる化学吸着機構を利用した有機系調湿建材の研究例は少なく、本研究では、水蒸気を化学吸着するポリマーデシカント材を活用した調湿建材の開発を試みた¹⁻⁴⁾。

2.2 ポリマーデシカント材

ポリマーデシカント材（J S R 株式会社提供）を写真1に示す。水分子を化学吸着する親水性官能基を多く含み、かつ水分子と接触する比表面積の大きい粒子状の材料である。水を吸収してゲル化するポリマーとしては、紙おむつなどに使われる高吸水性



写真1 ポリマーデシカント材

樹脂 (Super Absorbent Polymer, 以下SAP) が有名だが、SAP粒子は自重の数百倍の水を吸収する優れた性能を持つが、デシカント材として使用した場合には放湿しやすい性質 (ヒステリシスロス) がある。これらの特性を向上させるために、親水性のカルボキシル基をもつポリマーをベースにし、吸湿性はゲル中の解離イオン濃度を高め浸透圧を高めることで制御する。また、放湿性はゲルの架橋密度により制御できる⁴⁾。

ポリマーデシカント材を建築材料として使用するためには、既存の内装用左官材などと混和する必要がある。ポリマーデシカント材を活用した調湿建材の調湿機能が確認できる簡単な実験例を紹介する。外形45cm角の断熱材 (FP板4cm厚) の箱を2つ用意し、ひとつには内壁と天井にポリマーデシカント材を10wt.%混和させたプラスター (左官材) を施工し、もうひとつにはビニールクロスを施工した (写真2)。

この中に熱湯の入ったビーカーを入れ、箱内の相

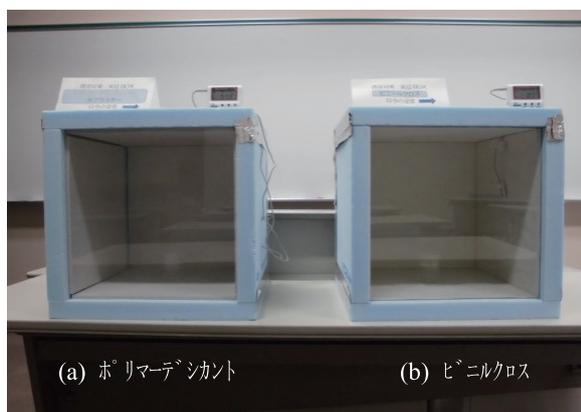


写真2 調湿機能可視化用の簡易箱

対湿度の経時変化を測定し比較した。実際の測定結果を図1に示す。吸放湿しないビニールクロスでは、加湿直後に相対湿度は100%に達し、アクリル板表面に結露が生じた。一方、ポリマーデシカント材を施工した箱では、相対湿度の上昇は抑制され、55%程度で推移した。先に述べた湿気環境の快適範囲を維持する性質が確認できた。

これらの材料が調湿建材として認定されるためには、調湿建材判定基準を満たす必要がある⁵⁾。その一つとして、中湿度領域 (相対湿度50%–75%) における試験体の吸湿量が29g/m²以上という規定がある。そこで、プラスターをベースに表1に示す混和率でポリマーデシカント材を調合し、6種類の試験体を作成して、繰り返しの吸放湿試験をおこない性能を評価した。

2.3 チャンバー法による繰り返し吸放湿試験

試験体は恒温恒湿装置内に静置し (図2, 写真3), 温度を23℃に保ちながら、湿度変化が25%の矩形波となるように12[h]間隔で切り替え, 1サイクル24[h]

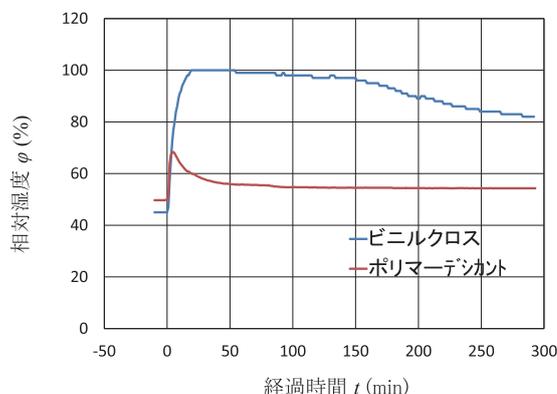


図1 調湿効果の簡易実験の結果

表1 試験体概要

母材	調湿素材	名称	混和率
P プラスター	-	ブランク	0wt.%
	Dep デシカント材	PDep03	3wt.%
		PDep05	5wt.%
		PDep07	7wt.%
		PDep10	10wt.%
	ビニールクロス	ビニール	0wt.%

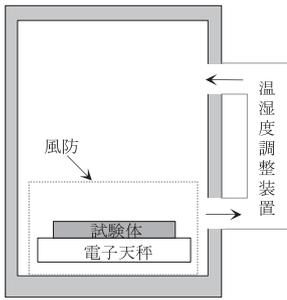


図2 チャンバー法



写真3 恒温恒湿装置内

として、5サイクル繰り返した。そのときの試験体重量を1分間隔で測定することで吸放湿量を求めた。25%の湿度変化は、高湿域(70%–95%)、中湿域(50%–75%)、低湿域(30%–55%)の3域を設定し、それぞれについて吸放湿量を測定し評価をおこなった。

実験開始から48[h]経過(2サイクル)した中湿域における各試験体の吸放湿量 w_{a12} [g/m²]を図3に示す。PDep10, PDep7, PDep5の試験体で調湿建材判定基準である29g/m²を上回る結果が得られた。PDep10における5サイクル繰り返し吸放湿試験によるサイクル図を図4に示す。また各湿度域での5サイクルの平均吸放湿量の結果を整理し表2に示す。吸放湿の繰り返しによるヒステリシスロスは見られず、安定した性能が確認できた。また周囲の相対湿度が高いほど吸放湿量が大きくなることが確認できた。ビニールクロスについては吸放湿量が少なく、測定器の下限値以下となり、正確な値が得られなかった。

2.4 実験モジュールによる繰り返し吸放湿試験

調湿建材を壁面に施工した際の相対湿度変動の抑制効果を評価するため、屋内実験室に2棟の実験モジュール(以下、実験棟)を設置して検討を加えた。実験棟は施工性を考慮して枠組壁工法(2×4工法)

を採用した。デシカント棟にはポリマーデシカント材を湿式工法で、ブランク棟にはビニールクロスを乾式工法でそれぞれ施工し、繰り返し加湿を与えて相対湿度の挙動を観測した。実験棟の測定項目の概要を図5に、実験棟の仕様を表3に示す。実験棟は学生自ら施工した(写真4)。加湿には応答性に優れた蒸気式加湿器を使用し、第3種機械換気装置により

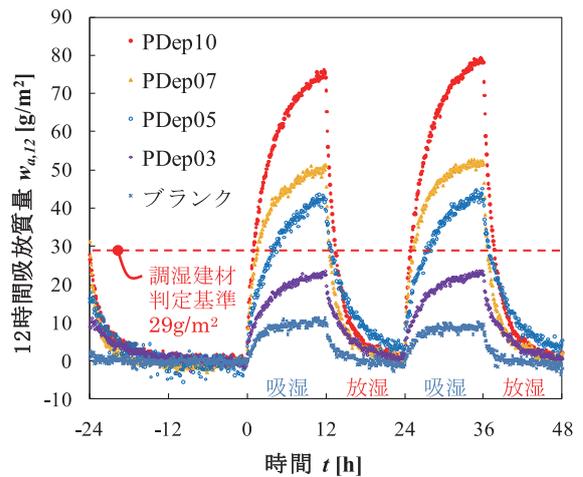


図3 中湿域12時間吸放湿量(2サイクル)

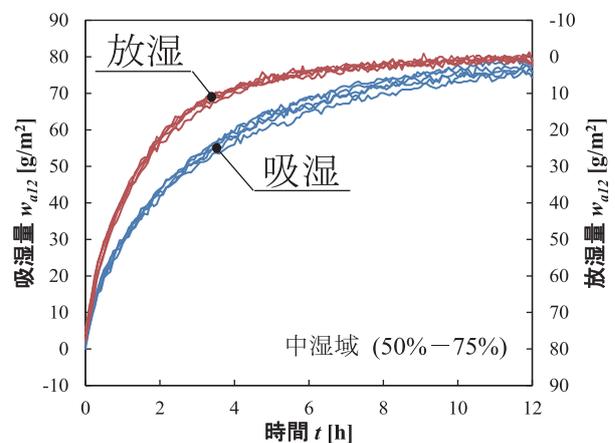


図4 中湿域における吸放湿サイクル(5サイクル) PDep10

表2 各湿度域における平均吸放湿量

試験体名	混和率	時定数 T [h]	低湿域(30%-55%)				中湿域(50%-75%)				高湿域(70%-95%)			
			吸湿量 [g/m ²]	吸湿率 [%]	放湿量 [g/m ²]	放湿率 [%]	吸湿量 [g/m ²]	吸湿率 [%]	放湿量 [g/m ²]	放湿率 [%]	吸湿量 [g/m ²]	吸湿率 [%]	放湿量 [g/m ²]	放湿率 [%]
PDep10	10wt.%	2.96	31.0±1.6	97.8	32.4±0.3	100	77.0±0.8	100	77.0±1.3	100	179.6±2.5	100	177.6±1.5	98.9
PDep07	7wt.%	2.56	21.7±1.1	97.4	22.8±0.3	100	50.7±0.5	100	50.3±0.3	99.2	146.5±1.5	100	141.5±5.4	96.6
PDep05	5wt.%	3.83	14.9±3.1	100	15.3±3.2	100	41.3±1.1	100	40.7±0.7	97.9	125.7±11.9	100	121.1±17.2	95.8
PDep03	3wt.%	3.34	5.6±1.3	85	6.7±1.2	100	22.8±0.6	99.5	22.8±0.4	99.8	89.3±0.8	100	85.3±2.2	95.5
ブランク	0wt.%	1.70	0.8±1.3	-	0.8±0.6	-	11.2±0.5	97.4	11.8±0.5	100	45.6±2.9	100	43.2±1.5	95

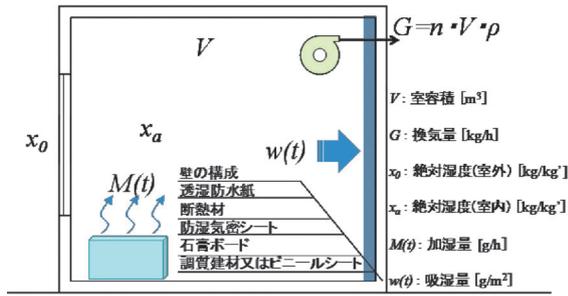


図5 実験棟測定概要

表3 実験棟の仕様

名称	ブランク棟	デシカント棟
寸法(mm)	1,820×1,820×2340(H)	
気積(m ³)		5.49
壁仕上材	ビニールクロス	PDep10
左官面積(m ²)	-	11.41
PDep10重量(kg)	-	70.83
最大吸湿量(kg)	-	0.92
最大加湿量(kg/h)	0.4(蒸気式加湿器)	
床の仕様	フローリング (2.62[m ²])	



写真4 実験棟 (実験モジュール)

換気量24 [m³/h]の換気を連続的に起こった。

ブランク棟およびデシカント棟において、24時間を1サイクルとして、加湿量145.7[g/h]のステップ加湿を3.7時間おこない吸湿させた後、放湿する繰り返しを5サイクルおこなった。加湿量と相対湿度の推移を図6に、実験棟の吸放湿量を式(1)から求め図7に示す。記号の意味は、図5を参照されたい。

$$w_a = M(t) - nV\rho(x_a - x_o) - \rho V \frac{dx_a}{dt} \quad (1)$$

デシカント棟では調湿建材の安定した吸放湿性能が確認できた。

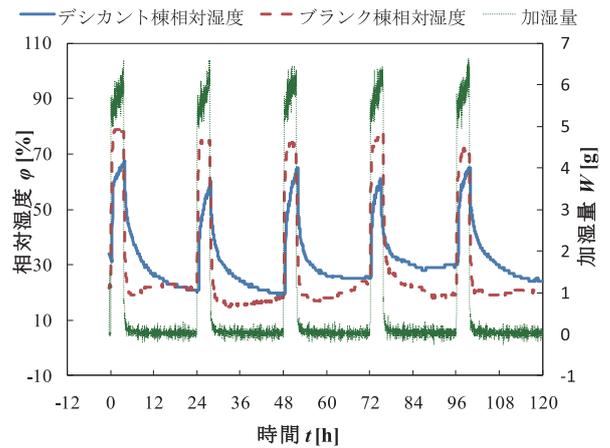


図6 実験棟における相対湿度変化

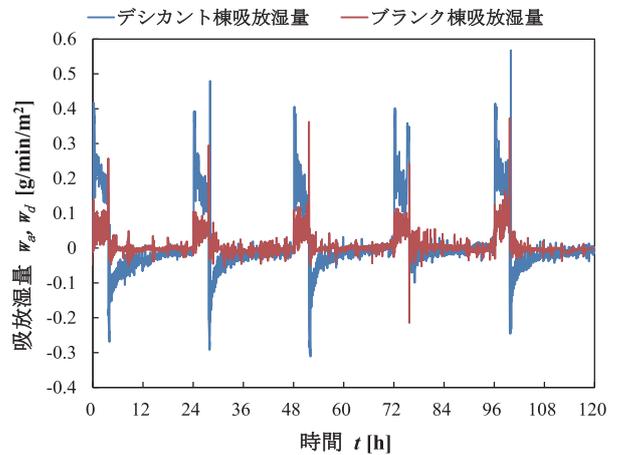


図7 実験棟における吸放湿量

3. NBD誘導体の光蓄エネルギーに関する研究

3.1 背景

近年、再生可能エネルギー利用の進展に伴い太陽光をエネルギーに変換するシステムが注目されている。代表的なものとしては、太陽電池(PV)が挙げられるが、エネルギー貯蔵に必要な蓄電池の大容量化などが課題となっている。一方、光エネルギーを直接貯蔵し、熱エネルギーに変換できるシステムとしてノルボルナジエン(NBD)-クワドリシクラン(QC)系がある。この系は光化学反応により、光エネルギーをNBD分子内に歪エネルギーとして蓄積し、貯蔵できる特徴を持っている。熱エネルギーを取り出す際には触媒反応によりQCをNBDに逆異性化することで、蓄積したエネルギーの変換が可能

なシステムである。またそれを繰り返し使用できる特徴をもっている⁶⁾。本研究では暖房システム等への応用を目的として、NBD誘導体を用いた光エネルギーの変換・蓄熱性能に関する基礎的検討を行った⁷⁾。

3.2 NBDの光原子異性化反応

NBDに太陽光を照射することで分子内の二重結合の原子価異性化反応が生じ、高歪みな結合状態のQCが生成する。生成したQCは触媒作用により逆異性化することで元のNBDに戻り、この時にQCが放出する熱量は96[kJ/mol]になる（(1)式）。単位重量に換算すれば1043[kJ/kg]と高い蓄放熱性を持っている。図8にNBD暖房システムの模式図を示す。

3.3 光原子異性化反応

NBD誘導体は水溶性のある3-フェニル-2,5-ノルボルナジエン-2-カルボン酸（NBD-ph）を用いた。溶媒としては水酸化ナトリウム12mM水溶液および有機溶媒のテトラヒドロフラン（THF）を使用した。所定濃度のNBD誘導体を溶媒に溶解させた後、太陽光または26W紫外線（UV-B）蛍光灯を所定時間照射しQCへの異性化反応を行った。異性化反応は、液体クロマトグラフィーのUV検出器（東ソー：HPLC用 UV-8010）を用い、UV

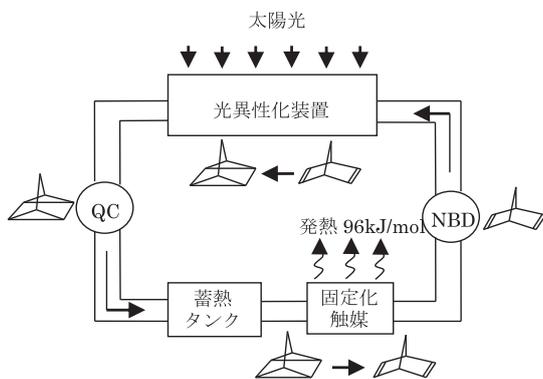
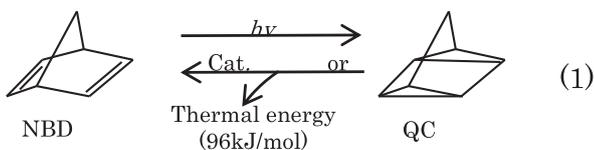


