

小規模校で活用する遠隔合同授業支援環境の開発と評価

Development and evaluation of remote joint class support environment utilized in small schools

横山 誠*¹

Makoto Yokoyama

鷹岡 亮*²

Ryo Takaoka

中原 章宏*³

Akihiro Nakahara

義永 涼太*⁴

Ryota Yoshinaga

(摘要)

人口減少社会の到来により、特に地方において、適正規模での学校運営が難しい過小規模や極小規模の学校が増加傾向にある。このような小規模校では、きめ細やかな指導等が行える一方で、人間関係が固定化しがちであったり、多様な意見や考え方に触れることが少なくなったり等、教育上の課題を抱えている。その解決策の1つとして、複数校の児童生徒が1つの学校に集まって合同授業が実施されているが、時間的・金銭的な問題などから実施回数が制限されるケースが多い。この合同授業を補う形で、日進月歩の勢いで進歩しているICT技術を活用した遠隔合同授業の取組みが期待され、教育実践が進められてきている。そこで本研究では、小規模校・少人数学級における遠隔合同授業を対象にして、学習者の学習活動と教員の教授活動を支援するための遠隔合同授業支援環境を研究開発する。具体的には、学校のネットワークの問題や、対面と遠隔の学習者を見とりながら遠隔合同授業を進める教員の負荷を踏まえて、ビデオコミュニケーション機能や遠隔合同授業をシームレスに支援する授業支援機能を有した「つながる授業アプリ」をアジャイル型開発手法によって実装した。さらに、「つながる授業アプリ」の操作・機能評価を行って修正事項を整理して、改善を行った事項について報告する。

キーワード：遠隔合同授業、遠隔合同授業支援環境、つながる授業アプリ、人口減少、小規模校

1. はじめに

日本の人口減少社会の到来が叫ばれて久しい。日本の人口は2007年から減少局面に入り、その減少幅も拡大し、2016年以降5年連続で出生数は年間100万人を割っている⁽¹⁾。

それに伴い、人口の地域的な偏在が加速化し、特に地方における少子高齢化が加速している。このような状況のなかで、2021年における学級数が11学級以下の公立学校の小規模校の割合は、全国では42.0%であるが山口県では58.2%であり、過小規模校（5学級以下の

*1 山口大学大学院東アジア研究科 (The Graduate School of East Asian Studies, Yamaguchi University)

*2 山口大学教育学部 (Faculty of Education, Yamaguchi University)

*3 下関市立豊浦小学校 (Shimonoseki City Toyoura Elementary School)

*4 株式会社リクルート (Recruit Co., Ltd.)

学校)の割合は、全国では8.9%であるが山口県では22.6%となっている⁽²⁾。少子高齢化率の高い地域では、学校の過小規模化や極小規模化(複式学級による3学級以下の学校)が進んでいることが分かる。

このような小規模校では、児童生徒一人一人がきめ細かな指導を受けることができ、人間関係が深まりやすい等の利点があげられる。一方で、人間関係や役割の固定化、集団の中で多様な意見や考え方に触れることや切磋琢磨する機会に乏しいといった教育的課題もあげられている⁽³⁾。これらの教育的課題を解決する策の1つとして、複数校の児童生徒が1つの学校に集まって授業を実施する合同授業が行われている。しかし、地方では公共交通が便利ではないために移動に時間がかかってしまい合同授業の時間が十分にとれない時間的問題が存在する。さらに、合同授業の時間をとるためにワゴンタクシーや貸切バスを利用するための金銭的問題などから実施回数が制限されるケースが多い。

このような状況の中で、ICTを活用した遠隔合同授業が期待されてきた。文部科学省が進めているGIGAスクール構想や新型コロナウイルス感染症の影響もあって、授業実践が進められてきている。遠隔合同授業では、Zoom、Google Meet、Microsoft Teams、WebexといったWeb会議システムが準備できれば、教室間や児童生徒間を接続して授業を実施することは可能である。

しかしながら、遠隔合同授業を実践する上では環境整備面や授業実施面等で課題が存在する。環境整備面では、学校のネットワーク回線の帯域不足、ルータの性能不足等による安定したネットワークに関する問題がある。また、授業実施面では、授業実施時における教員の作業負荷が非常に高いことがあげられる。児童生徒が活用しているビデオコミュニ

ケーションやツール・アプリ上で通信の遅延や切断が生じれば、教員はその障害に対処しなければならない。さらに授業では、授業を展開していくのはもちろん、教員自身のクラスの児童生徒の学習活動の確認や見とり、指導・支援だけでなく、遠隔のクラス側の児童生徒の学習活動状況の確認や指導・支援も行わなければならない。それらのために、コンピュータやビデオカメラの操作が伴うこともある。

これらの課題を解決するために、ビデオコミュニケーションやツール・アプリでは、企業のWeb会議や作業とは異なる遠隔合同授業の特性や授業プロセスを踏まえた仕組みの構築や機能開発が必要となる。さらに、遠隔合同授業における学習活動や教授活動のプロセスを分析した上で学習支援機能を開発し、その機能と連動した授業支援機能を提供することが必要となる。

そこで本研究では、小規模校・少人数学級における遠隔合同授業を対象にして、学習者の学習活動と教員の教授活動を支援するための遠隔合同授業支援環境を設計して開発する。具体的には、学校のネットワーク環境の問題や、対面と遠隔の学習者を見とりながら授業を進める教員の負荷を踏まえて、ビデオコミュニケーション機能や遠隔合同授業をシームレスに支援する学習活動支援機能と授業支援機能を有した「つながる授業アプリ」をアジャイル型開発手法によって実装した。

本稿では、2章において、遠隔合同授業における研究課題と先行研究について整理して本研究の有用性について説明する。3章では遠隔合同授業を支援する環境や機能について整理して、4章では遠隔合同授業支援環境として実装した「つながる授業アプリ」の基本機能とその構成について述べる。さらに、5章では授業実践として活用された際の児童や

教員のアンケート結果から「つながる授業アプリ」の有用性を検証して、6章で「つながる授業アプリ」の改善事項について説明する。

2. 遠隔合同授業の必要性和先行研究

2.1 遠隔教育の分類・実践事例と遠隔教育支援

令和元年に文部科学省でとりまとめられた「新時代の学びを支える先端技術活用推進方策（最終まとめ）」では、ICTを活用することによって時間や距離の制約を取り払った学びを提供しやすくなり、特に遠隔技術の活用によって、社会の多様な人材やリソースの活用や、多様な人々との学び合いによる社会性を涵養する機会、多様な意見に触れる機会を増やす効果が期待できると示されている⁽⁴⁾。このような状況のなかで、お互いの距離に関係なく相互対話が可能なICTの双方向性という特徴をいかして、遠隔教育システムを活用した遠隔教育が行われている⁽⁵⁾。文部科学省の「遠隔教育システム導入実証研究事業」では、各実証地域の実践事例から遠隔教育を実施する「目的」と「接続先」を踏まえて、遠隔教育を次の12パターンに分類している⁽⁶⁾。

[A] 多様な人々とのつながりを実現する遠隔教育

A1：遠隔交流授業

A2：遠隔合同授業

[B] 教科等の学びを深める遠隔教育

B1：ALTとつないだ遠隔学習

B2：専門家とつないだ遠隔学習

B3：免許外教科担任を支援する遠隔授業

B4：教科・科目充実型の遠隔授業

[C] 個々の児童生徒の状況に応じた遠隔教育

C1：日本語指導が必要な児童生徒を支援す

る遠隔教育

C2：児童生徒の個々の理解状況に応じて支援する遠隔教育

C3：不登校の児童生徒を支援する遠隔教育

C4：病気療養中の児童生徒を支援する遠隔教育

[D] 家庭学習を支援する遠隔・オンライン学習

[E] 遠隔教員研修

本研究では、これらの分類のなかで、複数の教室を遠隔教育システムで接続し、同時に学べる人数を増やして合同で授業を行うことを通して、多様な意見や考え方に触れたり、学習活動の幅を広げたりして自分の考えを深めると同時に、学習意欲や相手意識を高め、社会性を培うための遠隔合同授業に焦点をあてる。

このような遠隔教育は、基本的に、図1に示されるICTの機器構成によって実施されている。遠隔教育の推進に関しては、文部科学省の「人口減少社会におけるICTの活用による教育の質の維持向上に係る実証事業⁽³⁾」、 「新時代の学びを支える先端技術活用推進方策（最終まとめ）」⁽⁴⁾ や「新時代の学びにおける先端技術導入実証研究事業（遠隔教育システムの効果的な活用に関する実証）」⁽⁷⁾ がその牽引役となってきている。平成27年度から3年間実施された「人口減少社会におけるICTの活用による教育の質の維持向上に係る実証事業」では、遠隔教育システム等のICTを活用した遠隔地間における児童生徒の学びの充実や、社会教育施設等と連携した遠隔講座の実施など学校教育や社会教育における教育の質向上を図るための実証研究実践が行われた^(5,6)。特に、「学校教育におけるICTを活用した実証事業」では、小規模校の教育上の課題を克服するために、地理的に離れた学

校・学級同士をICTで接続して協働学習などを継続的に実施し、指導方法やカリキュラムの開発および学習効果の検証が10地域で行われた^(5, 6)。本研究の一部として、本事業に参加された萩市教育委員会と連携・協働して遠隔合同授業を支援するICT環境の設計・開発に取り組んできた。また、「新時代の学びにおける先端技術導入実証研究事業⁽⁷⁾」では、遠隔教育システムを活用した多様な学習環境、専門性の高い授業や質の高い学習、遠隔会議の活用による業務の効率化の実現等を目指して、全国13の実証地域で遠隔教育システムの効果的な活用方法の検証や遠隔教育の効果測定が行われた。特に、ALTを活用した外国語指導や特別な配慮を必要とする児童生徒へのきめ細やかな指導の可能性について実証検証が行われた^(6, 7)。このような事業における授業・教育実践を通して、遠隔教育におけるICT機器の導入・利用のポイントが整理されている。そして、機器の配置、児童生徒の学習活動、教員の指導・援助、ICTの活用方法を接続形態とともに授業の流れとしてまとめられている。これらの授業の具体的展開がガイドブックとして紹介されることによって、全国で遠隔教育が実践されてきている。

しかしながら、現在の遠隔教育実践は遠隔教育に特化されていない既存のシステムや

ツールを活用して行われている。遠隔教育の学習活動や指導の特徴や遠隔教育を実施する教員の負荷等を考慮した機能を有したシステムやツールが提供されていない。このような状況の中で、岡本らは、中山間地域における小規模校間の遠隔合同授業を効果的かつ効率的に行うことを目的として、これらに関わる教員の授業研究支援の枠組みの提案とシステムの開発・評価を行っている。ここでは、ジェスチャ認識デバイスを用いた電子黒板に教員のシルエットを表示する機能の試作と動作検証⁽⁸⁾や、遠隔教室における俯瞰撮影を可能とするバルーン型ドローンによる撮影装置の設計と試作⁽⁹⁾、遠隔非同期レビューのための電子化学習指導案の作成とレビュー環境の試作⁽¹⁰⁾、さらにマルチアングルによる遠隔合同授業収録システムの試作⁽¹¹⁾などの研究が進められてきている。これらの研究は、遠隔教育を実施する教員が必要とする支援対象を吟味した上で、そのニーズに対する教員研修の支援機能を提供する部分に非常に意義があり、遠隔合同授業の教員研修の在り方を示すものである。

このように遠隔教育に関わる学習支援・授業支援ニーズを捉えたシステムやツールの研究開発が必須であるが、この分野における研究成果は途上である。本研究では、小規模校・少人数学級における遠隔合同授業を対象にして、学習者の学習活動と教員の教授活動の特徴やニーズを抽出して、それらを支援する遠隔合同授業支援環境をデザインする。

