

# 人工知能が支援する遠隔協調学習システム (Intelligent edutab) の開発

八代 一浩<sup>1</sup> 水落 芳明<sup>2</sup> 高橋 弘毅<sup>3</sup> 水越 一貴<sup>4</sup> 大島 崇行<sup>2</sup> 榎原 範久<sup>2</sup>  
古屋 達朗<sup>5</sup> 大前 佑斗<sup>6</sup>

**概要：**地域では、少子化の進行により、一学年の児童数が10名以下の学校が多くなっている。クラスの人数が少なくなると、授業や生活の中で多様な考えに触れる機会が損失する。また、授業でもディベートなどはできなくなり、教師は授業設計においても制限が生じてくる。この課題を解決する方法として、ICTを用いた遠隔学習がある。しかしながら、これまでの遠隔学習システムは教室と教室を結びつけて行うことが多く、学習者の主体的学習には必ずしも結びついていない。そこで、我々は学習者の主体的学習を支援する遠隔協調学習システムを提案する。さらに児童が行う主体的な学びの状況を人工知能により分析・推測し、教師を支援する機能も持たせる。構築した遠隔協調学習システム及び人工知能が支援する授業をそれぞれ行った。本稿では、構築したシステム及び構築したシステムを用いて行った授業について紹介する。

**キーワード：**インテリジェント CSCL, 遠隔教育, 遠隔協調学習, AI が支援する教育

## Intelligent edutab, a Computer Supported Collaborative Learning System with Artificial Intelligence for Distance Learning

**Abstract:** In a depopulated area of Japan, the number of children in a class are decreasing to 10 or less due to the declining birthrate. If the number of students in the class decreases, students will lose the opportunity to experience various ideas in the class. Also, teachers are limited in teaching design, for example teacher can not use debates. To solve these problems, distance learning by using ICT are proposed. However, the distance learning system is often performed by connecting the classroom and the classroom, and it is not intended to support the learner's active learning. We propose the distance collaborative learning system to support the learner's active learning. The developed system also has artificial intelligence to analyze / predict the situation of active learning and support teachers. Using the developed system, we conducted a distance learning and a class using artificial intelligence functions respectively. In this paper, we introduce the developed system and two classes we conducted using the developed system.

**Keywords:** Intelligent CSCL, Distance Learning, Distance Collaborative Learning, AI Supported Education

<sup>1</sup> 山梨県立大学 山梨県甲府市飯田 5-11-1  
Yamanashi Prefectural University, 5-11-1, Iida, Kofu, Yamanashi, 400-0035 Japan

<sup>2</sup> 上越教育大学 新潟県上越市山屋敷町 1  
Joetsu University of Education, 1, Yamayashiki, Joetsu, Niigata, 943-8512 Japan

<sup>3</sup> 長岡技術科学大学 新潟県長岡市上富岡町 1603-1  
Nagaoka University of Technology, 1603-1, Kamitomioka, Nagaoka, Niigata, 940-2188 Japan

<sup>4</sup> 株式会社デジタルアライアンス 山梨県甲府市北口 2-12-1  
Digital Alliance Co., LTD., 2-12-1, Kitaguchi, Kofu, Yamanashi, 400-0024 Japan

<sup>5</sup> 山梨大学教育学部附属小学校 山梨県甲府市北新 1-4-1  
Elementary School Attached to University of Yamanashi, 1-

### 1. はじめに

少子化の進行により、地域の小中学校では統廃合が進んでいる。中央教育審議会初等中等教育分科会 [1] や総務省過疎問題懇談会 [2] においても、小中学校及び高等学校の統廃合の現状と課題について報告がされている。この中で、全国の8割以上の市町村が小中学校の適正規模に関する

4-1, Kitashin Kofu, Yamanashi, 400-0005 Japan

<sup>6</sup> 日本大学 千葉県習志野市泉町 1-2-1  
Nihon University, 1-2-1, Izumimachi, Narashino, Chiba, 275-8575 Japan

