

指差しインタフェース： 授業中の児童生徒の考えの変容の可視化機能の実装

山崎紗耶[†] 加藤直樹[†]

概要：今日の学校現場では、教師の一方的な講義形式の授業ではなく、児童生徒が能動的に参加する授業が必要とされている。そこで、稲葉らは指差しインタフェースを開発し、児童の考えを表す指差しを教室全体で共有し、主体的な学習を支援することを可能とした。本稿では、特に、学習指導要領の改善及び必要な方策等にある、育成を目指す資質・能力の中の学習を見通し振り返る力に着目し、稲葉らのシステムに、児童の意見の集約を保存し変化が一目で分かる機能を加え、授業の振り返りを容易にする試みについて述べる。

Finger Pointing interfaces: Implementation of the visualization capabilities of transformations of student's ideas in the class

SAYA YAMAZAKI[†] NAOKI KATO[†]

Abstract: In today's school, it is not needed teacher's one-way class, but interactive teaching. Inaba has developed a pointing interface and made it possible to encourage proactive learning by sharing finger pointings which shows student's idea in class. This paper focuses the ability of expecting and reflecting learning in next curriculum guidelines. We made reflection of teaching easier by adding a function which stores aggregation of student's thoughts and shows it at glance to Inaba's system.

1. はじめに

1.1 研究の背景

学校現場に電子黒板や実物投影機、デジタル教科書などが導入され、児童生徒や教師にとって新たな学習空間が形成されはじめています。文部科学省によると、電子黒板の整備状況は前年度に比べ 11,653 台増加し、さらに、タブレット型コンピュータの台数においては平成 27 年度に比べ 97,737 台、平成 26 年度に比べ 181,077 台増加し、2 年で 3.5 倍に増加している[1]。今後、情報通信技術 (ICT: Information and Communication Technology) を活用した学習環境はより身近なものとなってくるだろう。

また、幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について (答申) では、「どのように学ぶか」という観点において、知識・技能、思考力・判断力等、学びに向かう力・人間性等の 3 つを身につけていくために「学びの過程において子供たちが、主体的に学ぶことの意味と自分の人生や社会の在り方を結び付けたり、多様な人との対話を通じて考えを広げたりしていることが重要である。また、単に知識を記憶する学びにとどまらず、身につけた資質・能力が様々な

課題の対応に生かせることを実できるような、学びの深まりも重要になる」とあるように、「主体的・対話的で深い学び」の実現を求めている[2]。「主体的・対話的で深い学び」の具体的な内容については、次のように整理されている。

「①学ぶことに興味や関心を持ち、自己のキャリア形成の方向性と関連付けながら、見通しを持って粘り強く取り組み、自己の学習活動を振り返って次につなげる「主体的な学び」が実現できているか。……

②子供同士の協働、教職員や地域の人との対話、先哲の考え方を手掛かりに考えること等を通じ、自己の考えを広げ深める「対話的な学び」が実現できているか。……

③習得・活用・探究という学びの過程の中で、各教科等の特質に応じた「見方・考え方」を働かせながら、知識を相互に関連付けてより深く理解したり、情報を精査して考えを形成したり、問題を見いだして解決策を考えたり、思いや考えを基に創造したりすることに向かう「深い学び」が実現できているか。」

これら三つの視点を満たすためにも、教員による一方的な講義形式の教育とは異なり、児童生徒の能動的な授業の参加を取り入れていく主体的な学習が求められる。

[†] 東京学芸大学 Tokyo Gakugei University.

