

令和2年度科学研究費助成事業奨励研究報告

ロボット TAが見守り拡張現実感で情報提示する実習教育支援システム

(課題番号 20H00873)

原 植 稔 幸

1. 目的

私は組込みシステム向けリアルタイム OS に関する学生実習の支援業務を担当している。学生達がこの実習で取り組む課題は、タスクスケジューリングやセマフォ、ハードウェア制御など様々であり、彼らは作業手順書と参考書を基に実習作業を進める。その作業手順は、1) PC 上に構築した開発環境で課題プログラムを作成、2) プログラムを学習ボードに転送・実行、3) 実行結果を学習ボードの LED や PC のコンソール・タスクトレーサで観察、である。

この実習では、受講生が作業中に不具合を起こすことが多く、その原因のほとんどは、開発環境や学習ボードの操作間違い、リアルタイム OS に関する理解不足である。この問題を解決するには、実習に多くのスタッフを配置し、受講生が間違った個所に応じて適切に指導することが最適と考える。しかし現状は 70 名近い受講生に対して技術職員 4 名と TA(Teaching Assistant) 2 名のみで指導や助言をおこなっており、支援が充分とは言えないと感じている。

本研究の目的は、プログラム開発などの実習授業を受講する学生が、実習に必要な知識不足あるいは実習課題の理解不足のために実習作業を誤った際に、人手を介さずに状況に応じた適切な教育的支援を提供することである。この目的を実現するため、ロボットと拡張現実感(Augmented Reality, AR)の技術を用いて、実習を受講する学生の進捗状況を見守り、教育的支援を提供するシステムを実現する。

2. 実現方法

このシステムは、受講生の顔や操作している手指の動き、実習の際に用いる学習ボードの構成情

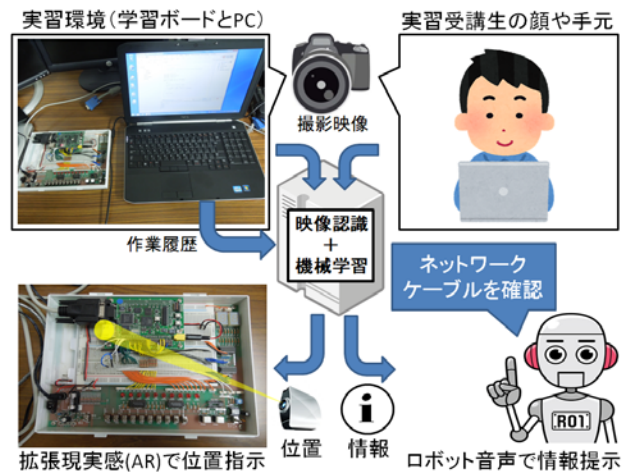


図1. ARによる実習教育支援情報の可視化手順

報、PCの開発環境を常時見守ることで、学習者の作業の進捗状況を自動的に把握する。本研究の特徴は、実習作業時の受講生や実習環境を、複数の視点で観察することで間違った操作の原因を特定すること、ロボットによる動作と音声、プロジェクタによる現実世界への映像投影による情報提示で、受講生が誤った操作を自ら修正できるよう促すところにある。

本システムにおける情報提示の手順は、最初に組込みプログラミング実習の作業をおこなっている卓上をカメラで撮影し、映像処理によって実行環境ボードの状態と位置を特定する。次に実習で用いる実習環境の状態を取得して、それらを基に実習の進捗状況を推定し、状況に適した学習支援情報をプロジェクタによって卓上に投影するとともに、ヒューマノイドロボットにより音声とモーションによって作業支援のための情報を提示する。

