

Title	児童のHID利用状況とレスポンスマークを用いたICT活用授業におけるリクエスト対応支援システム
Author(s)	吉良, 元
Citation	
Issue Date	2014-09
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/12270">http://hdl.handle.net/10119/12270</a>
Rights	
Description	Supervisor:長谷川忍, 情報科学研究科, 修士

修 士 論 文

児童のHID利用状況とレスポンスマーカを用いた  
ICT活用授業におけるリクエスト対応支援シ  
テム

北陸先端科学技術大学院大学  
情報科学研究科情報科学専攻

吉良 元

2014年9月

修士論文

児童のHID利用状況とレスポンスマーカを用いた  
ICT活用授業におけるリクエスト対応支援シ  
テム

指導教員 長谷川 忍 准教授

審査委員主査 長谷川 忍 准教授

審査委員 東条 敏 教授

審査委員 池田 心 准教授

北陸先端科学技術大学院大学  
情報科学研究科情報科学専攻

1210020 吉良 元

提出年月: 2014年8月

## 概要

本研究では、小学校における ICT 活用授業において、児童から教師へ寄せられるリクエストへの対応を支援することを目的としたシステムの提案とプロトタイプの開発を行った。

ここでの ICT 活用授業とは、無線 LAN による学内ネットワークや一人一台のタブレット PC、電子教科書などを使って構成する授業形態を指す。また、リクエストとは、授業中に児童が疑問を持ち質問を行うとき、教師に確認して欲しい事項があるときなどに、教師を呼ぶ要請のことである。

ICT 活用授業において発生するリクエストには、授業の学習内容によるものに加えて、ICT 機器を使うことにより発生するものがある。そのために、リクエストが通常の授業より増加する傾向にある。リクエストへの対応が不慣れな教師であれば、この対応に時間をかけてしまい、授業が中断する場合がある。

本研究では、児童がリクエストを出す際のツールとして、レスポンスマーカを提案する。これは、画面上に表示される長形状のオブジェクトで、児童が自由に操作できるものである。これをマウスで操作することで、児童から教師にリクエストを出すことができる。また、リクエストの種類とレスポンスマーカ周辺の画面の情報、キーボードやマウスといった Human Input Device (HID) からの入力など、児童の学習状況を収集し、教室内の状況を可視化する。これにより、教師による児童の学習状況の把握を容易にし、効率的なリクエストへの対応を促し、遅れのないスムーズな ICT 活用授業の実現を目指す。

本研究では、レスポンスマーカのプロトタイプを製作し、学生による小規模の試用実験を行った。実験結果から、実用には課題が残るものの、レスポンスマーカを授業で用いる際に一定の効果があることを確認した。

# 目次

<b>第1章</b>	<b>はじめに</b>	<b>1</b>
1.1	背景と目的	1
1.2	本論文の構成	2
<b>第2章</b>	<b>日本における教育のICT化</b>	<b>3</b>
2.1	初等・中等教育における情報教育	3
2.2	情報教育とICT活用教育	3
<b>第3章</b>	<b>フューチャースクールの取り組みと課題</b>	<b>6</b>
3.1	フューチャースクールにおけるICT活用教育	6
3.2	ICT支援員	7
3.3	ICT活用授業のモデルと課題	9
3.3.1	リクエストが集中する問題	10
3.3.2	ICT支援員の今後の配置に関する問題	10
3.4	研究課題	11
<b>第4章</b>	<b>提案手法</b>	<b>12</b>
4.1	概要	12
4.2	送信する情報	13
4.2.1	画面キャプチャとドラッグアンドドロップ操作	13
4.2.2	キー入力と操作不安	13
4.3	レスポンスマーカの狙い	15
<b>第5章</b>	<b>関連研究</b>	<b>18</b>
5.1	レスポンスアナライザ	18
5.2	画面キャプチャによる観察	19
<b>第6章</b>	<b>システム的设计</b>	<b>21</b>
6.1	システム要件	21
6.2	エージェント的设计	22
6.2.1	児童エージェント	22
6.2.2	教師エージェント	23
6.2.3	エージェントと教師・児童の関わり	23

<b>第7章 システムの実装</b>	<b>25</b>
7.1 児童エージェント	25
7.2 教師エージェント	26
<b>第8章 予備実験</b>	<b>30</b>
8.1 目的	30
8.2 方法	30
8.2.1 レスポンスマーカなし試行	31
8.2.2 レスポンスマーカあり試行	32
8.3 結果	32
<b>第9章 エージェントの改良</b>	<b>34</b>
9.1 児童エージェント	34
9.2 教師エージェント	35
<b>第10章 評価実験</b>	<b>37</b>
10.1 接続実験	37
10.2 評価実験	37
10.3 目的	38
10.4 方法	38
10.4.1 実験のシナリオ	39
10.5 実施したアンケート調査	41
10.6 結果	42
10.6.1 学生役のアンケート	42
10.6.2 教師役のアンケート	43
<b>第11章 考察</b>	<b>46</b>
11.1 教師の講義を実施する負担	46
11.2 教師のレスポンスマーカに関する評価	46
11.3 学生役の受講の負担	47
11.4 質問の回数について	47
11.5 レスポンスマーカについての評価	47
11.5.1 学生役の回答	47
11.5.2 教師役の回答	49
11.6 今後の課題	49
<b>第12章 まとめ</b>	<b>51</b>
<b>付録A</b>	<b>57</b>

# 目 次

2.1	小学校，中学校及び高等学校において身に付けさせたい情報活用能力 [4]	4
2.2	フューチャースクール実施校 [2]	5
3.1	フューチャースクールにおける ICT 活用授業の様子（北海道石狩市立紅南小学校）	7
3.2	教室での教師，ICT 支援員，児童の関係	8
3.3	年度別の ICT 支援員の作業内訳 [5]	8
3.4	ICT 活用授業の流れ	9
4.1	レスポンスマーカのイメージ	12
4.2	アプリケーションの位置付け	13
4.3	指定された画面キャプチャのイメージ	14
4.4	授業とリクエストへの対応の流れ	15
4.5	教師の対応の流れと意図した最適化部分	16
4.6	愛教大コンピュータ不安尺度 [10]	16
4.7	オペレーション不安得点とキー打鍵速度の関係	17
4.8	児童による教師の呼び出し行為の流れ	17
5.1	レスポンスアナライザとそのシステムの一例 [12]	18
5.2	SKYMENU Pro の画面表示機能	20
6.1	ICT 活用授業の実施環境とシステム要件	21
6.2	ICT 活用授業の実施環境とシステム要件	22
6.3	児童エージェントの構成	23
6.4	教師エージェントの構成	24
6.5	各エージェントと教師，児童の関係	24
7.1	レスポンスマーカ（展開中）	26
7.2	児童エージェントの動作フロー	27
7.3	教師エージェントの動作フロー	27
7.4	教師エージェントの動作の様子	28
7.5	リクエスト受信時	28
7.6	リクエスト受信時の画面キャプチャ	29

9.1	改良前のマーカ	34
9.2	改良後のマーカ	35
9.3	改良後の教師エージェントのビュー	35
9.4	リクエストによる表示色の違い	36
10.1	同時接続試験の様子	38
10.2	実験の様子	39
10.3	FreeMind	40

# 表 目 次

7.1	児童エージェントで収集する情報	26
8.1	被験者のPC利用度	30
8.2	実験終了後にとったアンケート項目	31
8.3	回答結果	33
10.1	共通のアンケート項目	41
10.2	レスポンスマーカあり施行のアンケート項目	41
10.3	共通のアンケート項目（教師役）	42
10.4	レスポンスマーカあり施行のアンケート項目（教師役）	42
10.5	共通アンケートの回答結果	43
10.6	レスポンスマーカあり施行後のアンケート回答結果（1：選択式の設問について）	43
10.7	レスポンスマーカあり施行後のアンケート回答結果（2：自由回答の設問について）	44
10.8	共通のアンケート項目の回答（教師役）	44
10.9	レスポンスマーカあり施行のアンケート回答結果（教師役）	45

# 第1章 はじめに

本章では、研究の背景と目的を述べる。また、章末で本論文の構成を述べる。

## 1.1 背景と目的

本研究では、小学校における ICT 活用授業において、児童から教師へ寄せられるリクエストへの対応を支援することを目的としたシステムを提案する。ここでの ICT 活用授業とは、無線 LAN による学内ネットワークや一人一台のタブレット PC、電子教科書などを使って構成する授業形態を指す。また、リクエストとは、授業中に児童が疑問や不安を持ち質問を行うとき、教師に確認して欲しい事項があるときなどに、教師を呼ぶ要請のことである。

ICT 活用授業は、内閣府の決定により、2020 年までに全国の教育機関で導入することを目指して実証実験が行われている [1]。実証実験は、総務省と文部科学省が中心となって行われており、総務省では「フューチャースクール」[2]、文部科学省では「学びのイノベーション」[3] という名称で取り組まれている。

ICT 活用授業の目的は、デジタル教材を用いた新たな学びを実施することで、これからの知識社会で必要とされる児童の幅広い知識と柔軟な思考力に基づく新しい知や、価値を創造する能力を育成することであるとされている [3]。ICT 機器を用いて学習することで、デジタル教材の特徴である、データを手軽に加工できる、何度でもやり直せるという点を活かし、児童による自由な学びの探求が可能な授業展開を行い、一人ひとりの個性を活かした学習を可能とする。また、ICT 機器の双方向性を活かした協働学習を行い、理解の深め合いを実施することも可能である。

ICT 活用授業では、算数や国語といった普通教室で行われる一般的な教科において、タブレット PC やインタラクティブホワイトボードといった ICT 機器を積極的に用いた学習を行う。しかし、授業を行う教師は、一般的な教職課程を修了した教師であり、ICT 機器の専門知識を持っているとは限らない。一方で、ICT 活用授業では、ICT 機器を使用しながら授業を行うために、ICT 機器に関する知識が必要となる。

ICT を取り入れない授業と比較して、ICT 活用授業では、通常の学習内容に加えて ICT 機器の操作を行う必要がある。このことは、授業を実施する際に児童への必要な説明・解説が増えることから、教師への負担の増加となる。また、児童から教師に寄せられる質問には、学習内容の他に ICT 機器に関するものが新たに加わるため、これも教師への負担の増加となる。

本研究では，児童から教師に寄せられるリクエストへの対応の労力を減らし，リクエストへの対応を適切に行えるよう支援することで，ICT活用授業の円滑な実施をサポートすることを目指す。

## 1.2 本論文の構成

本論文では，2章において教育のICT化とICT活用授業について述べる。3章で，フューチャースクールの取り組みと問題点，そして研究課題について述べる。その後，4章で提案手法を述べ，5章で関連研究を紹介する。提案手法に基づくシステムの設計を6章で述べ，そのプロトタイプの実装について7章で述べる。8章から10章で予備実験および評価実験について述べ，その結果を元に11章で考察を述べる。12章では，本論文のまとめを述べる。

## 第2章 日本における教育のICT化

日本では、これまでも教育現場にICTを取り入れる取り組みがなされてきた。しかし、それらは情報教育を行うための取り組みであり、本研究が対象とするICT活用教育とは異なる取り組みである。本章では、その異なる点を述べる。

### 2.1 初等・中等教育における情報教育

日本ではこれまでも、初等教育および中等教育において、情報教育が行われてきた。具体的には、「情報」という教科が新設され、ICTの利用方法やリテラシなどを学ぶものである。

図2.1は、小学校および中学校で計画されている情報教育の内容である[4]。現在のカリキュラムでは、小学校においてパーソナルコンピュータの基本的な使い方、情報の調べ方とその扱い方の基礎を学び、中学校、高等学校において、コンピュータを積極的に利用する技術、データの概念などのコンピュータの特性を段階的に学ぶこととなっている。また、学習した内容に合わせて、コンピュータリテラシを学ぶことで、正しいコンピュータとの付き合い方を学ぶ。これらの教育は、各校に整備されたコンピュータ教室やLL教室といった特別教室で行われることが一般的である。

### 2.2 情報教育とICT活用教育

本研究で対象とするICT活用教育とは、前章で述べた情報教育とは異なるものである。

本研究が取り扱うICT活用教育では、算数や数学といった一般的な授業において、ICT機器を用いた学習を行う[2]。従来の紙がベースとなる学習環境と違い、教科書は電子教科書として配布され、紙のノートの代わりにノートパソコンで学習内容の記録を取るスタイルをとる。また、黒板の隣には、デジタルペンで入力可能なインタラクティブホワイトボードを備え、電子教材や児童・生徒のノートパソコンの画面を共有することが可能である。

ICT活用授業は、現行の授業に単にICT機器を導入するのではなく、デジタルの特徴である”何度でもやり直せる”，”時間的制約や空間的制約を超えたシミュレーションが可能である”という点を活かした教材を活用し、児童自身が教材を操作し、理解を深めることにある[3]。また、データの共有が可能なICT機器は協働学習を行いやすい環境でも

総則 学習指導要領 目標の3観点	小学校	中学校	高等学校
	情報教育の 実践力	<p><b>基本的な操作</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>文字の入力 ・電子ファイルの保存・整理</li> <li>インターネットの閲覧 ・電子メールの送受信 など</li> </ul> <p><b>情報手段の適切な活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>様々な方法で文字や画像などの情報を収集して調べたり比較したりする</li> <li>文章を編集したり図表を作成したりする</li> <li>調べたものをまとめて発表したりする</li> <li>ICTを使って交流する</li> </ul>	<p><b>情報手段の適切かつ主体的、積極的な活用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>課題を解決するために自ら効果的な情報手段を選ん で必要な情報を収集する</li> <li>様々な情報源から収集した情報を比較し必要とする 情報や信頼できる情報を選び取る</li> <li>ICTを用いて情報の処理の仕方を工夫する</li> <li>自分の考えなどが伝わりやすいように表現を工夫し て発表したり情報を発信する など</li> </ul>
情報の科学 的な理解	<p><b>情報手段の特性と情報活用の評価・改善</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コンピュータなどの各部の名称や基本的な役割、イ ンターネットの基本的な特性を理解</li> <li>情報手段を活用した学習活動の過程や成果を振り 返ることを通して、自らの情報活用を評価・改善す るための方法等を理解</li> </ul>	<p><b>情報手段の特性と情報活用の評価・改善</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>コンピュータの構成と基本的な情報処理の仕組み、 情報通信ネットワークの構成、メディアの特徴と利用 方法等、コンピュータを利用した計測・制御の基本的 な仕組みを理解</li> <li>情報手段を活用した学習活動の過程や成果を振り 返ることを通して、自らの情報活用を評価・改善す るための方法等を理解</li> </ul>	<p><b>情報手段の特性と情報活用の評価・改善</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>情報や情報手段の特性や役割の理解</li> <li>問題解決において情報や情報手段を実践的に活用 するための科学的な見方や考え方として、手順や方 法、結果の評価等に関する基本的な理論の理解</li> </ul>
情報社会に 参画する態度	<p><b>情報モラル</b> (情報社会で適正に活動するための基となる考え方と態度)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>情報発信による他人や社会への影響</li> <li>情報には誤ったものや危険なものがあること</li> <li>健康を害するような行動</li> <li>ネットワーク上のルールやマナーを守ることの意味</li> <li>情報には自他の権利があること など</li> </ul> <p>についての考え方や態度</p>	<p><b>情報モラル</b> (情報社会で適正に活動するための基となる考え方と態度)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>情報技術の社会と環境における役割</li> <li>トラブルに遭遇したときの自主的な解決方法</li> <li>基礎的な情報セキュリティ対策</li> <li>健康を害するような行動</li> <li>ネットワーク利用上の責任</li> <li>基本的なルールや法律の理解と違法な行為による 問題</li> <li>知的財産権など権利を尊重することの大切さ など</li> </ul> <p>についての考え方や態度</p>	<p><b>情報モラル</b> (情報社会で適正に活動するための基となる考え方と態度)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>望ましい情報社会を構築する上で必要となる、個人の 役割と責任</li> <li>トラブルに遭遇したときの実践的、主体的な解決方法</li> <li>情報セキュリティの具体的な対策</li> <li>心身の健康と望ましい習慣に配慮した情報や情報手 段との関わり方</li> <li>ネットワーク利用時の適切な行動</li> <li>ルールや法律の内容の理解と違法な行為による個人 や社会への影響</li> <li>情報化の「影」の部分の理解を踏まえた、より良いコ ミュニケーションや人間関係の形成などについての考 え方や態度</li> </ul>

図 2.1: 小学校，中学校及び高等学校において身に付けさせたい情報活用能力 [4]

あり，児童同士の教え合いがお互いの理解を深める効果もあるとされ，これも狙いの一つであるとされる．このような授業を，一般的な普通教室において，すべての授業で実施する点が，ICT 活用教育の特徴である．

この実験実証の場として，「フューチャースクール」という名称で，図 2.2 の 20 の教育機関が全国から選ばれた [2]．ここでは，ICT 機器を活用した授業を行う際の情報通信技術面を中心とした課題を抽出・分析するための実証研究が，2013 年度まで行われた．

