

AR（拡張現実）を使った 作業支援システムの構築

石川職業能力開発短期大学校 江村 久彦

1. はじめに

近年ではInternet of Thing（以下、IoT）やクラウド、ビッグデータといった技術がものづくり現場において普及し始めている。これらは「第4次産業革命」と呼ばれ、製造現場では機械の稼働状況や生産状況の情報をデータ化する。さらにそのデータを解析・蓄積・利用することで生産性向上などの新たな付加価値を生まれる¹⁾。

第4次産業革命においてはネットワーク（インターネット）に接続されることが前提となっており、これに障害があってはならない。その障害の主な原因の内、44%がケーブルなどの伝送設備である²⁾。

このような背景を踏まえて取り組んだ総合制作実習の概要と学生指導について報告する。

2. 「情報ネットワーク施工」職種

2.1. 職種概要

図1に情報ネットワーク施工作業を示す。

「情報ネットワーク施工」とは、私たちの生活に欠かせないインターネットやリモート会議などの情報ネットワークで使用されているLANケーブルや光ファイバなどの施工や保守をおこなう作業である。この職種で取り扱う光ファイバは直径が125 [μ m] と非常に細いため、丁寧な取り扱いが必要である。そのため、①正しい手順、②作業品質、③作業スピードの3つが重要となる。



図1 情報ネットワーク施工作業

2.2. 制作との関連

本制作ではAR（Augmented Reality, 拡張現実）（以下、AR）を使い、この職種の作業手順書を紙媒体のもの（以下、紙手順書）と電子媒体のもの（以下、AR手順書）の2種類を作成した。

また、手順書を作成する作業を技能五輪全国大会「情報ネットワーク施工」職種の課題のうち、Module2F（光ファイバスピード競技）とModule2M（メタルケーブルスピード競技）とした。この作業は、初級技能者にとって基本的なスキルであり、かつ、重要なスキルであるため選定した。

2.3. スキル習得

学生自身が手順書を作成するためには、それらに関するスキルを習得する必要があると考えた。そこで技能五輪全国大会出場を目標とした。この理由としては2つある。1つは大会出場という定量的な目標設定をすることで効率的なスキル習得ができること、もう1つは技能五輪の課題が実際の現場（仕事）

での作業に沿った内容になっているためである。

令和2年度（以下，昨年度）は技能五輪全国大会「情報ネットワーク施工」職種学生予選会（以下，予選会）と「情報ネットワーク施工」職種学生日本一決定戦の2つの大会に学生2名が，令和3年度（以下，本年度）は予選会に3名が出場した。そのうち1名は2位となり，第59回技能五輪全国大会「情報ネットワーク施工」職種に出場した。

3. 手順書の概要

表1に作成した手順書の概要と比較を示す。この制作は昨年度から継続して取り組んでいる。

表1 手順書の比較

	令和2年度	令和3年度
対象作業	技能五輪全国大会 「情報ネットワーク施工」職種	
対象者	作業を初めて行う者 (以下，初級技能者)	
使用者	指導者の教材	初級技能者が 使用する教材
制作物	紙手順書，AR 手順書	
使用端末	Android 端末	Microsoft 社製 HoloLens2
開発環境	Unity，ARCore	Dynamics 365 Guides

昨年度は使用端末としてAndroid端末を，開発環境としてUnityを使用した。プログラミング言語はC#を使用した。また，ARCoreとはARを構築するためのGoogleが開発したプラットフォームである。

本年度は使用端末としてMicrosoft社製のスマートグラスであるHoloLens2™（以下，HoloLens2）を，開発環境として，Dynamics 365 Guides を使用した。

4. 制作の概要（令和2年度）

4.1. 目標設定

昨年度は以下の3つの目標を設定した。

- ①AR手順書の作成
- ②「情報ネットワーク施工」に関するスキル習得
- ③予選会で1位をとり，全国大会へ出場する
 - ①に取り組むことで以下の3つを解決できると考えた³⁾。
- ①内容変更の簡略化
- ②確実かつ効率のよい作業スキルの習得
- ③紙資源の消費を抑える

また，統一した作業手順書を作成することで，品質のバラつきをなくすことができると考えた。

2つ目はネットワーク利用が前提となっている第4次産業革命の基盤を支える「情報ネットワーク施工」について，競技大会を通して関連スキルの習得を目指した。

4.2. スケジュール

図2に昨年度スケジュールを示す。

	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
イベント	★ 構想発表会				★ 中間発表会				★ ホリテックビジョンin穴水 ★ ホリテックビジョンin新川	
テーマ設定シート作成	■	■								
コンセプトおよび設計	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
手帳作成		■	■	■	■	■	■	■	■	
テスト改良				■	■	■	■	■	■	
報告書作成									■	■
競技大会	★ 技能五輪予選会				★ 学生日本一決定戦 意見収集					