図8 NBD暖房システム模式図²⁾

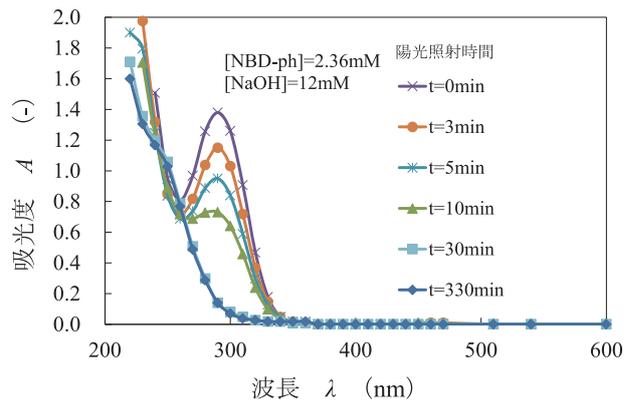


図9 吸光度と陽光照射時間の関係

スペクトルの吸収ピークから定量を行った。

NBD-ph溶液における吸光度の推移を陽光照射時間ごとに整理して図9に示す。陽光照射時間の増加に伴い、NBD-ph水溶液の290nm吸光度が減衰し、陽光によるQC誘導体への異性化が確認でき、30分で異性化率100%が達成できた。

3.4 逆異性化反応

QCの逆異性化反応は、コバルト（II）テトラフェニルポルフィリン（Co-TPP）触媒を添加する方法⁶⁾を試みた。Co-TPPを添加して逆異性化反応を行った結果を図10に示す。NBD-phの異性化により消失していた290nm吸光度の吸収ピークが再現し、QCの逆異性化が確認できた。異性化したQC溶液に飽和Co-TPP溶液を加え、NBDへ逆異性化させたときの放熱量を測定した。図11に逆異性化による温度上昇とNBD-ph濃度の関係を示す。放熱量は（2）式で定義した。

$$q = c\rho V\Delta\theta \quad (2)$$

温度上昇がNBD-ph濃度に依存し、236mMの溶液で約9.4[K]の温度の上昇を確認できた。図12に放熱量とNBD濃度の関係を示す。破線はNBD蓄熱量の既値（96kJ/mol）でありNBD濃度が高くなるほど、単位モル当りの比放熱量は減少した。Co-TPP濃度に対するNBD濃度が高いほど効率が下がっていることから放熱量はCo-TPP濃度に依存していると考えられる。

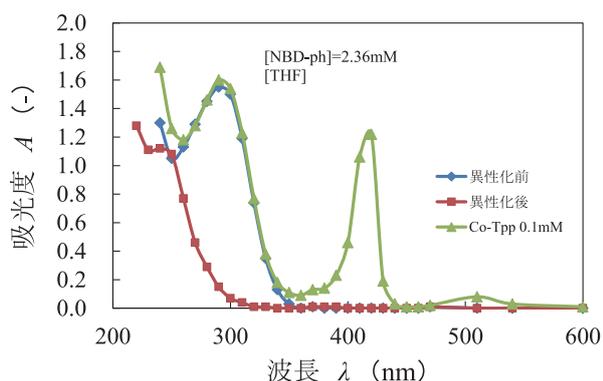


図10 Co-TPP添加による逆異性化反応

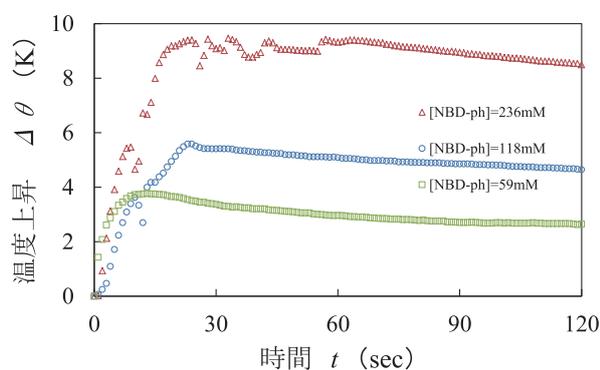


図11 温度上昇とNBD濃度の関係

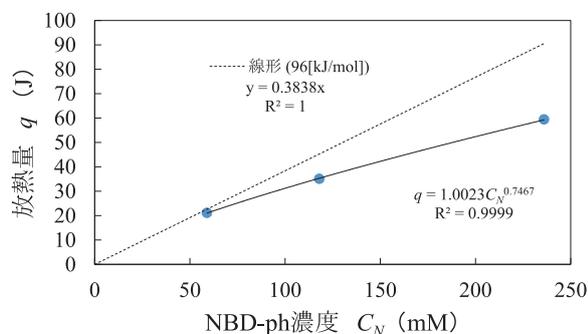


図12 放熱量とNBD濃度の関係

4. おわりに

本稿では、室内環境のパッシブデザインについて、ポリマーデシカント材を適用した調湿建材の開発とNBD誘導体を使用した蓄エネルギーシステムについて紹介した。NBD誘導体については既往研究も多くあるが、暖房システムとして実用化できていないのが現状である。クリアしなければならない課題も多いが、これからも研究を継続したい。

また、その他のパッシブ技術としてPCM（潜熱

蓄熱材）による蓄熱建材に関する共同研究もおこなっているの、機会があれば紹介したい。

謝辞

本稿で紹介した成果は、室内気候研究所の石戸裕二先生、東京大学大学院工学系研究科の草間友花学振研究員との共同研究によるものです。また、本研究は当大学の共同開発支援の援助を受けました。ポリマーデシカント材およびNBD誘導体はJSR株式会社様から提供いただきました。ここに記して謝意を表します。最後に、総合制作実習の課題として真摯に実験に取り組んだ小沢修也氏、鳥海里紗氏、内田樹氏、加藤泰氏に感謝申し上げます。

記号

A : 吸光度 (-), c : 比熱 ($\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$), C_N : NBD濃度 (mM), q : 放熱量 (J), t : 時間 (min), V : 溶液量 (m^3), $\Delta \theta$: 温度上昇 (K), ρ : 密度 (kg/m^3)

<参考文献>

- 1) 小沢修也, 石戸裕二, 草間友花, 三浦誠: ポリマーデシカント材を適用した調湿建材に関する研究 その1デシカント調湿建材の吸放湿性能に関する検討, 日本建築学会北海道支部研究報告集 88, pp.179-182 (2015.6).
- 2) 鳥海里紗: ポリマーデシカント材を適用した調湿建材に関する研究 その2 実験棟における調湿効果の評価法に関する検討, EEGs'14第9回環工学系・卒業論文発表会 梗概集 D-3 (2015.3).
- 3) 内田樹, 石戸裕二, 草間友花, 三浦誠: ポリマーデシカント材を適用した調湿建材に関する研究 その3吸放湿履歴が調湿性能に及ぼす影響, 日本建築学会北海道支部研究報告集 89, pp.173-176 (2016.6).
- 4) 突廻恵介: ゲル粒子の環境材料としての可能性 ポリマーデシカントの吸放湿特性と調湿壁材としての実証検証, 化学と工業, 68 (6), pp.505-507 (2015.6).
- 5) 一般社団法人日本建材・住宅設備産業協会: 「調湿建材登録・表示制度」に関する調湿建材判定基準 (2014.4).
- 6) 飯澤孝司: 光エネルギーの熱エネルギーへの変換, 高分子, 45 (5) (1996).
- 7) 加藤泰, 三浦誠, 石戸裕二, 草間友花: ノルボルナジエン (NBD) 誘導体の光異性化反応を用いた蓄エネルギーシステムに関する研究 その1, 日本建築学会北海道支部研究報告集 89, pp.161-164 (2016.6).

身近なところに革新技術

～自然に学び・自然を活かすモノづくり～

木戸 規雄

1. はじめに

夢のような21世紀を想像していた私達でありましたが、現実には「環境問題、エネルギー問題、資源の枯渇」等々といった事が大きく私達にのしかかっています。

これらの問題を解決する考え方の一つとして今、生物の多様な形態に学び、私達の技術やライフスタイルに、社会や生存戦略に生かそうとする取り組みが「バイオミクリー」「ネイチャーテクノロジー」「バイオメテックス」という名のもとに注目を浴びています。つまり「自然に学び、自然を活かそう」という考え方です。

私は、平成21年3月まで滋賀職業能力開発短期大学校電子技術科で指導員として勤務していましたが、定年後の再雇用先として平成22年に当校に開設された「人づくり・モノづくりの相談窓口」である地域連携室に配属されることになりました。

ここでは「企業のモノづくり連携・支援」「モノづくりを通じた地域との交流」といった事を主な仕事としていましたので県内の企業や事業主団体等との関係も年を追うごとに深くなり、県内で活動されている環境・エコ・新モノづくり等に関係した研究会から誘いを受けて参加をさせて頂いておりました。

本稿では、私がこれらの研究会等に参加するようになった経緯と、ここで学んだ「バイオミクリー」や「ネイチャーテクノロジー」から生まれた身近な革新技術の紹介、そして実践例としてこれからのモノ

づくりの方向ともいわれる「新・モノづくり」手法とバイオミクリーとのコラボレーションによって試作した「自転車を着装する事で容易に水上自転車として利用できるフロート部(以下:フロート部)」について報告いたします。

2. 滋賀県で始まったバイオミクリーの取り組み

滋賀県では平成20年から滋賀経済同友会が政策の一つとして「企業と生物多様性の研究会」「自然に学ぶ経済の研究会」を発足し、私達が抱える環境やエネルギー、資源の問題の解決に向け勉強会を進めてきました。

また、平成23年10月には滋賀県立大学の副学長仁連孝昭教授や近江八幡商工会議所の会頭で滋賀経済同友会の特別幹事でもある秋村田津夫氏らが中心となって進められていたNPO法人アスクネイチャー・ジャパンが近江八幡市に設立されました。

この団体は、産官学民が協働して自然の知恵から



図1 連携協定調印式 (出典：近江八幡商工会議所)

学ぶ地域社会づくりを目指したもので、私も呼びかけ人の一人として参加しておりました。

当日行われた調印式にはバイオミクリー研究所(米国)、滋賀県立大学、近江八幡市、滋賀経済同友会、滋賀職業能力開発短期大学校等の八団体が出席して連携協定に調印し、当校からは当時の校長である室伏誠氏が調印書に署名を致しました。

このように滋賀県ではアスクネイチャー・ジャパンを中心に「自然に学び、自然を活かす」勉強会や研究会が多く、専門家を招き進められています。

2.1 バイオミクリーとは

バイオミクリー (Bio Mimicry) とは、生物の機能を模倣することで新しい技術を生み出す学問の事をいい、同じ意味を持つ言葉に「バイオミメティクス」という言葉も有ります。

生物を模倣して開発された代表的な例としては面ファスナーがあります。「引っ付き虫」と呼ばれるモナミの仲間の種子の構造であるかぎ状の針でひつつく仕組みを真似ていて、誰もが使ったことのあるポピュラーな製品です。

また、自然を科学の眼で観て、人間にとって必要なものをリ・デザインする事によって地球環境負荷をととても小さくする事が出来る、まったく新しい暮らし方を提案しようとする技術が「ネイチャーテック」と言われるものです。

例としては、建物をアリ塚のような構造にする事によって空調に使うエネルギーを従来の10%程度に抑える事に成功したジンバブエの複合商業施設などが有名です。

これらからも判るように30数億年の進化を経た生物は、わずか数百年の歴史しか持たない近代科学技術が及ばない知恵や仕組みを持っています。しかもそれらは私達が現在抱えている環境やエネルギー、資源の問題を解決出来ると考えられる技術なのです。

物理や化学の基礎研究における大きな発見は20世紀中に一段落し、現在は基礎理論における大きなブレークスルーは得られなくなったといわれています。この状況の中で生物模倣は原理面で製品や技術

のイノベーションを進める有効な手段となっています。

2.2 バイオミクリーと私の関わり

職業訓練指導員の私が何故バイオミクリー等の研究会に参加していたのか？不思議の思われる方も多いと思います。それにはこんな経緯が有ります。

私は、当校の電子技術科一期生の卒業研究(現：総合製作実習)の課題として「自前の制御システムを搭載した手作りソーラーカー」の開発を掲げ、何時かはオーストラリア大陸縦断3000kmレースに挑戦して完走したいという夢を学生やOB達と共有して活動を続けて来ました。

その夢の実現までには7年間という長い歳月を要しましたが学生やOB達の頑張り、開校して間もなく歴史も何の実績も無かった当校ソーラーカーチームの夢を実現させてやろうという地域の方々、地元の企業、事業主団体等々からの支援によってその夢は平成11年10月に叶えさせて頂く事が出来ました。

図2は、アデレードのフィニッシュゲートをバックにして撮影をしたものです。(左端は筆者)

そして、翌年の平成12年から始めたのが「ご恩返し産学連携」でした。

この「ご恩返し産学連携」とは、私達の夢の実現に支援して頂いた方々に、今度は支援して頂いた方々がお持ちの夢の実現に少しでも手伝いをさせて頂こう、地域に貢献しようというものでした。

しかし、手伝いできる内容はソーラーカーの開発



図2 歓喜に沸くメンバー達

で生まれた技術とその応用のみという限定的なものでしたが、多方面からお声をかけて頂き平成23年までの11年間に各種の団体や企業とで10のテーマで産学連携を行いました。

代表的なものとして平成15年に近江八幡商工会議所からの依頼で開発した「ソーラー和船」と平成23年に滋賀経済産業協会の依頼で試作した「おうみ発の電気自動車エコ・ナマズ号」が有ります。

図3は、進水式当日マスコミ関係者を乗せて水郷を航行するソーラー和船で、開発に関わった女子学生が舳先に乗り案内役を務めています。

また、図4は当時の嘉田由紀子滋賀県知事（写真中央）が「おうみ発の電気自動車」に試乗してみたということで滋賀経済産業協会電気自動車プロジェクトの皆さん共に当校に来られた時の写真です。



図3 水郷を航行するソーラー和船
(京都新聞社提供)



図4 嘉田知事とエコ・ナマズ号

その他にも企業がお持ちの夢を実現するため、卒業研究や当時は機構の事業として取り組んでいたF方式（事業主団体研究会方式）通してお手伝いさせて頂いておりました。

このような事に取り組んでいるうちに各種の団体や企業から「一緒にやってみませんか？とか、意見を聞かせてもらえませんか？」とお声を頂くようになり、ご恩返し産学連携とは直接関係が有りませんでした地域連携室の担当者としてバイオミクラーやエコ関連の団体に顔を出させて頂き、錚々たる専門家の中で学ばせて頂くようになったのです。

3. 身近な革新技術

バイオミクラーによって生まれた技術や製品は、我々に身の回りに多く存在します。ここでは「自然から学んだ革新技術」と「自然を活かしたエコ技術」の例を紹介します。

3.1 自然から学んだ革新技術

3.1.1 ハスの葉の撥水作用を模倣

私達の生活で使用されている身近な例として超撥水性を持つ塗料が有ります。ドイツのSTO社はハスの花のナノ構造を真似ることで建築用の外装用塗料を開発しました。

蓮の葉の表面を顕微鏡で拡大してみると、表面には大きさが数ミクロンの凹凸があり、更にその表面に数百分の1ミリの突起が均一に並ぶ微細構造となっています。この微細構造により水は潰れることのない丸い球体となり（超撥水性質）、更に表面に付いたゴミなどの汚れを取り込みながら流れ落ちていきます。

図5はハスの葉とコンピュータグラフィックスで描かれた微細構造で、この構造を模倣する事で撥水作用が生まれたのです。

3.1.2 ヤモリとヤモリテープ

近い将来私達の生活の中で使用されるようになると思われる面テープを紹介します。私達はヤモリが壁や窓にくっついている姿をよく見かけます。



図5 ハスの葉とその微細構造

(画像左) 大賀ハス, おおたむすねイク探検隊, CC BY-SA 2.5
 (画像右) CG of Lotus effect, W. Thielicke, CC BY-SA 4.0

このヤモリの接着の仕組みが解明されたのは平成12年の頃です。電子顕微鏡でヤモリの指先を観察したところ、足の裏に細かな毛が1平方メートル当たり10万本から100万本の密度で密生しており、さらに先端が何百本に分岐した構造を持つが判りました。また、先端の分岐した毛の密度は1平方メートル当たり10億本以上となり、この細かな毛の1本1本が、対象物に極めて近い距離まで接近するため、原子や分子間に働くファンデルワールス力によって接着する事が判明しました。