1.2 双方向的な授業を支援する ICT 機器の研究

双方向的な授業を可能にする方法として ICT 活用が注目され、特にクリッカーを導入した授業が数多く研究されている。クリッカーはリアルタイムの設問提示・回答のグラフ化が可能であり、児童生徒の理解度をその場で確認することができる。これにより教師が、児童生徒が理解していると思い込んで授業を先へ先へと進めてしまうといった事態を未然に防ぎ、児童生徒の理解度を常に把握しながら授業を組み立てることができる。さらに、児童生徒の考えが瞬時に解答分布グラフに反映されることは、児童生徒の授業への参加意識を芽生えさせる。そして、匿名性を保ちながら解答できるため、挙手などではなかなか参加しない児童生徒も、能動的な学習に抵抗感なく引き込むことができる[3]。

また、稲葉らは、挙手をした児童生徒を指して発表する形態の授業では、挙手し発表した児童生徒しか主体的な学習が出来ているといえず、教師が児童生徒全員に問題提起し、その問題を児童生徒一人一人全員が考え、全員が発表し、またそれを教室全体で共有することで、児童生徒中心の活動が主となった協働的な授業進行ができるとの考えをもった。そこから、電子黒板と学習者用端末を活用して、児童生徒の考えを表す指差しを全体で共有することを可能とし、主体的、協働的な学習の実践を支援することを目指したシステムを提案、開発した[4]。

1.3 研究の目的

本研究では、稲葉らの研究を発展させ、「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について(答申)」[2]にあるように、「育成を目指す資質・能力として、教科等を越えた全ての学習の基盤として育まれ活用される資質・能力の中に、見通し振り返る学習を通じて、学習を見通し振り返る力」を児童生徒に身につけさせることを目指す。

本稿では、授業の振り返りにおいて児童の意見の変化が一目で分かるようにすること、指差しインタフェースを用いて児童生徒がより主体的な学びを展開できるようにすることを目的として行った稲葉らのシステムの改良について述べる。

2. 指差しインタフェースの新たな機能の提案

2.1 指差しインタフェース

稲葉らは、教師が提示した資料(板書や画像など様々なものを含む)に対して、学習者が端末を用いて指差した先を表示し(表示するものをポインタと呼ぶ)、教師と学習者全体で共有することで、自分の考えと友達の考えを比較し、様々な考え方があることを認めながら学習していく効果を向上させるシステムを提案した(図1)。

児童がタッチした座標を取得し、サーバーに送信、他の児童用端末や教師用端末に送信してポインタを表示する機

能、指差しの対象となる資料を電子黒板上からキャプチャすることができるキャプチャ機能、そのキャプチャした画像を児童用端末に送信することができる端末連携機能を実装した(図2)。このシステムによって、教師が提示した資料に対する児童生徒の考えを表す指差しを、教師と児童生徒全員で共有し、主体的な学習を支援することを可能にした。

2.2 投票機能の拡張

稲葉らは、二択の質問への考えを可視化するために、2つの範囲をあらかじめ設定し、それぞれの範囲内を指差した児童生徒の数を表示する機能を提案した。

しかし、実際の授業では、たとえば「一番早くメトロノームを動かすことができるのは重りをどこに動かした場合でしょう」という発問をしたときには、二択では足りず新たな投票する範囲を足す必要がある。また、自分の好きなところに投票する範囲をつくらなければならない。

そこで、本研究では任意の場所に、任意の数の範囲を指定し、その範囲に入った指差しの数を表示できるようにする機能を提案する。

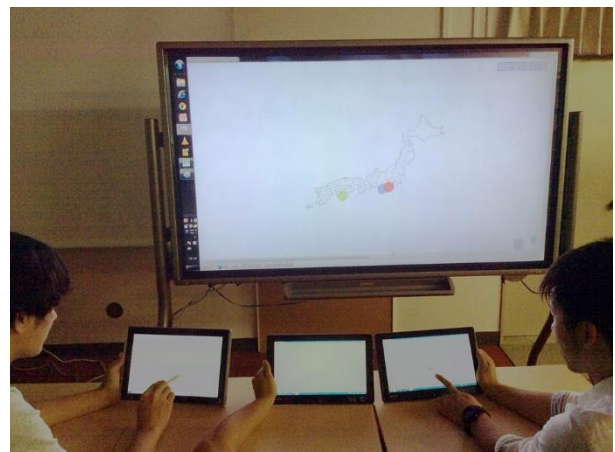


図1 稲葉らの開発した指差しインタフェース [4]

Figure1 Finger Pointing interfaces by Inaba [4].