図2 令和2年度スケジュール

ポイントは全4回の発表する機会と競技大会へ出場する機会を設けたことである。また，企業の方に制作物に関する意見聴取の機会も設けた。詳細は後述する。

4.3. 手順書作成

本制作では，ARの手順書を作成する前に，紙の手順書を作成した。その際のポイントについては後述する。手順書にARを使用した理由は以下の2つである³⁾。

- ①何度も繰り返し見ることができ、劣化しない
- ②実際にはできない（危険作業等）を再現できる

4.4. 制作物

図3にAR手順書の画面、図4にフローチャートを示す。

昨年度はAndroid端末のカメラを通して、あらかじめ用意したARマーカとなる画像認識をさせ、その上にオブジェクトを表示させた。また、ARマーカを移動してもオブジェクトがその上を追従して表示される。このようなARはマーカ型ARと呼ばれる。

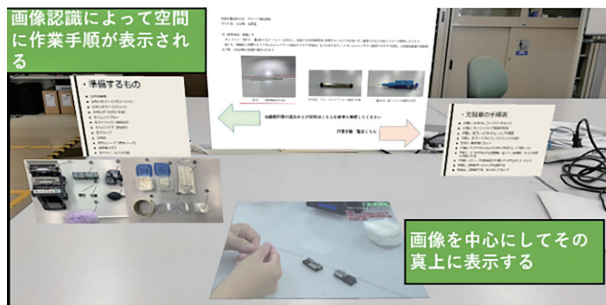


図3 AR手順書の画面

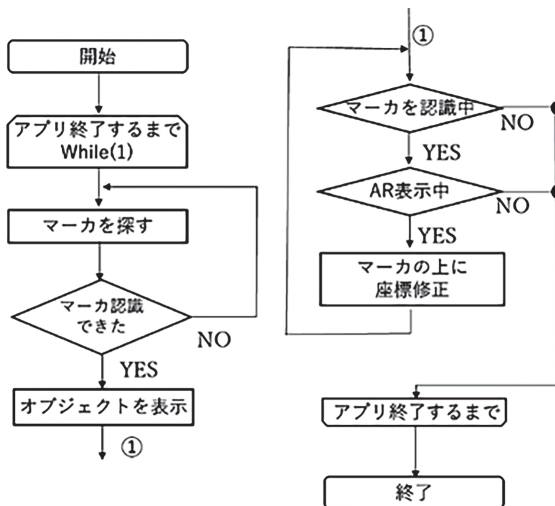


図4 フローチャート

5. 制作の概要（令和3年度）

5.1. 目標設定

本年度も昨年度と同様の目標に加え、「AR手順書を使いスキル習得の比較検証をおこなう」ことを追加した。

5.2. スケジュール

本年度のスケジュールを図5に示す。

ほぼ昨年度と同じスケジュールで制作を進めた。異なる点は、使用端末であるHoloLens2の納期が後期となってしまい、前期は昨年度作成した手順書（紙、AR）の修正点の洗い出しをおこなった。また、手順書の比較検証をおこなう機会を設けた。

	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
イベント	★ 構想発表会				★ 中間発表会				★ 本リテックビジョンの発表 ★ 本リテックビジョンの展示	
設計	■	■								
手順書修正	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
テスト・改良				■	■	■	■	■	■	■
比較・検証								■	■	■
報告書作成									■	■
意見収集							★ 意見収集	★ 意見収集		
技能五輪	★ 予選会						★ 全国大会			

図5 令和3年度スケジュール

5.3. 手順書作成

表1の通り昨年度から変更した「使用者」、「使用端末」、「開発環境」についてポイントを説明する。

1つ目は手順書の使用者を「指導者」から「初級技能者」に変更した。そのため、初級技能者目線を意識した手順書を作成するよう指導した。

2つ目の使用端末をHoloLens2に変更した。メリットは3点あるが、詳細は後述する。

3つ目の開発環境はHoloLens2に合わせ、変更した。これは、HoloLens2用のMR（Mixed Reality、複合現実）アプリケーションで、作業手順をCloudから読み込むことで空間上にホログラムを表示する機能を提供するものである。

5.4. 比較検証

本年度は初級技能者に対し、作成した手順書を使い、スキルが習得できたかを検証した。その結果を表2および3に、検証の様子を図6および7に示す。

検証方法は紙手順書とAR手順書のそれぞれを使い同じ作業をしてもらい、作業時間と作業完了後の出来栄を評価する。その際の評価基準として技能五輪全国大会「情報ネットワーク施工」Module2Fを使用した。表4に比較検証に使用した評価基準を示す⁴⁾。