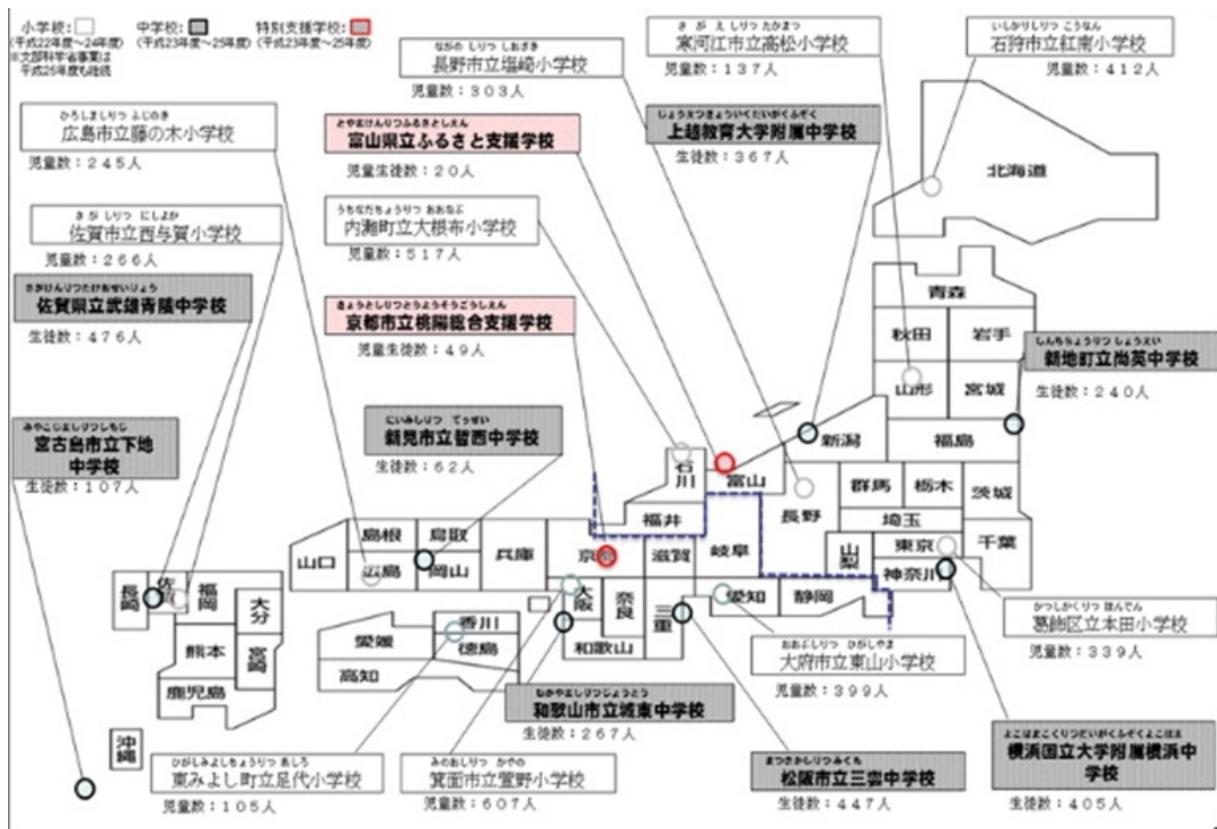


図 2.2: フューチャースクール実施校 [2]

## 第3章 フューチャースクールの取り組みと課題

本章では、現在、日本で行われている ICT 活用教育の例として、フューチャースクールにおける ICT 活用授業の取り組みを紹介する。また、現行の ICT 活用授業が抱える問題点を合わせて紹介する。

### 3.1 フューチャースクールにおける ICT 活用教育

図 3.1 は、フューチャースクールにおける ICT 活用授業の実施例である。ICT 活用授業では、生徒全員に一台ずつタブレット PC などの ICT 機器が配布され、それを用いて学習を行う。授業の形態には 2 種類あり、児童がそれぞれの ICT 機器で問題を解き学習する場合と、児童同士がお互いの ICT 機器を協調動作させ、協力しあって学習する場合がある。いずれの場合も ICT 機器の特性を活かし、必要に応じて他の ICT 機器と臨機応変に連携を取った効果的な利用がなされている。例えば、問題に関する質問を出す場合に学習アプリケーションの質問機能を利用する、意見の発表を行う際に、教室に設置された電子黒板に自分の ICT 機器の画面を転送し、視覚効果を活かした発表をする、などである。



図 3.1: フューチャースクールにおける ICT 活用授業の様子（北海道石狩市立紅南小学校）

## 3.2 ICT 支援員

ICT 活用授業で用いられるアプリケーションは、「模造紙アプリケーション」や「電子計算ドリル」といった学習に特化した専用アプリケーションから、Microsoft Office のような一般的なオフィススイートを使う場合まで様々である [6]。一般的なアプリケーションは使用できる機能が豊富であり、すべての機能を教師や生徒が使いこなせるとは限らない。

そのためフューチャースクールでは、ICT 支援員というスタッフが配置されている。ICT 支援員は、フューチャースクールで扱われる機材や技術について講習を受け、専門的な知識を習得している専門スタッフである。ICT 支援員と教師、児童との関係は、図 3.2 の通りである。

図 3.3 は、年度別の ICT 支援員の業務内容の割合を示したグラフである [5]。ICT 支援員の業務は、教師への ICT に関する助言、生徒への ICT 機器の操作支援、機器の保守点検の主に 3 つである。

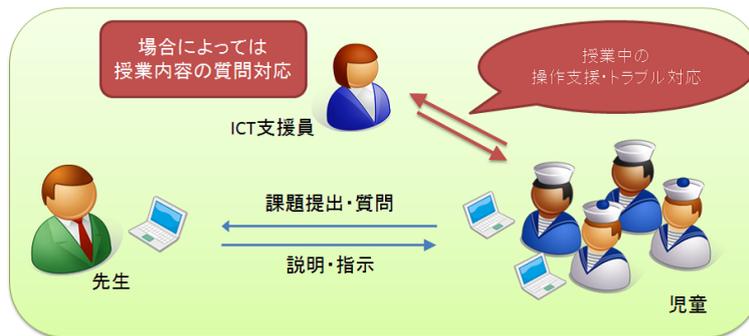


図 3.2: 教室での教師，ICT 支援員，児童の関係

西日本地域での実証実験の報告では，平成 24 年度の ICT 支援員の業務内容のうち，授業中の支援が 19.6% を占めている．ICT 支援員による支援が特に重要とされるのは授業中である．これは，授業中に発生する機器操作などの質問や，機器の不調に対応するためであり，授業を中断させないための支援として特に重要である．このことは，他地域での実践からも報告がなされている [7] [8]．

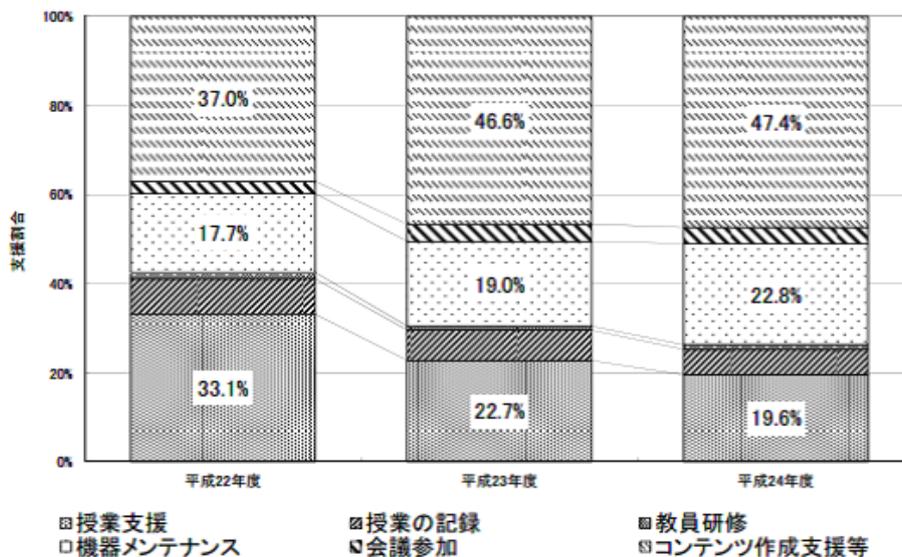


図 3.3: 年度別の ICT 支援員の作業内訳 [5]

ICT 支援員が居ない場合，授業中の機器トラブルへの対処や生徒への操作支援といった ICT についての業務は，すべて教師がこなす必要がある．しかし，すべての教師が ICT に関する専門知識を持っていることは保証されていない．そのため，多くの場合，ICT 機器を授業で活用することは教師への負担の増加となることが予想される．特に，クラス担任制で授業を行う小学校では，教科担任制である中学校に比べて，教師への負担が大きいことがいえる．教科担任制である中学校では，一つの教科は複数のクラスで同じ授業計画が実施でき，授業中にトラブルが発生した際も，複数回の授業実施の中で対処を習得しや

すい。しかし、クラス担任制である小学校では、各教科の授業の実施は一度だけであり、トラブルによる授業中断の学習への影響が大きい。

ICT 支援員は専門知識が必要な事柄に対応する専門スタッフであるが、授業を実施する際の教師の負担を減らすためにも非常に重要な存在である。このことから、現状の ICT 活用授業では、日頃のメンテナンス作業や授業設計だけでなく、授業の実施を含めても、ICT 支援員は重要な存在である。

### 3.3 ICT 活用授業のモデルと課題

図 3.4 は、フューチャースクールにおける ICT 活用授業について、授業の流れをモデル化したものである。授業が始まると、教師による学習内容の説明があり、その後、課題に取り組む時間が用意されている。学習に ICT 機器を用いる点と、専門的な事象への対処のために ICT 支援員が配置されていることを除けば、授業の構成は一般的な一斉授業の流れと同じ構成となっている。ただし、課題に取り組む時間では、個別学習を行うこともあれば、協働学習を行うこともある。

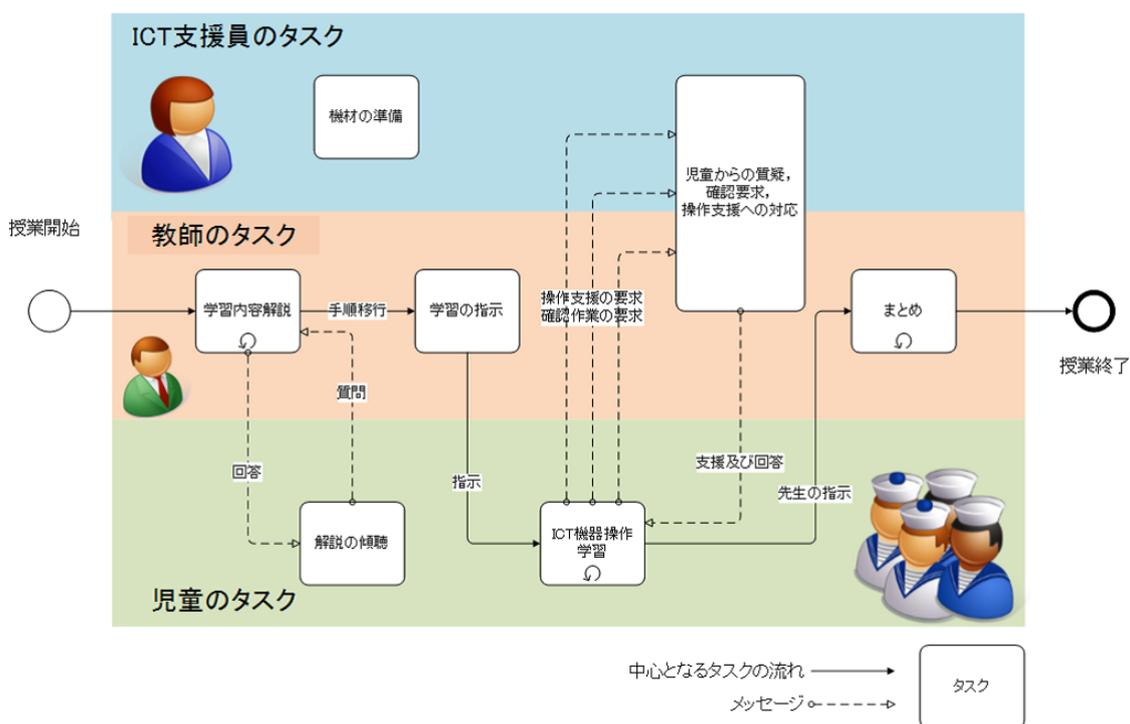


図 3.4: ICT 活用授業の流れ

### 3.3.1 リクエストが集中する問題

ICT活用授業では、ICT機器を用いて学習するために、教師は学習内容の他にICT機器に関する説明を行う必要がある。また、ICT機器の使い方がわからない児童や、ICT機器の操作がうまく行えない児童は、ICT機器に関する質問を、教師とICT支援員に投げかける。特に、学習に用いるアプリケーションで必要な操作は、全てのアプリケーションで統一されているわけではない。例えば、模造紙アプリケーションやプレゼンテーション作成アプリケーションにおいて画像ファイルを文中に挿入する際に、OS標準のダイアログからファイルを指定する場合もあれば、アプリケーションが持つ専用のダイアログからファイルを指定する場合もある。

本来であれば、ICT機器に関する質問はICT支援員が対応するものであるが、児童から見れば、教師もICT支援員も同じ大人であり、教師と同列に扱う事が多い。さらに、フューチャースクールにおいては、授業の実施内容をICT支援員と教師の間で共有することが多く、ICT支援員は学習内容に関する質問も対応することがある。

これらの現状から、ICT活用授業においては、教師やICT支援員に寄せられる質問が、一般的な一斉授業よりも増加する傾向にある。また、ICT機器に関する質問の場合、児童の学習状況を把握するために、ICT機器の動作状態を確認する必要があることから、一般的な一斉授業よりも、質問や呼び出しに費やす時間が増加する傾向にある。このため、ICT活用授業では、質問や呼び出しに対応することで授業の進行が滞り、授業が中断されたり、予定された学習内容がすべて履修できない場合がある。

### 3.3.2 ICT支援員の今後の配置に関する問題

政府の計画では、フューチャースクールでの実証実験の結果を活かし、2020年を目処に改良したICT活用授業を全国の学校に導入するとしている。一方で、今後のICT支援員の配置計画は発表されておらず、専門性の高いICTに関するサポートをどのように実施していくかは不明である。

予算や人員の観点から、ICT支援員は、1校あたりの配置を減らしたり、地域単位で遠隔地に配置するといったことが予想の一つとして挙げられている。実際に、県としてICT活用教育に取り組んでいる佐賀県の事例では、フューチャースクールにおけるICT支援員に当たるものとして、ICTサポーターというスタッフが配置されている[9]。このスタッフは、佐賀県から委託を受けた企業から派遣されるもので、ICT活用授業の実施校に一人のみが配置されている。

遠隔地にICT支援員が配置された場合には、生徒への操作支援などの即時に対応が必要な事例への対応が難しくなる事が考えられる。これは、現場にICT支援員がおらず授業の実施状況と生徒の状態の把握が難しくなること、そして、生徒の人数に対して配置されるICT支援員の数が少なくなることから考えられる問題である。

### 3.4 研究課題

本研究では、ICT活用授業において、児童からの質問や呼び出しのリクエストが集中した際に授業進行が滞る問題に着目する。これまでも述べたとおり、ICT活用授業では、学習内容の他にICT機器の使い方も同時に学ぶ必要があることから、一般的な一斉授業と比較して児童から教師への質問や呼び出しのリクエストが増加する傾向にある。また、教師やICT支援員による児童からの呼び出しへの対応の際に、学習状況としてICT機器の状態を把握する必要があることから、1つのリクエストの対応にかかる時間は、これまでより長くなる傾向にある。さらに、現状ではICT支援員が教師をサポートして授業を実施しているが、今後ICT支援員が全校に配置されるとは限らない。

本研究では、このリクエストの対応にかかる時間を短縮することで、ICT活用授業の授業進行が滞る問題に対処する。また、児童からのリクエストが集中した際に、教師の対応を何らかの方法でアドバイスすることで、授業が中断しない工夫を行う。この工夫により、ICT支援員が授業中に支援を行うことが出来ない場合、即ち教師一人でICT活用授業を行う際に、授業が混乱状態にならないことを目指す。なお、フューチャースクールは、小学校、中学校、特別支援学校を対象に選定されているが、本研究では、小学校におけるICT活用授業を対象として、授業中の授業進行の支援を行うことを目指す。

## 第4章 提案手法

本研究では、前章で述べた研究課題に対して、レスポンスマーカによるリクエスト発行の仕組みを提案する。本章では、レスポンスマーカの概要とその狙いについて述べる。

### 4.1 概要

レスポンスマーカの動作イメージを、図4.1に示す。図4.1は、発表スライドを作成する課題に取り組んでいる画面をイメージしたものである。この画面の右側に表示してある4枚の四角いタイルが、レスポンスマーカである。

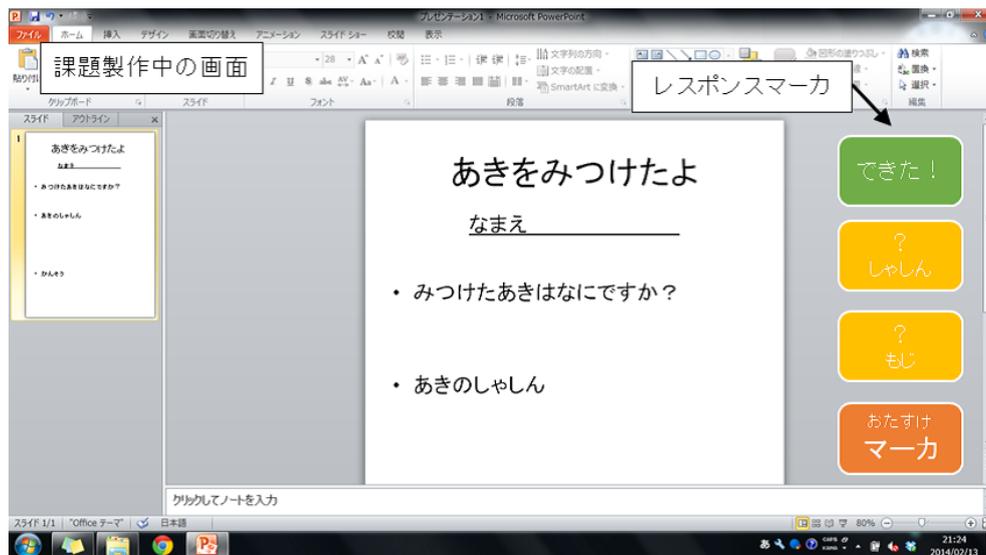


図 4.1: レスポンスマーカのイメージ

レスポンスマーカとは、本研究が提案する独自のオブジェクトである。レスポンスマーカは、マウスによるドラッグアンドドロップ操作で画面上を移動させることができる。

レスポンスマーカは、OS 常駐型のアプリケーションとして設計する。図4.2は、レスポンスマーカと OS、学習に用いるアプリケーションの関係を示したスタックモデルである。このように設計することで、学習に用いるアプリケーションに依存しない動作を実現する。