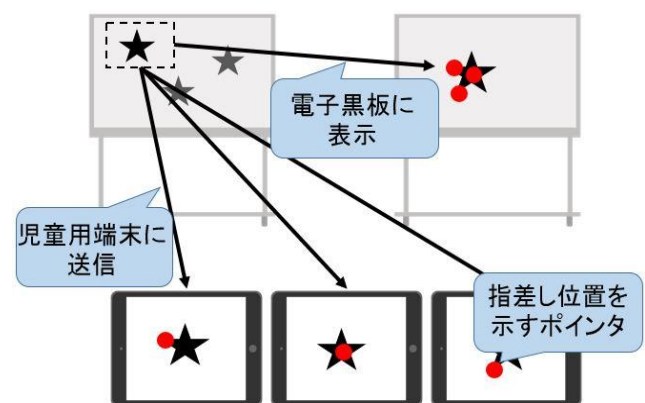


図2 端末連携機能、キャプチャ機能

Figure2 Device link function and capture function.

2.3 個人特定機能の提案

稲葉らのシステムではポイントは赤い丸で統一されている。しかし、授業中、電子黒板に表示されたポイントを基に児童生徒に発表をさせたいときなど、授業内容によっては誰がどのポイントなのか一目で分かった方がよい場合がある。

そこで、ポイントに別々の色をつけたり、ポイント自体を数字に変更したりして、児童生徒ごとで異なるポイントで表示できるようにする。

2.4 表示非表示切り替え機能の提案

稲葉らのシステムでは、学習者用端末上にもすべての児童生徒のポイントが表示される。しかし、指差しを行うときに、自分以外の児童生徒のポイントが見えてしまうと、発問に対して深く考えずに、周りの児童生徒のポイントに合わせてしまう場合がある。そこで、指差しを行うときは自分以外のポイントを非表示にする。

2.5 履歴機能の提案

学習を通して、他の児童生徒の考え、意見を聞き、話し合ううちに、前と自分の考えが変化していくことがある。

児童生徒の指差しの変化を見られるようにすることで、振り返りを容易にでき、また、授業中にどのように考えを変えたのかを比較することができる。すると授業の一連の流れをまとめることができると考えられる。

個人特定機能と組み合わせることで、授業中にどの児童生徒がどのような考えの変化を行ったのかを教師が把握し、どうして意見をこのように変えたのか、その児童生徒に直接聞き、その返答から全体に新たな発問をし、授業を展開していくことができる。また、授業が終わった後に教師が児童一人一人の意見の変化を確認し、まとめ、児童生徒の評価や授業の反省に利用することが容易になる。

2.6 解答停止機能の提案

学習者用端末で指差しを行う時間と他の児童生徒や教師の話聞く時間の切り替えをはっきりさせるために、児童生徒がタブレットを操作してもポイントの位置は変化しないようにできる機能を追加する。

3. 機能と UI の設計

教師用端末と児童用端末に分けて UI を設計する。ここでは教師用端末での操作と電子黒板上での操作は同じこととする。

教師用端末では機能を実行するためのボタンを表示し、児童用端末では操作するボタンは表示せず、キャプチャした背景画像と自分のポイントのみ表示するようにする。教師用端末で表示するボタンは児童に見えるようにする必要はないため、電子黒板で操作する際に見える程度の大きさにする。

教師用端末には学習者の指差しを示すポイントをすべて表示する。

3.1 投票機能

投票機能の項目に加えたい箇所を自由線、図形で囲むことで、投票する項目を設定できるようにする。これにより、いくつもの、好きな箇所を投票機能の範囲として使用することができる。

範囲が固定されている投票機能では、賛成か反対か問う場面や2つの選択肢からどちらか選ぶ場面で使用する。投票する場所を設定する手間を省くため、投票する場所は実装する段階で設定しておく。

