

RSNP を用いた教育支援ロボットのネットワーク通信基盤の構築と QoE 評価

代表研究者 ジメネスフェリックス 愛知県立大学 情報科学部 准教授

1 研究背景

近年、通常学級における発達障害児の割合は増加しており、教育現場では一人ひとりの特性に応じた学習支援が求められている。教育支援ロボットは、学習者と継続的に対話しながら学習を支援できることから、発達障害児への学習支援への応用が期待されている。しかしながら、教育支援ロボットでは、学習者の学習履歴や心理状態を保護者や教育者へリアルタイムに共有するネットワークシステムが十分に整備されていない。そのため、ロボットとネットワークを連携させ、学習履歴や心理状態を安全かつ安定して伝達できる通信基盤の構築が重要である。このようなネットワーク型教育支援システムを実現するためには、複数のロボットやサーバ間で安定した通信を実現する情報通信技術が不可欠である。

近年、商業施設や公共施設では、案内ロボットなど人間と関わるロボット（以下、コミュニケーションロボット）の導入が増加している。国内では人口減少や超高齢社会といった課題が深刻化しており、コミュニケーションロボットの利用を後押ししている。介護におけるコミュニケーションロボット実現のための研究[1]や、人同士の対話の分析によるコミュニケーションロボットの発話に向けた研究など[2]、コミュニケーションロボットに関する様々な取り組みが行われている。実際に商業施設では、ソフトバンク社の人型ロボット“Pepper”や、エルモ社の“BellaBot”などの利用が見られる。コミュニケーションロボットでは、カメラやマイクから得られた情報を用いて、内蔵されたデータから適切な情報を提供する。コミュニケーションロボットが得た情報は、クラウドシステムなど、ネットワークを介した利用により幅広く活用することができる。例えば、遠方の人同士でロボットを介して会話するとき、対話者の動きをトレースしてロボットが同様の動きを表現することで、あたかも本人と会話しているようなインタラクションが可能となる[3]。このように、ネットワークを利用することで、ロボットの処理を効率化するだけでなく、ロボット間の情報共有が可能となる。

ネットワークの特徴を活かした ICT の利活用は活発である。ICT を用いた取り組みとして、文部科学省が奨める“GIGA スクール構想”が挙げられる[4]。GIGA スクール構想では、生徒 1 人に 1 台のコンピュータと高速ネットワークを整備することを目指している。教科書のデータが内蔵されたタブレットを利用し、授業での発表はタブレットの画面を投映することで学習効率を向上できる。さらに、自宅で PC などを用いて授業を受けるオンライン授業などとインターネットを活用した取り組みが勧められている。ICT の利活用は、タブレットや PC といった個人が自発的に操作する端末だけではなく、ロボットを利用することも考えられる。

近年、英語学習を支援するロボット[5] など、学習を支援する場面で活躍する教育支援ロボットが注目されている。教育現場で複数台のロボットの使用をした場合、学習者が最初に使用したロボットに対し、次に使用するロボットで同様の設定を施す事は非常に手間がかかる。ネットワークを用いて情報をサーバで管理することで、その再設定の手間を省き、どのロボットを使用した場合にも前回の内容を継続して利用することができる。インターネットを利用したロボットの活用も、IoT(Internet of Things)の一つであると考えられる。また、学校だけでなく家庭学習においても、同一学習者が複数の教育支援ロボットを利用し、学習履歴や心理状態を保護者と共有する場面が想定される。

そのような IoT で利用されるネットワークプロトコルは 1 つに定められていないため、複数のプロトコルが混在してしまっている。そこで、RSi (Robot Services initiative) によってロボット専用のプロトコルとして、RSNP (Robot Service Network Protocol) が開発された[6]。現在では、初代の RSNP1.0 を拡張し、さらに利便性、効率性を向上させた RSNP2.3 が利用されている。ロボットのネットワークプロトコルとして RSNP を利用することで、複数のロボットが同一の規格で通信することができる。RSNP を利用したシステムとして、ロボット制御と音声通信の統合[7]などの研究が進められている。また、教育支援ロボットを活用し、現在の学習状況と比較することでロボットに適切な指示を出すシステムも提案されている[9]。今後、さらにロボットの利用が増加すると予想される中で、RSNP の発展はロボットの利用範囲、用途を拡大する事が可能

