

IP ネットワーク構築演習における 対話による建設的相互作用を促す協調学習者ロボット Cooperative Learner Robot Prompting Constructive Interaction by Dialogue for Hands-on IP Network Practice

伊藤 旭† 井口 信和‡
Akira ITO Nobukazu IGUCHI

1. はじめに

大学の授業には、知識の習得を目的とした講義型と技能の習得を目的とした実習型がある。実習型の授業として、本校ではIPネットワーク構築演習が開講されている。この授業ではネットワーク技術者の養成を目的として、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。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、建設的相互作用[1]が有効である。建設的相互作用とは、二人の学習者を、問題を解いて解き方を提供する「課題遂行者」とそれを俯瞰して意見を聞く「モニター」の役割に分ける。モニターは、課題遂行者に問題の解き方を質問する。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。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る。しかし、初対面の学習者でグループを作ると、相手に気を遣い、質問し合うことができない場合がある。また、コマンドを理解していない学習者でグループを作ると、コマンドの誤った説明モデルを獲得する場合がある。このような問題点から、学習者同士で協調演習を行うと、建設的相互作用を促せず、協調演習の目的を達成できない。そこで、この課題を解決するために、コマンドを理解できているモニターに対して、学習者が気を遣うことなく質問応答できる必要がある。

そこで本研究では、学習者と協調演習を行い、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ことを目的に、協調学習者ロボットを開発する。

協調学習者ロボットには、ヴイストン株式会社の Sota[2]を使用する。Sota は、ヴイストン株式会社のクラウドサーバと通信することで、音声認識と音声合成が可能となる。さらに、Sota には、音声合成と同時にジェスチャーを行うことができる。また、Sota は、開発者が用意したサーバ等に通信することで、学習者の応答の分析等ができる。本研究では、Sota は音声合成を用いて質問を発話し、音声認識とサーバを用いて応答文が正しいか否かを判別する。そして、判別結果を基に協調演習を行うことで、Sota に「モニ

ター」の役割をさせる。これにより、Sota は学習者の建設的相互作用を促す。

本稿では、我々が開発してきた、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[3]（以下、本システム）の概要について述べる。さらに、本システムを用いた演習想定と利用評価実験による本アプローチの有用性を考察する。

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[4]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[5]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。これにより、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[6]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[7]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[8]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、本システムでは音声認識を用いて、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。

協調演習の利用評価実験に関する研究として、古市の研究[9]がある。古市の研究では、協調演習の評価方法は状況的認知論に基づいており、テストの結果と観察された小集団の事例も重要視される。そのため、当該事例における一

†近畿大学大学院 総合理工学研究科,
Graduate School of Science and Engineering Research,
Kindai University

‡近畿大学理工学部情報学科,
Faculty of Science and Engineering, Kindai University

連の発話内容が分析され、その結果に基づいて学習者の学習が評価される。

そこで、本システムを用いて演習する場合と学習者同士で演習する場合の協調演習の発話内容と行動を分析する。演習後、学習者にテストを実施してもらい、テストの結果を分析する。さらに、学習者にアンケート評価を実施してもらい、学習者の意見を分析する。これらの分析結果を用いて、本システムを評価する。