2.2 小規模校の利点と課題

日本の人口は減少局面に入り、さらに人口の地域的な偏在化は、学校教育においては児童生徒数の減少による学校の小規模化という形で影響を与えている^(1, 2)。このような小規模校や少人数学級における利点や課題は、以

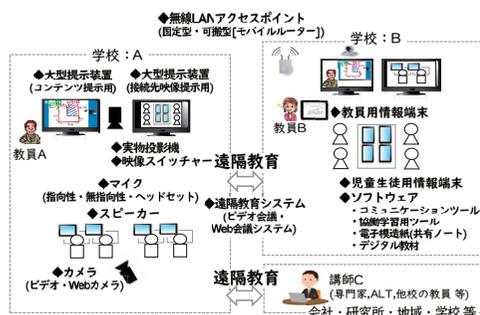


図1：遠隔教育を実施する際のICT機器構成
(文献 [5,6] を引用して修正)

下のように整理できる⁽³⁾。

【利点】

1. 一人一人にきめ細やかな指導が行いやすい
2. 児童生徒が意見・感想を発表する機会が多い
3. 学校設備、器具などの整備が容易である
4. 家庭・地域と比較的連携しやすい

【課題】

1. 多様な意見や考え方に触れる機会が少ない
 - ・意見や考え方の広がりや深まりが期待しにくい
 - ・他者の意見を解釈・比較・判断する機会が少ない
2. コミュニケーション力を育成する機会が少ない
 - ・自分の意見や考え方を伝える機会が少ない
 - ・大人数を相手に説明する機会が少ない
3. 社会性を養う機会が少ない
 - ・人間関係が固定化されてしまう
 - ・自己主張や他者を尊重する経験が積みにくい
 - ・主体的に話し合おうとする意識が低い
4. 学習活動の規模が小さい
 - ・教え合い・学び合いの協働的な学習が行いにくい
 - ・切磋琢磨する環境が作りにくい
 - ・いつも同じグループでの活動になってしまう
 - ・役割が固定化しがちである
 - ・話合いの結果や理科の実験結果などのデータが十分に集まらない
5. 進学先等他環境とのギャップに対応できない

このような小規模校・少人数学級のもつ問題の解決方法の1つとして、合同授業の実施があげられる。合同授業とは、定期・不定期に地域の小規模校同士、あるいは小規模校と大規模校等が1ヶ所に集まって授業を行う形態である。離島の児童生徒が定期的に街中の学校に集う例や、同じ中学校に進学することになる小学校間で行事の準備学習のために集う例などがあげられる。合同授業を実施するためには、以下のような準備が必要となる。

1. 複数校での日程調整
2. 学校間の学習進捗の調整
3. 複式学級での時間割調整
4. スクールバス等の移動手段の手配、経費捻出
5. 交通手段の少なさによる移動時間の確保

小規模校の教員数の少なさもあり、通常業務における負担が大きいなかで、合同授業の準備のための負荷は授業実施を困難にさせている要因になる。さらに、一般的に、学校は交通手段が潤沢でない場所に設置されていることから移動時間がかかり相手校に少ない時間しか滞在することできないことや、その代替として貸切バスやワゴンタクシーを活用すれば経費増につながるため、合同授業の回数が制限される原因となる。

このような状況において、ICTを活用した遠隔合同授業が期待され、合同授業を補う形での機会や、小規模校・少人数学級の課題でもある思考・判断・表現力の育成に有効な方法としての遠隔合同授業が実施されはじめている。さらに上述した小規模校・少人数学級の課題とも関係するが、グローバル化の進展や多様化する社会の中で生きていく力が求められている。旧来日本におけるコミュニケーションでは、場の状況や人間関係など文脈を汲み取った「あうん」の呼吸が望まれてき

た¹²⁾。しかし、アジア圏以外の多くの国は言語文化（低コンテキスト文化）とされ、自分の考え方や意見を的確に相手に言葉で説明することが重要となる¹²⁾。さらに、今後、国をまたいだチームでのオンライン会議も珍しくない時代になると考えれば、低品質な映像・音声でのやりとりをも想定しながら、様々な人々との対話場面において、言語だけでなく、図表やICTを上手く活用して丁寧かつ明確に対話するコミュニケーション力が必要となる。遠隔合同授業におけるグループ対話の実践はコミュニケーション力育成の機会にもなり得ることから、合同授業の補完以上のメリットが期待できる。これらの能力やそこに介在するスキルを児童生徒に身につけてもらうために、遠隔合同授業の構成とそこに内在する研究課題を整理しておくことが必要である。

2.3 遠隔合同授業の構成と必要な研究課題

合同授業では、小規模校では味わうことのできない人数の多い授業を展開することが期待できる。そこでは、役割の固定化を解消できる他者との関わりや、自身が合同授業のメンバーになっていることを実感させる必要がある。さらに、他者の多様な意見、考え方や解き方に触れる経験を経て、合同授業の良さを感じ取ることができる授業環境および学習支援が求められる。したがって、ICTを活用した遠隔合同授業では、これらの合同授業のよさを保障するために、クラス間や個々の児童生徒をつなぎ、教員がそこでのやりとりを見とることができる遠隔合同授業支援環境を整備することが重要になってくる。

この「クラス間」と「児童生徒間」のつながりを保障するために、遠隔合同授業では、図2に示すような2種類のつながりから構成される遠隔合同授業支援環境として設計する

ことが必要となる。一つ目は、物理的に離れている複数の教室を遠隔教育システム（テレビ会議システムやWeb会議システム）を活用して一つの教室にする「『学級』として」のつながりの保障である。二つ目は、物理的に離れている教室の児童生徒の協働学習・活動を実施するために、児童生徒用情報端末上に「個人作業・学習空間」「協働作業・学習空間」「他校の児童生徒とのビデオコミュニケーション空間」を整備してペア・グループ学習を進められる「『個』として」のつながりの保障である。

これまで述べてきた小規模校や合同授業の課題を踏まえて、遠隔合同授業において児童生徒に身につけてほしい力・スキルと態度をモデル化したのが図3である。遠隔合同授業を実施するための基盤として「遠隔ICT活用スキル」は必須である。そこでは、遠隔で他者と「つながる」際の特徴を理解した上で、活用するシステム・ツールのスキルを習得し、システム・ツールを学習目的に応じて特徴を踏まえながら自発的に活用できるレベルに到達することが目標となる。もう1つの基盤としてあげられるのが「遠隔合同授業へ参画する態度」である。この態度について、最初に目指すべきは「相手の考えが聴きたい」、「一緒に勉強したい」といった児童生徒の必要感から楽しく参画してつながって学び合うよさを感じるレベルである（Level1）。次に、遠隔でつながりあう特徴を理解して、話す内容や順番、簡潔さ、明瞭さ等を考えながら対話できるレベルを目指す（Level2）。最終的には、「分かってもらいたい」などの相手意識をもって児童生徒だけで主体的に交流して、よりよい学びを創ろうとするレベルを目標とする（Level3）。これらのスキルと態度を基に、「コミュニケーション力」、「学習内容を深めたり広げたりする力」や「知識構

造を創造・修正する力」を身につけるための学習活動を展開する。「コミュニケーション力」では、「伝える」活動には「工夫する」思考を付加して、「聴く」活動ではよりよい聴き手を目指して各活動を洗練していく。さらに、「対話する」活動では、決められた話型（Level1）から主体的な対話プランニング（Level2）ができるようになることを目指す。「学習内容を深めたり広げたりする力」と「知識構造を創造・修正する力」では、他者の考えや解き方等が分からない状態から聴くことによって分かった状態になる。さらに、自他の考えや解き方等に思考スキルを働かせて吟味することによって、根拠を持って学習内容や知識構造を再構成することができる。その結果として、自他の考えや解き方等に対して納得の状態ができ、これらの繰り返しによって上述した2つの力を身につけることができるとモデル化した。これらのモデル化した能力・スキルや態度を身につけていくための学習支援および授業支援に対して、以下のような研究課題をあげることができる。

- 遠隔合同授業を通して児童生徒に身に付けさせたい力と態度の整理、カリキュラム開発
- 個人作業・学習を円滑に進めるための作業環境と個人学習支援機能

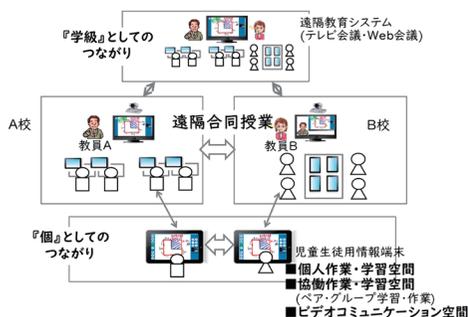


図2：遠隔合同授業に必要な2つのつながりと授業環境の構成

- 協働作業・学習を円滑に進めるための作業環境と協働学習支援機能
- 思考活動（比較する、評価する等）プロセスを踏まえた協働的な思考活動支援機能
- 遠隔合同授業における教員の過負荷を解消するためのシームレスな授業支援機能
- 遠隔合同授業支援環境の開発方式に対して、基本支援機能間で通信するプロトコルを規定することによって支援機能をプラグインできる技術標準化の設計・実装

このように、遠隔合同授業を対象にして、教育面、学習・授業環境面、学習支援・授業支援面、そして将来を見据えた教育システム開発の標準化の面と多岐にわたる研究課題が存在することが分かる。これらの研究課題のなかで、本研究では、学校のネットワーク環境の問題や、対面と遠隔の学習者を見とりながら遠隔合同授業を進める教員の負荷を踏まえて、ビデオコミュニケーション機能や遠隔合同授業をシームレスに支援する学習活動支援機能と授業支援機能を有した「つながる授業アプリ（遠隔合同授業支援環境）」を設計して開発することにした。

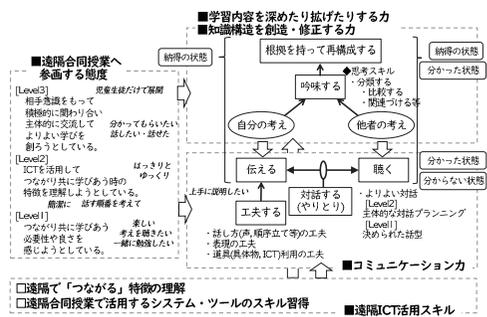


図3：遠隔合同授業において身につける力・スキルと態度

3. 遠隔合同授業に必要な環境

本章では、遠隔合同授業の学習場面から、ICTの活用方法を整理し、ICT機器や機能に必要な構成要素を明らかにする。そして、「個」としてのつながりを保障するため、「つながる授業アプリ」を新規開発する必要性について述べる。

3.1 ICTを活用した学習場面

学びのイノベーション事業実証研究報告書によると、ICTを活用した学習場面は、一斉学習、個別学習、協働学習の大きく3種類に分類され、それぞれICT活用のポイントが以下のように示されている⁽¹³⁾。

[A] 一斉学習

A1：教員による教材の提示

[B] 個別学習

B1：個に応じる学習

B2：調査活動

B3：思考を深める学習

B4：表現・制作

B5：家庭学習

[C] 協働学習

C1：発表や話し合い

C2：協働での意見整理

C3：協働制作

C4：学校の壁を越えた学習

一方で、ICTを活用した児童生徒主導の学習展開では、①個別学習により、試行錯誤しながら問題を解決する学習活動を行い、解決策や考えに迫っていき、②ペアやグループとの対話により、他者の考え方を比較・関連づけて練り上げていくことで、多様な考え方を獲得したり、自分の考え方の良さを認識したりしてその適用範囲を広げていく。この個々

の学習活動プロセスに適したICT活用が仕組みられ、展開されていくことになる⁽¹⁴⁾。これは、遠隔合同授業においても当てはまると考えられる。そこで、3つの学習場面（一斉学習、個別学習、協働学習）を、2.3節で提案した「学級」としてのつながり、「個」としてのつながりの2種類に分類して、図1のICT機器構成を踏まえた遠隔合同授業支援環境の構成にまとめていく。

