

## IP ネットワーク構築演習における到達性の確認と 自動採点を可能とする協調学習者ロボット

伊藤旭<sup>†1</sup> 井口信和<sup>†2</sup>

**概要:** 多くの教育機関では、ネットワーク技術者養成のための IP ネットワーク構築演習が開講されている。この演習では、複数の学習者が共同でルータとスイッチを使ったネットワークを構築する協調演習を実施している。学習者がネットワーク機器への設定を完了した時、ネットワークの到達性と設定が課題通りか否かを確認する必要がある。しかし、到達性が課題通りではない場合、学習者自身でその原因を判定できない可能性がある。また、学習者自身が設定を確認する場合、正誤の判定が正しいとは限らない可能性がある。これまでに我々は、IP ネットワーク構築演習を対象に、建設的相互作用を促すことで、説明モデルの獲得の支援を可能とする、協調演習システムを開発してきた。本稿では、協調演習システムを拡張した、到達性の確認と自動採点を可能とする協調演習システムについて述べる。本システムは、ping コマンドと traceroute コマンドを用いて、学習者が構築したネットワークの到達性を確認できる。そして、確認した結果に応じて、ネットワーク機器の設定を自動採点できる。実験の結果、本システムを用いることで学習者は構築したネットワークの到達性と設定を確認できることが分かった。

**キーワード:** IP ネットワーク構築演習, 協調演習, コミュニケーションロボット, 自動採点, Web コンソール

### Cooperative Learner Robot Enabling Confirm Reachability and Automatic Scoring for Hands-on IP Network Practice

AKIRA ITO <sup>†1</sup> NOBUKAZU IGUCHI <sup>†2</sup>

**Abstract:** Hands-on IP network practice for training network engineers are being held in many educational institutions. In class, multiple learners are conducting cooperative exercises to construct a network using routers and switches. When learners completed the setting for computer network, learners need to check whether reachability and setting of the network are in accordance with the task. However, there are cases where the reachability is not in accordance with the task, learners may not be able to determine the cause. Also, there are cases where learners confirm the setting, there is a possibility that judgment of the errata is incorrect. We have developed collaborative practice system that learners for support acquisition of explanatory models by promoting constructive interaction for Hands-on IP network practice. In this paper, we describe collaborative practice system enabling confirm reachability and automatic scoring for Hands-on IP network practice. Our system can confirm the reachability of network constructed by learners using ping command and traceroute command. Then, according to the confirmation result, our system can automatically score the setting of computer network. Through experiment, we confirmed that learners are able to know reachability and setting of network constructed by using our system.

**Keywords:** Hands-on IP Network Practice, Cooperative Learning, Communication Robot, Automatic Scoring, Web-console

#### 1. はじめに

社会の隅々にまでコンピュータネットワークが浸透し、わが国におけるインターネットの人口普及率は平成 27 年度末に 83.0%[1]とされている。これに伴い、ネットワーク技術に精通した技術者の需要が高まっている。しかし、国内におけるネットワーク技術者は不足しており、高い専門知識とスキルを持ったネットワーク技術者の早期育成が必要とされている。

大学等の教育機関では、ネットワーク技術者の養成を目的として、書籍や資料による講義とルータ等のネットワーク機器を用いた構築演習[2][3]が実施されている。講義では、通信プロトコルの仕様などネットワークに関係する知識に

ついて学習する。一方、実機を用いた演習では、技能の習得と講義で得た知識の確認が可能となる。

実機を用いたネットワークの構築演習としては、Cisco Certified Network Associate の取得を目的とするシスコネットワークングアカデミー[4] (以下、CNA) が世界中の教育機関で実施されている。CNA では、複数の学習者が共同でルータとスイッチを使ったネットワークを構築する協調演習も実施している[5]。協調演習の目的は、少人数のグループで目標に向けた作業を通して、口頭の質問応答によるネットワーク設定コマンドに関する知識の言語化と説明モデルを獲得することである。

協調演習の目的を達成するためには、他社と一緒に考えることで理解が進む建設的相互作用[6]が有効である。建設的相互作用は、二人の学習者が同じ問題を解くとき、問題を解いて解き方を提示する「課題遂行者」と、それを俯瞰して意見を聞く「モニター」に役割が分かれて、学習者が

<sup>†1</sup> 近畿大学大学院総合理工学研究所  
Graduate School of Science and Engineering Research, Kindai University

<sup>†2</sup> 近畿大学理工学部情報学科  
Department of Informatic, Faculty of Science and Engineering,  
Kindai University

やりとりするときに発生する。モニターは、課題遂行者に問題の解き方等を質問する。課題遂行者は、モニターの質問に回答しながら、問題を解いていく[7]。これにより、課題遂行者の学習意欲と学習効果を向上させて、説明モデルの獲得を支援する。

