

### 第3章 技能のカン・コツを見える化したデジタル教材及び訓練手法の開発



## 第3章 技能のカン・コツを見える化したデジタル教材及び訓練手法の開発

### 第1節 建築分野について

本調査開発では、技能継承を支援するデジタル教材及び訓練手法の開発により、技能者不足が深刻化する建設業、とりわけ公共職業能力開発施設や認定訓練校で設置科の多い建築大工技能を対象として、技能者のみならず指導者の不足や指導力の平準化の必要性も考慮し、「受講生には学びやすく、指導者には教えやすい」教材の開発及び訓練手法を提案・開発した。

題材として木造建築実技教科書から抽出した実習について、熟練技能者の作業を各種機器により計測し、技能のカン・コツを可視化した動画を制作した。また、得られたデータを基に、技能要点や安全ポイントを示す動画教材も制作し、これら動画について二次元コードを介してスマートフォン等で容易に閲覧可能な環境を構築した。さらに、受講者に対して理解度テストを実施することにより、教材の訓練効果を確認し、デジタル教材視聴の有無が学習成果に及ぼす影響を検証した。実習に際しての訓練手法として、デジタル教材を事前に視聴した上で実習に臨む反転授業を提案し、その有効性を検討した。加えて、効果の把握方法として使用した統計について、同様な統計手法による効果の把握が指導者によってできるように、データサイエンスに不可欠な統計手法の解説ツール及びその使用法を示す教材も整備した。なお、規矩術については、動画でも理解が難しいため、AR教材化を試み、その開発環境等の要件を整理している。

#### 1-1 各種教材の制作対象とした作業

本調査開発において動画教材の制作対象とした実習は、認定教科書である木造建築実技教科書に掲載されている98項目のうち、模擬家屋の建て方実習などを除いた基本的な建築大工作業である37作業を対象とした。表3-1に制作対象とした作業を示す。表3-1中、○印を付したものが制作した動画教材、可視化した教材、AR教材である。作業手順及び安全のポイントを示した動画教材として制作した作業、熟練者の動作、視線、力覚など各種測定器を用いて測定した結果に基づき、技能のカン・コツを可視化した動画教材として制作した作業及び、AR教材化を試みた作業についてまとめて示す。

木造建築実技教科書から抽出した建築大工の基本37作業に対して、作業手順及び安全のポイントを示した動画教材を32本制作した。例えば、のこぎりを用いて木材を横挽き、縦挽きする際の作業手順、安全のポイントを示した。

熟練者の動作、視線、力覚など各種測定器を用いて測定した結果に基づく、技能のカン・コツを見える化した動画教材を9本制作した。例えば、「No.6 ほぞ穴掘り」では、のみを

用いて木材にほぞ穴を掘る場合、熟練者がどのくらい腕を振り上げているかを定量的に示し、熟練者が作業中どこを注視しているかなどを提示した。

また、写真・文章に加えて動画教材でも直感的な理解が困難と考えられる作業として、寄棟屋根の桁同士の納まりの墨付けに必要な技能要素である、ねじ組及び隅木の納まりを加工する際に求められる墨付け作業について、必要な規矩術に関する AR 教材の制作を試みた。表 3-1 における該当の作業名は、「No. 67 ねじ組(1)」、「No. 68 ねじ組(2)」、「No. 69 棒隅木」である。

表 3-1 木造建築実技教科書において各種教材の制作対象とした作業

No.	作業名	動画教材	技能のカン・コツを可視化した教材	AR 教材	
2	さしがねの使い方	○			
3	のこびき (1)	○	○		
4	のこびき (2)	○			
6	ほぞ穴掘り	○	○		
7-1	のみの手入れ	○			
8	のみの研ぎ方 (1)	○	○		
9-1	のみの研ぎ方 (2)	○			
10	かな刃の出し入れ	○			
11	かな削り (1)	○	○		
12	かな削り (2)				
13	かな削り (3)				
14	かな刃の研ぎ方 (1)	○	○		
15	かな刃の研ぎ方 (2)	○			
16	かな刃の研ぎ方 (3)	○			
17	かな刃の研ぎ方 (4)	○			
18	かな台の手入れ (1)	○			
24	けびきの使い方	○			
26	墨付け用具の使い方 (1)	○	○		
27	墨付け用具の使い方 (2)				
31	電動工具の使い方 (2)	○			
34	電動工具の使い方 (5)	○			
35	電動工具の使い方 (6)	○			
36	電動工具の使い方 (7)	○			
45	こしかけ蟻継手 (1)	○	○		
46	こしかけ蟻継手 (2)				
47	こしかけ鎌継手 (1)	○	○		
48	こしかけ鎌継手 (2)				
49	追かけ大栓継手	○			
54	大入れ蟻掛け	○	○		
62	平ほぞ差し	○	○ (No. 3、No. 4 と同一内容)		
67	ねじ組み (1)	○		○	
68	ねじ組み (2)	○			
69	棒隅木	○			
71	内法材の寸法取り (1)	○			
72	内法材の寸法取り (2)	○			
76	下端留め目違い入れ	○			
77	下端留め目違いほぞ差し	○			
	合計	32 本	9 本	1 個	

※No. は「木造建築実技教科書」の作業番号である。

## 1-2 デジタル教材の制作環境と制作方法

制作したデジタル教材として、作業手順及び安全のポイントを示すための動画教材、技能のカン・コツを可視化した動画教材、写真や文章、動画教材でも直感的な理解が困難な技能要素である規矩術を学ぶために制作したAR教材のそれぞれの制作環境と制作方法を以下に述べる。

### (1) 作業手順や安全のポイントなどを示すための動画教材の制作環境

作業手順及び安全のポイント等を示すための動画教材の制作に使用した機材及び動画教材の編集に使用した動画編集ソフト並びに音声入力ソフトをまとめて表3-2に示す。

撮影環境は、幅約2.7m（合板3枚分）、奥行約1.8m（合板2枚分）、高さ約2.0mの撮影ブースを用意した。床仕上げには合板仕上げ（合板4枚分）を採用し、背景には合板を使用することで、撮影対象を明瞭に捉えることができる環境を構築した。

作業面の均一な照明を実現するとともに影の発生を軽減させるために、LED投光器50W×2台（色温度5000K、演色性Ra>80）を使用した。木造建築実技教科書「No.71内法材の寸法取り(1)」、「No.72内法材の寸法取り(2)」を撮影している様子を図3-1に示す。具体的には、敷居を取り付ける際に柱のくせを見る作業を行なっている様子である。この撮影では、小型デジタルカメラを2台用意し、1台は作業中の手元を撮影するために低い位置に設置した。もう1台は作業中の熟練者の作業姿勢、動作などを俯瞰的に捉えるために、上方に設置して撮影をしている。このように、作業ごとにカメラの位置を適宜調整して、2台のカメラを同期させて撮影を行なった。

また、作業に応じて、撮影対象者の手元の細部撮影に適したウェアラブルカメラを使用している。

カメラの固定には三脚を使用し、撮影角度の調整を可能とした。

音声機材には、ウェアラブルカメラを使用して撮影を行った場合には、付属の防風スクリーンを使用し、ナレーション収録時のノイズを低減するとともに、ノイズキャンセリング機能により、クリアな音声収録を実現した。小型デジタルカメラを使用した場合には、内蔵されているマイクを用いた。

動画の編集には、動画編集用ソフトウェアを使用し、作業手順や作業のカン・コツを説明する文章、矢印、各種エフェクト、スローモーション処理などの編集を行っている。スマートフォンやタブレット端末での視聴に対応するために、動画教材の出力形式はMPEG4形式とした。

動画教材の内容を説明する音声は、人によるナレーションの方が聞き取りやすいことが本調査開発の予備調査で視聴者からの指摘があった。しかし、人によるナレーションでは、説明内容の修正に対して即応が困難であるため、やや聞き取りにくい部分があることを許容しつつ、音声合成用ソフトウェアを使用した。具体的には、音声合成用ソフトウェアによって説明ナレーションを生成し、動画編集用ソフトウェアの音声調整機能によりノイズ除去、音量の調整を実施している。

表 3-2 動画教材制作に使用した機材と動画編集ソフト等

	機材・環境	使用機材（メーカー等）	備考
撮影	ウェアラブルカメラ	HERO®12 Black (GoPro)	手元の細部撮影に使用手ブレ補正機能搭載
	小型デジタルカメラ	DSC-RX0M2 (SONY)	複数台のカメラを同期可 5.3K/60fps、4K/120fps 対応
	三脚	055 (マンフロット)	最大高さ 170cm
	防風スクリーン	GoPro® HERO®12 Black 用	録音時使用
動画編集	動画編集用ソフトウェア	Adobe Premiere Pro® 2025 (Adobe)	説明文、矢印、各エフェクト、スローモーション処理、ノイズ除去、音量調整など
	音声合成用ソフトウェア	VOICEPEAK® (AHS)	説明ナレーション生成

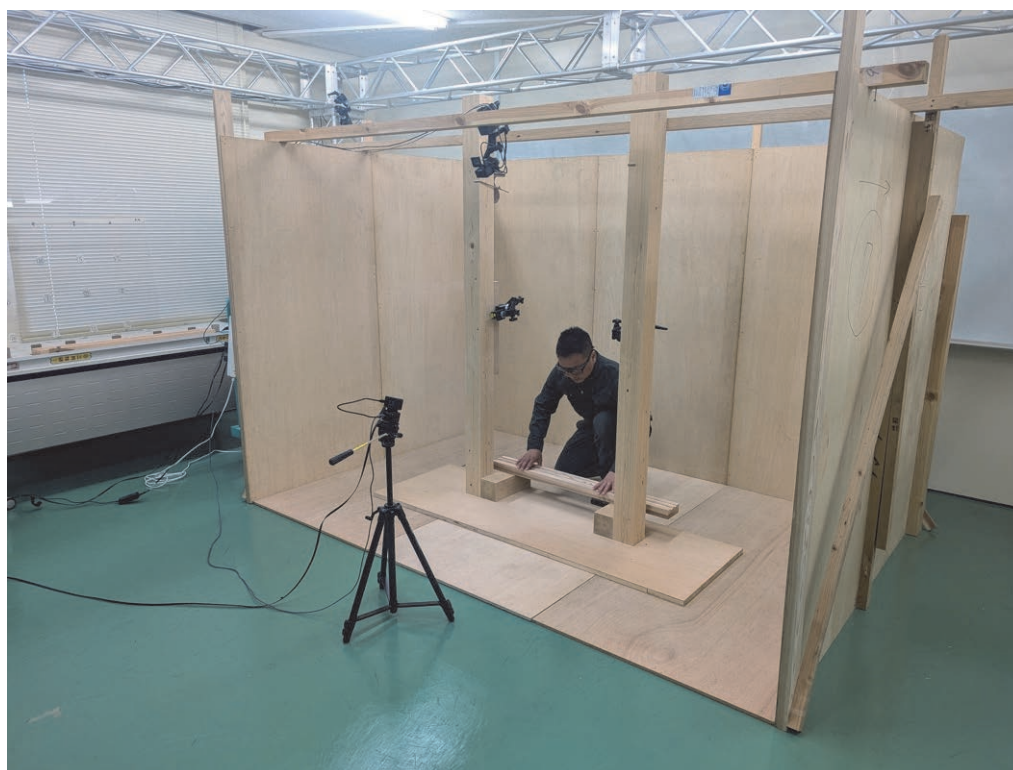


図 3-1 撮影ブースを使用した撮影の様子

(木造建築実技教科書「No. 71 内法材の寸法取り(1)」、「No. 72 内法材の寸法取り(2)」)