図6はヤモリの足を順次拡大して撮影された微細構造です。この構造を模倣して開発されたのがヤモリテープと言われるもので、平成20年に米国の研究チームがカーボンナノチューブを用いて再現し、僅か4ミリ角の「面ファスナー」をガラスに張り、650グラムのペットボトルのジュースをぶら下げる事に成功したことを米国の科学雑誌サイエンスに発表しました。

日本では、日東電工(株)らが開発を進め平成24年から特殊な用途で実用化されています。

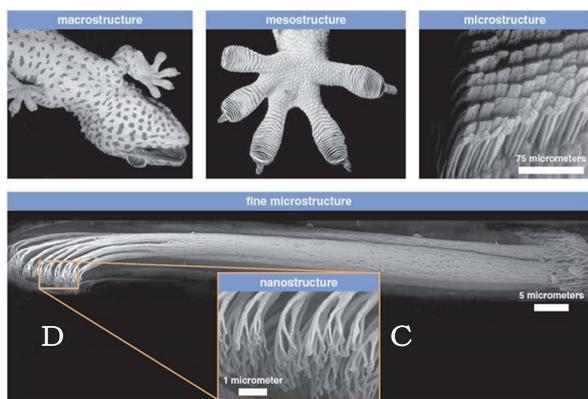


図6 ヤモリの足とその微細構造

(画像) Micro and nano view of gecko's toe, K. Autumn, CC BY-SA 3.0

図7は、ヤモリテープの微細構造です。以上は身近に有る製品と近い将来身近に利用されるようになると思われる製品について紹介しました。

他にもカワセミの口ばしの形状に学んだ500系新幹線の先頭車両や同じく新幹線でフクロウの風切羽を模倣する事で騒音を低減させたパンダグラフなどがありますが、これらは生物の形状や構造から学んだことに、最新の科学技術やモノづくり技術を融合させることで生まれた革新技術なのです。

3.2 自然を活かしたエコ技術

「自然を活用したエコ技術」として平成15年に当校の電子技術科と滋賀県中小企業家同友会とでプロジェクトを立ち上げ取り組んだEPS (Energy Pack System) を紹介します。

このシステムは、身近に有りながら余りにも小さいことから今日まで見捨てられていたような自然エネルギーをマイクロ風力発電機やマイクロ水力発電

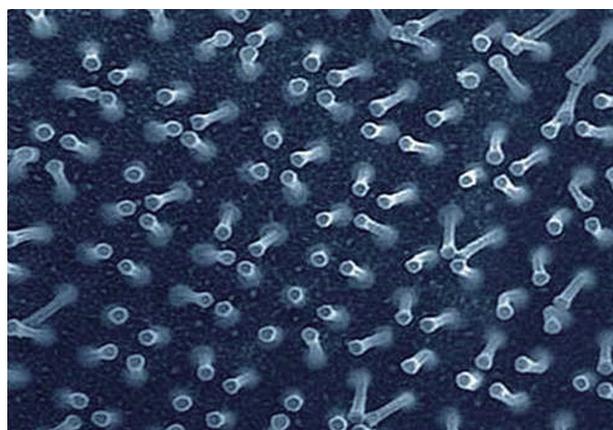


図7 ヤモリテープの微細構造

(画像) Micro view of Gecko Tape, A. K. Geim, CC BY-SA 3.0

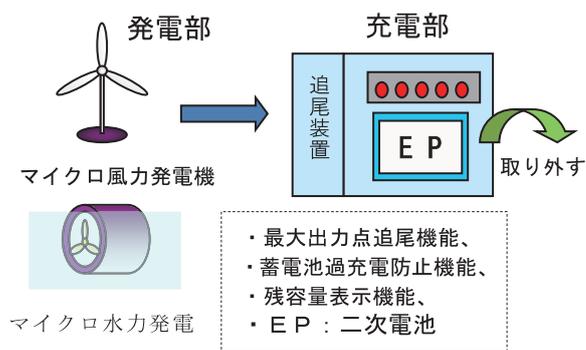


図8 E P 充電部

機等を用いて電気エネルギーに変え、一旦二次電池 (EP) に充電すること利用価値のある柔軟な電源とすることを目的としたものです。

EPSは、EP充電部とEP電源部とで構成しています。図8はEP充電部の概要で、図の中の発電部は各種のマイクロ発電機です。

充電部は、最大出力点追尾装置 (以下：追尾装置) を用いてマイクロ発電機から効率よく電力を取出し、EPに安全に充電するための機能を具備したシステムです。

図9はEP電源部で、充電部で充電されたEP取り外して電源部にセットする事で小型民生機器や端末機器などの電源として使用できるように工夫したアダプタです。利便性・安全性と質の良い電源として使用できるように図の中に示す各種の機能を具備しています。

追尾装置とは使用条件下において動作している発電機から最も効率よく電力を取り出す装置の事です。

図10は追尾装置の優位性を確認するために市販の

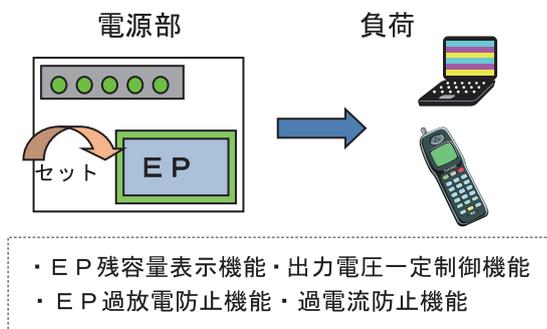


図9 EP電源部

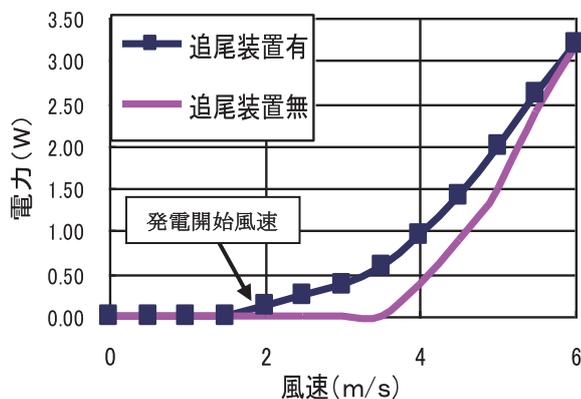


図10 追尾装置の優位性

マイクロ風力発電機を実験用に改造して簡易風洞で行った比較実験の結果です。

図10が示すように追尾装置を具備したシステムでは発電開始風速が低くなり、2m/秒から6m/秒の風速領域における発電力の向上が確認できます。このことは自然界や身近に存在する低風速領域の風から効率よく電力を取り出せる事を示しています。

プロジェクトでは、マイクロ水力発電やマイクロ太陽光発電についても専用の追尾装置を開発し、評価を行いました。

中でも水力発電用追尾装置を具備した雨水発電システムは注目を浴び、当時のBS1世界の経済最前線「身近な水力発電」で取り上げられました。しかし、その頃は「そんな小さなエネルギーどうするの?」という時代でもありましたので目指していた製品化には至りませんでした。10数年を経た今、EPSは「自然を活かすエコ技術」の一つとして利用できるものであると考えています。

4. 新モノづくりの手法によるフロート部の試作

当校の所在地でもある近江八幡市には重要文化的景観第1号に指定された水郷地帯が広がっています。この水郷観光にレンタサイクルを利用して来られる方も年々増えていることから、私は乗ってきた自転車をそのまま固定する事で容易に水上自転車として使用できるフロート部の開発を近江八幡市の商工会議所に提案していました。

その頃、アスクネイチャー・ジャパンが人間の関節の軟骨を模倣した高効率のベアリング (軸受け) 装置「Bio-Star (バイオスター)」を開発された熊本大学大学院の中西研究室に呼びかけ、滋賀県内の産学分野に紹介し、製品化への共同研究者などを募ろうと「Bio-Star」を採用したマイクロ&クラスター型河川流発電システムの公開実験を行いました。

早速、公開実験場に向き中西教授らから特徴や性能の説明を受け、そこで思いついたのが生物模倣で製作された軸受けと3Dプリンタによって製作したスクリュとを組み合わせた推進装置、つまり「バイオミキリー」と「新モノづくり」手法をコラボ

レーションさせたフロート部の試作でした。

試作に当たっては、アスクネイチャー・ジャパンからの提案も有り、中西教授のBio-Starと当校の持つ設計・加工・組み立て・調整の技術・技能とを融合させたモノづくり手法で取り組むことにしました。

4.1 新モノづくりとは

近年「3Dプリンタ」が急速に注目を集めていますが、その本質は、プリンタそのものではなく「デジタルデータから直接様々な造形物を作り出すこと」にあるといわれ、デジタル製造技術の発展を一気に加速する点にあると言われていています。

このデジタルデータから直接造形物を作り出すモノづくりが「新モノづくり」と言われるものです。

4.2 「Bio-Star」とは

「Bio-Star」とは、先にも述べたように人間の関節の軟骨と同様の仕組みを軸受けに使い、低摩擦、高効率のベアリング（軸受け）装置の事を言います。

生体関節は、関節軟骨が摩擦面で関節液が潤滑油として働くことで摩擦係数が0.001~0.01と非常に小さく70年以上にわたる耐久性があります。

この機能・特性に学び中西教授が開発されたのが「Bio-Star」(Biomimetic System for Tidal power generation learned from Articular cartilageの略)と呼ばれるもので、特徴としてはオイルフリー防水機能付き軸受けです。

図11は生体関節を模倣した「Bio-Star」のイメージ図です。図11の生体関節軟骨には親水性多孔質材

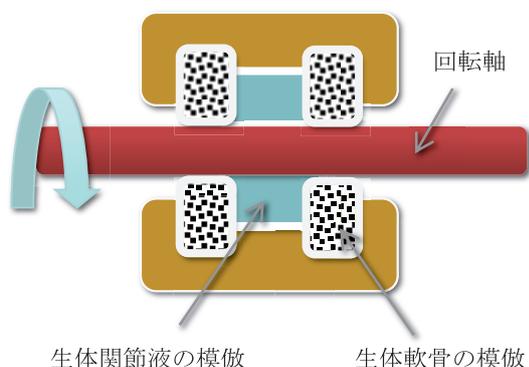


図11 Bio-Starのイメージ
(出典：熊本大学大学院中西研究室)

料を用いて、生体関節液には水溶性の潤滑液を用いています。

この潤滑液は非ニュートン性を持っていて、幅広い作動領域で低摩擦・低摩耗を実現しています。

4.3 フロート部の構成と試作

フロート部の試作に当たってはコーディネートを地域連携室が行い、設計・製作は当校生産技術科の戸田講師とそのゼミ学生の総合製作実習の課題として取り組みました。

以下に述べる試作過程や航行実験、そしてこれらについての考察は戸田講師からお聞きしたものをまとめたものです。

フロート部は、浮力を得るフロートと車輪の回転力をスクリュに伝達する推進装置、自転車のハンドルを切ることによって進行方向を変えるかじ取り装置で構成しています。

フロートは、安全性の確保と十分な浮力を得るために市販されている水上自転車のフロートを流用し、かじ取り装置はハンドルと連動させてスクリュ自体の方向を変えられるように工夫しました。

自転車の脱着は、前後輪ともに自転車のハブシャフトを延長し、このシャフトに荷重がかかった時に食い込み勝手となるように加工してフロート側に取り付けた固定金具の溝に挿入する事で容易に行う事が出来るようにしました。またペダルをこいだ時の車体の安定性を確保するためにパイプフレームの中央が支持できるような金具をフロート部に具備しました。

今回の試作の最重要部となる推進部は、スクリュと、車輪の回転をスクリュに伝える駆動装置とで構成しました。

スクリュの設計と製作については、使用するに適した形状・サイズの市販品を入手して荒い精度で計測しながら3DCADでモデリングし、そのデジタルデータを3Dプリンタに入力して造形するという手法をとりました。

使用材料は、物性値が高いABS Plusを用い、中までぎっちり詰めるソリッドとして造形を行いました。

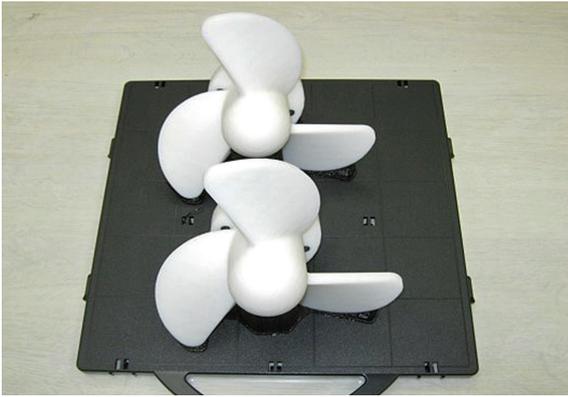


図12 造形したスクリュ

図12は17時間を要して造形したスクリュです。

図からも判るようにスクリュの羽根が厚く造形されています。これでは十分な推進力が得られません。

この様な形状になる事は、当初から判っていたのですが、3Dプリンタで実用部品を製作した経験が無かったことから物性値の許容応力の限界まで薄くすることは危険であると判断したからです。

また、造形精度についてもZ軸は0.25mmの積層ピッチとなり、切削加工に比べて精度が荒い事、熱による収縮、重力によるダレ、積層の為荷重のかかる方向で強度が変わるなどの問題点が推測されたことから、造形後のスクリュの様子を見ながらリユータ等を用いた手仕上げによる調整を行って形状を詰めていこうと考えていました。

3Dプリンタによる初めての実用品の製作でしたが、製作を通して強度の方向性、形状の収縮予測等の解析技術の必要性を強く感じており、今後の技術進歩に期待したいと思っています。

今回の試作では当校に3Dスキャナが配置されていないため採用できませんでしたが、造形については最適形状のスクリュを3Dスキャナ（非接触式）で計測してデジタルデータ化し、そのデータを3Dプリンタに入力するというリバースエンジニアリング手法を用いる方が有効であったと考えています。

次に推進機構の製作です。図13の (a) ように推進力はタイヤ①に押し付けたローラー②からタイヤの回転力を動力として取り出し、チェーンを介してすぐばかさ歯車③を回転させています。この回転力はカップリングでつないだ軸によって垂直に伝わ

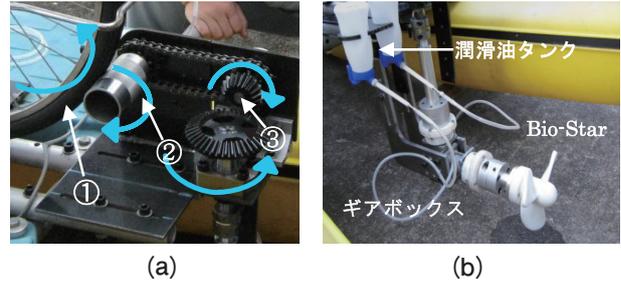


図13 推進機構

り、水中にあるギアボックスを経由してスクリュが回転する機構となっています。

図13 (b) は、ギアボックスと2組の「Bio-Star」で構成したスクリュ回転機構です。ここでは「Bio-Star」がベアリング機能と共に水中にあるギアボックス内への水の浸入を防ぐ役割も担っています。また、図13 (b) 中の潤滑油タンクには補給用の潤滑液であるヒアルロン酸が入っています。

5. フロート部の航行実験

実験は、近江八幡市の水郷「西の湖」においてアスクネイチャー・ジャパン関係者やマスコミ関係者が見守る中で行いました。

レンタサイクルを搭載したフロート部は通常の自転車をこぐ程度の強さで約3ノットの速度が得られ水面を滑らかに航行する事ができました。図14は学生が操舵して航行する試作機です。

自転車の後輪とスクリュとの増速比やスクリュの形状、寸法などの最適化を行えば数ノット以上の航行が可能であると考えています。

また、試作した推進機構の耐久性やメンテナンス



図14 軽快に航行するレンタサイクル

性についての評価は今後の課題となりますが「新モノづくり」と「バイオミクリー」とのコラボレーションという前例のない取り組み（実践）に挑戦できた、と試作に関わった学生共々認識しています。

「Bio-Star」は環境を汚染しない事、防水機能、潤滑性に優れていることから大変使い易い軸受けでした。同様の機構を従来のモノづくり手法で製作した場合には水没する推進機構の防水を満たす事が難しかったと推測しています。

6. おわりに

バイオミクリーやネイチャーテクノロジーから生まれた革新技術は、気づかないうち私達の生活の中に取り入れられ、省エネルギーや省資源また利便性の向上に寄与しています。

しかし、「模倣」するにしても「リ・デザイン」するにしても近代科学の進歩や伝承されてきた技能や技術があったからこそ実現できた製品や技術であることを認識しておかなければなりません。