なお、比較検証をおこなう前に初級技能者に対

し、作成した2種類の手順書について、実際に作業をしてもらい、わかりにくい点などをヒアリングし、手順書を修正した。

表2 作業時間

作業時間 (分)			
作業者	紙手順書	作業者	AR 手順書
A	38	E	29
B	37	F	23
C	23	G	26
D	25	H	18

表3 作業品質

作業品質			
作業者	紙手順書	作業者	AR 手順書
A	○	E	△
B	○	F	○
C	○	G	○
D	○	H	○

表4 評価基準

項目	内容
補強状態	チューブ端部が完全に収縮しているか 目安：スリーブから補強部材が溶け出している 溶け出しがない場合 <ul style="list-style-type: none"> ・軸方向にファイバが移動しない ・軸に対して直角方向に移動しない ・端部が漏斗状になっていない
接続部の配置	被覆部保持長が 5[mm]以上
収縮状態	裸ファイバ部に空気層、界面が存在しない 補強スリーブ内に異物の混入がない
表面の状態	外部からの衝撃などによる明らかな変形や傷がない

表3において作業者Cの作業品質が良くなかった。これは、表4の「接続部の配置 被覆部保持長が5mm以上」に該当し、熱収縮スリーブによる補強作業において融着点を中心に調整できていなかった

ためである。ただし、この検証はサンプル数が少ないため、今後、サンプリングを増やす必要がある。



図6 比較検証（紙手順書）



図7 比較検証（AR手順書）

5.5. 制作物

図8にHoloLens2でAR手順書を表示している様子を示す。

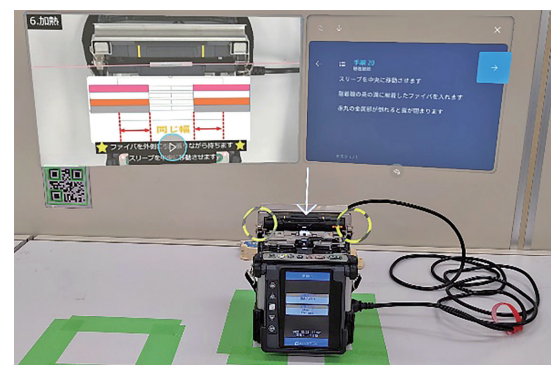


図8 AR手順書

HoloLens2はQRコードアンカー（以下、アンカー）を使用し、空間上に矢印等のホログラムを表示する。アンカーを原点とし、ホログラムを配置することで作業者が視覚的に作業を捉えることができ、作業の効率化を図ることができる。HoloLens2

を使用するメリットは以下の3つある。

- ①視線や手元などの動作を最小限にすることができる
- ②アイトラッキング機能を使うことで作業者の視線を感知し、視線による動画の再生やページをめくることができる
- ③作業者が手順書の位置を自由に調整でき、頭を動かすと追跡して表示することができる

なお、HoloLens2は本制作で使用した「QRコード」以外に、「Azure Object Anchors」,「円形コードアンカー」,「ホログラフィックアンカー」をアンカーとして利用できる。

5.6. 考察

本制作で実施した比較検証からAR手順書を使ったスキル習得に効果的な作業と適用が難しい作業があることが分かった。表5に効果的な作業を、表6に難しい作業を示す。表5内のある程度の大きさとは作業対象物をアンカーとする「ホログラフィックアンカー」の場合、1[m]程度の大きさが必要となる。

表5 AR手順書の適用が効果的な作業

作業例	・配電盤の保守、点検作業 ・旋盤などの機械加工作業
特徴	・作業対象が固定できる ・ある程度の大きさ
理由	・ホログラムの固定や表示が容易

表6 AR手順書の適用が難しい作業

作業例	・はんだ付け作業 ・電子回路製作
特徴	・作業対象に動きがあり、かつ小さい ・作業動作が細かい
理由	・ホログラムの固定や表示が難しい

6. 学生指導のポイント

6.1. 制作テーマの設定

総合制作実習は1年間かけてPDCAサイクルを回し、発表まで行うものづくりの一連の流れを経験できる。この貴重な時間を学生のモチベーションを高

く維持し、より良い経験をさせることができるかは指導員のテーマ設定次第ともいえる。

指導員の一存で決めたテーマの場合、学生からすると「やらされている実習」になりかねない。そこで本制作では学生が「やってみたい」と思えるようなテーマになるように学生と時間をかけて話し合いをし、テーマ設定した。

