

研究ノート

Research Note

XRデバイスを活用した作業学習コンテンツの開発

神生 直敏, 安田 星季

Development of Work Learning Content using XR Devices

Naotoshi KAMIO, Seiki YASUDA

抄 録

国内中小企業では、少子化・高齢化問題による労働力不足を補うために、IoTやAIの活用が進められている。一方でXRの進歩が昨今著しく、熟練者の技術・技能を学習する活用事例が世界的にも増えている。そこで、技術・技能継承の対象作業として、今回は林業伐倒作業（チェーンソー作業）や人工透析の血流回路組立作業（プライミング作業）を取り上げ、熟練者の視線計測結果を基にXR学習コンテンツを作成した。コンテンツ被験者への調査の結果、作業理解度の向上が見られ、一定の有効性を確認した。併せて、XRデバイス導入に関する課題を抽出した。

キーワード：XR，視線計測，技術・技能継承，作業学習コンテンツ

1. はじめに

国内大手企業では、少子化・高齢化問題による労働力不足を補うために、これまで熟練作業者が担っていた作業にAI・IoT技術を活用した自動化装置・ロボットの導入が話題となっている¹⁾。

一方、道内中小企業では、熟練作業者が感覚的に有しているノウハウやコツを明確化できていないところが多く、ノウハウを可視化・整理が必要である。ノウハウ分析に視線計測の利用が有効であることは、過去の研究成果等でも紹介している²⁾。

更にXRの進歩が著しく、技術・技能の学習への活用が世界的にも増えており³⁾、熟練者の視線情報をもとに、XR学習コンテンツを用いることで、作業ノウハウを効果的・効率的に習得することが期待される。

本研究では、林業及び医療教育機関の協力により、視線計測装置から得られた熟練者の作業情報を活用した、XR学習コンテンツ開発を行い、その有効性の検証やコンテンツ開発に係る課題等を調査した。

2. 視線計測結果の可視化方法

本研究で使用する視線計測情報結果の可視化方法として、①ヒートマップ（注視頻度・滞留時間を色分布で表示）、②ゲイズプロット（注視軌跡・滞留時間を線・番号・円径で表

事業名：経常研究

課題名：技術・技能伝承における視線データを活用した拡張現実技術に関する研究

示)のほか、最近では③マルコフ・クラスタ・アルゴリズム（MCA；視線の移行パターンを矢印線の太さで表現⁴⁾、④視線カウンター（視点滞留を1/30秒単位で集計し、グラフ化⁵⁾）などが挙げられたが、可視化した作業情報の理解の容易さ、解析作業時間などを総合的に考慮して、①ヒートマップと②ゲイズプロットを使用することとした。視線計測及び可視化には、トビー・テクノロジー社のTobii Glass2（メガネ型視線計測装置）及びTobii Pro Lab（視線計測結果の分析ソフトウェア）を使用した。

具体的な視線計測と可視化の例として、林業でのチェーンソー作業における樹木の伐倒作業（以下、伐倒作業）を図1に示す。図1は、熟練者の作業における、視線計測装置及び同時撮影した家庭用ビデオの画像である。視線計測装置の映像は、装着者の注視点がリアルタイムに記録されるのが特徴

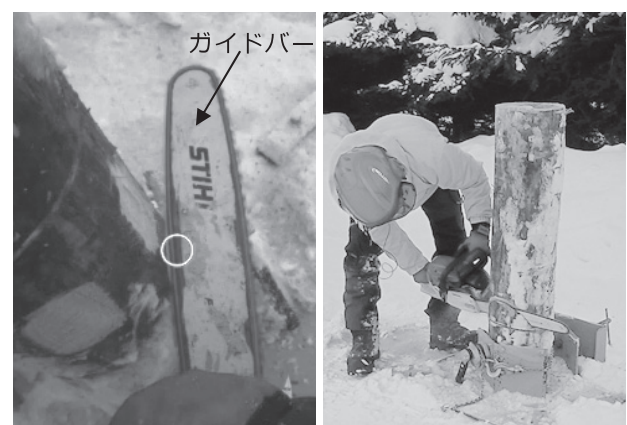


図1 熟練者の伐倒作業での視線計測例
(左：視線計測装置画像、右：家庭用ビデオカメラ画像)

である。一方で家庭用ビデオは、第三者視点からの映像となり、作業者の身体姿勢等が判りやすく、それぞれ特徴が異なることから、技術・技能継承用途の記録の場合には、同時撮影が望ましいことも判った。

また、比較対象として非熟練者（学生）の作業の様子も撮影した（図2）。



図2 熟練者（左）と非熟練者（右）の伐倒作業の様子

伐倒作業の「下切り作業」における熟練者の視線計測結果を、ヒートマップやゲイズプロットにより可視化したものを図3に示す。熟練者は、ガイドバー（実際に樹木に接触するチェーンが走行する、先端が円形をした金属板）が樹木の接触する2箇所を特に注視していることが判明した。