図 4.2: アプリケーションの位置付け

レスポンスマーカの表面には、質問文や行動を表す文字列を記述しておく。例としては、課題が完成したことを表す「できた!」や、ICT 機器の操作がわからないことを表す「どうやるの?」といった、児童が教師に要請するであろうリクエストを連想させる文字列である。児童は、このリクエストの内容が書かれたマーカをドラッグアンドドロップで移動させることで、教師に対して、レスポンスマーカの文字列に対応する内容のリクエストを発行することができる。リクエストは教師の ICT 機器に送信され、教師の ICT 機器上で、リクエストの種類と ICT 機器の状態を確認できるようにする。

## 4.2 送信する情報

レスポンスマーカでは、教師へ提示する情報として、ICT 機器の状態のうち、画面のキャプチャ、キーボード入力の状態を収集する。ここでは、画面キャプチャとキーボード入力の扱いについて述べる。

### 4.2.1 画面キャプチャとドラッグアンドドロップ操作

本提案手法では、学習状況を把握するために、ICT 機器の状態の情報として画面のキャプチャを教師の機器に伝える。児童は、学習に用いるアプリケーションの操作が分からない場合や製作中の課題が学習内容と合っているか確認してほしいといった時に、教師に注目して欲しい領域を指定するためにドラッグアンドドロップでレスポンスマーカを移動させる。教師には、図 4.3 で示すような、児童に指定された注目領域が送信される。ICT 活用授業では、図 4.4 に示す流れでリクエストへの対応がされるが、これにより、図 4.5 で示す部分について、教師が児童の学習状態とリクエストの意図の把握にかかる時間の短縮を狙う。

### 4.2.2 キー入力と操作不安

コンピュータに対して抱く不安を測るための尺度に、愛教大コンピュータ不安尺度 [10] がある。これは、コンピュータの操作時に抱くオペレーション不安、コンピュータに対し

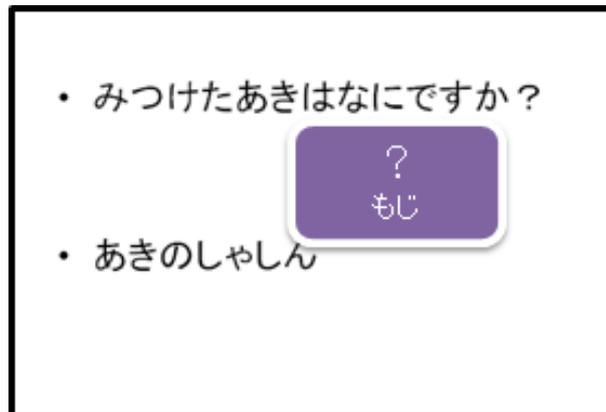


図 4.3: 指定された画面キャプチャのイメージ

て抱く接近願望，コンピュータ技術に対して抱くテクノロジー不安の3つの観点から，コンピュータへ抱く不安を数値化する尺度である。

この尺度を利用した報告に，オペレーション不安とキーボード入力速度についての報告がある [11]。図 4.7 は，広島大学で 2001 年に行われた，愛教大コンピュータ不安尺度のうち操作に対する不安を測るオペレーション不安の得点と，キーボード入力の打鍵速度の関係を調査した結果の報告である。調査は，広島大学で開講された「情報活用概論」，「情報活用基礎」，「情報活用演習」の 2001 年度前期の受講者を対象に行われた。このデータは標本数やオペレーション不安得点のデータが明記されておらず，詳細な分析はできない。しかし，図 4.7 からは，オペレーション不安の得点が高くなるにつれて，キー打鍵速度が遅くなる傾向が読み取れる。

本研究では，この傾向を利用して，Human Input Device (HID) のうち，キーボード入力の監視を行う。キーボードからの入力量を，児童の活動レベルの指標として扱う。

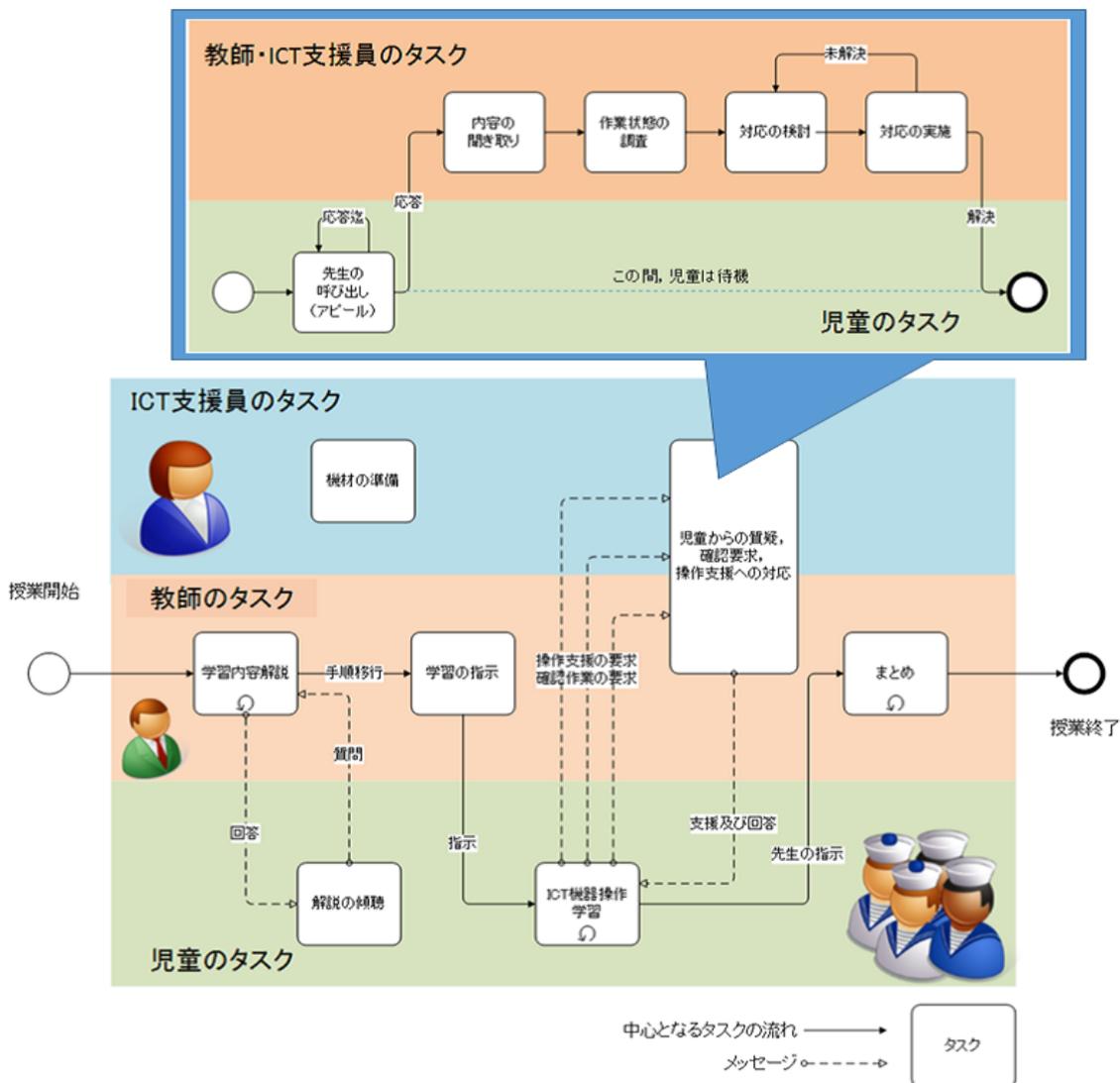


図 4.4: 授業とリクエストへの対応の流れ

### 4.3 レスポンスマーカの狙い

挙手による呼び出しの際の特徴として、児童は、教師が反応するまで積極的に教師を呼ぶことがあげられる。図 4.8 は、児童による教師の呼び出し行為の流れを図示したものである。呼び出し行為は、児童が学習の理解を進める上で重要な行為である。しかし、多数の呼び出しが発生し輻輳すると、教師が呼び出しに対応しきれず、対応待ちの児童が教師を呼びつづけてしまうことがある。これは、教師による教室内の状態の把握を妨げてしまう原因であり、授業が中断することもある。

提案手法では、リクエストの発行を挙手ではなくレスポンスマーカを用いて行うことで、必要以上の呼び出し行為を抑制し、教室内の混乱状態の回避を狙う。

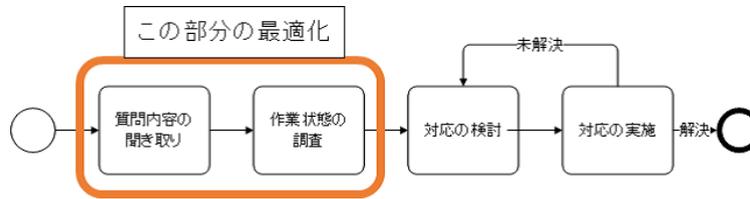


図 4.5: 教師の対応の流れと意図した最適化部分

下位尺度	質問項目
オペレーション不安 (7項目)	Q01. 私は、コンピュータの前に座っただけで、とても緊張してしまうだろう。 Q02. 人が見ている前でコンピュータの操作をすると恥をかきそうだ。 Q03. 私は、コンピュータのキーボードを見るとまったくうんざりする。 Q04. 私は、コンピュータを利用するとき、操作を誤って何かを壊しそうな気がする。 Q05. コンピュータは理論的な機械だから、手順さえふめば誰でも操作可能だろう。 Q06. コンピュータを聞いただけで、もうお仕上げの気持ちだ。 Q07. 就職してコンピュータを操作するような職場にまわされるかもしれないと考えると不安になる。
接近願望 (7項目)	Q08. 私は、お金があれば、友達よりも先にコンピュータを買おうだろう。 Q09. コンピュータは、人間よりも正直で信頼できそうだ。 Q10. コンピュータを操作している人を見ると、自分も早くそうなりたいと思う。 Q11. これからの社会では、コンピュータについて何も知らないことは恥ずべきことだ。 Q12. 私は、コンピュータについて何も知らないと思われても平気だ。 Q13. コンピュータの利用は、得意な人に任せておけばよい。 Q14. 私は、コンピュータについて、もっと知りたいと思っている。
テクノロジー不安 (7項目)	Q15. コンピュータは、人間の弱点を補ってくれる便利な機械だ Q16. 人工知能とか、コンピュータによる判断といった言葉を聞くと不愉快になる。 Q17. これからの社会は、コンピュータによって支配されてしまいそうな気がする。 Q18. コンピュータをうまく操作できない人を見ると親しみをを感じる。 Q19. 私は、新しいのもよりも伝統を大切にする方だ。 Q20. コンピュータに頼りすぎると、将来、何かよくないことが起こりそうな気がする。 Q21. 科学技術の発達によって、世の中が急速に変わっていくことに不安を覚える。

図 4.6: 愛教大コンピュータ不安尺度 [10]

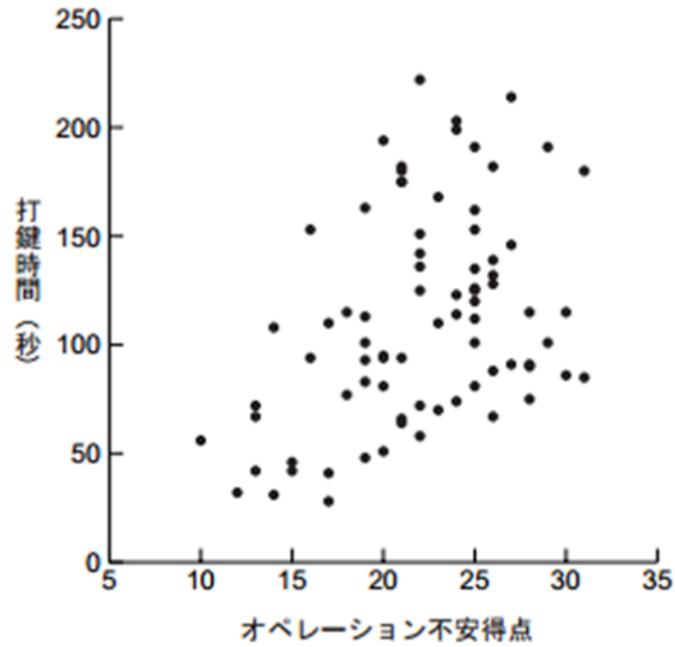


図 4.7: オペレーション不安得点とキー打鍵速度の関係



図 4.8: 児童による教師の呼び出し行為の流れ

## 第5章 関連研究

これまでも、授業の進行を支援するための研究が数多くなされてきた。一般的な授業を対象とした授業進行支援の研究には、レスポンスアナライザを活用した研究がある。また、コンピュータ教室を対象として、ICT機器を活用する授業の実施をサポートする製品も存在する。本章では、それらを紹介し、本研究との関連を述べる。

### 5.1 レスポンスアナライザ

レスポンスアナライザとは、集団反応分析装置のことである。少数の講師が多数の受講者に講義を行う際に、受講者の学習状況を把握するために使われるものである。図5.1は、レスポンスアナライザの製品の一例である [12]。受講者に回答ボタンの付いたリモコンを配布し、授業進行とともに講師が受講者に質問を投げかける。受講者が手元のリモコンで回答することで、講師は、即座に回答を集計したものを見ることができ、その結果を講義内で使用することも可能である。



図 5.1: レスポンスアナライザとそのシステムの一例 [12]

レスポンスアナライザを用いた研究は、いくつかの特徴に分けることができる。ここでは、本研究が参考とした2つの特徴を紹介する。

1つ目は、レスポンスアナライザを即時的な回答手段として用いて、一斉授業における学習効果を高めることを目的とする研究である [13]。授業の進行に合わせて選択回答式の

課題を実施し、受講者には、レスポンスアナライザを用いて課題の回答をさせる。レスポンスアナライザで収集した回答を、ディスプレイなどに一括して表示することで、学習の振り返りを即時に行い、学習効果を高めることを目指している。また、回答の選択肢として「なるほど」「分からない」のように授業について問うことで、授業の進行を改善する研究もある [14]。回答データの活用により、講義の改善に非常に役立つと報告されている。このほかに、質問や意見を学生が投稿する機能を備えたレスポンスアナライザの研究もある [15]。この研究では、学生の発言の自由度を高めることで、学生と教師および学生同士の相互作用が発生し、学習の動機付けの向上がみられたことが報告されている。

2つ目は、レスポンスアナライザで収集した回答を分析して、授業進行の助言を行うものである [16]。この場合のレスポンスマーカのコンテキストは、課題への取り組みや学習内容の理解度を問う質問が設定される。授業中に取り組む課題の進行状況を受講者がレスポンスアナライザを用いて回答することで、回答の分析結果として、経験的行動基準に則った授業の進行への助言を出力するものである。

本研究では、レスポンスマーカの着想に、以上の研究を参考とした。ただし、本研究の目的は、受講者である児童の学習状況を収集・分析し、講師である教師にわかりやすく見せることで、授業進行に役立てることである。この点で、参考とした関連研究とは異なる。

レスポンスマーカでは、学習状況として、画面のキャプチャ、Human Input Device (HID) の入力の状態など、ICT 機器の状態を収集する。このとき、画面の情報をキャプチャとして利用するときに、児童自らがマーカを操作し、画面上の情報のうち教師に注目して欲しい領域を指定することが、レスポンスマーカの特色である。こうすることで、ICT 機器を用いた学習の際に、児童が教師を呼ぶ理由をわかりやすく伝えることを狙っている。このため、レスポンスアナライザで回答のために必要である、回答ボタンの意味付けといった詳細なコンテキストが不要となる。

## 5.2 画面キャプチャによる観察

これまでも、小学校には、LL 教室やコンピュータ教室といった名称で、コンピュータを設置した特別教室が整備されてきた。この特別教室で行われる授業を対象として、コンピュータの管理を支援するシステムが存在する。

その支援システムの一つに、Sky 株式会社の SKYMENU Pro [17] がある。これは、一般的な小学校や中学校におけるコンピュータ教室の運用支援を目的としたもので、授業中に児童・生徒の PC を入力禁止する機能や、画像などを用いたデジタルコンテンツの作成・共有をサポートする機能などを持つ。

この製品には画面共有機能があり、教師が児童の画面のキャプチャを閲覧することが出来る。レスポンスマーカの画面キャプチャ機能は、この機能を参考としたものである。

しかし、この機能は図 5.2 のように、児童の画面を単一的に並べて縮小表示しているのみである。本研究では、教師による児童の ICT 機器の状態確認にキャプチャを積極的に