3.1.1 一斉学習

遠隔合同授業における一斉学習は「学級」としてのつながりに分類できる。この学習場面を通して、教員が2つの学級全体に対して説明や発問を行ったり、児童生徒が全体に対して発表を行ったりして学級のつながりを保障する。ここではお互いの学級の状況を映像・音声を使ってリアルタイムかつ正確に共有し合える機能が必要となる。情報の共有が遅延したり、不明瞭な映像や音声が相手学級に伝わると、交流がちぐはぐになったり、正常に授業が進行しなくなったりする可能性がある。よって、高画質かつ大きな映像と高音質な音声を相手校に届けるための大型テレビディスプレイ、マイク、スピーカー、送受信システムなどが必要で、動作の安定性が高いものが望まれる。具体的に相手校に共有する映像としては、黒板・ホワイトボード、PCの画面、書画カメラ、発表時の児童生徒、児童生徒が記入したノートなどがあげられる。複数のカメラ映像を同時に相手校の教室に共有できる機能があれば、遠隔側ではPCの画面と発表者である児童生徒の両方を映し出すことができ、より一体感のある一斉学習が可能となると考えられる。

3.1.2 個別学習

遠隔合同授業における個別学習は「個」と

してのつながりに分類できる。この学習場面において、一斉学習で教員から提示された課題について、各児童生徒が一人学びを行い、考えや意見をまとめながら通常の自分のノートに相当する個人作業・学習空間（以下、個人ノート）に表現する。課題及び個人ノートはデジタル教材の一部であって、教員側に児童生徒の記入内容がリアルタイムで共有されることが必要である。紙の課題を用いた場合、相手校側にあらかじめメールやFAXで送り、相手校の教員が印刷するなど準備に時間と手間がかかる。さらに、遠隔側の教員は児童生徒の記入内容を把握することができず、児童生徒の見とりができない。そこで、教員側で共有された個人ノートを一覧表示することで、教員の見とり支援が期待できる。また、例えば、高橋らはデジタルペン黒板システムによって一斉授業内での他者との思考の相互観察活動を促す授業が、児童の論理的な読み書き能力の伸長を促進することを示している⁽¹⁵⁾。遠隔合同授業においても、大型テレビディスプレイに児童生徒の個人ノートを一覧表示して、児童生徒が他者の意見や考えを相互に観察することを促す授業を実施することで、児童生徒の意見や考えを再構築し、個人ノートの記述内容をより論理的に説明できる内容に修正し、発表に役立てることが期待できる。

この学習場面における個人ノートの機能としては、後の学習場面で自分の意見や考え方を発表することを想定し、表現を工夫するための道具が複数用意されていることが望まれる。例えば、ペンの種類、色、太さが変更でき、直線、四角、丸など基本の図形を描け、画像を貼り付けることができる機能等である。

3.1.3 協働学習

遠隔合同授業における協働学習は「個」としてのつながりに分類できる。この学習場面において、教員が児童生徒同士のペア・グループを作成し、個別学習で各児童生徒が記入した個人ノートをペア・グループで意見交換しながら共有できるノートに相当する協働作業・学習空間（以下、協働ノート）に貼り付けるなどして提示する。そして、ペア・グループのビデオチャットでお互いの顔を見たり、協働ノートを見ながら、お互いの考えを発表したり、意見交換を行って自分の考えを深めたり、ペア・グループの考えとしてまとめたりする。ここでは対話に集中できるよう、ペア・グループ以外の音声が入らないことが望ましい。協働学習の結果得られた意見や考え方を、再び一斉学習に戻って個別に発表することも考えられる。

協働ノートには、対話しながら気づいた点を記入したり、特に強調したい箇所に線を引いたりなど、協働ノートの記述内容がリアルタイムにペア・グループで共有できることが必要である。また、個人ノート同様に、協働ノートも教員の見とりの対象となることから、教員側で協働ノートが共有される支援機能が必要となる。

3.2 「学級」としてのつながりの構成

一斉学習の場面は、「学級」としてのつながりに相当する。その実現に必要なICT機器と機能要件を以下にあげる。

[1] 構成機器

1. 遠隔側の学級の映像を表示する大型のテレビディスプレイ（1台以上で、相手校が同時に送る映像の数と同じ台数）。なお、コンテンツ提示専用のディスプレイが配置され、2台運用されると授業展開が容易。

2. 遠隔側の学級の音声を再生するスピーカー。
3. 学級全体の音声を集音できるマイク。
4. 学級全体の映像を撮ることができるビデオカメラ。
5. 複数の映像・音声を切り替えたり、(可能であれば)複数の映像を合成して遠隔側に送ったり、遠隔側の複数の映像・音声を受信して、切り替えたり分岐したりしてテレビディスプレイやスピーカーに出力できる処理装置(映像音声処理装置)。

[2] 機能要件

1. 遠隔側の学級を電話のように呼び出し、「学級」としてのつながりを開始できること。
2. 学級全体の映像・音声を遠隔側の学級に共有できること。
3. 黒板・ホワイトボードの映像を遠隔側の学級に共有できること。
4. 複数のビデオカメラ、PC画面、「個」としてのつながりの画面、書画カメラなど複数の映像を切り替えて遠隔側の学級に共有できること。
5. ビデオカメラの画角調整(ズーム)や位置調整(パン)など、共有したい映像を最適化するための調整ができること。
6. 受信した映像が複数ある場合、映像を選択したり、並列に並べて同時に表示したりするなど画面表示を切り替えられること。
7. 必要な場合には、音声や映像を停止したり、再開したりできること。

[3] 利用可能なシステム

「学級」としてのつながりを保障するシス

テムには、遠隔教育システム(テレビ会議システム、Web会議システム)が活用可能であり、数多くの製品やシステムが存在する。一般的な遠隔教育システムで活用されるテレビ会議システムとWeb会議システムの特徴の比較を表1にまとめる。前述の機能を全て実現可能なのは、テレビ会議システムであるが、一部の機能がなくてもよい環境や、導入にかかる費用を抑える必要がある場合は、Web会議システムでも可能である。

3.3 「個」としてのつながりの構成

個別学習、協働学習の場面で、「個」としてのつながりに相当する。必要なICT機器と機能要件を以下にあげる。

[1] 構成機器

1. Wi-Fi接続、ペン入力、カメラ機能を備えたタブレット端末
2. ヘッドセット型のマイク・ヘッドフォン

[2] 機能要件

a) 教員側の機能要件

1. 1つの授業をシステム(アプリ)の1クラスとして作成し、授業に参加する児童生徒を指定できること。
2. 課題や回答用紙をデジタル教材として作成できること。
3. 課題や回答用紙を児童生徒側のタブレット端末に共有できること。
4. ペア・グループを作って、児童生徒を指定したペア・グループに参加させたり、別のペア・グループに変更させたりできること。
5. 全児童生徒の個人ノートを一覧表示したり、指定した一人の児童生徒の個人ノートを拡大表示したりできること。

表1：遠隔教育システムの比較

	テレビ会議システム	Web会議システム
機器	専用機器	PC、タブレット端末
操作	専用リモコン	画面に表示される操作パネル
通信の安定性	高	低～中
映像・音声品質	高	低～中
複数カメラの切り替え	可能	可能
複数映像の同時配信	可能	可能
多人数接続	可能	可能
映像ソース	カメラ、PC画面、書画カメラなど	本体付属カメラ、外部接続カメラ
画角・位置調整	可能	不可能
導入費用	比較的高価	無料～安価

表2：活用可能な主な協働学習支援システム

システム名	提供元
Eトーカー GL50 for School	株式会社トーカーシステム
SKYMENU Pro	Sky株式会社
xSync Prime	テクノホライズン株式会社
スタディノート	シャープマーケティングジャパン株式会社
School Takt	株式会社コードタクト
ミライシード	株式会社ベネッセコーポレーション
テックキャンバス	NTTラーニングシステムズ株式会社
ロイロノート・スクール	株式会社LoiLo
MetaMoji Classroom	株式会社MetaMoji
コラボノート for School	株式会社ジェイアール四国コミュニケーションウェア

6. ペア・グループの協働ノートを一覧表示したり、指定したペア・グループの協働ノートを拡大表示したりできること。

b) 児童生徒側の機能要件

1. システムのクラス（授業）に参加できること。
2. 課題を見ることができること。
3. 回答用紙を個人ノートとして、タブレット端末付属のペンを使って記入できること。
4. 個人ノートを協働ノートに貼り付けできること。
5. 同一のペア・グループの児童生徒と協働ノートを共有できること。
6. 協働ノートには、ペンを使って追記でき、リアルタイムに共有できること。
7. 同一のペア・グループの児童生徒と、タブレット端末に付属するカメラ、ヘッドセットを使ってビデオチャットによる対話ができること。

c) 共通の機能要件

1. 課題や回答用紙の修正がリアルタイムに共有できること。
2. 課題や回答用紙はタブレット端末に付属のペンを使って手書き入力、図形入力、画像差し込みができること。
3. 手書き入力、図形入力では、ペンの種類、色、太さを変えられること。

[3] 利用可能なシステム

「個」としてのつながりを保障するシステムとして、協働学習支援システムを利用する方法がある。代表的なシステムを表2にまとめた。例えば、高知県教育委員会、長野県喬木村教育委員会では、「xSync Prime」を導入して、遠隔合同授業の実践が行われている⁽¹⁶⁾。

これらのシステムはおおよそ前述の「個」としてのつながりを保障する機能が含まれているだけでなく、多様な機能を含んでいる。ここで、3.1.3節で説明した協働学習の場面において、児童生徒のペア・グループでビデオチャットコミュニケーションによる交流

を行う授業展開を想定すると、これらシステムには「同一のペア・グループの児童生徒とビデオチャットによる対話ができる」機能が存在しないことが課題となる。解決方法の1つは、Web会議システムを併用し、ペア・グループのビデオチャット機能の代替とさせることである。例えば、Zoomには「ブレイクアウトルーム」機能があり、教員がペア・グループを作成して児童生徒を割り当て、ペア・グループでビデオチャットを行うことができる。

3.4 「つながる授業アプリ」開発の必要性

利用可能なシステムを用いて遠隔合同授業を行う場合、遠隔教育システムと協働学習支援システムの2つのシステムを行き来しながら授業を行う必要がある。この場合、想定される懸念点は3点ある。

1. 2つのシステムを、必要に応じて切り替えながら操作する必要がある。
2. 協働学習支援システムで作成したペア・グループを、Web会議システムでも作成する必要がある。
3. 用意されている機能が豊富で、遠隔合同授業には必要ではない機能も含まれていることもあり、使用する機能の選択や組み合わせには吟味が必要である。

教員、児童生徒ともにICT活用能力が既に高い段階であれば、2つのシステムの利用でも問題ないと考えられるが、そうでない場合、ICT機器の操作を習得しながら遠隔合同授業を行うことに慣れていく段階が必要であると考える。小規模校には、人員にも制限があり、ICT支援員などICTに慣れている人員が不足している場合、教員自らがICTに慣れ、児童生徒に教えていく必要がある。このような状況では、システムは必要最低限の機能が

つ簡単な操作で利用できる単一のシステムの方が望ましい。そして、遠隔合同授業の「慣れ」に従って、教員・児童生徒に寄り添いながら、より深い学習を支援できるシステムの拡張性も考慮する必要がある。従って、「個」としてのつながり全体の機能を網羅するツール（本研究で開発するシステムは「つながる授業アプリ」）を開発することが必要であると考えられる。

4. 「つながる授業アプリ」の開発

4.1 「つながる授業アプリ」の機能

本研究では、遠隔教育システムと協働学習支援システムを併せもつシステムである「つながる授業アプリ」を設計・実装する。「つながる授業アプリ」の基本機能は以下の通りである。3章で説明した個人ノートは、「つながる授業アプリ」では「マイノート」と表現し、同様に協働ノートは「シェアノート」と表現している。