算数の図形をなかま分けする授業など、画像によっては投票する範囲にしたい場所が複雑になっている場合がある。そのため自由線の範囲を指定できるようにする(図3)。

範囲が、複雑な形ではなくきれいに設定したいときなど、画像や授業の内容によっては範囲を指定するときに、自由線より、ある程度形が決まっている図形の方が使いやすい場合がある。そこで、四角形と円形でも範囲を設定できるようにする。

3.2 個人特定機能

どの指差しがどの児童生徒なのかすぐに分かるように、ポイントを児童生徒ごとに固有の色や数字に変えられるようにする。

発表する児童生徒だけどの指差しなのか知りたい場合は、全体の匿名性は守りつつ、発表者だけ特定できるように色で(図4)、すべての指差しがどの児童生徒なのか知りたい場合は、出席番号と関連付けることで全員を特定することが出来るように数字で(図5)ポイントを区別できるようにする。

色で区別する場合は、児童生徒ごとに全て違う色でポイントを表示し、一目でポイント同士を区別できるようにする。数字で区別する場合は、出席番号や班の番号と関連付けることで、どの指差しがどの児童生徒か、またはどの班かがすぐ分かるようにする。

3.3 表示非表示切り替え機能

教師側で操作することで、児童用端末における他の児童生徒のポイントの表示・非表示の切り替えができるようにする(図6)。

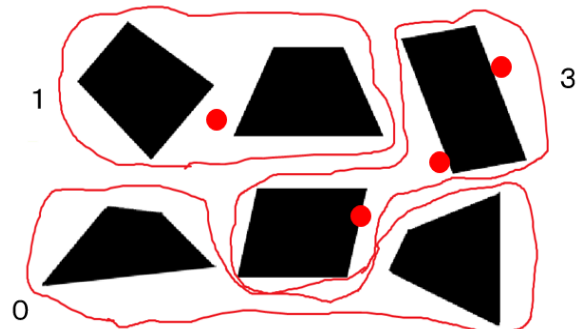


図3 投票機能における自由線で範囲を指定する機能
Figure3 The function of specifying the areas by free line.



図4 ポインタを色で分ける例
Figure4 Categorizing by point's colors.



図5 ポインタを数字で分ける例
Figure5 An example of categorizing point's number.

児童生徒が指差しする際に他の児童生徒の意見に惑わされることがないように、基本的には児童用端末には自分のポインタの位置しか表示せず、教師用端末では全員分のポインタの位置を表示できるようにする。

3.4 履歴機能

児童生徒の意見の変化を見られるようにする方法として、任意の2場面での指差しの状況を並べて比較できるようにする方法（静的履歴機能）と、その2場面の間の指差しの動きで変化を見られるようにする方法（動的履歴機能）の2つを提供する。

授業中、ある発問をした際に、この2つの機能を使用して、最初の指差しと、話し合いや議論をした後の指差しを比較することで、授業のまとめ時に振り返り、授業全体の流れが整理できる。

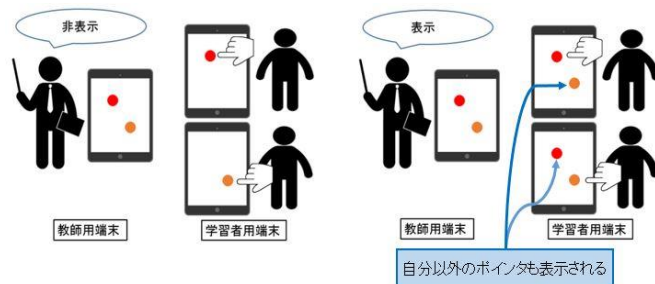


図6 表示非表示切り替え機能

Figure6 The function of indication and non-indication.