3. 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

我々が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

本システムの構成を図 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

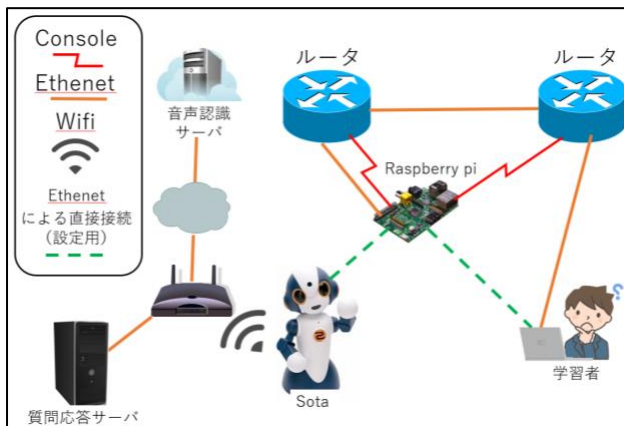


図 1 システム構成図

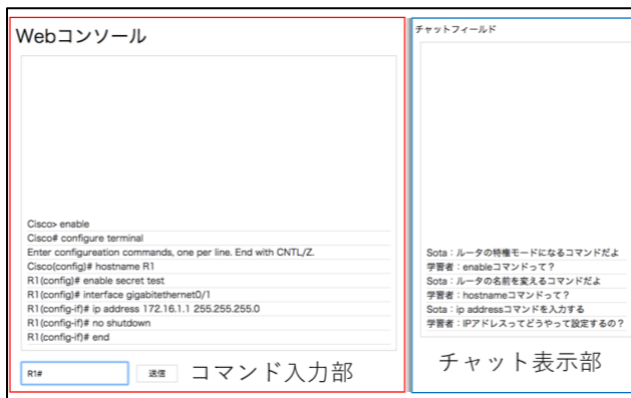


図 2 Web コンソール

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）。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。そして、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を変更しないコマンドの場合、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を変更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を基に設定コマンドを参照する。そして、参照した設定コマンドを 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。

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話する機能である。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。

学習者が質問して、応答文を聞くまでの流れを図 3 に示す。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[10]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

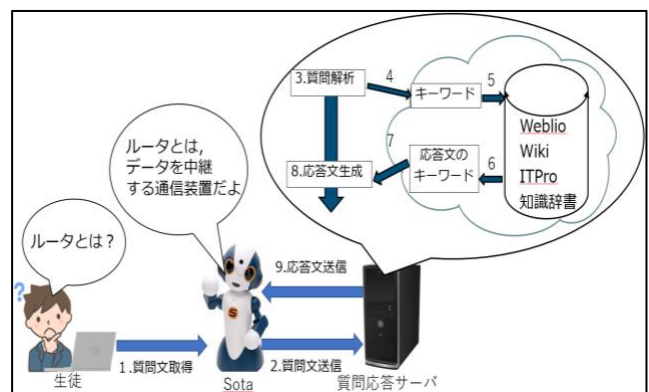


図 3 質問応答機能の流れ

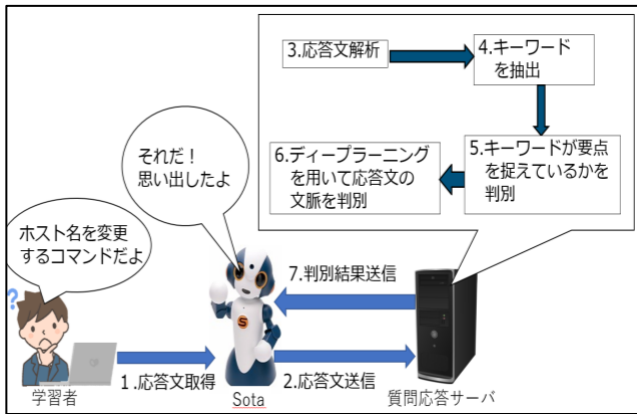


図 4 逆質問機能の流れ

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向上する。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低下する。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。

学習者の応答文を取得してから、判別結果を提示するまでの流れを図 4 に示す。Sota は、学習者に対して設定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。その後、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. 本システムの演習想定

本章では、本システムが前提とする環境を述べる。さらに、本システムを用いる場合の演習手順を述べる。

4.1 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、DHCP プール

表 1 本システムが設定可能な項目

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 ssh 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 ステータス クロックレート 帯域幅 OSPF のコスト値 DHCP リレーエージェント
ルーティング プロトコル	RIP OSPF EIGRP
DHCP サーバ	IP アドレスの除外 ネットワークアドレス ドメイン名 DNS サーバの IP アドレス デフォルトルータの IP アドレス

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、DHCP サーバの設定が行える。本システムが対応できる設定を表 1 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。

4.2 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が XML 形式で記述されている (図 5)。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を基に演習課題ファイル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

```

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

```

図 5 演習課題ファイルの例

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。

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。学習者が課題に沿ったコマンドを全て入力して、機器間の到達性を確認したら演習は終了となる。