(2) 技能のカン・コツを可視化した動画教材の制作環境と技能を可視化する測定環境

技能のカン・コツを可視化した動画教材は、職業大の技能分析スタジオに設置された表3-3に示す使用機器と計測用ソフトウェアで各種の計測を行うとともに、解析用ソフトウェアで分析を行った。

具体的には、動作の計測には光学式モーションキャプチャーカメラ 10 台及び動画計測用ソフトウェアを用いた。測定した動作の解析には、動作解析用ソフトウェアを用いている。

また、視線計測装置を用いて作業中の視線を計測し、視線解析用ソフトウェアによって計測した視線データの解析を行った。

作業中に足から床にかかる足圧や、かんな掛け作業時等に材料である被削材へ加えている力を測定するために、反力計測装置(以下「フォースプレート」という。)を使用し、のみの刃研ぎ時に押す力と引く力などの測定には、小型低容量反力計測装置(以下「小型低容量フォースプレート」という。)を使用して計測している。また、ソフトウェアとして反力計測用ソフトウェアを使用している。

表 3-3 使用機器と解析ソフト

	測定機器 (メーカー等)	解析ソフト (メーカー等)
動作計測	光学式モーションキャプチャーカメラ OptiTrack® PrimeX 13W (Natural Point)	動作計測用ソフトウェア Motive® (Natural Point) 動作解析用ソフトウェア SKYCOM® (Acuity)
視線計測	視線計測装置 Tobii Pro Glasses3®(Tobii)	視線解析用ソフトウェア SKYCOM EYE® (Acuity)
作業時の力及び 床反力計測	反力計測装置 (フォースプレート) TF-4060 (容量 10kN) (テック技販) 小型低容量反力計測装置 (小型低容量フォース プレート) TF-3040-D-C2203 (容量 300N) (テック技販)	反力計測用ソフトウェア FORCE PLATE(テック技販)

図3-2に木造建築実技教科書「No.6 ほぞ穴掘り」作業時の動作計測、視線計測、足圧計測の様子を示す。

熟練者がほぞ穴掘りの作業を行った際の動作を、光学式モーションキャプチャーで測定するために、41 個のマーカーをボディースーツの関節等に取り付けている。

また、熟練者の作業中の視線は、メガネ型の視線計測装置を身につけた状態で計測し、作業中の足圧は、床反力計測用のフォースプレートで計測している。



図 3 - 2 ほぞ穴掘り作業時の各種計測の様子

図 3 - 3 に同実技教科書「No. 11 かな削り (1)」、「No. 12 かな削り (2)」、「No. 13 かな削り (3)」におけるかな掛け作業時の動作計測、視線計測、足圧計測の様子を示す。

熟練者がかな掛け作業を行った際の動作を、光学式モーションキャプチャーで測定するため、ほぞ穴掘り作業時の動作計測と同様に 41 個のマーカーをボディースーツの関節等に取り付けている。また、同様にメガネ型の視線計測装置を身につけ、熟練者の作業中の視線を計測するとともに、床反力計測用のフォースプレートによって作業中の足圧を計測した。また、かな掛け作業時に被削材に加える力は、机上のフォースプレートで計測している。



図 3 - 3 かな掛け作業時の各種計測の様子

図3-4に同実技教科書「No. 8 のみの研ぎ方(1)」におけるのみの裏押し作業時の動作計測、視線計測、足圧計測、のみを押す力の計測の様子を示す。のみの裏押し作業時ののみを押す力と引く力の計測には、小型低容量フォースプレートを用いている。



図3-4 のみの裏押し作業時の各種計測の様子

図3-5に同実技教科書 No. 14 のかな刃の研ぎ方(1)におけるかな刃の裏打ち作業時の動作計測、視線計測、足圧計測、かな刃を裏打ちする際に加える力の計測の様子を示す。かな刃の裏打ち作業時に加える力の計測には、小型低容量フォースプレートを用いている。

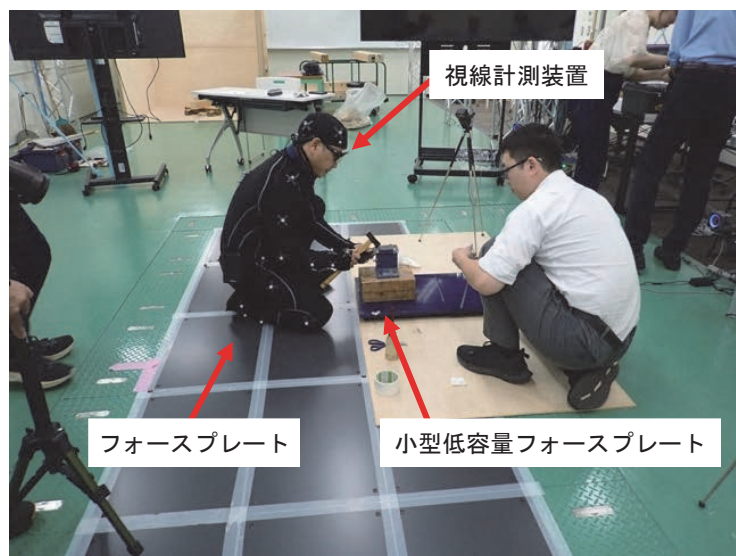


図3-5 かな刃の裏打ち作業時の各種計測の様子

### （3）AR 教材の開発環境と開発の流れ

AR 教材は、桁と隅木の墨付け作業を対象として開発し、木造建築実技教科書と、同じく厚生労働大臣認定教科書である建築 [ I ]-建築施工・工作法・規く術編-（五訂版）<sup>7)</sup>を参考に作成した。本教材は、説明文、2次元の図面、3次元の図面、3次元モデルを組み合わせた複合的な教材である。文章や2次元の図面によって従来の教科書と同様の情報を提示するとともに、3次元モデルや3次元の図面によって、初学者が立体的なイメージを想起することを補助する。説明文、2次元・3次元の図面、3次元モデルを複合的に組み合わせることによって、墨線の意味や部材同士の位置関係を視覚的に理解しやすくし、初学者の学習を支援することを目的とした。

AR 教材の開発プロセスは、2次元図面の作成、3次元モデルの構築、AR アプリケーションの実装という三段階の工程で行った。まず、CAD により教材に必要な2次元図面を作成している。また、初学者にとってイメージが困難であると思われる部分の墨線、部材同士の取り合いについては、3次元の図面と3次元モデルを3Dモデリングソフトウェアで作図した。

AR アプリケーションの開発にはリアルタイムで確認ができる3D開発プラットフォームを使用した。また、OSに応じたAR機能を実装するため、クロスプラットフォームAR開発ツールを導入した上で、OSに応じたAR開発フレームワークと連携した。

3Dモデリングソフトウェアプロジェクトへのインポート形式については、CADで作図した2次元の図面はJPEG形式とし、3Dモデリングソフトウェアで作成した3次元モデルはFBX形式を使用した。

教材として必要な動作やインタラクションを実現するため、C#を用いて各種スクリプトを作成した。C#スクリプトの作成は、3D開発プラットフォームと連携させた統合開発環境及び生成AIを使用した。なお、インタラクションとは、ユーザーの操作に応じてARアプリケーションが視覚的・動作的な反応を返す双方の操作過程を指す。3Dモデルの表示、移動、拡大縮小、アニメーション再生など、ユーザー操作に基づく動的な応答をインタラクションとして実装している。

最終的なアプリケーションのビルドは、使用端末に搭載されたOSに応じて生成を行い、AR教材アプリケーションを構築した。

AR教材開発環境を表3-4に、開発フローを図3-6に示す。

表3-4 AR教材開発環境

	ソフトウェア名（メーカー等）
CAD	JW_CAD、AutoCAD®（Autodesk）
3Dモデリングソフトウェア	Blender®（Blender Foundation）
リアルタイム3D開発プラットフォーム	Unity（Unity Technologies）
クロスプラットフォームAR開発ツール	AR Foundation（Unity Technologies）
AR開発フレームワーク（iOS用）	ARKit®（Apple）
（Android用）	ARCore®（Google）
生成AI	Copilot®（Microsoft）
ビルドツール（iOS用ビルドツール）	Xcode®（Apple）

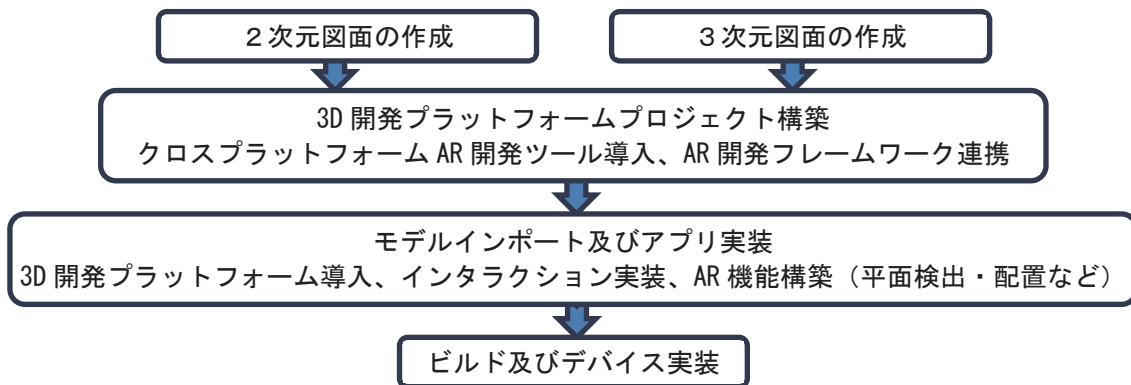


図3-6 AR教材の開発フロー

### 1-3 制作した各種デジタル教材の内容

#### (1) 作業手順や安全のポイントなどを示すための動画教材の内容


作業手順や安全のポイントなどを示すための動画教材は、原則的に木造建築実技教科書に沿った内容とした。再生時間は10分程度に編集している。また、動画、説明文とともに、ソフトウェアによる音声でナレーションをつけた。ナレーションについては、作業の手順と作業のカンやコツとで別の音声を採用した。

