

## 第6章 結言



## 第6章 結言

### 〔建築分野について〕

本調査開発では、建築大工分野における技能者不足及び指導者不足に対し、デジタル教材及び訓練手法の開発を通じて効果的な解決策を提示することを目指した。厚生労働大臣認定の木造建築実技教科書をもとに、熟練技能者の動作・視線・力覚などを計測し、技能の暗黙知であるカン・コツを可視化した動画教材を制作するとともに、作業手順や安全上の留意点を整理した教材も併せて開発した。さらに、これらの教材が学習効果に及ぼす影響を検証するため、調査対象者に対して確認テストを実施し、教材の有効性を定量的に把握した。加えて、従来の写真・文章・動画では理解が難しい規矩術については、AR技術を用いた教材化を試み新たな訓練手法としての可能性を検討した。

以下に得られた成果を動画教材とAR教材に分けて要約する。

#### (1) 建築大工技能のカン・コツを見える化した動画教材

- ・本調査開発で製作した動画教材は、動画を視聴したグループに対して行った動画視聴後の確認テスト（テストA）の結果から、多数の作業において高い即時理解を促し、基礎的技能の習得に有効であることが明確となった。
- ・動画を視聴したグループに対して行った動画視聴後の確認テスト（テストA）と、実習後に行った確認テスト（テストB）の比較結果から、動画視聴と実習を組み合わせることで理解が一層深化し、複数の作業で統計的にも実質的にも高い訓練効果が確認された。
- ・動画視聴後の確認テスト（テストA）と、動画を視聴していないグループに対して行った実習後の確認テスト（テストC）の比較結果から、一部の作業では動画視聴のみで実習後に近い理解水準に到達しており、動画教材が特に有効に機能する技能領域の存在が示唆された。一方で、効果量が中程度にとどまる作業も確認され、サンプル数の拡大を含む追加検証の必要性が示された。
- ・調査対象者、指導者に実施した動画教材に対する事後評価アンケートにおいても、両者から高い評価を受けることができたため動画教材の有効性が示された。
- ・本調査開発で提案した訓練手法は、建築大工技能の習得において即時理解の促進と実習効果の向上の双方に寄与する有効な手法であることが明らかとなった。

#### (2) 隅木と桁の墨付け作業を習得可能なAR教材

隅木と桁の墨付け作業の自学自習が可能なAR教材の開発を行った。開発したAR教材についての評価は、指導者及び受講者へのアンケート調査で把握した。得られた知見を下記に要約する。

- ・操作性はより直感的で単純な操作が求められている。
- ・3次元モデルは操作性、視認性ともに評価がやや低く、特にさしがねのモデルについて改善が必要である。
- ・3次元モデルと文章を統合した学習は効果的であるという評価を得たものの、画面の情報量が限られているため、複雑な箇所の説明にはさらなる工夫が必要である。

- ・AR 教材全体の評価は高く、職業訓練での利用価値は高いと評価された。

### 〔電気分野について〕

本調査開発では、電気工事分野において技能習得の難しさの一因である熟練者の暗黙知（カン・コツ）を可視化し、受講者に理解しやすい形で提示することを目的として、これらをデジタル教材として体系化する取り組みを3年間にわたり実施した。

従来の実技訓練では、指導者の実演と受講者の模倣に依存する指導形態が中心であり、技能の理解度に個人差が生じやすいこと、また指導者の指導負担が大きいことが課題であった。そこで、これらの課題を解決するため、動画教材及び技能分析に基づくデジタル教材の開発を進めてきた。3年間の取り組みを通じて、11 作業の動画教材と3 作業の技能分析動画を作成し、電気工事実技教科書の二次元コードからアクセスできる学習環境を整備した。また、動画だけではなく、Web 版ポイントチェックシートを導入することで、受講者が場所や時間にとらわれず学習できる仕組みを構築した。