5. 性能評価実験

本システムによって、学習者が円滑に IP ネットワーク構築演習を実施できるかを確認するために、協調演習機能の処理時間を計測した。続いて、本システムがコマンドの質問に対する適切な応答ができるかを確認するために、質問応答機能の対応範囲を計測した。さらに、学習者の応答文を判別できるかを確認するために、逆質問機能の判別精度を計測した。

5.1 協調演習機能の処理時間

本システムにおける協調演習機能の処理時間を計測した。本実験では、Raspberry pi が学習者の発行したコマンドを Sota に送信してから、Sota がコマンドを発行するまでの動作を 50 回行い、その処理時間を計測した。実験結果を表 2 に示す。

実験の結果、学習者がコマンドを複数回発行した場合においても、本システムは処理時間に関する遅延がほとんどないことが分かった。本校で開講されている IP ネットワーク構築演習では、一つの課題につき学習者が発行するコマンドは最大で 15 個である。これらのことから、本システムを IP ネットワーク構築演習に導入した場合においても、学習者は演習課題を円滑に実施できる。

5.2 質問応答機能の対応範囲

本システムにおける質問応答機能の対応範囲を計測した。本実験では、IP ネットワーク構築演習で用いる 50 個のコマンドを対象に、本システムが提示する応答文と Cisco のコ

表 2 協調演習機能の処理時間

平均	標準偏差	分散
32.4 ミリ秒	5.81	33.8

表 3 逆質問機能の判別精度

正しい回答	誤った回答
100%	100%

マンドリファレンスの内容が正しいか否かを確認した。本システムは応答文を取得するために、Web サイトとして、E-Words[11]と Ping-t[12]、Wikipedia[13]を使用した。

実験の結果、コマンドに対する応答文が全て適切であることが分かった。さらに、再度質問した場合、本システムは知識辞書によって適切な応答文を返答できることが分かった。これらのことから、本システムは学習者のコマンドに関する質問に対して、適切な応答ができる。

5.3 逆質問機能の判別精度

本システムにおける逆質問機能の判別精度を計測した。本実験では、ネットワーク機器に設定を施す 22 個のコマンドを対象に、コマンドごとに判別器を用意した。そして、用意した 22 個の判別器を用いて、テストデータを正しく判別できるか否かを確認した。テストデータには、各コマンドに対する正しい応答文を 10 通り、誤った応答文を 10 通り用意した。実験結果を表 3 に示す。

実験の結果、本システムを用いることで、想定した応答文に対して高精度で判別できることが分かった。さらに、ディープラーニングを用いることで、応答文の文脈の違いを許容できることが分かった。これらのことから、本システムは学習者の応答文を判別できる。

6. 利用評価実験

本システムが建設的相互作用を促せるかを確認するために、本学で開講しているシスコネットワークングアカデミー一修了生 9 名を対象に IP ネットワーク構築演習とアンケート調査を実施した。また、説明モデルの獲得を支援できるかを確認するために、テストの分析と IP ネットワーク構築演習の演習風景の分析を行った。さらに、本システムを用いた演習時間を確認するために、学習者が IP ネットワーク構築演習に要した時間を計測した。

最初に、コマンドに関するテストを修了生に実施してもらった。テストは、株式会社インプレスジャパンの徹底攻略 Cisco CCNA Routing & Switching 問題集 ICND1[14]・ICND2[15]を参考に作成した。次に、SP 表を用いてテストの結果を分析した。そして、分析結果を基に修了生が理解できていないコマンドを 8 個抽出した。その後、抽出した結果から演習課題を作成した。作成した演習課題を図 6 に示す。演習課題は、OSPF による動的ルーティングを設定して、正しくルーティングされることを確認する課題である。必要な機器は、2 台の PC と 2 台のルータ(Cisco1921)である。修了生には、学習者同士で演習を行う群 (4 名) と本システムで演習を行う群 (5 名) に別れてもらい、演習課題を実施してもらった。演習後、理解できていない 8 個のコマンドに関するテストを修了生に実施してもらった。テスト後、アンケート評価を修了生に実施してもらった。