基本的な画面構成は、作業の全体像と作業時の手元を拡大表示した構成とし、作業のカン・コツの説明文を画面左下に提示した。また、画面の右側または右下には、作業手順や安全のポイントを示し、動画と関連する同実技教科書に掲載されている図を示した。

表3-5に、同実技教科書「No.6 ほぞ穴掘り」作業の作業手順や安全のポイントなどを示すための動画教材を例にその画面構成とナレーションの概要を示す。

なお、動画教材では、手元作業などの視認性を高めるために、作業帽、耐切創手袋等は着用していない。このことは、動画教材の冒頭に注意書きを提示している。

表 3-5 作業手順や安全のポイントなどを示すための動画教材の内容

画面	ナレーション
<p>■作業手順</p> <p>①材料の据え付けについて</p> <p>②作業姿勢について</p> <p>③墨を確かめる</p> <p>④ほぞ穴の口切りをする（のみ立て）</p> <p>⑤掘り起こす</p> <p>⑥さらい掘りする</p>	<p>作業手順について確認します。</p> <p>ほぞ穴の掘り方では、次の作業を行います。</p> <p>①材料の据え付けについて、②作業姿勢について、③墨を確かめる、④ほぞ穴の口切りをする、⑤掘り起こす、⑥さらい掘りする以上、①から⑥の作業について確認をしていきます。</p>
<p>①材料の据え付けについて</p>  <p>作業のカン・コツ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・材料は安定しているか</li> <li>・穴墨と作業台が同じ位置にあるか</li> </ul> <p>・墨付けした材料を作業台の上に水平に据える</p> <p>・穴墨位置の近くに作業台を入れる</p>	<p>材料の据え付けについて確認をしましょう。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・墨付けした材料を作業台の上に水平に据える。</li> <li>・穴墨位置の近くに作業台を入れる。</li> </ul> <p>作業台の位置は、転倒防止になりますので加工途中でも常に確認をしましょう。</p>
<p>②作業姿勢について</p>  <p>作業のカン・コツ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ほぞ穴と太ももの適切な距離は、腕の長さなど作業者の体格によって異なるので指導者の指示に従いましょう。</li> </ul> <p>・掘る穴の手前で腰を掛ける</p> <p>・材料をまたいで腰を下ろさない</p> <p>(注) 木材をまたぐことで内ももを切創する</p>	<p>次に作業姿勢について確認しましょう</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・掘る穴の手前で腰を掛ける。</li> <li>・材料をまたいで腰を下ろさない。</li> </ul> <p>注意！！木材をまたぐことで内ももを切創する。</p> <p>いまの動画の作業はのみを垂直に立てて作業をしています。後半の掘り起こす作業では、のみを持つ際に、角度を付けて作業を行います。のみが滑って太もものにのみが当たり、ケガをすることがあるので注意しましょう。</p>
<p>③墨を確かめる</p>  <p>掘り止めの時の穴墨 (図1)</p> <p>通し穴の時の穴墨 (図2)</p> <p>作業のカン・コツ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・墨穴を掘る際は何mm掘るのか、分かりやすくするために掘る深さを明記するとよい (図1)</li> <li>・通し穴は、通して掘るためのしりがついている (図2)</li> </ul> <p>・通し穴か、掘り止めかを見定める。</p>	<p>次に穴墨について確認しましょう</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・掘り止めか、通し穴か、の墨を見定める。</li> </ul>
<p>④ほぞ穴の口切りをする（のみ立て）</p>  <p>作業のカン・コツ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・最初に繊維に直交方向に口切りを行うことで繊維方向への割裂を防ぐことができます</li> </ul> <p>・最初は繊維に直交方向から口切りする (ほぞ穴の幅墨)</p> <p>・次に繊維と平行に口切りする (ほぞ穴の長さ墨)</p>	<p>次に穴の口切りに使用するのみについて確認しましょう。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・口切りする位置は後でさらい掘りできるように3ミリ程度、内側にのみの刃を当てる。</li> <li>・繊維に直交方向はたたきのみ(24ミリ) 繊維に平行方向はたたきのみ(42ミリ)を使用する。</li> <li>・のみは、基本的に材料の残る側に刃裏を向けて使用する。</li> </ul>

<p><b>⑤掘り起こす</b></p>  <p><b>作業のカン・コツ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>刃裏をほぞ穴にあてて掘っていく</li> <li>ほぞ穴の周囲が潰れないように注意する</li> <li>最初の作業姿勢の位置とほぼ変わらない</li> </ul> <p>穴墨の内側を3mm程度、口切りする</p>	<p>次にほぞ穴の掘り方について確認しましょう。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>口切りの作業の後は、ほぞ穴の深さ2分の1まで掘り起こす。</li> <li>向こう側口切りは、刃裏を向うにして掘りくずす。</li> <li>材料を裏返して同じ作業を繰り返す。口切りより3ミリほど小さい穴を掘り、貫通させる。</li> </ul> <p>掘り進める深さは、最初3から5ミリの深さで、次に15から30ミリ、最後にほぞ穴の深さは、ほぞの材料の2分の1となるように掘っていく。</p>
<p><b>⑤掘り起こす（安全確認）</b></p>  <p><b>作業時に注意しなければならないのみの角度</b> 太もも専用の切創防止用の保護具</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>最初の掘り起こすときにのみが滑って太ももを切創する</li> <li>のみの角度が寝かしすぎると滑りやすい</li> </ul>	<p>先ほどの掘り起こす作業の安全について確認しましょう。</p> <p>左は、作業者がケガをするときの図になります。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>最初の掘り起こすときにのみが滑って太ももを切創する。</li> <li>のみの角度が寝かしすぎると滑りやすい。</li> </ul> <p>右は、ケガ防止のための安全対策を行ったときの図になります。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>切創防止用の保護具を太ももに装着し、のみの接触防止の対策を行います。</li> </ul>
<p><b>⑥さらい掘りする</b></p>  <p><b>作業のカン・コツ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>穴のほぞ幅の墨線を半分残して、中心部がやや出るようにたたきのみ（24mm）で仕上げる</li> <li>ほぞ穴の中ほどを出っ張らして加工する</li> </ul>	<p>次にさらい掘りについて確認しましょう。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>穴墨の反対側も同じように3ミリ程度 残してほぞ穴を貫通させる。</li> </ul>
<p><b>⑥さらい掘りする</b></p>  <p><b>作業のカン・コツ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>穴のほぞ幅の墨線を半分残して、中心部がやや出るようにたたきのみ（24mm）で仕上げる</li> <li>ほぞ穴の中ほどを出っ張らして加工する</li> </ul> <p>0.7mm程度 出っ張らず</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>のみに内側の3ミリ程度、残していた部分の穴の側面をえぐり込まないように、さらに墨線に近づけて仕上げる。</li> </ul>
<p><b>■さらい掘り作業の仕上げ</b></p>  <p>穴の掘り起こしで残しておいた数mm程度の箇所を半墨になるように加工していきます</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>のみは両手で持ち、真上から穴墨をよく見て、突くように使います</li> <li>内部の加工を行いたいときは、動画のようにのみを両手で持ち、内部をえぐり込まないように細かい調整をします。</li> <li>通しほぞのほぞ穴は一方から掘らずに上端と下端の両方から作業を行きましょう</li> </ul>	<p>次にさらい掘り作業の仕上げについて確認しましょう。さらい掘りの仕上げについては、手元の動画で説明します。左の動画はのみをつくように作業している動画です。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>穴の掘り起こしで残しておいた数ミリ程度の箇所を半墨になるように加工していきます。</li> <li>のみは両手で持ち、真上から穴墨をよく見て、突くように使います。</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>・内部の加工を行いたいときは、動画のようにのみを両手で持ち、内部をえぐり込まないように細かい調整をします。</li> <li>・通しほぞのほぞ穴は一方向から掘らずに上端と下端の両方から作業を行きましょう。</li> </ul>
<p><b>■ほぞ穴掘り作業の確認と振り返りについて</b></p> <p>①作業姿勢と座り方 ②墨を確かめる ③口切りする ④掘り起こす ⑤さらい掘り ⑥さらい掘り(仕上げ)</p>	<p>ほぞ穴掘り作業の確認では以上の工程になります。1 作業姿勢と座り方、2 墨を確かめる、3 口切りをする、4 掘り起こす、5 さらい掘りする、6 さらい掘りの仕上げ 以上、ほぞ穴掘の作業になります。 安全に作業をしましょう。</p>

(2) 技能のカン・コツを可視化した動画教材の内容

技能のカン・コツを可視化した動画教材は、これまでに塚崎、西口、片岡らが、建築大工技能の可視化を図るために行なってきた動作測定・解析の実験結果<sup>8)、9)</sup>、公刊されている技術書、熟練者へのアンケート調査結果<sup>10)、11)</sup>や、本委員会委員らのこれまでの指導経験、作業経験に基づいた技能のカン・コツを可視化することを原則とした。また、本調査開発において明らかになったカン・コツについても可視化し、教材化を行った。



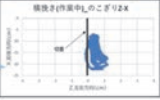


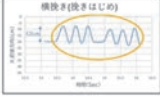
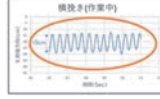
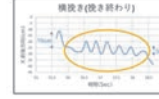

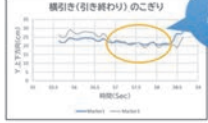
技能のカン・コツを可視化した動画教材の再生時間については、作業手順や安全のポイントなどを示すための動画教材と同様とし、再生時間が10分程度となるように編集した。