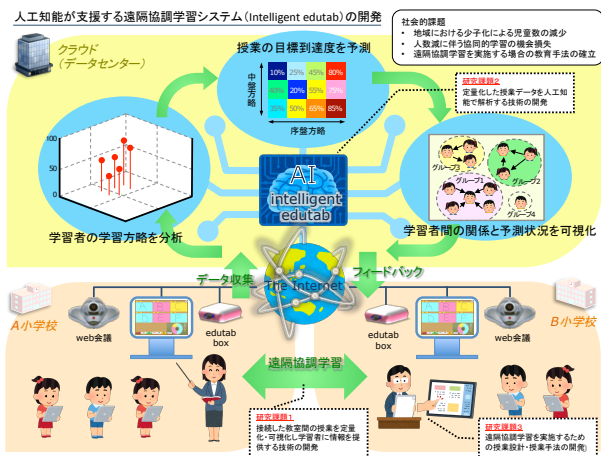


図 1 研究プロジェクトの概要

Fig. 1 Overview of the Research Project

る問題を持っていることが示されている。また、同時にごこの問題に対して、平成 29 年 10 月時点で検討の予定がたっていない自治体は 42%にのぼる。

1 クラスの人数が 10 名以下となると授業の運営に課題が生じる。平成 29 年に公開された、新しい学習指導要領では、「21 世紀型スキル」を意識し、主体的で対話的で深い学び（いわゆるアクティブ・ラーニング）を行う事が求められている。このような学習を行うためには、協調学習やディベートなど複数の学習者が協同的に学習を行う必要がある。しかしながら、人数が少ないと例えばディベートを行うにしても、全員が同じ意見になってしまうこともあり、学習が成立しない場合もある。

この問題を解決する方法として、遠隔学習がある。地域の複数の小学校をネットワークで接続し、ネットワーク上に TV 会議システムを配置し、学習を行う形態である。しかしながら、クラスとクラスを接続するだけでは、一斉授業を相互に接続するだけであって、学習者同士の主体的で深い学びには必ずしも結びつかない。そこで、我々は遠隔の学習者が持つタブレット端末を相互に接続し、それぞれの内容を閲覧することができる遠隔協調学習を提案する。しかしながら、遠隔協調学習の事例はほとんどなく、授業の手法や教師の役割など、実施に向けては課題が多い。とりわけ、アクティブ・ラーニングでは学習者が主体的に活動を行っているため、他校の児童の様子を、対地にいる教師は直接見ることが出来ない。そこで、この問題を解決する方法として、遠隔学習支援システムの中に人工知能を組み込み、学習者間の情報を抽出・分析・可視化し、教師に対してリアルタイムに、適切な学習支援方法に関する情報をフィードバックするシステムを提案する。

## 2. 課題

本研究を進める上での 3 つの課題を設定する。

(1) 接続した教室間の授業を定量化・可視化し教師に情報

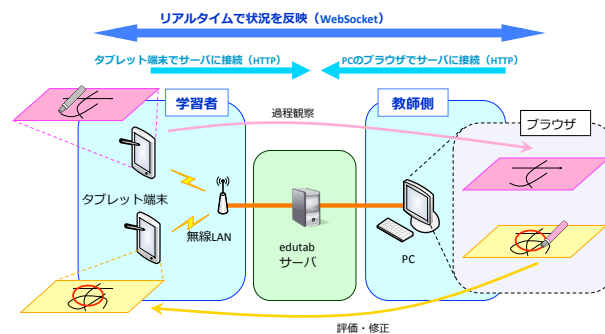


図 2 edutab の原理

Fig. 2 Architecture of edutab

を提供する技術の開発

- (2) 定量化した授業データを人工知能で解析する技術の開発
- (3) 遠隔協調学習を実施するための授業設計・授業手法の開発

それぞれの課題と課題解決の方法について以下に述べる。

### 2.1 定量化・可視化システム

教師に情報提供する際に、どのように授業を定量化するかが課題となる。本研究では、教師と学習者が一人一台のタブレット端末を持って協調学習を行うことを前提としている。そのため、授業の中で、誰がどのボタンを押した、誰が誰の情報を閲覧した、という情報を得ることができる。そこで、タブレット端末を介して得られた情報を可視化して教師・学習者に提供できるようにする。