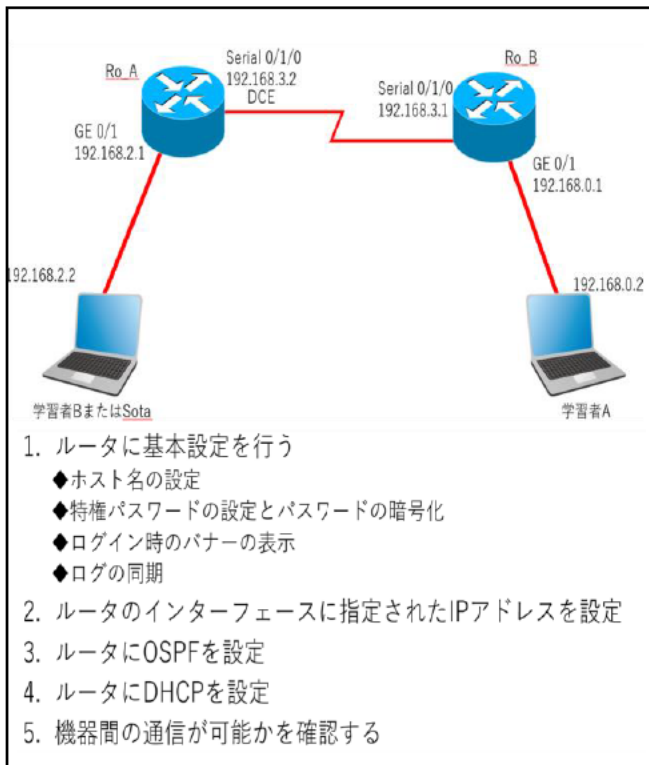


図 6 実験に用いた演習課題

6.1 建設的相互作用に関する考察

本システムが建設的相互作用を促せるかを確認するためにアンケート調査を実施した。アンケートは各質問項目に対して、{最も良い(4点), 良い(3点), 悪い(2点), 最も悪い(1点)}とした4段階評価のアンケートと自由記述形式のアンケートを実施した。

学習者同士で演習した後のアンケートから、「学習者同士で質問しあうのは得意ですか」と「初対面の学習者でも質問し合うことができますか」という質問で平均 2.5 であることが分かった。平均が低い理由として、自由記述の内容から、学習者同士だと質問しあうより演習後に検索する学習者が多いこと、初対面だと相手に気を遣って質問できないことが要因だと考える。一方、Sota を用いた演習後のアンケートから、「学習者に質問する時と比べて Sota との質問のやりとりは抵抗感なくできましたか」という質問で平均 3.8 であることが分かった。平均が高い理由として、自由記述の内容から、初めてでも気を遣うことなくしゃべりやすかったこと、質問しあっても抵抗感なく演習できたことが要因だと考える。

見館らの研究[16]では、キャリア・コンサルタントを導入したグループとロボットを導入したグループを作り、各グループの主体的な発話を確認している。ロボットを導入したグループでは、学生がロボットを「学び合う仲間」と捉えており、リラックスした雰囲気の中で、親近感を覚えている。本実験で、学習者が抵抗感なく Sota と協調演習している点から、学習者はリラックスした雰囲気の中で Sota と協調演習していると考えられる。

見館らの研究と本実験の結果から、本システムを用いた協調演習の方が、相手に気を遣うことなく、建設的相互作用を促すことが可能になると考える。しかし、学習者から

表 4 各群のテストの平均点と標準偏差

	平均	標準偏差
学習者同士	4.5	1.11
本システム	6.8	1.17

Sota の待機時間に関する指摘があった。本システムでは、Raspberry pi は T 秒間隔 (例: T=30) で学習者の設定状況を Sota に送信する。学習者毎にコマンドの入力に要する時間が異なるため、「待機時間を長く感じる」という意見が得られた。このため、コマンドの入力に要する時間を計測して、学習者毎に適した待機時間を設定する必要がある。