さらに、動的履歴機能では、児童生徒全体の変化の流れをみるためのために、2つの場面での指差しのポインタを直線的に移動する方法と、授業中の児童生徒がどのように悩んだのか、どのように意見を変えたのかを授業後に振り返りするときのために、児童生徒がたどった指差しの軌跡をすべて表示する方法の2通りで振り返ることが出来るようにする。

動的履歴機能において、全体の流れを見るときも個人の指差しの軌跡を見るときも、履歴を残しておきたい場面のときに、教師用端末にあるボタン（以下、履歴保存ボタンとする）を押すことでその時点からの履歴を残していき、別のボタン（以下、履歴再生ボタンとする）で残した履歴を電子黒板に表示していくようにする（図7）。

また、履歴を残す時間が長ければ長いほど、表示するときにも時間がかかってしまい、授業中、他の活動をする時間が減ってしまう。そこで、速さの度合いが目で見えすぐ分かるようにするためスライダーを使って、ポインタの動きを再生する速さを変えることができるようにする。

3.5 解答停止機能

教師が、児童生徒にタブレットを操作するのではなく、電子黒板や発表する児童に注目して欲しいときに、児童生徒がタブレットをタッチしてもポインタが動かないようにする。教師が解答停止ボタンを押した瞬間に児童用端末が動かさなくなるように、もう一度押すとポインタが動くよ

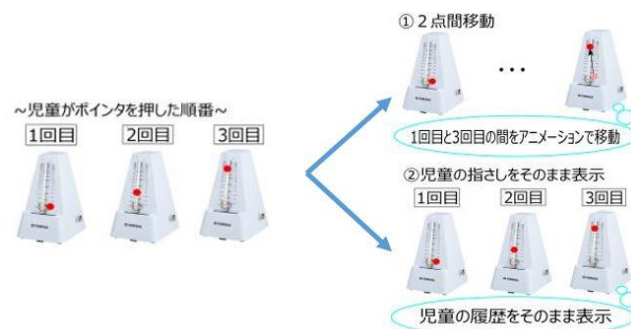


図7 動的履歴機能における表示の仕方

Figure7 Two dynamic indicate functions of transformations of student's ideas.

うにする。

4. 実装

4.1 開発環境

本システムでは、稲葉らが試作したシステムと同様、OSに依存することなく web ブラウザ上で動くように HTML5 と JavaScript を開発言語とした。教師用端末と児童用端末の通信では、サーバーとクライアントで双方向通信ができる WebSocket を利用した。

電子黒板から指差しの対象となるキャプチャした画像を送信するためには Apache HTTP Server を使用した。また、指差しの情報を送受信するためには電子黒板と、児童用端末の双方向かつリアルタイムな処理を行うことが可能な Node.js を使用した。

実装するにあたって、HTML で図形、自由線を描画できるようにするために、JavaScript ベースで図を描くことができる Canvas を使用した。

4.2 システムの実装

4.2.1 投票機能の実装方法

投票機能では、投票する範囲にあたる図形、自由線の中にポインタがあるかないかを判定するためには、canvas のメソッドのうちの 1 つである、isPointInPath を使用した。

4.2.2 個人特定機能の実装方法

個人特定機能では、誰がどのポインタなのか、色と数字で特定できるようにした。1 学級は大体 35 人前後と考え、40 通りのポインタの種類を用意した。

数字でポインタを特定する際には、丸に囲まれた数字の画像を表示することでポインタを表示した。背景の画像と同化して見えづらくなならないように、数字の周り、丸に囲まれている内部だけ背景を白くした。

4.2.3 履歴機能の実装方法

履歴機能において、履歴を残し表示する方法を、静的履歴機能と動的履歴機能で分けて実装した。

静的履歴機能では、保存のボタンを押した時の状態（指差しの位置と背景となっている画像）を画像として保存（キャプチャ）し、任意の二つの状態を並べて表示することができるようにした（図 8）。