である。

本研究では、発達障害児支援への応用を見据え、教育支援ロボットのネットワーク通信基盤を構築するとともに、通信性能および QoE 評価を実施することを目的とした。そのため、本稿では、教育支援ロボットを RSNP によりネットワーク化し、HTTP 通信との比較による通信性能評価を実施する。さらに、通信遅延が学習者の体感品質 (QoE) へ与える影響を調査し、学習者が許容可能と感じる通信遅延を明らかにすることで、提案するネットワーク通信基盤の有効性を検証する。

2 RSNP 通信基盤の構築

本研究では、教育支援ロボットによって生成された画像、動画および学習履歴などのテキストデータをサーバへ送受信するネットワークシステムを構築した。本システムは、将来的に発達障害児を対象とした教育支援ロボットに適用し、学習者の学習履歴や心理状態を保護者や教育者へ共有するための通信基盤として利用することを目的としている。

教育支援ロボットでは、学習者がロボットと共同で問題を解き、ロボットから学習支援やヒントを受けながら学習を進める。学習中には、問題正答率、解答時間、学習履歴、画像、動画など様々なデータが生成される。本研究では、これらのデータをネットワーク経由でサーバへ送信し、各学習者に保存・管理するシステムを構築した。サーバでは画像・動画データを保存するとともに、学習履歴などのテキストデータを SQL データベースへ記録することで、後から学習状況を参照できるようにした。また、実環境では複数台の教育支援ロボットが同時に利用されることを想定し、複数端末からの通信を同時に処理可能なサーバシステムを構築した。

本研究では、ロボット間通信の標準化および高い通信信頼性を実現するため、Robot Service Network Protocol (RSNP) を採用した。RSNP は、RSi (Robot Services initiative) によって策定されたロボット専用のネットワークプロトコルであり、多様なロボットやサービス間で共通の通信方式を提供することを目的としている。また、ロボットの基本操作だけでなく、開発者が独自に定義した機能も通信可能であり、教育支援ロボットへの適用に適している。

RSNP では、通知型、応答型、配信型の 3 種類の通信方式が提供されている (図 1)。本研究では、ロボットから学習データをサーバへ送信する通知型通信と、サーバ側で解析した結果をロボットへ返却する応答型通信を利用した。これにより、学習履歴や画像データをサーバへ蓄積するとともに、将来的にはサーバで推定した心理状態や学習支援情報をロボットへ返送し、適応的な学習支援へ利用できる構成とした。