平成26年に経済産業省から出された「新モノづくり研究会」の報告書を見ると3Dプリンタをはじめとする付加製造技術は大きく二つの方向への発展をするだろうと示されています。

その一つは精密な工作機械としての発展可能性と今一つは個人も含めた幅広い主体のモノづくりツールとしての可能性です。

前者では設計・試作工程の短縮や削り加工に比べて材料の無駄が出ない等といったモノづくりのプロセスの革新があげられ、後者にはアイデアの実体化や即興性に着目した発想段階における活用、ネットワークとの相性が良い事からソーシャルメディアの発展などと相まってオープンな環境での新たなモノづくりの可能性を示唆しています。

つまり、個人による自由なモノづくりの可能性を拡げるFabLab (fabrication laboratory)^{注1)}と言われる工作機械を備えたワークショップの普及です。

このようにモノづくりが大きく変革する時期をむかえる中で、モノづくりやモノづくりが出来る人材を育成する我々職業訓練指導員は何をすべきか？自

分に問いかけてみました。

デジタル技術によるモノづくりが人の手によるモノづくりと融合すればそれは産業革命であり、第3次産業革命は今起こりつつあるといわれています。

FabLabは、その例でモノづくりは大企業でなくともできるようになり、モノづくりの考え方自体将来的には大きく変わってきます。

しかし、このような中においても「人の手によるモノづくり」があり、職業訓練を受けた人の多くはそこに関わるのであろうと私は思っています。

モノづくりは地球に対して環境負荷をかけていることは間違いのない事実です。

今、革新技術と言われるものの多くは地球上に住む生物の長い進化の過程で生まれてきた知恵や仕組みから学んだものです。

ですからモノづくりを教える我々は、今日まで継承されてきた技術や技能と共に「地球環境や生物」そして「バイオミクリー・ネイチャーテクノロジー」といった自然に学び自然を活かす考え方や技術を学べる教科や実験課題をカリキュラムの中に加え、少しでも環境に負荷をかけない「モノづくり」の手法を考えて実践できる人材の育成を目指す必要であると考えます。

そしてこの事が21世紀の職業訓練を担当する我々の使命の一つであるような気がしています。

<参考文献>

- 1) 滋賀経済同友会「新モノづくり」研究会資料 (2013.5)
- 2) 滋賀職業能力開発短期大学校紀要 第18号
「脱着式水陸両用自転車」の設計・製作 戸田将弘
- 3) MAKER-21世紀の産業革命が始まる。NHK出版
- 4) 熊本大学大学院中西研究室「Bio-Star」
滋賀職業能力開発短期大学校向け資料
- 5) 「新モノづくり研究会」報告書経済産業省 (2014.2.21)
- 6) バイオミクリー研究所「ガイドブック」

注1) Fab Lab : デジタルからアナログまでの多様な工作機械を備えた、実験的な市民工房のネットワーク。

NHK 学生ロボコンへの挑戦

～大学校の知名度アップに向けて～

九州職業能力開発大学校 中山 裕介、増田 征将、
大岡 和弘、田中 賢一
千葉支部 渡辺 英俊

1. はじめに

2018年以降18歳人口が大幅に減少する2018年問題が間近に迫り、九州・沖縄ブロックにおいても18歳人口の推移予測は、図1のとおり2024年までに10%程度減少している。すでに定員割れを起こしている大学等が数多く存在しており、大学淘汰の時代を迎えている。

当機構が運営している大学校の中では比較的高い応募者数・偏差値を維持している当校であっても河合塾によると偏差値は40程度^[1]であり、決して高いとはいえない。偏差値が高い大学等から定員が埋まることを想定すると、非常に厳しい状況が予想される。

さらに、地域における当校の知名度の低さと、高等学校の先生から当校の学力が一般大学より低いと認識されている場合があり、危機感を感じていた。

それゆえ当校の応募者確保並びに優秀な人材の確保のため知名度の向上並びに技術力の高さを示すことが急務であると考え、鳥人間コンテストや学生フォーミュラ等の技術的な大会の中でも、広報効果並びに技術的難易度の高い大会に出場することを目標とした。

この条件に合う大会として、全国にテレビ放送され、さらに東京大学、早稲田大学等の知名度・学力・技術力の高い大学が出場する「NHK学生ロボコン」への出場を目標とし、平成26年度から渡辺総務課長（現 千葉支部求職者支援課長）をリーダーとした

	H25 2013年	H26 2014年	H27 2015年	H28 2016年	H29 2017年	H30 2018年
人数	153,583	146,290	147,372	145,287	144,473	141,729
指数	100.0%	95.3%	96.0%	94.6%	94.1%	92.3%

	H31 2019年	H32 2020年	H33 2021年	H34 2022年	H35 2023年	H36 2024年
人数	141,839	142,298	141,554	137,579	135,000	133,365
指数	92.4%	92.7%	92.2%	89.6%	87.9%	86.8%

図1 九州・沖縄ブロックの18歳人口推移予測^[2]

NHK学生ロボコンプロジェクトを開始した。

本稿ではこのプロジェクトの結果、並びに各職業能力開発大学校がNHK学生ロボコンに挑戦する際の参考として報告する。

2. NHK学生ロボコンについて

NHK学生ロボコンは、日本全国の大学が参加するロボットコンテスト「NHK大学ロボコン」として1991年から始まり、大会を通じて若いエンジニアたちの「モノづくり」に対する情熱と能力の育成、人材交流を通じてアジア・太平洋地域の発展に貢献することを目的としている^[3]。

主催者から提示される競技課題に従い、アイデア・チームワークによりロボットを製作し、競技を通じて技術力と独創力を競う大会である。また、毎年競技内容が変更されることから、難易度が高い一方、新規チームがエントリーしやすい大会でもある。

2015年より当校のような大学校や高専（専攻科及び4・5年生）も出場できるようになり、「NHK学生

ロボコン」と名称を改めた。

NHK学生ロボコンはNHK高専ロボコンと並ぶ知名度の高いロボットコンテストであり、エントリー数は概ね50～80チームで審査を経て選ばれた20チーム程度が本戦に出場できる。エントリー数が多いこと、競技の難易度が非常に高いことから、本戦への出場は非常に困難であり、歴史の浅い結成後1、2年のチームでは本戦への出場は困難であるといわれている。本戦で優勝したチームは日本代表として、世界大会「ABUアジア・太平洋ロボットコンテスト（ABUロボコン）」へ出場することができる。

3. エントリーの方法

3.1 参加資格

NHK学生ロボコンへの参加資格は大学、高専（専攻科及び4・5年生）、大学校の同じ学校に所属する教員1人、競技に参加する学生3人によって構成されるチームが最低条件となる。この4名の他に、バックヤードで作業する学生ピットクルー3人を加えることが認められており、実際は7人のチームで競技に参加する。

競技に参加する学生は、ABUロボコンが開催される時点で在学していなければならないため、最高学年の学生は競技に参加することはできない。また、大学院生の参加も認められていない。

なお、上記7名以外の競技に参加しないロボット開発に関わるメンバーも、同じ学校に所属する学生であることが条件になっている。

1校当たり複数のチームがエントリーすることができるが、人員並びに費用の面から現実的ではないため説明は割愛する。

3.2 本戦までの手続きの流れ

応募の流れとしては、大会ルール並びに募集要項の発表、書類審査（エントリー）、第1次ビデオ審査、第2次ビデオ審査、本戦出場登録、大会出場となり、第2次ビデオ審査を通過したチームが、日本代表選考会となる本戦に出場する。

大会ルール並びに募集要項については、8月から

9月にNHK学生ロボコンの公式ホームページに公開される。大会のルールについては、大会主催国が作成する。

書類審査（エントリー）は11月ごろに行われ、開発体制、作業環境、安全対策、予算、スケジュール、試合に勝利するための戦術・戦略をまとめ、書類を提出する。詳細が詰め切れている必要はなく、実現可能な計画内容であると判断されれば書類審査を通過する。当校が、初年度エントリーした際は、予算やスケジュールをどのように組めば良いのか分からず、出場校から情報を得て書類を作成した。

第1次ビデオ審査は1月頃に行われ、競技する上において重要な機能や動作について課題が与えられる。実際にロボットを設計・製作し、ロボットの特徴や技術的なアピールをビデオ撮影並びに説明書にまとめて提出する。この段階では、その課題の達成度並びにスケジュールの進捗状況が確認される。当校がエントリーした2年間では、未提出のチームを除いて全てのチームが無事に第1次ビデオ審査を通過している。

第2次ビデオ審査は3月下旬から4月上旬に行われ、競技に必要な一連の流れをビデオ撮影並びに説明書にまとめて提出する。審査を通過するためにはロボットの高い完成度と競技におけるパフォーマンスを示す必要がある。当校が2年間挑戦した結果、一部分だけが動くロボットでは審査の通過は困難であり、確実に競技を達成できる高い完成度が必要であると感じている。また、ビデオ撮影にもコツが必要であり、今年度は昨年度出場校の担当教員からア



図2 ビデオ審査に向けての撮影



図3 バドミントンロボット

ドバイスをいただきビデオ撮影を行った。

第2次ビデオ審査で半分以上のチームが落選し、20チーム程度まで絞り込まれ、6月頃に開催される本戦への出場チームが決定される。

4. 競技の内容

4.1 NHK学生ロボコン2015のテーマ

NHK学生ロボコン2015のテーマは、バドミントンのダブルスをモチーフにしている。2台のロボットが、互いに協力し、シャトルを打ち合うことが競技課題となる。

競技時間は3分間、赤チームと青チームの対戦形式で5点先取したほうが勝利となる。

ダブルスなので1チーム2台のロボットを作製する。ロボットは自動でも手動でも構わない。また、通常のバドミントンと違うところは、ラケットは接触しない限り何本でも持て、サーブを入れるエリアが小さいことぐらいである。

4.2 NHK学生ロボコン2016のテーマ

NHK学生ロボコン2016はエネルギーをテーマとして競技課題が設定された。エコロボットとハイブリッドロボットと名付けられた2台のロボットを作製する必要がある。ハイブリッドロボットは自動でも手動でも構わないが、エコロボットは自律型ロボットである。



図4 エコロボットとプロペラ

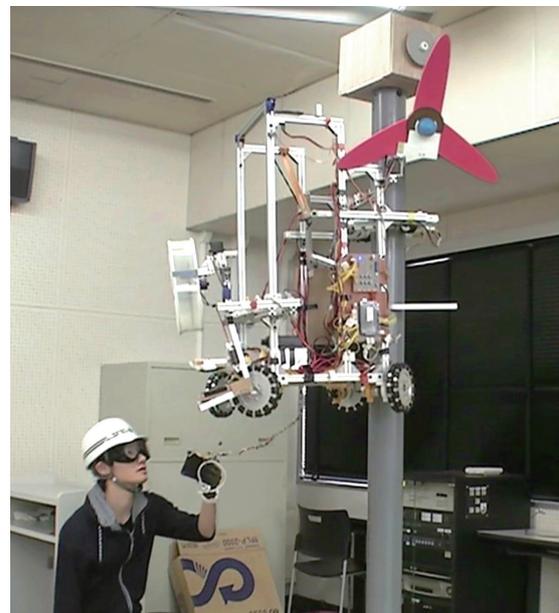


図5 ハイブリッドロボット

エコロボットは自走するためのアクチュエータを搭載できず、エコロボットを動かすのはハイブリッドロボットからの風力、磁力、光などのエネルギーを使って、直接接触せずにエコロボットを動かす。

競技課題は、図4のとおりエコロボットにプロペラを載せて3つのゾーンを越えていき、エコロボットが3つのゾーンをクリアしたあと、ハイブリッドロボットはプロペラをエコロボットから受け取り、図5のとおりポールを登って頂上にプロペラを取り付けてゴールとなる。

競技時間は最長3分間、赤チームと青チームの対戦形式で行われ、早くプロペラを取り付けた方が勝利となる。

5. 大会の結果

5.1 NHK学生ロボコン2015の結果

NHK学生ロボコン初挑戦のため手探りでの挑戦となった。まず、前年度までは一般大学が対象の大会であったため、当校のような大学校が出場できるように要請することから始まった。幸いにも事務局の配慮から大学校も出場可能になり、無事にプロジェクトを開始した。

初年度ということで学生のメンバー集めにも苦労したが、学務課にて優秀な学生をメンバーに誘い、生産電子情報システム技術科1年の6人と電子情報技術科2年2人、1年4人の計12人での船出となった。

また、困難なプロジェクトであったため担当教官の選出にも苦労した。一度はプロジェクトを断念しようとしたが、生産電子情報システム技術科の能力開発教授である中山が、大学校のブランド力向上のため担当を引き受けた。

チームメンバーを構成する時間が予想以上にかかり、実際のロボット設計は11月から始めたため、第1次ビデオ審査（1月）まで僅か2ヶ月でロボットを作製する必要があり大変苦労した。特に機械系の学生がいなかったため、構造設計・機械加工には苦戦を強いられた。

結果は苦戦を強いられながらも書類審査並びに第1次ビデオ審査は無事に通過することができた。第2次ビデオ審査までにサーブは確実に入るようになっていたが、継続的にラリーをする能力が低く、確実に競技を達成できる高い完成度のロボットではなかったため、第2次ビデオ審査にて落選となってしまった。

敗因はスケジュール管理の甘さと、初年度ということでの技術力の蓄積の低さによるものだった。

5.2 NHK学生ロボコン2016の結果

就職活動のため上級生が引退し、新しくメンバーを加え、生産電子情報システム技術科並びに電子情報技術科の学生11人での船出となった。

前回ロボットを設計・製作したメンバーの技術力

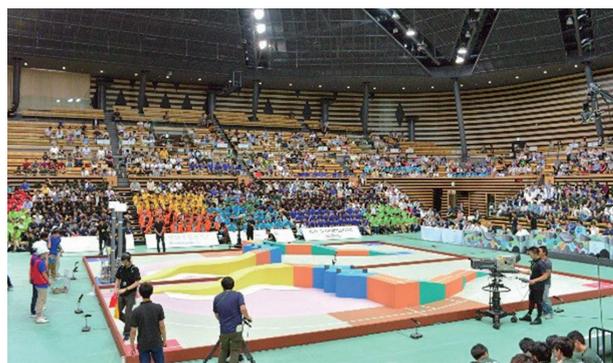


図6 大会風景 (1)



図7 大会風景 (2)

が高まるとともに、スケジュール管理の徹底、書類審査並びにビデオ審査のノウハウも蓄積され、第2次ビデオ審査を通過することができた。これも一重に学生の頑張りがあってこそその成果であったと考えている。

本戦は平成28年7月10日（日）に東京で開催され、東京大学や東京工業大学等の全24校（チーム）が出場した。

当日行われた予選リーグでは、3チームが1勝1敗、結局ゴールタイムの差で、惜しくも決勝トーナメント進出を逃した。2年目にして本戦に初出場したにもかかわらず競技中のトラブルも持ち前の応用力で素早くロボットを調整し、制限時間内にゴールすることができたことが審査委員会から高く評価され、特別賞を受賞した。

また、決勝トーナメントに進めなかったチームの中から特に注目度の高かった2チームが選ばれエキシビションが行なわれた。本校チームはその1つに選ばれ、大会ゲストと一緒にロボット操作のテクニックなどを楽しい雰囲気の中で披露すると共に、会場の方々に本校の存在をアピールすることができた。

本大会で競技を完全に達成できたチームは全24

チーム中10チームであったこと、さらに競技達成タイムもベスト8に入っていたことを勘案すると、当校の実力はベスト8に入っており、本校チームは大きな自信と達成感を得ることができた。

6. 広報への結びつき

今回のNHK 学生ロボコン2016へ出場することによって、表1のとおり大会初出場並びに大会の様子が報道された。

大会はNHKにて全国放送されたが、放送時間は短かった。大会における放映時間は、ベスト4のチームが中心に報道されるため、次年度以降はベスト4を目指す必要があると考えている。

一方、大会直前の様子をNHK北九州のニュースにて15分程度紹介され、地元へのアピールに繋がったと考えている。

表1 NHK学生ロボコン2016による主な報道

媒体	内容
NHK 総合	本大会の放送
NHK 北九州	大会直前の様子（10分程度）
西日本新聞社	大会初出場について
福岡経済	大会初出場について



図8 撮影風景（NHK北九州）

その他、キャンパス見学会や高校訪問時のツールとして活用しており、特に工業高校の先生並びに学生は良いイメージを持っているようである。

また、プロジェクトに参加した学生は、NHK並びに新聞社から取材を受け、貴重な体験ができた。

7. 大会への誘いと指導者が行うべきこと

当校は、いろいろな条件にも恵まれ、参戦2年目に予選を勝ち抜き、本戦に出場した。職業能力開発大学校ならではの苦労もあるが、職業能力開発大学校の授業・実習成果がアドバンテージになりやすい大会である。それゆえ、非常に勝ち残りやすい大会だと考えている。事実、NHK学生ロボコン解説Webサイトからも今後の活躍について注目できるとコメントをいただいている。以下に他大学との比較から職業能力開発大学校の優位性について説明する。