ネットワーク機器への設定を完了した時、学習者はネットワークの到達性と設定が課題通りか否かを確認する。ネットワークの到達性を確認する際、学習者はネットワーク機器に対して到達性を確認するためのコマンドを発行する。到達性が確認できなかった場合、学習者は到達性が確認できない原因を判定する必要がある。到達性が確認できた場合、学習者はネットワーク機器の設定と課題に記載されているコマンドを比較して、発行したコマンドが正しいか否かを判定する。しかし、学習者自身で到達性が確認できない原因を判定する場合、学習者の習得レベルによっては、その原因を判定できない可能性がある。また、学習者自身が設定を判定する場合、正誤の判定が正しいとは限らない可能性がある。このような問題点から、学習者の習得レベルによっては構築したネットワークの到達性と設定を確認できない。そこで、この課題を解決するために、学習者が構築したネットワークの到達性を自動で確認して、確認した結果に応じて、設定を自動で判定し、課題に対する達成度を採点できる機能が有効である。

これまでに我々は、IP ネットワーク構築演習を対象に、建設的相互作用を促すことで、ネットワーク設定コマンドに関する説明モデルの獲得の支援を可能とする協調演習システム（以下、本システム）を開発してきた。本システムを用いることで、学習者は協調学習者として動作するロボットと共同で一つのネットワークを構築する協調演習が実施できる。本システムでは、学習者と協調演習を行う協調学習者ロボット[8]として、ヴイストン株式のコミュニケーションロボット Sota[9]を使用する。Sota に本システムにおける「モニター」の役割をさせることで、建設的相互作用を促して、ネットワーク設定コマンドに関する説明モデルの獲得を支援する。

本稿では、IP ネットワーク構築演習を対象に、到達性の確認と自動採点を可能とする協調演習システムについて述べる。これまでに開発したシステムに新たに開発した機能を実装することで実現する。本システムを用いることで、学習者はネットワークの到達性の確認と設定の自動採点が可能となる。さらに、到達性が確認できない場合、到達性を確認できない原因の判定が可能となる。これにより、学習者は構築したネットワークの到達性と設定を確認できる。本稿の構成は以下の通りである。まず、2 章で本研究と関連する研究について述べる。3 章でこれまでに開発してきたシステムについて述べ、4 章で拡張したシステムについて述べる。5 章で、演習想定を述べ、6 章で実験について述べる。7 章でまとめと今後の予定について述べる。

## 2. 関連研究

本章では、本研究と関連する研究について述べる。

画面上のロボットと拡張現実上のロボット、実空間上のロボットを比較した研究として、Wilma ら[10]は、人がロボットからの指示を受けた際の行動パターンを分析している。分析の結果から、実空間上のロボットのジェスチャーによる「身体性」が人の興味を惹き、建設的相互作用を促している。ジメネスらの研究[11]では、「学習者のペア」、「学習者と画面上のロボットのペア」、「学習者と実空間上のロボットのペア」で交互に問題を解き合った場合の学習状況を分析している。分析の結果、実空間上のロボットと交互に問題を解き合うことで、建設的相互作用に基づいた協調演習が実現できる。

本システムでは、実空間上のロボットとして Sota を使用する。Sota は、音声認識と音声合成、ジェスチャーを用いることができるため、実空間上で学習者とやりとりができる。さらに、本システムは、学習者の進捗に合わせて、交互に問題を解きながら協調演習を行うため、学習者の興味を惹き、協調演習において建設的相互作用を促すと考える。

人の「記憶」と「記録」の違いに関する研究として、松本の研究[12]では、人は音声で話したり聞いたりする場合、その情報を「記憶」する。また、文字を書いたり、読んだりすることで、情報を「記録」する。菅野らの研究[13]では、人は「記録」した情報を確認することで、「記憶」から情報を探し出す。そのため、情報を「記録」するのみでは、「記憶」から情報を探し出すことができない場合がある。松川らの研究[14]では、人は「記録」のみをした学習よりも、「記憶」のみをした学習の方が、学習効果が高い。

そこで、本システムでは Sota の音声認識と音声合成を用いて、学習者に情報を「記憶」させる。さらに、Sota との会話の一部をチャット形式で文字として残すことで学習者に「記録」させる。これらのマルチメディア環境を学習者に提供することで、学習効果が向上すると考える。

ネットワーク技術者の育成を目的とした学習環境の構築やツールの開発に関する多くの研究が行われている[15]-[16]。立岩ら[17]は、LAN と TCP/IP 理論との関連付け学習を目的に、UML を利用した LAN 管理者育成のためのシステムを開発している。中川ら[18]は、IPv4/IPv6 移行期の学習を支えたと共に学習者の利便性を高めることを目的に、ウェブブラウザを用いてネットワークを構築できるシステムを開発している。しかし、これらのシステムはコマンドではなく GUI を用いてルータやホストの設定を実施しており、ネットワーク構築の実践的なスキルを習得できない。