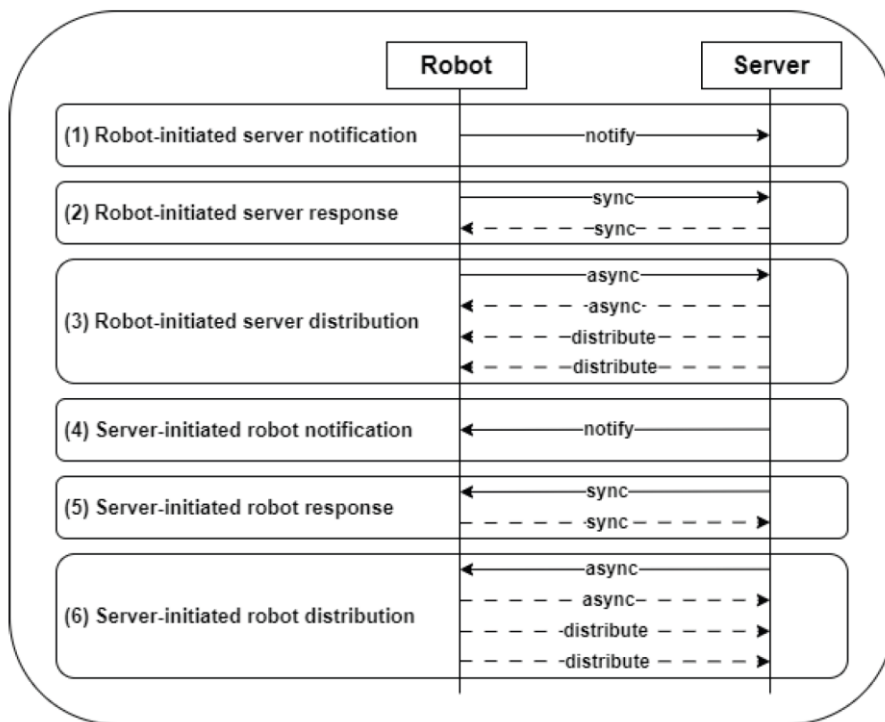


図 1 通信パターン

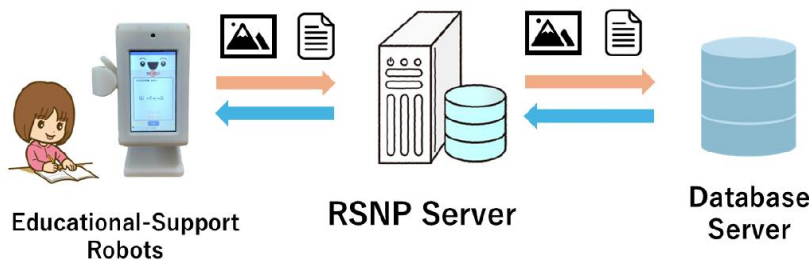


図 2 ネットワークシステム

さらに、RSNP には認証機能が実装されており、通信開始時に認証を行った後、セッションごとに発行される会話 ID を利用して通信を実施する。これにより、教育支援ロボットが取り扱う学習履歴や画像データについて、安全な通信を実現している。

本研究で構築したネットワークシステムを示す(図 2)。複数の教育支援ロボットは、RSNP を介して Web サーバへ接続し、学習履歴、画像および動画データを送信する。Web サーバでは、各学習者を RSNP の ID によって管理し、学習者ごとにディレクトリを生成してデータを保存する。また、学習履歴は SQL データベースへ保存される。さらに、画像解析など計算量の大きい処理はアプリケーションサーバへ処理を委譲し、解析結果を RSNP 通信によって教育支援ロボットへ返送する構成とした。これにより、複数台の教育支援ロボットが同時に利用される環境においても、安定した通信およびデータ管理を実現できるネットワーク通信基盤を構築した。

表 1 ターンアラウンドタイム

3 HTTP との比較評価

構築した RSNP 通信基盤の有効性を検証するため、教育支援ロボットからサーバへ学習データを送信する通信実験

を実施した。本実験では、教育支援ロボットが学習中に生成する画像、動画および学習履歴などのテキストデータをサーバへ送信し、通信時間およびデータの信頼性を評価した。また、比較対象として、HTTP 通信を用いた Spring Framework による通信システムを構築し、RSNP との比較を行った。特に教育支援ロボットへ適用するためには、既存の HTTP 通信と同等以上の通信性能および通信信頼性を有することが求められる。

教育支援ロボットには Raspberry Pi を搭載したロボットを用い、学習システム上で問題を提示し、学習開始前後および学習中に画像・動画・テキストデータを生成した。生成されたデータは、RSNP または HTTP 通信を介して Web サーバへ送信され、サーバでは画像・動画データを保存するとともに、学習履歴を SQL データベースへ記録した。実験では複数の教育支援ロボットが同時に通信する状況を想定し、通信時間（ターンアラウンドタイム）およびデータ欠損の有無を評価した。

表 1 にターンアラウンドタイムの結果を示す。初期認証を含めた通信時間では、RSNP は HTTP 通信より通信時間を要した。これは、RSNP では通信開始時に認証処理を実施し、会話 ID を取得するためである。一方、認証処理を除いた実際のデータ転送時間では、両通信方式に有意な差は認められず、RSNP は HTTP 通信と同等の通信性能を有することが確認された。