まず、他大学と比較した優位な点は、学生がロボット製作の要素技術を習得しておりロボットの完成度が比較的高いこと、また、大会では半田不良等で稼働しないシーンを見ることがあるが、その心配が少ないことである。

さらに、日々の授業で培われたグループによる課題実習の成果から、段取りやスケジュール管理も慣れているため、計画的にロボット製作をできることである。

一方、他大学と比較した不利な点は、以下3点である。

1点目は、職業能力開発大学校の授業が多く、製作時間が平日は17:00~21:00までと限られてしまうことである。土曜日（締め切り前には日曜日）をロボット製作の時間にあててはいるが、他大学では不夜城となっているところもあり、時間的不利は否めない。

2点目は、工学知識や設計力が不足しており、アイデアを試作する時間がかかりすぎることである。基本的なロボットのアイデアは、ロボット製作が好きな学生が集まっているだけあって、いろいろと出てくるが、それを仕組みとして実現することがあま

り得意ではない。

3点目は、経験による技術力の差である。NHK学生ロボコンでは、大会ごとに競技内容が変わるため、同じ課題でノウハウ・技術を蓄積できるわけではないが、ロボットとしてベースになる部分は共通するものが多い。例えば、足回りや制御方法などは流用できる部分が多く、それゆえロボコン常連校では、時間を短縮して取り組めるようになる。

結果として、指導者が行うべきことは、学生のアイデアを分析して、学生の技術で実現できるように支援することである。具体的な仕組みができるまでは、かなり細部まで助言する必要がある。キーとなる試作機構ができあがってしまうと、それをベースに学生の作製したいロボットが作製できる。そのため、時間の確保も重要である。

また、技術・ノウハウや大会の経験についての代替サポートも重要である。目で見て、手にとって動作が確認できる先輩たちの資産がない代わりに、市販品を参考にする。市販品のメリットは、使用実績・サンプルプログラム（先輩のプログラムに相当）と安定性である。デメリットは、コストと手配に時間がかかることである。

以上の説明から、職業能力開発大学校にとってNHK学生ロボコンへの参加は、他の大学と比較して、ハードルは高くない。重要なのは「学生の募集」、 「アイデアと設計への統合」である。一校でも多くの職業能力開発大学校の参加に期待する。

8. 最後に

NHK学生ロボコン2016への出場により実践技術教育に主眼をおく当校の技術力を示すことができ、さらにある一定の広報効果があったのではないかと思慮される。

NHK学生ロボコンは東京大学をはじめとした優秀な大学が集まっているため、本戦出場が非常に難しい競技大会であるが、ものづくりが強みである全国の職業能力開発大学校であれば十分対抗できると確信した。

数少ない知名度の高い技術系の大会であり、職業



図9 大会終了後の記念撮影

能力開発大学校を全国に知らしめるためにも他の職業能力開発大学校の出場に期待したい。そして、各校が技術交流等で力を高めれば、優勝することも夢ではないと感じている。

2017年度の戦いもすでに始まっている。今年度に引き続き厳しい戦いになると思うが、生産技術科の石田先生、機械系の学生をプロジェクトに加えて全力疾走中である。

最後になりますが、NHK学生ロボコンプロジェクトの立ち上げの際にご尽力いただいた末岡前校長並びに宮本前副校長、ものづくりのプロセスについてアドバイスをいただいた福岡職業能力開発促進センター秋山課長、基盤整備センター福永室長、そして応援していただいた多くの方にこの場をお借りしてお礼申し上げます。

<参考文献>

- [1] 河合塾 栄冠めざして2016vol.1
- [2] リクルート進学総研 マーケットリポート
- [3] NHK学生ロボコン2015・2016 応募要項

TIG溶接モーションキャプチャーの製作

岐阜職業能力開発促進センター 鹿子 治廣

1. はじめに

「なぜ指導員のビートは美しいのか」、「溶接電流や溶接速度に変わりはないように思うのだが何が違うのか」、「上達するには繰り返し練習するしかないのか」という訓練生の素朴な疑問が本装置を製作するきっかけとなった。

T継ぎ手部の溶接においてトーチをローリングさせながら移動させていく必要がある。

このときの手首の動きは初心者にとっては習得に少々時間がかかる。動きをとらえる方法としてはビデオ撮影があるが細かい動きは捉えにくい。

ワンボードマイコンと姿勢制御に利用されているジャイロ+加速度センサーを使用することで比較的容易に手首の動きを数値化、これをグラフ化して手首の返し速度や角度を知ることが、上達の近道となると予測した。

センサーを溶接作業用の皮手袋に装着、ワンボードマイコンとフリーソフトを組み合わせたモーションキャプチャーを製作したので紹介する。

2. 概要

本稿で紹介する装置は、ジャイロ+加速度センサーを使用した角度センサーをトーチを握る手の甲に取り付け、握り角度をワンボードマイコンで演算し、結果をパーソナルコンピュータでグラフ化、波形を観察することによって溶接技能の習得を支援する装置である。

開発期間をできるだけ短くするため、本装置ではプロトタイピング用のマイコンモジュールとして人気の高いArduinoを選択した。

Arduinoとは、Atmel社がリリースしているマイクロコントローラと最小限の周辺回路を備えたワンボードマイコンである。特徴としてはオープンソースハードウェアであり、ハードウェアの設計情報から開発に使うソフトウェアも公開されている。Arduinoは様々なセンサーからの信号を受け取ることが可能であり、センサー情報を利用した製品が数多く開発されている⁽¹⁾。

評価試験ではArduinoの開発ツールに組み込まれているシリアルプロッターでグラフ化した。グラフ化するデータの出力プログラムの変更のみでプログラム作成やコンパイルエラーに悩まされることなく試験できた。さらに、3軸のデータを3D散布図で表現することによって、一目で手首の動きがイメージできることを確認した。

3. 装置の構成と特徴

3-1 構成

構成要素のブロック図を図1に示す。



図1 構成ブロック図

(1) 9軸ジャイロセンサー

KP9250 (MPU9250相当品) 共立プロダクト製を使用。

MPU-9250にはジャイロセンサーと加速度センサーの出力をデジタル化する為の16ビットアナログ-デジタルコンバータ (ADC), 磁力計をデジタル化する為の13ビットADCが内蔵されており, 各センサーの為のローパスフィルタを持っている。出力されたデータはDMP (Digital Motion Processor) を使用することで6軸分のセンサーデータから計算した姿勢出力や四元数を得ることが出来る。また, マイコンとデバイスの通信は400kHzのI²Cを使用している。本センサーはI²Cで通信を行い, 各センサーから加速度, 各速度, 地磁気の値をシリアル送信できる⁽²⁾。センサーの外観を写真1に示す。

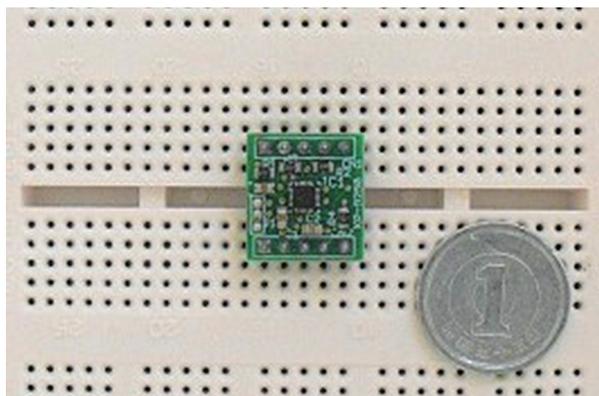


写真1 センサー外観

原理

ジャイロセンサー+加速度センサーによる, x, y, z軸の加速度検出方向を直線矢印で, ジャイロ検出の回転方向をカーブ矢印で示す。

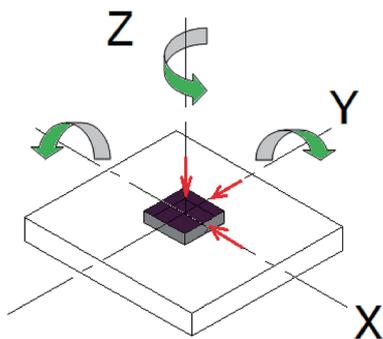


図2 各値の検出

加速度センサーによる角度の計算式

$$\rho = \arctan\left(\frac{Ax}{\sqrt{Ax^2 - Az^2}}\right)$$

$$\phi = \arctan\left(\frac{Ay}{\sqrt{Ax^2 - Az^2}}\right)$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{\sqrt{Ay^2 - Az^2}}{Az}\right)$$

ρ : 水平線基準でのx軸との角度

ϕ : 水平線基準でのy軸との角度

θ : 重力ベクトルとz軸との角度

Ax : x軸の加速度センサー出力

Ay : y軸の加速度センサー出力

Az : z軸の加速度センサー出力

実際にはジャイロ角と加速度による角に係数を掛けて求めている。

ジャイロ+加速度センサーを使用して, 測定物の姿勢制御ピッチ前後縦方向の揺れ, ロール測定物左右, の上下の揺れ, 重心を中心に回転するヨーの3つの姿勢を検出して記録できる。

具体的に手指を伸ばした形で

- 指先を上げ下げするときの角度をピッチ角
- 手の甲を中指中心にねじる角をロール角
- 手の甲の中心を軸に回転する角をヨー角として観測を試みた。

将来的に移動軌跡の記録までを考えて方位センサーも備えた9軸測定センサーMPU9250を採用した。

(2) ワンボードマイコン

Arduino-Leonarudo

Arduinoの開発ツール (IDE) バージョン1.6.1を使用。

グラフ化はIDE付属のシリアルプロッターを使用。1画面500プロット, 時間はソフトで設定できる。角度取得ソフトはオープンソースとして公開されて

いる下記のプログラムを使用した⁽³⁾。

```
// MPU-6050 Accelerometer + Gyro// //
```

```
// By arduino.cc user "Krodal".
```

```
// June 2012
```

```
// Open Source /
```

(3) ノートパソコン

コンピュータにはワンボードマイコン用の開発ツールをインストール，OSはWindows7，ハードは実習場で簡単に持ち歩ける，ラップトップノートパソコンを使用した。

3-2 精度の確認

角度定規を当ててピッチ角並びにロール角が正確に測定できていることを確認した。

センサーをブレッドボードに取り付けて，出力をプロットさせている様子を写真2に示す。

3-3 評価方法と評価尺度

実際に溶接アークを飛ばさず，トーチを動かす模擬操作してもらい，作業者による違いが検出できるか検討してみる。

ウィービング溶接，ローリング走法による溶接で

の技量の最終的な評価尺度としては

- 溶接 仕上がり状況写真
- 角度測定 ドリフト
- 最大手振れの幅とその変化などが挙げられる。

3-4 製作で苦労した点

(1) センサーの取付け

センサー自体は1円硬貨よりも小さくスペース的には手の甲に取り付けられる大きさであるが，溶接時にはめる皮手袋にセンサーを取り付ける方法に苦労した。

手の甲の中央辺りにブレッドボードに取り付けた状態で固定手首にバンド止める。親指に指輪のよ

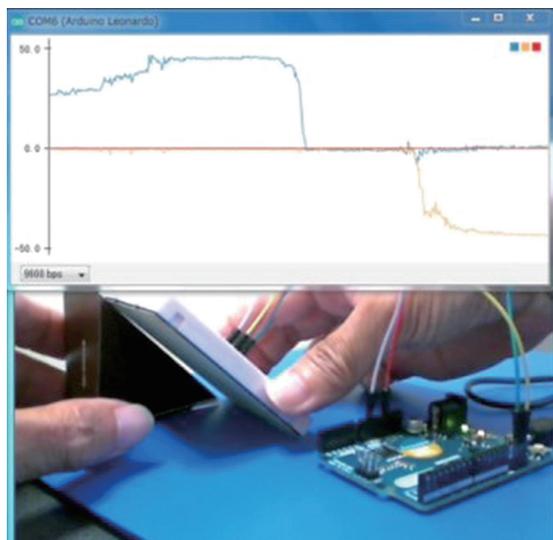


写真2 出力のプロット

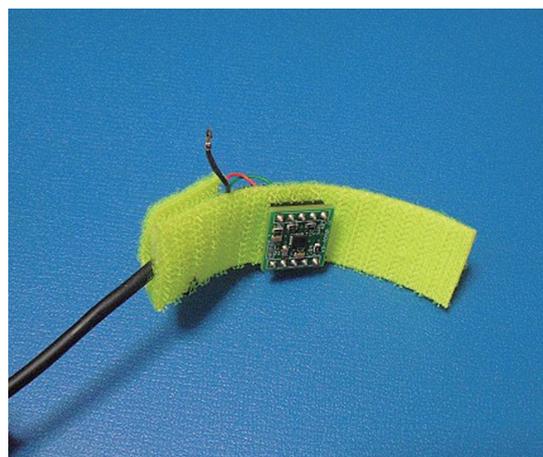


写真3 センサー部



写真4 装着サポータ

うに差す方法などが考えられた。

最終的には、取付位置の調整幅が大きくとれる、マジックテープで張り付ける方法にした。手の甲側のマジックテープは皮手袋の上からはめられるサポータにセンサーを取り付ける方式とした。写真3にセンサー部、写真4に装着サポータを示す。

サポータは左右兼用できるので、溶接棒を使い両手を使用して作業するとき、左手の動きを観測したいときも簡単に付け替えが可能である。

(2) ノイズ対策

溶接時のノイズ対策として、次のことに配慮した。

①伝導性ノイズ

パソコンの電源は商用電源から分離、バッテリー駆動にする。

②電磁誘導ノイズ

ジャイロセンサーとマイコンボード間の配線ジャンプワイヤはバラの線ではなくケーブルを使用し、さらにケーブルにはフェライトビーズを入れた。

以上のノイズ対策を実施したが、TIG溶接におけるスタート時にパソコン自体が影響を受けてプログラムが停止した。

アークが安定した状態では観測可能であることから、TIG溶接のアーク発生させるための高周波放電開始時のサージ電圧が原因していると推測される。

評価実験のファーストステップとしては、実際にアークを飛ばさずに模擬してトーチを動かしたときの手の動きを調べることにした。

4. 溶接作業と評価試験

4-1 TIG 溶接の特徴

TIG溶接はタングステンを電極に使用して、溶接する母材との間にアーク発生させアルゴンガスなどの不活性ガスで保護しながら溶接する。このため安定したアークがえられ、溶接棒とアーク熱源による母材の溶融と溶接棒の溶融が切り離されて行われるため薄板から厚板まで、必要な溶け込みを確実に得ることができる。

さらに、不活性ガスでシールしながら溶接するの

で溶融金属の成分変化が少ない高品質の溶接が得やすいことから材料としては炭素鋼からステンレスなどの合金からアルミやマグネシウムなど航空宇宙関連機器など最先端技術に使用されている材料の溶接に適する。

4-2 溶接作業者の技量

溶接棒を使用する場合、溶接池を作り必要な大きにした後、溶接棒を溶接池で溶かす。

これを繰り返しながら溶接を進めていく。

トーチの傾きと電極と母材の距離を一定に保ち、溶接棒を差していく両手での作業では、技量の差が溶接の仕上がりに影響する。

また、T継ぎ手の溶接は8の字を描くようにトーチをローリングしつつ前進させて、母材を均等に溶融させながら溶接する必要がある、手首を滑らかに円運動させるには熟練が必要である。