実機を対象とした研究として、島野ら[19]は、課題演習におけるネットワーク機器の設定の正誤を自動的に判定して、その結果を指導者へ提示するシステムを開発している。このシステムは、ネットワーク機器から設定ファイルを取得

することで、自動採点を可能とする。しかし、このシステムは設定ファイルを用いた自動採点のみのため、学習者が構築したネットワークの到達性を確認できない。

これらに対して本システムは、実機を用いた設定演習を対象として開発しており、コマンドを発行して、ネットワーク機器に設定を施す演習を可能とする。本システムでは、協調学習者ロボットである Sota は ping コマンドと traceroute コマンドを用いて学習者が構築したネットワークの到達性の確認を可能とする。到達性が確認できない場合、到達性が確認できない原因を判定して、学習者に提示できる。さらに、到達性が確認できた場合、取得した設定情報と正答情報を用いた自動採点の結果を学習者に提示できる。

### 3. 説明モデルの獲得の支援を可能とする協調演習システム

本章では、これまでに開発してきたシステムの概要と各機能の詳細について述べる。

#### 3.1 システム概要

本システムの概要を図 1 に示す。音声認識サーバは、ヴイストン株式会社のクラウドサーバを用いる。質問応答サーバ（以下、サーバ）は、学習者の質問を解析した結果を基に応答文を検索して、その応答文を Sota に送信する。ま

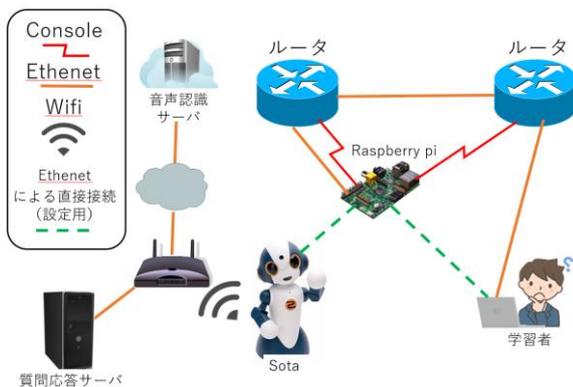


図 1 システム概要

Figure 1 System overview.

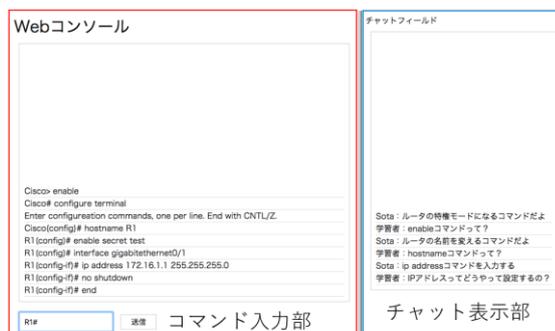


図 2 Web コンソール

Figure 2 Web-console.

た、ディープラーニングを用いて Sota からの質問に対する学習者の応答文が正しいか否かを判別する。Raspberry Pi は、コンソールケーブルを用いて Cisco Systems 社のルータ（以下、ルータ）とシリアル通信を行う。また、イーサネットケーブルを用いて Sota と学習者の PC に通信する。

学習者は新規に開発したコンソール（以下、Web コンソール）をブラウザから操作して、ルータを設定する。Raspberry Pi は、学習者がブラウザからアクセスしてきた場合、Web コンソールを表示する。Web コンソールには、コマンドを入力できるコマンド入力部と質問や応答文をテキストで表示するチャット表示部がある（図 2）。Web コンソールは、Cisco IOS のコマンドの短縮形とコマンド補完に対応している。コマンドの補完を用いる場合、学習者はコマンドを入力している途中で TAB キーを押下することにより、入力途中のコマンドを完成させることができる。

学習者は、コマンド入力部からコマンドを発行する。Raspberry Pi は、シリアル通信を用いて学習者の発行したコマンドをルータに発行する。次に、発行したコマンドに対する出力結果を、コマンド入力部に表示する。Web コンソールの特徴は、学習者の発行したコマンドを記録して、学習者の設定状況を把握できることである。さらに、把握した設定から Sota に適切な指示を送信できることである。

#### 3.2 協調演習機能

協調演習機能は、学習者の進捗に合わせた協調演習を行うために、学習者の発行したコマンドに応じて、ネットワーク機器に設定を施す機能である。

学習者は、コマンド入力部から課題の内容に沿ったコマンドを発行する。ネットワーク機器の設定に無関係なコマンドの場合、Raspberry Pi は学習者の発行してきたコマンドを Sota に送信しない。ネットワーク機器の設定に関係するコマンドの場合、学習者の発行してきたコマンドを Sota に送信する。Sota は、学習者が発行したコマンドと同一のコマンドを課題ファイルから参照して、Raspberry Pi に送信する。Raspberry Pi は、受信したコマンドを Sota が設定するネットワーク機器に対して、発行する。