さらに、通信信頼性について評価した結果、RSNP では通信中のデータ欠損は確認されなかった。一方、HTTP 通信では画像データが受信されない事例が複数確認された。受信されたファイルについては両方式とも送信前後で内容の不一致は認められなかったものの、RSNP では通信途中のデータ損失が発生しなかったことから、教育支援ロボットで取り扱う画像や動画などの大容量データについても安定した通信が可能であることを確認した。

加えて、実際の教育支援を想定し、ロボットがサーバへ画像を送信しながら、必要に応じてヒント音声を受信する通信実験を実施した。画像解析をサーバ側で実施し、解析結果に応じてヒント音声をロボットへ返送する構成とした。その結果、画像送信間隔が短く、通信負荷が高い環境ではヒント音声の受信遅延が増加することが確認された。一方、画像送信頻度を適切に制御することで、学習支援に必要なヒント音声を安定して受信できることを確認した。

以上より、RSNP を用いた通信基盤は、HTTP 通信と同等の通信性能を維持しながら、高い通信信頼性を有することを示した。また、画像解析やヒント提示など教育支援ロボット特有の双方向通信にも適用可能であり、教育支援ロボットに適したネットワーク通信基盤として有用であることを確認した。これらの成果は、査読付き学術雑誌 Journal of Robotics and Mechatronics に掲載され、教育支援ロボットにおける RSNP 通信基盤の有効性を学術的に示した。

	RSNP	Spring	p 値
Interval 1	515.09	369.79	0.000*
Interval 2	185.61	178.326	0.057 n.s.

4 QoE 評価システムの開発

構築した RSNP 通信基盤を教育支援ロボットへ適用するため、通信遅延が学習者の学習体験へ与える影響を評価する QoE (Quality of Experience) 評価システムを開発した。本システムでは、教育支援ロボットがネットワーク経由で問題画像を受信し、問題が表示されるまでの通信遅延に対して、学習者が主観評価を行う。

教育支援ロボットには Raspberry Pi を搭載したロボットを用い、ネットワークを介してサーバから問題画像を受信した。学

習者はロボットとともに 10 問の問題へ解答し、各問題終了後に、表示遅延が学習へ与えた影響について評価した。通信遅延は問題ごとに異なる条件を設定し、問題画像のファイルサイズを変更することで様々な表示遅延を発生させた。また、遅延のない条件を基準として設定し、各条件をランダムな順序で提示することで提示順の影響を低減した。

QoE の評価には、ITU-R 勧告 BT.1788 で採用されている SAMVIQ (Subjective Assessment Methodology for Video Quality) 法[9]を参考にした。本研究では、映像品質ではなく問題画像の表示遅延を対象とし、学習者が通信遅延をどの程度許容できるかを 0~100 点のスライドバーにより評価した。遅延によって学習への集中が妨げられた場合は低い評価となり、遅延をほとんど意識せず学習できた場合は高い評価となる。

大学生 15 名を対象に QoE 評価実験を実施した結果を図 3 に示す。通信遅延が約 1 秒以内では、多くの学習者が遅延をほとんど意識せず、高い QoE を示した。一方、通信遅延が 2 秒を超えると QoE は徐々に低下し、表示遅延が長くなるほど学習体験へ与える影響が大きくなる傾向が確認された。また、通信遅延が大きくなるにつれて評価のばらつきも増加し、通信遅延に対する許容度には個人差が存在することが示された。

以上より、本研究で構築した QoE 評価システムにより、教育支援ロボットにおいて通信遅延が学習者の体感品質へ与える影響を定量的に評価できることを確認した。本成果は国際会議 (iFUZZY2025) において発表し、通信遅延と学習体験との関係について報告した。