[A] 教員用機能

1. 授業（クラス）作成機能
2. 課題・回答作成機能
3. ペア・グループ作成・変更機能
4. 「マイノート」一覧表示・拡大表示機能
5. 「シェアノート」一覧表示・拡大表示機能

[B] 児童生徒用機能

1. 課題表示機能
2. 「マイノート」作成機能
3. 「マイノート」から「シェアノート」へのコピー機能
4. 「シェアノート」表示・追記機能
5. ペア・グループビデオチャットコミュニ

ニケーション機能

[C] 共通機能

1. ログイン機能
2. ペンの種類、色、太さの変更機能
3. 課題、「マイノート」、「シェアノート」の印刷機能

4.2 「つながる授業アプリ」の開発手法

「つながる授業アプリ」の開発では、「アジャイル型」開発手法を用いている。従来のソフトウェア開発手法として代表的な「ウォーターフォール型」開発では、最初に仕様が明確に完成していることを想定しているため、迅速に新たな要求仕様に伴って機能を変えていくことが困難であり、その課題を克服する新しい開発手法が求められていた。「アジャイル型」開発手法は、2001年に「アジャイルソフトウェア開発宣言」⁽¹⁷⁾として公開された。その中で特に開発時の行動指針となる12の「アジャイル宣言の背後にある原則」が定義され、活用されてきている（図4参照）。

日本においても「アジャイル型」開発手法が行われている。「アジャイル型」開発手法を導入したプロジェクトでは、「ステークホルダーの満足度が比較的高い傾向にある」、「市場新規性が高い、また系統的に複雑度が高く手戻り可能性の高いプロジェクトで使用されている」、「手戻りの可能性の高いプロジェクトでありながら、品質を担保できる可能性がある」⁽¹⁹⁾とされ、有用性が評価されてきている。

「つながる授業アプリ」開発においても、授業実践を通してフィードバックされた情報をもとに、繰り返し機能を追加変更し、品質の向上に努めている。例として、図5に児童生徒用画面の変遷をあげる。「授業実践初期」の画面から、「改善1」では「印刷」「消しゴ

ム」、「1つ前に戻す」、「やり直し」機能を追加し、逆に描画色指定については、スライダー式スイッチによる細かな設定から8色に制限され、太さも同様に4種類に制限している。「改善2」では、「台紙画像選択」、「自分のカメラ映像表示」、「カメラ切り替え」機能が追加され、「シェアノート」、「印刷」アイコンをより判別しやすいものに変更し、「ビデオチャット」、「印刷」アイコンの位置をより適切な位置に変更している。

4.3 「つながる授業アプリ」の構成

「つながる授業アプリ」の基本構成を図6に示す。「授業」「課題・回答ノート」「ペア・グループ」「マイノート」「シェアノート」「ビデオチャット」を「つながる授業アプリ」で表現するためには、画面上に表示するためのデータや、プログラム内部で使用するメタデータが必要である。これらデータは、「つながる授業アプリ」を構成する各機能と相互にやり取りされ、タブレット端末上に文字、映像、音声として出力される。具体的には、「授業」には授業名称、授業の参加者名簿、授業開始時間、授業終了時間が含まれ、「ペア・グループ」には参加者がどのグループに属するかを表現するためのグループ番号があり、参加者と紐付けられ、「課題・回答ノート」「マイノート」「シェアノート」には、デジタルペンの記入時のストローク座標情報や、記入時間、ペンの種類、太さなどが含まれる。図6では、教員や児童生徒から「つながる授業」アプリに向けて発信されるデータの流れを実線矢印で示し、逆に「つながるアプリ」から教員や児童生徒に向けて発信されるデータ（受信者にとってみれば、他者のデータ）の流れを波線矢印で示しており、「つながる授業アプリ」が扱うデータには双方向性が高いことがわかる。

複数のタブレット端末がそれぞれのデータを保存・取得するためには、主に定型化されたテキスト情報を管理するための「データベース」や、映像や音声などメディアファイル（バイナリファイル）や、テキストファイルを管理する「ファイルストレージ」、ビデオチャットで使用する映像・音声データを、複数タブレット端末間で相互にリアルタイムでやり取りする「ビデオチャットミドルウェア」が必要となる。これらは「基盤ソフトウェア」と呼ばれ、高度なアプリケーションを構築するための基盤となるソフトウェアである。

旧来「基盤ソフトウェア」は、アプリケーションと同一のコンピュータにインストール

されるか、同一ネットワーク内のコンピュータにインストールされて動作していた。この方式によるコンピュータ構成をオンプレミスと呼ぶ。近年では高速なインターネット接続環境と仮想化コンピュータ技術の発展に伴い、インターネットなどのネットワークを介してコンピュータをサービスとして提供するクラウドコンピューティングが広がってきている。例えば、Amazon Web Service, Google Cloud Platform, Microsoft Azureがあげられる。クラウドコンピューティングによって、コンピュータを「モノ」から「コト」に変えることができる。クラウドコンピューティングでは、オンプレミスと同様にアプリケーションや「基盤ソフトウェア」をインストー

原則1 顧客の満足を求め続ける	原則7 進歩も品質も現物で
原則2 要求の本質を見抜き、変更を前向きに	原則9 一定のベースでプロジェクトにリズムを
原則3 成果物を2-3週間て、リリースし続ける	原則9 よい技術、よい設計、よい品質の追求
原則4 全員で共通の目標に向かおう	原則10 ムダ=価値を生まない、を探してやめる
原則5 人の意欲は信頼から	原則11 よいモノはチームから
原則6 コミュニケーションは直接対話で	原則12 自分たちのやり方を毎週、調整する

図4：「アジャイル宣言の背後にある原則」の一覧 ※IPA資料より抜粋⁽¹⁸⁾

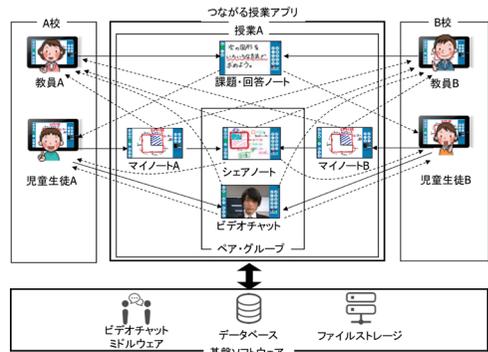


図6：「つながる授業アプリ」の構成

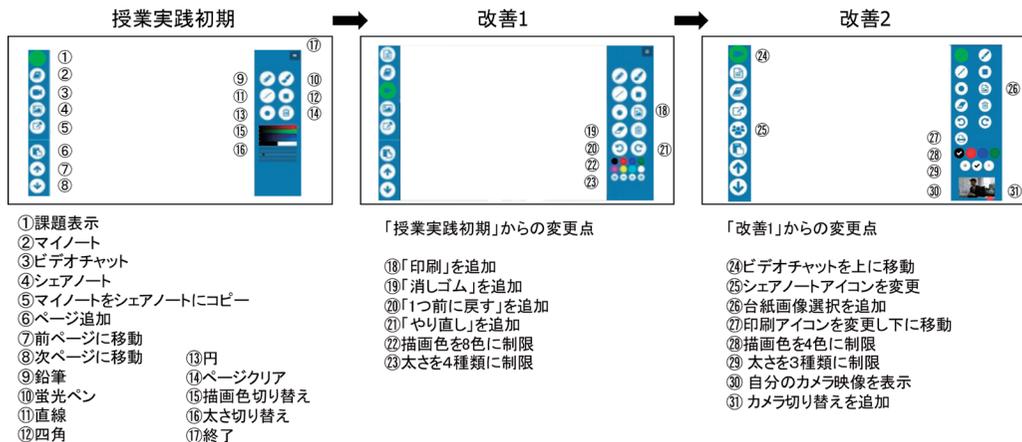


図5：児童生徒用画面の変遷

ルして利用することが可能である。さらに、最近では、「基盤ソフトウェア」自体を借りて利用できる環境として、サーバレスコンピューティングが提供されてきている。もはや「基盤ソフトウェア」をインストールする手間がなく、運用時のコンピュータの管理もなくすることができる。例えば、「データベース」では、Amazon DynamoDB, Amazon DocumentDB, Google Firebase Realtime Database, Google Firebase Firestore Database, Microsoft Azure Cosmos DBなどがあげられ、その他数多くの「基盤ソフトウェア」が提供されている。クラウドコンピューティングやサーバレスコンピューティング上のコンピュータが故障した場合、自動的に別のコンピュータに切り替えて動作を継続させることができるため、高可用性が期待できる。一般的に、クラウドコンピューティングやサーバレスコンピューティングをまとめてクラウドと呼ぶ。

クラウドの利点が注目され、オンプレミスからクラウドへの移行が進んできている。しかし、コンピュータにネットワークを介して接続する必要があるため、そもそもインターネットに接続できない環境や、セキュリティの問題からクラウド上に個人情報を保存できないなどの課題に対してはオンプレミスが有用であり、オンプレミスとクラウドを組み合わせたシステム構成も数多く存在する。

「つながる授業アプリ」にはオンプレミス、クラウドのいずれにもアプリケーションをインストールすることができるよう、「Webアプリケーション」になっている。また、「つながる授業アプリ」には「基盤ソフトウェア」の選択機構があり、オンプレミス、クラウドを横断して「基盤ソフトウェア」を組み合わせることができる。従って、「つながる授業アプリ」を利用する学校の動作環境やセキュ

リティ制限事項に合わせて「つながる授業アプリ」の構成を作ることができ、また技術進化の早い「基盤ソフトウェア」にも対応することが可能となる。

4.3.1 「Webアプリケーション」

「つながる授業アプリ」は、教員・児童生徒が利用するタブレット端末に含まれるWebブラウザで動作する「Webアプリケーション」として提供している。「Webアプリケーション」は、通常のアプリケーションと違い、「基盤ソフトウェア」の1つである「ファイルストレージ」を介して提供され、Webブラウザから「URL」と呼ばれるWebアプリケーションを示すアドレスを指定するだけで実行できるため、タブレット端末にアプリケーションをインストールする必要がなく手軽で、かつアプリケーションの継続的な更新を実現できる。また、「つながる授業アプリ」はMicrosoft Windows, Apple MacOS・iOS・iPadOS, Google Android・ChromeOS,各種LinuxOSなど複数のOSで動作するため、動作端末の選択肢が多い。

「Webアプリケーション」のプログラムソースコードはJavaScriptと呼ばれるスクリプト言語で記述されている。JavaScriptプログラムは基本的に、記述したプログラムソースコードがそのままテキストファイルとしてWebブラウザに送られて実行される。従って、WebブラウザからJavaScriptプログラムを閲覧できるので、Webブラウザに含まれる「デバッガ」と呼ばれるプログラム内部の実行状況を表示し、簡易的にプログラムを修正し、テスト実行できる機能によって、不具合の迅速な修正や画面変更時の試作などを可能とする。

しかし、Webブラウザ自体の機能追加・変更によって、作成したWebアプリケーショ

ンが動作しなくなることもある。継続的に新しいWebブラウザに対応していくことが必要ではあるが、「デバッガ」機能を使うことで素早く障害内容を把握し、プログラムを修正することが可能となり、障害対処にかかる時間を短縮することができる。また、プログラム修正後においても、タブレットに再インストールする手間がなく、Webブラウザで再度URLを指定するだけで最新のプログラムに更新されるため、通常のインストール型アプリケーションよりも修正作業全体の手間を少なくすることができる。