#### 3.3 質問応答機能

質問応答機能は、コマンドを理解していない学習者を支援するために、音声認識で取得した質問を基に応答文を発送する機能である。本機能では、質問に対する適切な応答文を保存するために知識辞書を使用する。知識辞書には、質問に対する応答文と優先度を対応づけて保存する。優先度とは、質問に対する応答文が適切か否かを判断する基準であり、最も悪い（0.1）から最も良い（1.0）までの間で管理する。

Sota は、音声認識を用いて学習者の質問を取得して、それをサーバに送信する。サーバは Yahoo! のテキスト解析 API[20]を用いて、質問のキーワードを抽出する。次に、抽出したキーワードを基に、知識辞書を検索する。キーワー

ドに対応する応答文が知識辞書にある場合、サーバは知識辞書の応答文を Sota に送信する。キーワードに対応する応答文がない場合、キーワードを基に検索した Web サイトを応答文として取得して、Sota に送信する。Sota は受信した応答文を発話する。発話後、Sota は応答文が適切か否かを学習者に確認する。学習者が「YES」と発話した場合、サーバは知識辞書の優先度の値を上げる。学習者が「NO」と発話した場合、サーバは知識辞書の優先度の値を下げる。優先度を変更した後、サーバは学習者の質問と応答文を Raspberry Pi に送信する。Raspberry Pi は、受信した情報を Web コンソールのチャット表示部に表示する。

### 3.4 逆質問機能

逆質問機能は、学習者の説明モデルの獲得を支援するために、Sota が学習者にコマンドに関する質問を発話して、ディープラーニングを用いて応答文を判別する機能である。本機能では、ディープラーニングのモデルの一つである Recurrent Convolutional Neural Network を用いて応答文を判別する。

Sota は、学習者に対してコマンドに関する質問を発話する。学習者は、Sota の質問に対して応答する。Sota は、音声認識を用いて応答文を取得して、それをサーバに送信する。サーバは、Yahoo!のテキスト解析 API を用いて、応答文のキーワードを抽出する。抽出したキーワードを用いて、質問に対する要点を押さえているかを判別する。次に、ディープラーニングを用いて応答文の文脈を判別する。そして、判別結果を Sota に送信する。Sota は判別結果を学習者に発話する。

## 4. 到達性の確認と自動採点を可能とする協調演習システム

3 章で述べたこれまでに開発してきたシステムでは、学習者と協調演習を実施することを想定しているため、学習者は自身で構築したネットワークの到達性と設定を確認する必要がある。学習者の習得レベルによっては、前述の通り、構築したネットワークの到達性と設定を自身で確認できない場合がある。そこで、本章では、IP ネットワーク構築演習を対象に、到達性の確認と自動採点を可能とする協調演習システムを開発する。なお、本章で開発するシステムは、3 章で述べた我々がこれまでに開発してきたシステムに新たに開発した機能を実装することで実現した。

### 4.1 Web コンソール

ネットワーク機器の設定情報の取得と採点結果を視覚的に提示するために、Web コンソールを使用する。これは、3 章で開発した Web コンソールを拡張したものを使用する。Web コンソールには、コマンドを入力できるコマンド入力部と学習者の採点結果を提示する採点結果提示部、質問や応答文をテキストで表示するチャット表示部がある(図 3)。学習者は、コマンド入力部からコマンドを発行する。

Raspberry Pi は、シリアル通信を用いて学習者の発行したコマンドをルータに発行して、出力結果をコマンド入力部に表示する。その後、出力結果を解析して、学習者の発行したコマンドが正しい構文で記述されているか否かを判別する。構文が誤っていた場合、Raspberry Pi は学習者が発行したコマンドを保存しない。構文が正しかった場合、Raspberry Pi は学習者が発行したコマンドを設定情報として保存する。これにより、Raspberry Pi は学習者が設定したネットワーク機器の設定情報を取得する。

採点結果提示部では、設定コマンドと設定情報、採点結果が表示される。採点結果とマークの対応を表 1 に示す。これにより、学習者は採点結果を視覚的に確認できる。

### 4.2 到達性確認機能

到達性確認機能は、学習者が構築したネットワークの到達性を確認するために、ping コマンドと traceroute コマンドを用いて到達性を確認する機能である。ping コマンドを使用することによって、相手先ホストと通信が可能であるか否かを判断できる。traceroute コマンドを使用することによって、宛先の機器に到達するために、どのネットワーク経路を使用しているかを判断できる。以下に、ping を用いた場合の本機能の動作を示す。

Sota は、音声合成を用いて到達性を確認したい IP アドレスを学習者に聞く。次に、音声認識を用いて学習者が発話した IP アドレスを取得して、それを Raspberry Pi に送信する。Raspberry Pi は、受信した IP アドレスを用いて ping コ



図 3 拡張した Web コンソール

Figure 3 Extended Web-console.

表 1 採点結果とマークの対応表

Table 1 Correspondence chart of scoring and mark.