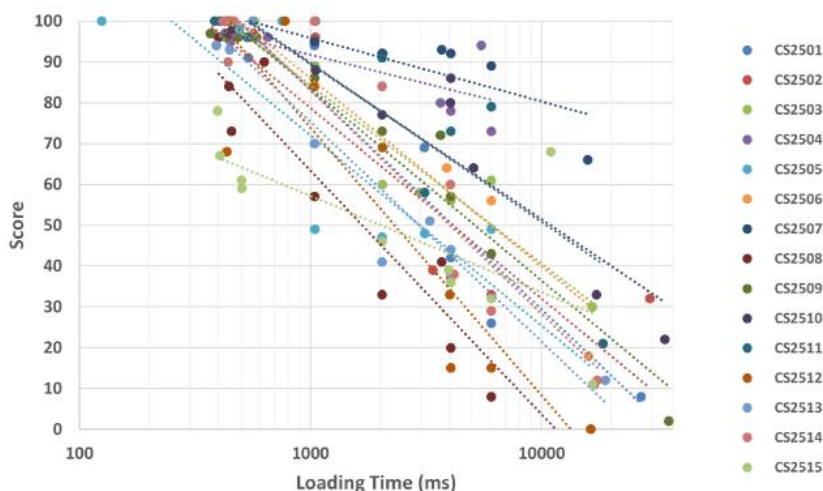


図 3 QoE 評価(大学生 15 名分)

5 QoE 評価システムの追加検証

前章では、大学生 15 名を対象として QoE 評価システムの有効性を検証し、通信遅延が学習者の体感品質 (QoE) へ与える影響を明らかにした。一方、国際会議において本システムの有効性を報告したところ、被験者数が 15 名と少なく、結果の一般性および信頼性について更なる検証が必要であるとの指摘を受けた。

そこで、本研究では前章と同一の実験環境および評価手法を用いて、大学生 15 名を追加対象として実験を実施した。追加実験では、教育支援ロボット、通信環境、問題内容、

QoE 評価方法をすべて前章と同一条件とし、被験者数を合計 30 名へ拡張した。これにより、提案する QoE 評

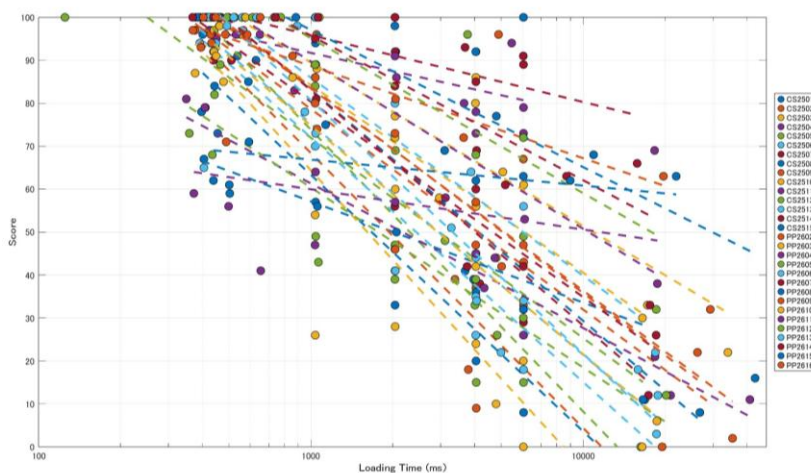


図 4 QoE 評価(大学生 30 名分)

価システムの再現性および信頼性について再検証を行った。

図 4 に 30 名を対象とした QoE 評価結果を示す。追加実験を含めて再解析した結果、15 名による初回実験と同様に、通信遅延が約 1 秒以内では QoE は高い値を維持する一方、2 秒を超えると QoE が徐々に低下する傾向が確認された。また、各被験者の近似曲線においても同様の傾向が得られ、通信遅延の増加に伴って QoE が低下するという結果が再現された。被験者数を 30 名へ拡張したことにより、個人差を含めた QoE の傾向をより詳細に分析することが可能となり、初回実験で得られた知見の妥当性を支持する結果が得られた。また、被験者数を増加させても初回実験と同様の傾向が再現されたことから、本研究で提案した QoE 評価システムは、一定の再現性を有することが示された。特に、通信遅延が約 1 秒以内では学習者の体感品質への影響は小さい一方、2 秒を超えると QoE が低下するという傾向は、多くの学習者に共通して確認された。