児童生徒の指差しの軌跡全てを振り返る場合は、記録した座標を利用してポインタ表示する。履歴記録開始時と終了時の二点間の変化だけを振り返る場合には、二点をそれぞれ始点と終点として、css の transition プロパティを使って、移り変わりをアニメーションで表示する。二点間を移動する際は、すべての児童生徒のポインタの移動を把握できるようにする必要から、すべてのポインタの移動開始と終了のタイミングを同じにし、同時に始点から出発し同時に終点に到着するようにした。

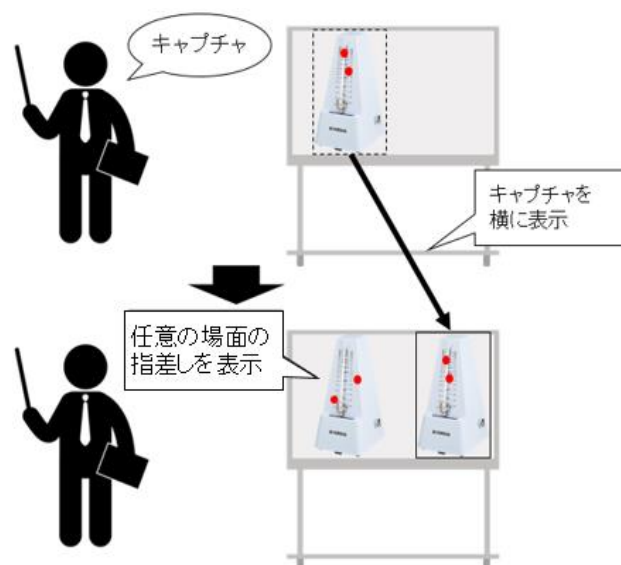


図 8 静的履歴機能

Figure8 the static indicatie function of transformations of student's ideas.

5. 履歴機能を使用した授業実践

5.1 授業実践の概要

小平市立小平第七小学校の 5 年生少人数クラスで、実装した履歴機能を使用した授業を筆者が行った。習熟度別に 3 つに分けたクラスのうち、習熟度は一番下のクラスであり、1 人 1 台タブレット端末を配布して行った。

内容は算数「百分率とグラフ」の 8 時間目であり、割合を表すグラフの導入である。教科書は東京書籍社「新しい算数 5 下」を使用した。

教科書 66 ページの表と独自で作った表の帯グラフ、円グラフの色と県を消し、どこに何が入るかかわからない帯グラフ、円グラフを用意する（図 9）。教科書は使わず、帯グラフの中のどこに何県が入るか考えていながら、帯グラフ、円グラフの特徴に気付けるようにすることが授業のめあてである。

帯グラフ、円グラフに何が入るのか自分の考えを示すときに本システムの指差し表示機能を使用し、授業の最後に授業の流れを振り返ることを目的として履歴機能を使用した。

5.2 結果

ここでは、今回の授業実践で得られた結果を述べる。授業中、話し合う時間にはお互いのタブレットを覗き見ながら活発に話し合う姿が見られた。また、発問をしてすぐに解答するため、間違えている児童に机間指導で対応したり、間違えた児童の考えを使って授業を広げたりすることができた。

今回の授業では児童の考えの妨げになると考え児童用端末に他の児童のポインタを表示しなかったが、どこが多

いのか一目で分かるようにするため、電子黒板には児童のポインタをすべて表示した。それにより、授業をやっている中で、児童は児童用端末をタッチするときに、電子黒板を見て他の児童のポインタを見て変えることが多くあった。

また、今回の実践中に「和歌山県はどこか」という発問に対し児童が指差しをし、自分の考えを話し合っって答えを出した後に、「熊本県はどこか」という発問をした。すると、決められた時間を過ぎて和歌山県の場所にポインタを置いている児童が見られた(図10)。

5.3 評価

考察するにあたって授業の様子を撮影した映像を、本学藤原裕特命教授に見ていただき、ご意見をいただいた。

本システムを使用して、児童の指差し位置を逐次保存し、どの児童がどこで躓いているのかを見る事で、必要な子に必要な手で対処することができるため、評価につながる機能としては有効である。一方で、2点間で動的に振り返るには、背景の画像にしっかり意味がある上で、全体としてどのような動きをしたのかを見せることで児童に学びがないとアニメーションにして動かす意味がないという評価をいただいた。