4.3.2 「基盤ソフトウェア」の選択機構

「つながる授業アプリ」では、「基盤ソフトウェア」を選択できる機構を持っている（図7参照）。この機構により、①全ての基盤ソフトウェアを内包して、学校（もしくは学校関連施設）内に全ての「基盤ソフトウェア」を設置し、外部からは「つながる授業アプリ」に接続できないようにして、最もセキュリティの高い構成を作ること（オンプレミス）、②一部の基盤ソフトウェアを内包し、クラウドの利点を一部取り入れる構成を作ること（オンプレミス、クラウドの組み合わせ）、③全ての「基盤ソフトウェア」を内包せず、教員・児童生徒がインターネットからアクセスできる開かれた構成（クラウド）のいずれも作ることができる。またこの機構により、新しいICT技術を取り入れた「基盤ソ

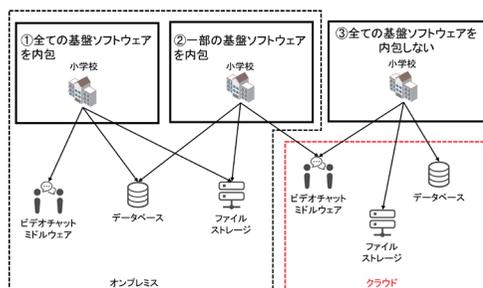


図7：「つながる授業アプリ」の構成パターン

フトウェア」への対応も可能になっている。

具体的には「つながる授業アプリ」では、「データベース」、「ファイルストレージ」、「ビデオチャットミドルウェア」の3つの「基盤ソフトウェア」について、学校環境に対応するためにオンプレミスを使ったり、学校外部からの接続や、高速応答性を追求するためにクラウドを使ったりと、それぞれ「基盤ソフトウェア」を選択しながらテストを繰り返し、実際の実行環境を作成、変更してきており、今後新たな基盤ソフトウェアやサーバーレスコンピューティングが現れたときにも、柔軟に対応できると考えている。以下に、過去に実際に構築した「基盤ソフトウェア」の組み合わせ例をあげる。

[A] 学校内からのアクセスだけに制限し、ネットワーク帯域が少ない学校環境での構成

データベース：MongoDB + ShareDB(オンプレミス)

ファイルストレージ：ローカルファイルストレージ (オンプレミス)

ビデオチャットミドルウェア：Licode(オンプレミス)

※運用途中でビデオチャット時の映像・音声の高品質化を求めてLicodeからMediaSoup(オンプレミス)に移行した

[B] 学校内からのアクセスだけに制限し、ビデオチャット時の映像・音声のみ高可用性のためにクラウドに移行した構成

データベース：MongoDB + ShareDB(オンプレミス)

ファイルストレージ：ローカルファイルストレージ (オンプレミス)

ビデオチャットミドルウェア：Amazon Chime(クラウド)

[C] インターネットが接続されている環境からアクセスでき、全ての「基盤ソフトウェア」をクラウドに移行した構成

データベース：Google Firebase Realtime Database(クラウド)

ファイルストレージ：Google Firebase Cloud Storage(クラウド)

ビデオチャットミドルウェア：Amazon Chime(クラウド)

4.3.3 ネットワーク環境の問題についての対策

「つながる授業アプリ」を実施する環境では、教員や児童生徒が使用するタブレット端末は携帯利便性のためにWi-Fiを用いてネットワークに接続されている。したがって、Wi-Fi接続用アクセスポイントのスループット性能や、インターネット回線の帯域に依存することになる。このようなネットワーク環境問題の対策として、1点目はビデオチャット時の映像・音声データの削減を行っている。映像・音声データをビデオチャットミドルウェアで1つに束ねる方法（MCU方式）を用いて、例えばグループに4人の児童生徒がビデオチャットをする場合でも、各タブレット端末には1つの映像・音声データにまとめて配信して、データ通信量を削減している。

2つ目は、課題ノート、マイノート、シェアノートなどのノートデータや、授業に必要なメタデータの通信量の削減である。基本的には差分データのみを送信して各タブレット端末に配信している。しかし単純な差分データのみを配信すると、競合し合うデータの更新の場合には、受信タイミングによって順不同になることがあり、データの整合性が取れなくなる。このような場合、一般的にはデータベースで採用されるトランザクション機構を用いて更新データの1つだけを採用し、他

のデータは却下して対処する。しかしこの方式では、送信したデータが却下された場合は、最新のデータを受信しなおし、さらに更新データを作成して再送することになるため、データ通信量が増える。そこで「つながる授業アプリ」では、操作変換と呼ばれる手法を用いて、順不同でデータが到着してもデータ整合性を保つようにし、データの再送を防ぐことで通信量の削減と、操作性の向上を実現している。

5. A市における授業実践と評価

平成27年度から3年間にわたるA市での実証事業では、4章で説明した「つながる授業アプリ」を含む遠隔合同授業支援環境が活用された。そのシステム構成を図8に示す。実証事業対象校であるB、C小学校には「学級」としてのつながりとして、テレビ会議システムを導入し、「個」としてのつながりとして、「つながる授業アプリ」をA市教育委員会内のサーバールームに設置した。これは前章で述べた「基盤ソフトウェア」全てを内包している構成となる。そして、教員・児童生徒側端末にはWindowsタブレットが導入されている。実証研究を通して、遠隔合同授業研究チームの中原は、ICTを活用した効果的な授業を「一人学び」「ペア学習」「全体学習」「ま

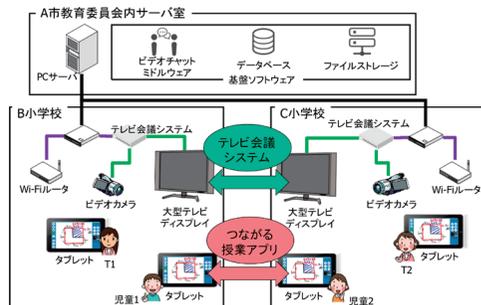


図8：A市のシステム構成 (A市資料より引用して修正)

とめ・振り返り」「その他の場面」に分類してまとめている⁽²⁰⁾。

実証事業が終了した平成30年度では、遠隔合同授業の実施校としてD小学校を追加し、継続して遠隔合同授業の取り組みが行われた。

5.1 平成27年度授業実践のアンケート調査

遠隔合同授業の実践を約20回行ったB校、C校の第4学年の児童15名と、教員（6名）にアンケート調査をそれぞれ実施した。児童向けアンケート調査は、テレビ会議システムの有用性に関する質問（5段階評価：2問、自由記入方式：2問）、つながる授業アプリの操作性、有用性に関する質問（5段階評価：7問）、遠隔合同授業の有用性に関する質問（5段階評価：6問、自由記入方式：1問）の合計18問である。教員向けのアンケート調査はインタビュー方式で、児童にとっての遠隔合同授業の有用性に関する質問（6問）、テレビ会議システムの有用性に関する質問（2問）、つながる授業アプリの有用性に関する質問（5問）、教員にとっての遠隔合同授業の有用性に関する質問（2問）、遠隔合同授業支援システム全体に対する改善要望（1問）、長期的な遠隔合同授業の実施に関する質問（1問）の、合計17問を準備した。

なお、本稿におけるアンケート調査の児童用の質問項目については、分かりやすい質問文をつくることを第一に考えている。したがって、質問がイエス・テンデンスを生じたり、誘導質問になっていたりする可能性もあるが、回答が偏る可能性がある場合には、反対側の回答から「つながる授業アプリ」の課題や遠隔合同授業の改善点を見いだすことも行っている。

5.1.1 児童向けアンケート調査の結果と考察

ICT機器を活用した遠隔合同授業についての質問（表3：質問1，質問12，質問17，質問18）の回答から、遠隔合同授業そのものは全員が楽しく、やってみてよかったと回答し、普段の授業と同等以上の分かりやすさがあり、全員が次の学年になっても遠隔合同授業をやってみたいと回答している。しかし、みんなの前での発表や話したいことについての質問（表3：質問2，質問14，質問15）の回答からは、発表することや話したいことを伝えることに積極的な児童が多いが、発表や話したいことを伝えることに消極的な児童も見られる。成功体験と自己効力感⁽²¹⁾、そして自己効力感と学習意欲の関連⁽²²⁾の先行研究を踏まえれば、遠隔合同授業における発表したり他者に伝えたりする成功体験を増やすことが、発表することや話したいことを伝えることへの意欲を高めることにつながる可能性がある。さらに、教員から児童生徒への「ほめ」言葉によって、児童生徒の学習意欲を高められる場合がある⁽²³⁾。複数のグループで同時に行われるグループ対話内容を、教員が見とることは難しいため、児童生徒への声かけや指導が少なく、対話に対して消極的であることが考えられる。そこで、グループ学習場面の対話状況を、「つながる授業アプリ」がリアルタイムで監視し、教員に通知できれば、教員がその状況を見とって児童生徒に声かけや指導することで、児童生徒の遠隔合同授業に対する意欲を向上させることができる可能性がある。

テレビ会議システムを通じた一斉学習の場面についての質問（表4：質問3，質問4）の回答からは、テレビ会議システムの特徴を理解したうえで発表したり、他者の意見を聞くようにしたりする姿勢が見られている。このことは、教員が遠隔合同授業やその他通常の

表3：平成27年度児童向け5段階評価による質問項目と回答

質問内容	5	4	3	2	1	平均	標準偏差
質問1:テレビ会議システムを使って相手校の友だちといっしょに授業をすることは「楽しい」ですか？ (5.楽しい, 4.すこし楽しい, 3.わからない, 2.あまり楽しくない, 1.楽しくない)	13	2	0	0	0	4.87	0.34
質問2:テレビ会議システムを使って授業をするとき、みんなの前で発表するのは、普段の授業で発表する時よりも「ドキドキ」しますか？ (5.ドキドキする, 4.すこしドキドキする, 3.わからない, 2.あまりドキドキしない, 1.ドキドキしない)	5	6	3	1	0	4.00	0.89
質問5:タブレットを使うのはカンタンでしたか？ (5.カンタンだった, 4.すこしカンタンだった, 3.わからない, 2.すこしムズカシかった, 1.ムズカシかった)	8	3	2	2	0	4.13	1.09
質問6:タブレットをつかっているとき、相手の話が聞こえましたか？ (5.よく聞こえた, 4.やや聞こえた, 3.わからない, 2.あまり聞こえなかった, 1.聞こえなかった)	9	4	0	2	0	4.33	1.01
質問7:タブレットを使って相手と話するとき、おたがいの話や説明が続きませんか？ (5.よく続いた, 4.すこし続いた, 3.わからない, 2.あまり続かなかった, 1.続かなかった)	10	5	0	0	0	4.67	0.47
質問8:タブレットの「マイノート」に自分の考えを文字や絵・図で書くことができましたか？ (5.よく書けた, 4.すこし書けた, 3.わからない, 2.あまり書けなかった, 1.書けなかった)	13	2	0	0	0	4.87	0.34
質問9:タブレットを使って〇〇小学校の友だちといっしょに考えたり、考え方やとき方を説明しあうことは「楽しい」ですか？ (5.楽しい, 4.すこし楽しい, 3.わからない, 2.あまり楽しくない, 1.楽しくない)	12	3	0	0	0	4.80	0.40
質問10:タブレットは、友だちといっしょに考えたり、考え方や解き方を説明しあうことを助けてくれる道具になりますか？ (5.なると思う, 4.すこしなると思う, 3.わからない, 2.あまりならないと思う, 1.ならないと思う)	11	2	1	0	0	4.71	0.59
質問11:タブレットを使って〇〇小学校の友だちといっしょに考えたり、考え方やとき方を説明しあうことで、授業の内容がわかるようになると思いますか？ (5.思う, 4.すこし思う, 3.わからない, 2.あまり思わない, 1.思わない)	12	3	0	0	0	4.80	0.40
質問12:テレビ会議システムやタブレットを使って〇〇小学校の友だちと一緒に授業をして、「よかったなあ〜」と思いますか？ (5.良かったと思う, 4.少し良かったと思う, 3.わからない, 2.あまり良かったと思わない, 1.良かったと思わない)	12	3	0	0	0	4.80	0.40
質問14:普段の授業で、自分の答えや考えを友だちに話したいと思うことはありますか？ (5.よくある, 4.ある, 3.少しある, 2.あまりない, 1.ない)	9	4	1	0	1	4.33	1.07
質問15:テレビ会議システムやタブレットを使った授業で、自分の答えや考えを〇〇小学校の友達に話したいと思うことはありますか？ (5.よくある, 4.ある, 3.少しある, 2.あまりない, 1.ない)	7	5	2	0	1	4.13	1.09
質問16:〇〇小学校の友達や考えが、あなたが答えを出したり、考えたりするときに助けてくれますか？ (5.助けてくれる, 4.少し助けてくれる, 3.わからない, 2.あまり助けてくれない, 1.助けてくれない)	11	2	2	0	0	4.60	0.71
質問17:テレビ会議システムやタブレットを使った授業は、ふだんの授業とくらべると授業の内容がよく分かるようになりますか？ (5.よく分かる, 4.少し分かる, 3.同じくらい, 2.ふだんの授業の方が少し分かる, 1.普段の授業の方が分かる)	9	2	4	0	0	4.33	0.87
質問18:5年生になってもテレビ会議システムやタブレットを使った授業をやりたいと思いますか？ (5.思う, 4.すこし思う, 3.わからない, 2.あまり思わない, 1.思わない)	11	4	0	0	0	4.73	0.44