授業の定量化には我々が開発したシステム (edutab) を機能拡張して課題解決を行う。開発したシステムは学習者が一人一台のタブレット端末を持ち、そのブラウザから Web サーバへアクセスを行うクライアント・サーバ型のシステムであり、サーバは HTML サーバ (node.js) として実装している。開発したシステムのクライアントソフトウェアは JavaScript で作られており、図 2 に示すように、サーバとの間は HTML5 技術 (web socket 技術) でリアルタイム通信を行っている。そのため、クライアントでの活動はすべてリアルタイムでサーバに送ることができる。この機能を利用して、現在、いつ、だれが、どのボタンを押したという情報や、学習者が撮影した写真やスクリーンショットをサーバ内に蓄積することができる [3]。

さらに、タブレット端末を用いて、学習者が他の学習者の学習記録を閲覧 (相互評価) する際に、誰が、誰の記録をどのくらいの時間閲覧したかを CSV 形式で記録し、記録した結果を分析できる [4]。分析した結果を授業後振り返ることで、どのような閲覧の仕方 (学習方略) が授業の目的を達成するうえで有効であるかを評価できる。このシステムをリアルタイム化することで解決を図る。

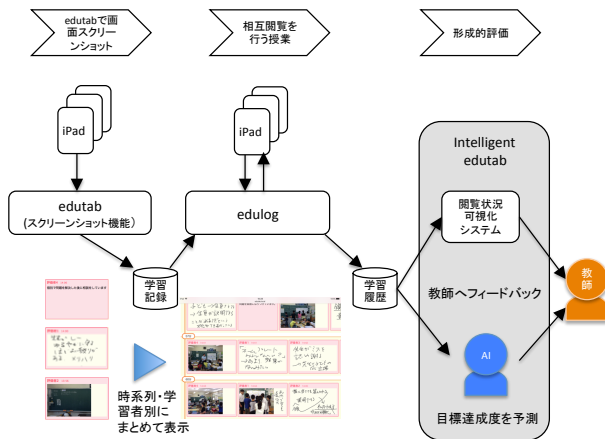


図3 開発したシステムの概要

Fig. 3 Overview of Developed System

## 2.2 人工知能の開発

人工知能を活用して教員に対しリアルタイムで有益な情報をフィードバックする機能を開発・実装する。対象とする授業は、学習記録（ワーキングポートフォリオ）の相互閲覧を行う授業を想定する。教員は、学習者の相互閲覧状況とその閲覧状況を入力とした人工知能による達成度予測データを活用して授業を進行する。

学習者は学習記録の相互閲覧を行うため我々が開発したedulog[5]を利用する。edutabを活用した授業の活動をスクリーンショット機能を用いて学習記録として保存することができる。edulogはedutabの学習記録を時系列・学習者別に表示することができる。さらに、相互学習を行った際には、いつ、誰が、誰の学習記録を、どのくらい閲覧したか、を学習履歴として保存することができる。

この学習履歴をAIを用いて解析し授業内における目標達成度を予測させることで、教師に有益な情報をフィードバックできる。

## 2.3 授業開発

より効果的な遠隔協調学習を実現する上では、学習空間設計、授業設計、授業手法も大変重要である。遠隔協調学習にはPCを用いた多くの事例があり、様々なシステムを用いた授業事例がある。しかし、その多くは学習意欲のある高等教育や成人教育において、学習者がPCを使って学習を行う環境で行われている。初等教育でタブレット端末を活用した遠隔協調学習の事例は少ない。

我々は2015年より山梨県甲州市が実施する文部科学省の「少子化・人口減少に対応した活力ある学校教育推進事業」[6]に参加し、edutabを活用した授業開発に協力してきた。2017年11月11日に行われた遠隔学習の公開授業においても授業開発に参加した。授業は道徳で、3校で同じ時間にビデオをそれぞれの学校で視聴し、自分の意見を賛成、反対に色分けしたワークシートに記入する。次に、ワークシートを写真に撮影し、edutabにアップロードす

る。アップロードした友達の意見を相互閲覧（相互評価）した後に、意見交換（ディベート）をTV会議システムで行うものである。とりわけA小学校の児童は3名しかおらず、全員が同じ立場になってしまっていたので、遠隔学習を行うことでディベートは有益に作用していた。本授業において、相互閲覧の記録を分析することで、授業内で行われた意見の影響度や発言を多くさせるための方略など、教師にとって有益な情報があることがわかった[4]。しかしながら、現時点ではリアルタイムでの分析とその結果のフィードバックは行えていない。