作業のカン・コツにおいて、身体の角度などの作業姿勢や腕の動く速さなどの身体の動きなどは、可能な限りグラフなどを用いて定量的に示すこととした。また、熟練者が作業中にどこを注視しているかについても可視化して提示している。

表3-6に、木造建築実技教科書「No. 62 平ほぞ差し」を加工する際ののこぎりを用いた横引き、縦引きのカン・コツを示すための動画教材について、その画面構成とナレーションの概要を示す。この動画教材は、「No. 3 のこびき(1)」、「No. 4 のこびき(2)」の実習を行う際にも活用ができる内容になっている。なお、本動画教材でも手元作業の視認性を高めるために、作業帽、耐切創手袋等は着用していない。このことは、動画教材の冒頭に注意書きを提示している。

表3-6 技能のカン・コツを可視化した動画教材の内容

画面	ナレーション
<p><b>平ほぞ加工【挽き始めの動作】</b> 2/8 親指を使った挽き始めのサポートをする</p>  <p>■挽き始めに、木材にのこぎりで切り込みを入れるとき、親指にのこ身をあてながら作業することで、切り墨に合わせて真っ直ぐ切り込みを入れられる。</p>	<p>親指を使ったひき始めのサポートをする。</p> <p>ひき始めで木材に切り込みを入れる際、動画のように親指にのこ身をあてながら作業することで、切り墨に合わせて真っ直ぐ切り込みを入れられます。</p> <p>左の動画は作業の様子を前方のカメラで撮ったもので、右の動画が作業者の視線のようすです。</p> <p>視線動画にある赤い丸が、作業者の視線の先になります。</p>
<p><b>平ほぞ加工【作業姿勢①】</b> 3/8 切墨と鼻筋を合わせる</p>  <p>■挽き始め・作業中、切墨と鼻筋を合わせるよう意識することで、真っ直ぐのこ挽きできる。</p>	<p>切墨と鼻筋を合わせる引き始めと作業中は、動画のように切り墨と鼻筋を合わせるよう意識することで真っ直ぐのこ引きできるようになります。</p> <p>グラフは横引き作業中の頭の座標データを示しています。</p> <p>グラフを見ると、切り墨からの頭のブレが小さく、切り墨と鼻筋が合っていることが分かります。</p>
<p><b>平ほぞ加工【作業姿勢②】</b> 4/8 頭を材より前に出す</p>  <p>■頭を材より前に出すことで、奥の切り墨を確認しながらのこ挽ける。</p>	<p>頭を材より前に出す。</p> <p>手前の切り墨ばかり見ながらのこ引きしていると、真っ直ぐ切ることができません。</p> <p>そこで、時折頭を材より前に出して奥の切り墨を確認しながらのこ引きすることで、真っ直ぐ切ることができます。</p> <p>グラフは横引き引き始めの頭の前後・上下方向の座標を示したものです。</p> <p>頭が切り墨より奥に位置していることが分かります。</p>
<p><b>平ほぞ加工【作業姿勢③】</b> 5/8 右足を切り墨の延長線上に置く</p>  <p>■右足かかとが、切り墨の延長線付近にある</p>	<p>右足を切墨の延長線上に置く。</p> <p>ここでは右足を切り墨の延長線上に置くことを意識しています。</p> <p>グラフは横引き作業中の右足かかととつま先の左右・前後方向の座標を示しています。</p> <p>グラフから、右足かかとが切り墨の延長線付近にあることが分かります。</p>

<p><b>平ほぞ加工【右手・腕の動き①】</b> <span style="float: right;">6/8</span></p> <p>右手（のこぎり）が左右にぶれない</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>前カメラ</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>視線</p>  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid blue; border-radius: 50%; padding: 5px; width: 100px; text-align: center; color: blue;">             右手の代わりにのこぎりに付いているマーカーで値を算出した。         </div> <div style="text-align: center;">  <p>横引き作業中ののこぎり2点</p> </div> <div style="border: 1px solid blue; border-radius: 50%; padding: 5px; width: 100px; text-align: center; color: blue;">             右手（のこぎり）の左右へのブレが少ない。         </div> </div>	<p>右手が左右にぶれない。</p> <p>真っ直ぐに切り進めていくためには、右手が左右にぶれないことが大切です。</p> <p>グラフでは、右手の代わりにのこぎりに付いているマーカーで左右のブレの値を算出しています。</p>
<p><b>平ほぞ加工【右手・腕の動き②】</b> <span style="float: right;">7/8</span></p> <p>鋸身いっぱい使う・作業中のストロークを一定にする</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>横カメラ(挽きはじめ)</p>  </div> <div style="width: 45%;"> <p>横カメラ(作業中)</p>  </div> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>■挽き始め・挽き終わりはのこぎりを細かく動かし、作業中は大きく動かしている。</li> <li>■作業中は、挽き始め・挽き終わりに比べてのこぎりのストロークが一定。</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;">    </div>	<p>鋸身いっぱい使う・作業中のストロークを一定にする。</p> <p>グラフより、引き始め・引き終りはのこぎりを細かく動かしているのに対し、作業中は大きく動かしていることがわかります。</p> <p>また、作業中は引き始め・引き終りに比べてのこぎりのストロークが一定であることがわかります。</p> <p>鋸挽きの作業段階に応じた加減の調節が重要です。</p>
<p><b>平ほぞ加工【右手・腕の動き③】</b> <span style="float: right;">8/8</span></p> <p>横引き作業終了直前にのこぎりの角度を水平にする</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>横カメラ</p>  </div> <div style="width: 45%;"> <p>■平ほぞでの横引きの場合、引き終わる頃にのこぎりを水平にしながら挽く</p>  </div> </div> <div style="border: 1px solid blue; border-radius: 50%; padding: 5px; width: 100px; text-align: center; color: blue; margin-top: 10px;">         のこぎりの2つのマーカーの上下方向位置がほぼ同じ。     </div>	<p>最後の右手・腕の動きでは、作業終了直前にのこぎりを水平にしながら引いていることを示しています。</p> <p>この動作は、平ほぞでの横引きの場合のみ行います。データは、写真のようにのこぎりについている3つのマーカーのうち、マーカー1とマーカー3から算出しています。</p> <p>グラフはこの2つのマーカーの上下方向の座標を示しており、2点の上下方向位置がほぼ同じであることがわかります。</p>

(3) AR 教材の内容

写真や文章、動画教材でも直感的な理解が困難な技能要素である規矩術を効率的に習得するために、3Dモデルを用いた規矩術の教材に関する研究<sup>12)</sup>として塚崎、横山らは従来の3DCADで現寸展開図を作成して規矩術を学ぶよりも、3次元CADと3次元プリンターで出力した縮尺模型を用いて規矩術を学んだ方が、規矩術の理解度が高まるという結果を示している。この3次元CADと3次元プリンターで出力した縮尺模型を用いて実習を行う場合には、3次元CADを使用できるパソコンとソフト、縮尺模型を出力できる3次元プリンターの整備が必要である。しかし、これらを整備することが困難な職業能力開発施設も多い状況である。

また、職業能力開発施設の実習では、受講者は指導者の説明に従って、図3-7に示す展開図を描いた後に、その展開図を見ながら隅木と桁の墨付け作業を行う。この時に、墨線の意味をよく理解しない状態で単に展開図の線を部材に写し取ってしまうことで、隅木の勾配が変わる、部材寸法が変わる等、条件が変わると墨付け作業が行えない事態が生じている。

以上のような課題を解決するために、墨付けの手順と墨線の意味が容易に理解でき、タブレット端末のみを整備すれば活用が可能となるAR教材を開発することとした。

AR教材で開発する対象としたのは、図3-8に示した寄棟屋根における桁同士の納まりである。図3-9に示す「ねじ組み」と桁と隅木の納まりである「落ち掛かり」、隅木の「山勾配」、「馬乗り墨」等の墨付け作業をAR教材化した。