表4：平成27年度児童向け自由記入方式による質問項目と回答

質問内容と自由記入方式の回答	
質問3:テレビ会議システムで「自分が話すときに」気をつけていることを1つおしえて下さい。 みんなに聞きやすい声でいうこと 「きいてください」ということ はっきり言うこと ゆっくり分かりやすいように	しずかにできるだけしています けいごではなせるか みんなの方を向いて話すこと
質問4:テレビ会議システムで「相手の話を聞くときに」気をつけていることを1つおしえて下さい。 少しの声でも入ってしまうのでしずかにしています きこえにくいから1回できくようにしている	相手の方を向く しっかり聞くことです
質問13:〇〇小学校(相手校)の友だちといっしょに勉強をして「よかったなあ〜」と思うことを1つおしえて下さい。 自分のわからないいけんをいって来てよく分かる たくさん自分が考えていない意見が出たこと 楽しく覚えられるのでそが「よかったなあ〜」と思いました 話していることがよくわかる 〇〇(自校)がこたえられなかったときに▲▲(相手校)がこたえてくれたこと	考えが分かった いけんがあうこと 交流学習以外でも触れ合えたこと むずかしい時におしえてくれた

授業のなかでも、教員が丁寧にICT機器や、「つながる授業アプリ」の使い方を教えていたことも含めて、児童生徒の遠隔合同授業に参画する態度や遠隔ICT活用力（図3参照）を意識して指導・支援を行ってきた成果ではないかと考えられる。

「つながる授業アプリ」の操作性に関する質問（表3：質問5、質問6、質問8）につい

ては、一部を除いて高い評価を得ている。低評価の児童については、タブレット端末における音声の調子が悪く聞き取りが難しい状況があったことが起因しているのではないかとと思われる。遠隔合同授業におけるペア・グループ活動と「つながる授業アプリ」の有効性についての質問（表3：質問9、質問10、質問11）の回答についても、高い評価を得て

表5：平成27年度教員向けインタビュー方式による質問項目と回答

質問内容とインタビュー回答	
質問3:遠隔合同授業を行って、学級全体の変容や効果はあったと感じますか？また、どのような変容や効果があったと感じますか？(良い変容だけでなく、悪い変容もあれば教えてください)	多様な意見を聞くことができた 人の話をよく聞くようになった
人間関係が広がった 学習意欲が向上した	
質問4:遠隔合同授業を行って、子どもたちの中で変容した子どもはいましたか？また、それはどのような変容でしたか？(良い変容だけでなく、悪い変容もあれば教えてください)	
やる気のなかった児童が、回数を重ねるごとに積極的にになった ペア学習の際により意見を言うようになった	不具合があっても乗り越えて伝えようとしていた
質問12:実践をされた中で、タブレット端末(つながる授業アプリ)が有効に動いていると感じた場面はありましたか？また、それはどこでした？	
お互いが違う意見を持っている時に聞こうとする意識が強くなる 個人の関係が密に関わることができる	全体学習の時にも意欲的に聞こうとする 新しい意見を求めて、教師に言われたこと以上の意見交流をしていた
質問16:改善してほしいと思うことはありますか？(テレビ会議システムやつながる授業アプリの機能面など)	
タブレットの問題提示を教師の好きなタイミングで出したい めあてやまとめタブレットに書きけるようになる	教師機で2台接続ができるようにして、T2も看取することができるようにする
質問17:これから長期的に遠隔合同授業を行うために必要なことはどのようなことだと感じますか？	
教師同士の交流	準備や計画の時間を短くできるようにする

いる。質問(表4：質問13)の回答を加味すれば、違う意見や考え方に触れることをよい機会であると捉えていること、それだけでなく同じ意見や考え方であることを確かめられた機会になっていることも分かった。

今回のアンケート調査結果から、児童生徒は「つながる授業アプリ」が遠隔における他者の意見や考え方を聞くことができる機会(道具)であること、またこの道具を活用して説明し合うことが授業内容の理解につながることを習得できたと考えられる。したがって、小規模校の課題の一部を解決するために、「つながる授業アプリ」の有用性を大よそ評価できたと思われる。一方、「つながる授業アプリ」活用時の児童生徒間の意見や考え方を説明し合う状況を観察してみると、形式的に意見や考え方を説明し合うことに終始している状況や、自分の意見や考え方を伝えて相手の意見や考え方を聞くことはできているが「分かる」や「吟味する・再構成する」までの状況に達しているとは言い難い状況も見てとれた。図3に示したような、自分や他者の意見や考え方を「吟味して納得する」、また「根拠を持って再構成できる」段階に到達するために、「つながる授業アプリ」に必要な機能や仕組みを検討して導入することが

必要であることが分かった。

5.1.2 教員向けアンケート調査の結果と考察

遠隔合同授業による効果や学級・児童生徒の変容についての質問(表5：質問3、質問4)の回答について、教員の視点からも児童生徒の学習への積極性、不具合を乗り越えようとする行動など学習意欲の向上や、意見に耳を傾けたり、発言ができかけていることを実感されていることがわかった。また、「つながる授業アプリ」の活用に関する質問(表5：質問12,16)の回答から、「つながる授業アプリ」が「個」としてのつながりをつける道具として機能していること、それだけでなく、聞こうとする意識の強さや一斉授業への意欲のつながり、教員に言われたこと以上の交流の展開など「つながる授業アプリ」の活用が児童生徒の主体性を発揮できる契機になっていることが示された。「つながる授業アプリ」の改善要望に対して、例えば教員が複数人で接続する機能については、アンケート後に対応している。遠隔合同授業の継続実施についての質問(表5：質問17)の回答からは、授業準備や計画の大変さが見えてきている。授業に関する教員向けの支援機能の追加も必要である。

表6：平成28年度児童向け4段階評価方式による質問項目と回答

質問内容	4	3	2	1	平均	標準偏差
質問2:テレビ会議システムで発表をするときに、相手にわかるように話をするの『かんたん』ですか？ (4.かんたん、3.少しかんたん、2.少しむずかしい、1.むずかしい)	8	11	12	2	2.76	0.89
質問4:テレビ会議システムで〇〇小学校(相手校)の友達を発表を『聞きとること』ができていますか？ (4.聞きとれている、3.少し聞きとれている、2.あまり聞きとれていない、1.聞きとれていない)	19	11	3	0	3.48	0.66
質問7:つながる授業アプリで、ペアやグループで学習を行うときに、〇〇小学校(相手校)の友達にわかりやすく話をするの『かんたん』ですか？ (4.かんたん、3.少しかんたん、2.少しむずかしい、1.むずかしい)	5	7	17	4	2.39	0.89
質問9:つながる授業アプリで、ペアやグループで学習するときに、相手の声は聞き取りやすいですか？ (4.聞きとりやすい、3.少し聞きとりやすい、2.あまり聞きとりやすすくない、1.聞きとりにくい)	7	7	14	4	2.45	0.96
質問19:〇〇小学校(相手校)の友達といっしょに勉強するために、「テレビ会議システム」や「つながる授業アプリ」を使うと、アプリのそさをおぼえたり、相手が分かりやすいように話したりしないといけないので、たいへんだなあ(むずかしいなあ)と思いましたか？ (4.かんたんだった、3.少しかんたんだった、2.少しむずかしかった、1.むずかしかった)	12	11	9	0	3.00	0.80

表7：平成28年度児童向け選択回答方式による質問項目と回答

選択回答方式の質問と回答							
質問5:テレビ会議システムで、〇〇小学校の友達の発表が『理かいてできない(わからない)とき』に、どうすることが多いですか？ 当てはまるもの1つに○をつけてください。							
先生にわからないと伝える	テレビ会議システムで〇〇小学校(相手校)の友達に聞き返す		そのまましておく		自分のまわりにいる友達にさく		
4	17		2		10		
質問10:つながる授業アプリで、ペアやグループで学習するときに、相手の発表が『理かいてできない(わからない)とき』にどうしますか？ 当てはまるもの1つに○をつけてください。							
先生にわからないと伝える	つながる授業アプリで〇〇小学校(相手校)の友達に聞き返す		そのまましておく		自分のまわりにいる友達にさく		
6	21		0		5		
質問18:〇〇小学校(相手校)の友達と「テレビ会議システム」や「つながる授業アプリ」を使って行う授業で、『学んだなあ』と思うことはどんなことですか？ 当てはまるものすべてに○をしてください。その中で、特に学んだと思うこと2つを◎にしてください。							
相手の意見(考え方やとき方)を自分の意見(考え方やとき方)と結びつけること	自分が思いつかない意見(考え方やとき方)を知ること	友達と話し合いをする方法	タブレットの使い方	発表のききかた	その授業の勉強の内容	相手にわかりやすく発表する方法	相手と自分の意見(考え方やとき方)の同じところや違うところを見つけること
2/18	21/32	3/20	8/25	0/23	6/26	7/24	8/26

※質問18の回答は◎の数/○の数の合計

5.2 平成28年度授業実践のアンケート調査

平成27年度に引き続き、遠隔合同授業が実施されたB校、C校の児童（第4学年：8名、第5学年：14名、第6学年：11名）の合計33名、教員（5名）にアンケート調査をそれぞれ実施した。児童向けのアンケートは、遠隔合同授業に関する質問（4段階評価：2問、自由記述方式：2問）、つながる授業アプリに関する質問（4段階評価：2問、選択回答方式：1問、自由記述方式：6問）、テレビ会議システムに関する質問（4段階評価：1問、選択回答方式：1問、自由記述方式：3問）、「話型」に関する質問（4段階評価：2問、自由記述方式：1問）の合計21問である。教員向けのアンケートは、遠隔合同授業に関する質問（4段階評価：2問、自由記述方式：6問）、つながる授業アプリに関する質問（自由記述方式：3問）、テレビ会議システムに関する質問（自由記述方

式：1問）、「話型」に関する質問（自由記述方式：2問）の合計14問である。

前年の平成27年度は授業実践の初年度であり、ICT支援環境や授業設計含め試行錯誤しながら体験的に遠隔合同授業を行ってきた。ICT支援環境の基本構成を固めていく段階であったため、遠隔合同授業そのものに対する評価を中心とした質問であった。児童は慣れない環境で授業に参加していたこともあり、回答のしやすさを考慮して5段階で評価した。平成28年度では遠隔合同授業支援環境の基本構成が固まり、通常授業のように遠隔合同授業を行った。そこで、遠隔合同授業において児童生徒がどのような学び感を持っているのかを明らかにするため、アンケート内容を前年度と変え、回答の曖昧さをできるだけ排除するために4段階で評価を行った。