4-3 評価試験と結果

TIG溶接のトーチと握りを写真5に示す。

予備調査の結果、水平下向き溶接では手の甲のx、y軸角度のぶれはきわめて小さいことが分かった。

さらに、T継ぎ手の場合はピッチ角とローリング角だけではうまく差異が観測できなかった。



写真5 トーチと握り

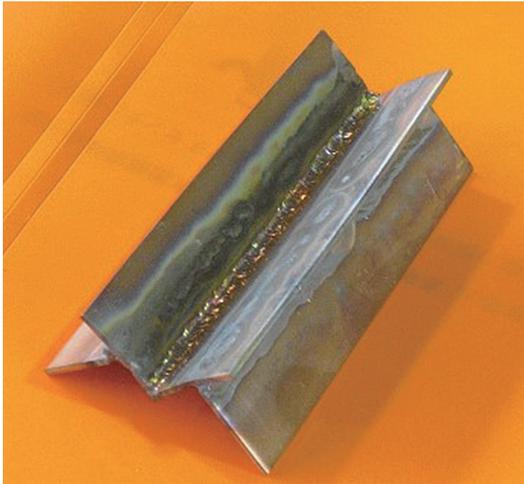


写真6 T継ぎ手サンプル

手の甲を回転させるヨー角を観測することで作業者の手の動きを比較できることを予測して、Z軸旋回を測定するため、ジャイロ出力を追加した。

T継ぎ手の溶接作業、(入り角の溶接の場合にトーチをローリング、8の字を描くようにトーチを前進させる作業)を製作した装置で評価できるか試みた。

(1) 溶接実習サンプル

SUS304 CP 3.0 mm

実習用サンプルを写真6に示す。

(2) 結果

溶接担当指導員A, 担当外の指導員Bの2人の溶接作業の手の動きを観察した。プロッター出力を図3, 図4に示す。

- 青 x 軸まわり ピッチ角
- 橙 y 軸まわり ローリング角
- 赤 z 軸のジャイロの出力でヨー (センサーの中心まわり軸回転)

(3) 結果考察

①繰返し周期 (A 約1.4秒, B 約1.1秒) と差があるが一定の周期で往復運動はできている。

②Bさんの場合は滑らかな旋回運動ができていない個所があることが分かる。

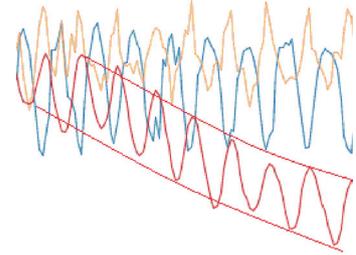
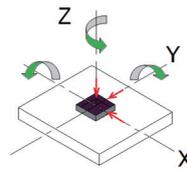


図3 溶接担当指導員A

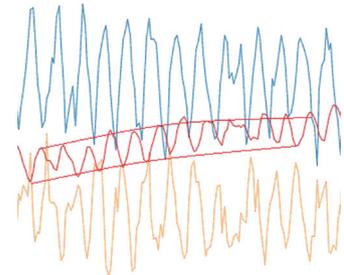


図4 担当外の指導員B

(4) 3D散布図によるデータ表現

ローリング動作させたときの手の甲の動きをイメージしやすい表現の一つとして、3軸角度を3D散布図で表してみた。

結果を図5に示す。汎用統計ソフトSTATISTICAの3D散布図を使用した。

なお、ヨー旋回はz軸ジャイロ出力を使用、データは0.2秒毎のサンプリングとした。

(5) 定量的なハンドリング評価による効果

- ①可視化により、手首を動かす周期や幅が明確になる。
- ②見えなかった自分の癖に気付くことができる。
- ③訓練生の理想的な溶接スキルへの関心が高まる。

データ取扱上の注意!

あくまでも手の動きは参考であり、高品質な溶接を行う作業のポイントは溶融池の大きさ・溶け込み等々にあることを忘れてはいけない。

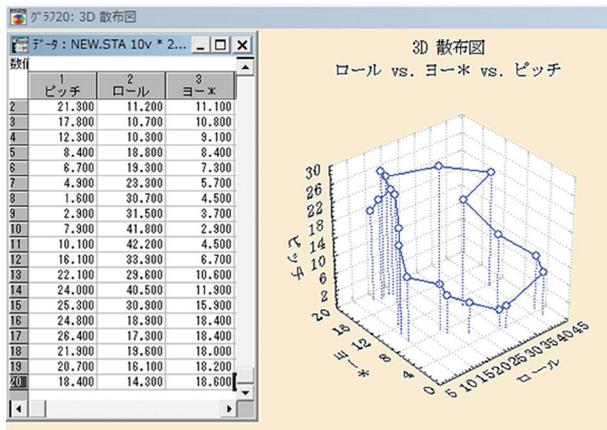


図5 3軸角度の3D散布図

(6) 今後の課題

手の動きと溶接条件と仕上がり，溶接品質との関係を解析して最適値を求める。

データの収集，保存や評価が一目で分かるようなグラフ様式の作成データを取り扱いやすくする。

5. 結び

最初に述べたように「なぜ指導員のビートは美しいのか」という訓練生の素朴な疑問から本装置の製作はスタートした。

ピッチ角とローリング角だけではうまく観測できなかったが，ヨー角を観測することで作業者の手の動きを比較できることが分かった。

溶接トーチではなく，作業者がはめる手袋にセンサーを付ける事による心理的な効果もあるようで訓練生の関心は高い。

時代はIoT (Internet of Thing)，すべてのものが情報を発信し，ネットで結ばれる時代である。

今回製作したモーションキャプチャーが溶接作業だけでなく，手作業の技能伝承のツールのプロトタイプとなり広く応用してもらえれば幸いである。

6. 謝辞

金属加工科の指導員の皆さんの協力，助言に感謝します。お陰で，溶接作業の手の動きを観測してみようというアイデアを一か月足らずの短期間で具現

化できました。

今後も自由にアイデアや意見が出し合える職場の雰囲気大切に，指導方法の改善活動を続けたいと考えます。

<参考文献>

- (1) 「Arduinoをはじめよう」第3版 Massimo Banzi, Michael Silah 著 オライリー・ジャパン
- (2) Gyroscopes and Accelerometers on a Chip 2013 Debra <http://www.greekmomprojects.com>
- (3) Tutorial-Multiple Values in Arduino IDE Serial Plotter 2016 Mads Aasvik <http://www.norwegiancreations.com>

フィールド調査の始め方！ ～実践的調査方法について～

建築都市研究室 K2 角本 邦久

要約：今回、「フィールド調査の始め方！」に関して報告する内容は、専門課程における卒業研究としての総合制作実習での取り組み、日本建築学会における取り組み、市民フォーラムとしての東京雑学大学での講演発表等の発表内容（rf. 文献3. 参照）をもとに、能力開発現場での一つの方法論として役立てて頂きたいの思いから、これまでの実践内容を紹介させて頂くものである。個々の詳しい内容に関しては、末尾で紹介されている各参考文献（rf. 文献1～2 & 4～8. 参照）を更に参照願いたい。

SUMMARY: This report is based on the following items, namely the survey of the historical architecture, the old private house, and the temporary house after the wearing damage by the disaster in East Japan in 2011. These examples are shown here as the practical methods for the ability development in the field of survey in each local area. This report on the survey in each local area has been already introduced in the forum for the citizens also. The method of the survey can be utilized in the case of your local area to see the historical background there.

ZUSAMMENFASSUNG: Dieser Bericht ist über den folgenden Artikel beschrieben worden, und zwar die historische alte Architektur, das alte private Haus und die Untersuchung über dem provisorischen Aufbau nach der großen Erdbebenkatastrophe in Ost Japan in 2011. Diese Beispiele sind für die Entwicklung der Fähigkeit für die Praktikanten beschrieben worden. Dieser Bericht war im Forum für den Bürger vorgestellt und gut darüber informiert worden. Diese Methode kann für die Entwicklung der Begabung sehr zweckmäßig sein. Diese Methode der Untersuchung kann auf die Forschung in jedem Ort gut angewandt werden.

1. フィールド調査の意義付け

日本におけるものづくり教育のための教育課程においては、大きな社会的使命が期待されている。昨今におけるものづくりは、その付加価値を付与して行く方向性であり、単なる効率的生産性向上にはとどまらない。

私たちの生活空間を構成する要素の中には、街があり、建築があり、住宅がある。それらの構成要素

を四原因的に捉えて見るならば、技術としての作用因と材料としての質料因と概念としての形相因と建築物としての目的因とから成り立っていると考えられる。それらの複合された組み合わせである。

フィールド調査（rf. 文献1. 参照）と言う一つの方法論によって、その対象に対して調査を試みる事は、そこに一つの知見を得る事に繋がると捉えられる。それは、次のものづくり段階への根拠を得る業であり、教育技法へのスキルの一つであると捉えている。

2. フィールド調査の目的

フィールド調査によって得られるものは、そこに構成される要素ごとの関係性であり、そこから浮かび上がって来るところの概念としての形相の発見である。それは歴史の中で育まれて来たものであり、その表現方法は異なっても、次の時代へと継承されるべき内容のものであると考えられる。

3. フィールド調査の方法論

3.1 フィールド調査の始め方

初めにその手順について説明を加える。

1. 最初に、テーマを考える（歴史的な意義や社会的な意義や未踏のもの等…を選定する）
↓
2. 幾つかヒアリングや問い合わせをして、その分野の様子を知る
↓
3. 自分の興味あるテーマに関する文献検索を行う（その切り口や構成方法などを理解する）
↓
4. いよいよ対象物件を絞る（先方の調査実施条件やその時の卒研生の力量等も考慮に入れる、その他の条件についても正しく受け止める）
↓
5. この際に、興味のレベルのみならず、調査参加者の力量やまとめまでの持ち時間等も考慮に入れる
↓
6. 先方の打合せ窓口のキーマンを知る（調査協力を依頼する）
↓
7. 最後の成果物を意識して、必要な道具の準備や工程表の作成をする
↓
8. 調査の実施（項目ごとの調査条件をはずさない様に留意する、特に環境測定の場合には測定条件が大切である）

- ↓
9. 調査実施後のデータのまとめを速やかに行う

- ↓
10. 成果物（図面・写真・報告書・小論文など）の確認

- ↓
11. 関係先との連絡を取る

- ↓
12. 発表会等への参加

- ↓
13. 必要に応じて、伝達研修なども行う（次年度へのつなぎ）

3.2 手順ごとの説明

歴史的な建造物の調査に関しては、その文化的な意義から、世界に二つとはない対象物でもあり、調査方法や調査内容の制限などもあるが、後世に概念性としての形相因の働きと意味づけを残す観点からも取り組んで欲しいと考える次第。

1. のテーマの方向性を打ち合わせする。建築空間を成り立たせている四要素があり、概念としての形相因、材料としての質料因、技術としての作用因、建物としての目的因がある。歴史的な概念は、この形相因に含まれる。専門課程の学生さんの場合には、その専門分野で、どんな内容に興味を持っているのかを聞いてあげる事も有効な手立ての一つであると考ええる。

次に2. のヒアリングをするが、この場合の最初の問い合わせ窓口は、行政庁の教育委員会や文化課であることが多い。

建物の保存状態やその所有者、或いはこちらの調査がどの程度まで可能であるかと言う点も大切な点である。この所有者の条件で、所有者の方が管理を行政側に移管している場合があるが、こちらの方が調査許可を行政の方が代行して下さるので、調査許可を頂くのが比較的によく進んだとの印象がある。

合掌造りの場合には、最初に実際のオーナーの方に手紙を書いて、現地の教育委員会との連絡を指示され、連絡を取り、一定の理解が得られて、その後、改めてオーナーさんに実測調査への協力をお願いし

て、調査条件を確認しながら、最終的な了解を得る事が出来た。

民家調査の場合には、施設からの協力依頼の文書を出すと言う条件付きで許可されて、図面資料の入手、現地での調査実測なども条件付きで許可された。

次に、3. のテーマに関連する文献検索であるが、これは必ず実施する必要がある。調査や研究は、オリジナリティーが求められる。今までの調査例に理解を示すと共に、新たな知見を得るべく、良く考え抜かれた方法で、対象と向き合う必要がある。

実測調査に関する事前の文献検索の意義は、①既に行われている内容の調査は追試の意味に留まる事。②出来れば、オリジナリティーを求めたい。③文献を読む事は、参加する実習生にとっても勉強になり、readiness向上となる。④全体の組み立て方を参考にし、最後の小論文作成に活かせる。⑤参考文献としても役立つ。

そして、4. の調査対象を絞る。これは栃木の蔵造での話であるが、美術館は空調設備の条件から、我々が望む空調なしでの測定が難しいとの回答があった。もう一つの郷土資料館の方は、空調を一時的に止める事も出来るとの事で、こちらを調査させて頂いた。調査に際しては、先方との約束は必ず守る事。互いの信頼関係を保つ事が大切である。調査は、色々な条件がある中での行為なので、こうした付帯条件が付いて回る。

次に、5. の力量の点であるが、専門課程の学生さんの場合に、このreadiness状態が整っていない、或いは不十分である事が考えられる。その場合には、こちらでフォローする事や、途中で補足の勉強会を追加する事も有効な手立ての一つで有る。実測調査の内容や調査レベルは、飽く迄も参加者の力量に適した内容に設定する。調査は、ある意味で時間との勝負でもある。大切な事は、受講生が興味を持って取り組み、自らの能力を開発出来たと実感できる事にある。

6. のキーマン探しが大切なポイントの一つである。行政庁の文化課の担当者などとの打ち合わせを重ねて、調査する事の意義を伝え、協力依頼へと繋げて行く。下準備が済んで、実際的に取り組むこと

が可能であると見通せた時点で、所属する施設の施設長から、先方の行政庁の担当課宛てに、協力依頼書を発行する事となる。これは最後まで安全に調査が実施されるためにも、必要な手続きの一つである。

7. は、実際の段取りに入った段階であり、調査後の成果物を見通しておく必要がある。これは最後のまとめの段階で、欠損データや確認漏れが出ないためにも必要な確認ポイントである。

成果物としては、図面・写真・計測データ・小論文などが考えられる。そして、その結果から一つの知見を得る事。必要な道具としては、スケール・カメラ・データロガー・計測機器・ノートパソコン等がある。必要に応じて、治具などを自ら造り出す事もある。そして時間管理のための工程表を作成し、その工程管理や進捗管理を行う。

8. が調査の実施である。その項目ごとにその特性を見究めるのに必要な条件設定がある(項目ごとの調査条件をはずさない様に留意する)。物性を調べるには、一番過酷な条件下で調べるのが、一つの有効な方法である。例えば、建物の保有する温熱環境に関する特性を見極めるには、一番暑い夏の酷暑の条件下と一番寒い冬の極寒の条件下の中で調査する事が設定される。或いは補足的に、同じ厳しい条件下でのシミュレーションソフトを使った数値なども参考になる。

9. は調査後のデータのまとめであるが、これは出先での調査方法がよく考えられて準備していれば、帰って来てからのデータ入力やまとめはスムーズに行われる。現地の調査データを帳票にしてまとめておく事やノートパソコンを持参し、現地ですこに入力しながら調査を進める方法もある。次に、データロガーで集めたデータの集計とグラフ作成等、データの特性を捉える。ここで注意しなければならない事は、特に遠方への出張調査の時や一回だけの実測調査するチャンスの時などに、設定の不具合から、すべてのデータを不揃いにする訳には行かない。それ故に、現地での調査開始時点で、データ記録が出来ている事の確認は必要である。

10. の成果物に関しては、事前の打ち合わせによる調査の実施であり、途中での変更は難しいが、項

目を追加することなどは一部可能であるが、全体のデータが不揃いにならない様に配慮する必要がある。図面・写真・データ分析や考察・結果のまとめ等がある。要は、充分なる準備が必要であり、段取り七分であり、思い付きでの変更は避けて頂きたい。

11. 関係先との連絡を取る。この時点で必要な連絡は、中間時点での確認となる。全体の流れの中で順調に推移している事の確認にもなり、心掛けたい姿勢の一つであると考えている。

12. 発表会への参加。学会・大学校紀要・図書館への納本・シンポジウム等の機会がある。これは専門課程では、総合制作実習の発表会となる。もし間に合えば、12月時点での中間発表なども加えると、より具体的な取り組み内容とする手立てとなる。

指導員の方の立場としては、学会等への原稿提出並びに発表となる。何事によらず、第三者の方々の前で発表する事は、色々な角度からの意見を聞く機会ともなり、有効であるとする。そして、何年に一度位の間隔で、国際会議などへの原稿提出並びに発表の機会を得る事も、色々な知見を得るためにも、他の意見や考え方を知る上でも有効な機会であるとする。

13. 必要に応じて、伝達研修を行う有効性について。これは年間予算が、段々と減額されて行く時に、実習生にとって有効な総合制作実習の機会を提供するためには、一つの課題について複数年に亘って取り組む事も有効な方法となる場合がある。これは単年度で終わる取り組みでは無く、何年間も掛けて取り組み、その成果を次の実習生に受け取ってもらう考え方である。次年度へのつなぎ、卒研実習のreadiness向上等が考えられる。卒業の前年の12月位に卒研生候補が決まって居れば、卒研生から卒研生候補者への伝達研修も可能となる場合がある。