用いることから、画面キャプチャで表示する領域を児童が自由に指定できるアプローチを採る。

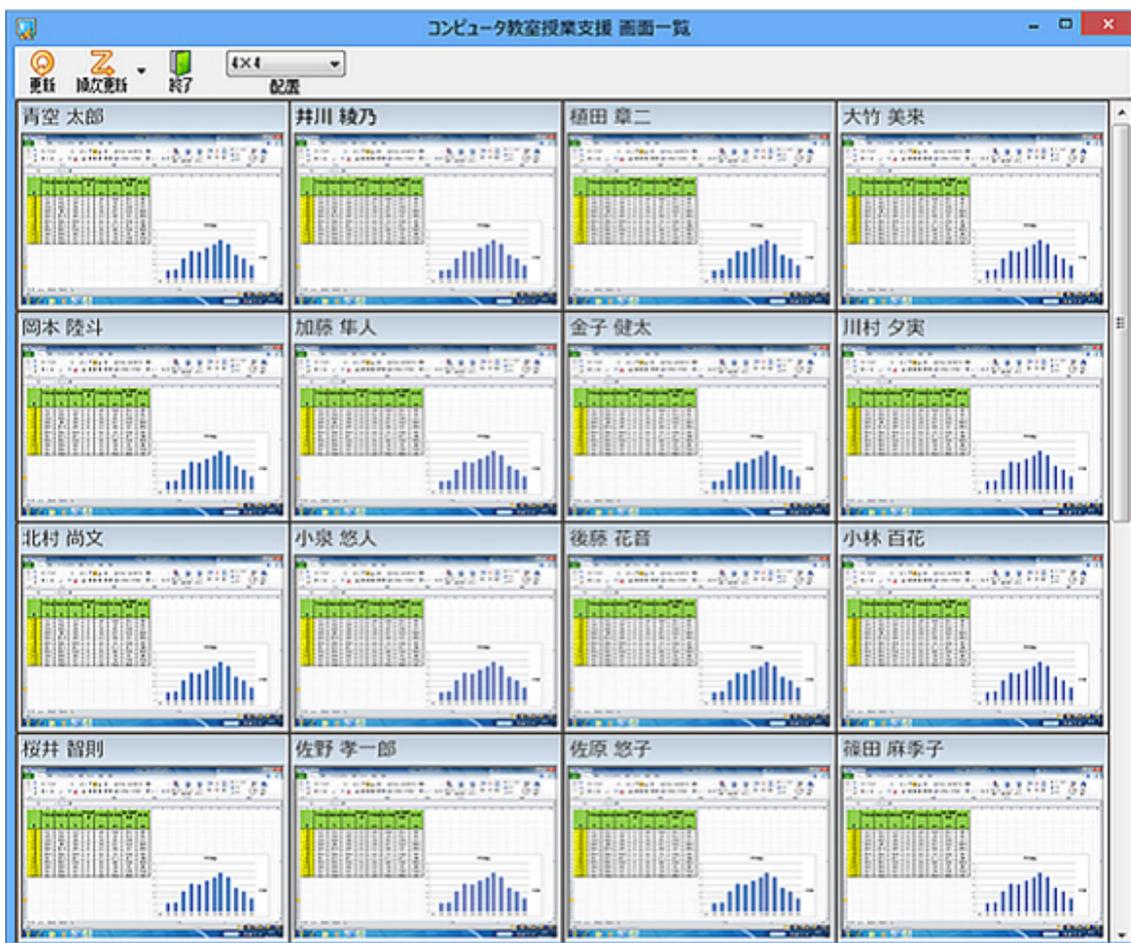


図 5.2: SKYMENU Pro の画面表示機能

## 第6章 システムの設計

本章では、提案手法のシステムの設計と、それに基づくエージェントの設計について述べる。

### 6.1 システム要件

図 6.1 は、ICT 活用授業の実施環境と、実施環境から考えられるシステムの性能的な要件を示したものである。

ICT 活用授業は、計画に基づいて授業が実施されることから、授業進行の遅れは許さない。また、システムや ICT 機器は使えることが前提で授業が行われる。このことから、システムは軽量の動作で、トラブルが発生しにくいことが求められる。また、ICT 活用授業においては無線 LAN によるネットワーク接続が用いられることから、通信が安定しない環境でも十分に運用が可能な性能が求められる。通信内容についても、教師は、多数存在する児童からの通信を受信する必要があることから、できるだけ軽量の通信を行うことが求められる。最後に、学習に用いる ICT 機器は、全て同じ性能である保証がない。これは、故障により代替機を使用する可能性があることが理由である。また、将来的に BYOD (Bring Your Own Device) と言い、児童が自分自身のデバイスを持ち寄るスタイルも提唱されていることから、性能や仕様が統一されていない環境でも動くシステムが求められる。

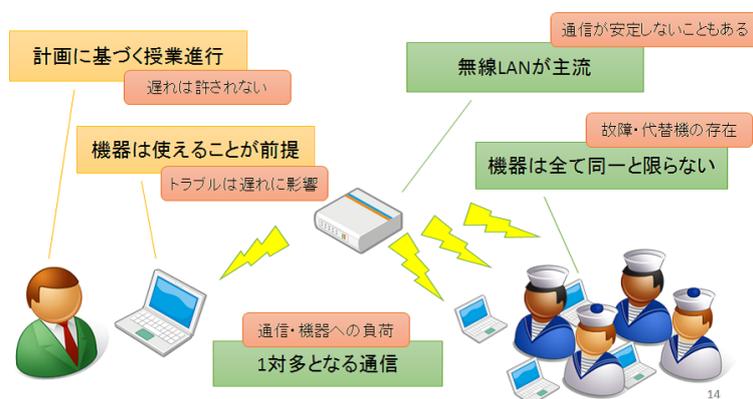


図 6.1: ICT 活用授業の実施環境とシステム要件

## 6.2 エージェントの設計

システムの要件から検討を行った結果、システムをマルチエージェントシステムで構築することとした。

マルチエージェントシステムは、複数のエージェントから構成されるシステムで、それぞれのエージェントが独立して動作する。エージェントは、自立性、社会性、反応性、自発性という4つの性質を持つ。

エージェントの行動や内部状態を自身で制御できる自立性は、システム要件のうち、性能や仕様が統一されていない環境でも動くという要件に対応する。エージェントが置かれた環境を認知し、適切に応答ができる反応性は、レスポンスマーカが操作された時、あるいは機器の状態が不安定になった時など、システムの安定した動作のために必要な機能である。置かれた環境に対して目標を設定し実行することができる自発性は、システム要件のうち、不安定な通信環境においても安定した通信を行うという要件に対応する。最後に、他のエージェントや人間と情報交換ができる社会性によって、教師のエージェントと児童のエージェントの間で情報交換を行い、最終的にユーザである教師に情報を提供する。

以上より、本提案手法の実装には、マルチエージェントシステムが最適と考えた。

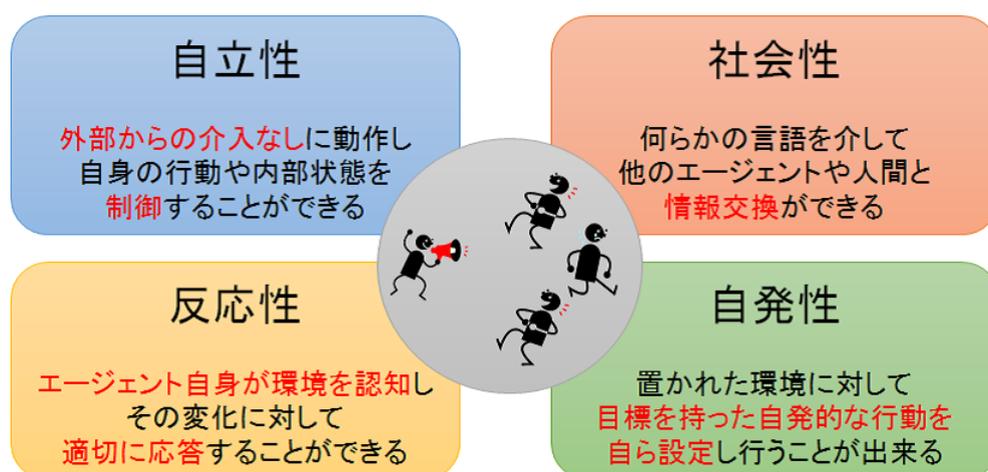


図 6.2: ICT 活用授業の実施環境とシステム要件

設計するエージェントにはレスポンスマーカを実装し、リクエストを発行する機能を持つ児童エージェントと、児童エージェントから情報を収集し、教師に情報を表示する教師エージェントの2種類を実装する。

### 6.2.1 児童エージェント

児童エージェントは、図 6.3 に示すように、リクエストや ICT 機器の画面キャプチャといった機器の状態を監視し、教師エージェントに情報の送信を行う。動作に必要なレスポンスマーカの文字列などの情報は、起動時に教師エージェントから受信を行う。

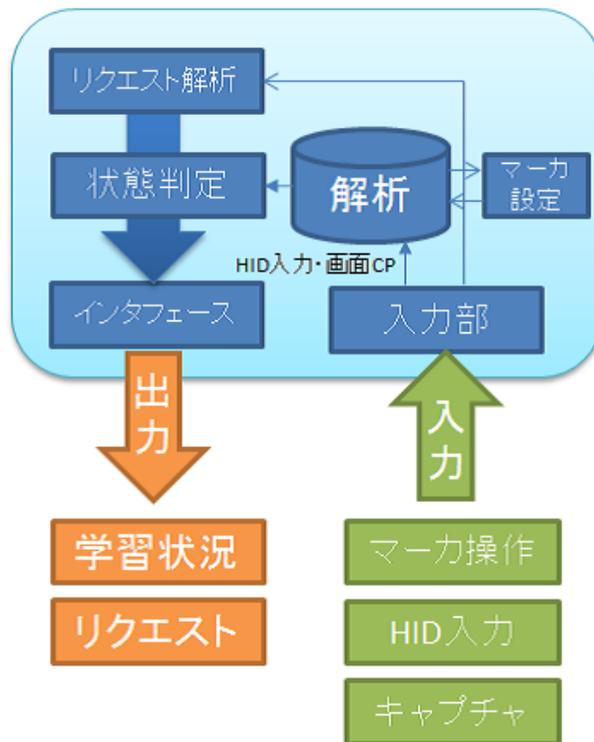


図 6.3: 児童エージェントの構成

## 6.2.2 教師エージェント

教師エージェントは、児童エージェントから情報を受信し表示する。また、収集した情報を基に、授業進行のアドバイスを提供する。そのために、受信したデータを記憶し必要に応じてデータ全体の分析を行う。

## 6.2.3 エージェントと教師・児童の関わり

各エージェントと教師、児童の関係を、図 6.5 に示す。児童は、質問などの対応のリクエストを、レスポンスマークを用いて教師に出す。教師は、システムの実行結果を確認して、児童への対応に当たる。このシステムは、児童への対応を行う際に機器の状態の確認にかかる時間を短縮させ、リクエストへ対応する時間を短くすること、児童からのリクエストが集中した際に、教師が適切に対応できるようにアドバイスを行うこと、以上の二点に主眼をおいている。そのため、実際の児童への対応は、従来通り教師が直接に児童へ行う。

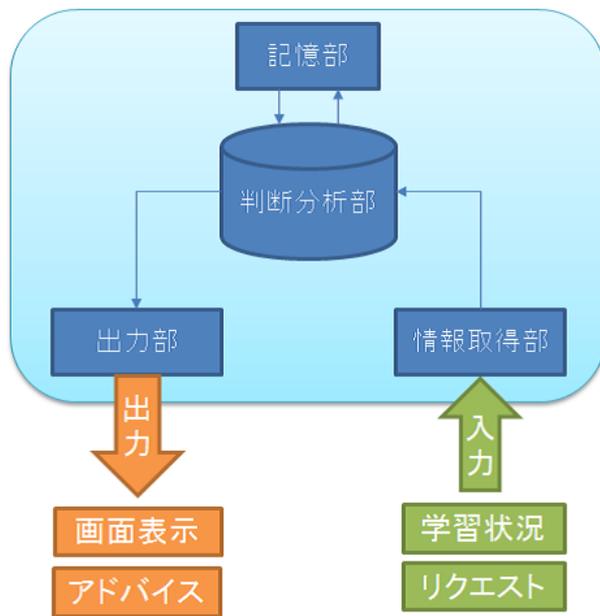


図 6.4: 教師エージェントの構成

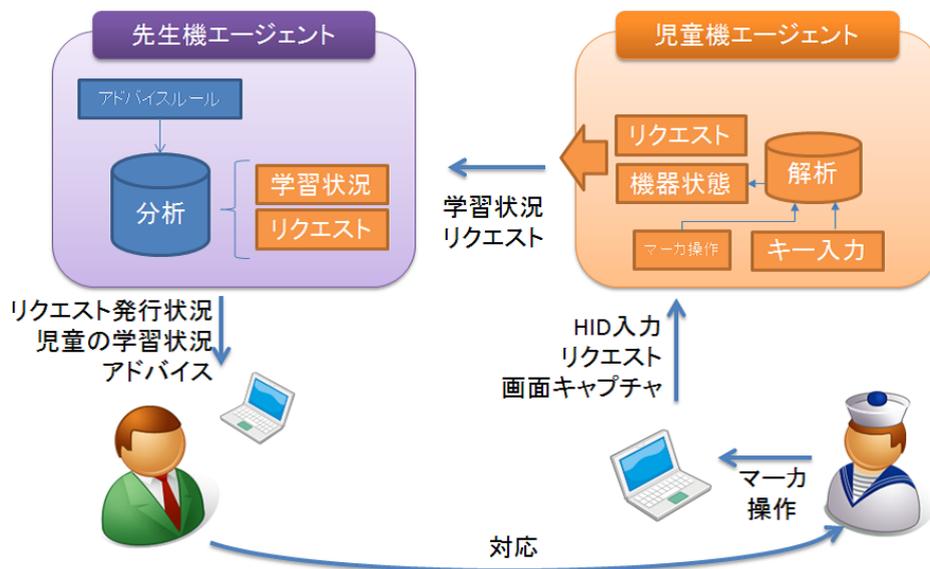


図 6.5: 各エージェントと教師，児童の関係

## 第7章 システムの実装

本研究では，提案手法の有効性を調査するために，Windows 単一プラットフォームを対象にプロトタイプを開発した．開発は，エージェントの動作が軽量となることを期待して，Microsoft VisualStudio 2013 の Microsoft Foundation Class (MFC) を用いて行い，Windows アプリケーションとして製作した．エージェント同士の通信は，Winsock2 を用いた TCP/IP 通信で実装した．開発期間の短縮のために，システムは LAN 内でのみ使用することとして，通信内容の暗号化と圧縮は行わず，バイナリデータを直接送信する仕様とした．また，教師エージェントと児童エージェントの接続には，IP アドレスを直接入力する方法をとった．

次に，製作したプロトタイプアプリケーションについて，教師用アプリケーションと児童用アプリケーションに分けて述べる．

### 7.1 児童エージェント

児童用アプリケーションは，レスポンスマーカの表示と PC の状態の監視，教師用アプリケーションへの情報の送信を行う．収集する情報と収集するタイミングは，表 7.1 の通りとした．

図 7.1 は，実際の動作画面である．起動時にはレスポンスマーカは表示されず，代わりに，画面右下にレスポンスマーカを表示するための呼び出しボタンを表示してある．このボタンをクリックすることで，画面上にレスポンスマーカが表示される．これは，学習中にレスポンスマーカが邪魔にならないための工夫である．

エージェントの動作の流れは図 7.2 の通りである．リクエストは，レスポンスマーカをドラッグアンドドロップによって移動し終わった瞬間に発行される．

表 7.1: 児童エージェントで収集する情報

収集する情報	目的	収集のタイミング	送信のタイミング
フルスクリーン のキャプチャ	学習状況の把握のため	教師機に接続されてから 30秒毎にキャプチャ	キャプチャ後にすぐ送信
キー入力回数	児童の活動レベルの把握のため	5秒間のキー入力を監視	画面キャプチャと同時
リクエスト	児童のリクエストを教師に伝えるため	レスポンスマーカが操作されたとき	レスポンスマーカが操作されたとき
リクエスト発行時の 画面キャプチャ	学習状況の把握のため	レスポンスマーカが 操作されたとき	キャプチャ後にすぐ送信

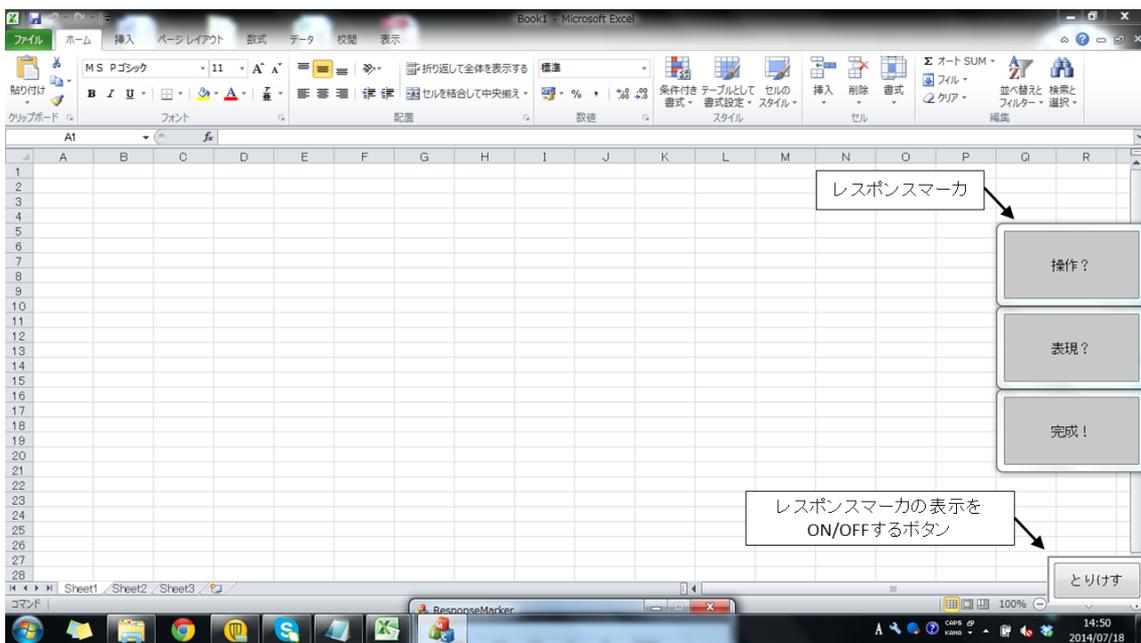


図 7.1: レスポンスマーカ（展開中）

## 7.2 教師エージェント

教師エージェントでは、児童エージェントから受信した各種情報を表示し、必要に応じて教師にアドバイスを表示する機能を持つ。エージェントの動作の流れを、図 7.3 に示す。

図 7.4 は、教師エージェントの動作中の画面である。このときには、1 台の児童エージェントが接続されている。また、1 つの接続待機ウィンドウを表示している。このウィンドウは、サイズを自由に変更することが可能である。児童からのメッセージやシステムの情報は、図 7.4 の状態表示ウィンドウに表示される。図中には「CANCEL」「PREV」と表示されたボタンがあるが、これは将来の拡張のために準備してあるものであり、現段階では機能を割り当てていない。図 7.6 は、リクエストとともに受信する児童の画面キャプチャを表示しているところである。