そこで、本システムの Web コンソールを用いてコマンドの入力に要する時間を取得して、学習者に適した待機時間を Sota に設定する。学習者が一度もコマンドを入力していない場合、Sota の待機時間は実装の際に設定した T 秒とする。学習者は、本システムの Web コンソールを用いてネットワーク機器に設定を施す。Web コンソールは、学習者の入力したコマンドとコマンドの入力に要する時間を取得する。取得した時間を入力したコマンドの文字数で割ることで、1文字の入力に要する時間を計算する。IP ネットワーク構築演習で使用するコマンドの長さの平均は 20 文字であるため、1文字の入力に要する時間×20 を待機時間として、Sota の待機時間を更新する。学習者が次のコマンドを入力した場合、待機時間を再計算する。そして、Sota に設定した待機時間よりも再計算した待機時間の方が長い場合、Sota の待機時間を再計算した待機時間で更新する。Sota に設定した待機時間よりも再計算した待機時間の方が短い場合、Sota は待機時間を更新しない。これらを繰り返すことで、学習者に適した待機時間を Sota に設定する。

6.2 説明モデルの獲得の支援に関する考察

説明モデルの獲得を支援できるかを確認するために、テストの平均点の比較と演習動画の分析を実施した。テストの結果を表 4 に示す。

テストの平均点に対して t 検定を行なった結果、 $P(T \leq t) = 0.03 < 0.05$ で有意差が認められ、本システムを用いた学習者の方が、平均点が高いことが分かった。学習者同士の演習を分析した結果、理解できていないコマンドの意味に関して、学習者は質問しないことが分かった。一方、本システムを用いた演習を分析した結果、Sota から逆質問された場合、学習者が知識を基に答えていることが分かった。さらに、逆質問に答えられなかった学習者が Sota に質問して、応答文を聞いて自身の知識を修正し、逆質問に答えていることが分かった。

このことから、本システムを用いた協調演習の方が、自分の理解できていない箇所に気づき、正しい知識を得ることができるため、説明モデルの獲得を支援できると考える。しかし、Sota が学習者の応答文の取得に失敗する場面があった。Sota は、息継ぎを認識することができない。そのため、学習者が息継ぎをした場合、Sota は息継ぎの瞬間に応答文が終了したと判断して、音声認識を終了し、応答文をサーバに送信する。サーバは、正しく取得できなかった応答文も判別するため、音声認識の誤判別を繰り返すと演習に要する時間が増加する可能性がある。

そこで、サーバに応答文を送信する前に、Sota が応答文を正しく認識しているかを学習者に確認する。Sota は、学習者の応答文を音声認識で取得して、音声合成を用いて応

表 5 IP ネットワーク構築演習に要した演習時間

	平均	標準偏差	最大時間
学習者同士	25 分	3.13	28 分 8 秒
本システム	31 分 42 秒	6.13	39 分 53 秒

答文が正しく認識できているかを学習者に確認する。学習者が応答文を聞いて Sota に「YES」と発話した場合、Sota は応答文をサーバに送信する。学習者が Sota に「NO」と発話した場合、Sota は応答文を破棄して、音声認識を用いて応答文の取得を再度行う。学習者が Sota に「途中」と発話した場合、Sota は応答文を保持した状態で、音声認識を用いて応答文の取得を再度行う。そして、保持した応答文と再度取得した応答文を結合して、結合した応答文が正しいか否かを学習者に確認する。これらを繰り返すことで、正しく認識した応答文をサーバに送信して、演習時間の増加を防止する。

6.3 IP ネットワーク構築演習に要した時間とその考察

本システムを用いた演習時間を確認するために、学習者が IP ネットワーク構築演習に要した時間を計測した。本実験では、学習者が課題を初めてから、ネットワーク機器の到達性を確認するまでに要した時間を計測した。実験の結果を表 5 に示す。

実験の結果から、本システムを用いた演習の方が、演習に要する時間が長いことが分かった。これは、本システムを用いた場合、学習者がコマンドを入力した後に、Sota の逆質問に対して答えているためである。しかし、本システムを用いた演習時間は、平均と標準偏差、最大時間の結果から、大学の標準的な一時限 (90 分) 以内に演習を完了できることが分かった。

このことから、本システムを IP ネットワーク構築演習に導入した場合においても、学習者は協調演習を大学の一時限以内に完了できると考える。

7. まとめ

本稿では、IP ネットワーク構築演習における対話による建設的相互作用を促す協調学習者ロボットを開発した。本システムは、学習の進捗に合わせて、コマンドを発行することで、協調演習を可能とする。さらに、学習者の質問に対して応答することで、学習者のコマンド理解を支援する。また、学習者に質問して、その応答文を判別することで、学習者の説明モデルの獲得を支援する。

