

# MR 環境下でのネットワーク構築に対する AI ベースの学習支援システムに関する研究

## Research on an AI-Supported Network Construction Learning Material Using Mixed Reality

牧野 拓斗<sup>\*1</sup>, 小松川 浩<sup>\*2</sup>

Takuto MAKINO<sup>\*1</sup>, Hiroshi KOMATSUGAWA<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> 公立千歳科学技術大学 理工学部

<sup>\*1</sup> Faculty of Science and Technology, Chitose Institute of Science and Technology

<sup>\*2</sup> 公立千歳科学技術大学大学院理工学研究科

<sup>\*2</sup> Graduate School of Science and Technology, Chitose Institute of Science and Technology

Email: b2222110@photon.chitose.ac.jp

あらまし：本研究では、高等学校「情報 I」におけるネットワーク構築演習を支援するため、物理空間での操作を構造化テキストへ変換し、LLM が物理的状況を認識可能にする手法を提案する。本システムは、学習者の機器配置や配線操作をリアルタイムにデータ化し、構造化テキストとして LLM に入力することで、個々の学習状況に応じたヒントやフィードバックを自動生成する。大学生 10 名を対象とした評価実験の結果、Hake の正規化利得  $g=0.625$  の学習効果が確認されたほか、解答への自信度が大幅に向上した。これにより、AI が実機演習の状況を適切に認識し、学習支援が可能であることが示された。

キーワード：MR(複合現実), LLM, ネットワーク構築

## 1. はじめに

### 1.1 背景

2022 年度より高等学校において「情報 I」が必修化され、ネットワークの仕組みの理解や小規模なネットワーク設計の実習が求められている<sup>(1)</sup>。加藤<sup>(2)</sup>は座学のみでの学習ではネットワークが「ブラックボックス」化しやすく、実機を用いた構築演習が抽象的な概念の理解を促進するとしている。しかし、実機を用いた演習には機材の購入や保守に伴う物理的な課題に加え、専門知識を持つ教員の確保と教員への負担という人的な課題が存在する。特に、限られた人数の教員がすべての学習者の作業状況を常時把握し、個々の進捗や理解度に応じた適切な指導を行うことには現実的な限界がある。

一方で、人的課題を解決する手段として教育分野での AI 活用が進んでいるが、実機演習は物理的な配線等のアナログ操作を主体とするため、LLM (大規模言語モデル) は学習者の目の前の物理的状況を直接認識できない。したがって実機演習における AI 指導の実現には、アナログな物理情報をデジタル情報として LLM に認識させる手法が課題となる。

そこで本研究では、MR (複合現実) 技術に着目する。MR は現実空間と仮想空間の融合により、高価なネットワーク機器を仮想オブジェクトとして代替することで物理的な課題を解消できる。さらに、学習者が行う配線や機器配置といった物理的な挙動を、構造化されたデジタル情報としてリアルタイムに取得することが可能である。このような特性から、演習状況を LLM が認識可能な形式へ変換する基盤技術として有効であると考えられる。

### 1.2 本研究の目的

本研究の目的は、MR を介して物理的な箱と仮想的なケーブルを接続する模擬的なネットワーク構築演習環境において、LLM に機器とケーブルの接続状態を認識させ、ネットワーク構成として理解させる仕組みを確立することで、実機演習における AI 指導の実現性を明らかにすることである。

## 2. システム概要

### 2.1 提案システム

提案システムは、MR デバイス (Meta Quest 3) を使用し、ArUco マーカーを貼付した物理的な箱と仮想ネットワーク機器 (光コンセント、ONU、無線 LAN ルーター、PC) を連動させる。学習者は MR 空間内で仮想ケーブルを用いて機器間を接続し、家庭内 LAN の構築を体験的に学習する (図 1)。



図 1 ネットワーク構築演習中の画面

システムは入力層から AI 支援層までの 5 層アーキテクチャで構成され、演習管理層において物理的な接続状態を PlantUML の nwdiag 記法へ変換す

る。入力層ではパースルーカメラ映像から ArUco マーカーを検出し位置・姿勢を推定する。追跡制御層ではマーカー情報に基づき仮想デバイスの位置・姿勢を制御する。接続処理層ではケーブル端子のスナップ処理とポート接続状態の管理を行う。演習管理層では全デバイスの接続状態を PlantUML 形式の構造化テキストに変換する。この層が、物理的な演習状況を LLM が認識可能なデジタルデータへ変換する中核的な役割を担う。AI 支援層では構造化データをプロンプトに組み込み、LLM でヒント・フィードバックを生成する（図 2）。AI 支援層で提供される機能について、本研究では「AI 支援機能」と定義する。