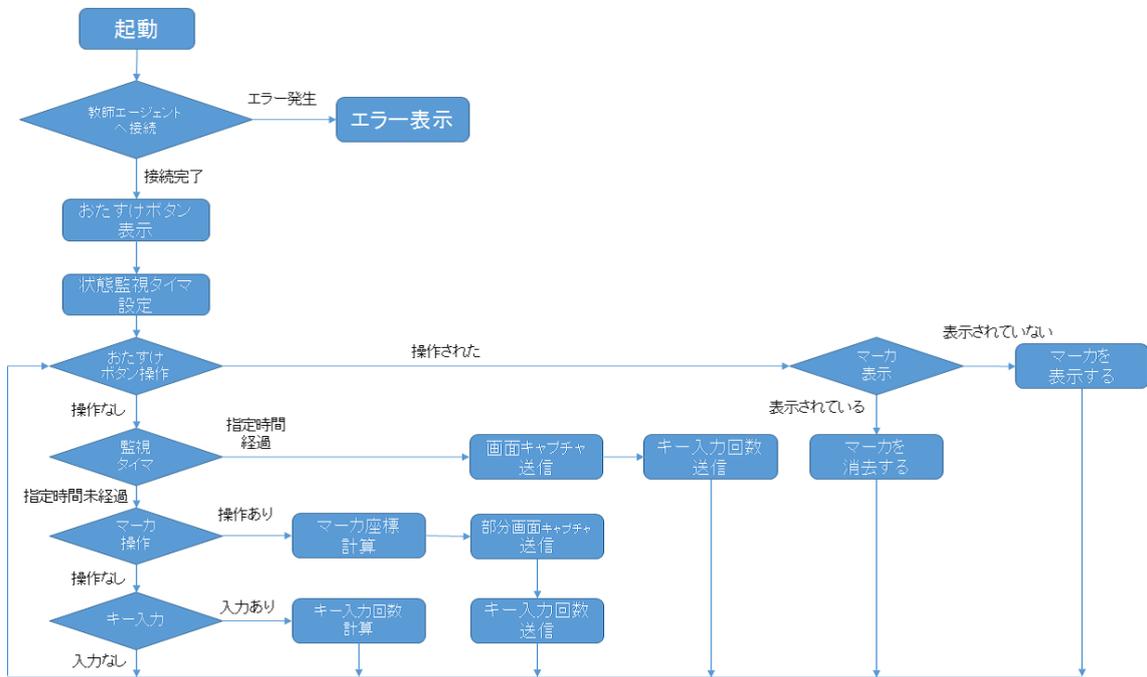


図 7.2: 児童エージェントの動作フロー

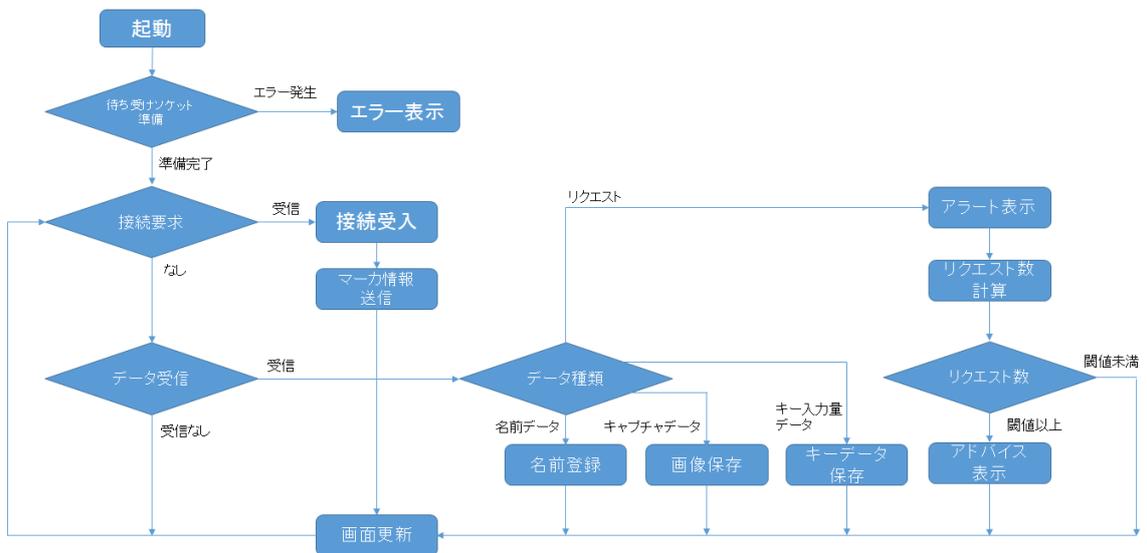


図 7.3: 教師エージェントの動作フロー

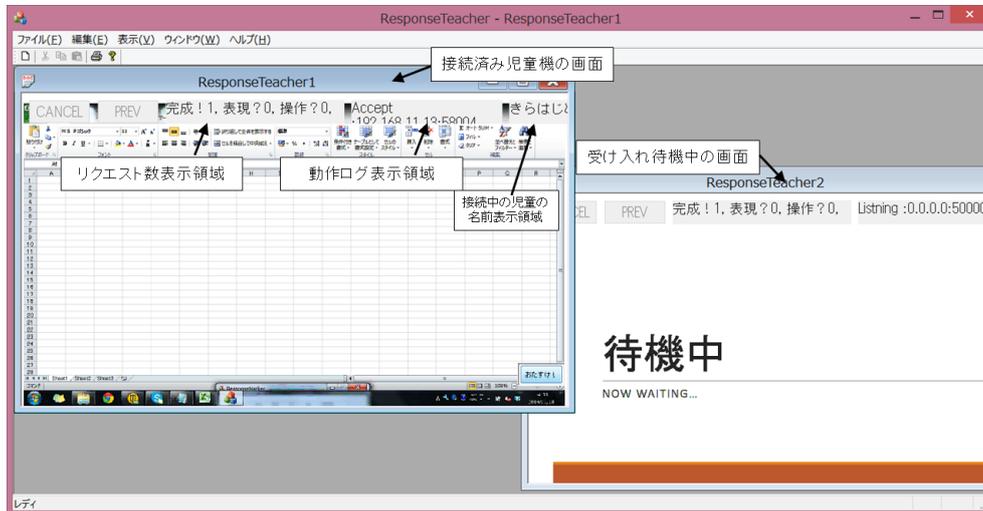


図 7.4: 教師エージェントの動作の様子

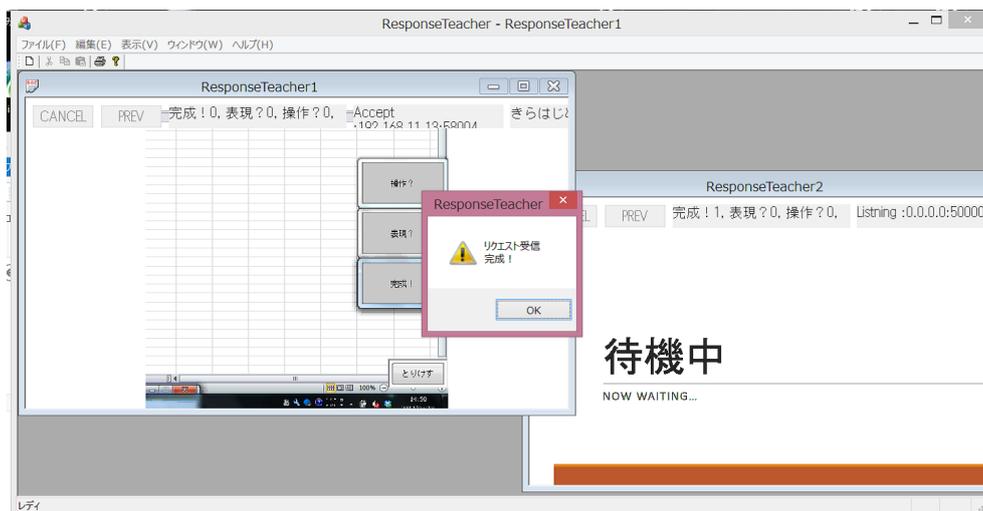


図 7.5: リクエスト受信時



図 7.6: リクエスト受信時の画面キャプチャ

## 第8章 予備実験

本実験に先立ち、開発したアプリケーションの使用感を調査するために、予備実験を行った。本章では、予備実験の目的、方法とその結果を述べる。

### 8.1 目的

予備実験では、レスポンスマーカと教師用アプリケーションの使いやすさを高めることを目的に、プロトタイプとして製作したアプリケーションの操作性と使用感を調査した。被験者へは、記入式のアンケートを実施し、アプリケーションの使用感と有用性、改善点などを回答してもらった。

### 8.2 方法

実験は、本学の情報科学研究科に在籍する学生4名を対象に行なった。このうち、教師役として1名、学生役として3名を割り当てた。表8.1に、事前アンケートで調査した被験者のPC使用経験を示す。

表 8.1: 被験者のPC利用度

被験者	実験における役	1日の平均PC利用時間	PCの主な利用目的
A	教師	2時間	ウェブブラウジング
B	学生	8時間	プログラミング
C	学生	6時間	ウェブブラウジング
D	学生	8時間	ゲーム、調べ物（ネット）

被験者は、PCを用いてウェブブラウジングをする機会が多く、キーボードとマウスを用いたPCの基本的な操作は問題なく行えることを確認した。

この被験者らにICT活用授業のスタイルを経験してもらうために、レスポンスマーカを使わない施行と、レスポンスマーカを使う施行を1回ずつ行った。実験は、一斉授業のスタイルで短時間の授業を行った。被験者らは、一人の教師役と複数の学生役に分かれて

行い、同じ人員構成でレスポンスマークなしの試行とレスポンスマークありの施行を1回ずつ実施した。実験の1つの試行は40分で、教師役による解説を25分行った後、15分間の課題製作をPCを用いて行った。全ての施行の実施後に、レスポンスマークの目的と狙いの説明を行い、表8.2のアンケート調査を実施した。

表 8.2: 実験終了後にとったアンケート項目

番号	項目
1	レスポンスマークの使用感を直感でお答えください。(選択式) (1) 使いやすい, (2) どちらかと言えば使いやすい, (3) どちらでもない, (4) どちらかと言えば使いにくい, (5) 使いにくい
2	レスポンスマークは、ICT活用授業における質問の場面で、役に立つと思いますか?(選択式) (1) 役に立つ (2) どちらかと言えば役に立つ (3) どちらでもない (4) どちらかと言えば役に立たない (5) 役に立たない
3	実験中に、レスポンスマークが使いづらかったと感じた点があれば、記入をお願いします。 (自由回答)
4	実験中に、レスポンスマークがあってよかったと感じた点があれば、記入をお願いします。 (自由回答)
5	レスポンスマークが有効だと思う場面があれば、記入をお願いします。 (自由回答)
6	レスポンスマークが有効でないと思う場面があれば、記入をお願いします。 (自由回答)
7	その他、実験に関してご意見があれば、記入をお願いします。 (自由回答)

次に、課題の内容を、レスポンスマークあり試行とレスポンスマークなし試行について述べる。

### 8.2.1 レスポンスマークなし試行

文章の効果的な要約の手法を学ぶ授業を行う。その実習として、OpenOffice.org オフィススイートのプレゼンテーションソフト「Impress」を用いて、文章の要約を行う。

要約は、箇条書きで3行程度にまとめ、それ以外のフォーマットは自由とする。要約する文章は、児童に配布する別紙のものを用いる。

1. 教師による学習内容の解説
2. 課題内容の説明と課題資料（要約を行う文章）の配布
3. 質問時間（挙手制）
4. 課題への取り組み（この時間のリクエストは挙手により行う）
5. 課題の成果物を発表

## 8.2.2 レスポンスマーカあり試行

効果的な自己紹介プレゼンの仕方を学ぶ授業を行う。その実習として、OpenOffice.org オフィススイートのプレゼンテーションソフト「Impress」を用いて、自己紹介シートを作成する。教師は、自己紹介シートに自身の名前と、アピールポイントを最低1つは記述するように指導する。また、第3者が閲覧した時に見やすいよう、図形を用いることも指導する。ただし、図形に限っては必ずしも使うことを目的としない。それ以外のフォーマットは自由とする。課題に取り組む時間における質問は、全てレスポンスマーカを用いて行う。授業の進行は、次の順で行う。

1. 教師による学習内容の解説
2. 課題内容の説明
3. 質問時間（挙手制）
4. 課題への取り組み（この時間のリクエストはレスポンスマーカを用いて行う）
5. 課題の成果物を発表

## 8.3 結果

実験終了後に行ったアンケート調査の回答結果を表 8.3 に示す。実験の結果、レスポンスマーカの使用感と有用性の両方に、両極の意見が出た。

レスポンスマーカの使用感について「5. 使いにくい」と回答した被験者と、レスポンスマーカの ICT 活用授業における有用性について「5. 役に立たない」と回答した被験者は同一人物である。この被験者は、実験の手順のうち、Impress を用いて課題の製作を行うことに不満を述べていたため、実験前の説明において、ICT 活用授業のコンセプトと実験の目的についての説明が不足していた可能性も考えられる。

しかし、それ以外の被験者からも「質問のキャンセルをユーザがやらなければいけない点」や「画面の更新ボタンがなく、30 秒の自動更新しか画面を更新できない」など、レスポンスマーカの操作性については課題が挙げられた。また、「質問内容が明確でない場合にボタンを画面の何処に持っていけばよいかわからない」と言った意見や、レスポンスマーカが有効でない場面として生徒側のレスポンスマーカの使用頻度が多い場面が挙げられたことから、レスポンスマーカのコンセプトとして大幅な見直しが必要な点も判明した。

キー入力量を表示することについては、コメントが一切得られなかった。教師役の被験者へアンケートとは別に聞き取りを行ったところ、キー入力量は全く参考にしなかったことが判明している。この機能については、データの表示方法だけでなく、データの活用方法を含めて再検討が必要である。

一方で、「こちらの状況を直感的に伝えられる点」や「生徒の課題の進行状況が把握しやすい」などの、レスポンスマーカのコンセプトに沿う意見も得られており、機能の改善によって、レスポンスマーカの目的に沿った効果が得られる可能性があることが分かった。

表 8.3: 回答結果

質問番号	回答結果
1	回答の内訳 (1, 3, 2, 5)
2	回答の内訳 (1, 2, 2, 5)
3	3つしかボタンがないので、それ以外の質問をする場合は不便だと感じた 教師側で質問に対応した後の質問マーカの消し忘れが消せない 画面の更新ボタンがなく、30秒の自動更新しか画面を更新できない 質問のキャンセルをユーザがやらなければいけない点
4	こちらの状況を直感的に伝えられる点 完成ボタンで全体の進行度の把握しやすくなる 生徒の課題の進行状況が把握しやすい 問い合わせを出して以降その他の作業に集中できる点
5	パソコンの操作以外の質問する場合 質問内容が明確でない場合にボタンを画面の何処に持っていけばよいかわからない 生徒側のレスポンスマーカの使用頻度が少ない場合 手を挙げ辛いと思っていた内気な生徒も気軽に質問ができるので有効 作業をさぼっているまたは作業止まりになっている生徒をみつけられる点
6	生徒側のレスポンスマーカの使用頻度が多い場面 生徒の人数が多く、かつ、画面を頻繁に確認しなければならない場面 少人数の授業の場合
7	受講者側は教師のパソコンにどれだけこちらの情報（質問内容）が伝わっているのかわからない 質問を一から説明する可能性がある 教師にとって、質問の内容の推測が負担になる可能性がある

## 第9章 エージェントの改良

予備実験で得た意見を参考に，エージェントの改良を行った．改良点を，児童用アプリケーション，教師用アプリケーションのそれぞれについて述べる．

### 9.1 児童エージェント

通信の安定化を図るため，通信内容のうち，画面キャプチャのデータを圧縮するようにした．これまでは，実験を LAN 内の同一セグメントで行うことから，開発期間短縮を目的として，通信路の圧縮を一切行ってこなかった．予備実験のアンケートより，画面のキャプチャの頻度を高める要請が見られたこと，次に行う評価実験では，更に多くの PC を接続して実験を行うことから，画面のキャプチャのデータについて，deflate 方式で圧縮することとした．これにより，従来まで 5MB 程度あったキャプチャデータを 100KB～1MB のサイズに削減することが出来た．

また，実験中にみられたレスポンスマーカの操作ミスについて対処した．予備実験で用いたレスポンスマーカは，図 9.1 のようにマーカの縁の幅が広く，マウスでドラッグアンドドロップする際に誤ってマーカを掴み損ねることが見られた．そのため，図 9.2 のようにレスポンスマーカの縁を薄く表示することとした．

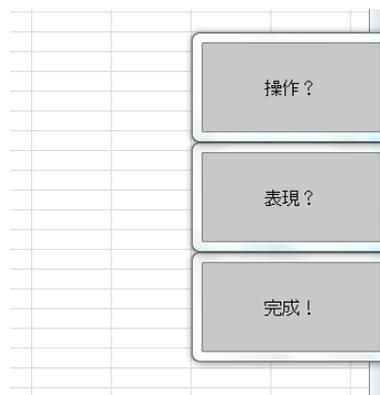


図 9.1: 改良前のマーカ

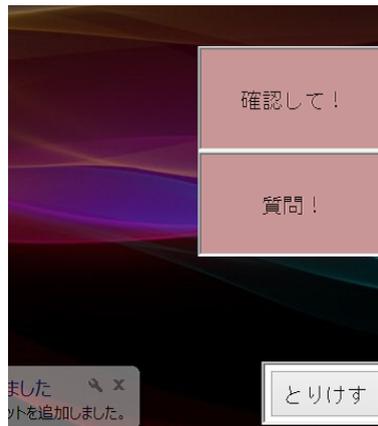


図 9.2: 改良後のマーカ

## 9.2 教師エージェント

予備実験のコメントより、リクエストが集中するとアラートが複数表示され、リクエストごとの内容が把握しづらいことがわかった。そのため、リクエストを受信した時は、音で教師に知らせることとし、画面キャプチャの表示画面で色とメッセージでリクエストの内容を知らせることとした。図 9.3 は、改良した教師エージェントのビューである。リクエストを見分けやすくするために、図 9.4 のように、表示色はリクエストの種類によって異なるよう設計した。