以上より、本研究で提案した QoE 評価システムは、教育支援ロボットにおける通信遅延が学習者の学習体験へ与える影響を定量的に評価する手法として有効であることを確認した。また、被験者数を拡張した追加実験により、本システムの再現性および信頼性を実証することができた。さらに、本研究で得られた QoE 評価結果は、本研究で構築した RSNP 通信基盤および AI による時空間困惑推定手法と組み合わせることで、教育支援ロボットにおいて、学習者が快適に学習できる通信品質や通信遅延許容範囲の設計指針として活用できると考えられる。現在、本成果を取りまとめ、査読付き学術雑誌 Journal of Robotics and Mechatronics への投稿に向けて論文を執筆している。

6 時空間困惑推定手法

本研究では、教育支援ロボットが学習者の困惑状態を推定し、その結果に応じて適切な学習支援を提供するため、表情の時空間情報を利用した困惑推定手法を開発した。本研究で使用する教師型ロボットを Rasby(図 5)と呼ぶ。本章では、従来手法の課題を踏まえ、提案する時空間困惑推定手法について述べる。

本研究では、大学生 70 名を対象として取得された学習動画データを用いた[10]。学習者は学習システムを用いて問題を解き、必要に応じてヒントボタンを押して学習支援を受ける。ヒントボタンが押される直前 1 秒間を困惑状態と定義し、それ以前を非困惑状態として、各フレームへラベルを付与した(図 6)。

従来研究では、1 枚の顔画像のみを入力とし、CNN によって抽出された空間特徴に基づいて困惑状態を推定していた[10]。しかしながら、困惑は瞬間的な表情だけでなく、困惑へ至るまでの表情変化にも表れると考えられる。そのため、本研究では単一画像ではなく連続した表情系列を入力とし、表情の空間情報と時間情報を同時に利用する時空間困惑推定手法を提案した。

動画は 30 fps
で撮影されており、
30 フレーム(1 秒
間)を 1 区間とし
て、開始位置を 1
フレームずつ移動
させながら 6 フレ
ーム間隔で 5 枚の

顔画像を抽出した。各画像については dlib を用いて顔領域を抽出し、 224×224 画素へ正規化した[11]。これにより、背景の影響を抑えながら、表情の時間的变化を含む顔画像系列を構築した。

データセットには大学生 70 名分の動画データを用い、被験者単位で学習用 42 名、検証用 14 名、テスト用 14 名に分割した。また、困惑状態と非困惑状態のデータ数に偏りがあったため、非困惑データをランダムに削減し、両クラスが 1:1 となるよう調整した。



図 5 Rasby



図 6 困惑状態と非困惑状態のラベル付与範囲

表 2 困惑状態の推定結果

手法	正解率 (%)	精度 (%)	再現率 (%)	F 値 (%)
従来手法	61.0	62.2	56.4	59.1
提案手法	88.1	86.4	90.4	88.3

顔画像を抽出した。各画像については dlib を用いて顔領域を抽出し、 224×224 画素へ正規化した[11]。これにより、背景の影響を抑えながら、表情の時間的变化を含む顔画像系列を構築した。

データセットには大学生 70 名分の動画データを用い、被験者単位で学習用 42 名、検証用 14 名、テスト用 14 名に分割した。また、困惑状態と非困惑状態のデータ数に偏りがあったため、非困惑データをランダムに削減し、両クラスが 1:1 となるよう調整した。

提案手法の有効性を確認するため、従来手法との比較実験を実施した。評価指標には正解率、適合率 (Precision)、再現率 (Recall) および F 値を用いた。結果を表 2 に示す。表 2 より、提案手法は従来手法と比較して正解率が 27.1 ポイント向上し、適合率、再現率および F 値についても全て改善した。これは、単一画像では捉えることが困難であった表情の時間的推移を利用したことにより、困惑状態へ移行する過程を特徴として学習できたためであると考えられる。また、困惑状態は単一時点の表情のみでは判断が難しく、学習中には、困惑状態へ移行する過程で表情の微細な変化が時間とともに現れることが多い。提案手法では、このような表情の時間的変化を特徴量として学習することで、瞬間的な表情だけでは識別が困難な困惑状態をより高精度に推定できたと考えられる。さらに、本手法は学習者ごとの表情の個人差を時間的変化として捉えることが可能であり、教育支援ロボットによる適応的な学習支援への応用が期待される。