本システムを実習教育の現場において用いる利点として、学生に対して実習の円滑な遂行に必要な情報を提供でき、結果として学習効果を高める

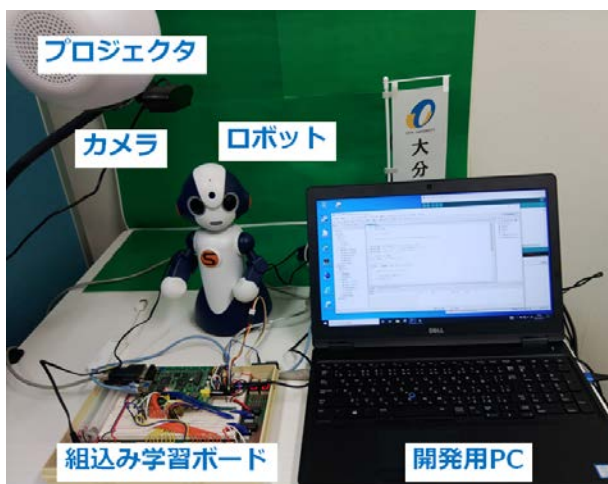


図 2. システムの機器構成

ことが期待できる。またプロジェクタを用いて卓上に情報を投影して可視化することや、ヒューマノイドロボットの音声によって可聴化することは、学習者が単独で実習作業をおこなっている時に有効であるだけでなく、共同で作業している複数人の学習者に対して、同時に同一の情報を提示できる利点がある。

3. システム構成

本システムを構築するにあたり、組み込みプログラミング実習で使う開発用 PC 上で動作するアプリケーションを開発した。このアプリケーションの構成要素は、作業者の顔と動き、ボードの状態を映像から検出するための「映像認識モジュール」、実習環境の PC から取得した作業履歴から進捗状況を分析する「進捗管理モジュール」、実習の進捗と作業者の顔と動きから実習への集中度を予測する「集中度予測モジュール」である。

本システムの構成要素を図 2 に示す。本システムでは、作業者への情報提示装置として、小型卓上プロジェクタ “Anker Nebula Astro” とヒューマノイド型コミュニケーションロボット “Sota” を利用した。作業状況を認識するための仕組みとして、作業者の顔の動きは開発用 PC のインカメラから取得し、手の動きはモーションコントローラで取得した。作業者のプログラミング作業の履歴は開発環境の動作ログから取得し、実行環境ボードの状態と位置は Web カメラで取得した。

アプリケーションおよびモジュールを実装する際、カメラで取得した映像から作業者の顔の向き

や実行環境ボードの位置を認識するためにコンピュータビジョン用ライブラリ “OpenCV” を利用した。進捗管理や集中度予測のために用いた機械学習処理の実装については、オープンソースの機械学習ライブラリ “scikit-learn”，プロジェクタから情報を提示する際の AR 機能の実装については AR 開発プラットフォーム “Vuforia” を用いて実装した。

4. 実験と結果

システムのプロトタイプを開発した後、実際に授業で利用している実習課題を使って、作業者に対する情報提示支援の実験をおこない、適切な情報を提供できるかを検証した。その結果、開発用 PC の作業ログから取得した作業の進捗に応じて、また作業者の映像情報から取得した作業状態に応じて、プロジェクタとロボットから、それぞれ作業支援情報を提示する機能が動作することを確認した。

なお実験により明らかになったこととして、プロジェクタによる支援情報提示は、提示している情報がどの位置に関連しているのかを明確に示すことに適しているが、表示領域の問題であり多くの情報を提示できなかった。またロボットの音声による情報提示は、注意を向けさせるのには適しているが、作業者の作業を中断してしまうことがあるため、情報を提示するタイミングや内容を考慮する必要があるという認識に至った。

5. 考察

本稿では、プログラム開発などの実習授業を受講する学生が、実習に必要な知識不足あるいは実習課題の理解不足のために実習作業を誤った際に、人手を介さずに状況に応じた適切な教育的支援を提供する方法として、カメラやセンサデータや PC のログなどを観察することで学生の実習作業中の進捗状況を見守り、状況に応じてロボットと AR を用いて教育的支援を提供するシステムを提案して、その実装と実証実験をおこなった。今後は実習中に起こりそうな不具合を未然に察知して、状況に応じた情報提示をおこなえるように実装したうえで、実際の学生実習で有効性の検証をおこなう。

6. 謝辞

本研究は日本学術振興会の科学研究費補助金（奨励研究 20H00873）の助成を受けたものである。