図3 熟練者の視線情報を可視化した例
（左：ヒートマップ，右：ゲイズプロット）

他にも視線計測結果を比較分析した結果、熟練者の注視点と非熟練者の注視点とが顕著に異なる工程や注視すべき箇所と留意すべき箇所などの情報が得られた。このように可視化で得られた知見は、次章での学習コンテンツの作成に反映した。

3. XRデバイス用作業学習コンテンツの開発

3.1 作業学習コンテンツの作成概要

一般に、映像を使った技術・技能の習得手段としては、

- ① スマートフォンや視線計測装置などで、手本となる熟練者の映像と非熟練者の映像を記録し、比較・確認する
- ② コンピュータシミュレーション映像を活用する

等が挙げられる⁶⁾。ただし、実際の作業環境と異なることがあること、作業を理解したつもりになりやすいことに留意する必要がある。つまり、動作だけを真似ても習得したとは言えず、非熟練者が動作内容の目的まで理解して、初めて習得したと見なせるからである。さらに、非熟練者が多人数の場合には、教育実施者が個々の習得状況を把握して、状況に応じた対応が必要である。

これらを踏まえ、本研究でのコンテンツの開発は、「現状把握（工程）」→「コンテンツ作成・配置」→「表示する動画・注釈の位置調整」の順に行った。併せて、作業途中や作業終了後に熟練者に作業の各工程で留意すべき点について聞き取りを行った。

まず教育機関で使用されている教材や実習の様子をもとに、対象作業の一般的な教習方法を調査した。教材例として実際の伐倒作業の教材の一部を図4に示す。切り口などの立体構造が理解しやすくなっており、作業学習コンテンツを作成する上での参考とした。

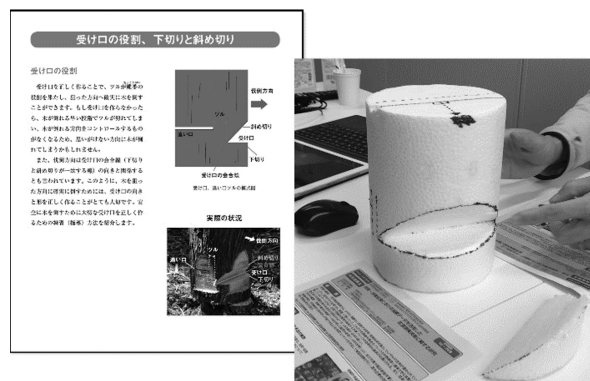


図4 伐倒作業の教材（左：教科書，右：切り口の模型）

3.2 伐倒作業学習コンテンツの開発

学習コンテンツの開発にはXRデバイス向けコンテンツ開発に頻用される開発環境ソフトウェアであるUnity Technologies社のUnityを使用した。XRデバイスはMicrosoft社のHoloLens 2を用いた。開発画面の一部を図5に、また実際にXRデバイスを装着した人が見る作業学習コンテンツの画面例を図6に示す。コンテンツには、

- ・作業の対象である樹木や透析装置などの3DCGモデル
- ・作業工程表
- ・作業の留意点を示す矢印や注釈

・特に重要な留意点は、事前に録画した作業中の熟練者の視線動画に熟練者の注視点の動きを重ねた動画等を配置し、該当する作業途中に非熟練者が注視すべき箇所を理解しやすいようなコンテンツとした。

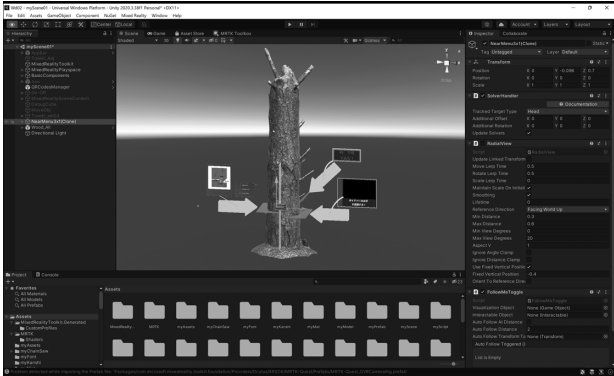


図5 開発した伐倒作業 学習コンテンツ開発画面例



図6 伐倒作業学習コンテンツの画面表示例

3.3 プライミング作業学習コンテンツの開発

透析装置の血液回路を透析液で満たすプライミング作業（以下、プライミング作業）は、人工透析処置で臨床工学技士が行う作業であり、臨床工学技士の育成には不可欠な作業である。プライミング作業は、ダイアライザ（ろ過器）、ポンプなどをチューブで繋ぐ作業であるが、一定の時間内に行う必要があり、習熟が必要な作業である。ただ、透析装置を使った訓練には、ろ過器（消耗品）や透析装置が必要で、コスト面の問題も生じる。そのような問題を解決する1つの手段としてXRデバイスの活用の期待があり、本研究の中で取り組むこととした。

図7は熟練者と非熟練者（学生）のプライミング作業の様子である。今回作成したプライミング作業学習コンテンツの開発画面の一部を図8、実際の画面例を図9に示す。コンテンツでは作業手順書の表示や、時間表示機能も付加している。