採点結果	マーク
学習者の設定情報と正答情報が一致 (正解)	○
学習者の設定情報と正答情報が不一致 (不正解)	×
課題で指定したコマンドを学習者が 発行していない (未設定)	?

表 2 到達不可原因判定機能で用いる show コマンド

Table 2 Show commands used for unreachable cause determination function.

コマンド	理由
show ip interfaces brief	ケーブルの結線ミスがあるか否かを 確認するためにインターフェースの 物理層の状態を確認する
show arp	到達性を確認したい IP アドレスが ネットワーク内に存在するか否かを 確認するために ARP テーブル内の IP アドレスを確認する

コマンドを実行する。その後、ICMP エコー応答メッセージを解析して、機器との通信が可能であるか否かを判別する。Raspberry Pi は、判別した結果を Sota に送信する。通信ができなかった場合、Sota は学習者に受信した IP アドレスに対して到達性が確認できなかったことを発話する。通信ができた場合、Sota は学習者に受信した IP アドレスに対して到達性が確認できたことを発話する。

#### 4.3 到達不可原因判定機能

到達不可原因判定機能は、到達性が確認できない原因を判定するために、正答情報と設定情報、show コマンドの結果を用いて原因を判定する機能である。本機能では、OSI 第 3 層で到達性が確認できない原因を判定するために、設定情報と正答情報を使用する。設定情報と正答情報を比較することで、ルーティングプロトコルの設定や IP アドレスの設定等が正しいか否かを判定することができる。さらに、OSI 第 1 層と OSI 第 2 層で到達性が確認できない原因を判定するために、表 2 に示す show コマンドを使用する。この show コマンドを使用することで、ホストに割り当てた IP アドレスの誤設定やケーブルの結線ミスを判定することができる。本機能は、到達性が確認できない場合のみ、実行される。

Raspberry Pi は学習者が設定を担当するネットワーク機器に対して show コマンドを発行する。次に、発行した show コマンドの結果と正答情報、設定情報を用いて、到達性が確認できない原因を判定する。判定手順を以下に示す。

1. ネットワーク機器のインターフェースに設定した IP アドレスが正しいか否かを確認するために、設定情報と正答情報の IP アドレスを比較する。
2. no shutdown コマンドを用いて、ネットワーク機器のポートをイネーブルに変更したか否かを確認するために、設定情報と正答情報の shutdown の設定を比較する。
3. ネットワーク機器のインターフェースにクロックレートを設定したか否かを確認するために、設定情報と

表 3 到達不可原因判定機能の発話例

Table 3 Speech example of unreachable cause determination function.

設定間違い	発話例
インターフェースの IP アドレスの誤設定	インターフェースの IP アドレス設定が間違っているよ
動的ルートの誤設定	ルーティングプロトコルを行うインターフェースの設定が間違っているよ
ケーブルの結線ミス	演習で使用するインターフェースに結線がされていないよ

正答情報のクロックレートを比較する。

4. 静的ルートを正しく設定したか否かを確認するために、設定情報と正答情報の静的ルートの設定を比較する。
5. 動的ルートを正しく設定したか否かを確認するために、設定情報と正答情報の動的ルートの設定を比較する。
6. 学習者がケーブルの結線ミスをしたか否かを確認するために、ネットワーク機器のインターフェースのポートの状態を確認する。
7. 到達性を確認したい IP アドレスがネットワーク内で設定されているか否かを確認するために、ARP テーブルを確認する。

以上の手順により、Raspberry Pi は判定した結果を Sota に送信する。Sota は、受信した結果を学習者に発話する。Sota の発話例を表 3 に示す。

#### 4.4 自動採点機能

自動採点機能は、学習者が構築したネットワークの設定を判定し、課題に対する達成度を採点するために、正答情報と設定情報を用いて学習者が発行したコマンドが正しいか否かを判定する機能である。本機能は、到達性が確認できた場合のみ、実行される。

Raspberry Pi は、正答情報と設定情報を用いて判定する。設定情報が正答情報と一致する場合、Raspberry Pi は設定情報を正解と判定する。設定情報が正答情報と不一致の場合、設定情報を不正解と判定する。設定情報がない場合、課題で指定したコマンドを学習者が発行していないため、設定情報を未設定と判定する。全ての設定情報を判定したとき、Raspberry Pi は判定結果を学習者の Web コンソールと Sota に送信する。

Web コンソールは、採点結果提示部に設定コマンドと設定情報、受信した結果を課題に対する達成度として採点して表示する (図 3)。Sota は、受信した結果から、正解と不正解、未設定の個数を学習者に発話する。