表8：平成28年度児童向け自由記入方式による質問項目と回答

質問内容と自由記入方式の回答	
質問3: 質問2で〇をつけたところの理由(「どうしてかたんか?」あるいは「何がむずかしいか?」などを教えてください。 <簡単・すこし簡単> 「いつもの授業とかわからないから」「図を使うから説明がしやすい」	<難しい・すこし難しい> 「自分が思っている通りに話せない」「どうやら分りやすくなるかわからないから」「その場にいらないから」
質問6: テレビ会議システムで、〇〇小学校の友達と交流するときに、『心がけていること』や『気をつけていること』を教えてください。 「相手に分かりやすいように話すこと」「大きな声でゆっくり話すこと」「『聞いてください』や『どうですか』と言うこと」	「しっかり相手を見て聞くこと」 「進んで発表をすること」
質問8: 質問7で〇をつけたところの理由(「〇うしてかたんか?」あるいは「何がむずかしいか?」などを教えてください。 <簡単・すこし簡単> 「タブレットを使って説明できるから」「ペンで線を引ながら説明できるから」 「相手の顔を見ることが出来るから」	<難しい・すこし難しい> 「どう説明すればいいかわからないから」「周りの音で自分の声が聞こえないから」「相手に伝わっているかわからないから」
質問11: つながる授業アプリで、ペアやグループで〇〇小学校の友達と交流するときに、『心がけていること』や『気をつけていること』を教えてください。 「大きな声でゆっくり話すこと」「積極的に話し合う」「『書いてください』や『どうですか』と言うこと」	「しっかりと聞くこと」 「線を引ながら話すこと」
質問15: 自分1人で考えるときに、つながる授業アプリを使うことで良いと思うところはどこですか? 「わかりやすく自分の意見をまとめられる」「色を使い分けができる」	「自分の考えを保存できる」「図を使うことができる」
質問16: 〇〇小学校の友だちと意見やとき方、回答を説明しあったり、話し合いをするときに、つながる授業アプリを使うことで良いと思うところはどこですか? 「文字で相手の意見を見ることが出来る」「書き直しながら説明ができる」	「いろいろな意見をきくことができる」「『こっちな?』と思うことができる」
質問17: つながる授業アプリを使って、『こんなことできたいな』と思うことはありますか? やってみたいことや学んでみたいことを教えてください。 「図形を動かせたい」「写真機能」「書写(筆ペン機能)」	「他の教科での交流」「もっと他の学校との授業」
質問20: 〇〇小学校の友達と「テレビ会議システム」や「つながる授業アプリ」を使って、いっしょに勉強するとき、『ここはむずかしいなあ』と思うところを教えてください。 「声が遅れて聞こえるところ」「文字を書いてそれを使って発表するとき」「雑音」	「タブレットでどこを押せばいいかわからないところ」 「手を挙げて発表するかわからないところ」
質問21: つながる授業アプリを使った感想(便利なところ、おもしろかったところ、不便なところ、これからアプリを使ってやってみたいこと など)を教えてください。 「動画を見てみたい」「いろいろな意見を聞けたのが良かった」 「図があるので考えが深まる」	「聞き取りづらいのが不便」「他の学校の人もやってみたい」 「マイノートに図や計算を詳しくかけるから便利」

5.2.1 児童向けアンケートの結果と考察

テレビ会議システムと「つながる授業アプリ」での発表のしやすさについての質問(表6: 質問2, 質問7)の回答からは、テレビ会議システムの方が発表しやすいことがわかる。その理由を尋ねた質問(表8: 質問3, 質問8)からは、「つながる授業アプリ」では、対話している相手を見ず、「シェアノート」を見ながら発表していることもあり、「相手に伝わっているかわからない」ことが原因の1つであると考えられる。引き続き「つながる授業アプリ」の機能改善が必要である。一方で、友達の発表内容がわからないときに聞き返すかどうかの質問(表7: 質問5, 質問10)において、テレビ会議システムと「つながる授業アプリ」の回答を比較してみると、テレビ会議システムでは「そのままにしておく(2名)」、「自分のまわりの友達に聞く(10名)」、「つながる授業アプリ」では「そのままにしておく(0名)」、「自分のまわりの友達に聞く(5名)」となり、「つながる授業アプリ」の方では相手とのやりとりで解決しよう

とする姿勢が見られていた。このことは「つながる授業アプリ」のなかで協働学習を利用して問題を解決しようとするにつながり、主体的に相手と関わり意見や考え方を交流するという活用目的を果たしているよい傾向であると考えられる。遠隔合同授業で学んでいく難しさを問う質問(表6: 質問19)の回答からは、半数以上の児童が難しくないと感じていた。教員による入念な準備の賜物であるとも考えられるが、児童の適応能力の高さが伺える。一方で、質問7との回答も踏まえると、質問19に「少し難しかった」と回答している児童については「相手に分かりやすく話をする」ことの難しさを有している可能性が考えられる。授業内でアプリの活用方法を確認しながら進めることや、単独の授業の際に分かりやすい話し方を指導して学級内でアプリを活用して経験を積むことが必要であると思われる。

遠隔合同授業を振り返って、児童生徒が感じた学びの意義についての質問(表7: 質問18)について、「自分が思いつかない意見

(考え方やとき方)を知ることを選んだ児童が最も多いため、多様な意見や考え方に触れることについては学んだと実感できているようである。しかし、「発表のききかた」について最も学んだと感じた回答者が一人もいなかった。授業実践では、あらかじめ教員が話型(会話プロトコル)を児童に指導し、グループ対話のやり取り方法を決めていた。したがって、児童は「聴き方」は既習事項となってしまう、遠隔合同授業を通して自らが学んだとは感じておらず、他の選択肢よりも優先度が下がった可能性がある。「聴く」力の意義を感じさせるためには、より深い対話を促す授業展開や支援環境の整備が必要であると考える。

「つながる授業アプリ」の活用方法についての質問(表8:質問15,質問16)の回答からは、個別学習時に図や色を使い分けながら相手意識をもって考えをまとめられること、協働学習時には自分の意見や考え方を書き直しながら説明できること、聞き手として自分とは違った意見や考え方を話言葉だけでなく文字で理解しようとしたり、よりよい意見や考え方を探し出そうという意欲につながりしている様子から、「つながる授業アプリ」の活用目的のよさが認識されていると考えられる。

「つながる授業アプリ」の使いやすさや良さについての質問(表8:質問20,質問21)の回答からは、おおむね肯定的に捉えられている一方で、「どこを押せばよいのかわからない」など操作性や機能についての課題があげられている。このことは、平成28年度の遠隔合同授業実践では対象児童が増えたため、タブレット端末操作になれていない児童も増えた可能性も考えられるが、イメージや直感的な操作インタフェースへの修正など「つながる授業アプリ」の継続的な改善も必要であ

ると考える。

5.2.2 教員向けアンケート調査の結果と考察

教員の回答数が5名と少ないが、遠隔合同授業の必要性や実施することの難しさについての質問(表9:質問3)の回答からは、必要であると感じていることがわかった一方で、回答者全員が難しいと感じていることも明らかになった。難しさの理由についての質問(表10:問2)の回答からは、依然として遠隔合同授業における教員の負荷が高いことが伺える。遠隔合同授業の授業準備の手間については、実践の蓄積に伴い解消できることもあると思われるが、授業展開・自校の児童生徒指導・他校の児童生徒指導・機器操作といった教員の負荷をいかに授業支援によって軽減するかがポイントとなり、授業中の見とり支援機能など「つながる授業アプリ」に更なる授業支援機能が必要である。

5.3 平成30年度授業実践のアンケート調査

遠隔合同授業が実施されたB校、D校の第6学年の児童合計6名に対し、算数の遠隔合同授業実践後にアンケート調査を実施した。アンケート調査は対話についての質問(選択回答式:2問)、遠隔合同授業についての質問(4段階評価方式:1問)、授業理解に対する質問(4段階評価:2問)、「つながる授業アプリ」についての質問(4段階評価方式:1問、自由記入方式:1問)、論理的思考についての質問(4段階方式:2問,選択記入方式:1問、自由記入方式:1問)の合計11問であった。

遠隔合同授業の満足度についての質問(表11:質問3)の回答からは、高い満足度が得られていることがわかった。その一方で、「つながる授業アプリ」の操作についての質問(表11:質問7)の回答からは、「少し難しい」と思う児童が多いことがわかった。この原因

表9：平成28年度教員向け4段階評価方式による質問項目と回答

質問内容	4	3	2	1	平均	標準偏差
質問1:遠隔合同授業を行うことは『難しい』と思いますか。 (4.あてはまる, 3.少しあてはまる, 2.あまりあてはまらない, 1.あてはまらない)	1	4	0	0	3.20	0.40
質問3:遠隔合同授業は子どもの学びに『必要だ』と思いますか。 (4.そう思う, 3.少し思う, 2.あまり思わない, 1.思わない)	0	5	0	0	3.00	0.00

表10：平成28年度教員向け自由記入方式による質問項目と回答

質問内容と自由記入方式の回答	
質問2:上記設問①の番号を選んだ理由を記述してください。	
「カメラ操作や相手校の児童のみとり等があるから」 「準備に手間がかかるから」	「機器の操作に慣れるまでに時間がかかるから」 「高校の生活時程や学級などが異なっており、連絡調整が必要だから」
質問3:テレビ会議システムを利用して授業をするときに、『心がけていること』や『気をつけていること』を教えてください。	
「交流の場面の設定(何を交流するか)」 「教師間の連携」 「2つの教室の一体感」 「目線や話し方など高校の児童への配慮」	「カメラ操作を減らすこと」 「モニターやカメラの位置などの環境設定」 「準備を短くすること」 「相手校にもわかりやすい発問や指示の出し方」
質問4:つながる授業アプリを利用して授業をするときに、『心がけていること』や『気をつけていること』を教えてください。	
「交流場面の設定(何を書いて、どんなことを話し合うか)」 「高校の児童の考えの把握」	「活動時間」 「トラブル防止のため、つなぐ人数を考慮」
質問5:上記設問⑤の番号を選んだ理由を記述してください。	
「多様な考え(多様な解答や表現方法を含む)に触れることができる」 「相手にわかるように伝える必然性があり、目標ができる」 「固定された人間関係から一時的に離れることができる」	
質問7:遠隔合同授業で『学べること』や『育むことのできる能力』にはどんなものがあると思いますか。	
「相手を意識した話し方・伝え方」 「多様な意見から学び」 「表現力」	「相手の思いや意図をわらうとすること。聞く力」 「ペアやグループの経験とリーダーシップ」
質問8:遠隔合同授業を行って、通常の授業や学級での生活に生じた『変化』を教えてください。	
「説明の仕方(線や丸をつけながらの発表)」 「進んで交流しようとする姿勢」	「相手校との児童同士の心理的な距離」 「発表意欲が出た」
質問11:遠隔合同授業の中で、つながる授業アプリの『一番役に立つ機能』を教えてください。	
「回答一覧表示の機能」「シェアノート」「相手の考えが見れる」	
質問12:つながる授業アプリで『使いにくいところ』や『改善点』『実装してほしい機能』を教えてください。	
「通信トラブル」 「マイノートが増えたときの見にくさ」	「図形に対していろいろな操作(コピー・移動・回転等)ができる機能」 「グリッド線のON/OFF機能」
質問13:とても難しい質問ですが、遠隔合同授業を深い学びのある授業にするために、先生が思われる『効果的な手だて』について教えてください。	
「機器の配置がいろいろあるので、パターン化すると良い」 「相手校との人数に差がある場合、1対1でつなぐのが難しい」	

表11：平成30年度児童向け4段階評価方式による質問項目と回答

質問内容	4	3	2	1	平均	標準偏差
質問3:今回の授業で、〇〇小(相手校)の仲間と勉強できて、授業が終わった後、満足がありましたか？ (4.とてもあった, 3.あった, 2.少しあった, 1.なかった)	4	2	0	0	3.67	0.47
質問7:今回使った「つながる授業アプリ」の操作は簡単でしたか？ (4.非常に簡単だった, 3.簡単だった, 2.少し難しかった, 1.難しかった)	0	1	5	0	2.17	0.37