また、暗黙知を可視化するために、職業大の技能分析システムを用いて、モーションキャプチャー、視線計測、床反力計測などの計測技術を活用し、熟練者の動作・視線・加重を多角的に計測・分析することで、技能の要点を定量的に抽出した。抽出した技能のポイントは、動画教材及び分析動画として編集を行った。

令和7 年度には、作成した動画教材を実際の訓練現場で使用してもらい、確認テスト、ルーブリック評価、アンケート調査を通じて動画教材を用いた訓練効果の検証を行った。

その結果、動画教材は作業手順の理解促進に加え、技能の合理性や注意点の把握に有効であることが確認された。特に、1 人称視点と拡大図を組み合わせた構成や、作業の振り返りを提示する構成は、受講者の理解を深める上で効果的であることが確認された。また、事前の動画視聴のみならず、訓練中においても、動画教材を併用した訓練展開を実施することにより、学習効果が高まることを示した。さらに、技能分析動画は作業の合理性理解を深め、技能の質的向上に寄与することが示された。指導者からも、指導負担の軽減や訓練の効率化につながるなどの評価が得られ、動画教材の実用性が高いことが明らかとなった。

また、訓練手法においては、事前視聴に加え実習中に動画教材の視聴を行うことで、より理解度の向上が図られることを示した。このことから、訓練中に動画教材を用いる手法が効果的であること、また、分析動画などの動作解析を示した内容を視聴することにより、作業の合理性の向上に効果があることを示した。

以上のことから、当委員会で開発したデジタル教材及び訓練手法は、技能習得の質とスピードを高め、受講者の主体的な学習を促進するとともに、指導者の指導効率を向上させる有効な手段であると結論づけられる。今後は、教材のさらなる改善と運用方法の洗練を図りつつ、他の作業への展開や継続的な活用を行うことにより、より高度で効率的な訓練指導の実現に寄与していくことが期待される。

## 〔おわりに〕

身体各部にマーカーとしての再帰性反射材を取り付けた被験者を、高輝度なサーチライトで照らし、ビデオテープレコーダーで記録して動作解析を行った Gunnar Johansson の研究<sup>15)</sup>から 50 余年、デジタル技術の導入とその進歩により、現在のモーションキャプチャーシステムでは高精度の 3 次元解析が可能となっている。

本調査開発では、動作データの取得及び解析のため、職業大が導入した最先端のデジタル技術による技能分析スタジオをハード面のプラットフォームとして、建築分野及び電気分野の職業訓練を対象に、熟練技能者の動作、視線、力加減といった、従来は指導者の経験に委ねられてきた技能要素を科学的に分析し、デジタル教材として体系化した。これにより、職業訓練の現場において、受講者が事前に技能の要点を理解し、実習ではより主体的かつ安全に作業へ取り組むことを可能とする訓練手法を提案することができた。

動画教材や AR 教材を活用した反転学習型の訓練手法により、限られた訓練時間を有効に活用できるだけでなく、指導員が行う個別指導の質の向上や負担軽減にもつながることが、訓練効果検証を通じて確認された。これらの成果は、職業訓練の質の平準化や、訓練内容の高度化・効率化を進める上で、大きな意義を有するものと考えられる。

デジタル技術を活用した職業訓練は、現場実習を代替するものではなく、実習の効果を最大化するための有効な補完手段であり、今後の職業訓練を持続的に発展させる重要な要素となる。今回の成果が、公共職業能力開発施設や認定訓練校をはじめとする職業訓練の現場において、受講者と指導者の双方を支援する共通基盤として活用されることを期待している。

最後に、本調査開発の趣旨にご理解とご協力を賜り、教材開発、検証、議論に積極的に参画いただいた委員各位及び全国の職業訓練現場でご協力いただいた関係者並びに本取組を支えていただいた関係各位に心より感謝申し上げます。本調査開発が、今後の職業能力開発及び技能継承の一助となることを切に願っている。