## 5. 本システムを用いた演習想定

本章では、これまでに開発してきたシステムの概要と各機能の詳細について述べる。

### 5.1 前提

本システムは、ネットワーク機器としてルータを対象とする。ルータは、Raspberry Pi とコンソールケーブルで接続することにより、CUI で設定が可能となる。学習者は、イーサネットケーブルを用いて PC と Raspberry Pi を接続する。そして、ブラウザを用いて Raspberry Pi にアクセスすることにより、Web コンソールでルータの設定が可能となる。ルータには、大きく分けてユーザモード、特権モード、コンフィグレーションモードの 3 種類の状態がある。コンフィグレーションモードには、グローバルコンフィグレーションモード、インターフェースコンフィグレーションモード、ルータコンフィグレーションモードなどのモードに分かれており、各モードで、機器全体の設定、インターフェースの設定、ルーティングプロトコルの設定が行える。本システムが対応できる設定を表 4 に示す。

IP ネットワーク構築演習においては、学習者は演習用に用意されたルータを用いて演習を実施し、演習終了後にルータの設定を初期化する。そのため、演習開始時には、ルータが初期化されているものとする。

### 5.2 演習手順

学習者は課題番号を Sota に発話して、演習を開始する。Sota は学習者が発話した課題番号を基に、演習課題ファイルを参照する。演習課題ファイルには、設定コマンドの情報と逆質問の情報、正答情報が XML 形式で記述されている(図 4)。学習者は、コマンド入力部から課題に沿ったコマンドを発行する。Raspberry Pi は、学習者の発行してきたコマンドを Sota に送信する。Sota は、学習者が発行したコマンドと同一の設定コマンドを参照する。設定コマンドに逆質問の情報がない場合、設定コマンドを Raspberry Pi に送信する。設定コマンドに逆質問の情報がある場合、Sota はコマンドを送信する前に、学習者に対して設定コマンドに関する質問を発話する。Sota は音声認識を用いて学習者の応答文を取得して、サーバに送信する。サーバは、逆質問機能を用いて質問に対して応答文が正しいか否かを判別する。そして、判別結果を Sota に送信する。応答文が正しくなかった場合、Sota は再度質問して、学習者に対して応答文を求める。応答文が正しい場合、Sota は設定コマンドを Raspberry Pi に送信する。Raspberry Pi は、Sota が設定するネットワーク機器に対して、設定コマンドを発行する。

学習者は Sota に「質問」と発話した時、質問することが可能となる。Sota は音声認識を用いて学習者の質問を取得して、サーバに送信する。サーバは、質問応答機能を用いて質問に対する応答文を取得する。そして、取得した応答文を Sota に送信する。Sota は、受信した応答文を発話する。

表 4 本システムが対応可能な設定項目

Table 4 Setting items that system can support.

機器全体	ホスト名 特権モードのパスワード パスワードの暗号化 名前解決 ドメイン名 広告の表示 ログの同期 スタティックルーティング
インターフェース	IP アドレス サブネットマスク クロックレート ステータスの変更
ルーティング プロトコル	RIP

```

<?xml version='1.0' encoding='utf-8' ?>
<cisco>
  <mydevice>
    <hostname> 設定コマンドの情報
      Ro_A
    <Reverse> 逆質問の情報
      true
    </Reverse>
  </hostname>
  <enable_password>
    class 設定コマンドの情報
  </enable_password>
</mydevice>

  <yourdevice>
    <hostname>
      R2 正答情報
    </hostname>
    <enable_password>
      cisco 正答情報
    </enable_password>
  </yourdevice>
</cisco>
    
```

図 4 演習課題ファイルの例

Figure 4 Example of exercise file.

これらを繰り返すことで、Sota は学習者と共に協調演習を行い、学習者の建設的相互作用を促すことで、説明モデルの獲得を支援する。

学習者は Sota に「ping」または「traceroute」と発話した時、到達性を確認することが可能となる。Sota は到達性を確認したい IP アドレスを学習者から取得する。そして、取

得した IP アドレスを Raspberry Pi に送信する。Raspberry Pi は、取得した IP アドレスを基に到達性確認機能を用いて、到達性を確認し、確認した結果を Sota に送信する。Sota は、受信した結果を学習者に発話する。次に、Sota は正答情報を Raspberry Pi に送信する。Raspberry Pi は、到達性を確認した結果に応じて、到達不可原因判定機能または自動採点機能を用いる。

到達性が確認できなかった場合、Raspberry Pi は到達性不可原因判定機能を用いて原因を判定する。そして、判定結果を Sota に送信する。Sota は、受信した判定結果を学習者に発話する。

到達性が確認できた場合、Raspberry Pi は自動採点機能を用いてネットワーク機器の設定を判定する。そして、判定結果を Web コンソールと Sota に送信する。Web コンソールは、採点結果提示部に設定コマンドと設定情報、受信した結果を課題に対する達成度として採点して表示する（図 3）。Sota は、受信した結果から、正解と不正解、未設定の個数を学習者に発話する。

これにより、学習者は構築したネットワークの到達性と設定を確認できる。

## 6. 実験

本システムによって、構築したネットワークの到達性が確認できるか否かを確認するために、到達性確認機能の動作検証を実施した。続いて、本システムがネットワーク機器の設定を正しく判定できるか否かを確認するために、自動採点機能の採点精度を検証した。さらに、到達性が確認できない原因を判定できるか否かを確認するために、到達不可原因判定機能の判定精度を検証した。