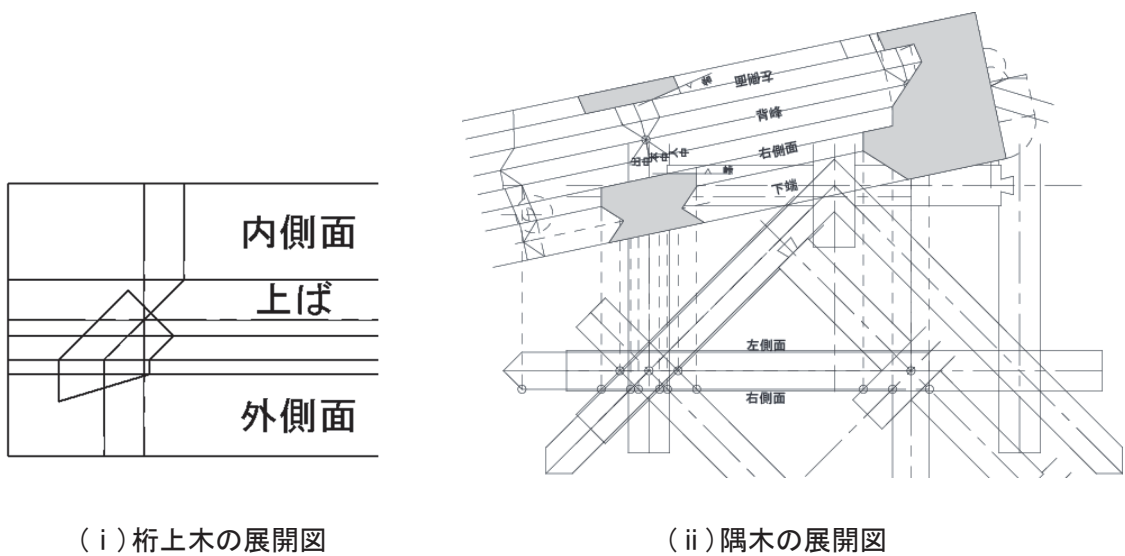


図3-7 展開図の例

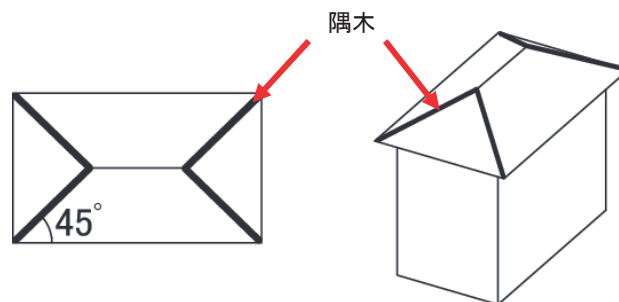


図3-8 寄棟屋根と隅木

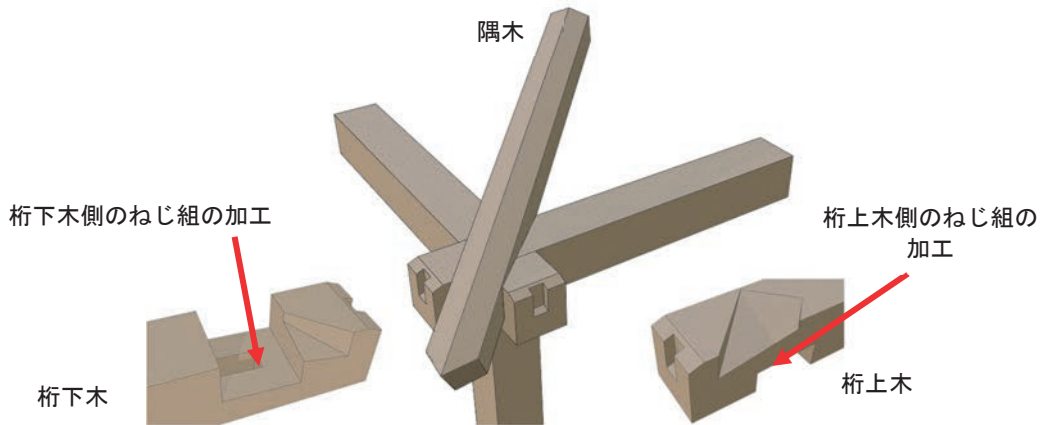


図 3-9 AR 教材で開発対象としたねじ組と隅木

図 3-10 に AR 教材の表示画面を示す。開発した AR 教材は、部材ごとに墨付け手順を表示する仕様とした。墨付け手順は、部材をかたどるようなフレーム状のモデルとさしがねのモデルで示し、寸法や勾配の情報を提示した。

使用者は、携帯端末に表示された 3 次元モデルを実際の部材と重なるよう調整する。さらに、墨付けの手順の提示とともに表示されるさしがねの 3 次元モデルを実際のさしがねと重ね合わせて墨付け作業を行う。この一連の操作によって使用者が墨付け作業を行いながら墨線の意味を理解できるようにした。

表 3-7 には、桁の上木側の墨付け手順を示した AR 教材の内容を場面ごとに示す。手順に従って、ステップバイステップで取り組むことによって、事前学習や繰り返し学習に活用ができる教材としている。巻末資料に AR 教材の開発環境の詳細、桁下木、隅木の墨付け手順などを示す。

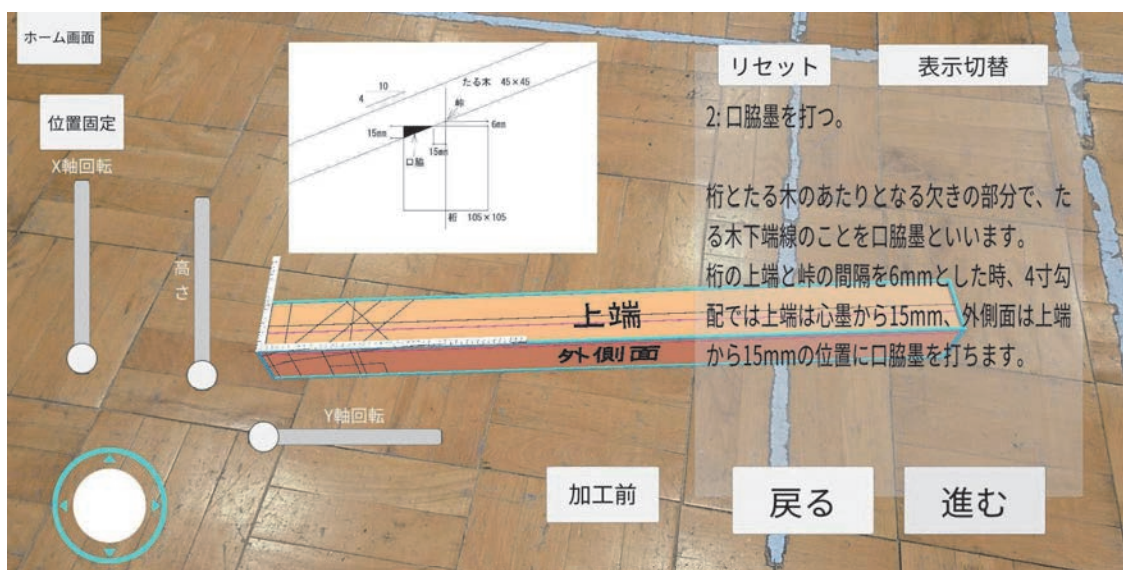
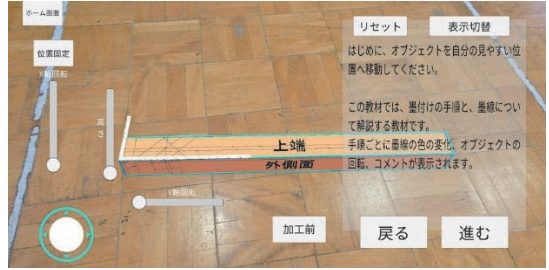
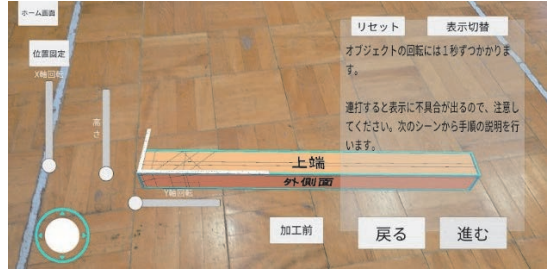
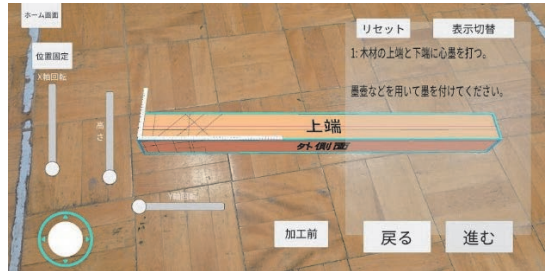
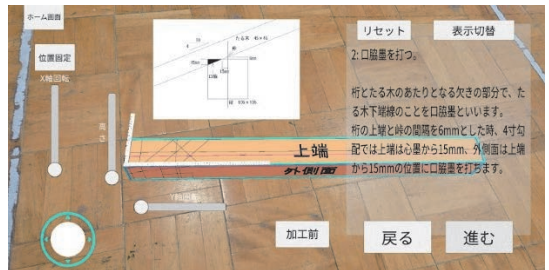
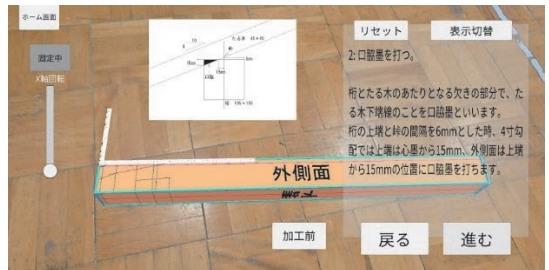


図 3-10 AR 教材の表示画面

表3-7 AR教材の内容(桁上木側の墨付け作業)

画面	画面表示手順
 <p>リセット 表示切替 はじめに、オブジェクトを自分の見やすい位置へ移動してください。</p> <p>この教材では、墨付けの手順と、墨線について解説する教材です。</p> <p>手順ごとに墨線の色の変化、オブジェクトの回転、コメントが表示されます。</p> <p>加工前 戻る 進む</p>	<p>はじめに、オブジェクトを自分の見やすい位置へ移動してください。</p> <p>この教材では、墨付けの手順と、墨線について解説する教材です。</p> <p>手順ごとに墨線の色の変化、オブジェクトの回転、コメントが表示されます。</p>
 <p>リセット 表示切替 オブジェクトの回転には1秒ずつかかります。</p> <p>連打すると表示に不具合が出るので、注意してください。次のシーンから手順の説明を行います。</p> <p>加工前 戻る 進む</p>	<p>オブジェクトの回転には1秒ずつかかります。</p> <p>連打すると表示に不具合が出るので、注意してください。次のシーンから手順の説明を行います。</p>
 <p>リセット 表示切替 1: 木材の上端と下端に心墨を打つ。</p> <p>墨壺などを用いて墨を付けてください。</p> <p>加工前 戻る 進む</p>	<p>1: 木材の上端と下端に心墨を打つ。</p> <p>墨壺などを用いて墨を付けてください。</p>
 <p>リセット 表示切替 2: 口脇墨を打つ。</p> <p>桁とたる木のあたりとなる欠きとりの部分で、たる木下端線のことを口脇墨といいます。</p> <p>桁の上端と峠の間隔を6mmとした時、4寸勾配では上端は心墨から15mm、外側面は上端から15mmの位置に口脇墨を打ちます。</p> <p>加工前 戻る 進む</p>	<p>2: 口脇墨を打つ。</p> <p>桁とたる木のあたりとなる欠きとりの部分で、たる木下端線のことを口脇墨といいます。</p> <p>桁の上端と峠の間隔を6mmとした時、4寸勾配では上端は心墨から15mm、外側面は上端から15mmの位置に口脇墨を打ちます。</p>
 <p>リセット 表示切替 2: 口脇墨を打つ。</p> <p>桁とたる木のあたりとなる欠きとりの部分で、たる木下端線のことを口脇墨といいます。</p> <p>桁の上端と峠の間隔を6mmとした時、4寸勾配では上端は心墨から15mm、外側面は上端から15mmの位置に口脇墨を打ちます。</p> <p>加工前 戻る 進む</p>	<p>同上</p>