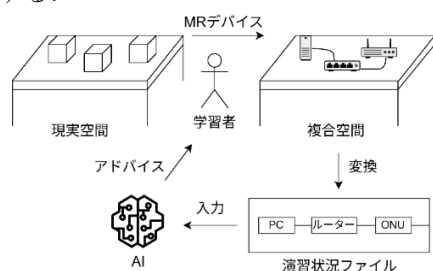


図2 AI支援機能の概念図

## 2.2 AI 支援機能

豊崎<sup>(3)</sup>の先行研究では、MRを用いたネットワーク構築演習において、学習者の進捗が停止した際の演習の進行に対する支援機能不足が課題として指摘されていた。提案システムでは、この課題を解決するためヒント機能とフィードバック機能を実装した。ヒント機能ではヒント要求回数に応じて抽象的な示唆から具体的な接続指示へと段階的にヒント内容を変化させ接続指示を行う。フィードバック機能は、演習終了時に演習ログを分析し、良かった点、改善点、次回へのアドバイスを提示する。

## 3. 検証

### 3.1 検証方法

本学の情報システム工学科3・4年生10名を対象に評価実験を実施した。評価指標として、知識習得度（Hakeの正規化利得）、操作性（SUS）、演習ログ、およびAI支援機能に関するアンケートを用いた。

AI支援機能の評価については、以下の3つの観点から行った。(1) 演習状況データの正しく取得できているか、(2) 取得したデータをLLMが正確に解釈できているか、(3) その解釈に基づいて適切なアドバイスを生成できているか。

### 3.2 検証結果

演習前後における知識習得度および自信度の変化を表1に示す。知識テストの正規化利得は $g=0.625$ となり、中程度から高い学習効果が確認された。また、解答への自信度も大幅に向上しており、体験的な演習が学習者の確信を深めたことが示唆された。

表1 演習前後における学習効果の比較

評価項目	事前	事後	増減
知識テスト(5点満点)	3.40	4.40	+1.00
回答自信度(6段階)	2.88	4.80	+1.92

操作性については、SUSの平均スコアは60.0点であり、基準とされる68点を下回った。自由記述回答からハンドトラッキングによるケーブル接続操作の難易度が高いという課題が明らかになった。

(1) 演習状況データの取得については、全試行でMR空間上のオブジェクト配置やPlantUML形式のケーブル接続状態がAIへ正しく送信されており、「物理状況のデジタル化」が達成された。(2) LLMによるデータ解釈については、全試行でシステムの進捗判定が正確に機能し、問1「AIがその場で演習を見ているように感じた」で高評価を得た(図3)。(3) アドバイス生成については、問2「AIのヒントを理解できた」で高評価を得た一方、問3「AIのヒントには十分な詳細があった」では評価が分かれ課題が残った(図3)。

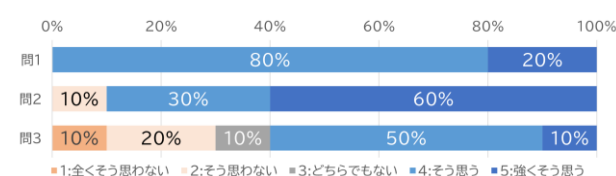


図3 AI支援機能のアンケート結果

## 4. おわりに

本研究では、高等学校「情報I」におけるネットワーク構築演習を支援するため、MRとLLMを統合した学習支援システムを開発した。5層アーキテクチャにより、学習者の物理的な操作をPlantUML形式の構造化データとしてLLMに認識させる手法を確立した。検証の結果、全試行において演習状況データが正しく取得・構造化され、MR技術導入の利点である「物理状況のデジタル化」が達成された。また、LLMがその状況を正確に解釈できることが確認され、実機演習におけるAI指導の実現可能性が示唆された。一方、操作性の改善やアドバイスの具体性向上が課題として明らかになった。今後は、操作性改善、AI支援のマルチモーダル化、学習者の習熟度に応じた演習問題の自動生成に取り組む。

### 参考文献

- (1) 文部科学省: 高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説, <https://www.mext.go.jp/content/000166115.pdf> (参照 2026/2/3)
- (2) 加藤直孝: 高校・高専・大学におけるネットワーク教育の課題とGNS3 VMを活用したネットワーク構築ハンズオン授業, 情報処理学会研究報告, Vol. 2023-CE-169, No. 18, pp. 1-10 (2023)
- (3) 豊崎駿佑: MRを用いた高校情報I向けのネットワーク学習教材に関する研究, 公立千歳科学技術大学大学院修士論文 (2024)