6.2. 目的および目標設定

授業のカリキュラムでも目的や訓練目標があり、それを達成できるように訓練項目がある。総合制作実習においても「なぜそれをつくる」という目的と、「制作するもの」という目標を設定する。これは指導員が学生の能力に応じて設定する必要がある。学生のスキルの習得意欲の向上や実習に取り組むモチベーションを維持につながると考える。また、目標に細分化し、段階的に取り組むことで1つ1つ達成していくことも重要である。

ただ、設定した目標が必ず達成できるとは限らない。原因としては実習の進捗や学生の能力によるところが大きい。そのときは当初設定した目的や目標の方向性は変えずに、新たに設定しなおすことで解決できると考える。

6.3. 企業との関わり

図9に意見聴取の様子を示す。本制作では、関連企業の方に制作物に対する意見をいただいた。

学生にとっては企業目線の意見や考え方を知り、後述の「コミュニケーション能力」を身につけることができる。また、学生生活だけではできない企業との人脈をつくる機会はとても貴重である。



図9 意見聴取の様子

6.4. 伝える能力の育成

これから社会人となる学生にとって「コミュニケーション能力」は重要である。学生の約50%が社会人なる前に教わりたかったこととしてこの能力を挙げている⁵⁾。ここでいう「コミュニケーション能力」とは、他者との意思疎通を図る（伝える、聞く（聴く）、理解する）能力である。

この能力を育成するために、手順書を作成する学生には「(作成した) 手順書を使い初級技能者が同じ品質で作業できるように」と指示を出し、伝え方や表現方法、全体構成を含め、一から作成させた。また、学生は作業の内容やコツ、ポイントを知っているため、「知らない人に教える」ことの大変さや表現方法についても学ぶことができた。

7. 学生指導の課題や苦勞した点

コロナ禍ということもあり、通常のようにいかない部分が多くあった。特に県外への移動を伴うイベントへの参加が軒並みできなくなり、オンラインでの参加となるが多かった。そのため、移動の負担は減るものの、その分準備の負担が増えた。

また、1年間しかない実習の中で学生に多くの経験をさせ、学生が主体となり実習を進めるためには、指導員の準備や段取りが重要である。本制作では、実習に必要な物品購入や大会へ出場に向けた準備、意見聴取のための企業の方との調整などが苦勞した点である。

8. 実習による学生への効果

取り組んだ中で学生への効果としては3つある。

- ①学生の就職
- ②考える能力と伝える能力
- ③大会に出場した経験

その中で一番大きかった効果は、1つ目の学生の就職である。指導した学生のうち3名が「情報ネットワーク施工」職種に関する企業への就職が決まった。その中でも競技大会へ出場した2名は県外の大手電気工事会社へ就職した。元々は県内の企業を希

望していたが、この実習をきっかけに希望を変え、無事に進路を決めた。この企業は毎年技能五輪全国大会に出場している企業であり、意見聴取をさせていただいた企業でもある。本年度は応用課程への進学が2名、県内製造業に1名、県内IT系企業1名と関連する進路ではなかった。

2つ目は手順書作成を通して知らない人にもものを伝えることを経験し、わかりやすく簡潔に伝えることの難しさを実感できたのではないかと。「コミュニケーション能力」を活かし、社会で活躍してほしい。

9. おわりに

総合制作実習の概要、学生指導について報告した。その中でもテーマ設定と目的・目標設定が重要である。総合制作実習は学生が主体で動くべきであり、あくまでも指導員はそのサポートに徹する。その中で学生生活ではできない経験をしてもらう機会をいかに作るかは指導員次第であり、それ経験が学生にとって将来の職業生活に役立つと考える。

また、今回使用したHoloLens2とDynamics 365シリーズ組み合わせは、製造業を中心にさまざまな作業において活用が期待できる。例えば、Dynamics 365 Remote Assistを使用すれば、遠隔地から作業の様子を確認することができ、コロナ禍においてもスキル習得や作業確認ができるようになると思う。

<参考文献>

- 1) 「日本経済2016-2017 一好循環の拡大に向けた展望」、内閣府 (2017)
- 2) 「令和元年度電気通信事故に関する検証報告」、総務省 (2019)
- 3) 大里尚樹, 中川陽人, 中島勇汰, 安田圭伸, "AR (拡張現実) を使った作業支援システムの構築", 2021 ポリテックビジョン in 穴水予稿集, pp.9-10 (2021)
- 4) 補強スリーブの評価について, "第55回技能五輪全国大会「情報ネットワーク施工」職種競技課題概要", pp.12 (2017)
- 5) 「子供・若者白書 就労に関して、学生時代に、もっと教えてほしいことを教えてください」の問いに対する回答, 内閣府 (2018)