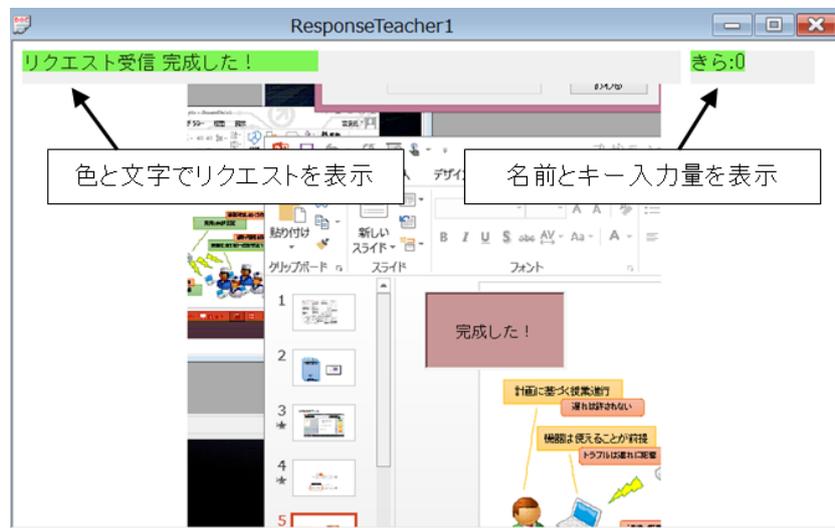


図 9.3: 改良後の教師エージェントのビュー

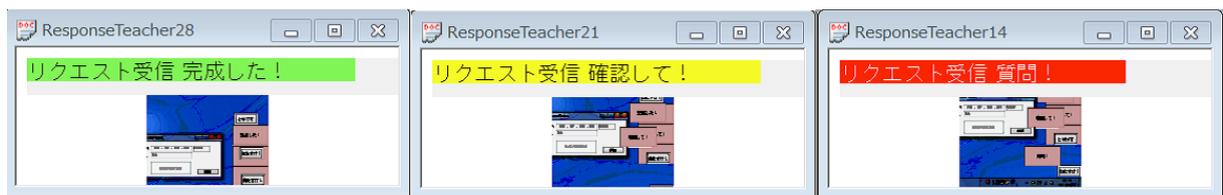


図 9.4: リクエストによる表示色の違い

## 第10章 評価実験

改良したエージェントを用いて、レスポンスマーカの接続試験と評価実験を行った。

### 10.1 接続実験

この実験では、教師エージェントが児童エージェントの接続をどの程度受け入れられるかを確かめる。用いるPCは、教師用が1台、児童用が7台である。児童用アプリケーションは、複数起動に対応して設計したものをを用いて、1台のPCで複数のアプリケーションを動作させる。PC同士は、無線LAN（IEEE802.11n）によってアクセスポイント経由で接続した。

その結果、23の児童用アプリケーションが教師用アプリケーションに接続でき、この上で画面キャプチャやリクエストの送受信ができることがわかった。24以上の児童エージェントを接続すると、教師エージェントと児童エージェントの双方で、ネットワーク通信エラーが見受けられた。エラーでは、ソケットの強制切断、接続相手のロストが見受けられたが、詳細な原因は検証していない。

ただし、23台接続時のプロセスの負荷は、実験に用いたPCのCPU使用率で7%以下であった。このことから、CPUにかかる負荷が原因であることは考えられない。

一般的な小学校では、一クラス40人前後が在籍しているため、現段階では、教師エージェントは実運用のためのシステム要件は満たすことができていない。通信方法には、現状のエージェントで採用している、1対多接続の方式の他に、ピア・ツー・ピア接続やホッピングによるバケツリレー方式の通信方法もある。これらの技術の採用を検討し、少なくとも40の児童エージェントと教師エージェントが通信できるよう、通信処理部の改良が必要であり、この点は今後の課題である。

### 10.2 評価実験

接続実験で、教師エージェントには23の児童エージェントを接続できることがわかった。この接続試験と同様の環境で、大学院生を対象とした小規模の評価実験を行った。その目的と方法、結果について述べる。



図 10.1: 同時接続試験の様子

## 10.3 目的

評価実験の目的は、ICT 活用授業において、レスポンスマーカが受講者と講師にとって利用に値するものかを調査することである。本来であれば、本研究が対象とする小学校における ICT 活用授業で実験を行うべきであるが、エージェントの完成度の低さ、実験環境の手配の問題から、学内で実験を行った。

利用に値するかの判断基準として、受講者の質問のしやすさ、講師の質問に対する状況把握のしやすさ及び質問への対応のしやすさについて、被験者にアンケート調査を行い、その結果から検討する。

## 10.4 方法

実験は、情報科学研究科に所属する学生 8 名を対象に行った。図 10.2 は、実験の様子である。

実験は、予備実験と同様に、レスポンスマーカを用いない施行とレスポンスマーカを用いる施行をそれぞれ 1 回ずつ行った。被験者の役割は、教師役 1 名、学生役 7 名とした。この実験の参加者と配役は、2 回の実験でどちらも同じとした。また、ICT 活用授業をイメージして、著者ともう 1 名の学生が ICT 支援員の役についた。ICT 支援員役は、授業の内容には触れず、機器トラブルへの対処のみを行った。

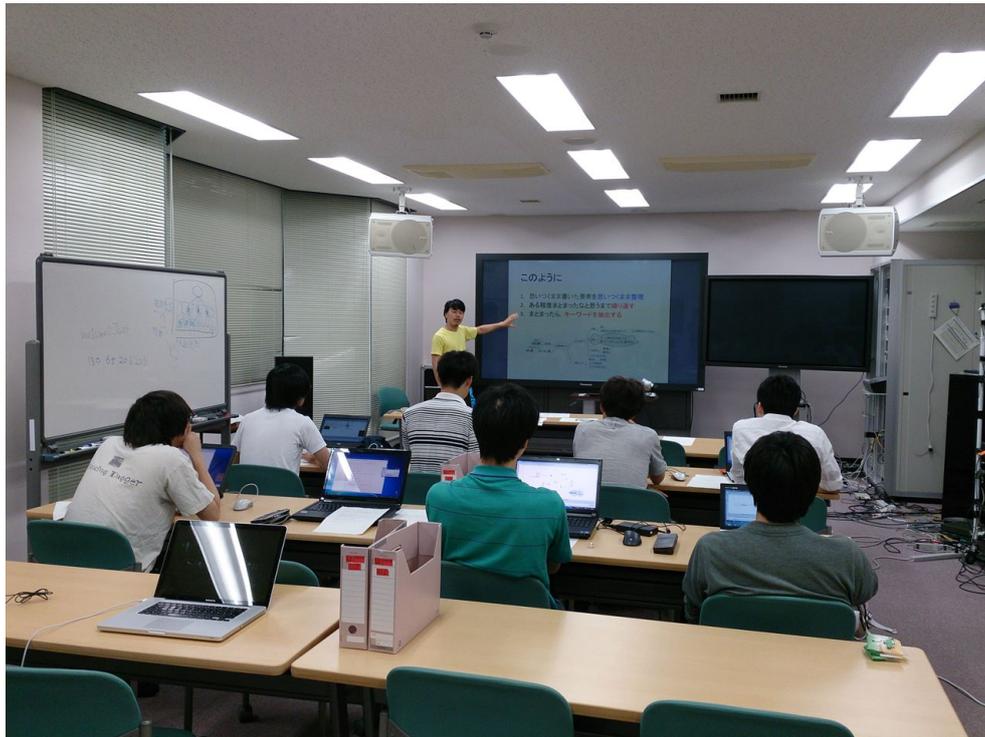


図 10.2: 実験の様子

#### 10.4.1 実験のシナリオ

評価実験では、ICT活用授業をイメージした形式で、マインドマップの基本的な描き方を学ぶ授業を行った。マインドマップを題材とすることで、普段使い慣れていないツールを用いて学習する環境を作ることを狙った。

被験者への負担を減らすために、1回の実験は25分となるよう教師役に指示をした。また、教師役の負担を減らすために、マインドマップについての知識と授業の流れを記した補助資料を、実験開始前に教師役の被験者に提示し、熟読するよう指示した。

マインドマップの作成には、フリーのマインドマップ作成アプリケーションであるFreeMindを用いた。最初の実験では、マインドマップの描き方のうち、セントラルイメージの作成と、3本程度のメインブランチの作成を行った。作成に必要なFreeMindの機能は、授業の進行とともに説明を行うこととした。授業の最後には、簡単な課題として、メインブランチが3本程度の小規模なマインドマップを自由に作成してもらった。

2回目の実験では、1回目の実験で作成したマインドマップを発展させる課題とした。この実験では、新たにメインブランチから派生するブランチの作り方と、ブランチの整理の仕方を説明することとした。

ブランチの整理には、アイコンをブランチに書き込む方法、囲い線でブランチをグルーピングする方法、ドラッグアンドドロップでブランチを移動する方法を採用した。次に、課題として「JAISTの入学者を増やすためには」タイトルでマインドマップを作ること

とした。内容は、最終的に発表できるアイデアが3つ出る程度とし、マップ自体もメインブランチを3本程度持ち、それぞれにブランチを持つものとした。最後に、整理したマインドマップを用いて、「JAISTの入学者を増やすためには」についてアイデアを3つ程度発表してもらった。

実験を通して、使い慣れていないツールを用いた学習と課題制作を行うことから、ICT活用授業における「アプリケーション使い方がわからない質問」が被験者から出ることを狙った。なお、被験者のマインドマップに関する知識は、実験終了後に実施したアンケートから、全員がマインドマップを書いたことがなく、書き方のルールも知らないことを確かめている。

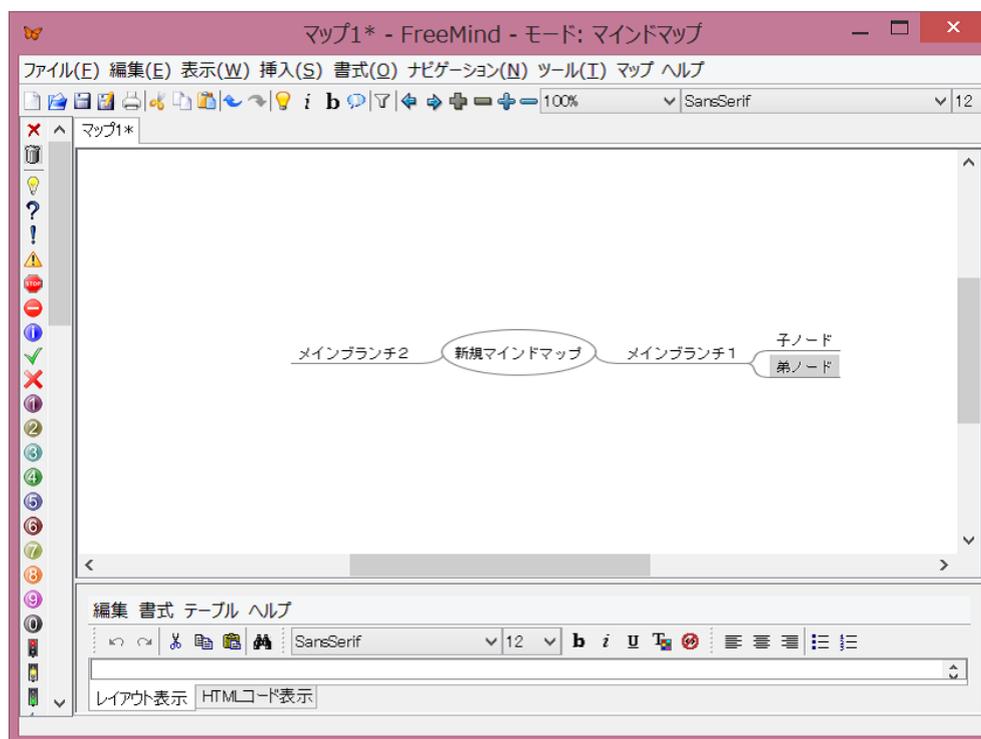


図 10.3: FreeMind

## 10.5 実施したアンケート調査

実験の後に、アンケートによる調査を被験者に実施した。表 10.1, 表 10.3 のアンケートは、2回の施行で共通して行った。表 10.2, 表 10.4 のアンケートは、2回目のレスポンスマーカを用いた施行後のみに行った。

表 10.1: 共通のアンケート項目

質問番号	項目
1	課題の難易度を5段階で評価してください。(選択式) 5: 易しい, 4: どちらかといえば易しい, 3: どちらでもない, 2: どちらかといえば難しい, 1: 難しい
2	課題の負荷を5段階で評価してください。(選択式) 5: 疲れない, 4: どちらかといえば疲れない, 3: どちらでもない, 2: どちらかといえば疲れる, 1: 疲れる
3	あなたは質問をどの程度しましたか? 回数でお答えください。 (自由回答)
4	質問に対する教師の反応の早さを5段階で評価してください。 5: 早い, 4: どちらかといえば早い, 3: どちらでもない, 2: どちらかといえば遅い, 1: 遅い
5	質問の際に困ったことがあれば、お書きください。 (自由回答)

表 10.2: レスポンスマーカあり施行のアンケート項目

質問番号	項目
1	レスポンスマーカの操作性を5段階で評価してください。(選択式) 5: 操作しやすい, 4: どちらかといえば操作しやすい, 3: どちらでもない, 2: どちらかといえば操作しづらい, 1: 操作しづらい
2	レスポンスマーカの動作を5段階で評価してください。(選択式) 5: 軽い, 4: どちらかといえば軽い, 3: どちらでもない, 2: どちらかといえば重い, 1: 重い
3	レスポンスマーカを用いた質問の仕方について、次の5段階で評価してください。(選択式) 5: 質問しやすい, 4: どちらかといえば質問しやすい, 3: どちらでもない, 2: どちらかといえば質問しやすい, 1: 質問しづらい
4	質問に対する教師の反応の早さを5段階で評価してください。 5: 早い, 4: どちらかといえば早い, 3: どちらでもない, 2: どちらかといえば遅い, 1: 遅い
5	上記の理由をお書きください。 (自由回答)
6	レスポンスマーカを用いた場合と用いない場合では、どちらが質問しやすいですか。 次の5段階で評価してください。 5: RMあり, 4: どちらかといえばRMあり, 3: どちらでもない, 2: どちらかといえばない方, 1: ない方
7	レスポンスマーカや課題に対するご意見などがありましたらお願いします。 (自由回答)

表 10.3: 共通のアンケート項目（教師役）

質問番号	項目
1	課題説明の難易度を5段階で評価してください。(選択式) 5: 易しい, 4: どちらかといえば易しい, 3: どちらでもない, 2: どちらかといえば難しい, 1: 難しい
2	課題の説明であなたにかかった負荷を5段階で評価してください。(選択式) 5: 疲れない, 4: どちらかといえば疲れない, 3: どちらでもない, 2: どちらかといえば疲れる, 1: 疲れる
3	課題の説明はどの程度できましたか? 次の5段階で評価してください。 5: 十分にできた, 4: どちらかといえば充分, 3: どちらでもない, 2: どちらかといえば不足, 1: 不足している
4	よせられた質問の多さを5段階で評価してください。 5: 多い, 4: どちらかといえば多い, 3: どちらでもない, 2: どちらかといえば少ない, 1: 少ない
5	質問に対応する際に困ったことがあれば, お書きください。 (自由回答)

表 10.4: レスポンスマーカあり施行のアンケート項目（教師役）

質問番号	項目
1	レスポンスビューワの操作性を5段階で評価してください。(選択式) 5: 操作しやすい, 4: どちらかといえば操作しやすい, 3: どちらでもない, 2: どちらかといえば操作しづらい, 1: 操作しづらい
2	レスポンスビューワの動作を5段階で評価してください。(選択式) 5: 軽い, 4: どちらかといえば軽い, 3: どちらでもない, 2: どちらかといえば重い, 1: 重い
3	レスポンスビューワを用いた状況把握について, 次の5段階で評価してください。(選択式) 5: 把握しやすい, 4: どちらかといえば把握しやすい, 3: どちらでもない, 2: どちらかといえば把握しにくい, 1: 把握しにくい
4	上記の理由をお書きください。 (自由回答)
6	レスポンスマーカを用いた場合と用いない場合では, どちらが質問しやすいですか。 次の5段階で評価してください。 5: RMあり, 4: どちらかといえばRMあり, 3: どちらでもない, 2: どちらかといえばない方, 1: ない方
7	レスポンスマーカや課題に対するご意見などがありましたらお願いします。 (自由回答)

## 10.6 結果

ここでは、実験の各施行後に実施したアンケートの結果を、教師役と学生役のそれぞれの役に分けて述べる。

### 10.6.1 学生役のアンケート

アンケートの回答結果を、表 10.5, 表 10.6, 表 10.7 に示す。

表 10.5: 共通アンケートの回答結果

質問番号	項目	結果
1	課題の難易度を5段階で評価してください。	(レスポンスマークなし) 回答の中央値 5 (レスポンスマークあり) 回答の中央値 4
2	課題の負荷を5段階で評価してください。	(レスポンスマークなし) 回答の中央値 4 (レスポンスマークあり) 回答の中央値 4
3	あなたは質問をどの程度しましたか？	(レスポンスマークなし) 全体の回数 7 (レスポンスマークあり) 全体の回数 3
4	質問に対する教師の反応の早さを5段階で評価してください。	(レスポンスマークなし) 回答の中央値 5 (レスポンスマークあり) 回答の中央値 3
5	質問の際に困ったことがあればお書きください。	(レスポンスマークあり) 教師が受け付けられる質問内容がわからない (レスポンスマークあり) 話の途中で割り込んで質問していかかわからない (レスポンスマークあり) マーカの表示以外の質問をするのに気が引ける

表 10.6: レスポンスマークあり施行後のアンケート回答結果（1：選択式の設問について）

質問番号	項目	結果
1	レスポンスマークの操作性を5段階で評価してください。	中央値 5
2	レスポンスマークの動作を5段階で評価してください。	中央値 5
3	レスポンスマークを用いた質問の仕方について次の5段階で評価してください。	中央値 4
5	レスポンスマークを用いた場合と用いない場合ではどちらが質問しやすいですか。	中央値 4

### 10.6.2 教師役のアンケート

学生役と同様に、教師役の被験者にアンケート調査を行った。アンケートの回答結果を、表 10.8, 表 10.9 に示す。

表 10.7: レスポンスマーカあり施行後のアンケート回答結果（2：自由回答の設問について）

質問番号	項目と回答
4	<p>（質問番号3について）上記の理由をお書きください。</p> <p>マーカを用いることで気楽になる            声を発せず質問ができるので気楽            挙手する必要がない            画面を見せつつ質問できる点がいい            フリーズすることがあったから（低い点を回答した）            他人のレスポンスマーカが気になってしまい、            自分も使う時を考えてしまって使い時がわからなかった            教師に送られる画面の範囲がわからないのが少し困った</p>
6	<p>レスポンスマーカや課題に対するご意見などがありましたらお願いします。</p> <p>画面キャプチャのサンプリング間隔を短くした方がいい            「完成」と「確認して」の役割がかぶっている気がした            マーカが半透明になると下の字が薄く映るのでいいと思う            教師があらかじめ質問のルールを設定してくれると使いやすくなると思う            発表のときにリアルタイムで画面を映せると、            マウスで「これ」と言って指し示すことができるので便利            マーカを出す際教師の画面に表示される範囲を確認できるようにしてほしい            「フリーズした」など、課題と関係ないものも必要だと思った            生徒が増えた場合に教師の対応が追いつかなくなることがありそうな気がした</p>