利用評価実験の結果、本システムを用いた学習者が Sota と対話して、自分の理解できていない箇所に気づき、正しい知識を得ていることを確認した。さらに、学習者が Sota と対話する際に、相手に気を遣うことなく、質問応答できていることが分かった。このことから、本システムを IP ネットワーク構築演習に導入することで、学習者の建設的相互作用を促し、説明モデルの獲得を支援できる。

今後は、Sota が学習者と共にネットワーク機器の設定が正しいか否かを確認する到達性確認機能とフィードバック機能を実装する。本システムを用いる場合、学習者はネットワーク機器への到達性を自分で確認して、設定が正しいか否かを判断する必要がある。しかし、学習者自身が確認する場合、正誤の判定が正しいとは限らない可能性がある。さらに、課題で指定された設定項目を見落とす場合がある。

そこで、学習者が Sota に IP アドレスを発話した時に、Sota が IP アドレスに対して「ping」コマンドを実行する。そして、Sota は「ping」コマンドの結果を学習者に発話する。これにより、学習者と共にネットワーク機器への到達性を確認する。「ping」コマンドの後、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。次に、取得した設定情報と正答情報を比較する。そして、比較結果を Sota に送信する。Sota は、比較結果を用いて学習者に設定情報を正しいか否かを発話する。設定が間違っている場合、Sota は正しい設定方法を説明する。これにより、学習者は、設定が正しいか否かを判断できる。

参考文献

- [1] Shirouzu, H., Miyake, N. and Masukawa, H.: Cognitively active externalization for situated reflection, *Cognitive Science*, Vol.26, pp25-32(2007)
- [2] ヴイストーン株式会社: 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)」, 入手先 (<https://www.vstone.co.jp/products/sota/index.html>) (参照 2018-06-27)
- [3] 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, pp647-648(2018)
- [4] Wilma A. Bainbridge, Justin Hart, Elizabeth S. Kim, and Brian Scassellati: The effect of presence on human-robot interaction, *Proc of the 17th RO-MAN*(2008).
- [5] 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, ppA-F93_1-10(2016)
- [6] 松本 元: 脳とコンピュータ, 一般社団法人情報処理学会, Vol.34, pp.1297-1308(1993)
- [7] 管野 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, pp131-133(1998)
- [8] 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*, Vol.9, pp120-121, 1993
- [9] 古市 直樹: 協調学習の理論的課題: 事例の内在的分析に向けて, *樟蔭教職研究*, Vol.2, pp87-96(2018)
- [10] ヤフー株式会社: テキスト解析-Yahoo!デベロッパーネットワーク, 入手先 (<https://developer.yahoo.co.jp/webapi/jlp/keyphrase/v1/extract.html>) (参照 2018-06-28)
- [11] 株式会社インセプト: IT 用語辞典 e-Words, 入手先 (<http://e-words.jp/>) (参照 2018-06-28)
- [12] 株式会社 Ping-t: Cisco コマンド集 - Cisco コマンド集 Wiki, 入手先 (<https://ping-t.com/modules/cisco>) (参照 2018-06-28)
- [13] 非営利団体ウィキメディア財団: 出典: フリー百科事典「ウィキペディア (Wikipedia)」, 入手先 (<https://ja.wikipedia.org>) (参照 2018-06-28)
- [14] 株式会社インプレックス社: 徹底攻略 Cisco CCENT/CCNA Routing & Switching 問題集 ICND1 編 [100-105J] [200-125J] V3.0 対応 -インプレスブックス, 入手先 (<https://book.impress.co.jp/books/1116101136>) (参照 2018-06-29)

- [15] 株式会社インプレックス社：徹底攻略 Cisco CCNA Routing & Switchin 問題集 ICND2 編 [200-105J] [200-125J] V3.0 対応 - インプレスブックス, 入手先 (<https://book.impress.co.jp/books/1117101033>) (参照 2018-06-29)
- [16] 見舘 好隆, 舘野 泰一, 脇本 健弘ほか：ロボットによる主体的な発話支援の有効性について-グループ・カウンセリングの事例を用いて-, 日本教育工学会論文誌, Vol.37, pp209-227(2013)