### 6.1 到達性確認機能の動作検証

本システムにおける到達性確認機能の動作を確認した。本実験では、構築したネットワークに対して、到達性確認機能を用いて、到達性を正しく確認できるか否かを確認した。本実験で用いるネットワークとして、到達性が確認できるネットワークと到達性が確認できないネットワークを各 10 個用意した。

実験の結果、到達性が確認できるネットワークに対して、到達性確認機能を用いることで到達性を確認できることが分かった。また、到達性が確認できないネットワークに対して、到達性確認機能を用いることで到達性を確認できないことが分かった。これらのことから、本システムは学習者が構築したネットワークの到達性を確認できる。

### 6.2 自動採点機能の採点精度の検証

本システムにおける自動採点機能の採点精度を確認した。自動採点機能の設定対象を表 4 に示す。本実験では、IP ネットワーク構築演習の課題を参考にネットワークを 7 個作成した。そして、自動採点機能の結果と設定情報が一致するか否かを確認した。この作業を、設定開始時、設定

途中、設定終了時で、それぞれ実施した。設定終了時を採点した後に、ネットワーク機器に課題とは異なるコマンドを発行して、自動採点機能の結果と設定情報が一致するか否かを確認した。

実験の結果、設定開始時では全ての設定情報を未設定と採点したことが分かった。次に、設定途中では、課題通りに設定した設定情報を正解と採点したことが分かった。さらに、設定終了時では、全ての設定情報を正解と採点したことが分かった。最後に、課題とは異なるコマンドを発行した場合、全ての設定情報を不正解と採点したことが分かった。これらのことから、本システムは学習者が構築したネットワークの設定を採点できる。

### 6.3 到達不可原因判定機能の判定精度の検証

本システムにおける到達不可原因判定機能の判定精度を確認した。到達不可原因判定機能が判定できる対象を表 5

表 5 到達不可原因判定機能の判定対象  
Table 5 Determination target of unreachable cause determination function.

設定情報と正答情報から判定	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. インターフェースに設定する IP アドレスの誤設定</li> <li>2. no shutdown コマンドの未設定</li> <li>3. クロックレートの未設定</li> <li>4. 静的ルートの誤設定</li> <li>5. 動的ルートの誤設定</li> </ol>
show コマンドの結果から判定	<ol style="list-style-type: none"> <li>6. 結線ミス</li> <li>7. 学習者が使用する PC の IP アドレスの誤設定</li> </ol>

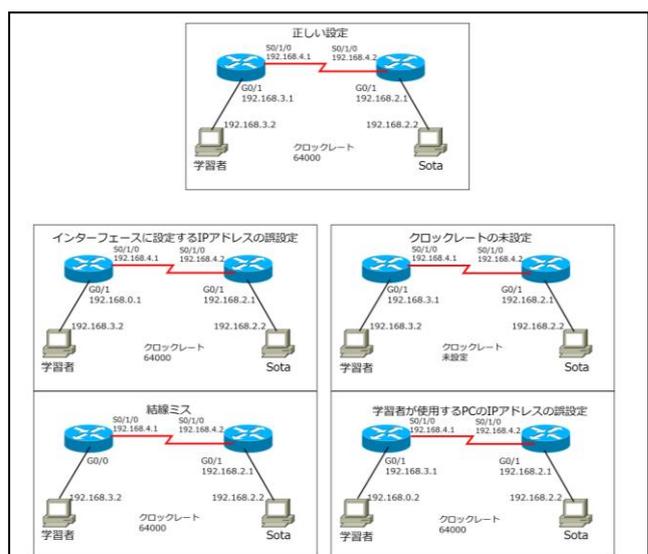


図 5 到達不可原因判定機能の実験に用いたネットワーク

Figure 5 Network used for automatic scoring function experiment.

に示す。本実験では、到達性が確認できないネットワークに対して、到達不可原因判定機能を用いて、到達性が確認できない原因を正しく判定できるか否かを確認した。本実験で用いるネットワークとして、到達性が確認できないネットワークを7個用意した。用意したネットワークの一部を図5に示す。

実験の結果、用意した全てのネットワークに対して到達性が確認できない原因を正しく判定できることが分かった。このことから、本システムは学習者が構築したネットワークに対して、到達性が確認できない原因を判定できる。

## 7. おわりに

本稿では、IPネットワーク構築演習を対象に到達性の確認と自動採点を可能とする協調演習システムを開発した。本システムを用いることで、学習者はネットワークの到達性の確認と設定の自動採点が可能となる。さらに、到達性が確認できない場合、到達性を確認できない原因の判定が可能となる。