表 10.8: 共通のアンケート項目の回答（教師役）

番号	項目	回答
1	課題説明の難易度を 5段階で評価してください。	（レスポンスマーカなし）4 （レスポンスマーカあり）3
2	課題の説明であなたにかかった負荷を 5段階で評価してください。	（レスポンスマーカなし）5 （レスポンスマーカあり）5
3	課題の説明はどの程度できましたか？ 次の5段階で評価してください。	（レスポンスマーカなし）4 （レスポンスマーカあり）4
4	よせられた質問の多さを 5段階で評価してください。	（レスポンスマーカなし）2 （レスポンスマーカあり）3
5	質問に対応する際に困ったことがあれば お書きください。	（なし）

表 10.9: レスポンスマーカあり施行のアンケート回答結果（教師役）

番号	項目
1	レスポンスビューワの操作性を5段階で評価してください。 回答：3
2	レスポンスビューワの動作を5段階で評価してください。 回答：4
3	レスポンスビューワを用いた状況把握について、次の5段階で評価してください。 回答：4
4	上記の理由をお書きください。 全員の画面が見えると全体の状況が見える マーカで生徒側から動的にメッセージが受け取れたので、こちらがいちいち確認する手間が省けた 過去のマーカや時間配分なども表示するインターフェースだとおもしろい
6	レスポンスマーカを用いた場合と用いない場合では、どちらが質問しやすいですか。 次の5段階で評価してください。 回答：5
7	レスポンスマーカや課題に対するご意見などがありましたらお願いします。 ある人の画面からある人の画面へ移動がしにくい 席の順が見えているインターフェースだとおもしろい

## 第11章 考察

実験で行ったアンケート調査の結果より、レスポンスマーカの有用性について検討する。

### 11.1 教師の講義を実施する負担

レスポンスマーカなし・ありの両方の試行で、教師役にかかった負荷は「5. 疲れない」であった。また、課題の説明がどの程度できたかを自己評価する項目では、2回とも「4. どちらかといえば充分」であった。以上より、教師自身が評価する教師による課題説明は、参考資料通りに難なくできたといえ、教師にとっては過度に難しい課題ではなかったことが伺える。

ただし、課題説明の難易度は、レスポンスマーカなし（実験2回中1回目）の試行で「3. どちらでもない」、レスポンスマーカあり（2回目）で「4. どちらかといえば疲れない」だった。これは、実験参加後の調査で、教師役の被験者が「マインドマップを知っていた」、「マインドマップを作成したことはない」と回答しており、教師役本人がマインドマップの作成経験を持っていなかったために、教えながら考えるなどの負荷が加わった可能性がある。

### 11.2 教師のレスポンスマーカに関する評価

教師用アプリケーションであるビューワの動作は「4. どちらかといえば軽い」だった。このことから、アプリケーションが重く使いづらいということはなかったことが伺える。次に、状態把握のしやすさの評価は「4. どちらかといえば把握しやすい」であった。コメントでは、「全員の画面が見えると全体の状況が見える」、「マーカで生徒側から動的にメッセージが受け取れたので、こちらがいちいち確認する手間が省けた」の記述があり、受講者である学生役からのリクエストと、学生役の学習状況が手元で見えることに一定の評価があった。ただし、エージェントの操作性についての評価は「3. どちらでもない」であった。このことについてのコメントとして、複数ある学生の画面キャプチャ間で移動がしづらいことが挙げられている。

## 11.3 学生役の受講の負担

課題の難易度は、実験2回中1回目の中央値5がとなり、2回目の中央値は4となった。1回目の実験についての回答は4点以上で、全員が「どちらかといえば易しい」以上の評価であった。2回目では、受講者のうち2人が「2. やや難しい」と答えた。ただし、この評価に関するコメントは記述がなかった。

1回目の施行では、マインドマップの基礎を学ぶことから、作業の内容としては、Free-Mindの基本的な操作方法を学ぶことが中心であった。それに対して2回目の施行では、実際にマインドマップを作成することが課題であったため、課題の密度の差があったことは否めない。しかし、課題発表の際には学生役の被験者は全員がマインドマップをかけていたことから、全体的な受講の負荷は極端に難しいものではなかったことが伺える。

## 11.4 質問の回数について

受講者からの質問の回数は、1回目7件、2回目3件であった。また、全員が質問をした訳ではなく、受講者のうち数人が質問を行っていた。2回目の施行における質問の回数が少ない理由は、1回目でマインドマップの基本的な概念を説明していること、2回目の課題ではマインドマップを完成させる必要があったことから、学生役の被験者にとって疑問が湧くことが少なかったこと、学生役の被験者が課題製作の作業に集中してしまったことが関係していると思われる。

また、教師役が感じる質問の多さは、1回目で「3. どちらでもない」、2回目で「2. どちらかといえば少ない」となった。今回の実験では、教師にとって質問の数が多すぎることとはなかった。また、同時に3件以上のリクエストが発生しなかったため、リクエストが集中した時に、システムが教師に対して行うアドバイスは出現しなかった。そのため、レスポンスマーカの目的の一つである、リクエストが多いときに全体対応への移行を促す点の効果は検証が出来ていない。

しかし、学生役の被験者が7名であることを考えると、この実験で出た質問の数を40人学級に当てはめると、40人学級で授業を行った際に出る質問は、単純計算で17件から40件となる。そのため、本評価実験はICT活用授業を完全に想定した実験であるとはいえないことに注意を要する。

## 11.5 レスポンスマーカについての評価

### 11.5.1 学生役の回答

マーカの操作性と動作は、回答の中央値がそれぞれ5と高評価だった。特に、操作性の質問で一人が「3. どちらでもない」と答えた以外は、すべて「4. どちらかといえば操作しやすい」以上の回答だった。

次に、マークを用いた質問のしやすさの質問は、回答の中央値が4となった。この質問では、質問しやすいと答えたグループと質問しづらいと感じた一人の被験者、どちらともいえないと感じた一人の被験者に別れた。質問しづらいというユーザの意見では、レスポンスマークを使う場面がよくわからなかった、他人を気にしてしまうあまり、レスポンスマークを使うタイミングを見失った、という意見があった。これは、教師による他の学生への対応が終わるまで、割り込んで質問をしてはいけないという被験者の誤解が原因であった。レスポンスマークは、教室内の情報を収集し、教室の状況を把握できるという特性があるが、この点が被験者に対して説明不足だった可能性がある。

次に、全ての被験者から、レスポンスマークの課題として、次に述べるいくつかの意見が寄せられた。操作性に関しては、「教師に送られる画面の範囲がわからないのが少し困った」という意見があった。この意見は、予備実験においても見られたが、評価実験を行う際の機能改善では、この点は着手できなかった。そのため、学生役の被験者には、教師に送られる画面の領域を予めデモンストレーションにて紹介していた。しかし、教師に見せる領域をマークで指し示すというコンセプトのために、教師に送られる画面の範囲を気にしてしまうのではないかと考える。この機能は、予備実験においてもコメントが有り、また、評価実験におけるレスポンスマークの機能説明でも質問が集中したことから、今後研究を進める上で非常に重要な要素であると思われる。

また、教師が受け付けられる質問内容がわからない、という意見もあった。本研究の現在のコンセプトとして、教師が児童の学習状況を見ることができるということに重きをおいているために、教師側からのインタラクションは実装していない。必要によっては、教師用アプリケーションから児童用アプリケーションに、教師の様子などを伝えるインタラクションが必要であるかもしれない。しかし、今回の実験の対象が大学院生であったために、これを小学校に適用する際に必要となる機能か、どのようなレベルのインタラクションが必要かを検討する必要がある。

レスポンスマークに対する高評価の理由としては、つぎのような記述もあった。「確認して」など、ざっくりとした内容のマークは、生徒としては使いやすい、という意見は、レスポンスマークの「利用の際の詳細なコンテキストが不要である」という特徴に沿う意見である。また、口で質問する手間が省けるという意見もあり、こちらはレスポンスマークが意図する「呼び出しの混乱状態の抑制」とは少し方向性が異なるものの、レスポンスマークの特性に沿った意見であり、それを被験者が体験できたことが分かった。

一方で、「生徒が増えた場合に教師の対応が追いつかなくなることがありそうな気がした」という意見もあった。これは、学生役の意見である。おそらく、質問に対応する教師役の姿を見て感じた意見であると思われるが、後述する教師役の被験者から得られた回答の結果とともに、検討を行う。

このほかに、実験中に発生した、レスポンスマークのフリーズへのコメントや、プロトタイプであるが故の機能に関するコメントもあった。特に、実際の教育機関では耐障害性や頑健性が求められるので、これは、今後の機能改善の課題である。

## 11.5.2 教師役の回答

教師役の被験者からは、レスポンスマーカに対して概ね好意的な意見が得られた。

レスポンスマーカを用いた状況把握については、教室内の状況が手元で把握できる点が評価された。また、学生役からのメッセージが動的に受信できることについて、わざわざ確認する手間が省けたという意見を得られた。このことから、教師の授業進行に、画面キャプチャとレスポンスマーカによるメッセージが役に立ったことが伺える。

一方で、キー入力量を表示することについては、予備実験と同様にコメントが一切得られなかった。教師役の被験者へアンケートとは別に聞き取りを行ったところ、キー入力量は全く参考にしなかったことが判明している。

ユーザインタフェースについては課題が残っている。現状の教師エージェントのユーザインタフェースは、Windowsにおける一般的なウィンドウスタイルで実装されている。このスタイルでは、画面の拡大や縮小がマウス操作で手軽にできる利点があるが、その反面、画面の整列はウィンドウ1つ1つを操作する必要がある。この点で被験者が煩わしさを感じた可能性がある。この点の改善手法としては、コメントにあるように、受講者の席順に沿った画面表示をすることがあげられる。

## 11.6 今後の課題

本評価実験では、ICT活用授業における課題取り組みの時間を想定して、レスポンスマーカによるリクエスト発行の仕組みが、教師役の被験者と学生役の被験者にとって有用であるか調査をおこなった。

実験では、ICT活用授業を想定した流れで授業を行ったが、被験者のうち学生役が7名であること、被験者は全員が大学院修士課程に属する学生であることから、ICT活用授業を完全に再現したものとは言えない。

また、レスポンスマーカを用いることで起こる授業進行の最適化の度合いや、授業の時間的なゆとり、指導内容のきめ細やかさなどの変化など、教育内容についての検証は、今回の実験では行っていない。

しかし、これまで述べた通り、レスポンスマーカを用いた教師の呼び出し行為は、学生役と教師役の被験者から概ね好意的な意見が得られ、レスポンスマーカの手法には、有用性があることが分かった。そのため、今回の実験で得られた意見を参考にいくつかの改善を行い、研究を進めていく必要がある。

今回、画面キャプチャ以外の学習状況のデータとして5秒間のキー入力量を表示したが、予備実験、評価実験ともに全く参考にされていなかった。データを数値で直接表示したことでわかりづらいものであったことは否めず、それが原因でデータが利用されていない可能性が大きい。この機能については、データの表示方法だけでなく、データの活用方法を含めて再検討が必要である。

ユーザインタフェースの面では，児童エージェントでリクエストを発行する際の画面キャプチャの領域の表示や，教師エージェントにおける学習状況とリクエストの表示の方法などを改善し，より利用に負担の少ないインタフェースとなるよう検討する必要がある．また，現状のエージェントでは，接続機能に関して23台を境にエラーが発生する問題がある．実際のICT活用授業では，1クラスあたりおよそ40人程度が在籍し，授業を受けていることから，この環境での動作に耐えられるよう，より頑健なエージェントを開発する必要がある．

## 第12章 まとめ

本研究では、フューチャースクールに選定された小学校で実施される ICT 活用授業をモデルに、教師が児童からの質問や確認などの呼び出しリクエストを受けた時の対処への支援として、レスポンスマーカによるリクエスト発行機能を提案し、プロトタイプを開発した。この手法では、児童が自ら学習に用いる ICT 機器の画面のうち、教師に確認をしてほしい領域を指定できること、教師にとっては、児童が注目して欲しい点をすぐに確認できることを狙っている。

ICT 活用授業をイメージした評価実験の結果から、教師への画面キャプチャ、リクエストの表示方法に課題が残るものの、児童エージェント、教師エージェントの両方に、好意的な意見を得ることが出来た。好意的な意見としては、教師が受講者の状態を把握できる点、受講者が教師に質問するときに、挙手する必要がなく、画面の情報が教師に伝わることで、気軽に質問できるという点があがっており、本研究の意図に沿う傾向が得られた。ただし、評価実験は ICT 活用授業をイメージして実施したものの、被験者全員が本学に所属する学生であったこと、学生役が7名と小規模の環境での実験であったことから、この実験結果が小学校における ICT 活用授業に必ずしも当てはまるとは限らない点で注意を要する。

実用性に関しては多くの課題が挙がっている。プロトタイプでは、レスポンスマーカのドラッグアンドドロップによるリクエスト発行の仕組みと、画面キャプチャによる学習状況の把握の機能を確かめるに留まっている。HID の情報についても、キーボード入力の回数を画面に表示するだけにとどまっている。HID のデータは、キーボードやマウスの操作状況の変化の監視や他の児童のデータとの比較により、学習への取り組みの様子を測ることができる可能性がある [11]。しかし、このことについての詳細な分析はなされておらず、今回のプロトタイプの開発でも、この分析に関する検討はしていない。教師エージェントでは、40 人程度の児童エージェントから送られるデータを取り扱うことから、より最適な情報の表示を検討する必要がある。この情報の表示に HID の情報を活かすことができれば、教師エージェントのユーザビリティが向上すると考えられる。この分析手法と教師エージェントの表示方法は、今後の課題である。

また、エージェントの性能でも、教師エージェントへの児童エージェントの接続台数の問題や、通信エラーを中心とする細かなバグが存在する。小学校では授業の流れを止めることは許されないため、より頑健なエージェントとなるよう、設計を見直す必要がある。

本研究の将来的な目標は、実際の小学校において本提案手法を試し、効果を測ることである。今回得られたデータを元にエージェントの改良を行い、さらに研究を進めていき

たい。

# 謝辞

本研究を行うにあたり，常に暖かく見守ってくださり，多大なる御指導を賜りました，本学大学院教育イニシアティブセンター ICT ユニット 長谷川 忍 准教授に深く感謝致します。

また，様々な機会でご貴重なご意見を下さいました，情報科学研究科 東条 敏 教授，同 敷田 幹文 准教授，同 池田 心 准教授にも重ねて感謝致します。

実験環境の準備においては，本学情報社会基盤研究センターの職員の皆様，ならびに，大学院教育イニシアティブセンター ICT ユニットの職員の皆様に大変お世話になりました。重ねて感謝致します。

最後に，私の研究活動をいつも暖かく見守ってくれた，友人の大和 良介 氏，川井 俊輝 氏，西野 博之 氏，そして，先輩としていつも私を支えてくださった荒木 光一 氏，大野 夏希 氏を始め，日頃よりお世話になりました方々に深く感謝致します。

# 研究業績

## 口頭発表

1. 吉良 元, 長谷川 忍,  
コンピュータ操作不安に基づく ICT 活用授業のための操作知識提供システム, 教育システム情報学会研究報告, Vol.28 No.4, pp.3-6, 2013-11.
2. 吉良 元, 長谷川 忍,  
児童の HID 利用状況とレスポンスマーカを用いた ICT 活用授業におけるリクエスト対応支援システム, 先進的学習科学と工学研究会, Vol.70, pp.45-48, 2014-03-09.

## 参考文献

- [1] 総務省, フューチャースクール推進事業の概要, [http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000161791.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000161791.pdf), (2013/10/16 閲覧) .
- [2] 総務省, 教育分野における ICT 利活用推進のための情報通信技術面に関するガイドライン (手引書) 2013 小学校版 ~実証事業3年間の成果をふまえて~, 2013.
- [3] 文部科学省, 学びのイノベーション事業実証研究報告書, 2014.
- [4] 文部科学省, 教育の情報化に関する手引, 2010.
- [5] 株式会社富士通総研, 西日本地域における ICT を利活用した協働教育等の推進に関する調査研究最終報告書, 2013.
- [6] 株式会社富士通総研, 西日本地域における ICT を利活用した協働教育等の推進に関する調査研究 ICT 運用マニュアル【教員向け】 , 2013.
- [7] 株式会社内田洋行, 教育分野における効果的な ICT 利活用を推進するための調査研究報告書, 2014.
- [8] エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社, 「東日本地域における ICT を利活用した協働教育の推進等に関する請負」調査研究報告書, 2013.
- [9] 佐賀県教育委員会, 佐賀県が進める「先進的 I C T 利活用教育推進事業」の現状と今後の取組方針 (VOL.7) , <https://www.pref.saga.lg.jp/web/var/rev0/0159/3406/201471113146.pdf>, (2014/07/30 閲覧) .
- [10] 郡谷 寿英, ICT 活用と不安に関する態度研究: 愛教大コンピュータ不安尺度を用いた追試および予備的調査, 教育研究所紀要, 文教大学, 2011.
- [11] 隅谷孝洋, 長登 康, 稲垣 知宏, 中村 純, コンピュータ不安 - 広島大学における大規模調査 (2), 広島大学 情報メディア教育研究センター, <http://www.riise.hiroshima-u.ac.jp/intro/rd/02-sumiya.pdf>.
- [12] 木村情報技術株式会社, リアルタイム投票集計システム SunVote/3eAnalyzer, <http://www.k-idea.jp/sunvote/sale.html>, (2014/07/20 閲覧) .