筆者も、複数年に亘って取り組んだ課題としては、自然エネルギー利用のソーラーモデル棟、歴史的建造物の調査などが有る。

研究室の課題設定の方法としては、一つの課題を皆で取り組む方法もあるが、二つ位の課題を設定して、勿論それぞれが自分の課題に対して責任を持って取り組むのであるが、他の課題に対しても、余力

があれば調査協力に参加する機会を提供する。これは、いまだ経験の少ない実習生にとっては、新しい一つの体験の機会となり、皆興味を持って取り組んでくれた様に受け止めている。

4. 事例研究

次に、幾つかの事例を紹介しながら、具体的に考察を加えて行く。

4.1 桐生の織物工場保存建築物調査

この物件調査の取り組みは、卒研生の出身校の教員の方が、歴史的保存建築物の図面起こしを実施して、建物の登録文化財指定を得ると言う取り組みをされて居られた事によっている。

我々の卒研チームは、最初にこの歴史的保存建築物の図面起こしを手伝うと言う形で参加した。先方へのヒアリングを行い、関連する文献検索を行い、資料の読み合わせも実施した。

この間に、建屋のオーナーさんとも連絡を取りながら、調査協力への御意向を確認しながら進めて行った。

その図面起こし作業が一応の完成を見た時点で、我々のテーマである歴史的保存建築物としての環境調査を開始した。

成果物としては、先の図面や建物としての温熱環境の調査データや実測からの報告書などが予定されている (rf. 文献4. 参照)。

調査実施にあたっては、予め帳票を準備し、風速・照度・温湿度計・放射温度計・デジタルカメラ・データロガー・ノートパソコン等を準備し、現地に運び込んだ。



写真1：鋸屋根建屋（撮影角本）

これは木骨煉瓦造の建屋である登録文化財申請のための図面起こし作業に協力した



写真2：蔵造り建屋（撮影角本）

ここの温熱環境も調査した、蔵の耐火性能に加えて断熱性能も一定程度備えている



写真3：織物工場内部（撮影角本）

これは織物工場内部の様子、時代の流れの影響を受けて様変わりして行く様子を留めている



写真4：母屋内部（撮影角本）

工場と蔵造りの間にある母屋内部、古き良きレトロな雰囲気が漂っている空間、ここの温熱環境も測定した



写真5：実測風景（撮影角本）

右が工場側のレンガ壁、左が母屋側との間にある廊下部分、温熱環境の実測風景、高さを決めて温湿度・照度・気流速等を2時間ごとに計測した

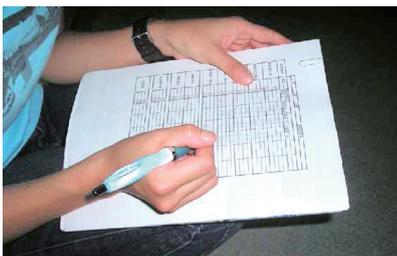


写真6：帳票記入（撮影角本）

実測現場では計測データを帳票に記入して行く、其々の役割分担作業である

現地でのデータは、データロガーに記録されると共に、デジタルカメラにも記録され、現地でノートパソコンにも記録保存して行った。

調査対象地は北関東であり、比較的アクセスも容易であり、夏の実測と冬の実測の両方が可能となった。

途中で、折からの繊維業界不況のあおりを受けて、オーナーさんが変わり、新しいオーナーの方が歴史的保存建物の中でパン工房を始めると言う形で、この登録文化財が使われる事となった。この方との連絡も取りながら、調査を終える事が出来た。お店の開店時期の関係の中で、夏の調査と同様に、冬の調査も実施出来た事は、新しいオーナーさんの御理解のお蔭であった。これも感謝に値する事。

調査データをまとめて、新しい知見を得て、その根拠や裏付けを得て、客観的に理論を構築し、卒研発表会へと臨んだ。

この時の実習生は、専門課程の上の応用課程へと進学したので、卒研の発表後の時間を伝達研修に協力的に割いてくれた。

4.2 歴史的民家の建屋調査

幾つかの民家の例を、以下に紹介する。

4.2.1 白川郷合掌づくり

このテーマの設定は、筆者が日本建築学会の北陸（金沢）大会の折りに、途中、この世界遺産を訪れて、この家屋のオーナーさんから保存秘話を伺い、感銘を受けた事に始まる。その経緯を卒研生に伝えて、テーマ設定への賛意を得る事が出来た。

調査依頼のために、改めてオーナーさんへ協力依頼の手紙を差し上げた所、まずは村の教育委員会の許可を取って欲しいとの事であった。教育委員会とのやり取りの中で、どの様な調査内容をどの様な方法で実施するのかを事前に知らせる事。そして調査実施後は、その内容を報告書の形で提出する事が、調査許可条件として義務付けられたので、その御指示に従った。

関連の文献を事前に確認した上で、卒研生と共に実測調査の準備に入った。



写真7：拌み部分
(撮影角本)

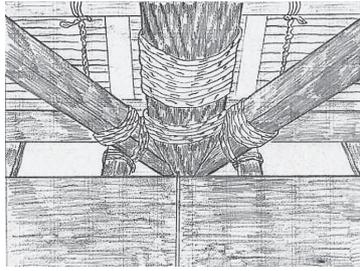


図1：又首尻の納まり
(図角本)

今回の調査地点は遠方でもあり、夏と冬の二回の調査実施は、費用面から無理なので、テーマを「合掌造りにおける夏の防暑効果」に絞った。

調査レベルに関しては、機会ごとに助言を加える事で実施可能な内容であると判断した。

調査家屋が我々卒研チームの宿泊先でもあり、夜にはこれ等の合掌造りの改修を手掛けている渡りの大工さんのお話を伺う事も出来た。

成果物としては、作成図面・写真データ・気流データ・温湿度データ・データロガーの記録データがあり、これ等をまとめた報告書の作成であった。この作成した一冊を教育委員会へ提出する事が、調査許可条件の一つとなっており、これを実行した。新しい知見として受け止められた事は良かった。

最後に、卒研発表に臨んだ。皆、実感を持って作り上げた研究成果であるので、自信を持って発表する事が出来ていた。

このチームも何人かは、先の応用課程への進学者であったので、次の学年への伝達研修には協力を得る事が出来た。

4.2.2 保存民家（網島邸）

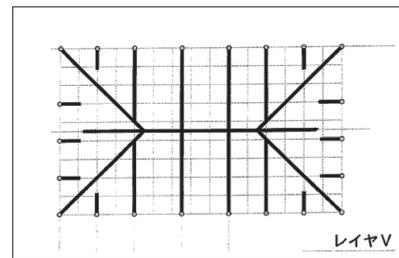
この課題設定としては、保存民家を対象としたものである。この建屋の管理は、東京都が行っている。当該課と連絡を取り、調査協力を依頼し、図面を入手し、軸組み理解と1/10縮尺の模型を製作し、民家の小屋組みのメカニズムを理解した。

設定レベルとしては、専門課程の学生さんには適していると考えている。成果物としては、写真データ・一部データロガーデータ・縮小模型等がある。小屋組み構成のメカニズム理解に役立っている事が出来た。

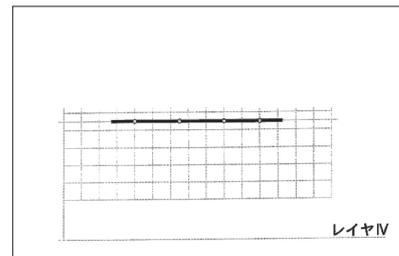
現地の建屋を訪れるとボランティアの方が、茅草の虫駆除のために囲炉裏に薪をくべに来て居られた。夏でも、この様な努力が欠かせないのである。

小屋組み理解のために軸組レイヤーを作成した。

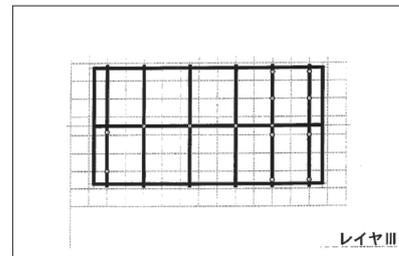
下から、レイヤーⅠ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴと重ねてイメージする事によって、全体の小屋組み構成がイメージ出来る事となる。複雑な民家の小屋組み構成を、各層に分解して、説明図としたものである。



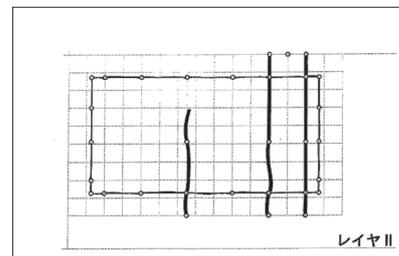
レイヤーⅤ



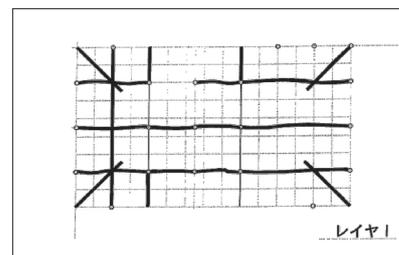
レイヤーⅣ



レイヤーⅢ



レイヤーⅡ



レイヤーⅠ

図2：小屋組みレイヤーⅠ～Ⅴ

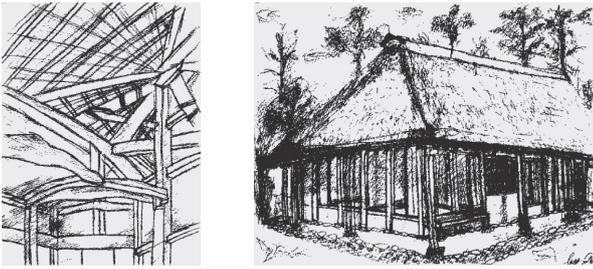


図3:建屋スケッチ(内部小屋組み&外観)(図実習生作成)

4.3 震災関係

このテーマの設定に関しては、日本の国がおかれている宿命的な地理的条件があり、その中で建築づくりやものづくりに取り組んで行く姿勢が必要である。日本に於ける建築の将来を考える時に、自然災害や地震災害の多い国として、此の立地条件下での日本の国づくりを考える必要性を痛感している。

問い合わせ窓口としては、千葉県旭市の当該課があり、訪問し調査協力をお願いし、仮設住宅の基本図面の入手をお願いした。打ち合わせさせて頂いた職員の方々は、若い学生さん達のために、お忙しい中笑顔で時間を割いて下さった事は、感謝に値する事と受け止めている。

関連文献に関しては、日本建築学会における取り組み事例があり、これ等を参考とした。

調査レベルとしては、より実務的内容でもあり、readiness状態としては、一通りの建築的理解が備わっている必要があるので、専門課程の卒研生の場合には、指導員の側でも良くフォローして行く必要がある。

成果物としては、仮設住宅の図面・図面を基に起こしたエスキース模型・写真データ・気流速計データ・温湿度計データ・データロガーデータ・相談員の方々に伺ったヒアリング内容等がある。

計測用道具を準備して、実測調査用の工程表も作成した。

4.3.1 東日本大震災仮設住宅の住環境調査

これは東日本大震災後の仮設住宅の住環境調査の実習に関する報告である。日本の度重なる震災等の自然災害後の仮設住宅や復興計画に関する報告内容である。

テーマ設定としては、東日本大震災仮設住宅の住環境調査としている。この調査地に関しては、車で2時間位の距離に位置していたので、夏と冬の測定調査が可能であった。データとしては、先の測定結果に加えて、solmetricと言うソフトを使って、その敷地における太陽光発電量予測なども実施している。

これはその土地での南中時刻がわかれば、どこの土地に出かけて行っても実施出来る方法である。

成果物としては、建物内の気流速・温湿度・デー



写真8:データロガー記録計

集会室に設置されたデータロガー記録計、10接点の温熱を5分刻みで記録している、データはノートパソコンに記録される



写真9:建屋内実測風景

建屋内実測の様子、協同作業で行うので役割分担やチームワーク形成能力が必要とされる



写真10:建屋軸線計測作業

これは天文台に現地の季節・月日に於ける南中時刻を聞いておいて、その時の影をプロットして、建屋の軸線を求めるための作業である

タロガーの記録値・建物表面の温度・建物外部の照度・気流速・温湿度等の記録値、図面、写真データ、太陽光発電予測値等があり、報告書にまとめられている。

仮設住宅の実測調査の中から理解された大きな項目は、住宅や集会室の換気性能が不十分であると言う事である。集会室では、寒い冬の日でも多くの人が集う時には、玄関ドアを少し開放する事で不十分な換気の補助としていた。もう一つは、集会室などでのイベント計画が大切であると言う事。これは人々が集うためには、様々なイベントを開催する必要がある事。生活空間ではあるが、生活の中には精神的な潤いや充実感も必要とされるのである。

これ等の被災後の記録が留められた事の意義は、大きいと受け止めている。

関係先としては、先の旭市の方々のみならず、現地の仮設住宅で生活して居られる連絡員さんの方とも連絡を取りながら、現地調査に協力して頂いた。又、福祉のケアで定期的に訪問されて居られる相談員の方々の御意見もヒアリングさせて頂いた。これも感謝に値する事。

そして迎えた発表会の時である。夏と冬の現地調査の結果をまとめ上げる段階で、全体としての捉え方などをフォローしながら、まとめ上げて行き発表した。伝達研修の目的のため、報告書を作成した (rf. 文献6. 参照)。

4.3.2 東北仮設見学

これは日本建築学会の高齢者・障がい者居住環境小委員会主催の見学会からの報告内容である。委員会として、現地のキーマンの方々とのアポイントも取っており、仮設住宅の中での高齢者や障がい者の



写真11：集会室部分外観

これは集会室と言う共用部分での様子である、仮設の生活の中にも潤いのある生活としたい

方々への配慮がなされた仮設住宅の様子を見学調査し、ヒアリングさせて頂いた。見学調査の成果は、小論文として学会等の機会に、発表させて頂いた (rf. 文献6. 参照)。仮設住宅に於いても高齢者や障がい者の方々への配慮がなされている事は、日本の恵まれた姿の一つであると感じた次第である。

4.3.3 東北復興計画案

この課題設定は、陸前高田市が当時復興計画案の敷地候補をホームページ上にアップしており、その敷地条件に対して自然エネルギー利用の復興計画案を立案したものである。日本建築学会のシンポジウム等で発表させて頂いた (rf. 文献7. 参照)。

4.3.4 メモリアル計画案

これは陸前高田市が、メモリアルホールの立案について、広く市民からの意見を募集しており、それに対して知人の中学校教員の彼と立案したものである。筆者は、設計協力の形で参加している。卒研究生は、その立案に関する模型造りの形で参加している (rf. 文献8. 参照)。



図4：復興計画案（高田・今泉地区）

これは予定敷地に自然エネルギー利用の復興計画案を立案したもの



図5：希望の松メモリアルホート & 希望の松ミュージアム復興計画案（設計角本）

5. フィールド調査からの成果

フィールド調査を実施する事によって、窓口担当者とのコミュニケーション能力の育成、調査準備への段取りの取り方、計測機器の使用法の習得、集計したデータの解析手法の習得、フィールド調査はチーム編成して実施するので、チームで協同作業する事の大切さを学ぶ。現況分析能力の習得、まとめ上げた報告内容の発表能力の習得、フィールド調査から得られた知見によって、そこからの見通しを立てる目が養われる、理論構築への根拠を得る。これ等の教育的効果が期待され得ると考える。

6. まとめ

ここまでフィールド調査と言う形での色々な事例を紹介し、その考え方を述べて来た。中でも防災・減災に関する取り組みは、すべてのものづくりに関係する学科での実習課題に成り得る内容であり、この点での取り組みを開始し、その知見を開示して頂きたいと考える次第である。

日本の立地条件に於ける地震災害を初めとする自然災害に関する防災・減災への取り組みを、それ等を自らの宿命的な課題として真に取り組んで行かない限り、日本の将来は見えて来ない (rf. 文献5. 参照)。これ等の諸条件を確率論的要素としてのみ扱っている間は、日本の将来は見えて来ないので有る。伝統的建物も規制対象からは外される訳であるが、それは取りも直さず災害弱者の立場に立つ事を意味している。少なく共、研究に励み、そこに自助努力



写真12: 卒研発表の様子 (撮影角本)

伝える能力を養う。タイトル発表、中間発表、最終発表と頭の中のデータは、一つにまとめ上げられて行く

を促す形での時代的進歩を取り入れて行く姿勢が強く望まれる。

具体的にはシラバス作成時点に於いて、基本的には標準に準じた内容であるが、そこに新しい知見を入れて行く余地を設定し、各教育者が日頃から新しく取り組んでいる内容からの知見を開示して行く可能性を求められるのである。その目的のために各教育担当者は、新しい時代の動きや課題への取り組みに関して、新しい情報を探しに行くばかりでは無く、自らに新しい情報が入って来るネットワークの構築を図り、日頃からの実践的取り組み姿勢を持ち合わせている心構えと努力とが問われているのである。