表12：平成30年度児童向け自由記入方式による質問項目と回答

質問内容と自由記入方式の回答
質問11:「つながる授業アプリ」を使った感想(便利なところ、おもしろかったところ、不便なところ、これからアプリを使ってやってみたいこと など)を教えてください。
<p><B小学校> もうちょっとスマートにやれるようにしてほしい 式を書いたり、図を書く時、色が増えていたので良かったです。また、他の学校とやってみました。 〇〇小学校とテレビ会議をして、音が時々聞こえたり、途切れ途切れになってしまったので聞こえづらかった。画面が止まってしまう時が何回もあった。</p> <p><D小学校> 不便なところは、相手と同じところにしないと比べる活動ができない。 文字を書きづらかったし、少し使い方が難しいです。 一人でやるには難しい操作</p>

は、今回の実践において「つながる授業アプリ」の新機能を実験的に追加していたため、難しさを感じたものと思われる。特に、D校は遠隔合同授業を行った回数が少ないため、評価が低くなったと考えられる。「つながる授業アプリ」の感想についての質問（表12：質問11）の回答からも、遠隔合同授業に慣れてきているB小学校の児童からは、「もうちょっとスマートにやれるようにしてほしい」など、既存の機能の慣れからさらに高度な利用方法を望んでいる姿が見られる一方で、D校は「文字を書きづらい」など、基本的な使用方法が分からない状況も浮かびあがっている。また、D校ではWi-Fiルータのトラブルがあり、通信が途切れたり、遅延する障害が発生したことも、低い評価に結びついていると考えられる。今回の結果から、ネットワーク障害のトラブル対処方法についての手順をまとめるなど、分かりやすい操作マニュアルの整備も必要であることが分かった。

6. 「つながる授業アプリ」の改善

授業実践及びアンケート結果からの評価をもとに、「つながる授業アプリ」の改善を継続的に行ってきた。以下に主な3つの改善点について述べる。

6.1 ノート描画の改善

「課題・回答ノート」、「マイノート」、「シェアノート」の描画を、「ラスタ方式」から「ベクタ方式」に切り替えた。「ラスタ方式」は画面の1ピクセルの点が縦横の格子状に並んで表示される方式であり、ビットマップ方式とも呼ばれる。これはデジタルカメラなどの写真画像の保存形式と同じであり、複雑な画像を表現できるが、画像を拡大表示するとジャギーと呼ばれるギザギザ上の歪みが現れ

て、画像の品質が落ちる。また、ノート情報の変更時には、記録されている全ての情報を描画し直す必要があり、CPUの負荷が高くなる傾向があった。この方法に対して「ベクタ方式」では、描画情報を数値のまま保存し、描画時に画像に変換して表現することができるため、拡大表示を行っても画像が歪まない。また、描画はGPUと呼ばれる高速描画装置を用いるため、ラスタ方式に比べ高速に描画できる。さらに、ノート情報の変更時には、変更された描画情報のみを登録するだけでよく、CPUの負荷を高めない。一方で、写真のような1ピクセル毎の表示には情報量が増えすぎるので適していない。「つながる授業アプリ」で記入されるノート情報は、ピクセル単位での描画は少ないことから、「ベクタ方式」に切り替えることで、高品質かつ高速な描画を実現できている。

6.2 ビデオチャット映像・音声の改善

「基盤ソフトウェア」の1つである、ビデオチャットミドルウェアを継続的に切り替えてビデオチャット映像・音声の改善を行ってきた。授業実践初期はWebブラウザ側の映像圧縮技術が古く、伝送される情報量が多く、ネットワーク帯域を圧迫していた。そこでビデオチャットミドルウェアに、MCU方式と呼ばれる複数の映像・音声を1つに束ねる方法で、各児童生徒側タブレット端末に送る映像・音声情報を圧縮して伝送した。しかし、MCU方式ではサーバの処理負荷が高くなる。その対処として映像・音声の解像度を下げていたため、ビデオチャットの品質が高いとは言えなかった。その後、Webブラウザに新たな映像圧縮技術が加わったおかげで、SFU方式と呼ばれる映像・音声情報の中継のみを担うビデオチャットミドルウェアに切り替えた。これによって、映像・音声の品

質が大きく高まった。さらに、クラウド型のSFU方式のビデオチャットミドルウェアであるAmazon Chimeに対応したことで、ビデオチャットミドルウェアを学校内に内包してオンラインで動作させることも、クラウド上で動作させることも可能になった。

6.3 見とり機能の改善

教員の見とり機能に、ペア・グループ活動時におけるビデオチャット対話の音声だけを簡単に視聴できる機能を追加した。従来は教員自身がペア・グループに直接入ってビデオチャットに参加する方法しかなかったため、複数のペア・グループを行き来してビデオチャットを見とることが面倒であった。ビデオチャットコミュニケーションでは、映像よりも音声の方が重要であるため、音声のみを視聴できるようにしている。授業実践では、教員がワイヤレス・イヤフォンを使用して、ペア・グループチャットを見とる姿が見られ、有効的に活用できている様子が伺えた。

7. おわりに

本稿では、小規模校の課題を解決するための1つの手立てとして、遠隔合同授業の支援環境について説明し、「学級」としてのつながりと「個」としてのつながりの、2つのつながりを提案した。そして、遠隔教育システムと協働学習システムの2つを併せ持つ「つながる授業アプリ」の設計・開発を行い、授業実践による評価を行った。さらに、授業実践後に教員や児童生徒から得られたアン

ケート調査の結果から、「つながる授業アプリ」の有用性を検証した。教員、児童生徒ともに「多様な意見や考え方に触れる」ことを実感することができ、提案した遠隔合同授業支援環境及び「個」としてのつながりを保障する「つながる授業アプリ」が有用であるといえる結果を得られた。一方で、遠隔合同授業研究チームの義永は、ペア・グループ活動時の対話が「型」にはまってきているとし、児童生徒の知識再構築にまで関わる深い学びのために必要な「関連付け」や「比較」を支援する機能の必要性を述べている⁽²⁴⁾。さらに、グループ活動時の教員の見とりは、遠隔合同授業実施時で特に負荷の高い作業の1つである。したがって、グループ活動の活発さやグループ内の対話内容を可視化し、教員の見とりを支援する方策が必要である。さらに、遠隔合同授業では相手学級側にも教員(T2)がいるため、T2がグループ活動の見とりを行い、授業進行を行う教員(T1)に対し、児童生徒にわからないよう報告したり、机間指導を促したりするなど、教員間専用のコミュニケーション支援を行うことで、教員の負荷低減につながる可能性がある。

そして、遠隔合同授業を広く普及させるためには、数多くの実践の蓄積が必要である。さらに、その蓄積を再利用できる仕組みやコミュニティによる共有など、多方面からの取り組みが必要である。また、ICT関連の技術は日進月歩で進化していくため、本研究で提案したシステムの構造も、時代の変化に合わせて柔軟に変えていく必要がある。

参考・引用文献

- (1) 厚生労働省：“令和2年（2020）人口動態統計（確定数）の概況”，<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei20/index.html>（参照 2022.09.14）
- (2) 文部科学省：“学校基本調査”，http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/chousa01/kihon/1267995.htm（参照 2022.09.14）
- (3) 文部科学省：“人口減少社会におけるICTの活用による教育の質の維持向上に係る実証事業”，https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/1364592.htm（参照 2022.09.14）
- (4) 文部科学省：“「新時代の学びを支える先端技術活用推進方策（最終まとめ）」について”，https://www.mext.go.jp/a_menu/other/1411332.htm（参照 2022.09.15）
- (5) 株式会社内田洋行 教育総合研究所：“遠隔教育システム活用ガイドブック 第1版（平成30年度文部科学省委託「遠隔教育システム導入実証研究事業」）”，https://www.mext.go.jp/content/1404424_1_1.pdf（参照 2022.09.15）
- (6) 株式会社内田洋行 教育総合研究所：“遠隔教育システム活用ガイドブック 第3版（令和2年度文部科学省委託「遠隔教育システム導入実証研究事業」）”，https://www.mext.go.jp/content/20210601-mxt_jogai01-000010043_002.pdf（参照 2022.09.15）
- (7) 文部科学省：“新時代の学びにおける先端技術導入実証研究事業（遠隔教育システムの効果的な活用に関する実証）”，https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/mext_00932.html（参照 2022.09.15）
- (8) R. Okamoto, Y. Miyoshi and Y. Mori: “Proposal of Balloon Type Drone for Overhead Shooting in Remote Joint Classroom,” Proceedings of the 26th International Conference on Computers in Education, pp.524-526 (2018).
- (9) S. Komatsu, Y. Miyoshi, Y. Mori and R. Okamoto: “Lecturer’s Silhouette Display System for Distance Education Using Screen Sharing between Interactive Whiteboards”, Proceedings of the 26th International Conference on Computers in Education, pp.482-487 (2018).
- (10) 梶谷拓実, 岡本竜：“研究授業を対象とした遠隔非同期レビュー支援システムの提案－電子化学習指導案作成支援ツールの試作” 教育システム情報学会 2018年度学生研究発表会, pp.219-220 (2016).
- (11) 小森公兵, 岡本竜, 三好康夫：“研究授業レビュー支援のためのマルチアングル動画提示によるアノテーション作成手法” 教育システム情報学会 2019年度学生研究発表会, pp.207-208 (2020).
- (12) 三宮真智子：“思考・感情を表現する力を育てるコミュニケーション教育の提案” 鳴門教育大学学校教育実践センター紀要, Vol.19, pp.151-161 (2004).
- (13) 文部科学省：“学びのイノベーション事業実証研究報告書” https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shougai/030/toushin/1346504.htm（参照 2022.09.12）
- (14) 鷹岡亮：“ICTを活用した授業・学習実践の現状と今後の方向性” 教育システム情報学会誌, Vol.33, No.1, pp.6-21 (2016).
- (15) 高橋麻衣子, 川口英夫, 牧敦, 嶺竜治, 平林ルミ, 中邑賢龍：“児童の論理的な読み書き能力を育む思考の相互観察活動” 認知科学, 16巻, 3号, pp.296-312 (2009).
- (16) xSync Prime, <https://www.elmo.co.jp/case/>（参照 2022.09.15）
- (17) Kent Beck, At el: “Manifesto for Agile Software Development”, <https://agilemanifesto.org/>（参照 2022.09.21）
- (18) IPA：“アジャイルソフトウェア開発宣言の読み解き方”，<https://www.ipa.go.jp/files/000065601.pdf>（参照 2022.09.24）
- (19) 今仁武臣, 中野冠：“アジャイル型開発手法の適用領域とプロジェクトの完成度の関係” 日本情報経営学会誌 Vol.37 No.1 pp.50-62 (2017).
- (20) 中原章宏：“小規模校におけるつながりを意識したICT活用による遠隔合同授業に関する研究” 平成27年度山口大学教育学部卒業論文 (2016).
- (21) A. Bandura: “Self-efficacy: Toward a unified theory of behavioral change”, Psychological Review, vol.84, pp.191-215 (1977).
- (22) 柴山直, 小嶋妙子：“児童の学習意欲に関する研究－自己効力感との関連について” 新潟大学教育人間科学部紀要, vol.9, no.1, pp.37-52 (2006).
- (23) 石野陽子, 濱田逸希：“児童の授業中における内発的動機づけを促す教員の効果的なほめ方の類型” 島根大学学校教育実践研究, vol.1, pp.59-72 (2018)
- (24) 義永涼太, 横山誠, 鷹岡亮：“つながる授業アプリを活用した遠隔合同授業における学習支援に関する研究” 教育システム情報学会 2016年度学生研究発表会 (2016).