	<p>3: 砂切り線（切墨）を四面に回す。</p> <p>今回は端部から 15mm をとります。</p>
	<p>4: 砂切り線（切墨）から材幅の 1.5 倍のところに墨を引き、四面に回す。</p> <p>この墨が、桁の下木の心墨となります。今回は材幅が 105mm のため、1.5 倍の 157.5mm の位置に心墨を引きます。</p>
	<p>5: 上端の心墨と下木の心墨の交点に、矩勾配（45度）で隅木の心墨を引く。</p>
	<p>6: 上端の心墨上に、隅木の半幅をさしがねの裏目で振り分ける。</p> <p>モデルのようにさしがねの裏目を使い、上木心墨との交点から左右に振り分けます。今回は隅木が 90mm のため、裏目で 45mm の位置に印をつけます。</p>
	<p>7: 振り分けた位置から矩勾配で 2 箇所墨を引く。</p> <p>この墨が隅木の材幅の墨となります。</p>
	<p>8: 外側面に隅木の幅墨を引く。</p> <p>隅木の心墨、幅墨を外側面に矩の手（直角）に回し、欠き込み深さまで墨を引きます。</p>

	<p>9: 欠き込みが浅くなる方の隅木幅墨と口脇墨の交点から落ち掛かり勾配の墨を引く。</p> <p>落ち掛かり勾配は平勾配（屋根勾配）の半分（半勾配）となります。</p> <p>今回は屋根勾配を4寸勾配とするため、落ち掛かり勾配は2寸勾配になります。</p>
	<p>10: 外側面の隅木幅墨と落ち掛かり墨の交点から平勾配の墨を引く。</p> <p>この墨は、たる木の下端墨となります。</p>
	<p>11: たる木成を上端側にとり、平勾配で墨を引く。</p> <p>今回はたる木成が45mmのため、たる木下端墨に垂直に45mmを上端側へとり、平勾配の墨を上端かどから切墨まで引きます。</p> <p>この墨が、たる木の上端墨となります。</p>
	<p>12: 側面のたる木上端墨を隅木上端に矩の手に回す。</p>
	<p>13: 上端の隅から内側面にたる木の上端墨を屋根勾配で引く。</p> <p>今回は4寸勾配で引きます。</p>
	<p>14: 外角と落ち掛かり勾配の交点から、上端に矩勾配で墨を引く。</p> <p>この墨は隅木の落ち掛かりとなる墨であり、隅木を桁の交点に対して45度でかけるため矩勾配で墨を付けます。</p>

	<p>15: 下端に下木の幅墨を引く。</p> <p>下端心墨上で下木の半幅を振り分け、下木幅墨を引きます。今回は下木の材幅が 105mm のため、52.5mm ずつ振り分けます。</p>
	<p>16: 下端の下木幅墨を外側面に矩の手（直角）に回し、欠き込み深さまで墨を引きます。</p> <p>この墨が下木の幅墨となります。今回は下木の材幅が 105mm のため、52.5mm ずつ振り分けます。</p>
	<p>17: 外側面にねじ組の墨を引く。</p> <p>端部側の下木幅墨は「下端から落ち掛かり勾配の高さの半分」、中央側の下木幅墨は「下端から口脇墨までの高さの半分」の位置にそれぞれ印を付け墨を引きます。</p>
	<p>18: 下端の下木幅墨を内側面に矩の手（直角）に回し、欠き込み深さまで墨を引きます。</p>
	<p>19: 内側面にねじ組の墨を引く。</p> <p>端部側の下木幅墨上に「下端から口脇墨までの高さの半分」を、中央側の下木幅墨上に「下端から口脇墨までの高さ」から「下端から落ち掛かり勾配の高さの半分」を引いた高さからとり墨を引きます。</p>
	<p>20: 全てのラインを表示</p> <p>これで桁の墨付け作業は終了です。お疲れさまでした。</p>

### 1-4 デジタル教材を活用した訓練手法の提案

ここでは制作したデジタル教材、すなわち作業手順や安全のポイントを示すための動画教材、技能のカン・コツを可視化した動画教材、規矩術を学ぶために制作したAR教材と、これらの訓練効果の把握に用いた確認テストを活用した訓練手法について述べる。なお、確認テストの内容については後述する。

動画教材を活用した訓練手法の提案を図3-11に示す。

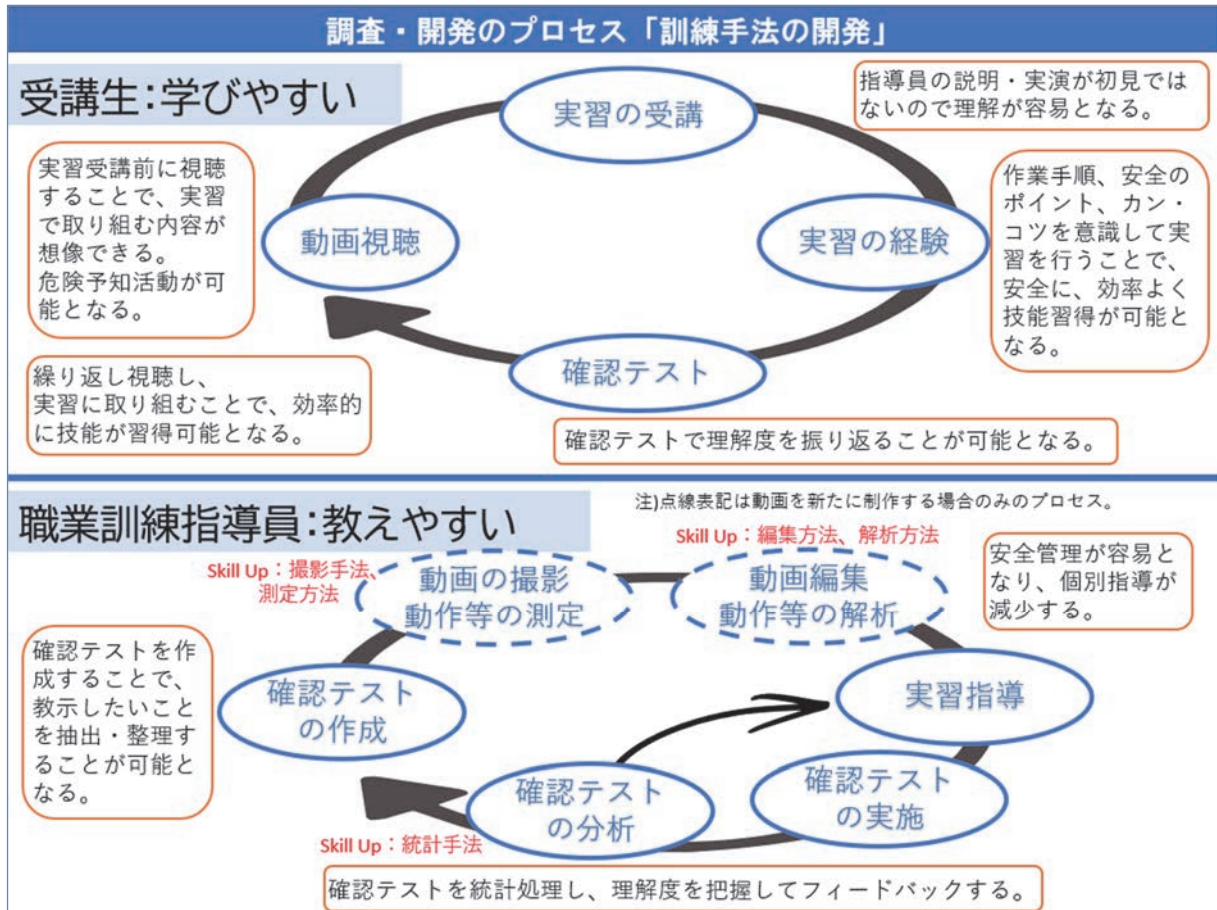


図3-11 動画教材を活用した訓練手法の提案

制作した各種デジタル教材のうち動画教材については、受講者は実習前に視聴し、作業の手順、安全のポイント、技能のカン・コツに対する知識等、理解度を深めてから実習に臨む、いわゆる反転学習法を実習訓練に適応した。

規矩術を学ぶために制作したAR教材については、実習前に操作体験をし、実習を受講しながらAR教材を使用する。不明な点は、AR教材を繰り返して用いることにより、従来の方法である展開図を描いた後に、描いた展開図を見ながら墨付け作業を行う実習形式と同等、または、それ以上の訓練効果が期待できると考える。

制作したデジタル教材について、実習を受講する前に視聴または体験することによるメリットを、受講者の観点と指導者の観点からそれぞれ整理すると次のようになる。

受講生において、動画教材とAR教材を活用することで得られるメリットは、①効率よく技能を習得できる可能性がある、②合理的な技能習得が可能となる、③繰り返し学習することが可能となる、④事前学習教材として視聴することによって、安全に作業が行え、災害を未然に防ぐことができるなどの効果が期待される。

指導者の観点から、動画教材とAR教材を活用することで得られるメリットは、①指導するポイントが明確になる、②個別指導が減少する、③効率よく技能を習得できる可能性がある、④事前学習教材として提示すると、危険予知活動が充実し、災害を未然に防ぐことができる、⑤動画教材については、技能のカン・コツに関するデータ分析が可能となるデータサイエンス技術(統計学の知識)が習得できる、⑥動画教材については、確認テストを作成することで、教示すべき指導しなければならないことを抽出・整理ができる、⑦確認テスト結果を分析して、正答率が低い項目についての実習内容の改善(説明の不足、説明の方法、動画内容の不備など)が考えられるなどが期待される。

制作したデジタル教材は、これまでの対面による指導と同等程度かそれ以上の訓練効果が期待でき、受講生にとっては“学びやすく”、指導者にとっては“教えやすい”教材であると考えられる。

## 第2節 電気分野について

### 2-1 動画教材の作成対象とした作業

電気工事実技教科書において、動画教材の対象として選定した作業及び技能のカン・コツを可視化する動画教材の対象作業を表3-8に示す。同実技教科書における作業番号(No.)、作業区分、作業名及び細目を整理し、動画教材の対象並びに技能を可視化した分析動画の対象を示している。

同実技教科書にある作業項目から、各施設で需要の高い作業を中心に選定を行い、動画教材として特に重要と考えられる11作業を抽出している。

「使用工具の安全作業」については同実技教科書の作業項目には含まれていないが、安全教育の観点から教材化の必要性が高いと判断し、追加した。

また、技能のカン・コツを可視化する動画教材については、暗黙知が多く含まれ、受講者が理解しづらい作業を中心に3作業を選定した。これらの作業では、動作軌跡、速度変化、注視点などを計測・分析することで、従来は経験的に伝えられてきた技能要点を客観的に示すこととした。