以上より、表情の時空間情報を利用した提案手法は、従来の単一画像に基づく困惑推定手法より高精度に学習者の困惑状態を推定できることを確認した。本研究で提案した時空間困惑推定手法は、教育支援ロボットにおいて学習者の困惑状態をリアルタイムに把握するための基盤技術となる。これにより、学習者が困惑状態に陥ったタイミングで適切なヒント提示や励ましを行うことが可能となり、一律の学習支援ではなく、学習者一人ひとりの状態に応じた個別最適な学習支援の実現が期待される。本成果は現在、教師型教育支援ロボット Rasby へ実装を進めており、今後は実際の教育支援環境において困惑推定に基づく適応的学習支援を実現する予定である。

本助成研究では、通信基盤の構築と QoE 評価に加え、AI による困惑推定技術の開発を並行して進めた。今後は、本研究で構築した RSNP 通信基盤を介して学習者画像をサーバへ送信し、提案する時空間困惑推定手法によって困惑状態を推定することで、発達障害児一人ひとりの心理状態に応じた適応的学習支援を実現するとともに、保護者や教育者へ学習状況や困惑状態を共有できるネットワーク型教育支援システムの構築を目指す。

7 今後の展望

本助成研究では、教育支援ロボットにおけるネットワーク通信基盤の構築、通信遅延が学習者の体感品質 (QoE) へ与える影響の評価、および AI を用いた時空間困惑推定手法の開発に取り組んだ。その結果、RSNP を用いたネットワーク通信基盤は HTTP 通信と同等の通信性能および高い通信信頼性を有することを示した。また、QoE 評価を通して学習者が許容可能と感じる通信遅延を明らかにするとともに、被験者数を 30 名へ拡張した追加実験によって、本評価手法の再現性および信頼性を確認した。さらに、表情の時空間情報を利用した困惑推定手法では、従来手法と比較して正解率を 27.1 ポイント向上させ、教育支援ロボットへ適用可能な AI 技術を構築した。

今後は、これらの成果を統合したネットワーク型教育支援システムの実現を目指す。具体的には、本研究で構築した RSNP 通信基盤を利用し、教育支援ロボットが取得した学習者の画像をサーバへ送信する。サーバ側では、提案した時空間困惑推定手法によって学習者の困惑状態を推定し、その結果に基づいて学習支援の内容やタイミングを決定する。推定結果は RSNP 通信を介して教育支援ロボットへ返送され、ロボットは困惑状態に応じてヒント提示や励まし、追加説明などの適応的な学習支援を実施する。このように、通信基盤と AI 技術を組み合わせることで、教育支援ロボットが学習者一人ひとりの状態に応じた個別最適な学習支援を提供できるシステムを構築する予定である。

また、本研究では大学生を対象とした通信評価および QoE 評価を実施したが、最終的な目的は発達障害児を対象とした教育支援への応用である。そのため、今後は医療機関および教育機関と連携し、発達障害児を対象とした実証実験を実施する予定である。実証実験では、通信遅延が学習支援へ与える影響だけでなく、困惑推定に基づく適応的学習支援が学習意欲や学習継続時間、学習成果に与える影響について検証する。さらに、保護者および教育者へ学習履歴や困惑推定結果を共有する機能についても評価し、教育現場における実用性を検証する。

さらに、本研究で提案したネットワーク通信基盤は、教育支援ロボットだけでなく、他のコミュニケーションロボットへの応用も期待できる。例えば、高齢者支援ロボット、遠隔コミュニケーションロボット、医療・福祉分野における対話ロボットなどに適用することで、ロボットが取得した情報をクラウド上で解析し、AI による高度な判断結果をロボットへ返送するシステムの構築が可能となる。RSNP を活用した標準化された通信基盤を利用することで、多様なロボット間でデータ共有やサービス連携が容易となり、ロボットサービ