一方で、児童が児童用端末をタッチした瞬間ではなく児童が全員タッチした後にすべてのポインタを提示する機能、授業内での複数回行う発問ごとに電子黒板に表示されているポインタをすべて消し、リセットする機能が必要

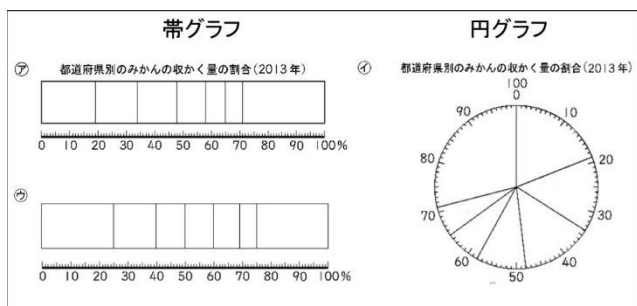


図9 県と色を消した帯グラフと円グラフ

Figure9 Two band charts and a circle chart without colors and the name of prefecture.

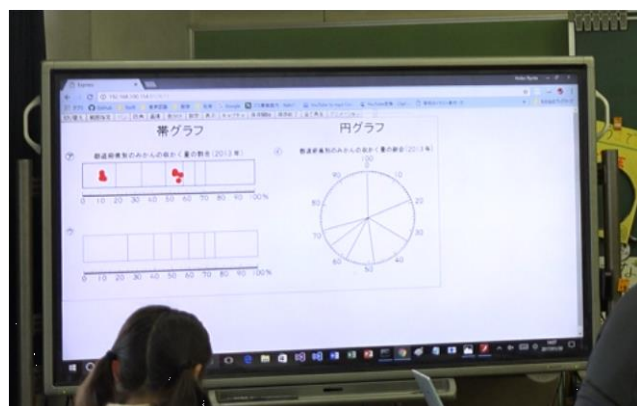


図10 授業中の使用風景

Figure10 The scene of class using the system.

であるという課題も指摘いただいた。

2点間を移動して振り返る機能は、例えば道徳の授業で、自分がやりたいこととやりたくないこと、世間一般の良いことと悪いことを4つの象限に分け自分の考えが一番近いところを授業の前に指差し、話し合った後にもう一度指差し、変化を動的に見て振り返るという授業であれば、落としどころがあり、児童が自分のポインタや全体の履歴の変化を見ることができるため有効であるという評価をいただいた(図11)。

また、電子黒板上であっても自分以外のポインタが見えてしまうということは、使用する際には教材・題材の特質を理解したうえで使用しないと考えない子どもを育ててしまう危険性があるという課題も指摘いただいた。

5.4 考察

授業実践の考察を、結果と評価からシステムの機能に注目して次に述べる。

電子黒板をみて自分の解答を変えてしまう児童がいる問題に対しては、電子黒板においても、児童がポインタを押している間は電子黒板に表示せず、児童が全員児童用端末をタッチした後に、すべてのポインタを表示する機能を追加するといった対処が必要である。

違う発問をしてもそのままポインタの位置が同じままの児童に対しては、前の発問の答えをしっかりと理解しておらず、本当にそこが答えだと思ってポインタを指しているのか、まだ考えている途中でポインタを動かしていないのが今のシステムのままでは教師が判断することができない。そこで、1つ発問をした後に電子黒板に表示されているポインタを一度すべて消し、リセットする機能を追加することで解決できると考える。