表3-8 動画教材の対象として選定した作業

No.	作業区分	作業名	細目	動画教材	技能の可視化(分析動画)
3.2	電線の接続	被覆のむき取り(1)	ナイフによるむき取り	○	○
3.11		器具による電線の接続(1)	E形スリーブ	○	
3.20		電線と端子の接続(1)	単線(輪づくり)	○	
4.1	絶縁処理	絶縁テープ巻き・絶縁キャップ	ビニルテープの巻き方	○	
5.3	屋内配線工事	ケーブルの接続(1)	外装の剥ぎ取り	○	
5.15		金属管の切断(1)	金切りのこによる切断	○	○
5.17		金属管のねじ切り(1)	リード型ねじ切り器によるねじ切り	○	
5.19		金属管の曲げ方(1)	パイプベンダによる曲げ方	○	○
5.34		合成樹脂管の曲げ方(1)	S字曲げ	○	
5.35		合成樹脂管の曲げ方(2)	直角曲げ	○	
		使用工具の安全作業		○	

※No.は「電気工事実技教科書」の作業番号である。

## 2-2 デジタル教材の作成方法及び作成内容

表3-8に示した11作業の動画教材及び技能の可視化として3作業の分析動画の作成を行った。

動画教材の作成環境は、建築分野（表3-2）と同様に小型デジタルカメラ等を使用している。これらと異なる点については表3-9に示す。動画の撮影場所、使用機器は各施設の実習室、実際に実習で使用している機材を用いて撮影している。撮影機材は、スマートフォン、タブレット、小型デジタルカメラ等を用いて撮影を行った。

表3-9 動画教材制作に使用した機材と動画編集ソフト等（建築分野と異なる部分）

	機材・環境	使用機材（メーカー等）	備考
撮影	ウェアラブルカメラ	ORDRO® EP8 (Shenzhen PA. Times Technology)	1人称視点の撮影に使用
動画編集	動画編集用ソフトウェア	DaVinci Resolve® (Blackmagic Design)	説明文、矢印、各エフェクト、スローモーション処理、ノイズ除去、音量調整など

動画で使用した機器は汎用型パソコンを用いており、動画編集には主にフリーソフトを用いて動画教材の作成を行っている。指導者が自ら動画教材を作成できるように支援することも考慮しており、フリーの動画編集ソフトを用いた動画編集のために簡易テキストを作成した。本テキストでは、動画編集の基本操作から、訓練用動画の制作に必要な一連の編集工程までを体系的にまとめている。具体的には、素材の取り込み、カット編集、テロップ挿入、音声調整、動画書き出しなど、教材制作において頻繁に用いられる機能を中心に構成した。また、操作手順だけでなく、訓練現場での活用を想定した編集上のポイントや、受講者にとって理解しやすい動画構成の工夫についても記載している。これにより、動画編集に不慣れな指導者であっても、テキストを参照しながら段階的に動画教材を作成できるよう配慮した。作成した動画編集テキストについては巻末資料に示す。

作成した動画教材の一画面を図3-12に示す。作業者からの様子がわかりやすいように、1人称視点と拡大図などを用いた2画面構成とした。左側の画面には手順や作業全体の様子がわかる1人称視点の動画を、左下には実技教科書に記載されている作業内容を示した。また、右上には、作業のポイントやカン・コツに係る動画や写真等を提示し、右下には作業のカン・コツ、注意点などを表記している。また、動画の最後には、作業の全体の流れと各作業のポイントの振り返りができる内容を盛り込んだ。振り返りについて図3-13に示す。以上の構成により11作業の動画教材の作成を行っている。

### ③ 電線被覆の片面をむく

一人称視点



ナイフの扱いに慣れるまでは、刃元から中間位までを使うと安定する。



ジグザグ移動  
※矢印の先はナイフの根元を指しています。

拡大図

### 作業のカン・コツ

- ・刃の角度が変わらないようにする。
- ・電線の持ち手に力を入れすぎると電線が変形するので注意する。

- 1.心線を傷付けないように、刃をジグザグ状に移動させながら電線被覆の片面をむく。
- 2.被覆を長くむく場合は、ナイフのジグザグ移動に合わせて指も移動させる。

図3-12 動画教材「被覆のむき取り」

## ■ 作業全体の流れ

- ① 電線のくせを直す
- ② 電線にナイフを当てる
- ③ 電線被覆の片面をむく
- ④ 電線周囲の被覆を切り取る
- ⑤ 残りの被覆を取り除く
- ⑥ 点検する



図3-13 「被覆のむき取り」動画教材の作業の振り返り

技能の可視化については、委員会にあわせて「被覆のむき取り(1)」、「金属管の切断(1)」、「金属管の曲げ方(1)」の作業について、動作計測、動作分析を行った。

動作計測は職業大の技能分析スタジオに整備されている計測機器を用いて行っている。使用した計測機器及び解析用ソフトウェアは建築分野（表3-3）と同様である。

動作計測は光学式モーションキャプチャーを用い、体の動き、工具などの対象物の動きを取得した。視線計測はめがね型の計測機器を着用することで注視点を記録し、床反力計測はフォースプレートを用いて重心位置、床反力を計測することができる。これらの計測機器を用いて技能の可視化を行うため、各作業にて計測した内容と、技能の可視化のポイントを表3-10に示す。「被覆のむき取り」作業では、上半身の動作計測、視線、ナイフ、電線の動きの計測を行った。これらの計測結果から、注視点、電線に対する電工ナイフの角度、剥く際の動きなどが作業のポイントとなるため、これらの動作やナイフ角度の定量化を行った。

表3-10 技能分析システムの計測項目

作業名	計測内容	見える化のポイント
被覆のむき取り(1) (鉛筆むき)	動作 視線	<ul style="list-style-type: none"> <li>・注視点</li> <li>・電工ナイフの傾き</li> <li>・電工ナイフの被覆をむく際の動き など</li> </ul>
金属管の切断(1)	動作 視線 床反力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・注視点</li> <li>・金鋸の移動ストローク</li> <li>・足の加重</li> <li>・金のこの角度、傾き</li> <li>・身体のブレ など</li> </ul>
金属管の曲げ方(1)	動作 視線 床反力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・注視点</li> <li>・ベンダと金属管の角度</li> <li>・折り曲げ時の加重のかけ方</li> <li>・腰の沈み込み量、腰と右手の相対位置</li> <li>・金属管のねじれ など</li> </ul>

また、「金属管の切断(1)」及び「金属管の曲げ方(1)」作業においては、全身の動作計測、視線計測、床反力計測を行った。「金属管の曲げ方」について、計測している様子を図3-14に示す。動作計測を行うため、ボディースーツを着用し、身体各部にマーカを取り付けている。また、金属管、ベンダにもマーカを取り付け、ベンダの動きがモニターできるようにしている。技能の見える化のポイントを提示できるように、ベンダと金属管の角度、ベンダと足への加重のかけ方、金属管のねじれなどの定量化を行い、計測データの編集と分析によって、カン・コツのポイントを示す動画教材を作成している。

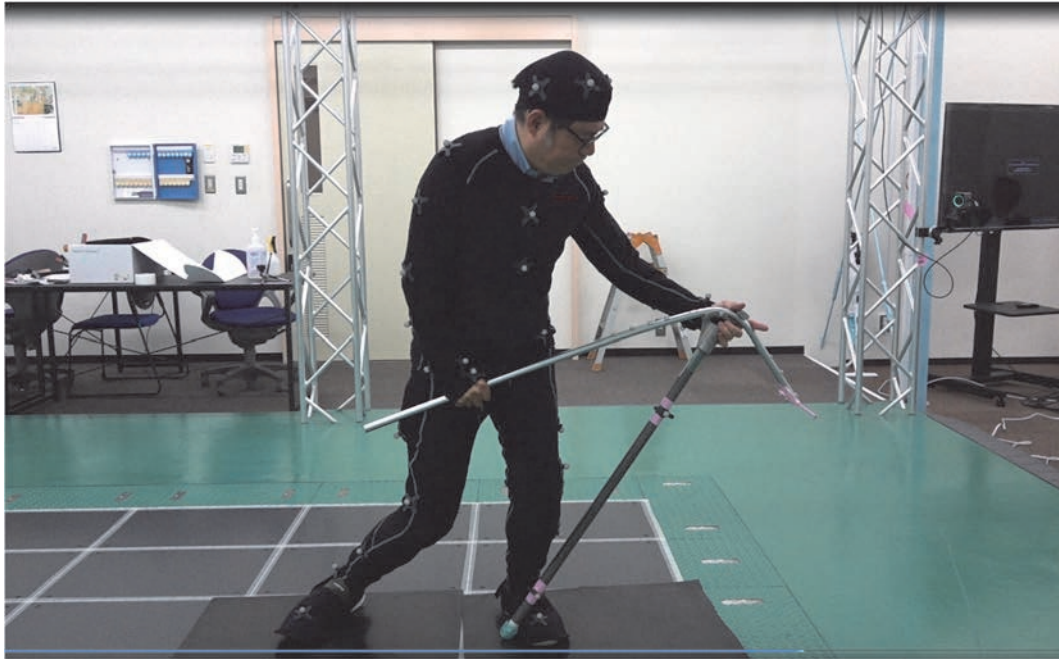


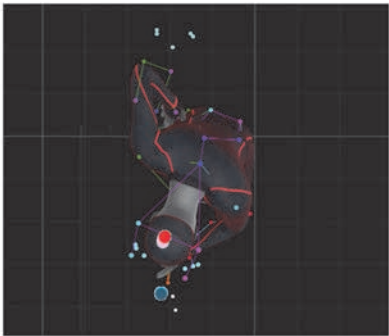

図3-14 「金属管の曲げ方」の計測の様子

作成した「金属管の曲げ方(1)」作業の作業分析動画の一画面を図3-15に示す。左側には作業者の様子がわかるように全体像を、右側には解析結果のグラフやポイントを示した図、動画を提示した2画面構成とした。どこでどのような点に注意すべきかを端的に示した内容となっている。

### 頭の位置

**頭の位置は左手と右手の直線上を意識する。**

- ・頭を金属管の真上に置くことで、金属管がねじれにくくなる。



- ・腰を落として曲げる、金属管を真上から見ることを意識する。

図3-15 「金属管の曲げ方」の動画教材の一画面

作成した動画教材においては、電気工事実技教科書に二次元コードを提示することで展開を行うことを検討した。図3-16に「被覆のむき取り」の提示例を示す。

動画教材の試行においても二次元コードでの提示を前提とした。また、動画教材の理解度を深めるため、確認テストとしてポイントチェックシートを作成し、動画を視聴しただけで終わらせるのではなく、受講者が自ら内容を振り返り、作業の要点をどの程度理解できているかを確認できるようにしている。