7. 補足説明として

理解を深めるべく、以下に、補足説明を加えたい。

・補足説明1:

筆者自らも学生時代に、東京下町のフィールド調査を実施した事がある。

これは折から環境問題が注目され始めた1970年頃であり、生活環境を調査する手法として生活環境指標なる考え方があった。

関係の資料を貰いに関係省庁に足を運んだり、国民生活センターに足を運び、参考意見を伺ったりした。

この生活環境指標に従って、東京下町地区を他学生に協力してもらいながら、パネルにまとめ上げた。当時の学園祭などで、調査結果を発表した。

当時は、学会の準会員レベルであったので、学会発表の機会は与えられなかったが、一つまとめ上げると言う意志行為が大切であると考えた。

・補足説明2:

フィールド調査と言うと東大の原広司研究室が、海外の集合住宅の調査などを実施したものなどが、当時雑誌などで発表されていた。

もう一つ、明大の神代雄一郎研究室のデザインサーベイも一つの手法として特筆されるものがあった。

これは漁村など、或る特徴を有する集落を、一夏

掛けて調査するものであり、その建物の形や位置関係や、その空間構成を調べる。

特に、神代氏のお話を伺うと、“その人間関係は、祭りの時などに浮き彫りになりますね。”との事であった。

これは今の東京や地方の街組でも同じである。

学会の防災に関する特別委員会にも参加させて頂き、東京都の防災に関する取り組みについてヒアリングに出かけ、資料も入手し、東京都主催のシンポジウムにも参加し、その内容を学会の特別委員会の席でも発表し、後日、共著で本（rf. 文献2. 参照）も出版させて頂いた。

学会の比較居住文化に関する委員会のメンバーの中には、東南アジアの特徴ある街組を継続的に調査している方々も居られる。

これなども文化人類学の比較文化論の立場から、現代社会における歪みを発見するためにも、有効な方法論の一つであると考えられる。

・補足説明3：

今日的課題として、日本の国づくりとの関連で課題設定する場合に、一つのヒントとなるのは、「防災・減災」の観点であり、そのための技術的なツール開発である。

フィールド調査の中でもふれている様に、今の世の中の様態を調査する一環として、情報収集があり、そして或る知見に到達した時点での情報発信とがある。日本の最高の英知としての日本学術会議があり、色々なシンポジウムを開催しているので、参加してみるのも良い。

今回、日本の防災に関する継続的な取り組みのために、防災学術連携体～防災減災・災害復興に関する学術ネットワーク（2016年1月9日設立）があり、多くの学会が参加している。

そこの方向性を合わせる分野で、卒研テーマとしての課題設定をする事も有効な手段の一つであると考ええる。

次世代を担う若者が、日本の将来の国づくりのために働く事を目指し、それによって世界の国々のためにも貢献して行く事が望まれる。そしてそこに、

職業能力開発施設が担うべき、能力開発施設としての課題が見えて来ると考える次第である。

***ここに実習生を初めとする実習調査に協力を惜しまなかった関係各位の方々の御理解と御協力に対して、また保存建屋の実測調査や震災後仮設住宅の実測調査に御協力下さった方々に対して、心からの感謝を申し上げる次第。

<参考文献>

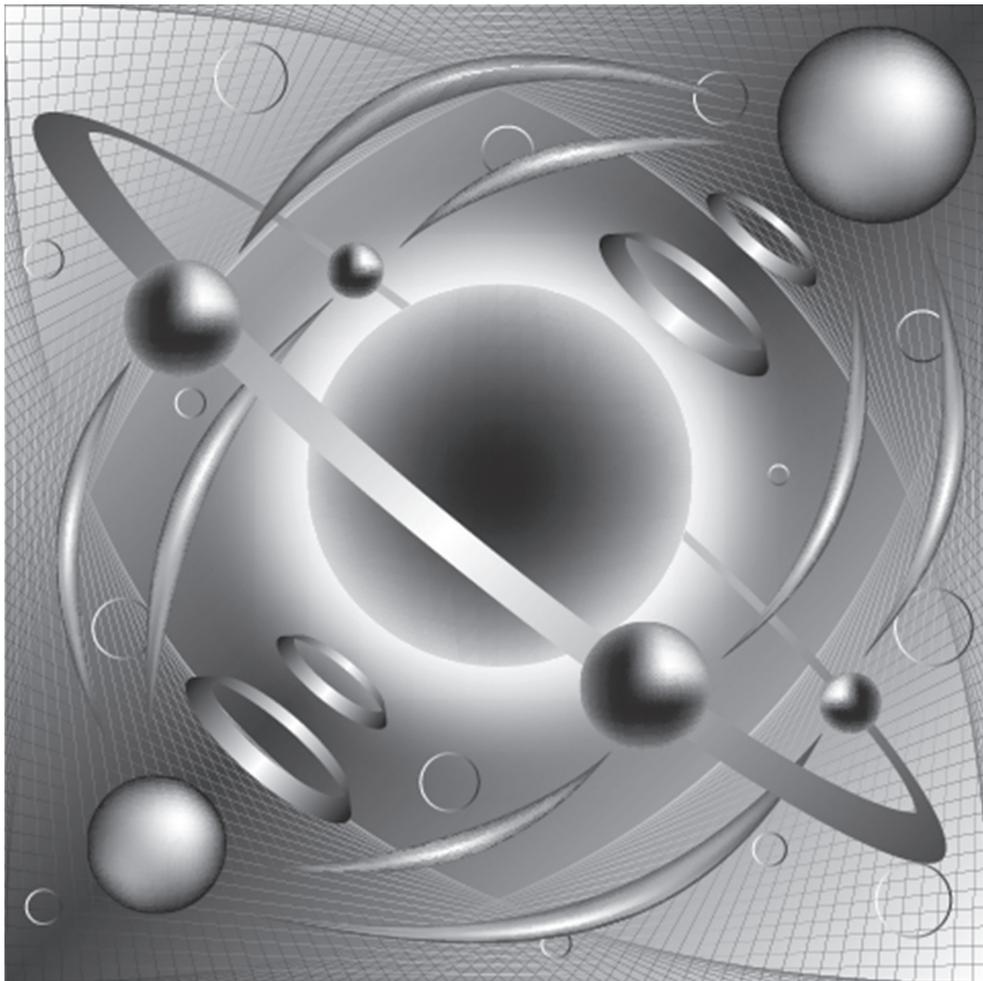
1. 角本邦久：「フィールドへ出かけよう！住まいと暮らしのフィールドワーク」（共著、日本建築学会編）、発行：風響社、2012年3月
2. 角本邦久：「地震リスク評価とリスクコミュニケーション」（共著）、（社）日本建築学会、2011年6月
3. 角本邦久：「フィールド調査の始め方、～茶室・民家・合掌造り・蔵造りの調査より～」、第955回東京雑学大学講演発表、2015年7月
4. 角本邦久：「桐生市における近代化遺産建築物の調査、～近代化建築物の温熱環境の測定及びそれに基づく改善提案～」、平成19年度総合制作実習卒業研究論文、(その1)～(その4)、指導・監修、関東職業能力開発大学校、2008年3月、(国会図書館蔵)
5. 角本邦久：「東日本大震災後の日本の国造りへの指針」、(その1)～(その3)、2012年度日本建築学会、関東支部研究報告会、於：建築会館、(社)日本建築学会、2013年3月
6. 角本邦久：「東日本大震災後の仮設住宅の現状と今後への展望、～高齢者・障がい者用仮設住宅の報告～」、紀要第17号、関東職業能力開発大学校附属千葉職業能力開発短期大学校、2012年10月
7. 角本邦久：「東日本大震災の復興計画提案として～環境配慮型ソーラーコミュニティー論の展開～」、オーガナイズドセッション：環境に配慮したまちづくり、(社)日本建築学会（東海）大会、名古屋大学、2012年9月
8. 角本邦久、共著：「希望の松メモリアルホール」と「希望の松ミュージアム」（『希望の松スクエア』）について、2013年1月、(国会図書館蔵)

■ ■ ■ 表紙デザイン選考会 選考結果 ■ ■ ■

「技能と技術」誌 表紙デザインの募集に、全国から125点の応募をいただきました。毎年多数のご応募ありがとうございます。本誌編集委員長をはじめ専門識者による厳正な審査の結果、以下の14点を入選作品といたしました。

最優秀賞に選ばれた涌井天史郎さんの作品は2017年に発行されるVol.52の表紙を飾ります。また、次点の筑久実さんの作品は平成29年度職業能力開発論文コンクールのポスターデザインに採用されます。

■ 最優秀賞 涌井 天史郎（北海道立札幌高等技術専門学院）

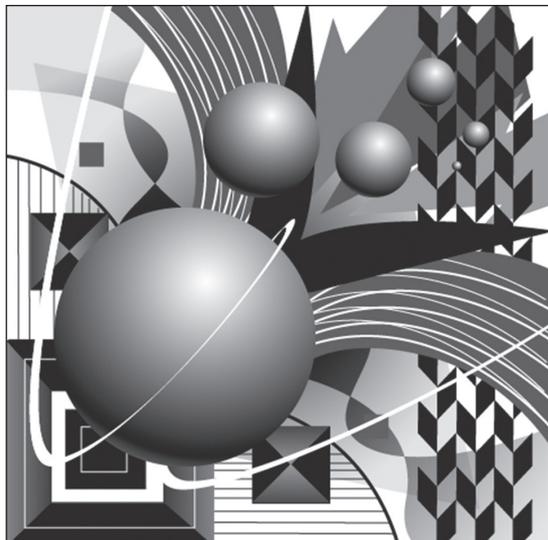


【コンセプト】

今回の「技能と技術」誌表紙デザインのコンセプトとして、「技能と技術、それを取り巻く人間」ということで、制作しました。中心にある淡く光るひときわ大きな円が「技術」、その周りを囲むように結びついている大小4つの円が「技能」です。そして画面左下、右上にある円が我々「人」を意味しています。さらにこの「人」の円のうち、左下のものが技能・技術を習得しようと挑む人で、右上のものがそれらを習得し、次の段階へと進んでいく人を指しています。また、背景の線と丸は無限に広がる未来や組織の発達、人々の成長を表しています。

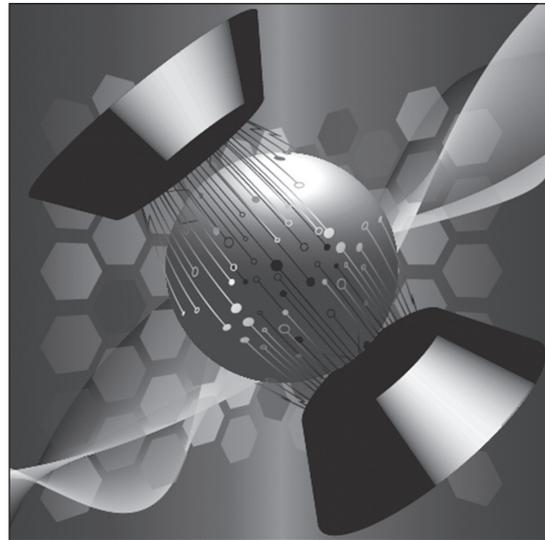
■ 優秀賞

寛 久 実 (神奈川県立産業技術短期大学校)



■ 優秀賞

坂 田 京 介 (北海道立札幌高等技術専門学院)



■ 佳作 (11名)

- 井 上 夏 綺 (北海道立旭川高等技術専門学院)
- 上 原 耕 一 (神奈川県立障害者職業能力開発校)
- 佐 藤 夏 未 (宮城県立仙台高等技術専門校)
- 小松谷 果 穂 (秋田県立大曲技術専門校)
- 加 藤 栄 一 (秋田県立大曲技術専門校)
- 則 武 光 代 (長野県長野技術専門校)
- 星 野 夏 美 (島根県立東部高等技術校)
- 中 山 貴 喜 (兵庫県立神戸高等技術専門学院)
- 高 鳥 宏 子 (兵庫県立障害者職業能力開発校)
- 吉 坂 美 里 (福岡県立障害者職業能力開発校)
- 新 倉 萌 乃 (サレジオ工業高等専門学校)

【最優秀賞作品に対する選考員のコメント】

- ・ 全体的にバランスがとれていて、最初に見たときに、球体と帯状の要素が目について印象に残った。広い空間で要素が自由に動き、飛躍するイメージが伝わってくる。
- ・ 白黒のバランスが非常に良く、デザインのまとまりが感じられ、また動きもある。制作コンセプトがデザインとしてうまく表現されている。

平成29年「技能と技術」誌 特集テーマについて

「技能と技術」誌編集委員会において、平成29年の特集テーマが決定しました。本誌への投稿をお待ちしております。

特集テーマ

2017年第1号（通巻第287号）

平成29年3月掲載

【魅力ある職業訓練】

内容：各職業能力開発施設の特色ある事例報告や、教材コンクールの取り組み等を紹介。

2017年第2号（通巻第288号）

平成29年6月掲載

【安全に対する取り組み】

内容：安全衛生にかかわる多様な報告を紹介。

2017年第3号（通巻第289号）

平成29年9月掲載

【障害者に対する職業訓練】

内容：障害者に対する職業訓練や就職支援の取り組み等を紹介。

2017年第4号（通巻第290号）

平成29年12月掲載

【新しいものづくり】

内容：最近話題のキーワードにかかわる情報や各職業能力開発施設の取り組みを、事例をもとに紹介。

問い合わせ先

「技能と技術」誌編集事務局

職業能力開発総合大学校 基盤整備センター 企画調整部企画調整課

〒187-0035 東京都小平市小川西町2-32-1

TEL：042-348-5075 FAX：042-348-5098 E-Mail：fukyu@uitec.ac.jp

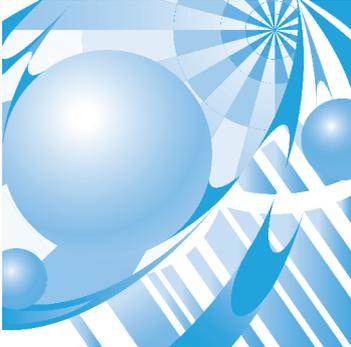
編 | 集 | 後 | 記

▶本誌は昭和41年11月1日に創刊され、今号はちょうど50周年となる号でした。これまで本誌を支えていただきました著者の皆様と読者の皆様、また先輩編集者の方々に敬意を表するとともに、これからも永く続く「技能と技術」誌となるよう責任を持って誌面を作っていきたいと思います。今後とも本誌をよろしくをお願いします。▶【暗黙知】に関しては以前より本誌で扱いたいと考えていた内容でした。職業大ならではの研究成果であり、本誌タイトルにもバッチリ合う内容だったのではないのでしょうか。▶【室内環境】について、現在編集担当の住む集合住宅は年間通して湿気に悩まされており、個人的にも大変に興味深い内容でした。今後の報告にも期待します。▶【身近なところで】革新技術が潜んでいるものです。子供のころは、ヤモリって吸盤でくっつくものだと思っていました。先生のおっしゃるように自然に学び、自然に恩返しをすることを心掛けたいものです。▶今年の【学生ロボコン】は九州能開大の出場で盛り上がりました。参加2年目での本戦進出と特別賞の受賞は、ノウハウの蓄積がない中での快挙であり、能開大ならではのチームワークとトラブルへの対応力が発揮されたのはうれしい限りです。▶【TIG溶接モーションキャプチャー】も技能の「見える化」についてのアプローチの一つの方法でした。指導が難しく、あいまいなカン・コツの世界がこうして数値化されることで明確になるという好例です。他科と自由にアイデアを出し合っの試作であり、今後の改良にも期待したいところです。▶【フィールド調査の始め方】はなんと豊富な事例紹介でしょう。私は建築の専門外ですが、こんな私でもやれる気がしてきます。フィールドに出る前にも、学会やシンポジウムでの情報収集がキモとなりそうです。▶【表紙デザインコンクール】の受賞者のみなさまおめでとうございます！次号では最優秀賞受賞者と、指導してくださった先生の本誌でお伝えする予定です。 【編集 大野】

職業能力開発技術誌 技能と技術 4/2016

掲 載 2016年12月
編 集 独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構
職業能力開発総合大学校 基盤整備センター
企画調整部 企画調整課
〒187-0035 東京都小平市小川西町2-32-1
電話 042-348-5075
制 作 システム印刷株式会社
〒191-0031 東京都日野市高幡1012-13
電話 042-591-1411

本書の著作権は独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構が有しております。



技能と技術