今回の授業では、履歴機能を、授業を振り返りまとめる事を目的に使用したが、藤原裕特命教授の評価を基にする

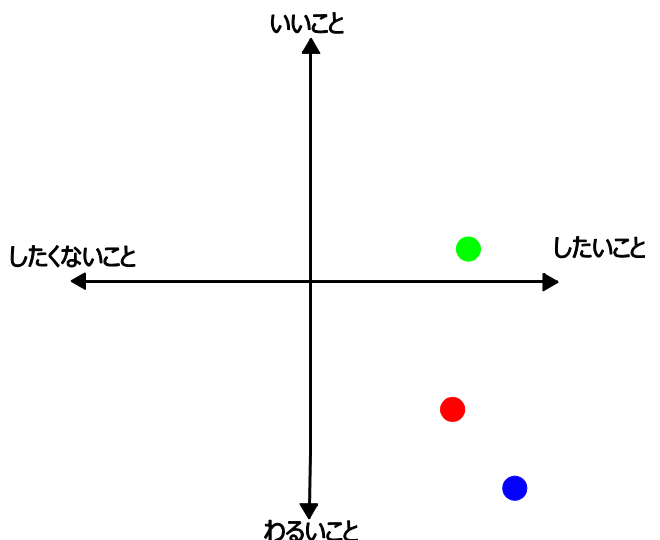


図11 履歴機能を使用する時の四象限の図の例

Figure11 The example of four quadrants

when the indicate function of transformations
of student's ideas is used.

と、道徳などの正解のない問題を考えていく授業の方が授業全体を通じた自分の考えの変化を児童個人が振り返りまとめることができるため、主体的な学びを支援することができるという点で有効であると考えられる。

藤原裕特命教授の、指差しに匿名性があることは児童が授業中に自分の考えを指差す際に良いという評価から、その点においては主体的な学びを支援することができたと考えられるが、本研究で追加した新たな機能で主体的な学びを支援することを示すには、今回の授業構成では教材・題材を生かした授業ではなかったこと、二点間の振り返りを見せることによって児童に学びがあったというには難しいことから、教材・題材を生かした授業、例えば道徳の授業での評価実験が必要である。

5.5 授業実践のまとめ

今回の授業実践では、常に児童のポインタの位置を保存し、後に振り返ることで、評価につなげるという面では有効である可能性が示された。しかし指差しインタフェースを使用して児童がさらに主体的な学びが展開できるようにするためには、児童の考える力を育てるために、一斉に児童のポインタを表示する機能などさらに新たな機能を足す必要があること、二点間の直線で履歴を振り返るときには、教材・題材のもっている特質を理解した上で、児童に学びがあるときでないと効果的に使用することができないということが分かった。

6. おわりに

本稿では、主体的、協働的な学習の実践を支援することを目的として稲葉らが開発した指差しインタフェースに、児童生徒、教師が授業の振り返りを容易にできるようにすること、また、指差しインタフェースを用いて児童生徒がより主体的な学びを展開できるようにすることを目的として行った、児童の意見の変化を一目で見ることができる履歴機能、どのポインタが誰のものなのかを明らかにする個人特定機能といった新しい機能の追加、実装について述べた。

授業実践からは、児童の思考の過程を保存する履歴機能が有効である可能性が示された。また、追加する必要がある機能や改良すべき点を知ることができた。

今後はさらに多くの授業で使用、評価し、システムの改善、新たな機能の提案、開発をしていくことが課題である。また、新たな機能によって指差しインタフェースを用いて児童生徒がより主体的な学びを展開することができるかを評価する実験を行うこと、及びそれぞれの機能が主体的・対話的で深い学びにつながる授業（単元）を探っていく。

参考文献

- [1] 文部科学省 平成 27 年度 学校における教育の情報化の実態等に関する調査結果 (2016)
- [2] 文部科学省 幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について (答申) (2016)
- [3] 兼田真之他：クリッカーを用いたピア・インストラクションの授業実践，物理教育 57-2 pp.103-107 (2009)
- [4] 稲葉他：板書や掲示物を場とした協働的な学習を支援する指差しインタフェース，ヒューマンインタフェースシンポジウム 2014 論文集, pp.193-196 (2014)