授業環境として、現在は図1に示す環境を想定している。基本的に本研究で開発するシステムとTV会議システムを併用して遠隔協調学習を実現する。本研究では学習者が一人一台のタブレット端末を持つことを想定し、学習者がタブレット端末を用いた授業の様子をAIが分析して、状況を教師にフィードバックする環境を構築する。この環境上で新たな遠隔協調学習の授業を開発する。

## 3. 開発したシステム (Intelligent edutab)

教師を支援するためのシステムとして相互評価の状況を可視化し、可視化した情報から人工知能が授業内に目標達成しにくい学習者を推定するシステム (Intelligent edutab) の開発を行った。開発した授業とシステムの概要を図3に示す。

図3において、教師はCSCLシステムであるedutabを活用した授業を行う。edutab上で行った活動はスクリーンショット機能を用いて保存することで、学習記録として保存することができる。保存した学習記録はedulogを活用することで、学習者別に時系列で表示することができる。edulogを用いることでワーキングポートフォリオの相互評価（相互閲覧）を授業として行うことができる。edulogを用いた相互評価の状況（誰が、誰の学習記録を何秒閲覧したか）は学習履歴としてリアルタイムに保存できる。学習履歴データをリアルタイムに可視化するとともに、AIを用いて授業時間内での目標達成度を予測させる。教師は可視化されたデータとAIからの予測を情報として受け取り、授業で活用（形成的評価等）できる。

開発したAIのモデルは、自分の考えと他者の考えを比較しながら学び合う学習者の方が目標達成しやすいことを仮定している。入力としてedulogから得られた自己閲覧総時間と他者閲覧総時間を利用している。そして、目標達成の推定値を出力する。推定モデルにはガウシアンカーネルによる非線形SVM（教師あり学習）[9]を用いている。パラメータ学習においては、6年生社会科で行われた4回分のデータを使用した。学習者らは各々の授業において、相互にお互いの学習ログを閲覧し合いながら、学習項目をレポートとしてまとめていく。このレポートが前よりも20点以上向上したレポートに成績上昇ラベル (Class 1)、そ

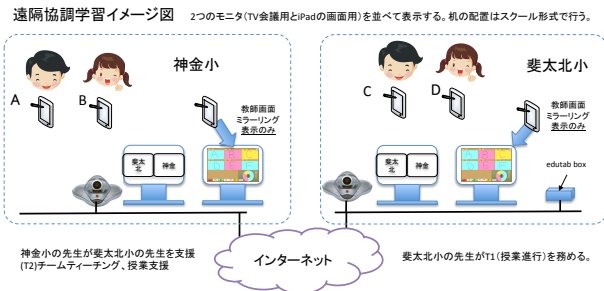


図 4 遠隔協調学習環境

Fig. 4 Learning Environment of the Distance Collaborative Learning

うではないものに成績上昇ラベル (Class 0) を付与した。その結果、成績上昇ラベルが付与されたデータは 40 例、非上昇ラベルが付与されたデータは 56 例となった。得られたデータをブートストラップサンプリングにより分割し、Out-of-Bag エラーが最小となるハイパーパラメータを採用することで、学習を完遂させた。

#### 4. 開発したシステムを用いた授業

我々は、開発したシステムを用いて遠隔協調学習を行い、その教育効果について評価を行うことを最終的な目標としている。現在、開発したシステムを遠隔学習環境で行うように準備を行なっている。ここでは、人工知能機能を用いずに行った遠隔協調学習と閉じた一つの教室で行った人工知能が支援する授業について紹介する。

##### 4.1 遠隔協調学習

2019 年 2 月 26 日および 3 月 3 日に、山梨県甲州市の小学校と新潟県妙高市の小学校を結んで、開発したシステムを用いて遠隔協調学習を行った。学習環境を図 4 に示す。両学校の間は VPN を構築し、VPN 上にサーバを配置して、両校からアクセスできるようにした。TV 会議システムとして Polycom 社の VSX7000 を用いた。教室には、2 つのプロジェクタを設置し、一台は TV 会議用とし、もう一台を edutab の教師画面を投影し、両校の参加者全員の回答の様子が表示されるようにした (図 5)。