図7 熟練者（左）と非熟練者（右）のプライミング作業の様子

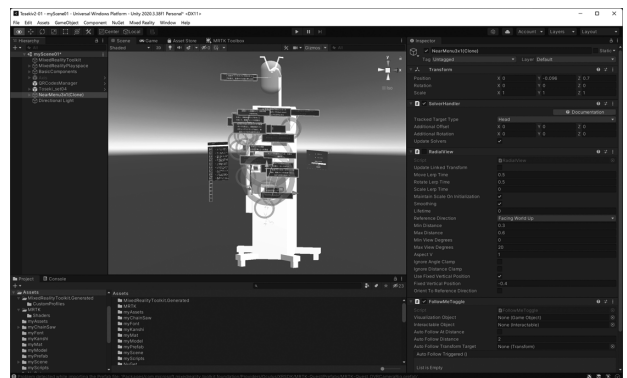


図8 プライミング作業学習コンテンツ開発画面例



図9 プライミング作業学習コンテンツの画面表示例

4. 開発した作業学習コンテンツの有効性の実証試験

開発した作業学習コンテンツの有効性を確認する試験を行った。試験の様子を図10に示す。被験者7名（伐倒作業：5名、プライミング作業：2名）にコンテンツを使用させ、使用后アンケート調査をした（図11）。その結果、7名中6名が従来の学習方法と比べて作業の留意点を「よく理解できた」、「ある程度理解できた」と回答した。一方、「力覚のフィードバックがない（樹木からの反力など）」、「場所を選ばずに作業内容を学習できる」等の利点や課題があることが判った。

加えて、実証試験と並行して、XRデバイスの利用企業や、研究の実証試験の被験者等からアンケート調査を実施した。現状の課題として整理したものを表1に示す。

XRデバイスの性能の問題、コンテンツ開発環境の問題、さらに習熟度の評価方法が挙げられた。



図10 伐倒作業の学習コンテンツの有効性確認試験の様子

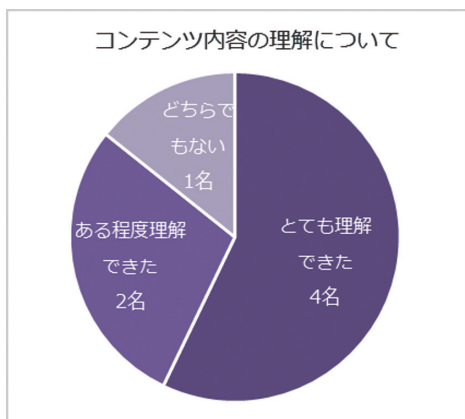


図11 アンケート結果（作業の留意点の理解度）

表1 XRデバイス用学習コンテンツに関する聞き取り調査結果

<p>■XR 端末性能の更なる改善（ハード面）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・文字のにじみや、長時間装着すると目が痛い ・「切断時の反動」など、視聴覚以外の感覚情報を取り込んで再現できないか
<p>■現状ではコンテンツ開発の難易度が高い（ソフト面）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・開発言語「Unity」の習得が必要で、難易度が高い ・簡易なメッセージが表示できるアプリケーションが欲しい
<p>■時間以外の要素も加味した「習熟度の総合評価方法」の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・所要時間やチェック項目での評価だけでなく、加工した寸法値や身体動作なども加味した総合評価はできないか？

5. おわりに

本研究では、熟練者の作業ノウハウを視線計測で可視化して、XRデバイスによる学習コンテンツを作成し、実証実験にてXR学習コンテンツの有効性を確認した。

XRは、デバイスの進化とともに、技術・技能継承の手段の一つとして、今後の活用が一層期待され、当场でも聞き取り調査で得られた課題を解決すべく、今後の研究内容を検討して行く予定である。

謝辞

本研究を進めるにあたり、視線計測分析には関西大学 堀口 由貴男教授、実験データ収集には、北海道立北の森づくり学院 駒田 賢主任及び札幌看護医療専門学校 山田 憲幸臨床工学技士学科長にそれぞれご助言・ご協力を頂いた。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 日刊工業新聞「熟練作業の自動化ロボ、川重が開発AIが感触・音まで学習」(2017)
- 2) 神生直敏：技能伝承におけるIoTの活用例と注意点，日刊工業新聞社 工場管理 Vol.64 No.10, pp.48-51, (2018)
- 3) 溶接技能訓練システム
「Soldamatic」<https://www.soldamatic.com/>
- 4) 堀口由貴男，鈴木貴也ほか：Markov Cluster Algorithmを用いた列車運転士の注視パターン分析，日本知能情報ファジイ学会 第31回ファジイシステムシンポジウム論文集，pp.48-51, (2015)
- 5) <https://www.trans-cosmos.co.jp/company/news/190703.html>
- 6) 中川一史，苑復傑：教育のためのICT活用，放送大学教育振興会，pp.25-28, (2022)