ス全体の発展にも貢献できると考えられる。

本研究で構築したネットワーク通信基盤は、教育支援ロボットに限らず、クラウドAIを活用した次世代教育システムの基盤技術として利用できる可能性がある。近年はGIGAスクール構想の推進に伴い、一人一台端末を活用した個別最適な学習支援が求められている。本研究で提案したネットワーク基盤とAI技術を組み合わせることで、学校だけでなく家庭学習においても学習履歴や心理状態を継続的に把握し、教育者や保護者が学習状況を共有できる環境の構築が期待される。これにより、学習者一人ひとりの状態に応じた教育支援を実現するとともに、教育現場における教員の負担軽減や、発達障害児に対する継続的な学習支援にも貢献できるものと考えられる。

以上より、本助成研究では、教育支援ロボットに必要となる通信技術、QoE評価システム、およびAI技術を体系的に構築した。今後は、これらの技術を統合したネットワーク型教育支援システムを実環境へ適用し、発達障害児一人ひとりの心理状態に応じた適応的学習支援を実現するとともに、教育現場や医療・福祉分野への社会実装を推進することで、教育分野における情報通信技術の発展に貢献する次世代の教育支援基盤の実現を目指す。

【参考文献】

- [1] 秋谷直矩, 丹羽仁史, 坪田寿夫, 介護ロボット開発に向けた高齢者介護施設における相互行為の社会的分析, 電子情報通信学会論文誌.(D), vol.90, no.3, pp.798-807, 2007.
- [2] 星祐太, 奥田誠, 萩尾勇太, 上村真利奈, 金子豊, 西本友成, コミュニケーションロボットの発話に向けたテレビ視聴時における人同士の対話分析, 映像情報メディア学会誌, vol.77, no.1, pp. 149-156, 2023.
- [3] 久保田直行, コミュニケーションロボットの社会実装にむけた研究と開発, 知能と情報(日本知能情報フレンジ学会誌), vol.31, no.3, pp.147-153, 2019.
- [4] 文部科学省, GIGAスクール構想について, https://www.mext.go.jp/a_menu/other/index_00011111.htm
- [5] O.H. Kwon, S.Y. Koo, Y.G. Kim and D.S. Kwon, "Telepresence robot system for English tutoring," IEEE Workshop on Advanced Robotics and its Social Impacts, pp.152-155, 2010.
- [6] Robot Service Initiative, RSNP とは, <http://robotservices.org/index.php/aboutrsnp/>
- [7] 大澤秀也, 朝倉健介, 小原範子, 藤田尚宏, 佐藤健, 中川幸子, 成田雅彦, RSNP 拡張によるロボット制御と音声通信の統合のためのロボットサービスプラットフォーム, 日本ロボット学会誌, vol.33, no.2, pp.103-114, 2015.
- [8] F. Jimenez and Masayoshi Kanoh, Support System for Teachers in Communication with Educational Support Robot, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, vol.24, no.3, pp.377-385, 2020.
- [9] ITU-R, Methodology for the subjective assessment of video quality in multimedia applications, Recommendation ITU-R BT.1788, Dec. 2007.
- [10] K. Okawa, F. Jimenez, S. Akizuki and T. Yoshikawa, Proposal of Learning Support Model for Teacher-Type Robot Supporting Learning According to Learner's Perplexed Facial Expressions, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol. 36, No. 1, pp.168-180, 2024.
- [11] D. E. King, Dlib-ml: A Machine Learning Toolkit, Journal of Machine Learning Research, Vol. 10, pp.1755-1758, 2009.

〈発 表 資 料〉

題 名	掲載誌・学会名等	発表年月
Investigation of a Network Model for Educational-Support Robots Using RSNP	Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.37, No.6, pp.1619–1630	2025 年 12 月
Evaluation of the Impact of a Network System Utilizing Educational Support Robots and Delay on Learning Experiences	Proceedings of the 2025 International Conference on Fuzzy Theory and Its Applications (iFUZZY2025)	2025 年 11 月
教育支援ロボットにおけるネットワーク連携間の通信で生じる遅延影響	第41回ファジィシステムシンポジウム講演論文集	2025 年 9 月