授業は 6 年生の総合的な学習の時間で、それぞれの地域についてを紹介し、紹介された内容について edutab 上に質問や感想を述べて理解を深めることを目的とした。2 月 26 日の授業では山梨県の小学校が地域の紹介を新潟県の小学校に行い、3 月 3 日の授業では反対に新潟県の小学校から山梨県の小学校に地域を紹介するようにした。授業形態はチームティーチングで新潟県の小学校の教員が主担当として授業をリードした。授業展開を図 6 に示す。

授業では、まず、TV 会議システムを用いて、地域の紹介を行った後にクイズを出す形で進める。ここまでは TV 会議システムだけを用いて、教室と教室を結びつけた展開



図 5 教師用 edutab の画面 (左) と TV 会議システム (右)  
Fig. 5 Teacher's screen of edutab system (left) and TV Conference system (right)

段階	学習活動	時間	
導入	(1)前時の振り返り edulog を用いて前回の授業の振り返りを行う。相互指名によって、意見発表をする。	10	
	(2)学習課題を確認する。 地域の様子やくらしの様子を写真で発表し、疑問点や驚いたことについて edutab を使って意見交流しよう。		
	(3)発表する。 ①発表「テーマ：雪のあるくらし」 ・雁木 ・除雪車 ・スキー授業 ・信号 ・雪吊り ・消雪パイプ ・家の造り など ②神金小は edutab に発表を開きながら以下の点について背景色を選択して単語で記入 ・疑問点 (青背景) ・驚いたこと (赤背景) ・記入したら、スクリーンショットを取る。 ③ edutab の一覧表示を用いて、感想を共有する。		15
	(4)意見交流の感想を記入する。 ・所定の感想用紙に記入 ・感想用紙を写真に撮り、edutab に掲載し、スクリーンショットを撮る。		25
	(5)教師の話を聞く ・次回の学習の予定について理解する 意見交流の感想の相互閲覧は授業時間外に edulog を用いて行う。		38
		44	
		45	

図 6 遠隔協調学習の授業展開

Fig. 6 The Teaching Plan of The Distance Collaborative Learning

となる。その後、紹介を聞いた学校の児童が edutab を用いて、学習者が質問や感想を記入した。回答は教師と学習者が両校で共有している。全ての学習者の回答を見ながら、誰の意見を聞きたいか教師が問いかけ、選択された児童が、iPad に記入した内容について詳細に説明をした (図 7)。最後に授業全体の感想を書いて、その内容をスクリーンショットして、edulog システムを使って、双方の学習者の感想が共有できるようにした。edulog システムは非同期のシステムなので、授業後にそれぞれの学習者が好きな時間に感想を見ることができる。山梨県の学校では児童は昼休みに図書館に行って感想を見ていた。

山梨県の小学生からは新潟県の小学校のグラウンドでスキーができることに驚きがあった。また、新潟県の児童からは大人数で授業している雰囲気だった、消雪パイプが山梨の学校にないと聞いて驚いた、などの感想があった。授

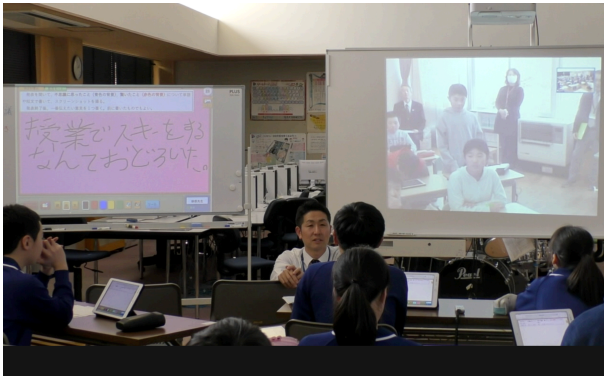


図 7 詳細な説明

Fig. 7 Explaining details

業を行った教員からは、慣れないと操作と授業と両方に集中するのが大変で、なかなか児童の学習内容に踏み込んで観察することができなかったという感想があった。授業の参観者からは、edutabを使うことで、明らかに授業のテンポがあがったという感想があった。