ポイントチェックシート（確認テスト）の内容は、各作業における重要なポイントを網羅できるように構成しており、「作業に必要な工具」、「作業手順」、「作業のポイント」の3つの観点から整理している。これにより、単に手順を暗記するだけでなく、なぜその工具を用いるのか、どの場面でどのような点に注意すべきかといった、技能習得に不可欠な理解を促すことができる。作成した11作業分のポイントチェックシートのうち、「鉛筆むき」のポイントチェックシートを図3-17に示す。

ポイントチェックシートでは、鉛筆むき作業で使用する工具、作業手順、刃の当て方、被覆をむくポイントなどを項目として整理している。試行時は動画教材の効果検証を行うため、回答を回収・集計することで、理解度の把握を行っている。

最終的には、いつでも動画教材を閲覧でき、あわせてポイントチェックシートをWeb版とすることにより理解度の確認もいつでも行える学習環境を構築している。この環境により、教室内での指導だけでなく、自宅などで場所や時間にとらわれない継続的な学習が可能となり、技能習得の効率化と受講者の自律的な学びの促進が期待できる。Web版のポイントチェックシートを図3-18に示す。Web版のポイントチェックシートはWebで展開をすることにより、いつでもどこでも実施することが可能となる。また、Web版ポイントチェックシートには自動採点機能を備えており、受講者は回答後すぐに正誤を確認できるだけでなく、どの設問を間違えたのかを即座に把握することができる。これにより、受講者は自分の理解が不十分な箇所に素早く気づき、必要に応じて該当部分の動画を見直すといった、自己調整的な学習が可能となっている。

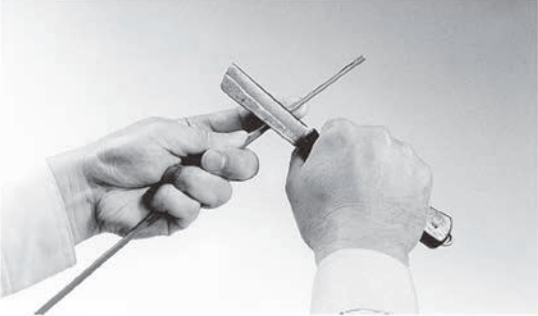
作業名		被覆のむき取り (1)		主眼点	ナイフによるむき取り	
		 <p>図1 ナイフを使った被覆のむき取り</p>		番号 No. 3.2		
				材料及び器具など ビニル絶縁電線 (1.6~2.0mm) ペンチ ナイフ		
番号	作業順序	要 点		図 解		
●鉛筆むき (図1, 図2)						
1	電線のくせを直す	被覆をむく部分の曲がりくせを直す。		 <p>図2 鉛筆むき</p>		
2	電線にナイフを当てる	むき取り部分を人差し指の腹の上に乗せ、刃は約20°斜めに当てる。				
3	電線被覆の片面をむく	1. 心線を傷つけないように、刃をジグザク状に移動させながら電線被覆の片面をむく。 2. 被覆を長くむく場合は、ナイフのジグザグ移動に合わせて指も移動させる。				
4	電線周囲の被覆を切り取る	電線周囲の被覆を、鉛筆を削る要領で切り取る。				
5	残りの被覆を取り除く	切り取った被覆が電線にくっついている場合は、被覆を手又はペンチで取り除く。				
6	点検する	心線に傷はないか、鉛筆削りの被覆部分の長さが不ぞろいになっていないか、点検する。				
●段むき (図3)				 <p>図3 段むき</p>		
1	電線のくせを直す	被覆をむく部分の曲がりくせを直す。		 <p>鉛筆むき 作業動画</p>  <p>鉛筆むき 技能分析動画</p>		
2	電線にナイフを当てる	むき取る部分の直近で電線を持つ。刃を電線に直角に当てる。				
3	切れ目を入れる	心線に傷をつけないように、全周囲にわたって、絶縁被覆の4/5程度の深さまで切れ目を入れる。				
4	被覆の片面を切り除く	むき取り部分を人差し指の腹の上に乗せ、刃は約20°斜めに当てる。				
5	残りの被覆を取り除く	切り取った被覆が電線にくっついている場合は、被覆を手かペンチで取り除く。				
6	点検する	心線に傷はないか。				

図3-16 「被覆のむき取り」の提示例 (二次元コードは試行時のもの)

ポイントチェックシート No 1	実施日 年 月 日												
作業名 絶縁電線の被覆のむき取り (1) 鉛筆むき	No. _____												
<p>問1. 絶縁電線の被覆のむき取り作業で準備するものを選択しなさい。(複数回答可)</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">イ. ビニル絶縁電線</td> <td style="width: 50%;">ロ. 電工ドライバー</td> </tr> <tr> <td>ハ. 圧着ペンチ</td> <td>ニ. ペンチ</td> </tr> <tr> <td>ホ. 電工ナイフ</td> <td>ヘ. 保護眼鏡</td> </tr> <tr> <td>ト. 保護手袋</td> <td></td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">( _____ )</p>		イ. ビニル絶縁電線	ロ. 電工ドライバー	ハ. 圧着ペンチ	ニ. ペンチ	ホ. 電工ナイフ	ヘ. 保護眼鏡	ト. 保護手袋					
イ. ビニル絶縁電線	ロ. 電工ドライバー												
ハ. 圧着ペンチ	ニ. ペンチ												
ホ. 電工ナイフ	ヘ. 保護眼鏡												
ト. 保護手袋													
<p>問2. 絶縁電線φ1.6~2.0の被覆のむき取る場合、適切な作業手順に並べ替えなさい。</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 80%;">イ. 点検する</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ロ. 電線周囲の被覆を切り取る</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ハ. 電線被覆の片面をむく</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ニ. 残りの被覆を取り除く</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ホ. 電線にナイフを当てる</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ヘ. 電線のくせを直す</td> <td>( → → → → → )</td> </tr> </table>		イ. 点検する		ロ. 電線周囲の被覆を切り取る		ハ. 電線被覆の片面をむく		ニ. 残りの被覆を取り除く		ホ. 電線にナイフを当てる		ヘ. 電線のくせを直す	( → → → → → )
イ. 点検する													
ロ. 電線周囲の被覆を切り取る													
ハ. 電線被覆の片面をむく													
ニ. 残りの被覆を取り除く													
ホ. 電線にナイフを当てる													
ヘ. 電線のくせを直す	( → → → → → )												
<p>問3. 絶縁電線φ1.6~2.0の被覆のむき取る場合、( )内の適切な方を○で囲みなさい。</p> <p>イ. 絶縁電線はむき取り部分を ( 人差し指の腹の上に乗せる ・ 握り手の外側に出す ) .</p> <p>ロ. 刃の中心から ( 先端 ・ 根元 ) 付近を使用して被覆をむき取ると、作業しやすい.</p> <p>ハ. 被覆のむき取る場合のナイフの刃は約 ( 20 ・ 45 ) 度斜めに当てる.</p> <p>ニ. 被覆の片面をむいたら、電線周囲の被覆は ( 片面のむき取りと同じ ・ 鉛筆を削る ) 要領で切り取る.</p> <p>ホ. 被覆と心線までの傾斜部分が ( 5 ・ 10 ) mm 以内になるようにむき取る.</p> <p>ヘ. 残りの被覆を手で軽く引っ張り取り除けなければ、再度ナイフで切り込みを入れ ( 圧着ペンチ ・ ペンチ ) で取り除く際に、誤って心線を傷つけないようにする.</p>													

図3-17 「鉛筆むき」のポイントチェックシート



(a) 問題表示

(b) 採点結果表示

図3-18 「鉛筆むき」のWeb版ポイントチェックシート

### 2-3 動画教材の使用方法

動画教材はクラウドにアップロードすることで、受講者がいつでも、どこからでも視聴できる状態とした。動画サイトへのアクセスは、先に示した二次元コードを用いることで行い、パソコン、スマートフォン、タブレットなど、さまざまな端末から再生できるようにしている。これにより、訓練時間内だけでなく、自宅や移動時間なども含めて、受講者が自分の都合に合わせて学習できる環境を提供している。

作成した動画教材は、視聴することで各作業の工程や作業上のポイントを理解できる内容となっており、単に作業手順を示すだけでなく、熟練者が意識している注意点やカン・コツがわかるように構成しているため、各作業の訓練前に事前視聴することで、より効果的に技能を習得できると考えた。とくに実習科目では、事前に作業の流れや安全事項を把握しておくことにより、訓練中の説明時間を短縮し、実際の作業や個別指導に多くの時間を割くことが可能となる。

動画教材を事前に視聴することのメリット・デメリットを整理したものを表3-11に示す。動画教材の事前視聴は、訓練の質を高める強力な手段である一方で、受講者の負担増加や視聴環境のばらつきといった課題も存在する。しかしながら、実習などの作業を伴う訓練では、事前に手順や安全事項を把握できることによるメリットが大きく、訓練を実施する上で有効であると判断した。

表3-11 事前視聴によるメリット・デメリット

区分	ポイント	詳細内容
メリット	学習意欲の向上	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実習に対する期待感が得られる</li> <li>・実施する具体的な内容が理解できる</li> </ul>
	訓練の理解度向上	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基礎知識を事前に押さえられる</li> <li>・手順を理解することで作業に集中できる</li> </ul>
	自分のペースで学べる	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一時停止・巻き戻し・倍速など、自身の理解度に合わせて視聴ができる</li> </ul>
	訓練時間の有効活用	<ul style="list-style-type: none"> <li>・説明の簡略化ができ、反転学習などの実習に時間を割ける</li> <li>・指導者は個別支援に時間を割きやすくなる</li> <li>・安全に対する意識の向上により、別のことに時間を割くことができる</li> </ul>
デメリット	受講者の負担の増加	<ul style="list-style-type: none"> <li>・視聴時間の確保ができない受講者が出る</li> <li>・視聴しない場合、訓練冒頭での理解度に差が生じる</li> </ul>
	理解度のばらつき	<ul style="list-style-type: none"> <li>・受講者の流し見・倍速視聴など、理解度がばらつき</li> <li>・ネット環境や端末性能によるばらつき</li> <li>・スマートフォンなどの画面が小さい場合、細かい図や数値が見づらい</li> </ul>