実験の結果、本システムはネットワークの到達性を正しく確認できることが分かった。また、本システムは設定情報と正答情報を用いて、ネットワーク機器を採点できることが分かった。さらに、本システムは、show コマンドの結果と正答情報、設定情報を用いて、到達性が確認できない原因を判定できることが分かった。本システムを用いることで、学習者は構築したネットワークの到達性と設定を確認できる。

今後は、本システムを用いた利用評価実験を実施する。また、学習者の習得レベルに応じて、課題を自動生成する機能を実装する予定である。

## 参考文献

- [1] “総務省 | 平成 28 年度版 情報通信白書”, <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/html/nc252110.html>, (参照 2018-08-30).
- [2] 三島和宏: 実機ルータを用いたネットワーク実践演習の支援: 教育研究支援プロジェクトによる「情報テクノロジー輪講 II」 「ネットワーク構築演習」の支援報告, 青山インフォメーション・サイエンス 41 (1), Vol.41, No.1, pp.68-69 (2013).
- [3] 長部謙司, 市原由文, 藤原将人: Cisco Networking Academy の取り組み: 全世界における技術者養成, 工学・工業研究講演会論文集, Vol.22, pp.588-589, (2010).
- [4] “Cisco Networking Academy”, [https://www.cisco.com/c/ja\\_jp/training-events/networking-academy.html](https://www.cisco.com/c/ja_jp/training-events/networking-academy.html), (参照 2018-08-30).
- [5] 北澤友基, 越智洋司, 溝渕昭二, 井口信和: クラウド環境を利用した協調演習を可能とする IP ネットワーク構築演習支援システムの検討, 電子情報通信学会技術研究報告. ET, 教育工学, Vol.112, No.66, pp.19-24, (2012).
- [6] H. Shirouzu, N. Miyake, and H. Masukawa: Cognitively active externalization for situated reflection, *Cognitive Science*, Vol.26, No.4, pp.25-32, (2007).
- [7] 遠山紗矢香: 初期理解の構築支援による建設的相互作用の促進: 認知科学の協調学習を例として, *認知科学*, Vol.20, No.2, pp.177-203, (2013).
- [8] 伊藤旭, 井口信和: IP ネットワーク構築演習における協調演習を可能とする協調学習者ロボット, 情報処理学会第 80 回全国大会講演論文集, Vol.2018, No.1, pp.647-648, (2018).
- [9] “社会的対話ロボット「CommU(コミュニー)」・普及型社会的ロボット「Sota(ソータ)」”, <https://www.vstone.co.jp/products/sota/index.html>, (参照 2018-08-20).
- [10] Wilma A. Bainbridge, Justine Hart, Elizabeth S. Kim, and Brian Scassellati: The effect of presence on human-robot interaction, *Proc of the 17<sup>th</sup> RO-MAN*, (2008).
- [11] ジメネスフェリックス, 加納正芳, 吉川大弘ほか: 建設的相互作用を基に行動するロボットとの協調学習の実現可能性, *人工知能学会論文誌*, Vol.31, No.3, pp.A-F93\_1-10, (2016).
- [12] 松本元: 脳とコンピューター, 一般社団法人情報処理学会, Vol.34, No.10, pp.1297-1308, (1993).
- [13] 菅野研一, 春日博: 手帳から見た記憶を記録する行為についての考察, *宮古短期大学研究紀要*, Vol.8, No.2, pp.131-133, (1998).
- [14] 松川禮子, 香田美歌, 村松鈴香: 映像・音声・文字情報の提示方法による学習効果の違いについて, *日本教育情報学会年会論文集*, No.9, pp.120-121, (1993).
- [15] 川西千晶, 今井慈朗: ネットワーク学習支援のための経路制御可視化アプリケーションの開発, *電子情報通信学会技術研究報告*, Vol.110, No.453, pp.181-186, (2011).
- [16] 宮地利幸, 三輪信介, 知念賢一, 篠田陽一: ネットワーク実験支援ソフトウェアの汎用アーキテクチャの提案, *情報処理学会論文誌*, Vol.48, No.4, pp.79-86, (2007).
- [17] 立岩佑一郎, 安田孝美, 横井茂樹: 仮想環境ソフトウェアに基づく LAN 構築技能と TCP/IP 理論の関連付け学習のためのネットワーク動作可視化システムの開発, *情報処理学会論文誌*, Vol.48, No.4, pp.1684-1694, (2007).
- [18] 中川泰宏, 浮貝雅裕: LAN 管理者教育におけるクラウド型学習支援環境の開発, *電子情報通信学会技術研究報告書*, Vol.111, No.394, pp.1-6, (2012).
- [19] 島野顕継, 内田光一, 河辺幹也, 福田匡志: ネットワーク機器を用いた演習における授業支援システムの開発, *CTC Academic User Association*, Vol.14, (2014).
- [20] “テキスト解析-Yahoo!デベロッパーネットワーク”, <https://developer.yahoo.co.jp/webapi/jlp/keyphrase/v1/extract.html>, (参照 2018-8-20).