現在のところ、授業の紹介と感想のみになっているが、今後、より詳細な分析を進めていく予定である。

#### 4.2 人工知能が支援する授業

2018年10月22日に、開発したシステムを使って、山梨県の公立小学校の3年生の算数の授業を教室内でジグソー法 [10] を用いて行った。問題は下記の通りである。全体への問題として「Aさんは10,000円持って、3箇所で買い物をしました。最後にいくら残っていたでしょう」と設定した。そして、Aチームには「Aさんはスーパーで1つ80円ののにんじんを3本買いました。いくら支払ったでしょう?」。Bチームには「ガソリンスタンドで、1L 152円のガソリンを30L給油しました。いくら支払ったでしょう?」。Cチームには「コンビニでジュースを3本買いました。1本130円でした。いくら支払ったでしょう?」とした。

授業では、A、B、Cのそれぞれのチームが自分の回答をedutabに書いて、その結果をスクリーンショット機能で保存する。保存した結果をedulogを使って他のチームの回答を見て（相互閲覧し）、全体の回答を求めるようにした。

授業を行った際の可視化の様子を図8に示す。図8において、縦軸は閲覧者を示し、横軸は被閲覧者を示している。例えば、S19の学習者はS2の学習記録を1405秒、S4の学習記録を440秒、画面上に表示している。自分自身の学習記録を閲覧している時間も対角線上に示される。S6の学習者は自分自身の学習記録を147秒見ている。表示している色は、閲覧時間が長くなるに従って濃くなっている。この表示を5分毎に更新させている。

授業を実際に行った際の目標達成度と学習者の自己評価について図9に示す。ここで、上のグラフは開発したAIによる授業終了時の目標達成度の予測であり、下のグラフ

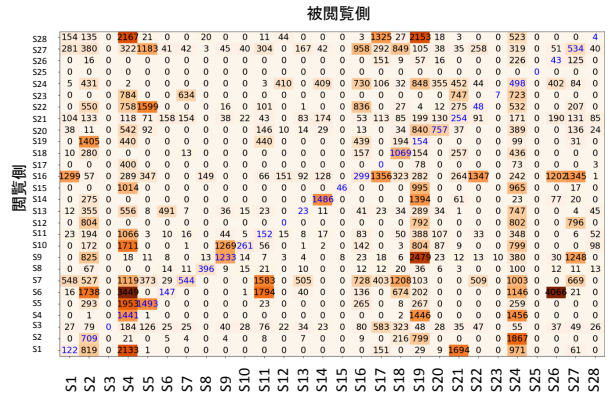


図 8 相互評価活動の可視化

Fig. 8 Visualization of peer review activities

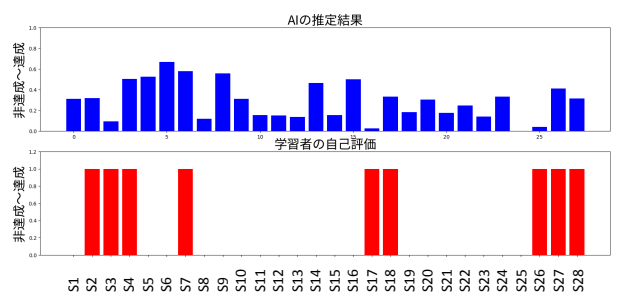


図 9 AIによる目標達成度の予測と学習者の自己評価

Fig. 9 Prediction of Achievement Level by Developed AI and Self Judgement of Learners

は学習者自身による自己評価（達成できたか、できないか）を示している。このグラフは授業開始とともに5分毎に更新して、教師にフィードバックしている。

可視化情報は、全体の色を見ることで全体の様子を俯瞰することができる。例えば、S16の学習者は全体を見渡した学習を行っているのがわかる。また、縦に見たときにS4は多くの学習者から見られている（頼りにされている）ことがわかる。実際に授業者へのインタビューでは、授業中は細かく個人を見ている余裕はないので、全体の様子が見えることの有用性が評価されていた。可視化情報は時系列に保存することができるので、個別の学習者の情報は授業中よりも事後の振り返りでの活用が期待できると考えられる。