- [13] 横井 弘, 電子黒板とレスポンスアナライザーを活用した理科の授業, 年会論文集, Vol. 28, pp.262-263, 日本教育情報学会, 2012.
- [14] 木下 順二, 松本 みどり, 山口 俊夫, 西脇 洋一, レスポンスアナライザーによる講義改善の試み II, 日本物理学会講演概要集 Vol.68(1-2), pp.468, 2013-03.
- [15] 稲葉 利江子, 山肩 洋子, 大山 牧子, 村上 正行, 発言の自由度を高めたレスポンスアナライザを活用した大学授業の実践と評価, 日本教育工学会論文誌, Vol.36 No.3, pp.271-279, 日本教育工学会, 2012-12.
- [16] 永岡 慶三, レスポンス・アナライザを用いた授業進行支援システムの開発, 日本教育工学雑誌, Vol. 10(3), pp.11-18, 1986.
- [17] Sky 株式会社, ICT 活用教育支援ソフトウェア SKUMENU Pro, <http://www.skymenu.net>.

# 付録A

ここでは，評価実験で用いた次の文書を付録として収録する．

1. 計画書
2. 課題説明書
3. 被験者許諾書
4. 実験参加後アンケート
5. 教師役用補助資料

## 実験計画

### 1. 目的

ICT 活用授業において、レスポンスマーカが、受講者と講師にとって利用に値するものかを調査する。利用に値するかの判断基準として、受講者の質問のしやすさ、講師の質問に対する状況把握のしやすさ及び質問への対応のしやすさについて、被験者に行ったアンケートから検討する。

### 2. 実験の実施回数

先生役1名、受講者役8名程度の構成で、ノートPCを用いた課題を実施する。実験は、25分程度のシナリオを、レスポンスマーカを使用しないものについて1回、レスポンスマーカを使用するものについて1回の計2回実施する。各実験の間には、10分の休憩を取るものとする。

### 3. 実験の内容

2回の実験を通して、マインドマップの基本的な描き方を学ぶ。マインドマップの作成には、FreeMind というアプリケーションを用いる。

最初の実験では、マインドマップの描き方のうち、セントラルイメージの作成と、3本程度のメインブランチの作成を行う。作成に必要な FreeMind の機能は、授業の進行とともに説明を行う。授業の最後には、メインブランチが3本程度の小規模なマインドマップを自由に作成してもらう。

2回目の実験では、1回目の実験で作成したマインドマップを発展させる。この実験では、新たにメインブランチから派生するブランチの作り方と、ブランチの整理の仕方を説明する。ブランチの整理には、アイコンをブランチに書き込む方法、囲い線でブランチをグルーピングする方法、ドラッグアンドドロップでブランチを移動する方法を説明する。

次に、課題として「JAIST の入学者を増やすためには」タイトルでマインドマップを作ってもらい。内容は、最終的に発表できるアイデアが3つ出る程度とし、マップ自体もメインブランチを3本程度持ち、それぞれにブランチを持つものとする。最後に、整理したマインドマップを用いて、「JAIST の入学者を増やすためには」についてアイデアを3つ程度発表してもらう。

# 課題説明書

マインドマップの書き方を学ぶ授業を行う。この授業は、一般的な一斉授業の形式で実施し、受講者からの質問は、挙手による方法で受け付ける。授業の時間は、トータルで25分程度とする。

## 被験者

先生役1名，受講者役8名程度

## 授業のシナリオ

### 1. マインドマップの説明（3分程度）

別紙の指導書のうち、マインドマップがどのようなものであるか、概要を説明する。このとき、具体的な描き方はアプリケーションを使いながら説明することを伝える。

### 2. FreeMind を起動する

### 3. セントラルサークルの設定（3分程度）

別紙の指導書のうち、セントラルサークルについて説明する。説明の後、セントラルサークルを各自が自由に設定する。全員がセントラルサークルを設定できたら、確認して次に進む。

### 4. メインブランチの作成（5分程度）

セントラルサークルから伸びるメインブランチの作り方を説明する。まず、マインドマップにおけるメインブランチの意味について説明する。その後、FreeMind 上でメインブランチの作成を行う。作成の際に、マウス操作によるメインブランチの作り方を1本だけ説明する。全員がメインブランチを1本作成できたら、確認して次に進む。

### 5. 自由に作業してもらおう（6分間程度）

以上の作業を復習するために、オリジナルのマインドマップを作成してもらおう。マインドマップの主題は自由とする。また、マインドマップは、メインブランチを3本程度持つものとする。

### 6. 発表

受講者が作ったマインドマップを発表してもらおう。発表は、残り時間に合わせて2～3人程度とする。発表の際に、先生役は、マインドマップが正しく書けているか、セントラルサークル、メインブランチの使い方についてチェックする。

以上

# 課題説明書

マインドマップの書き方を学ぶ授業を行う。この授業は、一般的な一斉授業の形式で実施し、受講者からの質問は、レスポンスマークで受け付ける。授業の時間は、トータルで25分程度とする。

## 被験者

先生役1名、受講者役8名程度

## 授業のシナリオ

### 1. 授業内容の説明（1分程度）

この授業では、マインドマップを用いたアイデアのまとめ方について実習することを伝える。マインドマップの具体的な描き方は、アプリケーションを使いながら説明することを伝える。

### 2. ブランチの作成（5分程度）

メインブランチから伸びるブランチの作り方を説明する。まず、マインドマップにおけるブランチの意味について説明する。その後、FreeMind上で、前回作成したマップを用いて、ブランチの作成を行う。作成の際に、マウス操作によるメインブランチの作り方を1本だけ説明する。このとき兄弟ブランチについても説明する。全員がメインブランチを2本作成できたら、確認して次に進む。

### 3. マインドマップを用いたアイデアのまとめ方の説明（5分程度）

(1)ブランチにアイコンを書き込む方法、(2)囲み線でブランチをグルーピングする方法、(3)ブランチをドラッグアンドドロップで移動させる方法を説明する。このとき、アイデアをまとめるためにこのような操作をすることを説明する。説明は、(1)、(2)、(3)の順で行い、その都度FreeMindで操作を行いながら説明する。

### 4. 自由に作業してもらおう（6分間程度）

以上の作業を復習するために、オリジナルのマインドマップを作成してもらおう。マインドマップは、「JAISTの入学者を増やすためには」として、ブランチを数本持つものとし、何らかの手法で整理がされているものとする。

### 5. 発表

受講者が作ったマインドマップを発表してもらおう。発表は、残り時間に合わせて2～3人程度とする。発表の際に、マインドマップから得られたアイデアを2～3点発表してもらおう。先生役は、マインドマップが正しく書けているか（セントラルサークル、メインブランチの使い方について）チェックする。

以上

# 実験参加許諾書

本日は、長谷川研究室所属 吉良元が実施する実験にご協力いただき、ありがとうございます。下記の内容をよくお読みの上、ご同意いただける場合は署名をお願い致します。

## 記

実験データは、学術発表の場で公表することがあります。なお、データは個人が特定されることのないよう、個人が特定できる可能性のある事項を含まずに利用致します。

実験データの他に、実験風景を証拠として、動画の形式で記録いたします。こちらは公表するためのものではありませんが、やむを得ず公表する場合には、プライバシー保護に最大限の対応をいたします。

実験のデータとしてアンケートをお願い致しますが、記載内容には嘘偽りのないよう、ご記入をお願い致します。

この実験の謝礼として、薄謝をお支払いいたします。具体的な金額と手続きは、後ほどお知らせいたします。

以上

2014年7月22日

---

# 実験参加後アンケート

本日は、長谷川研究室所属 吉良元が実施する実験にご協力いただき、ありがとうございます。下記の内容をよくお読みの上、ご回答をお願い致します。

- 貴方の役をお答えください

受講者役           ・           先生役

- あなたの普段のパソコン使用時間を、おおよそでお答えください。

時間

- 貴方のパソコンの使用目的を、多い順に2～3つご記入ください

- マインドマップはご存知でしたか？

知っていた           ・           知らなかった

- 知っているとお答えの方にお聞きします。

マインドマップを作成した事がありますか？また、その頻度はどの程度ですか？

5：日常的に作る，4：数ヶ月に一度程度，

3：年に数回程度，2：1，2回程度，1：作成した事はない

- 作成経験のある方にお聞きします。

FreeMind は使ったことがありますか？ また、どの程度の使用経験がありますか？

5：操作の参考書がなくても使える，4：操作の参考書が必要だが使い慣れている，

3：使い慣れていないが使ったことはある，

2：使ったことはないが知っていた，1：使ったことはないし知らなかった

うらへ続く

ここからは、全ての方にお聞きします。

- 今回の授業は参考になりましたか？

5：参考になった，4：どちらかといえば参考になった，

3：どちらでもない，2：どちらかといえば参考にならなかった，1：参考にならなかった

- 今回の授業で参考になった部分を，下記の中からお答えください。（複数回答可）

**マインドマップの作り方（該当箇所を丸で囲んでください）**

セントラルサークルの意味

メインブランチの意味

ブランチの意味

画像によるマインドマップの整理の仕方

グルーピングによるマインドマップの整理の仕方

ブランチの移動によるマインドマップの整理の仕方

**FreeMind の使い方（該当箇所を丸で囲んでください）**

セントラルサークルの設定の方法

メインブランチの作成

ブランチの作成

ブランチへの画像の挿入

囲み線でのブランチのグルーピング

ブランチの移動

以上

Let's make MindMap  
1限目

全部で 25分

説明に 10分 } 目標は！  
課題に 10分 }  
確認に 5分 }

1限目の内容

この時間は、マインドマップの基礎を学びます

- マインドマップの概念を軽く説明します。
- そのあと、FreeMindを使って実際に書いてみます

---

---

---

---

---

---

---

---

マインドマップって？

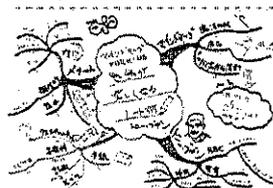
思考を可視化するマップ

マインドマップは、思考を可視化する  
マップです。連想ゲームのように  
思いつくままにキーワードを書いていき、  
その後にイラスト等を使ってまとめる  
ことで、自分の考えを効率よく  
まとめることができます

フキダンも出てくる！

### マインドマップのルール

1. (主題) セントラルサークルを設定する
2. (要素) ブランチを思いっくままに書く
3. (まとめ) 書いた内容を整理する



マインドマップのルールは3つ。

① 主題となるキーワードをセントラルサークル  
という中心の輪の中に書く。

② そこから思いっくキーワードをどんどん書く。

③ 出てきたキーワードをまとめる。

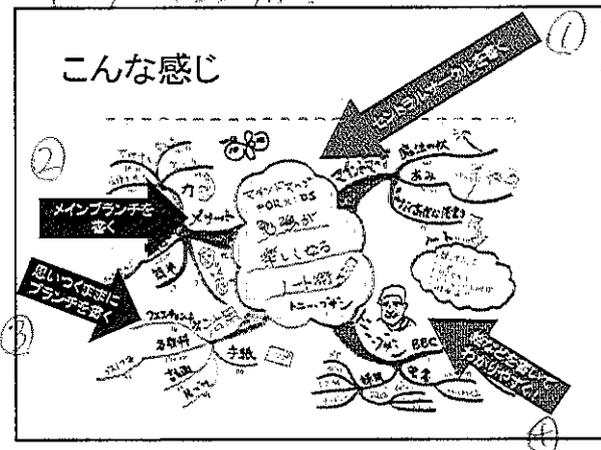
※ キーワードの並び替えは後でやるので、

とにかくキーワードを書いていく

→ ブランチを作るのが大事。

アニメーション有!

こんな感じ



アニメーションで示す順で

まとめていくよ!

FreeMind



今日は、フリーマインドという

アプリを併用

マインドマップを書きまわす

ここでアプリを立ち上げるよ!

練習したから説明する！

セントラルサークルを自由に設定する

セントラルサークルを設定しよう

セントラルサークルは主題を表します！！

セントラルサークルを  
ダブルクリック → 設定(書き込む)

---



---

みんなが設定できたか  
確認して次へ！

メインブランチを自由に設定する

メインブランチを設定しよう

メインブランチは思考の出発点になるようなもの  
言葉はシンプルに！

ここでは練習のために  
1つだけメインブランチを作る

---



---

みんなが作ったか  
確認して次へ

ここまでで10分

というわけで実習 10分間

こんな感じのマップを作ってください

お題は自由  
メインブランチ3本程度

---



---



---



---



---



---

みんなが完成したら  
ディスプレイに映して確認する！

セントラルサークル、メインブランチが揃っているか見る。3

# Let's make MindMap

2限目

説明 10分  
 課題への取り組み 10分  
 発表 5分 を目安に!

## 2限目の内容

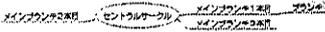
この時間は、マインドマップのまとめ方を学びます

- ブランチと、兄弟関係の説明します。
- そのあと、まとめ方の説明をします。
- そのあと、FreeMindを使って実際に書いてみます

前回のマインドマップを流用する  
 ので  
 アップして直ち上げて!

## ブランチ

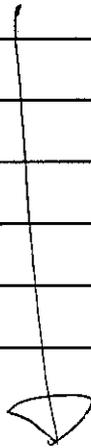
- メインブランチから伸びる枝
- ノードともいう
- メインブランチから見て子ノード



↓

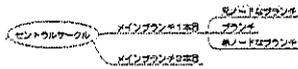
ブランチはどんどん追加してOK!  
 簡潔な表現 ・ わかりやすく書く

メインブランチから伸びるブランチを作る、



### ブランチの兄弟

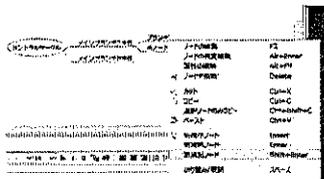
- 上下方向に並列なブランチの上が兄、下が弟



ただし、絶対的な関係性はないです

### なんでかというと...

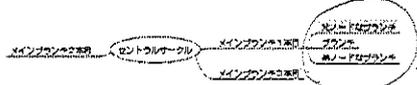
- FreeMindで用いる概念だからです



マインドマップに「兄」「弟」の明確なルールはない

### つくってみよう

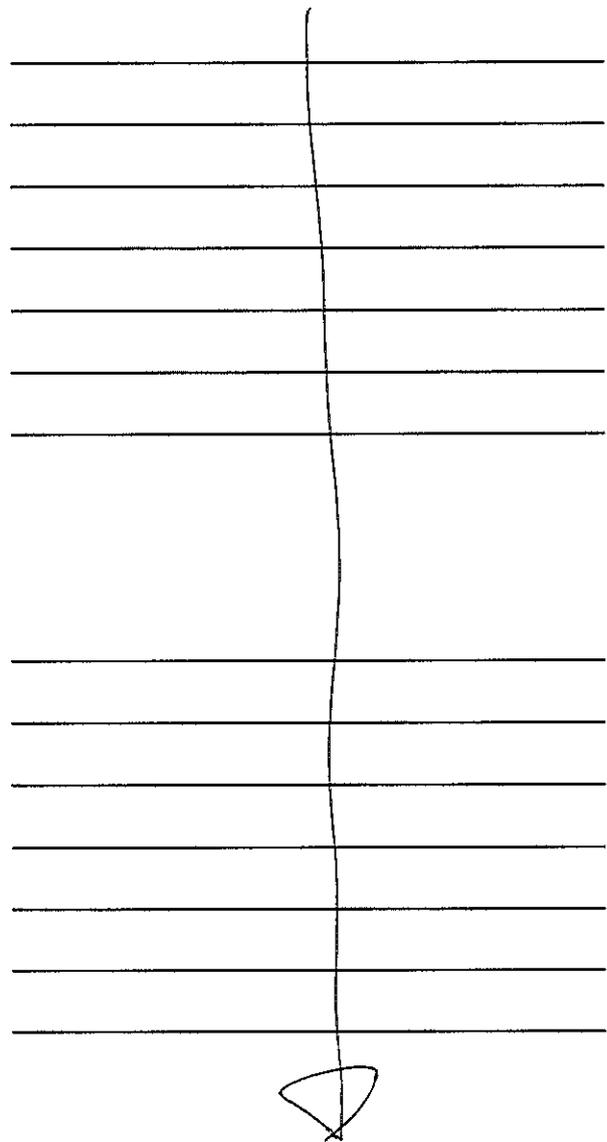
こんな感じで、ブランチを作ってみてください



ブランチを右クリックするとメニューが出るよ



これをやる。



みんなできたか確認した  
次へ。

### マップのまとめ方

- ・ブランチは思いっくまに書くもの
- ・ならばそれを整理しようじゃないか！

①~③

3つの方法があります

1つずつ説明して下さい

### アイコンの術

- ・ブランチにアイコンを乗っける
- ・例) 数字アイコンでブランチに優先順位をつける

図があると、視覚的に見やすくなります

たがでアイコンを使う方法は

たくさんあるブランチの中から大事なものを

目立たせるのに効果があります

こんな感じで操作させる！ みんなでまた次回

### 雲囲みの術

- ・ブランチの塊を作る
- ・ごちゃごちゃした要素をまとめたい時に！

まとめたブランチを、視覚的に

囲める方法

似たような意味をもつブランチ、

親ブランチと子ブランチの結びつきが

強いとき、良い方法！

使うのは

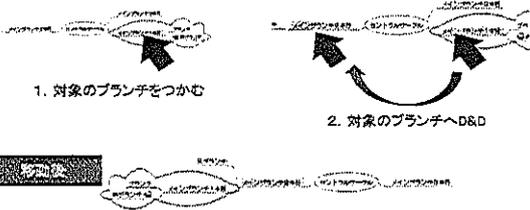
みんなに雲を作ってもら

ブランチ1つでもできるからOK

みんなでまた次回

### ドラッグアンドドロップの術

- ・ブランチを移動させる方法
- ・「あ、このブランチの位置ここちゃう！」って時に



ブランチを整理する時に使える。

1つ移動させてみる,

みんなできたさ次へ。

### このように

1. 思いつくまま書いた要素を思いつくまま整理
2. ある程度まとまったなと思うまで繰り返す
3. まとまったら、キーワードを抽出する



### 課題

「JAISTの入学者を増やすためには」

について考えてください

メインブランチ3つ程度

最終的なキーワード3つ程度

10分程度で課題を出す

みんな出来たら

2人以上がアイディアを

発表する

「入学者を増やすには」について

メインマップを提出して発表できることが大事!!