現在のところ、閉じられた教室内における実施となっているが、遠隔授業環境においても実施の予定である。

## 5. おわりに

本稿では、主体的な遠隔学習を支援するためのシステムとして開発したedutab, edulog, Intelligent edutabの紹介を行った。また、開発したシステムを実際の授業で活用した事例について紹介を行った。実施した授業についての評価を現在進めているところである。一方で実際に日常的な授業で活用するためには、多くの授業実践や運用方法の改

善など、取り組むべき課題もある。

今後の課題として、開発した Intelligent edutab は遠隔授業環境でも活用できるが、まだ、実際の授業では活用できていない。実際の遠隔授業で実施するためには、適切な場面での活用とそれに適した授業開発を検討する必要がある。また、開発した AI の精度を上げるために、学習データの自動採取の方法やアルゴリズムの改良などを行う必要がある。

**謝辞** 本研究成果は、国立研究開発法人情報通信研究機構 (NICT) の委託研究「データ連携・利活用による地域課題解決のための実証型研究開発: 過疎地域の学校を AI が支援する遠隔協調学習システムで結ぶことにより地域課題の解決に対応する取り組み」(研究代表: 八代一浩), JSPS 科研費 16K04672 (研究代表: 水落芳明), 19K20062 (研究代表: 大前佑斗), 17K05437 (研究代表: 高橋弘毅), 第 57 回下中科学研究助成金 (研究代表: 古屋達朗) の支援により得られたものである。

#### 参考文献

- [1] 文部科学省: 中央教育審議会初等教育分科会資料 2-4, [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo3/gijiroku/\\_icsFiles/afieldfile/2015/01/19/1354538\\_8.pdf](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/gijiroku/_icsFiles/afieldfile/2015/01/19/1354538_8.pdf), May. 30. 2019.
- [2] 総務省: 平成 29 年度第 2 回過疎問題懇談会, [http://www.soumu.go.jp/main\\_sosiki/jichi\\_gyousei/cgyousei/2001/kaso/02gyousei10\\_04000046.html](http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/jichi_gyousei/cgyousei/2001/kaso/02gyousei10_04000046.html), May. 30. 2019.
- [3] 鈴木新一, 水越一貴, 八代一浩他, "HTML5 技術を用いた仮想通信網における遠隔印刷手法の提案と評価," 情報処理学会論文誌, 56(3), 754-766, Mar. 2015.
- [4] Y. Omae, T Furuya, K. Mizukoshi, T. Oshima, N. Sakakibara, Y. Mizuochi, K. Yatsushiro, H. Takahashi, "Data Mining for Discovering Effective Time-series Transition of Learning Strategies on Mutual Viewing-based Learning," Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, vol.22, no.7, pp.1046-1055, 2018.
- [5] K. Mizukoshi, T. Oshima, N. Sakakibara, Y. Mizuochi, Y. Omae, H. Takahashi, K. Yatsushiro, "Performance analysis of "edulog" system," 2017 IEEE/SICE International Symposium on System Integration, pp.583-588, Dec. 2017.
- [6] 文部科学省, "平成 27 年度「少子化・人口減少化に対応した活力ある学校教育推進事業」" [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/tekisei/1378016.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/tekisei/1378016.htm)
- [7] K. Mizukoshi, T. Oshima, Y. Mizuochi, K. Yatsushiro, "A portable CSCL system" edutab box" with an autonomous wireless network," 2016 IEEE/SICE International Symposium on System Integration, pp.640-645, Dec. 2016.
- [8] T. Oshima, Y. Mizuochi, K. Yatsushiro, K. Mizukoshi, "Development of CSCL system with usability for lower elementary school grade students," 2016 IEEE/SICE International Symposium on System Integration, pp.646-651, Dec. 2016.
- [9] Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman, "The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction, Second Edition," Springer, 2009.
- [10] 三宅 なほみ, 齊藤 萌木, 飯窪 真也, "学習者中心型授業へのアプローチ: 知識構成型ジグソー法を軸に", 東京大学大学院教育学研究科紀要, 東京大学大学院教育学研究科, Vol. 51, pp.441-458, 2011